

IMPERMEABILIZZAZIONE E CONSUMO DI SUOLO

M. MUNAFÒ*, G. MARTELLATO*, N. RIITANO**

* ISPRA

** Sapienza, Università di Roma

Introduzione

L'impermeabilizzazione del suolo, o *Soil Sealing*, è un processo strettamente legato alla progressiva urbanizzazione e infrastrutturazione del territorio e produce la separazione dei suoli dagli altri compartimenti dell'ecosistema attraverso la copertura della superficie del suolo con un materiale impermeabile come calcestruzzo, metallo, vetro, catrame e plastica (Grenzdorffer, 2005; *European Environment Agency*, 2009) o attraverso il cambiamento della natura del suolo che si comporta come un mezzo impermeabile (Burghardt, 1994; Di Fabbio *et al.*, 2007).

Si tratta di trasformazioni difficilmente reversibili e con effetti negativi sull'ambiente (Johnson, 2001; Barberis *et al.*, 2006): un terreno impermeabilizzato incrementa la frammentazione della biodiversità, influenza il clima urbano e riduce la superficie disponibile per lo svolgimento delle funzioni del suolo, tra cui l'assorbimento di acqua piovana per infiltrazione (Hough, 2004). La diminuzione dell'evapotraspirazione e della capacità di assorbimento delle acque da parte del suolo aumenta lo scorrimento superficiale e i conseguenti fenomeni erosivi con un trasporto nei collettori naturali e artificiali di grandi quantità di sedimento, oltre ad una riduzione dei tempi di corrivazione¹ (Eurostat, 2003; Commissione europea, 2004; Ajmone Marsan, 2009).

Il consumo di suolo è la misura della progressiva cementificazione e impermeabilizzazione dei suoli dovuta alle dinamiche insediative ed all'espansione delle aree urbanizzate, a scapito dei terreni agricoli e naturali. Si accompagna a un uso del territorio sempre più estensivo, alla perdita dei limiti della città, alla progressiva formazione di nuovi edifici, costruzioni, infrastrutture ed aree agricole marginali, alla discontinuità delle reti ecologiche (Salzano, 2007). Considerata la presenza di fenomeni franosi in aree densamente urbanizzate e la diffusa assenza di corretta pianificazione territoriale (per cui aree di nuova urbanizzazione sono state ubicate in zone instabili), si assiste anche all'accentuazione di fenomeni di dissesto idrogeologico e alla presenza di situazioni di elevato rischio per la popolazione (Trigila e Iadanza, 2010).

Il consumo di suolo, il suo monitoraggio e le politiche necessarie al suo contenimento sono questioni affrontate da tempo da altri paesi europei come Germania e Gran Bretagna (Frisch, 2006), che hanno fissato limiti severissimi per impedire le nuove costruzioni su terreni agricoli. Raramente sono prese in considerazione in Italia nell'ambito della gestione del territorio, delle pratiche di governo del territorio e nel quadro normativo nazionale (Di Fabbio *et al.*, 2007; Pileri, 2007), se

¹ Il suolo in condizioni naturali è in grado, in funzione della sua porosità, permeabilità e umidità, di trattene-
re una grande quantità delle acque di precipitazione atmosferica contribuendo a regolare il deflusso super-
ficiale. Al contrario, in un ambiente antropizzato, la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione del-
la 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 (Ajmone Marsan, 2009).

si eccettua il Codice italiano dei Beni Culturali e del Paesaggio (2008), che per il piano paesaggistico regionale inserisce tra i contenuti anche la limitazione del consumo di suolo² (Peano, 2009), e alcune iniziative circoscritte ad ambiti locali o regionali con cui è cominciata la stima dei dati relativi alla crescita dell'urbanizzazione³ (Di Fabbio *et al.*, 2007; Pileri, 2007).

In questo contributo si intende, per consumo di suolo, il cambiamento nel rivestimento del suolo permeabile per la costruzione di edifici, strade o altri usi⁴ (EEA, 2004; Di Fabbio *et al.*, 2007; Munafò, 2009a). L'obiettivo è la valutazione del consumo di suolo nel periodo compreso tra il 1999 e il 2006 nelle 34 aree urbane⁵.

Materiali e metodi

La valutazione del consumo di suolo e, in generale, delle dinamiche di utilizzo del territorio, comporta necessariamente il ricorso a tecniche e strumenti di lettura di processi spaziali e di analisi geografica. L'analisi può essere condotta attraverso l'impiego di database geografici direttamente acquisiti e basati su fotointerpretazione o classificazione di immagini telerilevate⁶, da indagini censuarie o statistiche socio-economiche⁷ o da metodi campionari che si riferiscono a reti

² Oltre all'individuazione di linee per lo sviluppo urbanistico ed edilizio, l'attenzione ai paesaggi rurali e ai siti Unesco.

³ È doveroso citare l'iniziativa a cura del Politecnico di Milano, Istituto nazionale di urbanistica (Inu) e Legambiente relativa alla costituzione dell'Osservatorio nazionale sui consumi di suolo, con l'obiettivo di raccogliere dati sui volumi costruiti e sulle coperture dei suoli nelle diverse province e regioni, di definire metodi ed indicatori comuni per il monitoraggio dei consumi di suolo e di pubblicare un rapporto annuale sui consumi di suolo (http://www.inu.it/attivita_inu/ONCS_2.html).

⁴ Vengono considerati come aree consumate quelle destinate ad edifici, capannoni, cortili ed altre aree pavimentate, piazzali, parcheggi, strade (anche sterrate), ferrovie, campi da calcio, cave, cantieri, discariche e tutte le aree in cui lo stato naturale delle superfici è stato modificato da marcati processi di trasformazione antropici, tanto da indurre a considerare tali superfici come prevalentemente impermeabili; non vengono considerati impermeabili i suoli compattati da attività agricole.

⁵ Il periodo è variabile tra le diverse città e dipende dalla disponibilità effettiva delle ortofoto sul territorio comunale; in seguito sono riportate le date esatte per ogni città.

⁶ L'impiego di database geografici non sufficientemente dettagliati, come ad esempio il *Corine Land Cover*, ai fini della valutazione delle aree urbanizzate o impermeabilizzate e dell'analisi delle dinamiche di uso del suolo, benché permetta di localizzare sul territorio i fenomeni in questione attraverso la componente cartografica dei dati, non consente di ricavare stime accurate ed affidabili sulle superfici a causa dell'estensione dell'unità minima cartografata (o *Minimum Mapping Unit* – MMU), la dimensione del più piccolo elemento o unità riconoscibile (o rappresentabile) su un data set geografico. Infatti un'area classificata con un determinato uso del suolo deve avere un'estensione territoriale almeno pari alla MMU per essere individuata e, per tale ragione, dal punto di vista statistico e ai fini della valutazione delle superfici, sono sottostimate le dimensioni di tutte le classi che tipicamente sono maggiormente frammentate e che, quindi, hanno maggiori probabilità di avere la singola area omogenea di ampiezza inferiore alla MMU. Gli errori di stima sono ancora più evidenti nel caso di analisi delle dinamiche territoriali in termini di cambiamenti di uso del suolo, dinamiche che possono essere assai parcellizzate e in cui la dimensione della singola zona che cambia classe di uso è spesso assai vicina alla MMU. Si deve anche considerare che in una zona considerata omogenea dal punto di vista dell'uso del suolo, definita da un'unica classe e delimitata con dei confini, possono convivere in realtà un insieme di coperture, di usi e di attività antropiche (Munafò, 2009b).

⁷ Oltre a censimenti e indagini Istat si possono citare i dati degli Enti locali o del Centro ricerche economiche sociali di mercato per l'edilizia e il territorio (Cresme) che, per il settore edilizio raccoglie i dati relativi al volume edificato e fornisce periodicamente le relative statistiche attraverso il proprio sistema informativo territoriale e attraverso pubblicazioni specifiche.

di monitoraggio su base puntuale o areale⁸. Tale monitoraggio può avvenire per fotointerpretazione, *in situ* o per una combinazione dei due approcci⁹, e permette generalmente di ottenere una maggiore precisione della stima, consentendo, inoltre, di valutare l'errore o i limiti fiduciali con tecniche statistiche o geostatistiche (Gomasasca, 2004; Licciardello, 2008).

La metodologia utilizzata nel presente contributo è stata definita, sulla base di una proposta di ISPRA¹⁰ e condivisa nell'ambito del sistema agenziale, al fine di garantire una valutazione del consumo di suolo a scala urbana, omogenea a livello nazionale, attraverso la stima della perdita della risorsa "suolo permeabile".

Per ottenere una misura dell'effettivo suolo che si è consumato nel corso degli anni è stato utilizzato un approccio di tipo statistico campionario basato sulla fotointerpretazione di punti inquadrati in una rete di monitoraggio predisposta per ogni area urbana¹¹ (Norero e Munafò, 2009). Questo metodo potrà essere sempre implementato nel tempo, poiché svincolato dall'acquisizione dei dati su base censuaria o di altre cartografie di copertura del suolo (spesso non sufficientemente dettagliate, con periodicità variabile o non definita, scarsamente omogenee a scala nazionale¹²), consentendo su base uniforme il monitoraggio e l'analisi dinamica delle tendenze in atto per il consumo di suolo a livello urbano. L'approccio di tipo statistico campionario puntuale è stato scelto come più idoneo, date le peculiarità specifiche del territorio italiano, con elevata complessità e frammentazione del paesaggio, e per non incorrere nell'errore cartografico. Inoltre, tale approccio, garantisce una maggiore oggettività nell'acquisizione dei dati, anche se effettuata da diversi soggetti, e una maggiore semplicità della procedura.

La rete di monitoraggio è stata predisposta sulla base di una griglia regolare a maglia quadrata di lato pari a 2 km. All'interno di ogni cella della griglia, sono stati individuati, in maniera casuale, un numero di punti adeguato a rendere il campione significativo in ogni area urbana per l'intero territorio comunale¹³. La densità dei punti campionari è quindi costante all'interno dei limi-

⁸ I metodi di tipo statistico campionario rappresentano una valida alternativa alla produzione di cartografie di uso, copertura e consumo del suolo, garantendo risultati affidabili nella produzione delle stime a fronte di tempi e difficoltà di elaborazione decisamente inferiori, anche se spesso a scapito della possibilità di spazializzare i dati.

⁹ Come, ad esempio, il progetto *Land Use/Cover Area frame statistical Survey* (LUCAS), iniziativa della Commissione europea e di Eurostat finalizzata allo sviluppo di un sistema informativo statistico sulla base di un campionamento areale a livello europeo e in grado di fornire statistiche sull'uso e sulla copertura del suolo (www.lucas-europa.info).

¹⁰ La metodologia per la valutazione del consumo di suolo a scala urbana è stata presentata nell'ambito del Focus su il suolo, il sottosuolo e la città, del V rapporto sulla Qualità dell'ambiente urbano, dove è stata anche verificata sul territorio del Comune di Roma anche al fine di valutare la possibilità e l'opportunità di estendere il lavoro a scala nazionale (Norero e Munafò, 2009).

¹¹ Le reti preesistenti vengono riutilizzate nel nuovo campione. È stato utilizzato per esempio il campione di 12.000 punti sull'intero territorio nazionale che l'ISPRA utilizza per il monitoraggio dell'uso del suolo e per la validazione dei dati del CORINE Land Cover (Maricchiolo *et al.*, 2005).

¹² Basti pensare che sono poche le regioni in Italia che hanno cartografie digitali omogenee e confrontabili sugli usi del suolo su almeno due soglie temporali (Foccardi e Nordio, 2009). Tale carenza è un fattore limitante fondamentale per la valutazione del consumo di suolo in Italia, come sostiene l'Osservatorio nazionale sui consumi di suolo, iniziativa a cura del Politecnico di Milano, Istituto nazionale di urbanistica (Inu) e Legambiente con l'obiettivo di raccogliere dati sui volumi costruiti e sulle coperture dei suoli nelle diverse province e regioni, di definire metodi ed indicatori comuni per il monitoraggio dei consumi di suolo e di pubblicare un rapporto annuale sui consumi di suolo (http://www.inu.it/attivita_inu/ONCS_2.html).

¹³ Con un valore medio di circa 1.500 punti per ogni comune.

ti comunali ma è variabile tra le diverse aree urbane a causa della diversa estensione territoriale e della necessità di mantenere la rappresentatività e la significativa statistica del campione utilizzato. La scelta del limite comunale può costituire un limite in termini di confrontabilità dei dati a causa del fatto che, non per tutte le città, l'area urbana è effettivamente delimitata e circoscritta dal limite amministrativo.

Il campione è stato fotointerpretato con il contributo delle ARPA/APPA¹⁴ per stimare il grado di impermeabilizzazione del territorio di aree urbane e per valutare il relativo consumo di suolo. La metodologia di lavoro ha previsto una serie di sessioni di fotointerpretazione¹⁵ di ortofotografie al fine di assegnare la codifica di permeabile o impermeabile a ogni punto campionario ricadente all'interno dei confini dei comuni di riferimento e sulla base di due coperture di ortofoto distribuite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare: "Ortofoto 2000", relativa agli anni 1998-1999 (volo IT2000, CGR Parma) e "Ortofoto 2006", relativa agli anni 2005-2007¹⁶. Alcuni casi hanno richiesto anche una validazione della fotointerpretazione attraverso apposite visite sul campo¹⁷.

¹⁴ Le attività di fotointerpretazione sono state condotte da:

- Ancona: D. Bucci (ARPA Marche);
- Bari, Foggia e Taranto: V. Laghezza (ARPA Puglia);
- Bologna: L. Passoni, C. Maccone (ARPA Emilia Romagna);
- Bolzano: D. Colmano (Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige);
- Brescia, Milano e Monza: D. Bellingeri (ARPA Lombardia);
- Cagliari: A. Ligas (ARPA Sardegna);
- Firenze: G. Giovannoni e V. Pallante (ARPA Toscana);
- Genova: S. Malagesi (Sapienza) e G. Martellato (ISPRA);
- Livorno e Prato: G. Giovannoni (ARPA Toscana);
- Modena: M. G. Scialoja e D. Corradini (ARPA Emilia Romagna);
- Napoli: L. Fusco (ARPA Campania);
- Padova, Venezia e Verona: A. Tamaro (ARPA Veneto);
- Palermo: N. Riitano (Sapienza);
- Parma: M. Olivieri e C. Melegari (ARPA Emilia Romagna);
- Potenza: A. Bianchini e E. Di Muro (ARPA Basilicata);
- Roma: C. Norero (Sapienza) e L. Cascone (ARPA Lazio);
- Torino: C. Converso e M. Machiorlatti (ARPA Piemonte);
- Trieste: P. Giacomich (ARPA FVG);
- Udine: L.G. Vuerich (ARPA FVG);

¹⁵ Scala di lavoro compresa tra 1:1.000 e 1:2.000.

¹⁶ Le coperture sono disponibili sul sito del Portale Cartografico Nazionale e sono consultabili anche attraverso lo standard OGC e due servizi WMS (http://wms.pcn.minambiente.it/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms_ogc/service/ortofoto_colore_00.map; e http://wms.pcn.minambiente.it/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms_ogc/service/ortofoto_colore_06.map). In alcuni casi le ARPA hanno utilizzato altre coperture disponibili a livello regionale che, comunque, garantivano la necessaria risoluzione geometrica (pixel ≤ 1m, scala nominale ≥ 1:10.000) e la congruenza temporale (anni della rilevazione rispettivamente compresi tra 1998 e 2000 per la prima, e 2005 e 2007 per la seconda).

¹⁷ Ad esempio l'ARPA Campania ha verificato con sopralluoghi alcune aree dove ricadevano i punti che risultavano variati nella permeabilizzazione per un totale di 23 punti. La raccolta dei dati di campo, è stata effettuata, in questo caso, con l'uso della strumentazione palmare GPS modello Hp IPAQ Travel Companion, con supporto del software OziEXPLORER.

I codici assegnati ai punti, per entrambi gli anni della rilevazione, sono:

- 0: suolo permeabile (boschi, prati, aree agricole, giardini privati, parchi, aiuole cittadine, corpi idrici escluso il mare, etc.);
- 1: suolo impermeabile (edifici, capannoni, cortili ed altre aree pavimentate, piazzali, parcheggi, strade, ferrovie, campi da calcio, cave, cantieri, discariche, serre, etc);
- -999: punto non fotointerpretato (ad esempio per i punti non fotointerpretabili nella prima data, a causa della obliterazione del volo IT2000 in alcune aree militari o sensibili, o per i punti ricadenti in mare e in aree lagunari).

Il controllo di qualità finale è consistito in sessioni di fotointerpretazione separate, a scale di ulteriore dettaglio (1:1.000 o superiori) su tutti i punti che risultavano con codifica cambiata dal 2000 al 2006, oltre che su un sottoinsieme dei punti stabili, per un totale di circa il 10% dei punti.

Gli indicatori elaborati sulla base dei dati derivanti dal monitoraggio sono i seguenti:

1. superficie impermeabile relativa ai due anni della rilevazione (S_i [ha]);
2. percentuale di superficie impermeabile relativa ai due anni della rilevazione (S_i/S_{tot} [%])¹⁸;
3. aumento assoluto percentuale annuo di superficie impermeabile (relativo all'area comunale; $\Delta S_i/S_{tot}$ [%]);
4. aumento relativo percentuale annuo di superficie impermeabile (relativo alla superficie impermeabile della prima rilevazione; $\Delta S_i/S_{i,2000}$ [%]);
5. incremento annuo della superficie impermeabile (ΔS_i [ha]);
6. incremento della superficie impermeabile procapite annuo ($\Delta S_i/pop$ [m²/ab])¹⁹;
7. intensità d'uso relativa ai due anni della rilevazione (pop/S_i [ab/ha]).

L'impermeabilizzazione dei suoli viene quindi valutata in termini assoluti (indicatore 1) e in termini percentuali (indicatore 2).

Il consumo di suolo può invece essere desunto dalla percentuale di punti che hanno cambiato codifica da "permeabile" a "impermeabile", sia rispetto al totale dei campioni (ovvero in termini assoluti: indicatore 3), sia rispetto ai punti che risultavano già impermeabili (ovvero in termini relativi: indicatore 4), sia in termini di variazione annua della superficie impermeabile in ettari (indicatore 5).

Infine la valutazione può essere realizzata in relazione alla popolazione residente con riferimento al consumo di suolo procapite annuo (indicatore 6) e all'intensità d'uso, ovvero il rapporto tra il numero di abitanti e la superficie impermeabile (indicatore 7).

¹⁸ Per questo indicatore è stato anche valutato l'errore di campionamento, calcolato come radice quadrata della varianza della media, attraverso il quale è stato determinato il limite fiduciale (o intervallo di confidenza) del 95% secondo la formula $p \pm 1,96\sqrt{VAR}$, dove p rappresenta la percentuale dei punti impermeabili per ogni anno campionato e VAR la varianza.

¹⁹ I dati della popolazione residente per i 34 comuni (relativa all'anno della rilevazione) sono di fonte ISTAT, così come i dati della superficie comunale.

Risultati

I risultati ottenuti evidenziano un trend generalizzato in cui le superfici impermeabilizzate proseguono, nel territorio dei 26 comuni analizzati²⁰, con un incessante incremento a causa dell'espansione edilizia e urbana e di nuove infrastrutture.

L'importanza del fenomeno dell'impermeabilizzazione del suolo, che in alcune aree urbane arriva a coprire più della metà del territorio comunale (con punte del 60% a Milano e Napoli), è riscontrabile nei dati ottenuti per gli indicatori 1 e 2 relativi al totale e alla percentuale della superficie impermeabile rilevata per i due anni in esame (tabella 1; figura 1).

I dati mostrano come l'utilizzo dei limiti amministrativi possa essere poco efficace, in alcuni casi, per la delimitazione delle aree urbane e tali indicatori risentano delle differenze notevoli che ci sono tra comuni che hanno un'estensione territoriale molto ampia rispetto all'area urbanizzata (come ad esempio Roma o Potenza) e altri comuni in cui, al contrario, la città ha superato i limiti amministrativi (come ad esempio Milano, Napoli o Torino). In tale ottica è quindi da evidenziare come un incremento elevato della superficie impermeabilizzata di aree già fortemente urbanizzate (come ad esempio Milano, Monza, Napoli o Padova) sia un elemento di particolare criticità (si veda anche l'indicatore 5). I valori percentuali ottenuti devono quindi sempre essere accompagnati, per una corretta interpretazione dei risultati, dalla lettura dei valori assoluti (ettari). Il caso di Roma rappresenta un esempio evidente di tale situazione a causa dell'enorme superficie del comune che distribuisce i 33.764 ettari di suolo impermeabilizzato (il triplo di quello di Milano) su un territorio di circa 128.000 ha, con un valore di superficie impermeabile del 26,3%. Al contrario, ad esempio, i 7.127 ha di suolo impermeabilizzato di Torino, rappresentano più della metà del territorio comunale (54,7%).

²⁰ Non è stato possibile reperire i dati per i seguenti comuni: Aosta, Campobasso, Catania, Messina, Perugia, Pescara, R. Calabria, Trento.

Tabella 1 – Impermeabilizzazione del suolo nelle aree urbane

	Sup. impermeabile [ha]		Sup. impermeabile [%]	
	1998-1999	2005-2007	1998-1999	2005-2007
Ancona	1.685	1.735	13,6 ±1,7	14,0 ±1,8
Aosta	-	-	-	-
Bari	4.171	4.501	35,9±2,5	38,7±2,5
Bologna	4.853	5.391	34,5±2,2	38,3±2,3
Bolzano	1.310	1.337	25,0±2,5	25,5±2,5
Brescia	3.799	3.997	41,9±2,4	44,1±2,4
Cagliari	2.538	2.619	29,7±2,7	30,6±2,8
Campobasso	-	-	-	-
Catania	-	-	-	-
Firenze	3.254	3.719	31,8±2,4	36,3±2,4
Foggia	3.797	4.168	7,4±1,2	8,1±1,3
Genova	4.487	4.632	18,4±1,9	19,0±1,9
Livorno	2.101	2.297	20,2±2,1	22,1±2,1
Messina	-	-	-	-
Milano	10.553	11.213	58,0±2,4	61,6±2,4
Modena	3.386	3.950	18,5±1,8	21,6±1,9
Monza	1.467	1.590	44,4±2,9	48,2±2,9
Napoli	7.009	7.302	59,8±2,4	62,3±2,4
Padova	3.545	3.855	38,2±2,5	41,5±2,6
Palermo	5.803	6.099	36,5±2,4	38,4±2,4
Parma	4.050	4.981	15,5±1,7	19,1±1,8
Perugia	-	-	-	-
Pescara	-	-	-	-
Potenza	2.177	2.443	12,5±1,5	14,0±1,6
Prato	2.528	2.905	25,9±2,2	29,8±2,3
Reggio Calabria	-	-	-	-
Roma	31.415	33.764	24,4±2,2	26,3±2,2
Taranto	4.256	4.727	19,6±2,3	21,7±2,4
Torino	6.993	7.127	53,7±2,5	54,7±2,5
Trento	-	-	-	-
Trieste	2.638	2.833	31,2±2,4	33,5±2,5
Udine	2.113	2.33	37,3±2,6	39,4±2,6
Venezia	11.265	12.472	27,3±3,1	30,2±3,1
Verona	4.971	5.377	24,1±2,0	26,0±2,1
26 comuni analizzati	136.163	147.266	25,9±0,5	28,0±0,5

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA

Figura 1 – Impermeabilizzazione del suolo nelle aree urbane

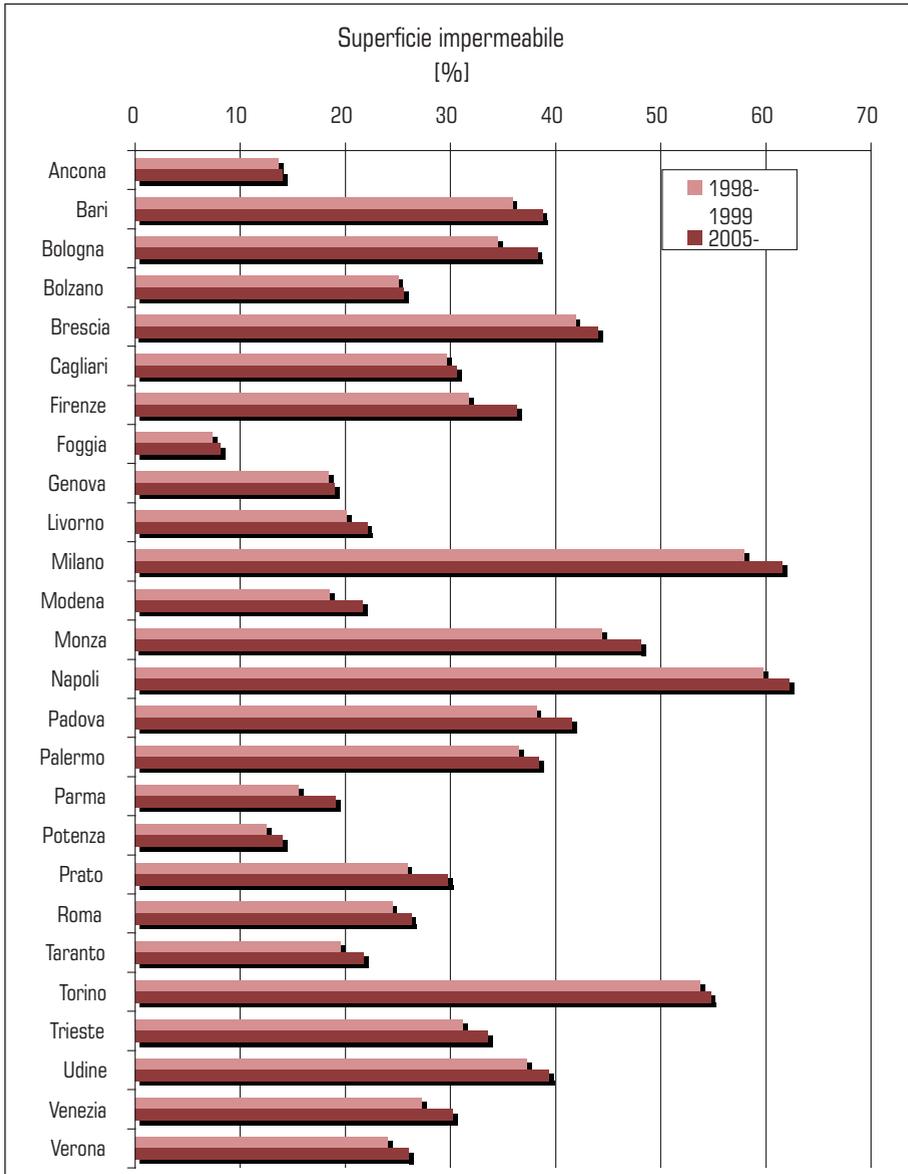


Tabella 2 – Consumo di suolo nelle aree urbane

	Anno prima rilevazione	Anno seconda rilevazione	Aumento annuo di superficie impermeabile relativo all'area comunale [%]	Aumento annuo di superficie impermeabile relativo alla superficie impermeabile della prima rilevazione [%]	Incremento annuo della superficie impermeabile [ha]
Ancona	1998	2007	0,04	0,32	5
Aosta	1999	2006	-	-	-
Bari	1998	2005	0,40	1,09	47
Bologna	1998	2007	0,42	1,17	60
Bolzano	1999	2006	0,07	0,29	4
Brescia	1999	2007	0,27	0,64	25
Cagliari	1998	2006	0,12	0,39	10
Campobasso	1998	2007	-	-	-
Catania	1999	2005	-	-	-
Firenze	1998	2007	0,49	1,49	52
Foggia	1999	2005	0,12	1,57	62
Genova	1999	2007	0,07	0,40	18
Livorno	1999	2007	0,23	1,12	25
Messina	1999	2005	-	-	-
Milano	1999	2007	0,45	0,76	82
Modena	1998	2007	0,34	1,73	63
Monza	1998	2007	0,41	0,90	14
Napoli	1998	2006	0,31	0,51	37
Padova	1999	2007	0,41	1,05	39
Palermo	1998	2005	0,26	0,71	42
Parma	1998	2006	0,44	2,62	116
Perugia	1999	2005	-	-	-
Pescara	1999	2007	-	-	-
Potenza	1998	2007	0,17	1,29	30
Prato	1998	2007	0,42	1,56	42
Reggio Calabria	1998	2006	-	-	-
Roma	1998	2005	0,26	1,04	336
Taranto	1998	2004	0,36	1,76	78
Torino	1999	2007	0,13	0,24	17
Trento	1999	2006	-	-	-
Trieste	1998	2007	0,25	0,79	22
Udine	1998	2007	0,23	0,62	13
Venezia	1998	2006	0,36	1,28	151
Verona	1998	2007	0,22	0,88	45

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA

Il consumo di suolo, in termini di aumento percentuale annuo di superficie impermeabile relativo all'area comunale (indicatore 3) e alla superficie impermeabile (indicatore 4), è riportato in tabella 2. Dal punto di vista metodologico, i valori ottenuti per il suolo impermeabilizzato e per il relativo consumo di suolo possono essere affetti, in alcune aree urbane, da errori a causa della mascheratura delle ortofoto del 2000 (la mascheratura non è presente nel 2006); tali errori sono in generale non sistematici e trascurabili (dell'ordine dello 0,1%), ad eccezione di Taranto, dove l'incidenza è maggiore (5% circa di punti non fotointerpretabili).

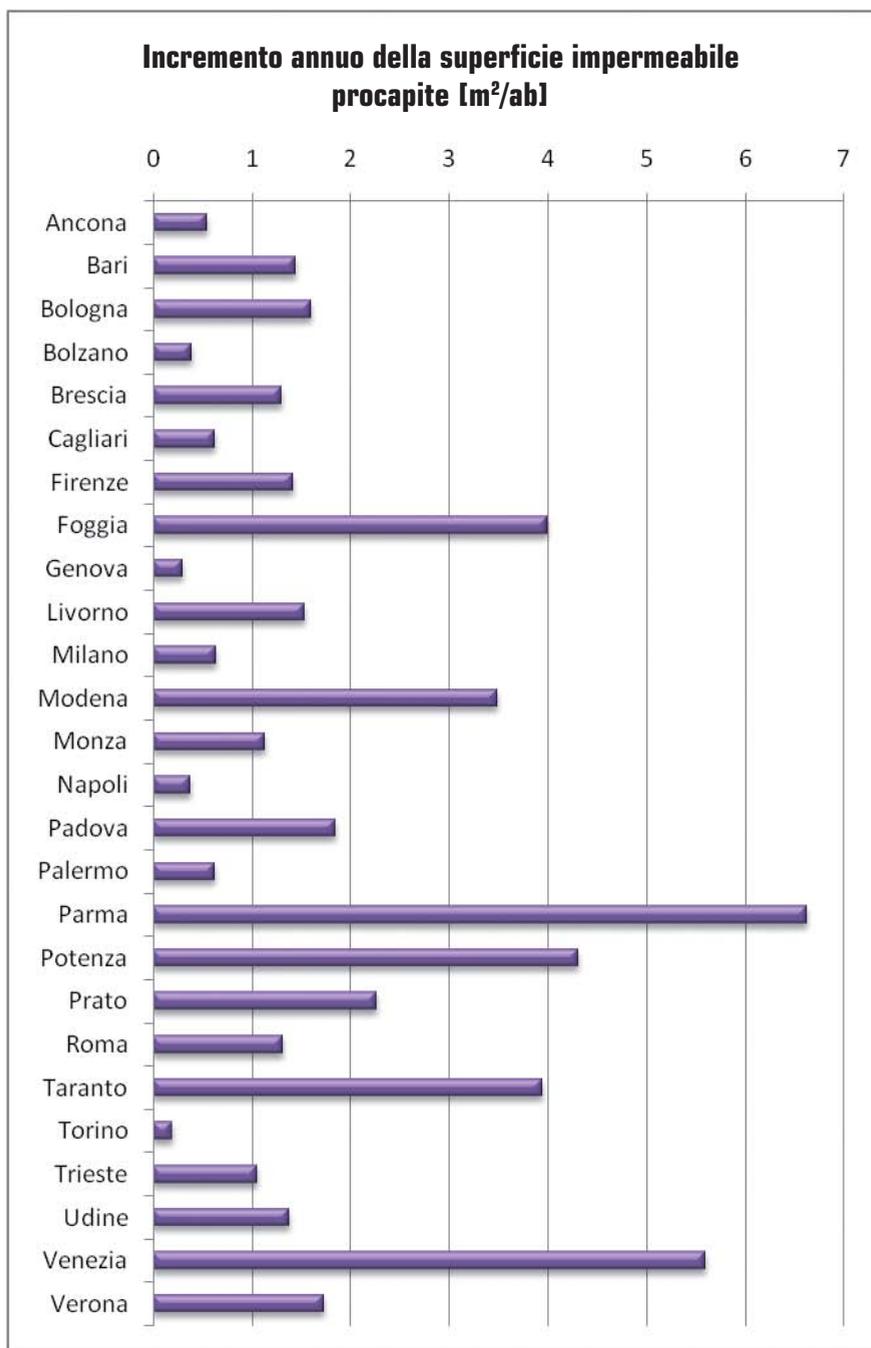
I risultati mostrano valori elevati di consumo di suolo relativo nei comuni di Parma, Taranto, Modena, Prato, Foggia e Firenze; i valori massimi di consumo di suolo rispetto alla superficie comunale si riscontrano invece a Firenze, Milano, Parma, Prato, Bologna, Padova e Monza. Nella stessa tabella 2 è riportato anche il valore in ettari dell'incremento della superficie impermeabile riferito alla singola annualità (indicatore 5); si può notare il valore ottenuto per il comune di Roma che, tra il 1998 e il 2005, è pari a 336 ettari l'anno.

Tabella 3 – Consumo di suolo procapite e intensità d'uso del suolo nelle aree urbane

	Consumo di suolo procapite annuo (incremento della superficie impermeabile) [m ² /ab]	Intensità d'uso [ab/ha]	
		1998-1999	2005-2007
Ancona	0,5	59,4	58,5
Aosta	-	-	-
Bari	1,4	78,3	73,0
Bologna	1,6	76,9	69,2
Bolzano	0,4	72,3	73,8
Brescia	1,3	49,5	47,5
Cagliari	0,6	68,2	61,2
Campobasso	-	-	-
Catania	-	-	-
Firenze	1,4	114,3	98,4
Foggia	4,0	41,0	37,1
Genova	0,3	139,8	132,9
Livorno	1,5	75,5	69,9
Messina	-	-	-
Milano	0,6	121,0	116,2
Modena	3,5	51,2	45,6
Monza	1,1	80,1	76,4
Napoli	0,4	145,5	134,8
Padova	1,8	57,9	54,6
Palermo	0,6	120,1	110,7
Parma	6,6	40,3	35,3
Perugia	-	-	-
Pescara	-	-	-
Potenza	4,3	31,1	28,1
Prato	2,3	66,0	63,9
Reggio Calabria	-	-	-
Roma	1,3	83,1	75,6
Taranto	3,9	49,3	42,1
Torino	0,2	127,3	126,4
Trento	-	-	-
Trieste	1,1	82,3	72,5
Udine	1,4	44,9	43,4
Venezia	5,6	25,7	21,6
Verona	1,7	50,5	48,5
26 Comuni analizzati	-	80,9	74,3

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA

Figura 2 – Consumo di suolo procapite annuo nelle aree urbane



Il consumo di suolo procapite annuale (indicatore 6), che raccoglie nella sua espressione oltre a valori assoluti di suolo consumato anche il collegamento alle effettive esigenze demografiche, permette di confrontare aree urbane con popolazione residente diversa (tabella 3; figura 2). I valori massimi sono ottenuti nei comuni di Parma, Venezia, Potenza, Foggia e Taranto. L'elevato consumo di suolo a Parma è dovuto, oltre che allo sviluppo dell'area urbanizzata, anche alle significative attività di realizzazione, nel periodo considerato, di nuove infrastrutture ferroviarie; va tuttavia considerato che alcune aree di cantiere o di deposito di materiale, classificate come impermeabili nel 2006, rappresentano in alcuni casi delle aree di occupazione temporanea che potranno essere facilmente recuperate in futuro. A Venezia il consumo di suolo si è concentrato, in particolare, nelle aree industriali e in corrispondenza di nuove infrastrutture di trasporto concentrate nella zona di Mestre; la lettura dei risultati ottenuti per Venezia deve comunque tenere in considerazione la scelta effettuata di non attribuire un valore alle aree lagunari e al mare che, se fossero considerate permeabili, avrebbero ridotto il valore ottenuto. Il consumo di suolo procapite assume invece valori molto inferiori alla media nei comuni di Torino, Bolzano, Napoli e Genova.

I valori dell'intensità d'uso (indicatore 7) mostrano una chiave di lettura diversa in cui valori più alti dell'indicatore sono riferibili a realtà con maggiore compattezza insediativa, mentre, al contrario, valori ridotti sono tipici della città a bassa densità dove il rapporto tra il numero di abitanti e la superficie impermeabile è inferiore (tabella 3). Tra le città oggetto dello studio, Bolzano è l'unica che mostra un miglioramento tra le due rilevazioni, con una crescita dell'intensità d'uso dovuta ad un aumento della popolazione accompagnato da un minor incremento della superficie impermeabile.

Conclusioni

I dati ottenuti mostrano come le città italiane siano sempre più impermeabilizzate. L'espansione urbana e il progressivo allargamento dei limiti della città a scapito dei territori agricoli o boschivi rappresentano una grave e spesso sottovalutata pressione sul territorio e sull'ambiente.

Inoltre, la crescita della città sembra non avere più lo stesso rapporto con la popolazione, come avveniva nel passato, e, anche in assenza di crescita demografica, l'urbanizzazione prosegue con un ritmo elevato, come esito di diversi fattori. Tra questi, la ricerca di una maggior qualità abitativa in termini di tipologie edilizie e urbane a bassa densità, la liberalizzazione delle attività produttive che ha svincolato tali attività dalle previsioni urbanistiche²¹, la necessità di nuove infrastrutture di trasporto stradale e ferroviario, o la crescita dei valori immobiliari sommata a una generalizzata liberalizzazione del regime degli affitti e alla mancanza di intervento pubblico nel settore abitativo. Si deve anche aggiungere che gli oneri di urbanizzazione, da contributi necessari a dotare le nuove costruzioni di verde e servizi, si sono trasformati in entrate tributarie per i comuni che, di fronte alla difficoltà di far quadrare i bilanci, si trovano spesso costretti a destinare sempre più aree ai fini edificatori (Baioni, 2006; Berdini, 2009).

²¹ Ad esempio, in Alto Adige, nell'ambito del progetto Sostenibilità Alto Adige (Tappeiner *et al.*, 2007) che presenta il set di indicatori con i valori rilevati sulla situazione ecologica, sociale ed economica di tutti i comuni sudtirolesi, è stato proposto nell'ambito tematico ambiente – utilizzo del territorio l'indicatore: “edilizia nel verde agricolo per scopi commerciali”.

Il fenomeno del consumo di suolo può essere contenuto attraverso le scelte operate dalla pianificazione urbanistica sull'espansione e sulle trasformazioni del tessuto urbano, in modo da garantire la compatibilità delle scelte di sviluppo con il mantenimento ed il miglioramento della qualità dell'ambiente e della vita dei cittadini. Alcune regioni hanno adottato leggi in materia di pianificazione territoriale e urbanistica che inseriscono il controllo dell'impermeabilizzazione e del consumo di suolo tra i parametri che devono guidare l'espansione e la trasformazione del tessuto urbano (come, ad esempio, Emilia-Romagna, Piemonte, Sardegna, Toscana, Umbria, Provincia autonoma di Bolzano). Anche alcuni piani urbanistici tengono in considerazione la problematica prevedendo la presenza di indici specifici riferiti all'impermeabilizzazione o di misure dirette al controllo dell'estensione delle aree impermeabilizzate, delle tipologie di aree trasformate e di mitigazione degli effetti (Di Fabio *et al.*, 2007). Esistono anche soluzioni sperimentate per ridurre l'impermeabilizzazione nelle aree urbane quali i parcheggi drenanti, i canali filtranti, ma anche le soluzioni di raccolta della pioggia dalle coperture degli edifici, i 'tetti verdi', che potrebbero essere recepite negli atti regolamentari delle amministrazioni locali (Conte, 2008).

Una proposta di legge è stata presentata al Senato l'8 novembre 2006, con il titolo "Principi fondamentali in materia di pianificazione del territorio"²². Tra i suoi obiettivi è indicato il contenimento dell'utilizzazione del territorio non urbanizzato, sia in prevalente condizione naturale, sia oggetto di attività agricola o forestale, per realizzarvi nuovi insediamenti di tipo urbano o ampliamenti di quelli esistenti, ovvero nuovi elementi infrastrutturali, nonché attrezzature puntuali, e comunque manufatti diversi da quelli strettamente funzionali all'esercizio dell'attività agro-silvo-pastorale. Anche l'Osservatorio nazionale sui consumi di suolo ha redatto una proposta di legge con analoghe finalità, sia a livello nazionale²³, sia per la regione Lombardia²⁴ (Pileri e Lanzani, 2007; ONCS, 2009).

Il sistema di monitoraggio del consumo di suolo urbano, predisposto da ISPRA in collaborazione con la rete delle ARPA/APPA, è ora in grado di fornire, sulla base di un unico sistema omogeneo, gli elementi conoscitivi e il supporto per la valutazione dell'entità del fenomeno stimolando anche lo sviluppo di misure di contenimento efficaci integrate nelle più generali politiche a sostegno dello sviluppo sostenibile degli insediamenti umani nel territorio. Un'analogia rete di monitoraggio, di livello nazionale, è utilizzata da ISPRA per la valutazione del consumo di suolo nel nostro Paese (ISPRA, 2010).

²² Il testo della proposta di legge è stato elaborato e proposto dal sito Eddyburg, che si occupa di urbanistica, società e politica, e che è gestito sotto la responsabilità primaria di Edoardo Salzano, fondatore e direttore del sito, Maria Pia Guermandi e Vezio De Lucia, vicedirettori del sito, Mauro Baioni e Ilaria Boniburini, responsabili delle attività (www.eddyburg.it).

²³ http://www.inu.it/attivita_inu/download/Spreco_territorio/appunti_per_una_proposta_di_legge.pdf

²⁴ Proposta di articoli di legge da inserire in Legge regionale della Lombardia n. 12/2005 per accogliere le istanze di limitazione ai consumi di suoli e di costruzione di ambiente.

[http://www.inu.it/attivita_inu/download/Spreco_territorio/Proposta_\(Lanzani-Pileri\)_integrazione_LR_Lombardia_%2012_2005.pdf](http://www.inu.it/attivita_inu/download/Spreco_territorio/Proposta_(Lanzani-Pileri)_integrazione_LR_Lombardia_%2012_2005.pdf)

CONFRONTO TRA APPROCCIO CARTOGRAFICO ED APPROCCIO CAMPIONARIO: ANALISI PER I COMUNI DI BRESCIA, MILANO E MONZA

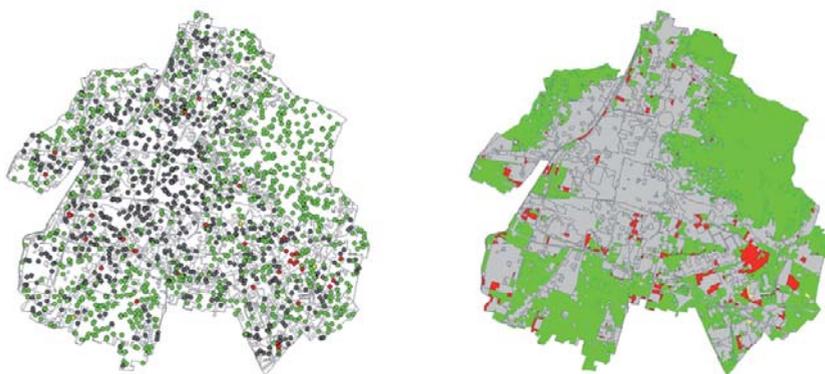
D. BELLINGERI

(ARPA Lombardia)

Per l'intero territorio regionale lombardo, è disponibile la cartografia di uso del suolo DUSAF (Destinazione d'uso dei suoli agricoli e forestali). Si tratta di una cartografia di elevato dettaglio tematico (cinque livelli tematici organizzati secondo la legenda della cartografia CORINE) e geometrico (scala 1:10.000, minima unità cartografabile di 1.600 mq). Tale cartografia, inoltre, è stata realizzata in due annualità, sulla base della fotointerpretazione di ortofotomagini, che per i Comuni oggetto di questo studio corrispondono al 1999 (DUSAF) e al 2007 (DUSAF2).

Per questi motivi si ritiene d'interesse proporre un breve confronto relativo alle analisi statistiche dei cambiamenti derivate dall'approccio "per punti" e dall'approccio "cartografico". Le due figure seguenti, riferite al Comune di Brescia, esemplificano l'approccio di analisi e confronto fra le due fonti di informazione. A sinistra la nuvola di punti campionari è tematizzata in funzione della loro transizione "fisica" (verdi: permeabili stabili, grigi: impermeabili stabili, rossi: transizioni da permeabili a impermeabili cioè "consumo di suolo"). A destra invece, si propone una sintesi tematica (analoga, per quanto concettualmente possibile) dello strato dei cambiamenti fra DUSAF e DUSAF2: i poligoni verdi sono aree agricole o naturali stabili, quelli grigi sono urbanizzati stabili, mentre i poligoni rossi sono poligoni che hanno subito trasformazioni da aree agricole o naturali ad aree antropizzate.

Figura: Esempio di confronto sul comune di Brescia fra l'analisi dei cambiamenti sui punti campionari rispetto alle variazioni sintetiche derivate dal confronto delle cartografie DUSAF e DUSAF2 (in verde: aree permeabili stabili, in grigio: aree impermeabili stabili, in rosso: consumo di suolo in corrispondenza di transizioni da aree permeabili a impermeabili).



Il confronto fra il consumo di suolo stimato, per i tre comuni lombardi oggetto dello studio, con i due approcci (valutazione su punti campionari del grado di impermeabilizzazione e variazione areale delle classi urbanizzate nelle due cartografie DUSAF) mostra una sostanziale convergenza dei risultati, dimostrando che il metodo proposto rappresenta una valida alternati-

va alla produzione e all'aggiornamento di cartografie di uso del suolo al fine di stimare i tassi di consumo di suolo. Naturalmente si tratta di approcci metodologici concettualmente differenti; in particolare, oltre al differente approccio puntuale/areale dei due metodi, nel primo ci si riferisce a variazioni essenzialmente legate alla variazione della "copertura del suolo", mentre il secondo è ovviamente legato a variazioni dell'uso del suolo. Ad esempio, una ipotetica transizione da area agricola verso una area mista (es.: residenziale con verde urbano, o nuove strade con rotonde o spartitraffico "inerbito", ecc.), pur essendo a tutti gli effetti situazioni di "consumo di suolo", statisticamente possono essere conteggiate in modo differente. Viceversa, il metodo per punti, non essendo limitato dal concetto cartografico della minima unità cartografabile, può individuare situazioni di consumo di suolo di piccola entità (a patto di una densità di punti statisticamente significativa), e potenzialmente individua anche "consumi di suolo" (es.: trasformazioni da verde urbano a aree urbane impermeabili) in aree già cartografate come urbanizzate.

Fra i principali punti di forza del metodo proposto, sono da citare l'approccio di tipo statistico campionario, la sua maggiore (anche se non totale) oggettività rispetto all'approccio cartografico, e il fatto che non è vincolato al concetto di "minima unità cartografabile". Inoltre, le medesime analisi possono essere svolte con risultati comparabili in contesti territoriali assai differenti fra loro; questo aspetto assume particolare importanza per analisi statistiche a carattere nazionale. Alcuni aspetti o criticità vanno comunque sottolineati. La metodologia si presta piuttosto bene per analisi "a campione" o su singole città ritenute particolarmente significative, ma non sarebbe fattibile per avere indicazioni con lo stesso grado di significatività locale su territori più vasti dove un approccio di tipo cartografico (anche se legato alle variazioni dell'uso del suolo o, meglio ancora, della copertura del suolo) ad una scala di dettaglio rappresenta, se disponibile, il metodo migliore per un'analisi delle dinamiche territoriali e delle transizioni tra differenti usi del suolo. Il principale aspetto negativo inoltre, è proprio il fatto che tale tipo di analisi si presta con difficoltà alla spazializzazione delle stime e quindi ad una localizzazione affidabile dei fenomeni di consumo di suolo all'interno dell'area urbana.

Bibliografia

Ajmone Marsan F. (2009), Introduzione ai suoli urbani, in Ispra, Focus su il suolo, il sottosuolo e la città, Qualità dell'ambiente urbano, V rapporto, Roma.

Baioni F. (2006), Diffusione, dispersione, anarchia urbanistica. Da "No Sprawl" a cura di Maria Cristina Gibelli ed Edoardo Salzano, 2006, Alinea, Firenze.

Barberis R., A. Di Fabbio, M. Di Leginio, F. Giordano, L. Guerrieri, I. Leoni, M. Munafò e S. Viti (2006), Impermeabilizzazione e consumo di suolo nelle aree urbane, in Qualità dell'Ambiente urbano, III Rapporto, Apat.

Berdini P. (2009), il consumo di suolo in Italia: 1995-2006, Eddyburg.it.

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. Nerger, J. Schneider e 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.

Foccardi M. e M. Nordio (2009), GdL "Uso del Suolo" - CPSPG/CISIS, Presentazione della prima proposta di Linee guida sulle specifiche tematiche, L'uso del suolo delle regioni: confronto nazionale e con esperienze europee, Seminario Interregionale CISIS, 10 novembre 2009.

Commissione Europea (2004), Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano, COM (2004) 60 Def.

Conte G. (2008), Nuvole e sciaquoni, Ambiente Italia, Città di Castello.

Di Fabbio A., M. Di Leginio, F. Giordano, L. Guerrieri, I. Leoni, M. Munafò e S. Viti (2007), Impermeabilizzazione e consumo dei suoli nelle aree urbane, Ecologia Urbana, XIX (2) 2007.

European Environment Agency (2004), Soil Sealing Workshop. Summary Report, European Topic Centre Terrestrial Environment.

European Environment Agency (2009), Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS), <http://glossary.eea.europa.eu>.

Eurostat (2003), The Development of Land Cover Accounts and Environmental Indicators for the Coastal Zone of Europe: Final Report.

Frisch G.J. (2006), Politiche per il contenimento del consumo di suolo in Europa, in M.C. Gibelli e E. Salzano (a cura di), No Sprawl, Alinea editrice, Firenze.

Gomarasca M.A. (2004), Elementi di Geomatica, Associazione italiana di telerilevamento, Roma.

Grenzdorffer G.J. (2005), Land use change in Rostock, Germany since the reunification - a combined approach with satellite data and high resolution aerial images. In: ISPRS WG VII/1 "Human Settlements and Impact Analysis" 3rd International Symposium Remote Sensing and Data Fusion Over Urban Areas (URBAN 2005) and 5th International Symposium Remote Sensing of Urban Areas (URS 2005), Tempe, AZ, USA, 14-16 March 2005.

Hough M. (2004), Cities and Natural Process, Routledge, London.

ISPRA (2010), Annuario dei dati ambientali, Ispra, Roma.

Johnson M.P. (2001), Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and pro-

posed research agenda, *Environment and Planning A* 2001, volume 33: 717-735.

Licciardello C. (2008), Standard metodologici e cartografici per la spazializzazione di dati statistici finalizzata alla derivazione di indicatori e carte tematiche, in: Munafò M. (a cura di), *Valutazione della sostenibilità ambientale ed integrazione di dati ambientali e territoriali*, Ispra, Rapporti 82/2008.

Maricchiolo C., V. Sambucini, A. Pugliese, M. Munafò, G. Cecchi e E. Rusco (2005), *La realizzazione in Italia del progetto europeo Corine Land Cover 2000*, Apat, Rapporti 61/2005, Roma.

Munafò M. (2009a), *La valutazione dell'impermeabilizzazione del suolo a scala nazionale, Focus su il suolo, il sottosuolo e la città, Qualità dell'ambiente urbano, V rapporto*, Ispra, Roma.

Munafò M. (2009b), *Urbanizzazione e consumo di suolo agricolo*, Istat, Roma.

Norero C. e M. Munafò (2009), *Evoluzione del consumo di suolo nell'area metropolitana romana (1949-2006), Focus su il suolo, il sottosuolo e la città, Qualità dell'ambiente urbano, V rapporto*, Ispra, Roma.

ONCS (2009), *Primo Rapporto 2009, Osservatorio Nazionale sui Consumi di Suolo, DIAP, Dipartimento di Architettura e Pianificazione – Politecnico di Milano; INU, Istituto Nazionale di Urbanistica; Legambiente*.

Peano A. (2009), *Innovazioni in corso nella pianificazione paesaggistica delle regioni, Dossier dell'Istituto nazionale urbanistica*.

Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*, Carocci Editore, Roma.

Pileri P. e A. Lanzani (2007), *Appunti per una proposta di legge, limitare il consumo di suolo, riqualificare i suoli non edificati, dare primato alla formazione di natura e paesaggio, compensazione ecologica preventiva, promuovere un'urbanizzazione sostenibile e responsabile, DIAP-Legambiente*, <http://www.inu.it>.

Salzano E. (2007), *Lo sprawl: il danno emergente e il lucro cessante*, Eddyburg.it.

Tappeiner U., O. Lechmer e G. Tappeimer (2007), *Nachhaltiges Südtirol? Indikatoren zu Umwelt, Gesellschaft, Wirtschaft*, Bozen: Athesia, <http://www.sustainability.bz.it>.

Trigila A. e Iadanza C. (2010), *Frane nelle aree urbane, VI Rapporto Qualità dell'ambiente nelle aree urbane*, Ispra, Roma.

I RIFIUTI URBANI

R. LARAIA, A.M. LANZ, A. F. SANTINI

ISPRA - Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale - Servizio Rifiuti

Premessa metodologica

I dati relativi alla produzione ed alla raccolta differenziata dei rifiuti urbani vengono rilevati da ISPRA mediante la predisposizione e l'invio di appositi questionari alle Sezioni Regionali del Catasto Rifiuti delle ARPA/APPA ed ai diversi soggetti pubblici e privati che, a vario titolo, raccolgono informazioni in materia di gestione dei rifiuti. In assenza di altre fonti si ricorre, qualora disponibili, all'elaborazione delle banche dati del Modello Unico di Dichiarazione ambientale (MUD). La ripartizione delle diverse frazioni merceologiche si basa sulla definizione di raccolta differenziata intesa come: *“la raccolta idonea a raggruppare i rifiuti urbani in frazioni merceologiche omogenee, compresa la frazione organica umida, destinate al riutilizzo, a riciclo e al recupero di materia”*.

In particolare, non vengono computate, nella quota di raccolta differenziata, le seguenti tipologie di rifiuto:

- le aliquote rappresentate dagli scarti provenienti dagli impianti di selezione dei rifiuti raccolti in maniera differenziata (ad esempio, scarti della raccolta multimateriale). Queste aliquote vengono computate nella quota afferente al rifiuto urbano indifferenziato.
- gli inerti da costruzione e demolizione, anche se derivanti da demolizioni in ambito domestico, in quanto esplicitamente annoverati tra i rifiuti speciali. Tali rifiuti sono quindi esclusi *in toto* dalla produzione degli RU;
- i rifiuti cimiteriali, rifiuti derivanti dalla pulizia dei litorali e dallo spazzamento stradale. Questi rifiuti, al pari degli scarti di selezione, concorrono, comunque, al totale dei rifiuti indifferenziati.

Sono, invece, computati nel valore complessivo della raccolta differenziata i farmaci, le pile e gli altri rifiuti pericolosi di provenienza domestica che, seppur destinati perlopiù allo smaltimento, vengono raccolti selettivamente al fine di garantire la riduzione di pericolosità dei rifiuti urbani ed la gestione più corretta del rifiuto indifferenziato a valle della raccolta differenziata.

Va, però, evidenziato che la struttura delle informazioni disponibili, non sempre consente di applicare il metodo in maniera rigorosa, in quanto nei vari contesti territoriali si osservano differenti gradi di disaggregazione delle frazioni merceologiche, fattore che rende necessaria un'attenta operazione di omogeneizzazione delle informazioni sulla base di criteri univoci.

Ai fini del calcolo dell'ammontare di rifiuti raccolti in modo differenziato vengono prese in considerazione le seguenti frazioni:

- *frazioni organiche (frazione umida + verde)*: data l'assenza, a livello nazionale, di informazioni relative alla percentuali di impurezze, tali frazioni sono computate nella loro totalità. Ciò può comportare, in alcuni casi, una sovrastima dei quantitativi effettivamente avviati al recupero di materia. Inoltre, laddove il dato è fornito in forma disaggregata tali frazioni vengono ripartite nelle due voci frazione organica umida e rifiuti di giardini e parchi. In caso contrario l'intera quota è a computata nella voce frazione organica umida.
- *Rifiuti di imballaggio*: la struttura dei questionari predisposti da ISPRA è finalizzata a separare le varie tipologie di imballaggio in base ai differenti materiali (vetro, carta, plastica, legno, acciaio e alluminio). Per quanto concerne i dati relativi alla raccolta delle carta e del cartone, va sottolineato che la quota totale riportata non comprende, ovviamente, solo la frazione relativa

- agli imballaggi ma anche le altre tipologie di rifiuti cellulosici raccolti congiuntamente ad essi.
- *Ingombranti a recupero*: per quanto riguarda questa tipologia di rifiuti, vengono incluse nella raccolta differenziata le sole frazioni destinate a recupero; per i casi in cui non è possibile identificare un'aliquota specifica destinata al recupero, l'intero flusso viene escluso dal computo della raccolta differenziata. Ciò può condurre, in qualche caso, ad una sottostima della quota effettivamente raccolta in modo differenziato. Il questionario predisposto da ISPRA prevede, inoltre, la ripartizione degli ingombranti nelle voci metalli, plastica, vetro, legno (distinto in pericoloso e non pericoloso), altro. In diversi casi, tuttavia, il dato viene fornito in forma aggregata e ciò non consente di pervenire ad una completa differenziazione del rifiuto per frazione merceologica.
 - *Multimateriale*: la ripartizione della multimateriale viene condotta sulla base della composizione percentuale media comunicata dagli Enti territorialmente competenti o dai soggetti gestori delle piattaforme di selezione. Per le aree non coperte da informazione le diverse frazioni e gli scarti sono ripartiti utilizzando i valori medi percentuali calcolati su scala provinciale, regionale e, nei peggiori dei casi, nazionale. Gli scarti sono computati nella quota relativa ai rifiuti urbani misti.
 - *Raccolta selettiva*: sulla base dei codici riportati nell'elenco europeo dei rifiuti, la raccolta selettiva viene ripartita nelle voci farmaci, contenitori T/FC, pile ed accumulatori, vernici, inchiostri ed adesivi, oli vegetali ed oli minerali.
 - *Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche* provenienti dai nuclei domestici.
 - *Rifiuti di origine tessile*.
 - *Altre frazioni* raccolte in maniera separata nel circuito urbano ed avviate ad operazioni di recupero.

Tale metodologia di calcolo, indispensabile al fine di omogeneizzare il dato a livello nazionale e creare serie storiche comparabili nel tempo e nello spazio, è stata definita dall'ISPRA ai fini dell'emanazione del decreto ministeriale di cui all'articolo 205 comma 4) del D.Lgs 152/2006, con il quale dovevano essere stabilite la metodologia e i criteri di calcolo della raccolta differenziata. In attesa di detto decreto gli Enti locali hanno adottato dei provvedimenti relativi alle metodologie di calcolo, nella maggior parte dei casi difformi da quella ISPRA. Tale situazione comporta la diffusione, a livello locale, di dati sulla produzione e sulla raccolta differenziata dei rifiuti urbani non comparabili con il dato nazionale di riferimento.

La produzione dei rifiuti urbani

La produzione dei rifiuti urbani rappresenta sicuramente uno degli indicatori di maggiore pressione nelle città italiane, non solo in termini ambientali ma anche in termini economici. Di particolare interesse appare la valutazione delle scelte progettuali effettuate dalle singole amministrazioni in merito alle diverse tipologie di raccolta messe in atto in relazione alle performance ambientali raggiunte. L'analisi dei dati è effettuata con riferimento a 34 capoluoghi di provincia, di cui 4 (Aosta, Campobasso, Potenza, Udine) con popolazione residente inferiore ai 100.000 abitanti, 5 (Bolzano, Ancona, Trento, Monza e Pescara) con popolazione compresa fra i 100.000 e i 150.000 abitanti, 13 (Foggia, Cagliari, Livorno, Perugia, Parma, Modena, Reggio Calabria, Prato, Brescia, Taranto, Trieste, Padova e Messina) con popolazione tra i 150.000 ed i 250.000 abitanti, 6 (Verona, Venezia, Catania, Bari, Firenze e Bologna) con un numero di abitanti compreso tra i 250.000 e 500.000 e 6 (Genova, Palermo, Torino, Napoli, Milano e Roma) con una popolazione residente superiore ai 500.000 abitanti.

Le città oggetto dell'indagine rappresentano, nel 2007, circa il 20,6% della popolazione italiana e circa il 23% della produzione totale di rifiuti urbani dell'intero territorio nazionale. In tabella 1 è riportato il quantitativo di rifiuti urbani prodotti nelle città oggetto dello studio.

Tabella 1 – Produzione dei rifiuti urbani nelle 34 città, anni 2005-2007

Comune	Popolazione 2007	Produzione rifiuti urbani (t)		
		2005	2006	2007
Roma	2.718.768	1.763.704	1.763.749	1.764.612
Milano	1.299.633	720.633	736.017	742.534
Napoli	973.132	566.752	588.822	576.233
Torino	908.263	534.565	553.856	546.072
Palermo	663.173	440.337	450.902	417.122
Genova	610.887	307.831	307.783	316.635
Firenze	364.710	260.885	264.210	262.098
Catania	298.957	245.161	245.666	251.238
Bologna	372.256	219.198	218.932	215.880
Venezia	268.993	193.002	204.271	200.030
Bari	322.511	198.814	196.987	197.480
Prato	185.603	142.038	146.347	145.757
Padova	210.173	136.491	146.775	143.911
Verona	264.191	137.344	142.966	143.810
Brescia	189.742	126.546	135.532	137.180
Messina	243.997	125.999	134.110	127.253
Taranto	195.130	115.714	119.345	119.810
Perugia	163.287	106.027	115.076	117.202
Modena	179.937	105.137	106.856	111.629
Parma	178.718	106.133	107.869	104.231
Cagliari	158.041	100.809	101.157	100.869
Trieste	205.356	99.886	99.737	99.391
Livorno	160.949	97.611	95.302	96.974
Reggio Calabria	185.577	92.430	95.251	94.486
Foggia	153.469	75.288	66.986	71.589
Pescara	122.402	67.791	67.696	68.829
Trento	111.718	57.459	59.773	60.645
Ancona	101.480	56.201	57.154	58.370
Bolzano	99.751	54.492	56.090	55.229
Monza	120.826	52.842	53.401	54.558
Udine	96.750	52.242	51.472	53.292
Potenza	68.252	30.182	31.302	31.324
Campobasso	51.140	24.162	23.192	21.620
Aosta	34.672	17.367	17.248	17.169

Fonte: Rapporto Rifiuti 2008, APAT

La produzione totale di rifiuti urbani delle 34 città analizzate è, complessivamente, aumentata, tra il 2005 ed il 2007, dell'1,3% circa (con una diminuzione dello 0,5% tra il 2006 ed il 2007), evidenziando un tasso di crescita inferiore rispetto al 2,8% rilevato, nello stesso arco di tempo, a livello nazionale. Le città che nel triennio 2005-2007 si caratterizzano per i maggiori incrementi di produzione sono, nell'ordine, Perugia (+10%) e Brescia (+8%). Un calo superiore al 10% si riscontra, invece, per Campobasso, mentre riduzioni intorno al 5% circa si registrano a Palermo e Foggia.

Complessivamente stabile, nello stesso periodo, risulta il dato di produzione dei comuni di Bari, Livorno, Trieste, Roma, Cagliari, Firenze, Messina, Bolzano, Pescara e Napoli, mentre per le altre città si osservano crescite più o meno consistenti (tra il 2 e il 6%).

Pur evidenziando una crescita percentuale complessiva della produzione di rifiuti urbani al di sotto della media del Paese, le 34 città si caratterizzano, tuttavia, per valori di produzione pro capite, generalmente, superiori rispetto alla media nazionale ed alle medie dei rispettivi contesti territoriali di appartenenza.

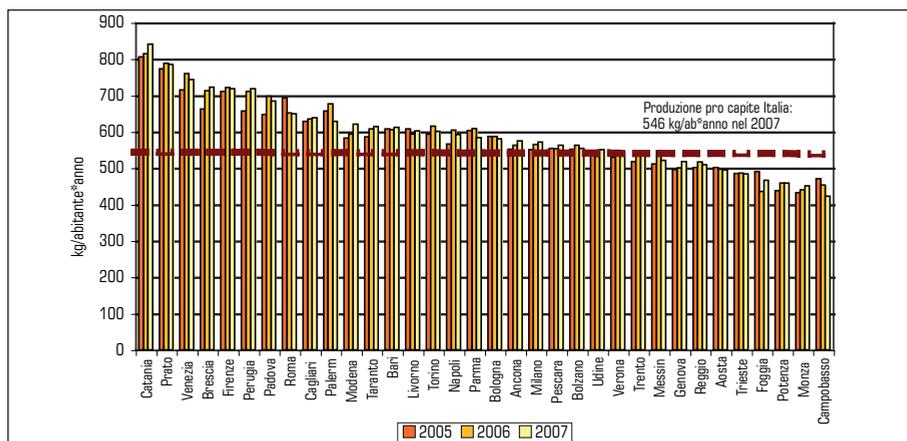
Il pro capite medio delle 34 città si attesta, infatti, nel 2007, a circa 613 kg/abitante per anno, 67 kg/abitante per anno in più rispetto al valore nazionale (546 kg/abitante per anno, Figura 1). Va d'altronde considerato che la produzione di rifiuti di diversi centri urbani ed, in particolar modo, delle cosiddette città d'arte, è, inevitabilmente, influenzata dagli afflussi turistici; inoltre, nelle aree urbane tendono ad accentrarsi molte attività lavorative, in particolar modo quelle relative al settore terziario, che comportano la produzione di rilevanti quantità di rifiuti che vengono gestiti nell'ambito urbano.

Nell'anno 2007 i maggiori valori di produzione pro capite si rilevano, analogamente al 2006, per Catania (840 kg per abitante per anno) e Prato (785 kg per abitante per anno), mentre i più bassi per le città di Campobasso, Monza, Foggia, Trieste, Aosta e Potenza tutte al di sotto dei 500 kg per abitante per anno.

Per due delle quattro città con maggiore popolazione residente, Roma e Torino, si registrano valori superiori ai 600 kg per abitante per anno; Roma, in particolare, si colloca a circa 650 kg per abitante per anno, valore che risulta, tuttavia, inferiore sia rispetto a quello del 2006 che a quello del 2005. Napoli è al di poco al di sotto della soglia dei 600 kg per abitante (592).

Milano, infine, che nel 2007 si attesta a circa 571 kg per abitante per anno, evidenzia una crescita del 3,8% rispetto al 2005, ma comunque, un valore di produzione pro capite superiore solo dell'1% rispetto a quello del 2006.

Figura 1 – Produzione pro capite di rifiuti urbani nelle principali città, anni 2005-2007



Fonte: Rapporto Rifiuti 2008, ISPRA

La raccolta differenziata

La raccolta differenziata svolge un ruolo prioritario nel sistema di gestione integrata dei rifiuti in quanto consente, da un lato, di ridurre il flusso dei rifiuti da avviare allo smaltimento e, dall'altro, di condizionare in maniera positiva l'intero sistema di gestione dei rifiuti, permettendo un risparmio delle materie prime vergini attraverso il riciclaggio e il recupero.

Specifici obiettivi di raccolta differenziata dei rifiuti urbani sono individuati dal D.Lgs 152/2006 e dalla legge 27 dicembre 2006, n. 296 "Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007)"; combinando le due normative, i target sono i seguenti:

- almeno il trentacinque per cento entro il 31 dicembre 2006;
- almeno il quaranta per cento entro il 31 dicembre 2007;
- almeno il quarantacinque per cento entro il 31 dicembre 2008;
- almeno il cinquanta per cento entro il 31 dicembre 2009;
- almeno il sessanta per cento entro il 31 dicembre 2011;
- almeno il sessantacinque per cento entro il 31 dicembre 2012.

Per quel che riguarda Napoli bisogna ricordare che il 14 luglio 2008 è stato convertito in Legge (n. 123) il Decreto Legge n. 90 del 23 maggio 2008 recante "Misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e ulteriori disposizioni di protezione civile", in tale legge all'art. 11 per la regione Campania sono previste una serie di azioni per incentivare la raccolta differenziata e sono fissati i seguenti obiettivi minimi di raccolta differenziata: il 25% nel 2009, il 35% nel 2010 e il 50% entro il 2011.

Le 34 città prese in esame contribuiscono nel 2007 per il 18% al totale della raccolta differenziata a livello nazionale e fanno registrare, in termini assoluti, un valore di oltre 1,6 milioni di tonnellate. I maggiori livelli di raccolta differenziata si rilevano, nell'anno 2007, a Trento, che si attesta ad una percentuale superiore al 50% ed a Monza con il 48%, segue Aosta con il 43%. Per quest'ultima città, si osserva una crescita della percentuale di raccolta di quasi 15 punti tra il 2005 ed il 2007. Di poco al disotto del 40% si attestano Bolzano e Padova (39,4%), Torino (38,7%) Parma (38,5%) e Brescia (38,4%). Parma, in particolare, a seguito dell'attivazione di sistemi di raccolta di tipo domiciliare o di prossimità, fa registrare una crescita della percentuale di raccolta differenziata abbastanza significativa (il tasso di raccolta si attestava, nel 2006, al 30,2% circa). Al di sopra del 35% sono Udine (36,1%) e Prato (35,4%), mentre ad oltre il 30% Verona, Modena, Livorno, Milano e Firenze.

Particolarmente rilevante se si considerano le difficoltà logistiche del territorio comunale, appare il tasso raggiunto dal comune di Venezia che fa segnare un aumento di 8,8 punti rispetto al 2005, raggiungendo nel 2007 un valore pari al 27,8%, dato di poco superiore a quello di Perugia (27,4%), (Tabella 2).

Bologna presenta una percentuale di raccolta del 25%; per le altre città la raccolta differenziata si colloca al di sotto del 20% e per alcune di queste (Reggio Calabria, Foggia, Catania, Palermo, Campobasso, Taranto, e Messina) a percentuali addirittura inferiori, al 10%. Roma, infine, fa registrare un valore pari al 17%. Nonostante il perdurare della situazione emergenziale, una crescita si rileva nella raccolta differenziata di Napoli la cui percentuale passa dall'8,9% del 2006 all'11,5% del 2007. In controtendenza appare, invece, il dato di Bari, la cui raccolta si attesta, nel 2007, al 12,1% della produzione totale di rifiuti urbani a fronte di un valore pari al 18,3% fatto registrare nel 2006.

Tabella 2 - Percentuale di raccolta differenziata nelle principali città italiane, anni 2005-2007

Città	2005	2006	2007
Ancona	18,1	16,9	12,8
Aosta	28,0	37,0	43,3
Bari	12,2	18,3	12,1
Bologna	19,6	20,5	24,8
Bolzano	28,2	31,5	39,4
Brescia	33,9	35,8	38,4
Cagliari	5,5	9,8	11,3
Campobasso	10,4	8,5	6,1
Catania	5,7	6,3	7,6
Firenze	29,7	30,4	31,2
Foggia	6,7	8,6	8,6
Genova	12,2	12,1	15,1
Livorno	32,2	32,4	32,5
Messina	2,1	1,9	2,3
Milano	30,7	31,4	31,9
Modena	26,2	28,3	32,7
Monza	47,9	46,8	48,3
Napoli	7,4	8,9	11,5
Padova	39,4	38,9	39,4
Palermo	8,4	11,7	6,2
Parma	29,5	30,2	38,5
Perugia	19,7	19,8	27,4
Pescara	7,3	9,3	12,3
Potenza	12,1	14,3	17,6
Prato	35,2	35,3	35,4
Reggio Calabria	13,1	8,8	9,0
Roma	15,3	16,0	16,9
Taranto	3,0	6,6	4,3
Torino	35,3	36,7	38,7
Trento	45,7	47,4	50,4
Trieste	14,4	17,0	17,1
Udine	33,1	32,2	36,1
Venezia	19,1	23,5	27,8
Verona	32,5	30,8	33,3

Per quanto riguarda le singole frazioni merceologiche, la raccolta della frazione organica (umido e verde) nel 2007 rappresenta, a livello nazionale, circa il 32,5% del totale della raccolta differenziata. Prendendo in considerazione le principali città, tuttavia, l'incidenza di tale frazione risulta meno evidente ed il peso percentuale cala al 20% (stesso valore del 2006), questo anche in considerazione del fatto che tale frazione richiede una raccolta capillare ed elevate frequenze settimanali che non è sempre facile organizzare all'interno delle grandi aree urbane. In termini di pro capite il valore medio di raccolta della frazione organica delle 34 città si colloca a circa 27 kg/abitante per anno, valore nettamente inferiore a quello riscontrato a livello nazionale (48,8 kg/abitante per anno).

Va, inoltre, rilevato che, sebbene si registrino, a livello di singola città, valori pro capite, in alcuni casi, elevati (Trento 93 kg per abitante per anno, Padova 92,7 kg per abitante per anno, Brescia 87,8 kg per abitante per anno), i livelli di raccolta della frazione organica risultano decisamente bassi in quasi tutte le città di maggiori dimensioni. Infatti, per ben 19 delle 34 città oggetto dello studio, si registra un pro capite di raccolta della frazione organica inferiore a 30 kg abitante anno e tutte le altre città con popolazione residente superiore a 500 mila abitanti si collocano a valori sensibilmente inferiori rispetto alla media nazionale ad esclusione di Torino (50,2 kg per abitante per anno).

In particolare, Milano presenta un valore di 28 kg per abitante per anno, Palermo 16,4 kg per abitante per anno, Roma 12,4 kg per abitante per anno, Napoli 10,4 kg per abitante per anno e Genova 7,4 kg per abitante per anno.

Peraltro, i buoni livelli di raccolta raggiunti in contesti territoriali caratterizzati da evidenti difficoltà logistiche (si veda, in particolar modo, il comune di Venezia, in cui la raccolta differenziata dell'organico è pari a circa 45 kg per abitante per anno vicina alla media nazionale) dimostrano come solo l'attivazione di sistemi di tipo domiciliare possano garantire elevati livelli di intercettazione.

Più efficienti, appaiono, in generale, i sistemi di raccolta della frazione cellulosica che, nel 2007, hanno consentito di intercettare, considerando le 34 città nel loro complesso, una quota pari a oltre 732 mila tonnellate, corrispondenti al 27,1% del totale della carta e del cartone complessivamente raccolti su scala nazionale (2,7 milioni di tonnellate).

Il pro capite medio della raccolta della frazione cellulosica nelle 34 città è pari a quasi 60 kg/abitante per anno a fronte di un pro capite nazionale di circa 45,2 kg/abitante per anno.

I maggiori valori di raccolta pro capite si rilevano per i capoluoghi toscani di Prato (oltre 154 kg per abitante per anno) e Firenze (più di 114 kg per abitante per giorno). Superiore ai 100 kg annuali per abitante risulta anche la raccolta della frazione cellulosica della città di Torino (circa 105 kg per abitante per anno), e di Brescia (103 kg per abitante per anno).

Molto bassi sono, invece, i valori riscontrati in diverse città del Mezzogiorno: Palermo, ad esempio, si attesta a circa 15 kg per abitante per anno (poco più di 40 grammi al giorno, meno di un decimo della raccolta pro capite di carta e cartone del comune di Prato). Nonostante Napoli presenti un procapite inferiore ai 30 kg/abitante per anno, fa registrare un aumento di circa 12,9 kg/abitante per anno rispetto al 2006.

Roma, il cui pro capite si colloca ad un valore prossimo ai 70 kg per abitante per anno, è la città che, in termini assoluti, raccoglie i maggiori quantitativi di frazione cellulosica nell'anno 2007, con più di 189 mila tonnellate (quasi il 26% del quantitativo complessivamente intercettato dal-

l'insieme delle 34 città), seguita da Torino (96 mila tonnellate) e Milano (circa 93 mila tonnellate). Tra le altre frazioni si segnala il vetro il cui quantitativo complessivamente raccolto nel 2007, nelle 34 città esaminate, è pari a oltre 223 mila tonnellate. Il pro capite medio, di poco superiore ai 18 kg/abitante per anno, risulta di poco inferiore a quello registrato a livello nazionale (22 kg/abitante per anno). In questo caso i maggiori valori pro capite si registrano per Padova (49,3 kg/abitante per anno) e Milano (48,2 kg/abitante per anno).

Per quanto attiene, infine, ai rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche, che costituiscono un flusso oggetto di specifica attenzione a livello normativo europeo e nazionale, si osserva, nel 2007, un valore pro capite medio di raccolta nei 34 centri urbani pari a circa 1,4 kg per abitante per anno (1,5 kg per abitante per anno nel 2006), dato leggermente al di sotto alla media nazionale (circa 1,9 kg per abitante per anno) e ben inferiore rispetto al target di raccolta di 4 kg per abitante per anno, fissato per il 2008, dal D.Lgs 151/2005.

Per quanto riguarda i flussi di rifiuti pericolosi va rilevato che oltre 3 mila tonnellate di rifiuti sono state allontanate dal circuito attraverso la raccolta selettiva, costituita da farmaci, contenitori T/FC, batterie ed accumulatori, vernici, inchiostri ed adesivi, oli vegetali ed oli minerali, che, seppur destinati perlopiù allo smaltimento, vengono raccolti selettivamente al fine di garantire una riduzione di pericolosità dei rifiuti urbani ed una gestione più corretta del rifiuto indifferenziato a valle della raccolta differenziata (tabella 3).

Tabella 3 – Principali frazioni di raccolta differenziata, anno 2007

Comune	Frazione Umida e verde	Carta e cartoni	Vetro	Plastica	Legno	Metallo	RAEE	Altri ingomb.	Tessili	Selettiva	Altro	Totale RD	popolazione 2007
Ancona	281	3.360	0	2.255	578	365	201	46	286	44	28	7.443	101.480
Aosta	976	2.723	1.381	831	986	422	76			27	11	7.434	34.672
Bari	2.876	15.667	2.070	1.779		103	267		380	24	675	23.839	322.511
Bologna	8.763	27.649	6.448	993	2.022	998	641	4.621	745	176	559	53.615	372.256
Bolzano	8.585	7.265	3.199	444	1.348	370	320			166	80	21.778	99.751
Brescia	16.654	19.556	5.160	639	5.466	960	349	1.821	345	51	1.699	52.700	189.742
Cagliari	3.418	4.371	1.486	368	363	560	574		218	21		11.378	158.041
Campobasso	352	552	381	19	14		3			4	0	1.325	51.140
Catania	2.373	7.181	1.731	510	257	102	1			10	6.914	19.079	298.957
Firenze	18.146	41.744	7.605	3.449	7.033	1.285	1.546		560	168	302	81.840	364.710
Foggia	0	4.351	848	842			100				10	6.151	153.469
Genova	4.386	19.322	8.672	1.834	9.612	1.216	965	387	1.227	161	48	47.828	610.887
Livorno	10.113	9.453	3.085	1.555	5.377	866	357		24	54	634	31.518	160.949
Messina	435	457	903	143		109	872		8	9		2.938	243.997
Milano	36.323	93.005	62.679	27.157	5.797	1.729	2.166	4.994	2.466	520	360	237.195	1.299.633
Modena	12.327	10.011	5.170	1.713	3.400	1.630	683	662	433	174	284	36.487	179.937
Monza	9.503	6.953	4.999	2.347	1.185	369	308	447	140	87	15	26.353	120.826
Napoli	10.115	28.022	8.156	659	16.879	615	797		795	51		66.089	973.132

segue

segue Tabella 3

Comune	Frazione Umida e verde	Carta e cartoni	Vetro	Plastica	Legno	Metallo	RAEE	Altri ingomb.	Tessili	Selettiva	Altro	Totale RD	popolazione 2007
Padova	19.482	15.339	10.368	4.606	3.040	2.638	625		295	165	161	56.719	210.173
Palermo	10.847	9.890	1.563	1.306	979	333	641		90	15		25.664	663.173
Parma	13.514	13.518	1.694	756	2.653	204	258	276		66	7.206	40.145	178.718
Perugia	10.311	10.456	2.742	475	1.594	4.177		2.701	357	89		32.902	163.287
Pescara	1.184	3.319	1.662	284	1.101	621	121		90	11	75	8.467	122.402
Potenza	0	2.297	2.268	328	75	236	230		59	4		5.498	68.252
Prato	7.743	28.618	4.039	2.914	5.233	796	735		1.390	69	119	51.656	185.603
Reggio Calabria	4	4.264	1.289	265	317	1.579	623		161	3	2	8.506	185.577
Roma	33.771	189.402	31.073	7.171	7.286	2.496		25.006	1.176	262	137	297.781	2.718.768
Taranto	0	1.919	2.701	293		222			25			5.161	195.130
Torino	47.246	95.869	15.736	10.621	34.669	4.203	1.687		1.252	238		211.521	908.263
Trento	10.379	10.798	4.892	904	1.808	811	342		120	155	369	30.578	111.718
Trieste	115	7.043	2.388	1.009	2.208	1.291	824	1.527	371	159	81	17.016	205.356
Udine	4.781	7.374	3.059	1.253	1.721	382	253			43	355	19.221	96.750
Venezia	12.092	16.104	5.632	2.287	3.283	15.206	342		513	172	51	55.683	268.993
Verona	14.431	14.333	7.927	436	4.462	913	356		739	133	4.116	47.846	264.191

Fonte: Rapporto Rifiuti 2008, ISPRA

Conclusioni

Pur evidenziando una crescita percentuale complessiva della produzione di rifiuti urbani al di sotto della media del Paese, le 34 città si caratterizzano, per valori di produzione pro capite, generalmente, superiori rispetto alla media nazionale ed alle medie dei rispettivi contesti territoriali di appartenenza. Il pro capite medio delle 34 città risulta, infatti, nel 2007, superiore di circa 67 kg/abitante per anno rispetto al valore nazionale (546 kg/abitante per anno).

Va, a tal riguardo, considerato che la produzione di rifiuti nei diversi centri urbani ed, in particolare modo, nelle cosiddette città d'arte, è, inevitabilmente, influenzata dagli afflussi turistici; in generale, inoltre, nelle aree urbane tendono ad accentrarsi molte attività lavorative, in particolare modo quelle del settore terziario.

La raccolta differenziata complessiva delle 34 città prese in esame si attesta, in termini assoluti, ad oltre 1,6 milioni di tonnellate, pari al 18% del totale raccolto a livello nazionale.

Particolarmente problematica, soprattutto nei centri urbani di maggiori dimensioni, risulta l'attivazione dei sistemi di intercettazione delle frazioni putrescibili (organico e verde) che richiedono specifiche modalità e frequenze di raccolta. Più sviluppate appaiono, invece, le raccolte della frazione cellulosica, del vetro e della plastica che comportano una più semplice organizzazione logistica.

Ad esempio, i quantitativi di frazione cellulosica raccolti nel 2007 nei 34 centri urbani, risultano pari a oltre 732 mila tonnellate, corrispondenti al 27% del totale della carta e del cartone complessivamente raccolti su scala nazionale.

Bibliografia

Rapporto rifiuti 2008, ISPRA

Rapporto rifiuti 2007, APAT

Rapporto rifiuti 2006, APAT ONR

APPENDICE

Produzione e raccolta differenziata delle 27 città con popolazione residente superiore a 150.000 abitanti, anno 2008

Il quantitativo di rifiuti urbani complessivamente prodotto dai comuni con popolazione residente superiore ai 150 mila abitanti è pari, nel 2008, a quasi 7,4 milioni di tonnellate, facendo rilevare, rispetto al 2007, una sostanziale stabilità (+0,3% circa). Con riferimento al periodo 2004-2008 si osserva una crescita pari al 3,5% circa.

Prendendo in esame il periodo 2004-2008, si rilevano crescite della produzione superiori al 12% per le città di Brescia e Messina e incrementi intorno al 10 % per Prato e Modena.

Un calo complessivo superiore al 10% si rileva, invece, per la città di Catania mentre si riscontrano cali meno accentuati per le città di Parma, Taranto, Livorno, Bologna e Reggio Emilia tutte comprese tra il 5 e il 2 %. Complessivamente stabile, nello stesso periodo, risulta il dato di produzione dei comuni di Firenze e Trieste, mentre per le altre città si osservano crescite più o meno consistenti (tra l'1,5 e l'8%, Tabella 1).

Tabella 1 – Produzione di rifiuti urbani nei comuni con popolazione superiore ai 150.000 abitanti, anni 2004 - 2008

Comune	Popolazione 2008	Produzione rifiuti urbani				
		(t)				
		2004	2005	2006	2007	2008
Torino	908.825	517.362	534.565	553.856	546.072	524.167
Milano	1.295.705	718.555	720.633	736.017	742.534	748.146
Brescia	190.844	123.295	126.546	135.532	137.180	139.048
Verona	265.368	137.165	137.344	142.966	143.810	148.117
Venezia	270.098	191.629	193.002	204.271	200.030	206.747
Padova	211.936	138.315	136.491	146.775	143.911	146.045
Trieste	205.341	100.804	99.886	99.737	99.391	100.203
Genova	611.171	326.354	307.831	307.783	316.635	331.027
Parma	182.389	108.749	106.133	107.869	104.231	103.704
Reggio Emilia	165.503	123.060	122.954	124.516	122.048	120.759
Modena	181.807	108.908	105.137	106.856	111.629	119.439
Bologna	374.944	220.211	219.198	218.932	215.880	215.038
Ravenna	155.997	114.390	115.918	117.925	118.568	120.734
Firenze	365.659	260.258	260.885	264.210	262.098	259.306
Livorno	161.095	98.420	97.611	95.302	96.974	96.053
Prato	185.091	135.970	142.038	146.347	145.757	150.558
Perugia	165.207	117.234	106.027	115.076	119.875	120.675
Roma	2.724.347	1.687.986	1.763.704	1.763.749	1.764.612	1.765.958
Napoli	963.661	565.205	566.752	588.822	576.233	611.681
Foggia	153.239	71.302	75.288	66.986	71.589	74.003
Bari	320.677	196.136	198.814	196.987	197.480	198.205
Taranto	194.021	122.791	115.714	119.345	119.810	118.438
Reggio Calabria	185.621	87.865	92.430	95.251	94.486	90.604
Palermo	659.433	386.348	440.337	450.902	417.122	410.880
Messina	243.381	106.414	125.999	134.110	127.253	123.739
Catania	296.469	250.816	245.161	245.666	251.238	224.031
Cagliari	157.297	100.028	100.809	101.157	100.869	98.513
Totale	11.795.126	7.115.570	7.257.207	7.386.945	7.347.314	7.365.817

Fonte: ISPRA

Il pro capite medio delle 27 città si attesta, nell'anno 2008, ad un valore pari a circa 624 kg/abitante per anno (623 kg/abitante per anno del 2007), circa 83 kg per abitante per anno in più rispetto alla media nazionale.

I 27 centri urbani con popolazione residente superiore ai 150 mila abitanti fanno registrare un valore complessivo di raccolta differenziata pari, nel 2008, a circa 1,75 milioni di tonnellate (+7,8% rispetto al valore 2007), corrispondenti al 17,6% circa del totale della raccolta totale nazionale.

Analogamente a quanto riscontrato nelle precedenti rilevazioni, anche nell'anno 2008 i maggiori livelli di raccolta differenziata si osservano per la città di Reggio Emilia, che si attesta ad una percentuale pari al 47,3% (Tabella 2).

Superano la soglia del 40% di raccolta le città di Ravenna (43,8%), Parma (43,2%), Modena (42,2%), Torino (40,7%), Padova (40,6%) e Brescia (40,3%) e, si avvicina alla stessa, la città di Prato (38,3%).

Per diverse città del centro-nord (Livorno, Firenze, Bologna, Verona, Milano, Perugia e Venezia) si osservano percentuali comprese tra il 30 ed il 35%. Si può, dunque, rilevare che il numero complessivo di città che intercettano in modo differenziato una quota superiore al 30% di rifiuti urbani prodotti risulta pari, nel 2008, a 15 (12 nel 2007), con una consistente crescita del numero di centri urbani con un tasso superiore al 40% (1 nel 2007, 7 nel 2008). Va segnalato che tra i comuni sopra riportati, rientrano due delle quattro maggiori città italiane (Torino e Milano).

Roma raggiunge, nell'anno 2008, una percentuale di raccolta differenziata pari al 17,4% circa (16,9% nel 2007), mentre Napoli fa rilevare una contrazione del dato attestandosi al 9,6% (11,5% nel 2007).

Tra le città del Mezzogiorno, in crescita appaiono le percentuali di raccolta di Cagliari (dall'11,3% del 2007 al 17,8% del 2008), Bari (dal 12,1% al 16,8%), Foggia (dall'8,6% al 12,5%) e Reggio Calabria (dal 9% all'11,2%), mentre per gli altri centri (Catania, Palermo, Taranto e Messina) si osservano, ancora, tassi di raccolta decisamente bassi, ben al di sotto del 10%.

Tabella 2 - Percentuali di raccolta differenziata nei comuni con popolazione superiore ai 150.000 abitanti, anni 2004 - 2008

Città	2004	2005	2006	2007	2008
	(%)				
Torino	31,9	35,3	36,7	38,7	40,7
Milano	30,1	30,7	31,4	31,9	32,7
Brescia	29,5	33,9	35,8	38,4	40,3
Verona	28,1	32,5	30,8	33,3	32,8
Venezia	16,9	19,1	23,5	27,8	30,8
Padova	41,1	39,4	38,9	39,4	40,6
Trieste	14,0	14,4	17,0	17,1	20,4
Genova	15,8	12,2	12,1	15,1	19,8
Parma	30,7	29,5	30,2	38,5	43,2
Reggio Emilia	43,8	44,8	46,8	46,6	47,3
Modena	28,8	26,2	28,3	32,7	42,2
Bologna	25,7	19,6	20,5	24,8	33,5
Ravenna	36,2	33,3	35,6	38,6	43,8

Città	2004	2005	2006	2007	2008
	(%)				
Firenze	28,9	29,7	30,4	31,2	33,7
Livorno	32,4	32,2	32,4	32,5	33,9
Prato	34,3	35,2	35,3	35,4	38,3
Perugia	23,0	19,7	19,9	27,4	30,9
Roma	13,1	15,3	16,0	16,9	17,4
Napoli	7,4	7,4	8,9	11,5	9,6
Foggia	8,0	6,7	8,6	8,6	12,5
Bari	11,8	12,2	18,3	12,1	16,8
Taranto	5,2	3,0	6,6	4,3	5,7
Reggio Calabria	8,9	13,1	8,8	9,0	11,2
Palermo	9,6	8,4	11,7	6,2	6,2
Messina	2,4	2,1	1,9	2,3	2,9
Catania	3,2	5,7	6,3	7,6	6,2
Cagliari	1,4	5,5	9,8	11,3	17,8

Fonte: ISPRA

Per quanto riguarda le singole frazioni merceologiche, si rileva che la raccolta della frazione organica (costituita da umido e verde) riferita all'anno 2008 rappresenta, a livello nazionale, circa il 33,6% del totale della raccolta differenziata. Prendendo in considerazione le sole città con popolazione residente superiore a 150.000 abitanti, l'incidenza di tale frazione risulta, però, meno evidente ed il relativo peso percentuale cala al 21% circa (valore analogo a quello riscontrato nel 2007, Tabella 3).

In termini di pro capite, il valore medio di raccolta della frazione organica delle 27 città si colloca, nel 2008, a circa 31,3 kg per abitante per anno, valore in crescita rispetto al 2007 (28,6 kg/abitante per anno), ma ancora sensibilmente inferiore rispetto a quello riscontrato a livello nazionale, pari a circa 55,6 kg per abitante per anno.

Tabella 3 – Raccolta differenziata delle principali frazioni merceologiche nei comuni con popolazione superiore ai 150.000 abitanti, anno 2008

Comune	Frazione umida e verde	Carta e cartone	Vetro	Plastica	Legno	Metallo	RAEE	Tessili	Selettiva	Altro	Totale RD
	tonnellate										
Torino	50.771,9	90.142,8	21.004,6	12.624,4	31.800,8	3.894,4	1.881,3	1.209,7	200,1	0,0	213.530,1
Milano	36.863,8	94.149,9	64.421,7	29.942,2	5.817,9	1.699,6	2.922,8	2.632,8	486,7	5.730,9	244.668,2
Brescia	18.564,4	20.419,4	5.719,2	919,4	5.530,8	712,9	418,1	309,4	86,6	3.312,9	55.993,1
Verona	16.292,0	14.916,2	9.808,9	1.116,1	3.587,9	853,0	534,1	807,0	139,0	583,5	48.637,6
Venezia	14.736,9	18.971,3	7.588,4	1.888,2	2.887,7	16.400,7	469,8	569,1	174,0	53,1	63.739,4
Padova	21.185,4	15.993,8	12.816,2	2.209,7	3.206,2	2.282,7	965,9	272,1	145,7	283,5	59.361,2
Trieste	532,4	7.992,4	3.076,6	1.264,5	2.464,7	1.008,3	2.318,6	361,1	151,6	1.311,1	20.481,4
Genova	5.315,2	31.476,5	11.099,4	2.911,0	10.936,3	898,0	1.514,0	1.192,9	221,1	37,6	65.601,8
Parma	14.991,6	14.419,5	6.989,5	4.308,1	2.743,9	778,0	329,7		73,8	205,2	44.839,5
Reggio Emilia	22.393,5	15.790,6	5.039,4	3.007,6	8.762,2	1.031,8	792,1	156,9	112,0	12,0	57.098,0
Modena	16.654,8	15.310,0	5.972,5	3.067,9	6.109,2	599,4	828,6	360,0	202,1	1.280,6	50.385,1
Bologna	11.490,1	32.134,3	7.397,3	8.603,0	3.642,1	2.045,5	948,8	853,3	164,4	4.810,2	72.089,1
Ravenna	20.509,3	13.471,4	4.152,4	4.472,1	3.455,3	1.552,3	561,7	209,4	187,6	4.356,8	52.928,2
Firenze	20.856,2	43.962,6	9.499,0	3.519,6	6.474,8	1.157,7	1.201,9	613,6	188,3	2,4	87.476,1
Livorno	10.156,0	9.891,0	3.780,0	1.865,0	5.255,0	1.165,0	318,0	112,0	54,0	0,0	32.596,0
Prato	10.614,2	30.483,1	4.242,8	3.674,6	5.462,1	1.069,3	766,7	1.151,0	91,5	74,2	57.629,6
Perugia	10.888,4	11.961,8	3.552,8	789,5	2.581,7	3.884,9	676,4	300,6	102,6	2.490,3	37.229,1
Roma	40.734,6	199.741,4	40.510,7	6.773,5	7.566,3	5.919,5	10,3	1.419,6	457,8	4.392,2	307.525,8
Napoli	4.468,2	32.417,1	6.411,8	635,6	9,0	481,8	219,0	21,0	0,4	13.852,7	58.516,6
Foggia	79,5	5.579,3	1.268,6	1.435,7	302,7	17,7	315,4	229,6	1,2	15,3	9.245,1
Bari	2.459,9	21.452,2	2.638,9	2.459,0	3.357,2	67,6	216,3	539,9	23,2	18,3	33.232,5
Taranto	513,6	4.637,9	998,2	387,0		59,3	61,8	120,4	18,4	0,0	6.796,7
Peggio Calabria	215,0	4.911,4	1.808,0	316,3	305,5	1.512,4	682,4	150,5	5,2	253,0	10.159,6
Palermo	11.683,3	7.939,9	2.478,3	1.562,4	769,0	263,5	477,5	45,3	47,7	57,7	25.324,5
Messina	4,3	705,1	568,3	73,9		1.811,5	363,3		13,3	0,0	3.539,6
Catania	849,3	4.442,6	2.065,1	517,8	960,6	137,5			5,3	5.000,0	13.978,2
Cagliari	5.871,0	6.870,2	2.200,6	624,0	436,1	409,0	809,0	221,7	40,4	20,7	17.502,7
Totale	369.694,8	770.183,6	247.109,2	100.968,1	124.424,8	51.713,4	20.603,5	13.858,9	3.393,9	48.154,3	1.750.104,5

Fonte: ISPRA

Il pro capite medio della raccolta della frazione cellulosica, in crescita rispetto al precedente anno di quasi 5 kg/abitante per anno, è pari nel 2008, a circa 65,3 kg per abitante per anno, a fronte di un pro capite medio nazionale di 48,9 kg per abitante per anno. I maggiori valori di raccolta pro capite si rilevano per i capoluoghi toscani di Prato (quasi 165 kg per abitante per anno) e Firenze (circa 120 kg per abitante per anno). Superiori ai 100 kg annuali per abitante o prossimi a tale soglia risultano anche i valori pro capite di raccolta della frazione cellulosica della città di Brescia (107 kg/abitante per anno) e di Torino (99,2 kg/abitante per anno).

Per Roma e Milano si rilevano valori pari a circa 73 kg/abitante per anno. In termini assoluti, la prima si configura come la città con i maggiori quantitativi di frazione cellulosica raccolti, con quasi 200 mila tonnellate nel 2008 (circa il 26% del quantitativo di tale frazione complessivamente intercettato dall'insieme delle 27 città con popolazione residente superiore ai 150.000 abitanti), seguita da Milano (circa 94 mila tonnellate) e Torino (circa 90 mila tonnellate).

Tra le altre frazioni merceologiche si segnala il vetro, il cui quantitativo totale raccolto nel 2008, dalle 27 città esaminate, risulta pari a circa 247 mila tonnellate (209 mila nel 2007), corrispondenti al 16,5% circa del quantitativo totale intercettato a livello nazionale. Il pro capite medio, che risulta di circa 21 kg per abitante per anno (17,7 kg/abitante per anno nel 2007), si colloca poco al di sotto di quello rilevato su scala nazionale, pari a quasi 24,9 kg per abitante per anno. In questo caso i maggiori valori pro capite, si rilevano per Padova (60,5 kg per abitante per anno) e Milano (49,7 kg per abitante per anno).

Per quanto attiene, infine, ai rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche si osserva, nel 2008, un valore pro capite medio di raccolta dei 27 centri urbani pari a circa 1,7 kg/abitante per anno (1,3 kg per abitante per anno nel 2007), dato inferiore alla media nazionale (circa 2,6 kg per abitante per anno) e ben al di sotto del target di raccolta di 4 kg per abitante per anno, fissato per il 2008, dal D.Lgs 151/2005.

STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE NELLE AREE METROPOLITANE ITALIANE

A. RICCHIUTI, A. LOTTI, F. ASTORRI

ISPRA – Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale

Si definisce “stabilimento a rischio di incidente rilevante” (stabilimento RIR), uno stabilimento in cui sono presenti sostanze potenzialmente pericolose (presenza reale o prevista o che si reputa possano essere generate nel processo) utilizzate nel ciclo produttivo o semplicemente in stoccaggio, in quantità tali da superare determinate soglie, stabilite dalla normativa “Seveso”.

La detenzione e/o l'uso di grandi quantità di sostanze aventi caratteristiche tali da essere classificate come tossiche, infiammabili, esplosive, comburenti e pericolose per l'ambiente, può portare, infatti, alla possibile evoluzione non controllata di un incidente con pericolo grave, immediato o differito, sia per l'uomo (all'interno o all'esterno dello stabilimento), sia per l'ambiente circostante, a causa di incendio, esplosione, emissione e/o diffusione di sostanze tossiche per l'uomo e/o per l'ambiente.

La Comunità Europea prese per la prima volta in considerazione questa tipologia di stabilimenti negli anni ottanta con lo scopo di diminuire il verificarsi di gravi incidenti nelle industrie, per una maggior tutela delle popolazioni e dell'ambiente nella sua globalità, emanando una specifica direttiva (la 82/501/CEE, nota anche come direttiva “Seveso”).

L'applicazione operativa, da parte degli stati membri della Comunità Europea, di tale normativa ha però messo in evidenza la necessità di aggiustamenti e modifiche con la conseguenza che la Direttiva Seveso ha avuto negli anni due ulteriori aggiornamenti, le Direttive 96/82/CE e 2003/105/CE, i cui recepimenti in Italia sono stati il D.lgs 334/99 e il D.lgs 238/05.

Il fine di tali normative è quello della riduzione della possibilità di accadimento degli incidenti e del loro conseguente impatto sull'uomo e sull'ambiente. Per ottenere ciò i gestori degli stabilimenti industriali potenzialmente a rischio di incidente rilevante, hanno l'obbligo di adempiere a determinati impegni quali: di predisporre documentazioni tecniche ed informative, di mettere in atto specifici sistemi di gestione in sicurezza dello stabilimento e contemporaneamente sono sottoposti a specifici controlli ed ispezioni da parte dell'Autorità.

Le informazioni utilizzate in questo capitolo sono tratte dell'Inventario Nazionale per le attività a rischio di incidente rilevante (industrie RIR), previsto dal D.Lgs. 334/99 (legge Seveso) predisposto ed aggiornato dall'ISPRA, d'intesa con il MATTM e con la collaborazione delle Agenzie Regionali per la protezione dell'ambiente.

L'Inventario Nazionale relativo agli stabilimenti a rischio di incidente rilevante è fondato sulle informazioni, tratte dalle notifiche e dalle schede d'informazione alla popolazione (Allegato V del D.Lgs. 334/99), fornite dai gestori degli stabilimenti e pervenute al MATTM successivamente all'entrata in vigore del citato decreto. L'Inventario viene continuamente aggiornato, mediante le informazioni che pervengono al MATTM da parte dei gestori, CNVVF, regioni, prefetture ecc. ed è validato grazie alla proficua collaborazione delle Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente. Essendo la fonte dei dati dinamica, per la redazione del presente rapporto, si è reso necessario

fissare una data di riferimento comune per tutte le 34 aree urbane al 30 giugno 2009. Al momento della pubblicazione del rapporto quindi, alcuni dati potrebbero non coincidere perfettamente con la realtà del momento.

Situazione nelle 34 aree metropolitane

Per una analisi rappresentativa di tutto il territorio nazionale sono state scelte 34 aree urbane, alle 33 aree urbane della precedente edizione si è aggiunta Monza per la quale però, trattandosi di provincia di recente istituzione, (è stata infatti istituita nel giugno 2004 ma attuata solo nel giugno 2009), non si hanno ancora disponibili, nell'Inventario nazionale, dati specifici relativi alla distribuzione provinciale (gli eventuali stabilimenti presenti sono tuttora attribuiti alla provincia di Milano).

Relativamente alla distribuzione degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante (RIR) (D.Lgs. 334/99 e s.m.i.), si evidenzia (Tabella 1) che tra le 34 città prese in considerazione quelle nel cui territorio comunale si trova un numero consistente di stabilimenti RIR sono:

- Venezia nel cui territorio comunale insiste Porto Marghera, con il suo polo industriale che comprende: una raffineria e diverse industrie petrolchimiche, per complessivi 17 stabilimenti soggetti agli adempimenti della normativa Seveso;
- Genova (10 stabilimenti) e Napoli (8 stabilimenti) che, in quanto importanti porti industriali, ospitano grandi depositi di idrocarburi;
- Brescia (8 stabilimenti) al centro di un'area caratterizzata dalla presenza di molte industrie siderurgiche;
- Livorno (8 stabilimenti) e Taranto (6 stabilimenti.), città caratterizzate dalla presenza, oltre che di un porto, di importanti aree industriali;
- Roma (7 stabilimenti) che abbina una discreta attività industriale alla vastità del suo territorio comunale.

Sempre tra le 34 aree urbane, quelle nel cui territorio comunale non sono invece presenti stabilimenti RIR sono, Firenze, Prato, Messina, Udine e Campobasso, come nella precedente edizione del Rapporto, a cui si aggiungono Monza e Cagliari.

Rapportando poi il numero di stabilimenti RIR all'estensione del territorio comunale (Tabella 2) le città con più alta "densità" di stabilimenti a rischio risultano nell'ordine: Brescia, Livorno, Napoli e Pescara.

Allargando la prospettiva al territorio provinciale risulta che la provincia che in assoluto ha il maggior numero di stabilimenti RIR è Milano con 85 stabilimenti (come già detto, nella provincia di Milano, possono essere ancora compresi gli eventuali stabilimenti ora nella provincia di Monza), seguita da Brescia, Napoli, Torino, Venezia e Roma. Prato è l'unica provincia dove non sono presenti stabilimenti RIR.

Rapportando anche in questo caso il numero di stabilimenti RIR all'estensione della superficie provinciale risulta che alte "densità" di stabilimenti RIR si trovano nell'ordine a Milano, Trieste, Napoli, Livorno, Venezia e Brescia (Tabella 2).

È interessante evidenziare una particolarità che si evince dal confronto tra i dati comunali e quelli provinciali: in alcune realtà territoriali si nota una notevole differenza tra il numero di stabilimenti presenti sul territorio comunale e quello provinciale, Milano, per esempio, all'unico stabilimento RIR presente sul territorio comunale corrispondono 85 stabilimenti sul territorio provin-

ciale; per Napoli si passa da 8 a 35, per Brescia da 8 a 46 e per Torino da 1 stabilimento sul territorio comunale si passa a 28 sul territorio provinciale.

Un'ulteriore elaborazione che è stata effettuata, grazie al lavoro di georeferenziazione realizzato dall'ISPRA per tutti gli stabilimenti RIR, è stata quella di considerare una dimensione territoriale "intermedia" tra il territorio comunale e quello provinciale (vedi colonna centrale di Tabella 1); in particolare è stata considerata la presenza di stabilimenti entro una fascia di 2 km dai confini comunali; la distanza di 2 km è stata scelta in quanto rappresentativa, in termini assolutamente generali e non riferiti alle specifiche realtà industriali e territoriali, della possibilità di coinvolgimento in caso di evento incidentale. L'analisi dei dati mostra che assumono rilevanza, oltre ovviamente alle città con rilevante numero di stabilimenti RIR all'interno dei confini comunali sopra evidenziate, le aree metropolitane di Milano, Torino, Roma, Cagliari; da segnalare il caso dell'area circostante Prato sulla quale insistono un certo numero di stabilimenti RIR (4), invece assenti, come detto, sia sul territorio comunale che su quello provinciale.

L'attività di uno stabilimento permette poi di conoscere preventivamente, sia pure in modo qualitativo, il potenziale rischio associato alla stessa. I depositi di GPL ed i depositi di esplosivi, come pure le distillerie e gli impianti di produzione e/o deposito di gas tecnici hanno, per esempio, un prevalente rischio di incendio e/o esplosione con effetti riconducibili in caso di incidente principalmente a irraggiamenti e sovrappressioni più o meno elevati, con possibilità di danni strutturali agli impianti ed edifici e danni fisici per l'uomo. Gli stabilimenti chimici, le raffinerie, i depositi di oli minerali, i depositi di tossici i depositi di fitofarmaci e gli stabilimenti dove si effettuano trattamenti galvanici associano al rischio, più o meno elevato, di incendio e/o esplosione, come i precedenti, il rischio di diffusione di sostanze tossiche o ecotossiche, nelle immediate vicinanze dello stabilimento, sia nel terreno che in aria, ma anche a distanza, e quindi pericoli, immediati e/o differiti nel tempo, sia per l'uomo che per l'ambiente.

Per quanto concerne la distribuzione per tipologia di attività degli stabilimenti RIR si rileva (tabella 3) che stabilimenti chimici e petrolchimici sono presenti in numero consistente nel comune di Venezia (per il polo petrolchimico di Porto Marghera) e nel comune di Livorno; allargando invece l'analisi alle province, si rileva che la provincia di Milano ha il numero maggiore di stabilimenti, seguita dalla provincia di Venezia. I depositi di GPL (gas liquefatti) sono presenti in circa il 50% dei 34 comuni considerati ed in quasi tutte le province, con il comune ed in particolare la provincia di Napoli in evidenza (rispettivamente 4 e 19 stabilimenti). L'industria della raffinazione (17 impianti in Italia) risulta, invece, presente a livello comunale a Roma, Taranto e Venezia ed, allargando la prospettiva, nei territori provinciali di Cagliari, Livorno, Ancona e Genova. Una diffusa presenza di depositi di oli minerali si trova nel comune di Genova, il più importante porto industriale/commerciale d'Italia ed uno dei più importanti d'Europa, e nella provincia di Roma, che include oltre che una delle più estese ed abitate aree urbane d'Italia anche il porto industriale/turistico di Civitavecchia. Per quanto concerne le altre tipologie di attività, si segnala la presenza di un numero consistente di: depositi di fitofarmaci nella provincia di Bologna, la pianura Padana è un'area ad intensa attività agricola, di depositi di sostanze tossiche nella provincia di Milano, provincia a maggior industrializzazione d'Italia, di acciaierie ed impianti metallurgici e di industrie galvanotecniche (due tipologie di attività strettamente collegate ed interconnesse) nella provincia di Brescia.

Per avere indicazioni delle tendenze in atto è stato effettuato il raffronto (tabella 4) tra i dati attuali e quelli storici relativi agli anni 2003 e 2006, desunti dall'Inventario degli stabilimenti a ri-

schio di incidente rilevanti gestito dal MATTM e dall'ISPRA. La scelta di questi due anni permette di valutare come è cambiato il panorama degli stabilimenti RIR anche a seguito delle modifiche della normativa "Seveso". Nel 2003 era infatti ancora in vigore la Direttiva Seveso II (D.Lgs. 334/99) mentre nel 2006 erano già evidenti gli effetti delle modifiche apportate con la Direttiva Seveso III (D.Lgs. 238/05).

Dal raffronto tra i dati relativi ai territori comunali si evince che nel periodo considerato si è avuta una generale riduzione, o al più il mantenimento, del numero degli stabilimenti RIR che insistono sui diversi territori comunali, con l'eccezione del comune di Roma che è passato da 21 stabilimenti nel 2003 a 9 stabilimenti nel 2009. Solo in due comuni si è avuto un incremento, significativo, ovvero il comune di Brescia (da 4 ad 8) e quello di Livorno (da 6 ad 8).

Nel raffronto tra i dati relativi ai territori provinciali possono valere le stesse osservazioni fatte per i territori comunali, con la differenza che si riscontra un maggior numero di territori provinciali dove si nota un aumento del numero di stabilimenti RIR (oltre a Brescia, che passa da 26 a 46, incrementi consistenti anche se minori si riscontrano nelle province di Pescara, Potenza, Verona, Messina e Udine). Analogamente al territorio comunale la provincia di Roma segue il trend di una notevole riduzione del numero di stabilimenti RIR, passati da 40 nel 2003 a 23 nel 2009.

Non è immediato attribuire queste variazioni (riduzioni o aumenti) ad effettive modificazioni del tessuto industriale connesse a ristrutturazioni aziendali, cambiamenti di processi e produzioni e cessazioni o avvio d'attività, piuttosto che, semplicemente, alle modifiche normative nel frattempo intercorse, che hanno variato significativamente i criteri di assoggettamento delle attività industriali alla normativa Seveso. Gli aggiustamenti apportati alla suddetta normativa hanno infatti portato importanti variazioni alla classificazione "Seveso" di alcuni prodotti che sono in uso in alcuni comparti produttivi ed in particolare nei comparti degli oli minerali, della galvanica e degli esplosivi. A seguito di tali variazioni per esempio un consistente numero di depositi di gasolio, che con il D.Lgs. 334/99 rientravano negli obblighi imposti alle aziende a rischio di incidente rilevante, non sono più soggetti ai sensi del D.lgs.238/05 a tali obblighi e sono quindi usciti dagli elenchi degli stabilimenti RIR (a ciò va fatta ad esempio risalire la notevole riduzione degli stabilimenti RIR nel comune e nella provincia di Roma). Vale invece il discorso inverso per il comparto industriale galvanico (il comune e la provincia di Brescia in quanto "distretto industriale" del settore dei trattamenti sui materiali ferrosi ne è la dimostrazione) e per quello degli esplosivi. Per una analisi maggiormente dettagliata sarebbero necessari ulteriori e più complessi approfondimenti.

Tabella 1 – Distribuzione stabilimenti RIR

AREA METROPOLITANA		Totale comune	Totale nel comune ma con una fascia più ampia di 2 km (*)	Totale provincia
1	Torino	1 (1)	6 (5)	28 (29)
2	Aosta	1 (1)	1 (1)	5 (5)
3	Milano	1 (2)	20 (16)	85 (86)
4	Monza	0	ND	ND
5	Brescia	8 (8)	12 (9)	46 (45)
6	Bolzano	1 (1)	2 (2)	5 (5)
7	Trento	1 (1)	4 (1)	9 (9)
8	Verona	2 (3)	3 (4)	19 (21)
9	Venezia	17 (17)	17 (20)	26 (26)
10	Padova	3 (3)	5 (4)	12 (12)
11	Udine	0 (0)	3 (2)	18 (16)
12	Trieste	4 (4)	7 (7)	7 (7)
13	Genova	10 (9)	10 (9)	13 (12)
14	Parma	4 (4)	8 (6)	9 (10)
15	Modena	1 (1)	3 (3)	7 (7)
16	Bologna	2 (2)	6 (6)	20 (20)
17	Firenze	0 (0)	2 (1)	10 (10)
18	Prato	0 (0)	4 (4)	0 (0)
19	Livorno	8 (8)	9 (9)	14 (14)
20	Perugia	1 (1)	3 (1)	12 (12)
21	Ancona	2 (2)	2 (2)	9 (8)
22	Roma	7 (9)	13 (13)	23 (26)
23	Pescara	2 (2)	2 (2)	8 (9)
24	Campobasso	0 (0)	0 (0)	5 (5)
25	Napoli	8 (9)	8 (10)	35 (40)
26	Foggia	1 (1)	2 (1)	5 (7)
27	Bari	4 (4)	5 (4)	18 (18)
28	Taranto	6 (6)	6 (6)	6 (6)
29	Potenza	2 (2)	3 (2)	7 (7)
30	Reggio Calabria	3 (3)	3 (3)	3 (4)
31	Palermo	2 (2)	3 (3)	11 (12)
32	Messina	0 (0)	1 (1)	5 (5)
33	Catania	6 (6)	9 (9)	14 (15)
34	Cagliari	0 (1)	5 (6)	13 (16)

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MATTM di giugno 2009, tra parentesi i valori relativi ad ottobre 2008

Tabella 2 – Densità stabilimenti RIR

AREA METROPOLITANA		DENSITÀ COMUNALE			DENSITÀ PROVINCIALE		
		Stab	km ²	Stab/ km ²	Stab	km ²	Stab/ km ²
		n	n	n*10-3	n	n	n*10-4
1	Torino	1	130,17	8	28	6.830,25	40
2	Aosta	1	21,37	47	5	3.263,22	15
3	Milano	1	182,07	5,5	85	1.984,39	428
4	Monza	0	33,02	0	ND		ND
5	Brescia	8	90,68	88	46	4.784,36	96
6	Bolzano	1	52,33	19	5	7.399,97	6,7
7	Trento	1	157,92	6	9	6.206,90	14
8	Verona	2	206,64	9,7	19	3.120,89	61
9	Venezia	17	412,54	41	26	2.461,52	106
10	Padova	3	92,85	32	12	2.141,59	56
11	Udine	0	56,65	0	18	4.905,42	37
12	Trieste	4	84,49	47	7	211,82	330
13	Genova	10	243,60	41	13	1.838,47	71
14	Parma	4	260,77	15	9	3.449,32	26
15	Modena	1	182,74	5,4	7	2.688,65	26
16	Bologna	2	140,73	14	20	3.702,53	54
17	Firenze	0	102,41	0	10	3.514,38	28
18	Prato	0	97,59	0	0	365,26	0
19	Livorno	8	104,10	77	14	1.211,38	116
20	Perugia	1	449,92	2	12	6.334,09	19
21	Ancona	2	123,71	16	9	1.940,16	46
22	Roma	7	1.285,30	5,4	23	5.351,81	43
23	Pescara	2	33,62	59	8	1.224,67	65
24	Campobasso	0	55,65	0	5	2.908,80	17
25	Napoli	8	117,27	68	35	1.171,13	299
26	Foggia	1	507,80	2	5	7.191,97	6,9
27	Bari	4	116,20	34	18	5.138,30	35
28	Taranto	6	217,50	28	6	2.436,67	25
29	Potenza	2	173,97	11	7	6.548,49	11
30	ReggioCal.	3	236,02	13	3	3.183,19	9,4
31	Palermo	2	158,88	13	11	4.992,23	22
32	Messina	0	211,23	0	5	3.247,34	15,4
33	Catania	6	180,88	33	14	3.552,20	39
34	Cagliari	0	85,55	0	13	6.895,38	19

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MATTM giugno 2009

Tabella 3— Distribuzione degli stabilimenti RIR, suddivisi per tipologia di attività, nelle 34 Aree Metropolitane

Area Metropolitana	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		Totale			
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P		
Torino	1	9		5				4								1						4								2	1	28
Aosta		1		3																				1						1	5	
Milano		42		6			8	1	1	5						1				12		4				2		4	1	85		
Monza		ND		ND		ND	0	ND																								
Brescia	1	5	2	8						1	2									3	20				8	1	2	1	8	46		
Bolzano		1		2							1													1					1	5		
Trento		2		2			2							1	1	1													1	9		
Verona		5	2	6					3						1	1				1		2						2	19			
Venezia	8	10		5	1	1	3	3	1	1	2												1	1	2	2	1	1	17	26		
Padova	2	3		3					1		1			1								1	1					1	3	12		
Udine		4		5				1								1						3							0	18		
Trieste	1	1		1			1	3														1	1	1					4	7		
Genova	1	1	2	2			1	7							1	1							1	1				10	13			
Parma		2	1	3															3	4								4	9			
Modena	1	2	2	2			1	1		1																		1	7			
Bologna	2	2	4	4			1	1	5							1				3		1					2	2	20			
Firenze	3	3		4			2																						0	10		
Prato																													0	0		
Livorno	3	5	1	2			1	1	1	1	1				2	2						1						8	14			

n.

segue

segue Tabella 3

Area Metropolitana	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		Totale				
	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P	C	P			
Perugia	1													1	1																1	1	12
Ancona	1				4	1														2	1	1									2	9	23
Roma	2	3	6	1	1	1	2	10	1	1						3															7	23	
Pescara	1	1	3				1	1	1							2														2	8	5	
Campobasso	3		1				1																							0	5	35	
Napoli	5	4	19				3	4							1	4	1								1				1	8	35		
Foggia			1	3											2															1	5	18	
Bari	1	1	2	6				2	1	3				2		3									1					4	18		
Taranto			1	1	1	1	1	1	1							1	1	1	1					1	1					6	6	7	
Potenza	1	2	4					1																			1			2	7	3	
Reggio di Calabria			1	1												2	2													3	3	11	
Palermo				4			2	2					1		4															2	11	5	
Messina	1		1			1									1															0	5	14	
Catania	1	1	3	8					1	1					3											1	1		6	14	13		
Cagliari	4		3			1									2		1											1	0	13			

n.

Legenda: 1 Stabilimento chimico o petrolchimico; 2 Deposito di gas liquefatti; 3 Raffinazione petrolio; 4 Deposito di oli minerali; 5 Deposito di fitofarmaci; 6 Deposito di tossici; 7 Disillazione; 8 Produzione e/o deposito di esplosivi; 9 Centrale termoelettrica; 10 Galvanotecnica; 11 Produzione e/o deposito di gas tecnici; 12 Acciaierie e impianti metallurgici; 13 Impianti di trattamento; 14 Altro

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del Mare, giugno 2009

Tabella 4 – Variazioni

n	Comune/Provincia	2003		2006		2009	
		Com	Pr	Com	Pr	Com	Pr
1	Torino	6	35	4	33	1	28
2	Aosta	2	5	1	4	1	5
3	Milano	5	91	4	87	1	85
4	Monza	0	ND	2	ND	0	ND
5	Brescia	4	26	7	29	8	46
6	Bolzano	3	11	2	7	1	5
7	Trento	3	9	1	8	1	9
8	Verona	2	15	2	20	2	19
9	Venezia	23	33	22	31	17	26
10	Padova	6	17	4	16	3	12
11	Udine	0	15	0	12	0	18
12	Trieste	4	8	4	7	4	7
13	Genova	13	16	9	12	10	13
14	Parma	3	8	1	6	4	9
15	Modena	3	8	2	8	1	7
16	Bologna	6	26	4	21	2	20
17	Firenze	0	10	0	11	0	10
18	Prato	0	0	0	0	0	0
19	Livorno	6	16	8	16	8	14
20	Perugia	2	11	1	12	1	12
21	Ancona	2	8	2	8	2	9
22	Roma	21	40	12	32	9	23
23	Pescara	2	5	2	7	2	8
24	Campobasso	0	4	0	5	0	5
25	Napoli	13	39	12	42	8	35
26	Foggia	2	8	1	7	1	5
27	Bari	4	19	4	18	4	18
28	Taranto	10	10	8	8	6	6
29	Potenza	2	4	2	6	2	7
30	Reggio di Calabria	2	2	2	3	3	3
31	Palermo	3	9	2	12	2	11
32	Messina	0	3	0	4	0	5
33	Catania	8	15	5	13	6	14
34	Cagliari	1	25	1	24	0	13

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati MATTM 2003-2006-2009

Conclusioni

Si evidenzia, per una valutazione complessiva del fattore di pressione determinato dall'attività industriale sui contesti urbani, che i dati riportati in questo capitolo si riferiscono esclusivamente agli "stabilimenti a rischio di incidente rilevante" (RIR) di cui si è data la definizione nell'introduzione. Tra questi stabilimenti si trovano semplici depositi ovvero piccole, medie e grandi industrie sia di processo che manifatturiere, ma certamente non tutte le fattispecie di attività industriali con possibili impatti sull'ambiente. Non rientrano tra gli stabilimenti RIR, in quanto non detengono sostanze pericolose oltre le soglie limite, anche industrie di notevoli dimensioni; viceversa attività di dimensioni limitate, ma con processi produttivi che richiedono l'utilizzo intensivo di sostanze pericolose, sono censite e soggette agli specifici controlli "Seveso". Dall'analisi effettuata è emerso che il numero di industrie potenzialmente pericolose, presenti all'interno dei territori comunali di ciascuna delle 34 aree urbane considerate, è generalmente di poche unità, salvo qualche eccezione, mentre è più consistente il numero di stabilimenti presenti nei territori delle rispettive province, in cui il livello di urbanizzazione dovrebbe essere minore. In realtà le attività industriali operano spesso in contesti territoriali congestionati, in stretta connessione o a ridosso di ambiti urbani o comunque densamente abitati e caratterizzati dalla presenza di centri sensibili in caso di incidente, in molti casi insediati successivamente all'attività industriale. Proprio l'evidenza di tali situazioni e delle problematiche connesse, ha determinato lo sviluppo della normativa "Seveso" e delle altre disposizioni a questa collegate (per esempio il D.M. dei lavori pubblici del 9 maggio 2001 recante misure per il controllo dell'urbanizzazione nei pressi delle industrie a rischio di incidente rilevante).

La pressione degli stabilimenti a rischio di incidente rilevante nel contesto italiano è comunque paragonabile a quella degli altri grandi Paesi industriali europei, anche se indubbiamente presenta delle specificità connesse alla storia e allo sviluppo dell'industria nazionale e alle scelte effettuate in passato, ad esempio in materia di approvvigionamento energetico. Al riguardo basti pensare alla presenza dei grandi poli petrolchimici sviluppatasi, negli anni del dopoguerra, nella Pianura padana (Ravenna, Ferrara), e nella laguna di Venezia (Marghera) e, a partire dagli anni '60 e '70, nel Mezzogiorno (Brindisi, Priolo, Gela, Porto Torres, ecc.): tra questi poli industriali l'unico insediato in una delle 34 aree urbane considerate è quello di Marghera, situato a ridosso della urbanizzazione Venezia-Mestre. Un'altra caratteristica del panorama industriale italiano è la presenza di distretti industriali, caratterizzati dalla concentrazione di piccole e medie industrie con produzioni simili o connesse nella medesima filiera produttiva, alcuni insediati in prossimità di alcune delle 34 aree urbane oggetto del Rapporto. Nella provincia di Milano, per esempio, si concentrano molti stabilimenti chimici, mentre sia il comune che la provincia di Brescia sono caratterizzati dalla presenza della siderurgia e quindi anche dalle attività di galvanotecnica ad essa collegate; depositi di prodotti petroliferi e GPL sono, infine, localizzati nei comuni di Genova, Livorno e Napoli, in relazione alla loro natura di porti industriali.

FRANE NELLE AREE URBANE

A. TRIGILA, C. 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 nazionale, la superficie delle aree urbane è più che raddoppiata e tale incremento spesso è avvenuto in assenza di una corretta pianificazione territoriale, di studi dettagliati sulla pericolosità da frana, con percentuali di abusivismo che raggiungono anche il 60% nelle regioni dell'Italia meridionale (INU – Istituto Nazionale di Urbanistica, 2005). Spesso infatti le aree di nuova urbanizzazione sono state ubicate in zone instabili o ad elevata propensione al dissesto, aumentando il rischio da frana.

La presenza di fenomeni franosi in aree densamente antropizzate determina situazioni di elevato rischio considerato che anche frane di ridotte dimensioni possono causare vittime e danni. In ambiente urbano le cause di origine antropica, quali tagli stradali, scavi, sovraccarichi, presenza di cavità, perdite dalla rete acquedottistica o fognaria assumono un peso rilevante nell'innescare dei fenomeni di dissesto gravitativo.

L'obiettivo del lavoro è la valutazione del rischio da frana nelle 34 aree urbane oggetto del presente Rapporto.

Metodologia

La metodologia impiegata per l'analisi della relazione tra frane ed urbanizzato si basa su elaborazioni effettuate in ambiente GIS e sulla definizione di indicatori di impatto.

I dati di input utilizzati sono: l'*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia* (Progetto IFFI) e il livello informativo dei *Centri Abitati* del database DB Prior 10K. Il Progetto IFFI, realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome, ha censito 485.004 frane che interessano un'area di 20.721 km², pari al 6,9% del territorio nazionale (<http://www.sinanet.apat.it/progettoiffi>). La banca dati è costituita da una cartografia informatizzata (scala 1:10.000 per la maggior parte del territorio nazionale; 1:25.000 per le zone scarsamente popolate o di montagna) e da un database alfanumerico che archivia le informazioni sulle frane sulla base di standard internazionali di classificazione. Le frane sono rappresentate mediante geometrie puntuali, lineari e poligonali in funzione della dimensione minima cartografabile alla scala di rilevamento adottata.

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.

Le elaborazioni in ambiente GIS sono basate sulla funzione di *overlay* del livello informativo delle frane del Progetto IFFI con quello dei Centri Abitati. La rappresentazione fisica delle frane puntuali e lineari è stata ottenuta mediante l'attribuzione di un buffer di 10 m.

Per valutare il dissesto da frana nelle aree urbane sono stati quindi sviluppati i seguenti indicatori di impatto: frane nel territorio comunale; frane che interessano l'urbanizzato; frane "rapide" e frane "lente" che ricadono in area urbanizzata. Il primo indicatore fornisce un quadro ge-

nerale del dissesto da frana sul territorio comunale delle 34 aree urbane considerate, espresso sia dal numero che dall'area in frana in km². Il secondo indicatore descrive la situazione attuale di rischio da frana per l'urbanizzato, mediante tre indici (numero, area in frana in km² e in %). Il terzo indicatore, basato sul parametro velocità, dà un'informazione sulla "pericolosità" dei fenomeni franosi sia in termini di danni che di perdita di vite umane. È stato ottenuto suddividendo i fenomeni franosi in due classi: le frane "lente" che possono determinare solo danni a edifici e a infrastrutture, le frane "rapide" (es. crolli, colate rapide di fango o detrito) che, non consentendo l'evacuazione dell'area, possono causare la perdita di vite umane, oltre ai danni ai beni. Quest'ultima classe comprende i fenomeni denominati molto rapidi o estremamente rapidi (velocità > 3m/min) secondo la classificazione di Cruden & Varnes (1996).

Risultati

La superficie totale dell'urbanizzato dei 34 comuni è di 2.259 km², pari al 12,6% dell'urbanizzato del territorio nazionale.

Le elaborazioni hanno fornito i seguenti risultati: 6.172 sono le frane che ricadono nel territorio dei 34 comuni in oggetto, per un'area complessiva in frana pari a 153,65 km², mentre se si prende in considerazione solo l'urbanizzato le frane sono 1.873 per un'area di 17,27 km² (tabella 1).

Tabella 1 – Incidenza delle frane sui 34 comuni analizzati

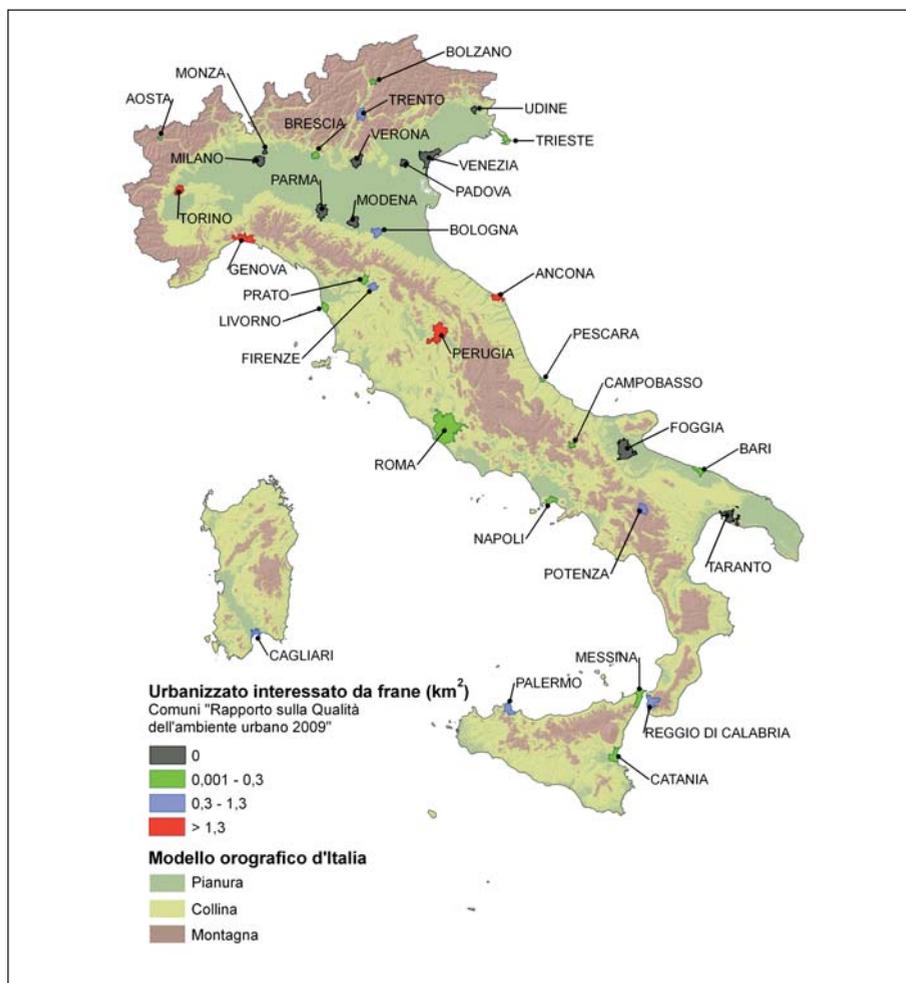
Comune	Superficie comunale (km2)	Urbanizzato (km2)	N. Frane	Area in frana (km²)	N. Frane	Urbanizzato interessato da frane (km²)	Urbanizzato interessato da frane (%)	N. Frane "rapide"	N. Frane "lente"
ANCONA	124,222	22,152	605	26,987	139	3,000	13,54	7	92
AOSTA	21,417	8,784	15	3,826	4	0,172	1,96	2	1
BARI	116,843	63,524	9	0,003	9	0,003	0,00	9	0
BOLOGNA	141,212	87,717	618	6,579	103	0,931	1,06	0	87
BOLZANO	52,192	12,291	36	2,409	12	0,170	1,38	8	2
BRESCIA	90,387	52,818	14	0,100	3	0,012	0,02	3	0
CAGLIARI	83,156	29,485	50	0,419	42	0,301	1,02	42	0
CAMPOBASSO	56,112	6,648	199	3,104	15	0,085	1,28	0	1
CATANIA	182,644	62,222	39	0,466	24	0,142	0,23	19	4
FIRENZE	102,294	64,776	86	2,480	45	0,521	0,80	0	44
FOGGIA	509,233	14,902	0	0	0	0	0	0	0
GENOVA	237,133	75,214	640	28,254	212	4,003	5,32	31	80
LIVORNO	104,053	29,957	38	1,434	7	0,062	0,21	1	2
MESSINA	213,241	44,279	29	1,271	12	0,254	0,57	1	6
MILANO	181,639	141,972	0	0	0	0	0	0	0
MODENA	183,177	43,304	0	0	0	0	0	0	0
MONZA	33,060	18,438	0	0	0	0	0	0	0
NAPOLI	118,528	105,661	213	0,130	147	0,101	0,10	26	2
PADOVA	92,919	68,741	0	0	0	0	0	0	0
PALERMO	160,012	87,675	19	1,434	2	0,508	0,58	0	2
PARMA	260,599	42,801	0	0	0	0	0	0	0
PERUGIA	449,995	57,293	1676	23,365	219	2,073	3,62	0	189
PESCARA	33,809	26,599	13	0,264	3	0,028	0,11	0	3
POTENZA	175,436	22,432	94	6,331	29	0,469	2,09	0	29
PRATO	97,311	40,859	92	1,509	13	0,088	0,22	0	13
R. CALABRIA	238,481	46,951	220	10,368	113	1,142	2,43	19	57
ROMA	1287,595	570,671	55	0,339	23	0,022	0,00	1	1
TARANTO	237,283	71,302	0	0	0	0	0	0	0
TORINO	130,650	113,649	969	3,233	577	2,029	1,79	69	147
TRENTO	157,609	25,963	415	28,810	101	1,003	3,86	56	39
TRIESTE	84,069	38,764	27	0,538	18	0,146	0,38	11	6
UDINE	57,186	35,090	0	0	0	0	0	0	0
VENEZIA	416,124	68,805	0	0	0	0	0	0	0
VERONA	198,938	57,639	1	0	1	0	0	0	1
TOTALE	6628,560	2259,378	6172	153,653	1873	17,265	0,76	305	808

Fonte: ISPRA, 2009

L'indice di franosità percentuale (I/F), ovvero il rapporto tra l'area in frana (153,65 km²) e l'area totale dei comuni considerati (6.628,56 km²) è pari al 2,3%. Tale valore è sensibilmente inferiore al dato relativo al territorio nazionale pari al 6,9%. La differenza è da attribuire all'ubicazione dei 34 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. Nove comuni (Foggia, Milano, Modena, Monza, Padova, Parma, Taranto, Udine e Venezia), ricadendo totalmente in aree di pianura, presentano rischio da frana trascurabile o nullo.

Le 34 aree urbane sono state classificate in quattro classi sulla base della superficie urbanizzata interessata da frane (fig. 1). Genova, Ancona, Perugia, Torino presentano i valori più elevati di superficie urbanizzata interessata da frane.

Figura 1 – Classificazione dei 34 comuni sulla base della superficie urbanizzata interessata da frane. Il modello orografico d'Italia, ottenuto da un DEM 20x20 metri, definisce "pianura" i territori a quota altimetrica < 300 m ed acclività < 3°; "collina" le aree con acclività > 3° o quota compresa tra 300 e 600 m; "montagna" i territori a quota > 600 m (Trigila et alii, 2008).



Fonte: ISPRA, 2009

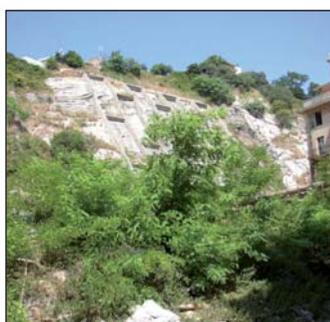
Se si considerano le 1.873 frane che interessano il tessuto urbano, le tipologie di movimento più frequenti sono: gli scivolamenti rotazionali/traslativi (28,24%), le frane complesse (20,13%), i colamenti lenti (13,45%), i crolli (8,17%) e i colamenti rapidi (4,81%). Per una valutazione del rischio da frana in area urbana occorre prendere in considerazione, oltre alla superficie interessata dai dissesti, anche altri parametri come la velocità 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.

Le frane “rapide” e le frane “lente” rappresentano rispettivamente il 16,28% e il 43,14% dei fenomeni che interessano l’urbanizzato; per i restanti fenomeni (40,58%) non è stata determinata la velocità di movimento. Le aree urbane di Torino, Trento, Genova, Napoli, Catania e Reggio Calabria sono interessate da frane a cinematismo rapido, mentre quelle di Perugia, Ancona, Bologna, Firenze e Potenza sono caratterizzate prevalentemente da frane a cinematismo lento. Per quanto riguarda il comune di Cagliari, occorre precisare che l’elaborazione GIS ha prodotto una sovrastima del rischio da frana in quanto i 42 fenomeni di crollo ricadenti in aree urbanizzate secondo il livello informativo dei *Centri Abitati* del database DB Prior 10K, in realtà interessano aree non edificate soggette a vincolo paesaggistico o archeologico, come risulta da un’analisi di dettaglio delle ortofoto digitali a colori IT2000. Le frane del comune di Messina sono fortemente sottostimate in quanto la banca dati del Progetto IFFI, aggiornata a dicembre 2006, non contiene gli eventi di frana verificatisi nell’ottobre 2007 e nell’ottobre 2009. Relativamente al comune di Roma, per gran parte delle frane non sono disponibili informazioni sulla velocità del movimento.

Viene di seguito presentata una breve rassegna dei principali eventi di frana che hanno interessato le aree urbane di Genova, Ancona, Perugia, Torino, Roma e Messina.

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; b) bonifica del fronte di cava.



Fonte: a) Gruppo Ligure ANGI, 1968; b) 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 ferrovia 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.



Fonte: ISPRA, 2008

Nella 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-travertinosa che caratterizza l'intero versante. Dopo l'evento è stata immediatamente eseguita una fase di disgaggio e pulizia del fronte crollato ed è stata inoltre realizzata una barriera passiva a protezione della sede stradale (Amanti *et alii*, 2008).

Nel comune di Messina le violentissime precipitazioni del 1° ottobre 2009 (oltre 200 mm di pioggia nelle 24 ore) hanno determinato l'innescò di circa 300 fenomeni franosi evoluti in colate rapide di fango e detrito che hanno investito, con spessori anche di 2-3 metri, abitati ed infrastrutture, causando 31 vittime e 6 dispersi. L'interruzione della Strada statale 114 Orientale Sicula, dell'Autostrada A18 e della ferrovia Messina-Catania ha determinato per alcuni giorni un totale isolamento di alcune frazioni (Giampileri, Molino, Altolia) raggiungibili solo da mare o per via aerea.

Figura 4 – Colate rapide nella frazione di Giampileri, comune di Messina.



Fonte: ISPRA, 2009

Conclusioni

L'analisi effettuata ha evidenziato che Genova, Ancona, Perugia e Torino presentano i valori più elevati di superficie urbanizzata interessata da frane. E' opportuno sottolineare che la presenza di fenomeni franosi in aree densamente antropizzate determina situazioni di elevato rischio in quanto anche frane di ridotte dimensioni possono causare vittime e danni ingenti.

Le frane a cinematismo rapido, che rappresentano i fenomeni più pericolosi per l'incolumità delle persone interessano o hanno interessato in passato le aree urbane di Messina, Torino, Trento, Genova, Napoli, Catania, Reggio Calabria e Roma, mentre le frane a cinematismo lento quelle di Perugia, Ancona, Bologna, Firenze e Potenza.

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.
- Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996). Landslide types and processes. In: A.K. Turner, R.L. Schuster (eds) *Landslides investigation and mitigation* (Special report 247, pp. 36-75). Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Felicioni G., Martini E., Ribaldi C. (1994) Studio dei Centri Abitati Instabili in Umbria. Atlante regionale. Pubblicazione n. 979 del GNDCI-CNR.
- Garretti L., Fioetttta 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.
- INU – Istituto Nazionale di Urbanistica (2005) Rapporto dal territorio 2005, INU Edizioni srl. Roma.
- Provincia di Genova (2007) Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico. Ambito regionale di bacino 14. Piano degli interventi per la mitigazione del rischio.
- Regione Siciliana - Presidenza - Dipartimento della Protezione Civile (2009) Rapporto sugli eventi meteo che hanno colpito la provincia di Messina il giorno la provincia di Messina il giorno 1 ottobre 2009.
- 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.

URBANIZZAZIONE E RISCHIO IDRAULICO NEI PRINCIPALI CAPOLUOGHI ITALIANI

G. BRACA¹, M. BUSSETTINI¹, B. DESSI², C. IADANZA², B. LASTORIA¹, D. SPIZZICHINO²

¹ ISPRA - Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine

² ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo

Introduzione

A causa delle sue caratteristiche morfologiche, il territorio italiano si trova ad essere particolarmente esposto a fenomeni alluvionali, spesso innescati da eventi meteorici brevi ed intensi. Focalizzando l'attenzione sulle criticità idrauliche naturalmente presenti sul territorio nazionale, appare evidente che esse risultino 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 conseguenti 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 del territorio 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 (ad uso residenziale, industriale, etc.) e dall'altra di garantire e talvolta 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 evidenziare la situazione attuale dei 34 capoluoghi italiani in termini di criticità e rischio idraulico in relazione allo stato di urbanizzazione del territorio comunale.

Dati di base ed elaborazione

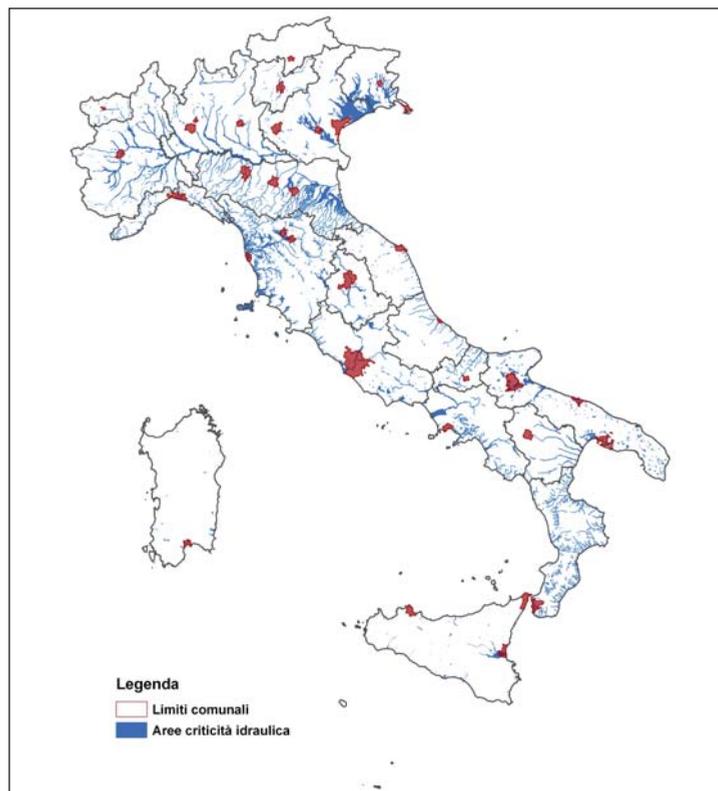
I dati utilizzati per questa analisi provengono da due differenti database a scala nazionale ed alcuni a scala regionale e/o di bacino. Il primo database a scala nazionale utilizzato è stato predisposto nel 2006 dalla Direzione Generale per la Difesa del Suolo del Ministero dell'Ambiente a partire dai 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" (si tratta di quelle aree comunemente denominate a pericolosità idraulica elevata e molto elevata ovvero aree inondabili da eventi aventi una probabilità di accadimento, ovvero un tempo di ritorno T_r , fino a 200 anni); il secondo database a scala nazionale 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), esso contiene una serie di strati informativi di interesse generale quali limiti ammini-

strativi, centri abitati, idrografia e viabilità stradale e ferroviaria. Allo scopo di integrare le informazioni contenute nei database nazionali (aggiornati al 2006) con dati più recenti, sono stati poi usati gli shapefile della pericolosità idraulica del PAI (Piano Strategico di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) elaborati dalla Regione Sicilia (pericolosità elevata e molto elevata) relativamente ai dati dei comuni di Catania, Messina e Palermo e gli shapefile del PAI (Piano Strategico di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) dell'AdB Arno (pericolosità elevata e molto elevata) per i dati relativi ai comuni di Prato e Firenze e gli shapefile del PAI AdB Tevere e dello Stralcio Funzionale - PS1 - "Aree soggette a rischio di esondazione nel tratto Orte - Castel Giubileo" per il comune di Roma.

Mediante la sovrapposizione in ambiente GIS degli strati informativi delle aree ad elevata criticità idraulica e dei centri abitati è stato possibile individuare, per ciascuno dei 34 capoluoghi oggetto dello studio, l'area urbanizzata (centri abitati) all'interno della superficie comunale e 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 34 capoluoghi.



Fonte: ISPRA 2009

Analisi dei risultati e conclusioni

Prima di procedere all'analisi dei risultati è opportuno specificare alcuni limiti dello studio. E' infatti opportuno sottolineare 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 i capoluoghi 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 danni e conseguenti costi al verificarsi di un fenomeno critico, ciò allo scopo di consentire quindi da un lato una corretta pianificazione e programmazione degli interventi di mitigazione per la riduzione del livello di rischio (scenari di medio lungo termine) e dall'altro una efficace gestione in caso di emergenza (scenari di breve periodo).

I risultati ottenuti, pur con i limiti suddetti, consentono comunque di osservare, dall'analisi dei dati contenuti nella tabella 1, che sul totale dei 34 capoluoghi presi in considerazione, solo 5 di essi non presentano all'interno dei confini comunali aree urbanizzate classificate ad elevata criticità idraulica. Di questi in realtà sono appena 3 quelli in cui l'intera superficie comunale non è interessata da aree ad elevata criticità idraulica.

Tabella 1 – Sintesi dei risultati di sovrapposizione delle superfici urbanizzate e delle aree ad elevata criticità idraulica nei 34 capoluoghi. In blu i capoluoghi che non presentano criticità.

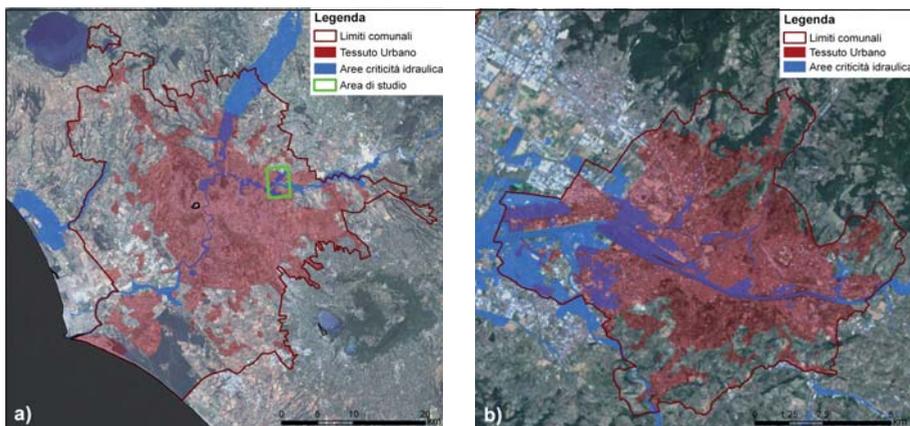
COMUNE	Sup. comunale (km ²)	Sup. urbanizzata (km ²)	Sup. urbanizzata (%)	Sup. comunale esposta ad elevata criticità idraulica (km ²)	Criticità idraulica per sup. comunale (%)	Sup. urbanizzata esposta ad elevata criticità idraulica (km ²)	Criticità idraulica per area urbanizzata (%)
ANCONA	124.2	22.1	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	104.3	57.1	5.16	8.3
FIRENZE	102.3	64.8	63.3	14.3	14.0	8.2	12.6
FOGGIA	102.3	64.8	63.3	16.2	15.9	9.77	15.1
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	0.4	0.2	0.19	0.4
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
MONZA	33.1	18.4	55.8	1.8	5.5	0.15	0.8
NAPOLI	118.5	105.7	89.1	0.2	0.2	0.0	0.0

COMUNE	Sup. comunale (km ²)	Sup. urbanizzata (km ²)	Sup. urbanizzata (%)	Sup. comunale esposta ad elevata criticità idraulica (km ²)	Criticità idraulica per sup. comunale (%)	Sup. urbanizzata esposta ad elevata criticità idraulica (km ²)	Criticità idraulica per area urbanizzata (%)
PADOVA	92.9	68.7	74.0	15.7	16.9	10.4	15.2
PALERMO	160,0	87,7	54,8	1,6	1,0	1,59	1,8
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	12,7	13,0	1,90	4,6
REGGIO CALABRIA	238.5	47.0	19.7	9.7	4.1	3.7	7.9
ROMA	1287,6	570,7	44,3	68,3	5,3	26,46	4,6
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

Fonte: ISPRA 2009

In figura 2 sono stati riportati in dettaglio, i casi di studio di due importanti capoluoghi del territorio italiano che sono stati scelti a titolo illustrativo tra tutti quelli in cui sono state riscontrate grandi estensioni di superficie urbanizzata esposte ad elevate criticità idrauliche (Tab. 1).

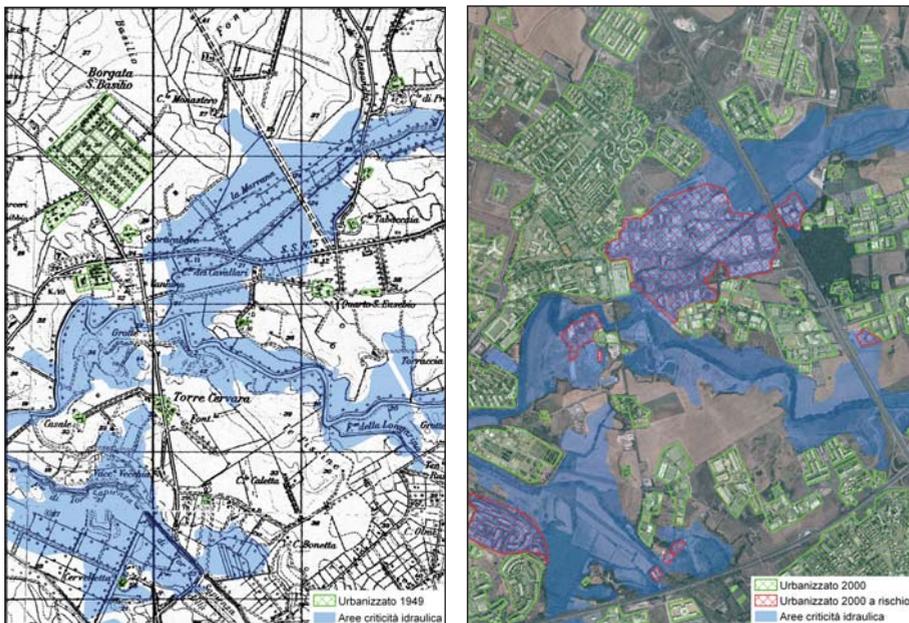
Figura 2 – Dettaglio dell'intersezione fra limiti comunali, superfici urbanizzate ed aree ad elevata criticità idraulica per i comuni di: a) Roma e b) Firenze.



Fonte: ISPRA 2009

La pianificazione territoriale, ed in particolare l'urbanizzazione degli ultimi cinquanta anni, sono state accompagnate da studi connessi al rischio idraulico in grado di accertare la reale compatibilità tra destinazione d'uso e pericolosità territoriale. In merito e a titolo di esempio si è voluta analizzare l'area (fig. 2) dove sorge attualmente il Polo Industriale Tiburtino nella zona NE della città di Roma (individuato dal toponimo "La Marrana" nelle tavolette IGM): ciò è stato fatto mettendo a confronto l'area prima della sua urbanizzazione, ottenuta digitalizzando l'urbanizzato del 1949 dalla corrispondente tavoletta IGM 1:25.000, e la sua attuale urbanizzazione, rilevata da una recente ortofoto digitale a colori Terraltaly IT2000. I risultati del confronto sono riportati in figura 3: l'area di studio si estende per una superficie complessiva pari a 12.48 km², l'area delle fasce di pericolosità idraulica (fascia A dell'AdB Tevere) nell'area di studio è pari a 3.39 km². Lo studio mostra che nel 1949 l'urbanizzato nell'area di studio misurava 0.4 km² e non si riscontra la presenza di territorio urbanizzato esposto a criticità idrauliche. A conferma delle considerazioni sopra richiamate, si osserva che nell'ortofoto 2000 si ha un incremento del territorio urbanizzato nell'area di studio (4.54 km²) e compaiono conseguentemente aree a rischio idraulico per un'estensione complessiva pari a 0.85 km² (18.7% dell'urbanizzato totale).

Figura 3 – Confronto del mutato livello di esposizione, vulnerabilità e criticità idrauliche a seguito dell'urbanizzazione crescente (comune di Roma – area Polo Industriale Tiburtino).



Fonte: ISPRA 2009

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 di tali condizioni (in questa ottica si collocano ad esempio i programmi di interventi urgenti per il riassetto idrogeologico finanziati dal Ministero dell'Ambiente e monitorati dall'ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo). 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.

Bibliografia

La gestione del rischio di alluvione in Italia: Gli strumenti della pianificazione per l'Assetto Idrogeologico del Territorio – Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare. 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).

MATTM - Direzione Generale per la difesa del suolo - Il rischio idrogeologico in Italia. Ottobre 2008

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>)

B. Lastoria, S. Mariani, M. Casaioli, and M. Bussettini "The December 2008 flood event in Rome: Was it really an extreme event?" - Geophysical Research Abstracts, Vol. 11, EGU2009-10276, 2009EGU General Assembly 2009 - Vienna 19-24 Aprile.

FENOMENI DI SPROFONDAMENTO NELL'AMBIENTE URBANO

S. NISIO

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico Nazionale

Introduzione

Negli ultimi anni è stato registrato un aumento dei casi di sprofondamento soprattutto nei centri urbani e da ciò emerge una maggiore preoccupazione per il rischio indotto dal fenomeno. Tali sprofondamenti hanno varie cause riconducibili per lo più di crolli di volte antropiche o di cavità naturali, a scarsa o media profondità dal piano campagna, o connessi a fenomeni di dilavamento di terreni sciolti al di sotto del manto stradale, registrati in concomitanza di eventi piovosi intensi.

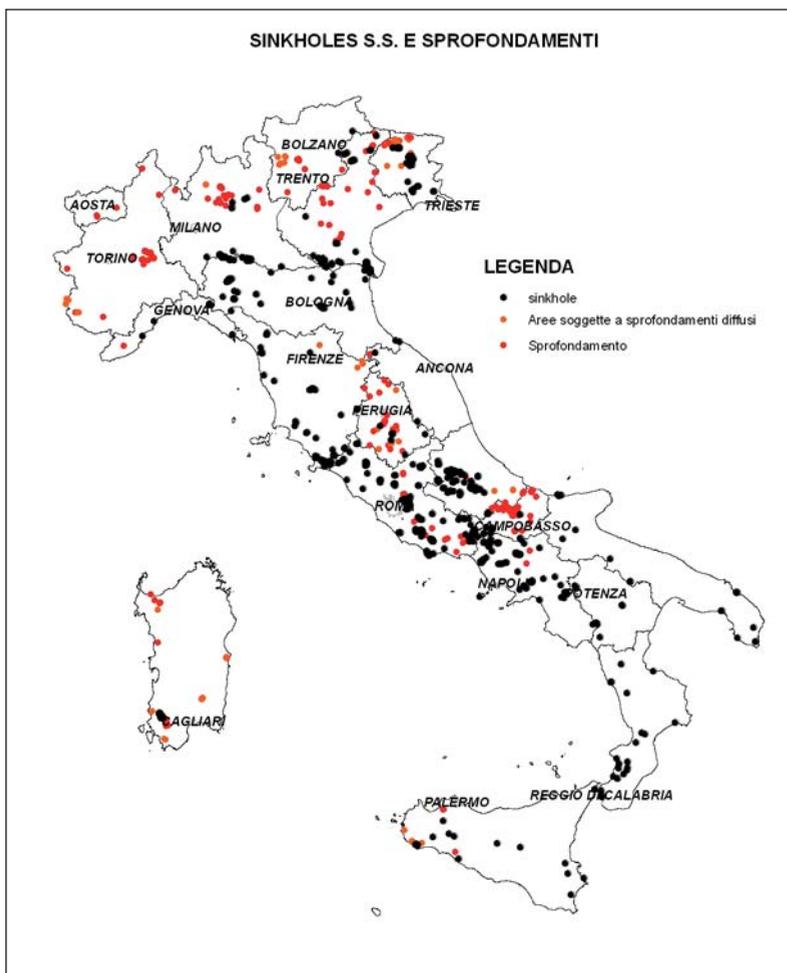
Censimenti completi di tali fenomeni non esistono ad oggi in Italia, il tentativo più completo, e che risale agli anni novanta (con dati dal dopoguerra al 1990), è stato pubblicato da CATENACCI (1992), altro censimento è stato realizzato, alcuni anni fa, dalla protezione civile (www.protezionecivile.it; CORAZZA, 2004). Non risulta tuttavia un catalogo aggiornato a livello nazionale degli sprofondamenti antropogenici e/o naturali avvenuti nei centri urbani.

Gli studi compiuti dalla Protezione Civile nel 2004 attestano 794 casi di sprofondamento di origine antropica e 215 di origine naturale, verificatesi sia nelle aree urbane che in quelle rurali dagli anni ottanta al 2004 (CORAZZA; 2004). Gli studi compiuti sinora dall'ISPRA hanno portato, oltre al censimento dei fenomeni naturali di sinkhole s.s. (n° 859 casi verificatesi da epoche storiche all'attuale) (CAMPOBASSO *et al.* 2004; NISIO, 2008), all'individuazione di 398 casi di sprofondamento (Progetto IFFI) antropico o prettamente carsico avvenuti in aree urbane e nelle vicinanze di queste (fig. 1).

Dai dati sinora raccolti si evince che le aree urbane maggiormente interessate sono Napoli e Roma, in cui sono numerose le cavità antropiche per l'estrazione di terreni da costruzione, seguono altri capoluoghi di provincia quali, Cagliari, Lecce, Bari ed alcuni centri urbani delle Marche e della Sicilia.

Il *Progetto Sinkhole ISPRA*, si occuperà nei prossimi anni anche di quest'aspetto, integrando il database dei sinkholes senso stretto con i casi di natura antropica, e con particolare riguardo a quelli registrati nei centri urbani (fig. 1); si è proceduto, in questa prima fase, ad una prima fusione ed integrazione delle raccolte di dati e dei database pubblicati (CATENACCI, 1992; Protezione Civile, 2004, Progetto IFFI).

Figura 1 - Censimento dei sinkholes naturali (Progetto sinkhole ISPRA) e degli sprofondamenti antropici e carsici (Progetto IFFI)



Si riportano di seguito i primi risultati di questo lavoro, ancora in corso d'opera, ed una prima raccolta esemplificativa dei principali eventi verificatesi negli ultimi anni in alcuni centri urbani d'Italia.

GLI SPROFONDAMENTI NEL CENTRO URBANO DI ROMA

Gli sprofondamenti nel centro urbano di Roma sono noti da molti secoli. Il primo sprofondamento di cui si ha menzione è avvenuto in epoca romana, nel foro romano, e ha dato origine ad un lago (*sinkhole?*), noto come *Lacus Curtius* (Tito Livio; Annali VII,6), di cui si narra una leggenda. La leggenda riporta che nel 362 a.C. nel Foro Romano si aprì una voragine molto profonda, che ritenevano senza fondo. I sacerdoti interpretarono l'evento come un segno di sventura, predicendo che la voragine si sarebbe allargata fino ad inghiottire l'intera città di Roma, a meno che non si fosse gettato nella cavità quanto di più prezioso ogni cittadino romano possedeva. Il giovane patrizio, Marco Curzio, uno dei più valorosi guerrieri dell'esercito romano, convinto che il bene supremo di ogni romano fossero il valore e il coraggio, si lanciò nella voragine armato ed a cavallo, facendo così cessare l'estendersi della cavità. Il luogo dove si formò la voragine rimase nella leggenda con il nome di *Lacus Curtius*.

Tuttavia esiste una prima versione di Tito Livio, in cui il protagonista, invece, è un altro valoroso, il sabino Mevio Curzio (Mettius Curtius), che, dopo aver ucciso in duello il romano Osto Ostilio, trovò scampo nella palude (*Lacus Curtius*) ove in seguito sarebbe sorto il Foro Romano. Plutarco aggiunge che pochi giorni prima era straripato il Tevere, lasciando depositare fango, ivi precipitò Curzio che non individuò una voragine colma di melma.

In un'altra versione, riportata da Terenzio Varrone, il lago in oggetto sarebbe un luogo dichiarato sacro, secondo l'usanza romana, perché colpito da un fulmine, unica causa dell'apertura della voragine, la cui consacrazione avvenne nel 445 a.C. sotto il Consolato di Gaio Curzio Filone.

Il sito esatto fu identificato, all'interno del foro, da Giacomo Boni il 17 aprile 1903; attualmente il sito si presenta come un avvallamento del terreno di forma trapezoidale di lunghezza di circa 30 m, circondato da pavimentazione in lastroni di travertino, risalente all'età di Cesare (fig. 2); al livello più basso si scorge parte della pavimentazione più antica in blocchi di tufo, con al centro un pozzo, in cui al tempo di Augusto, i passanti erano soliti gettare monete.

Figura 2 – Il Lacus Curtius all'interno del Foro Romano, come si presenta oggi (foto da www.liceoberchet.it).



L'avvallamento al suolo che oggi si registra in tale sito sembra testimoniare una depressione la cui natura potrebbe essere naturale.

Gli sprofondamenti avvenuti in epoca successiva a quella romana ed in epoca recente (96 casi censiti sino al 2004 dalla Protezione Civile, CORAZZA, 2004) nel centro urbano di Roma sembrano tuttavia potersi ricondurre al crollo di volte di cavità realizzate per lo più nei terreni vulcanici, subordinatamente sabbiosi o ghiaiosi, per estrazione di materiali da costruzione o per realizzazione di antichi luoghi di culto. Infatti, è nota la presenza al di sotto del centro urbano di una fitta rete di gallerie e cunicoli realizzati a vario titolo che mettono in pericolo la sicurezza della città.

Nel tempo si è persa la memoria della presenza di tale rete caveale; se ne conosce l'esatta ubicazione solo di una parte di essa. Durante l'intensa espansione edilizia degli anni 50-70, si è costruito un tessuto continuo di strutture urbane al di sopra di dette gallerie, non sempre prece-

duto da indagini tecniche dettagliate. Non sono rari i casi di edifici realizzati con fondazioni dirette al di sopra di reti ipogee a scarsa profondità ed in condizione di potenziale pericolo.

L'aumento registrato negli ultimi anni di casi di sprofondamento in corrispondenza delle suddette cavità determina condizioni di rischio per la cittadinanza e problemi legati alla interruzione di infrastrutture e di reti di sottoservizi (fognature, reti idriche, elettriche, telefoniche, ecc.).

La conoscenza dell'intricata rete di condotti sotterranei realizzata in epoca storica nell'area urbana è indispensabile per la messa in sicurezza del territorio cittadino. La numerosa letteratura disponibile (VENTRIGLIA, 1970; 2002; VENTRIGLIA & SCIOTTI, 1970; BERNABINI, 1982; SCIOTTI, 1982, 1984, 2001a, b 2001; CRESCENZI *et al.*; 1995; LANZINI; 1995, 2009, FUNICELLO *et al.* 2008; MAZZA *et al.* 2008) e la realizzazione di studi storici e di sintesi potrebbero facilitare, tuttavia, ad individuare la suscettibilità allo sprofondamento del centro urbano.

Si riporta, di seguito, un riepilogo di alcuni degli episodi più significativi accaduti a Roma negli ultimi quaranta anni.

15 Novembre 1976: Via Formia, Torpignattara, si apre una voragine che coinvolge la sede stradale, larga 29 metri e profonda otto, causata dal crollo di una delle numerose gallerie naturali presenti nel sottosuolo. Un uomo di 79 anni resta appeso ad una tubatura del gas prima di essere soccorso dai vigili del fuoco.

22 Ottobre 1977: Via Tortona, Appio Tuscolano, un uomo di 57 anni precipita in una voragine larga 30 metri e profonda otto, apertasi a causa della rottura di una condotta della acqua. L'uomo muore nel fango.

9 Ottobre 1978: Via Gregorio VII, quartiere Aurelio, un autobus di linea resta in bilico su di una voragine apertasi all'altezza di una fermata per la rottura di un collettore fognario.

3 Giugno 1984: Via Sestio Menza, quartiere Tuscolano, una voragine, larga sette metri e profonda sei, si apre improvvisamente coinvolgendo tre automobili in sosta e provocando gravi danni a negozi e abitazioni.

20 Luglio 1986: Via Donna Olimpia, quartiere Monteverde, una voragine si apre durante un violento nubifragio che causa gravi danni in tutta la città.

27 Settembre 1986: Via Guareschi, quartiere Laurentino 38, si apre all'improvviso una voragine larga dieci metri e profonda otto. La cavità rivela resti di valore archeologico ricondotti ad una tomba di età romana.

26 Ottobre 1987: Via San Giosafat, quartiere Aventino, un'automobile cade in una voragine profonda quindici metri e larga dieci, causata da crolli di volta in grotte naturali. Tre occupanti del veicolo restano feriti.

15 Giugno 1995: Via Ludovico da Monreale, quartiere Monteverde, si apre una voragine dovuta questa volta a un allaccio fognario abusivo mal realizzato.

27 Settembre 1995: A Pomezia, si apre una cavità con diametro di 15 metri, nei pressi di piazza della Tecnica; lo sprofondamento danneggia sia una condotta fognante sia la tubatura dell'acquedotto regionale.

1 Marzo 2007: Nel centro urbano di Roma si apre una voragine di alcuni metri di diametro e circa 1.5 di profondità, ne rimane coinvolto un camion (fig. 3).

Figura 3 – Voragine presso il centro urbano di Roma i marzo 2007 (foto da www.Repubblica.it)



9 Maggio 2007: Una voragine di tre metri di diametro si apre in via Tuscolana, una delle grandi arterie che attraversano il centro urbano, la causa è la rottura di una conduttura (fig. 4).

Figura 4 – Voragine presso via Tuscolana, maggio 2007 (foto da www.disaster.eu)



Gennaio 2008: Una voragine di 80 metri e profonda 13 si è aperta lungo via Galatea, quartiere La Rustica. Oltre trenta famiglie sono rimaste senza luce e gas a causa della rottura delle tubature per giorni; lo sprofondamento sembrerebbe essere stato causato dal cedimento del terreno sovrastante vecchie cavità antropiche utilizzate come fungaie.

14 dicembre 2008: Quartiere Prenestino, via Teano, si apre una voragine di alcuni metri di diametro, non si registrano particolari danni.

22 dicembre 2008: Si apre una voragine nel centro di Roma, nei pressi del vaticano, in via Stazione di San Pietro, di alcuni metri di diametro e profondità, un autocarro finisce nella cavità (fig. 5).

Figura 5 – Voragine nel centro urbano di Roma presso la stazione S. Pietro, 22 dicembre 2008 (foto da www.iltempo.it)



15 febbraio 2009: Si apre una voragine in via Nemea, zona piazza Giuochi Delfici.

21 marzo 2009: Via Leonardo Bufalini, nella zona di Tor Pignattara, si è aperta una voragine (fig. 6) profonda circa 3 metri, e con diametro di circa 7, coinvolgendo il centro della carreggiata; un camion vi è sprofondato con la parte posteriore, coinvolte anche altre due macchine parcheggiate, non ci sono stati feriti. La voragine ha provocato la rottura di una condotta idrica.

Figura 6 – Voragine a Roma presso il quartiere di Tor Pignattara, 21 marzo 2009 (foto da www.Repubblica.it)



05 maggio 2009: Una voragine si è aperta in via Appia Nuova all'altezza di via di Tor del Fiscale, per la pioggia che si è abbattuta nella Capitale nel pomeriggio. Sono intervenuti i vigili del fuoco e i vigili urbani che hanno chiuso il tratto di strada.

10 luglio 2009: Si è aperta una voragine nel quartiere Garbatella-Ostiense; la cavità presenta forma sub-circolare, diametro di circa 1,5 m e profondità di circa 1 m.

Gli sprofondamenti nel centro urbano di Napoli

Napoli tra le città italiane, è certamente quella in cui le cavità sotterranee sono state maggiormente indagate (MELISURGO, 1889; GUADAGNO, 1927, 1928; *cum biblo*; AA.VV., 1957, 1967; PENTA, 1960; CROCE, 1967 *cum biblo*; IPPOLITO 1953 *cum biblo*; SCHELILLO, 1966, 1967; VINALE, 1988; PELLEGRINO, 1999, 2002; VALLARIO, 2001 *cum biblo*), con la realizzazione di mappe catastali e cartografia specifica (il Centro Speleologico Meridionale ha rilevato e cartografato, nel solo territorio comunale oltre 750 cavità per una superficie superiore al milione di metri quadrati, i dati sono consultabili su siti specifici in linea sul web). Nel sottosuolo del centro urbano si è scavato per circa 45 secoli per la realizzazione di tre acquedotti (Acquedotto Bolla, di epoca greca, Acquedotto Augusteo, di epoca romana, Acquedotto Carmignano, del XVIII secolo) centinaia di cave ed alcune gallerie di comunicazione. La storia e la genesi dello sviluppo delle cavità sotterranee di Napoli sono strettamente legate alla formazione geologica su cui è sviluppata la città, il *tufo giallo campano Auct.*, e alla necessità di estrazione di tale terreno per uso edilizio. Questo terreno, dotato, infatti, di buone caratteristiche fisico-meccaniche, presenta anche caratteristiche di duttilità tali che hanno consentito, da sempre (le prime cavità risalgono ad oltre 4500 anni fa) una facile estrazione. L'estrazione si è perpetuata per migliaia di anni con la realizzazione di cave d'imponenti dimensioni (ad esempio la cavità n° C0022 del censimento del Centro Speleologico Meridionale, ubicata nel quartiere Stella, misura circa 42.000 m³). Altre importanti opere ipogee sono quelle realizzate con lo scopo di rendere più agevoli le comunicazioni tra la cit-

tà e le zone ad essa limitrofe quali la *Crypta Neapolitana* tra Mergellina e Fuorigrotta, di epoca pre-romana, e la Grotta di Seiano tra Posillipo e la piana di Bagnoli, di epoca romana. Tuttavia la presenza di una così estesa rete di gallerie determina, spesso, l'evoluzione in superficie, mediante crolli successivi della volta, dei vuoti ipogei con formazione di fenomeni di sprofondamento che sono avvenuti da sempre (fig. 7) in molti quartieri della città. I casi censiti dalla Protezione Civile sino al 2004 sono stati 146 (CoRAZZA, 2004), cui si aggiungono i numerosi casi registrati negli ultimi sei anni. Si descrivono solo pochi, a titolo di esempio dei numerosi fenomeni censiti.

Figura 7 – Sprofondamento nel centro storico di Napoli; immagine degli anni '50 (da www.skyscrapercity.com)



12 dicembre 1996: A Milano si forma una voragine con dimensioni di 35 metri di profondità, sotto la bottega di un fabbro, causata probabilmente da infiltrazioni d'acqua; due i morti.

9 maggio 1999: Si apre nel centro storico di Napoli una voragine di 30 metri di profondità; muore un uomo di 53 anni.

9 marzo 2003: Si apre una voragine, nei pressi dell'Ospedale Cardarelli, con diametro di circa venti metri; 20 famiglie sgomberate.

6 novembre 2004: Via Posillipo, durante un violento temporale, si è prodotto uno sprofondamento che ha coinvolto la sede viaria; un'autovettura è rimasta in bilico sul bordo della voragine, alcuni feriti.

28 settembre 2007: Via Don Bosco si apre una voragine di 4 m di diametro e 2 di profondità a causa del nubifragio.

26 febbraio 2007: Si origina una voragine di due metri di diametro e uno di profondità, in occasione di un evento pluviometrico, nel quartiere di Pianura, in via Russolillo; un'auto con quattro persone a bordo precipita all'interno.

13 novembre 2008: A causa di un forte temporale durato qualche ora, si apre una voragine a Scampia, producendo molti danni alla circolazione viaria .

27 gennaio 2009: Via Broggia, tra il museo nazionale e la centralissima Piazza Dante, si apre una voragine nella quale precipita un bus turistico.

24 aprile 2009: Via Morghen al quartiere Vomero, una profonda voragine mette in evidenza la presenza di un'antica cava di tufo sotterranea alla profondità di circa 10 metri dal p.c.

7 maggio 2009: via Manzoni, si apre una voragine al centro della carreggiata (fig. 8), con diametro di alcuni metri e profondità di 2 metri.

Figura 8 – Voragine a Napoli presso via Manzoni (foto da www.ilmattino.it)



26 giugno 2009: Via Arenaccia si è verificata uno sprofondamento sulla carreggiata stradale, nessun ferito.

24 settembre 2009: Si registra l'ultimo importante evento, si aprono 3 voragini presso il vico San Carlo alle Mortelle, ai Quartieri Spagnoli, che hanno portato allo sgombero di circa 300 abitanti (figg. 9, 10). Uno degli sprofondamenti ha interessato la navata centrale della chiesa San Carlo alle Mortelle, il crollo del pavimento ha messo in evidenza la presenza di una cavità sotterranea. La seconda voragine si è originata nella strada adiacente alla chiesa e la terza al piano terra di una abitazione civile. La voragine all'interno della chiesa presenta diametro di circa venti metri ed una profondità di circa 4 metri.

9 novembre 2009: ancora due voragini si aprono in seguito ad un evento piovoso alla periferia di Napoli, nei quartieri Ponticelli e Miano.

Figura 9 – Sprofondamenti presso il Vico S. Carlo alle Mortelle, 24 settembre 2009 (foto da www.ilmattino.it).

Figura 10 – Sprofondamento presso la chiesa di S. Carlo che ha coinvolto la navata centrale mettendo in luce una cavità sotterranea (foto da www.ilmattino.it).



Gli sprofondamenti nel centro urbano di Cagliari

La storia dei crolli in sotterraneo e degli sprofondamenti verificatesi a Cagliari, registra che, con cadenza annua, in città, evolvono, verso la superficie, vuoti e cavità naturali, grotte o cunicoli artificiali presenti nel sottosuolo del centro urbano (26 sprofondamenti registrati sino al 2004, CORAZZA, 2004). Questi ultimi sono relativi ad antiche cave di roccia per l'estrazione dei materiali da costruzione. Le stesse cavità venivano ancora utilizzate nel Medioevo dapprima come cave di estrazione successivamente come ripari per pastori e bestiame. Nel 1900 esse sono state naturalmente colmate dall'acqua di circolazione superficiale, originando laghi ed acquitrini sotterranei. Inoltre nel sottosuolo del centro urbano sono presenti anche cavità naturali di origine carsica (riscontrate a circa 4 metri di profondità dal p.c.) al cui interno è presente la normale circolazione idrica. Da alcuni anni, la frequenza dei fenomeni di sprofondamento è aumentata nel centro urbano; si registrano, inoltre, tremori e boati legati alla presenza di crolli sotterranei che avvengono presumibilmente in tali cavità del sottosuolo, queste ultime compromesse, probabilmente, anche dalle opere di manutenzione della rete idrica e fognaria.

Tra i principali eventi si ricordano:

9 agosto 1961: Si apre una voragine che coinvolge un edificio rivelando la presenza di una grotta di origine antropica. L'area circostante piazza d'Armi, compresa la via Marengo e un lungo tratto di via Is Mirrionis, vengono chiuse al traffico per oltre un mese per permettere la demolizione di uno stabile.

12 maggio 1987: Una porzione di una abitazione civile, situata in via Is Mirrionis, è sprofondata in una voragine di neoformazione. Il Gruppo speleologico Pio XI curò l'esplorazione di tutte cavità nel circondario di piazza d'Armi e della voragine prodotta. Venne individuata una antica cava sotterranea probabilmente di epoca romana, la cui volta aveva ceduto. Di particolare interesse, al fondo dell'antica cava è stata l'individuazione, inoltre, di due laghi sotterranei.

31 agosto 1993: Tra piazza d'Armi e viale Merello si crea una voragine sul ciglio stradale, di forma ellissoidale, profonda 4 metri, lunga 13 e larga 3. Lo sprofondamento, che portò il manto stradale a sei metri di profondità, lesionò gravemente le pareti dell'adiacente struttura del bar-ristorante, causando, inoltre, con la rottura di una condotta d'acqua potabile, l'allagamento di altri edifici.

8 agosto 2008: Una voragine, con diametro di 4 metri, si apre in via Peschiera coinvolgendo un autovettura (fig. 11). La voragine è quasi certamente correlata alla presenza di cavità artificiali. L'innesco dello sprofondamento in superficie potrebbe essere connesso, tuttavia, anche alla messa in opera di un tombino di ispezione con pozzetto stradale.

Figura 11 – Sprofondamento presso il centro urbano di Cagliari, 8 agosto 2008 (foto di M. Polastri).



Gli sprofondamenti nei centri urbani della Sicilia

Sono noti fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani della Sicilia, anche questi connessi alla presenza di cavità antropiche e subordinatamente naturali al di sotto degli abitati.

Palermo, ad esempio, nasconde una sua storia sotterranea dove cavità, pozzi, cunicoli, camere, canali sotterranei, tombe, catacombe e cripte costituiscono quasi un'altra città sotto quella visibile, a molti sconosciuta (TODARO, 1988). Questi sotterranei sono accompagnati da presenza di cavità naturali scavate all'interno delle litologie calcaree; una mappatura adeguata di tutta la rete ipogea ad oggi non è stata realizzata.

Le cavità antropiche sono antichissime, alcune attribuite alla prima età dell'Eneolitico, altre all'età punica e romana. Tali cavità risultano spesso responsabili della formazione di voragini in superficie.

Tra gli sprofondamenti segnalati recentemente nel centro urbano di Palermo:

24 settembre 2008: Nel quartiere Pallavicino, in via Trapani, si apre una voragine a causa di un nubifragio e coinvolge un'autovettura.

22 luglio 2009: Una voragine della profondità di circa un metro e mezzo si è aperta presso borgata Mondello, probabilmente a causa della rottura della rete fognaria.

Inoltre anche Catania, non è esente dal fenomeno; il *12 Giugno 2008* si forma una sorta di cratere nel mezzo della circonvallazione urbana, precisamente in via Bolano, con alcuni metri di diametro che coinvolge alcune autovetture.

Gli sprofondamenti nei centri urbani della Puglia

Le città della Puglia sono interessate da frequenti fenomeni di sprofondamento che rappresentano il maggiore rischio idrogeologico per l'intero territorio regionale.

Tali fenomeni sono strettamente connessi sia a dissoluzione carsica (FAVALE, 1994; PARISE *et al.* 2009) che a cavità antropiche realizzate sin dai tempi primitivi per utilizzi diversi (NARDONE, 1923; FONSECA, 1979, 1980, 1991; FONSECA *et al.* 1979; CASAVOLA & TRACUZZI, 1989; DI BENEDETTO *et al.* 1990; DI BARTOLOMEO, 1995; MONTE, 1995; COTECCHIA & GRASSI, 1997; DELL'AQUILA & MESSINA, 1998; DI BARTOLOMEO & CAZZATO, 2002; DE MARCO *et al.* 2004; FIORITO & ONORATO, 2004; CASAVOLA, 2006; PARISI, 2006; BIXIO *et al.* 2007; CAGGIANO *et al.* 2007, 2008 a, b).

Sono stati eseguiti vari studi e censimenti, con particolare riguardo alle cavità antropiche su tutto il territorio regionale (BRUNO & CHERUBINI, 2007; FIORE, 2006, FIORE & LANZINI, 2007), nonché realizzati censimenti degli sprofondamenti avvenuti negli ultimi anni sia in ambienti rurali che urbani. Dal censimento svolto nel 2004 dalla Protezione Civile (CORAZZA, 2004), la Puglia risulta tra le regioni maggiormente interessate dai fenomeni di sprofondamento di origine antropica (con 58 casi di sprofondamento imputabili a cavità antropiche e 34 a cavità di origine naturale), di cui le più colpite sono le provincie di Bari (24 casi), Foggia (17 casi) Lecce (14 casi).

A *Foggia* il 12 gennaio 2008, in via Napoli, la rottura di una tubatura dell'acquedotto ha prodotto l'apertura di una voragine di qualche metro. Inoltre fenomeni di tipo naturale interessano da molto tempo Lesina, canale dell'Acquarotta, coinvolgendo negli ultimi anni anche il centro urbano (una voragine ha interessato Alliste nel 2004, due si sono aperte a Marina di Lesina il 29 maggio 2009; l'ultimo episodio si è registrato il 2 luglio 2009).

Sprofondamenti in altri centri urbani

Molte altre città italiane sono interessate dai fenomeni di sprofondamento naturale ed indotti dalle attività umane. In Friuli Venezia Giulia il carsismo ad esempio è molto sviluppato, tuttavia, il territorio, nonché la stessa città di Trieste, sono caratterizzati anche da cospicuo sviluppo di cavità antropiche: gallerie d'acqua (acquedotti, torrenti coperti, pozzi e cisterne), manufatti bellici (gallerie di ricovero antiaereo per la popolazione civile, gallerie di ricovero antiaereo per militari, depositi di acqua per la protezione antincendio), sotterranei storici (San Giusto, Gesuiti, Santa Maria Maggiore, Rotonda dei Pancera). Durante la prima guerra mondiale molte delle cavità carsiche, a ridosso della città di Trieste, vennero utilizzate come luoghi di osservazione militare subendo adattamenti ed alcune doline di crollo furono anche munite di murature in pietra o cemento.

Fenomeni di sprofondamento carsico o antropico sono diffusi, anche in piccoli centri urbani della provincia di Udine. Nel Comune di Enemonzo, ad esempio, si verificano periodici sprofondamenti del terreno, nonostante gran parte della piana sia soggetta a vincolo di inedificabilità proprio per tale rischio. L'ultimo evento è stato registrato il 21 Marzo 2007.

Negli ultimi anni, inoltre, si è verificata un'accelerazione della subsidenza nel comune di Udine, con formazione di alcune voragini. L'insufficiente approfondimento dello studio e la mancanza di dati certi lascia in sospeso una situazione che potrebbe rivelarsi assai pericolosa per i manufatti della zona, ma anche per le persone che vi abitano.

A Firenze, invece, si sono aperte 4 voragini negli ultimi anni di cui l'ultima il 18 ottobre 2009 (fig. 12): la rottura di un tubo dell'acqua ha provocato l'apertura di una cavità, in viale Guidoni, con alcuni metri di diametro, che ha interessato entrambe le corsie.

Figura 12 – Sprofondamento presso la circonvallazione di Firenze (2009; foto da www.repubblica.it).



Alcune città delle Marche e della Basilicata (Matera) nascondono grotte artificiali, realizzate in molti secoli, parte delle quali di proprietà di privati che le adibiscono a cantine. Tale presenza favorisce anche qui l'innescio di voragini.

Conclusioni

Sprofondamenti provocati dal crollo di cavità antropiche presenti nel sottosuolo di molte aree urbane italiane provocano e hanno da sempre provocato danni alle infrastrutture, al patrimonio edilizio, con perdita talvolta di vite umane (CATENACCI, 1992; VALLARIO, 2001). Negli ultimi dieci anni si è assistito inoltre ad un aumento della frequenza dei casi di sprofondamento nei grandi centri urbani, ne sono esempio i casi di Roma e Napoli (fig. 13).

Le tipologie di cavità artificiali presenti in Italia sono molte, alcune di esse sono caratteristiche e tipiche di particolari realtà regionali (SANNICOLA, 1997; MAINARDI, 1999).

I vuoti sotterranei sono stati realizzati principalmente per ricavare materiali da costruzione. L'estrazione di rocce piroclastiche come materiali per l'edilizia è stata diffusa nel Lazio ed in Campania; l'estrazione di inerti per i calcestruzzi, di sabbie e ghiaie per vari usi, ha prevalso nel Lazio, in Abruzzo ed in Puglia. Rocce calcaree particolarmente tenere sono state estratte sin da tempi preistorici da cave in sottosuolo della Puglia, della Sicilia e della Lombardia. Altre grandi cavità nel sottosuolo sono state realizzate per l'estrazione di minerali (gessi, sale argenteo, pirrite, oro ed altri metalli carbonacei), prevalentemente in Sicilia, Calabria, Lombardia, Trentino Alto Adige, Toscana, Sardegna.

Inoltre intricata rete caveale è stata realizzata ad di sotto di molti centri urbani per la realizzazione di cisterne, serbatoi e cunicoli idraulici e per la costruzione di luoghi di culto sotterranei. Non meno diffusa risulta la pratica antica di realizzare grotte utilizzate dapprima come rifugi di pastori e bestiame e, successivamente, nelle vicinanze o sopra a tali luoghi sono stati realizzati edifici ed abitazioni civili e le grotte utilizzate come cantine e depositi (Abruzzo, Marche, Basilicata, Puglia e Lazio).

Di tali reti caveali, che costituiscono a volte città sotterranee sotto la città, si è persa memoria, ovvero non sono adeguatamente riportate su cartografia specifica; tuttavia esse sono ancora attive o sepolte da terreni di riporto facilmente asportabili per dilavamento.

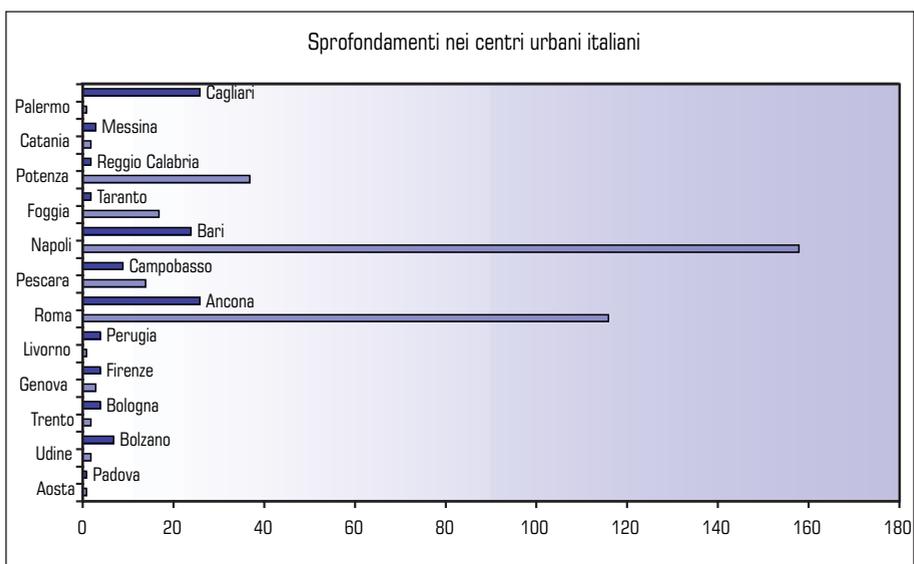
La presenza di tali vuoti antropici ovviamente facilita l'innesco di sprofondamenti di superficie che si perpetua in molti centri urbani da anni. A tali episodi si aggiungono sprofondamenti connessi a fenomeni naturali di dissoluzione carsica particolarmente spinti in formazioni litologiche evaporitiche o carbonatiche (particolarmente diffuse in Friuli Venezia Giulia, Sicilia e Puglia).

Inoltre bisogna tener presente che il mancato controllo e la messa in sicurezza di tali cavità potrebbe amplificare gli effetti di eventuali sismi.

I database realizzati a livello nazionale sinora in Italia (due, CATENACCI, 1992; PROTEZIONE CIVILE 2004) risultano oggi inadeguati e poco aggiornati sulle effettive realtà del fenomeno. Risulta, inoltre, necessario suddividere e classificare le tipologie di sprofondamento, dando risalto a quanto avviene nei centri urbani.

Pertanto l'ISPRA (Progetto SINKHOLE) ha proceduto all'integrazione, la verifica e la fusione di alcuni database inserendo i dati registrati negli ultimi anni.

Figura 13 – Distribuzione dei fenomeni di sprofondamento verificatesi nei centri urbani italiani



Fonte ISPRA e Protezione Civile

Le principali città interessate sono risultate Napoli e Roma, segue Cagliari ed i centri urbani delle province pugliesi (fig. 13, dove sono riportati i centri urbani che hanno subito più di 10 sprofondamenti nel perimetro cittadino), lucane e marchigiane.

Bibliografia

- AA.VV. (1957) *Il sottosuolo di Napoli*. a cura del Comune di Napoli.
- AA.VV. (1967) - *Il sottosuolo di Napoli*. A.G.I. Atti VIII Convegno Nazionale di Geotecnica.
- BERARDI C., CAGGIANO T. & FIORE A. (2009a) - *Pericolosità geomorfologica da sprofondamenti. L'attività estrattiva storica in sotterraneo: il caso di Altamura (BA)*. 3° Congresso Nazionale AIGA, San Giovanni Valdarno (AR), 25-27 febbraio 2009.
- BERARDI C., BUONAMASSA G., DENORA A., FIORE A., LORUSSO G., PEPE P., WALSH N. & ZACCARIA V. (2009b) - *Attività di censimento per la pianificazione nelle aree interessate da cavità antropiche. Il Catasto delle Cavità Sotterranee (CCS) di Altamura (BA). Un modello litotecnico e di comportamento previsionale*. 2° Workshop Int. "Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato", Roma 3-4 dicembre 2009.
- BERNABINI M. (1982) - *Individuazione di cavità sepolte mediante prospezione geoelettrica: esempi di applicazione: ricerca di tombe nella necropoli sabina di Colle del Forno nei pressi di Montelibretti* Boll. Serv. Geol. d'It., 103, 67-80
- BIXIO R., PARISE M., SAJ S. & TRAVERSO M. (2007) - *L'acquedotto sotterraneo di Gravina in Puglia "Sant'Angelo-Fontane della Stella"*. Opera Ipogea, **1**, 105-112.
- BRUNO G. & CHERUBINI C. (2005) - *Subsidence induced by the instability of weak rock underground quarries in Apulia*. Giornale di Geologia Applicata, **1**, 33-39.
- BUZZANCA L., CAGGIANO T., CASTORANI A., FIORE A., DENORA D., DI SANTO A.R., PALERMO M.T. & PELLEGRINO R. (2009) - *Sistemi di monitoraggio e caratterizzazione di aree a pericolosità geomorfologica molto elevata per la presenza di cavità antropiche in aree urbanizzate dell'Avampaese apulo: i casi di Altamura (BA) e Gallipoli (LE)*. Geotalia 2009, VII Forum Italiano di Scienze della Terra, Rimini 9-11 settembre 2009.
- CAGGIANO T., DI SANTO A.R., FIORE A. & PALUMBO N. (2007) - *Attività dell'Autorità di Bacino della Puglia per l'individuazione, il censimento e la pianificazione degli interventi per la messa in sicurezza dei territori a rischio sprofondamento per la presenza di cavità sotterranee*. Geologi & Territorio, 4-2006/1-2007, 32-34.
- CAGGIANO T., FIORE A. & PALERMO M.T. (2008a) - *Indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione ed all'attivazione della rete di monitoraggio delle aree in dissesto connesso alla presenza di cavità antropiche nei pressi di via Firenze nell'abitato del Comune di Gallipoli (LE)*. Fondi Por-Puglia 2000-2006.
- CAGGIANO T., FIORE A. & PELLEGRINO R. (2008b) - *Indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione ed all'attivazione della rete di monitoraggio delle aree in dissesto connesso alla presenza di cavità antropiche in località "Fornaci-Chiancone" nell'abitato del Comune di Altamura (BA)*. Fondi Por-Puglia 2000-2006.
- CAMPOBASSO C., GRACIOTTI R., NISIO S. & LETIZIA V. (2004) - *Il progetto sinkhole: le attività svolte dal Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT*. Atti Conv. "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio Roma 20-21 maggio 2004". 171-188.
- CASAVOLA E. (2006) - *Le cavità artificiali del centro antico di Laterza. Indagine geotecnica*. Cultura Ipogea, p. 31-40.
- CASAVOLA E. & TRACUZZI S. (1989) - *Indagine geologico geotecnica sul centro storico. All. 8. Aggiornamento condizioni statiche fabbricati del centro storico e interventi immediati da eseguire*. L.R. n. 38/1985, Comune di Laterza.

- CATENACCI V. (1992) – *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XLVII.
- CHERUBINI C., GERMINARIO S., PAGLIARULO R. & RAMUNNI F.F. (1993) – *Caratterizzazione geomeccanica delle calcareniti di Canosa in relazione alla stabilità degli ipogei*. Atti I Conv. Naz. "Le pietre da costruzione in Puglia: il Tufo Calcareo e la Pietra Leccese", Bari, 221-230.
- CORAZZA A. (2004) – *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti 1° Seminario "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma, 20-21 Maggio 2004, 319-330.
- CORAZZA A., MAZZA R. BERTUCCIOLI P. & PUTRINO P. (2002) – *Il Progetto "Cavità" – analisi del rischio dovuto a cavità sotterranee*. Atti dei Convegni Lincei, XIX Giornata dell'Ambiente "Il dissesto idrogeologico. Inventario e prospettive", Roma 5 giugno 2001, 355-363.
- COTECCHIA V. & GRASSI D. (1997) - *Incidenze geologico-ambientali sull'ubicazione e lo stato di degrado degli insediamenti rupestri medioevali della Puglia e della Basilicata*. Geol. Appl. Idrogeol., 32, 1-10.
- CRESCENZI, R., PIRO M., VALLES L. - *Le cavità sotterranee a Roma*- In: La geologia di Roma: il centro storico; Mem. Descrittive Carta Geologica d'Italia, vol. L, 249-278.
- CROCE A. (1967) - *Il sottosuolo della città di Napoli nei riguardi dei problemi geotecnici.*, 1, 53-74.
- DE DONATIS M. (2006/2007) – *La voragine di Gallipoli: primi risultati delle prospezioni geofisiche (GPR) eseguite nell'area*. Geologi e Territorio, 4/2006-1/2007, 21-24.
- DELL'AQUILA F. & MESSINA A. (1998) – *Le chiese rupestri di Puglia e Basilicata*. Mario Adda editore, Bari, 277 pp.
- DELLE ROSE M. (2006/2007) – *La voragine di Gallipoli e le attività di Protezione Civile dell'IRPI-CNR*. Geologi e Territorio, 4/2006-1/2007, 3-12.
- DEL PRETE S. & PARISE M. (2007) – *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici sulla realizzazione di cavità artificiali*. Opera Ipogea, 2, 3-16.
- DE MARCO M., FUCCIO M. & SANNICOLA G.C. (2004) – *Archeologia industriale: i frantoi ipogei nel territorio di Grottaglie (Taranto, Puglia)*. Grotte e Dintorni, 8, 25-44.
- DI BARTOLOMEO S. (1995) – *Osservazioni tecniche sul consolidamento degli ipogei di Piazza del Popolo*. In: STENDARDO A. (a cura di), *Presicce sotterranea*. Congedo Ed., Galatina, 117-128.
- DI BARTOLOMEO S. & CAZZATO C. (2002) – *Progetto di completamento per il consolidamento statico degli ipogei di Piazza del popolo e zone limitrofe*. Comune di Presicce.
- DI BENEDETTO D., GRECO A. & DEL VECCHIO F. (1990) – *Guida bibliografica di cripte ipogei e insediamenti rupestri della Puglia*. Levante ed., Bari.
- FAVALE F. (1994) – *Le grotte di Polignano*. Federazione Speleologica Pugliese, 250 pp.
- FIORE A. (2006) - *Pericolosità geologica connessa alla presenza di cavità sotterranee*. Atto di indirizzo dell'Autorità di Bacino della Puglia. Geologi & Territorio, 1-2-3, 3-11.
- FIORE A. & LANZINI M. (2007) - *Problematiche di valutazione del rischio di crollo di cavità sotterranee*. Geologi & Territorio, 4-2006/1-2007, 35-45.
- FIORITO F. & ONORATO R. (2004) – *Le cave ipogee di Colle S. Lazzaro – Gallipoli*. Primi studi. Atti Spelaion 2004, Lecce, 10-12 dicembre 2004, 125-136.
- FONSECA C.D. (1970) - *Civiltà rupestre in terra ionica*. Ed. Bestetti, Roma.

- FONSECA C.D. (1980) - *La civiltà rupestre in Puglia*. In: AA.VV.: *La Puglia tra Bisanzio e l'Occidente*, 36-116. Milano.
- FONSECA C.D. (1991) – *Le grotte della civiltà rupestre*. *Itinerari Speleologici*, 5, 13-25.
- FONSECA C.D., BRUNO A.R., INGROSSO V. & MAROTTA A. (1979) – *Gli insediamenti rupestri medioevali nel Basso Salento*. Congedo Ed., Galatina, 351 pp.
- FUNICIELLO R., GIORDANO G., MATTEI M. (2008) - *Carta Geologica del Comune di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 80.
- GRECO A., DEL VECCHIO F., FAVALE F. & RIZZI I. (1991) – *Nota preliminare sul rilievo di cavità nel sottosuolo del borgo antico di Polignano a Mare (Bari)*. *Itinerari Speleologici*, ser. II, 5, 147-153.
- GUADAGNO M. (1928) – *Il tufo trachitico ossidianico di Santo Stefano al Vomero, Napoli: secondo contributo alla conoscenza del sottosuolo cittadino*. *Boll. Soc.Nat. in Napoli*, 37, 113-125.
- GUADAGNO M. (1929) - *Notizie sul pozzo artesiano recentemente trivellato nella piazza S. Maria la Fede, in Napoli : contributo alla conoscenza del sottosuolo cittadino, e delle sue acque sotterranee*. *Boll. della Soc. di Nat. in Napoli*, 36, 120-128.
- IPPOLITO F. (1953) - *Studi sulla costituzione geologica del sottosuolo di Napoli*. *Boll. Soc. Nat. in Napoli*, 57, 95-98.
- LANZINI M. (1995) – *Il problema delle cavità sotterranee a Roma (un rischio geologico)*. *SIGEA, Geologia dell'ambiente*, 3.
- MAINARDI M. (1999) – *Cave e cavamonti*. FENEAL-UIL Lecce, Edizioni Del Grifo, 135 pp.
- MAZZA R., CAPELLI G., LANZINI M. (2008) – *Rischio di crollo di cavità nel territorio del VI Municipio del Comune di Roma. - La geologia di Roma dal Centro Storico alla periferia*. *Mem. Descrittive Carta Geol. d'Italia*, v. LXXX (2), 149-170.
- MELISURGO G. (1889) - *Napoli sotterranea: topografia della rete di canali d'acqua profonda*. Contributo allo studio del sottosuolo di Napoli. Ed. F. Giannini, 1889, 44 pp.
- MONTE A. (1995) – *Frantoi ipogei del Salento*. Edizioni del Grifo.
- NARDONE D. (1923) – *Notizie storiche sulla città di Gravina*. Adda Editore, Fondazione Ettore Pomarici Santomasì, V edizione (2007), 387 pp.
- NISIO S. (2008) - *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. *Mem. Descr. della Carta Geol. d'It. Vol. LXXXV*; 475pp.
- PARISE M. & DELLE ROSE M. (2009) - *Sinkhole development induced by underground quarrying, and the related hazard*. *Geophysical Research Abstracts*, 11, 214.
- PARISE M., DE PASCALIS A., DE PASCALIS F., DONNO G. & INGUSCIO S. (2008) - *Cavità sotterranee a fini estrattivi, e loro connessione con fenomeni di sprofondamento e subsidenza in agro di Cutrofiano (Lecce)*. *Atti "Spelaion 2006"*, Borgo San Celano (FG), 55-69.
- PARISE M., BIXIO R., BURRI E., CALDI V., DEL PRETE S., GALEAZZI C., GERIMANI C., GUGLIA P., MIENEGHINI M., & SAMMARCO M. (2009) - *The map of ancient underground aqueducts: a nation-wide project by the Italian Speleological Society*. *Proc. Int. Congr. Speleology, Kerrville (Texas, USA)*, 19-26 July 2009, 3, 2027-2032.
- PARISI M. (2006) - *Gravina sotterranea*. *Tipolitografia D&B Stampagrafica Bongo, Gravina in Puglia*, pp. 126.
- PECORELLA G., FEDERICO A., PARISE M., BUZZACCHINO A. & LOLLINO P. (2004) - *Condizioni di stabilità di complessi rupestri nella Gravina Madonna della Scala a Massafra (Taranto, Puglia)*. *Grotte e dintorni*, 8, 3-24.

- PELLEGRINO A. (1999) - *Sviluppi nell'esecuzione e nell'impiego delle indagini geotecniche* : Atti Convegno nazionale di geotecnica: Parma, 22-25 settembre 1999, 179-214.
- PELLEGRINO A (2002) – *Dissesti idrogeologici nel sottosuolo della città di Napoli – Analisi ed interventi*. Atti XXI Convegno Nazionale di Geotecnica, L'Aquila 11-14 settembre 2002.
- PENTA F. (1960) - *Il sottosuolo della città di Napoli in rapporto alla progettazione di una metropolitana*. Atti della Accademia delle scienze fisiche e matematiche. Società nazionale di scienze lettere ed arti in Napoli., ser.3, 3, n. 7, 50 pp..
- SANNICOLA G. (1997) – *Li Tagghiati e li Zuccaturi. Le cave ed i cavatori (Archeologia industriale a Grottaglie)*. Lu Lampiune, **2**, 103-107.
- SCHERILLO A. (1966) - *Osservazioni stratigrafiche sul sottosuolo di via Roma, Napoli* . Boll. Soc. di nat. in Napoli, 63, P. 121-125
- SCHERILLO A. (1967) - *Suolo e sottosuolo di Napoli*. - in AA.VV. "Storia di Napoli", I, 17-54.
- SCIOTTI M. (1982) – *Engineering Geological Problems Due to Old Underground Quarries in the Urban Area of Rome* – Proc. IV Int. Congress I:A:E.G., New Delhi.
- SCIOTTI M. (1984) - *Il problema del recupero delle zone interessate da vecchie cave in sotterraneo nell'area urbana di antichi centri abitati*. Quarry and Construction.
- SCIOTTI M. (2001) – *Il rischio cavità sotterranee nell'area del Comune di Roma*. Rapporto inedito per il Comune di Roma – Protezione Civile.
- SCIOTTI M. (2001) - *Assetto geologico, geomorfologico e geologico-tecnico dei Comprensori Direzionali "Casilino" e "Centocelle"*. Rapporto inedito per il Comune di Roma – Uff. Progetti Metropolitan.
- STENDARDO A. (1995) – *Presicce sotterranea*. Congedo Editore, Galatina, 153 pp.
- TODARO P. (1988) - *Carta delle cavità nel sottosuolo di Palermo*.: Tavola II -Scala 1:10000. - Palermo : Libreria Dario Flaccovio editrice. I
- VALLARIO A. (2001) – *Il dissesto idrogeologico in Campania*. CUEN ed., Napoli.
- VENTRIGLIA U. (1971) - *La geologia della città di Roma*. Bardi Ed.
- VENTRIGLIA U. (2002) – *Geologia del territorio del Comune di Roma*. Editore Cerbone, Napoli.
- VENTRIGLIA U. & SCIOTTI M. (1970) - *Cavità sotterranee* - Carta geologica della città di Roma. LAC, Firenze.
- VINALE F. (1988) - *Caratterizzazione del sottosuolo di un'area campione di Napoli ai fini d'una microzonazione sismica*. Rivista italiana di geotecnica: organo dell'associazione geotecnica italiana: meccanica delle terre e delle rocce, fondazioni, costruzioni di materiali sciolti, geologia applicata, 22, 2 (1988), 77-100.