

## 2. SUOLO E TERRITORIO





---

---

Il suolo è una risorsa sostanzialmente non rinnovabile che si pone al centro di un sistema di relazioni con le diverse forme dell'agire umano tra le principali pressioni ambientali e i cicli naturali che assicurano il benessere dell'uomo. I processi di trasformazione del territorio urbano, inoltre, sono caratterizzati da fenomeni di diffusione e di sprawl urbano che peggiorano gli effetti del consumo di suolo e rendono urgente una lettura integrata dei diversi fenomeni e politiche urbane più attente alla tutela del suolo come risorsa naturale che tutto sostiene.

I dati presentati nel paragrafo 2.1 evidenziano in maniera chiara un consumo di suolo elevato. Nonostante ci sia una grande variabilità nelle singole realtà locali per quanto riguarda il rapporto tra l'estensione dell'area urbanizzata e l'estensione del territorio comunale, i risultati ottenuti evidenziano in maniera chiara un consumo di suolo elevato ed un continuo incremento delle superfici artificiali, con una crescita sempre maggiore in quasi tutti i comuni studiati, pur considerando un possibile errore di stima. Le più alte percentuali di suolo consumato rispetto all'area comunale si riscontrano a Napoli e Milano, che hanno valori superiori al 60%, a Torino e Pescara, sopra al 50%. Tra i comuni del Sud, Bari e Palermo si attestano intorno al 40%, mentre negli altri si rilevano percentuali inferiori al 30%. Naturalmente una corretta analisi va fatta confrontando insieme valori percentuali e valori assoluti. Vi sono infatti comuni che hanno un'estensione territoriale molto ampia, dove l'area urbanizzata è notevolmente estesa, ma ad essa corrispondono percentuali di suolo consumato relativamente basse (come Roma, Ravenna, Taranto e Lecce). In termini di superficie consumata totale, dunque, i valori più alti si riscontrano a Roma, Milano, Ravenna e Torino, con oltre 33.000 ettari ormai persi per Roma e oltre 11.000 ettari per Milano. Il trend analizzato dimostra un continuo incremento delle superfici artificiali, con una crescita consistente in quasi tutti i comuni studiati. Andando a confrontare le differenze tra indici di suolo consumato totale relativi a periodi diversi, emerge che la maggior parte dei comuni presi in esame ha aumentato nel tempo il ritmo al quale il suolo viene consumato. Tutti i comuni presi in esame hanno inoltre aumentato il suolo consumato pro-capite nel corso dell'arco temporale considerato. Quelli per cui si registra un più sensibile aumento del suolo consumato pro-capite sono soprattutto comuni della Puglia, quali Lecce, Brindisi, Foggia e Taranto, e comuni dell'Emilia Romagna, quali Ferrara, Ravenna e Piacenza. Esempi di misure per il consumo di suolo sono riportate nel box 2.3 che descrive l'esperienza della App sviluppata da ISPRA per il coinvolgimento attivo della cittadinanza nel monitoraggio del consumo di suolo attraverso gli strumenti della Citizen science e nel box 2.4, che descrive una applicazione esemplificativa sulla città di Bari di monitoraggio del consumo di suolo a scala comunale, finalizzata ad evidenziare le opportunità per una rete di livello regionale in grado di monitorare i cambiamenti di copertura del suolo, anche di modesta entità.

Un approfondimento sulle funzioni dei suoli urbani ed una possibile classificazione sono presentate nel box 2.10, che discute del suolo come punto cardine nei modelli di sostenibilità dell'ambiente costruito. I suoli dell'ambiente edificato e dei suoi intorno sono, infatti, da considerarsi come una parte sostanziale dell'ecosistema urbano che contribuisce, direttamente e indirettamente, alla buona qualità della vita dei cittadini. Definire le qualità, caratteristiche e funzioni di questi suoli è piuttosto complesso, tuttavia la conoscenza dei suoli riveste una importanza fondamentale sia nell'elaborazione di corrette politiche di gestione del verde urbano sia nell'ambito della sicurezza umana ed alimentare. Il riflesso dei processi di urbanizzazione sui suoli è molteplice e va dalla totale asportazione, alla loro più o meno profonda alterazione, alla realizzazione di nuovi suoli. All'interno del mosaico della "pedodiversità" urbana i suoli modificati dall'uomo (suoli antropogenici s.l.) presentano tipiche caratteristiche e problematiche legate alla trasformazione, più o meno spinta, delle loro caratteristiche fisiche, biologiche e chimiche (grande variabilità verticale e spaziale, compattazione, perdita di sostanza organica, riduzione della biodiversità edafica, alterazione del pH e della temperatura, contaminazione puntuale e diffusa). I suoli dell'ambiente urbano continuano comunque, sia pur con funzionalità limitate in funzione del grado di alterazione, a fornire fondamentali servizi ecosistemici, mitigano gli effetti delle sostanze inquinanti, provvedono allo stoccaggio di carbonio e di nutrienti minerali, regolano il ciclo idrologico attraverso l'assorbimento e la ritenzione di acqua. La presenza dei suoli permette la funzione estetico-paesaggistica-culturale-ricreativa delle aree verdi e la conservazione della biodiversità. La rapida espansione dei centri urbani ha fatto sì che estese quantità di territorio venissero perse a scapito di suoli agricoli, naturali e/o forestali: la serie storica dimostra che si tratta di un processo che dal 1956 non conosce battute d'arresto. Si è passati dal 2,8% del 1956 al 6,9% del 2010, con un incremento di 4 punti percentuali.

La rilevanza degli effetti ambientali e sociali determinati dai fenomeni di espansione delle città rende necessaria un'analisi delle modalità con cui avvengono i processi di diffusione e di dispersione urbana, intesi rispettivamente come crescita della città attraverso la creazione di centri di dimensione medio-

---

piccola all'esterno dei principali poli metropolitani e di frammentazione dei centri abitati, con conseguente perdita di limiti tra territorio urbano e rurale. Le modalità con cui si sono sviluppati i processi insediativi, che hanno modellato le aree urbane studiate, hanno spesso amplificato gli effetti negativi dello sviluppo urbano e del consumo di suolo. A parità di suolo consumato, infatti, l'espansione diffusa e la dispersione urbana producono un deterioramento del territorio causato dalla frammentazione che rende gli spazi interclusi difficilmente recuperabili e causa un impatto maggiore sui servizi ecosistemici del suolo e delle aree naturali. È la cosiddetta "città diffusa", nella quale si annulla, di fatto, la distinzione fra area urbana e campagna, con il territorio che tende ad assomigliare a una enorme città includendo al suo interno delle zone agricole e naturali. Nel paragrafo 2.2 con l'obiettivo di rappresentare gli effetti delle modalità di espansione, sono presentati indicatori di diffusione, densità, dispersione e di sprawl, per descrivere lo stato di frammentazione di una città, le forme di urbanizzazione ed il processo dinamico di disallineamento tra la crescita della popolazione e la crescita territoriale. In questa edizione, inoltre, si propone una classificazione delle città in base al tipo di tessuto finalizzata ad una migliore rappresentazione dei fenomeni e degli effetti del consumo di suolo attraverso il confronto dei diversi indicatori come misure di aspetti diversi dello stesso fenomeno. In tal senso, le aree urbane sono state suddivise in quattro tipologie: comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico compatto (come Torino, Milano e Napoli); comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico con tendenza alla dispersione (come Firenze, Roma e Bari); comuni con un tessuto urbano di tipo diffuso (come Latina, Potenza e Foggia); comuni con un tessuto urbano di tipo policentrico (come Perugia, Catanzaro e Venezia). La valutazione della correlazione tra i diversi indici è inoltre influenzata dalla scelta del perimetro urbano che si sceglie di considerare: limite fisico dell'edificato nell'ambito del territorio comunale, limite amministrativo comunale (come nella generalità delle analisi presentate in questo rapporto), aree funzionali sovracomunali, etc. A questo tema è dedicato un approfondimento nel box 2.9, che illustra un progetto per migliorare la qualità della rappresentazione dei fenomeni ambientali negli ambienti urbani.

Il rapporto con gli strumenti di pianificazione è affrontato nel paragrafo 2.5 attraverso un'analisi degli strumenti più aggiornati che governano le trasformazioni del territorio, con particolare attenzione ai riferimenti all'applicazione della Valutazione ambientale strategica (VAS) e con un approfondimento relativo a due città-campione (Varese e Sassari). Inoltre, nel paragrafo 2.6 si descrive il Programma operativo nazionale "Città metropolitane 2014-2020" (PON METRO), e le risultanze ambientali della valutazione effettuata da ISPRA nell'ambito della procedura di VAS.

Un altro aspetto rilevante per lo sviluppo urbano e infrastrutturale del nostro paese è che ha dovuto fare i conti con un territorio morfologicamente difficile, particolarmente esposto a fenomeni franosi e di dissesto idraulico. Spesso, l'urbanizzazione ha interessato diffusamente anche le aree caratterizzate dalla presenza di un grande numero di faglie capaci (par.2.11), cioè in grado di produrre rotture tettoniche in superficie o in prossimità di essa. In Italia, nonostante la pericolosità da fagliazione superficiale non sia presa in considerazione nelle carte ufficiali di *hazard* sismico e nella normativa antisismica, essa è in molti casi tutt'altro che trascurabile. Tra le città studiate nel Rapporto sono 45 quelle attraversate da faglie capaci: tra queste, in 11 città il fenomeno non può essere trascurato per l'entità delle dislocazioni che possono essere anche superiori al metro (Reggio Calabria, Messina, Catanzaro e Cosenza), fino a un metro (Siracusa, L'Aquila, Ragusa, Benevento) e fino a 50 cm (Trieste, Udine, Perugia). Riguardo a tali città solamente il 17% delle aree esposte a fagliazione superficiale sono già urbanizzate, mentre il rimanente 83% interessa aree agricole e naturali potenzialmente interessate da espansione urbana nel prossimo futuro.

Un quadro della caratterizzazione e pericolosità geologica (*geohazard*) di alcune aree urbane (L'Aquila, Benevento e Viterbo) è contenuto nel box 2.14 che a partire dai dati ottenuti dal Progetto di cartografia geologica nazionale a scala 1:50.000 (Progetto CARG), descrive le principali criticità connesse alla situazione geologica superficiale e profonda del tessuto urbano. La cartografia geologica contribuisce all'individuazione delle porzioni di città soggette in modo significativo ai rischi naturali, che risulta ben superiore al limite dell'edificato.

Un peso rilevante nell'insorgere dei fenomeni di dissesto gravitativo è determinato da cause di origine antropica, quali tagli stradali, scavi, sovraccarichi, cavità, perdite dalla rete acquedottistica o fognaria. Le frane in aree densamente antropizzate determinano di conseguenza situazioni di elevato rischio, considerato che fenomeni anche di ridotte dimensioni possono causare vittime e danni ingenti. Nel territorio dei 73 comuni studiati, sono state censite più di 14.000 frane, per un'area complessiva in frana pari a quasi 390 km<sup>2</sup> (par.2.12) con i valori più elevati di area in frana sul territorio comunale nei comuni di Potenza, Matera, Trento, Genova, Ancona, L'Aquila e Perugia. Con riferimento ai 32 comuni per i quali è disponibile il livello informativo dell'uso del suolo a elevata risoluzione Urban Atlas è stata calcolata una stima della popolazione esposta a fenomeni franosi, effettuata intersecando le frane con le sezioni di censimento ISTAT 2001. Il numero di persone esposte in termini di



---

popolazione residente esposta al rischio di danni alla persona, è stato stimato moltiplicando la percentuale di area in frana all'interno di ciascuna sezione di censimento per la popolazione residente nella suddetta sezione. I comuni sono stati classificati in 8 classi di popolazione esposta a fenomeni franosi e sono 8 le città che presentano un indice di oltre 3.000 abitanti esposti (Genova, Trento, Perugia, Ancona, Potenza, Catanzaro, Reggio Calabria e Messina). Le soluzioni al problema delle frane nelle aree urbane vanno ricercate in tre approcci complementari: opere per il consolidamento di pendii instabili e/o delocalizzazioni in aree già edificate; piani di protezione civile e reti di monitoraggio strumentale (spostamenti e precipitazioni) finalizzate all'attivazione di sistemi di allertamento; applicazione di misure non strutturali mediante vincoli e regolamentazioni d'uso nelle aree non edificate con elevata propensione all'innescio di fenomeni franosi.

Le condizioni di urbanizzazione del territorio e di uso del suolo sono rilevanti anche per i fenomeni di dissesto idraulico, poiché contribuiscono a determinare, unitamente alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e meteo-climatiche del territorio, gli effetti degli eventi meteorici intensi, sia di breve che di lunga durata indotti dalle modificazioni che il clima sta subendo a grande scala (par.2.13). La progressiva artificializzazione del territorio ha modificato le caratteristiche della rete di drenaggio naturale, attraverso l'alterazione del grado di permeabilità dei terreni, la sottrazione di aree golenali (con costruzione di manufatti in zone di pertinenza fluviali), il restringimento delle sezioni idrauliche di deflusso e la canalizzazione forzata degli alvei naturali. I grandi centri urbani, anche per il loro strategico posizionamento lungo bacini fluviali di rilievo, sono particolarmente interessati dagli effetti degli eventi meteorici intensi con una costante crescita nel tempo. Gli effetti rilevati sul territorio (fenomeni franosi, esondazioni, rotte arginali, mareggiate, ecc.) ed i numerosi danni riferiti ai 7 capoluoghi oggetto di studio (Vicenza, Rimini, Siracusa, La Spezia, Olbia, Catanzaro, Pescara) rappresentano una prima breve panoramica sugli eventi alluvionali che si ripetono oramai ciclicamente in molte città italiane. A completamento dello studio si presenta un "focus" inerente i fenomeni verificatisi nella Capitale durante l'evento alluvionale di fine gennaio-inizio febbraio 2014.

Altra causa di degrado ambientale e fattore di pressione a carico della risorsa suolo è rappresentata dalle attività di estrazione di minerali che incidono pesantemente sul consumo di risorse non rinnovabili, sulla perdita di suolo, sul paesaggio, con possibili alterazioni idrogeologiche e idrografiche e con possibili fenomeni di dissesto lungo i fronti di scavo, con problemi di inquinamento e instabilità soprattutto per le numerose attività dismesse. Le aree provinciali con più alta concentrazione di siti autorizzati risultano localizzate nel nord Italia, anche se in buona parte non più in produzione negli ultimi anni, a conferma di una generalizzata crisi del settore. In particolare le provincie di Verona, Vicenza e Brescia presentano più di 170 cave nel loro territorio. Anche l'attività mineraria, che è stata diffusa nella quasi totalità del territorio nazionale, è praticamente residuale e legata sostanzialmente all'estrazione di minerali ceramici ed industriali e marna da cemento. Rimane l'elevato valore storico/culturale che soprattutto in ambito urbano i siti estrattivi assumono poiché rappresentano i luoghi d'origine dei materiali con i quali sono stati, in gran parte, edificati i centri storici delle città.

In questa edizione (box 2.7) si presenta anche una analisi degli effetti sull'ambiente urbano della diffusione in atmosfera e la ricaduta dei prodotti piroclastici, come ceneri e lapilli dai vulcani ha considerevoli effetti sulla salute pubblica, sul trasporto aereo, sulla circolazione su strada, sul funzionamento della rete di smaltimento delle acque meteoriche, determina problemi di tenuta dei tetti e delle coperture per effetto dell'eccessivo carico e danni alle attività produttive sia direttamente connessi con la ricaduta delle ceneri e lapilli, come nel campo agricolo, sia indirettamente, come conseguenza dei problemi di limitazione e/o interdizione della circolazione, trasporto e fornitura di merci e servizi.

## 2.1 IL CONSUMO DI SUOLO

M. Munafò, L. Congedo, S. Giulio, T. Luti, I. Marinosci  
ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Il suolo è un sottile mezzo poroso biologicamente attivo, risultato di complessi e continui fenomeni di interazione tra processi fisici e chimici nella zona di contatto tra atmosfera, idrosfera, litosfera e biosfera, ed è una risorsa naturale non rinnovabile, che supporta le attività umane grazie alle sue funzioni ambientali, economiche, sociali, scientifiche e culturali (APAT, 2008; Fumanti, 2009; ISPRA 2014a). Il suolo ci fornisce cibo, biomassa e materie prime; è un elemento del paesaggio e del patrimonio culturale e svolge un ruolo fondamentale come habitat e come riserva di patrimonio genetico (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006a, Haygarth e Ritz, 2009; Munafò e Tombolini, 2014). Sulla risorsa suolo si basa la produzione del 95% dell'alimentazione umana (CRCS, 2014).

La formazione del suolo è un processo estremamente lento, tale da impiegare vari decenni per lo sviluppo di pochi centimetri appena (ISPRA, 2014a), per cui una volta distrutto o gravemente degradato non sarà possibile per le generazioni future vedere ripristinato un suolo sano (Commissione Europea, 2012). Le attività antropiche producono in un qualsiasi ambito spaziale uno stravolgimento dei servizi ecosistemici, andando ad incidere sulla capacità produttiva del suolo, sulla disponibilità di materie prime, sulla biodiversità, sul ciclo del carbonio, sul ciclo idrologico e sugli altri cicli naturali, nonché sul patrimonio storico, culturale e paesaggistico (ISPRA, 2014a; Munafò e Tombolini, 2014). Nonostante la sua importanza e la sua fragilità, la risorsa suolo viene spesso considerata con scarsa consapevolezza e ridotta attenzione nella valutazione degli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni (ISPRA 2014a). La presenza dell'uomo e i processi insediativi sul territorio sono causa di effetti negativi sul suolo attraverso fenomeni quali impermeabilizzazione e consumo, contaminazione, compattazione, erosione, etc. (Commissione Europea, 2006b).

Per **impermeabilizzazione del suolo (soil sealing)** si intende la copertura di una superficie e del relativo suolo con materiale impermeabile artificiale, come edifici, infrastrutture per il trasporto, capannoni, cortili, piazzali e altre aree pavimentate, discariche, serre e altre coperture permanenti, aree e campi sportivi impermeabili e pannelli fotovoltaici, anche in aree non urbane (Commissione Europea, 2012; ISPRA, 2014a; Munafò e Tombolini, 2014). L'impermeabilizzazione è la forma più evidente e irreversibile del consumo di suolo, definito come una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato) e che comprende, quindi, anche aree astrattive, cantieri e altre aree artificiali in cui le funzioni della risorsa sono profondamente alterate (ISPRA, 2014a).

Una volta che il suolo ha cambiato copertura o è stato impermeabilizzato, le sue funzioni sono perdute del tutto o in gran parte (Siebielec et al., 2010). Il **consumo del suolo** va quindi inteso come un costo ambientale, risultato da una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico (Scalenghe & Ajmone Marsan, 2009; Commissione Europea, 2011). L'impermeabilizzazione del suolo rappresenta la principale causa di degrado del suolo in Europa (Commissione Europea, 2006b; AEA, 2010b; ISPRA, 2014b), un degrado praticamente irreversibile, e la più evidente forma di trasformazione del territorio e del paesaggio (ISPRA, 2013b). Anche se permette la gestione controllata del deflusso idrico da strade e siti inquinati, evitando la contaminazione delle falde e del sottosuolo, l'impermeabilizzazione del suolo ha un insieme di effetti negativi sull'ambiente, che come risultato portano alla perdita di potenziale produttivo agricolo (Commissione Europea, 2012, Munafò et al., 2013). Con la rimozione di terreno arabile causato dall'espansione urbana, vengono rimossi i microrganismi del suolo, compromettendo il riciclo dei nutrienti e il ciclo del carbonio (APAT, 2008, Turbé et al., 2010; Gardi et al., 2013). Ne consegue una perdita della biodiversità, già influenzata dalla riduzione e frammentazione del paesaggio rurale che l'urbanizzazione comporta (Antrop, 2004, EU, 2011; Pileri & Granata 2012). L'impermeabilizzazione del suolo riduce inoltre la mitigazione naturale delle alluvioni da parte del territorio. In condizioni naturali infatti il suolo trattiene le acque di precipitazione meteorica e contribuisce a regolarne lo scorrimento in superficie. In un ambiente antropizzato la presenza di superfici impermeabilizzate, la riduzione della vegetazione, l'asportazione dello strato superficiale ricco di sostanza organica e l'insorgere di fenomeni di compattazione, favoriscono i fenomeni erosivi ed accentuano il trasporto di grandi quantità di sedimento, con una serie di effetti negativi sul ciclo idrologico, producendo un aumento del rischio di inondazioni ed effetti indiretti sul microclima e sulla vulnerabilità ai cambiamenti climatici (Eurostat, 2003; Commissione Europea, 2004; Hough, 2004; Fumanti, 2009; Commissione Europea, 2013). Un altro lato negativo dell'impermeabilizzazione del suolo è quello di contribuire all'effetto noto come "isola di calore urbano" a causa dell'aumento delle superfici altamente riflettenti la radiazione solare e alla riduzione della vegetazione, riducendo anche l'effetto benefico di quest'ultima sulla qualità dell'aria (Commissione Europea, 2012), con elevati impatti sulla qualità della vita (Frisch 2006, Pileri 2007,

---

Salzano 2007; UN-HABITAT, 2009; Berdini, 2010; CRCS, 2012). Non ci sono processi di rigenerazione dei suoli attraverso i quali ripristinare quella risorsa ecosistemica complessa e straordinaria che si è formata in milioni di anni, e anche se si potesse fare, la spesa energetica supererebbe il beneficio che se ne potrebbe ottenere. È dunque importante tenere conto delle spese a cui chi prende le decisioni, e chi consente l'urbanizzazione di aree libere, espone le future generazioni, per sempre (Pileri, 2014).

Nel nostro paese il consumo di suolo accompagna tanto la perdita di ampie aree vocate all'agricoltura, quanto una forte pressione antropica sulle aree aperte all'interno del perimetro urbano, spesso di valenza ecologica fondamentale per la qualità dell'ambiente cittadino (ISPRA 2013b). Diverse sono le tipologie di copertura artificiale che devono essere considerate causa di consumo di suolo, ma sono poche quelle principali, a cui si deve la gran parte della superficie persa. Le aree coperte da edifici costituiscono il 30% del totale, mentre le infrastrutture di trasporto rappresentano ben il 47% del totale (28% dovuto a strade asfaltate e ferrovie, 19% dovuto a strade sterrate e altre infrastrutture di trasporto secondarie). Altre superfici asfaltate o fortemente compattate o scavate, come parcheggi, piazzali, cantieri, discariche o aree estrattive, costituiscono il 14% del suolo consumato (Munafò e Tombolini, 2014, Munafò e Santucci, 2014).

Nel corso degli ultimi anni si è assistito ad una crescita di interesse, da parte delle istituzioni europee, sugli aspetti legati alle dinamiche d'uso del suolo (Gardi et al., 2014), che con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse si sono impegnate ad azzerare il consumo netto di suolo in Europa entro il 2050 (Commissione Europea, 2011), e nella Conferenza dell'ONU tenutasi a Rio (Rio +20) hanno dichiarato l'intento a raggiungere entro lo stesso anno la "zero net land degradation" (UNCCD, 2012). L'impermeabilizzazione e il consumo di suolo sono temi trattati nel Rapporto *State of the Soil* (Commissione Europea, 2012b), che suggerisce come l'obiettivo della protezione del suolo possa essere conseguito mediante un approccio integrato che richieda il completo impegno a tutti i livelli politici, introducendo requisiti di legge e/o chiari incentivi finanziari. Per affrontare tali questioni la Commissione Europea ha pubblicato le linee guida sul soil sealing (Commissione Europea, 2012), che rientrano nel contesto della *Soil Thematic Strategy* – Strategia tematica per la protezione del suolo (Commissione Europea, 2006b) e sono considerate uno strumento fondamentale per la riduzione del consumo di suolo in Europa e della sua continua cementificazione e impermeabilizzazione. In queste linee guida viene proposto un approccio strutturato su tre principi, quali limitazione, mitigazione e compensazione, riportando un repertorio delle possibili misure tecniche e amministrative adottabili ed evidenziando l'opportunità e l'urgenza di adottare tali misure per contrastare il consumo di suolo. Gli obiettivi della tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse della Conferenza di Rio sono stati recentemente rafforzati con l'approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale (Parlamento Europeo e Consiglio, 2013), richiedendo inoltre che, entro il 2020, le politiche dell'Unione debbano tenere conto dei loro impatti diretti e indiretti sull'uso del territorio. Nel 2013 la Commissione Europea ha inoltre adottato la Strategia Europea per l'adattamento ai cambiamenti climatici, evidenziando come i rischi derivanti dal cambiamento climatico globale possano interagire con altri fattori di pressione ambientale, come il cambio di copertura del suolo, e come, in particolare nelle aree urbane, l'incremento delle superfici impermeabilizzate possa peggiorare gli effetti delle inondazioni o di isola di calore, intaccando i livelli di sicurezza, la salute, la qualità della vita e il benessere dei cittadini europei (Commissione Europea, 2013b). Anche a livello nazionale c'è stata recentemente una diffusa presa di coscienza sul tema del contenimento del consumo di suolo (Camera dei Deputati, 2013), che trae le sue fondamenta dagli articoli 9, 44 e 117 della Costituzione (Leone et al., 2013; ISPRA, 2014b). L'attenzione del legislatore è stata mossa soprattutto dalle istituzioni competenti in materia, portando ad una proliferazione di proposte di legge depositate presso le commissioni competenti delle Camere parlamentari (Ferrara, 2014). La Nota di aggiornamento del documento di economia e finanza presentata dal Governo e sottoposta a discussione parlamentare nel 2013 indica la tematica del consumo di suolo tra quelle prioritarie per lo sviluppo durevole (Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2013). Il Consiglio dei Ministri ha approvato il disegno di legge sul Contenimento del consumo di suolo e riuso del suolo edificato, che detta come principio fondamentale della materia del governo del territorio la priorità del riuso e della rigenerazione edilizia del suolo edificato esistente rispetto all'ulteriore consumo di suolo (Camera dei Deputati, 2014). Con il recente dibattito nazionale al tema del consumo di suolo si è ormai entrati a pieno titolo in una fase avanzata di discussione che ha dato avvio ad un rapido incremento delle iniziative legislative a scala regionale, che può favorire un processo di riforma volta a produrre adeguate politiche di limitazione dei consumi di suolo. A livello regionale i meccanismi di regolazione degli usi del suolo introdotti dalle proposte legislative comprendono sostanzialmente tre modalità: una regolazione morfologica destinata a determinare modalità differenziate di regolazione degli usi dei suoli urbani da quelli extraurbani; una regolazione fiscale dissuasiva nei confronti delle



---

trasformazioni d'uso dei terreni agricoli o naturali; e l'introduzione di soglie per fissare le percentuali di incremento delle coperture artificiali ripartite per province o unità territoriali differenziate. Le iniziative regionali avviate si differenziano in quelle finalizzate a normare il contenimento del consumo di suolo e quelle finalizzate a rafforzare i dispositivi di limitazione del consumo di suolo, ma vi sono anche Regioni che ancora non sembrano avanzare proposte legislative che, direttamente o indirettamente, tentino di governare il fenomeno del consumo di suolo mediante dispositivi normativi (Arcidiacono e Salata, 2014).

### *Percentuale di suolo consumato, superficie consumata totale e pro-capite*

Il monitoraggio e la regolazione del consumo di suolo sono un tassello fondamentale per le riforme in tema di governo del territorio, ma le informazioni attualmente disponibili in Italia relative alla copertura e all'uso del suolo mantengono una notevole disomogeneità e gravi lacune informative a livello locale e su alcune regioni (Munafò, 2014, ISPRA 2014a). L'indagine che l'ISPRA svolge, in collaborazione con il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, rappresenta oggi la più significativa collezione di dati a livello nazionale e permette la valutazione del consumo di suolo per gli anni disponibili, a livello comunale, tra il 1949 e il 2013. La stima è basata su un approccio di tipo campionario puntuale effettuato attraverso la fotointerpretazione, la verifica e la validazione, a cura di ISPRA e delle ARPA/APPA, di circa 140.000 punti, inquadrati in reti di monitoraggio predisposte a livello nazionale, regionale e per ogni area comunale studiata (ISPRA, 2013a, 2013b, Munafò, 2013). L'elaborazione degli indicatori è stata effettuata considerando "non consumate" le superfici permeabili (boschi e alberi, prati e altre aree naturali, aree agricole, giardini, parchi, aiuole e verde urbano, corpi idrici e zone umide). Il consumo di suolo è stato invece rilevato in corrispondenza dei punti ricadenti su aree coperte da edifici, capannoni, strade asfaltate o sterrate, aree estrattive, discariche, cantieri, cortili, piazzali e altre aree pavimentate o in terra battuta, serre e altre coperture permanenti, aeroporti e porti, aree e campi sportivi impermeabili, ferrovie ed altre infrastrutture, pannelli fotovoltaici e tutte le altre aree impermeabilizzate, non necessariamente urbane. Tale definizione si estende, pertanto, anche in ambiti rurali e naturali ed esclude, invece, le aree aperte naturali e seminaturali in ambito urbano. È stato stimato anche lo stato di aree obliterate o mascherate nelle ortofoto, sulla base di altre immagini temporalmente vicine (con esclusione delle immagini relative agli anni 1949-1956, dove queste aree non vengono considerate). Il livello regionale non consente di apprezzare del tutto le differenze in termini di uso e copertura del suolo tra specifiche situazioni territoriali, perché media situazioni molto eterogenee, mentre un'analisi a livello comunale, concentrandosi su aree più omogenee, permette di rendere più evidente le diversità di restituzione di dati di uso e di copertura (Munafò e Santucci, 2014). Nella fase di aggiornamento dei dati si è proceduto a una verifica delle informazioni preesistenti sulla base di dati più recenti. Questa operazione potrebbe aver comportato, in alcuni casi, una lieve modifica dei valori pubblicati nei precedenti Rapporti. Le date di riferimento e le serie temporali considerate variano tra i diversi comuni. La stessa indagine è condotta a livello nazionale, per ricostruire l'andamento del consumo di suolo in Italia tra gli anni '50 e i nostri giorni, ed è inserita nel Programma statistico nazionale 2014-2016, rappresentando l'unica, a livello nazionale, dedicata specificamente al tema del consumo di suolo, e in grado di integrare diverse fonti di dati con i dati di osservazione della terra a livello europeo, anche nell'ambito del programma *Copernicus*.

L'analisi del consumo di suolo viene effettuata attraverso tre indicatori: la **percentuale di suolo consumato**, riferita all'intera superficie comunale (**Mappa tematica 2.1.1**), la **superficie consumata totale**, espressa in ettari ed ottenuta dal prodotto tra la percentuale di suolo consumato e l'area della superficie comunale, derivata dall'elaborazione dei dati cartografici relativi ai limiti amministrativi Istat, e il **suolo consumato pro-capite**, espresso in m<sup>2</sup> e ottenuto dal rapporto tra la superficie consumata totale e la popolazione residente nell'ambito territoriale.

Nonostante ci sia una grande variabilità nelle singole realtà locali per quanto riguarda il rapporto tra l'estensione dell'area urbanizzata e l'estensione del territorio comunale, i risultati ottenuti evidenziano in maniera chiara un consumo di suolo elevato ed un continuo incremento delle superfici artificiali, con una crescita sempre maggiore in quasi tutti i comuni studiati, pur considerando un possibile errore di stima.

**Mappa tematica 2.1.1** – Consumo di suolo nelle aree urbane: stima della percentuale di suolo consumato sul totale dell'area comunale (anni compresi tra il 2005 e il 2013)



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA. I dati completi sono riportati in appendice

Le più alte percentuali di suolo consumato rispetto all'area comunale si riscontrano, generalmente, nel Nord. Napoli e Milano hanno valori superiori al 60%, Torino e Pescara al 50%. Tra i comuni del Sud, Bari e Palermo si attestano intorno al 40%, mentre negli altri si rilevano percentuali inferiori al 30%. Per quanto riguarda invece le nuove città inserite nel Rapporto, i valori più alti si osservano a Pordenone e Varese (35,9% e 32,7% rispettivamente).

Ci sono poi comuni che hanno un'estensione territoriale molto ampia, dove l'area urbanizzata è notevolmente estesa, ma ad essa corrispondono percentuali di suolo consumato da relativamente basse a basse, (Roma, Ravenna, Taranto e Lecce sono un esempio per il primo caso e Sassari, Olbia, Andria e Arezzo per il secondo caso). Per tale motivo infatti, una corretta analisi va fatta confrontando insieme valori percentuali e valori assoluti.

In termini di superficie consumata totale (**Mappa tematica 2.1.2**), i valori più alti si riscontrano a Roma, Milano, Ravenna e Torino, con oltre 33.000 ettari per Roma e oltre 11.000 ettari per Milano.

---

Per quanto riguarda i valori del suolo consumato pro-capite, l'elemento discriminante è la popolazione residente e a volte si osserva un disaccoppiamento con il valore di superficie consumata. Un esempio è rappresentato dalle città di Milano e Torino, dove ad alti valori in termini di superficie assoluta di suolo consumato corrispondono bassi valori di suolo consumato pro-capite, indicando che tali aree urbane sono densamente popolate.

I comuni di Ravenna, Olbia e Lecce presentano invece i valori più alti di suolo consumato pro-capite. Il confronto con la popolazione residente permette di analizzare la relazione tra la domanda abitativa potenziale e l'urbanizzazione del territorio. In termini di consumo di suolo, la dispersione urbana e la bassa densità abitativa comportano un aumento della superficie consumata media pro-capite (Munafò et al., 2013b).

L'aumento della superficie consumata ha portato in alcuni comuni a una nuova copertura artificiale pari anche al 40-50% rispetto a quella già presente negli anni '90, ad esempio a Ravenna, Foggia, Lecce, Olbia, Reggio Emilia, Brindisi, Piacenza e Catanzaro, gli stessi comuni per i quali si rilevano alti valori di suolo consumato pro-capite. La quasi totalità dei comuni studiati inoltre ha accresciuto la propria superficie urbanizzata almeno di un 10% in più rispetto a quella dei primi anni '90.

Andando a confrontare le differenze tra indici di suolo consumato totale relativi a periodi diversi, emerge che la maggior parte dei comuni presi in esame ha aumentato nel tempo il ritmo al quale il suolo viene consumato. I principali comuni della Lombardia, quali Bergamo, Monza, Milano e Brescia, e i comuni di Piacenza, Ravenna, Salerno e Andria hanno consumato, tra il 2001 e il 2012, più del doppio di quanto non abbiano fatto nel corso degli anni '90. Solo i comuni di Napoli, Varese, Taranto, Como, Reggio Emilia, Udine, Roma, Trento e Aosta mostrano di aver rallentato leggermente il ritmo del consumo di suolo. Tutti i comuni presi in esame hanno inoltre aumentato il suolo consumato pro-capite nel corso dell'arco temporale considerato. Quelli per cui si registra un più sensibile aumento del suolo consumato pro-capite sono soprattutto comuni della Puglia, quali Lecce, Brindisi, Foggia e Taranto, e comuni dell'Emilia Romagna, quali Ferrara, Ravenna (per la quale l'aumento dell'indice è tra l'altro accompagnato, nello stesso periodo di tempo, da un sensibile aumento della popolazione, che è cresciuta di circa 15.000 abitanti) e Piacenza. Anche il comune di Alessandria e il comune di Catanzaro si distinguono per l'aumento del suolo consumato pro-capite. I risultati permettono di considerare comunque anche i miglioramenti mostrati in anni più recenti, in particolare tra il 2010 e il 2013 nel suolo consumato pro-capite per i comuni di Olbia, Ravenna, Lucca, Reggio Emilia, Forlì, Trento, Como, Bergamo, Bolzano e Livorno, mentre lo stesso indice per Trieste e Vicenza risulta stabile. Questi miglioramenti sono dovuti in alcuni casi a un leggero rallentamento dei processi di espansione (Trieste, Livorno, e Lucca), in altri casi ad un aumento della popolazione accompagnato da aumenti nell'intensità d'uso del suolo. Per il comune di Lucca la sensibile diminuzione del suolo consumato pro-capite del recente periodo appare essere il risultato di entrambi i processi. Caso a parte è dato dal comune di Cagliari, che dal 2006 mostra una certa stabilità rispetto all'ammontare di suolo consumato totale, mentre il suolo consumato pro-capite risulta in crescita a causa della continua diminuzione della popolazione. In generale le aree urbane considerate hanno elevate percentuali ed elevate superfici di aree consumate, ma presentano mediamente superfici consumate pro-capite inferiori all'intero territorio nazionale, dove le densità abitative sono solitamente più basse, e dove il suolo consumato pro-capite, più che raddoppiato dagli anni '50 agli anni recenti, è in continuo aumento (Munafò & Tombolini, 2014, ISPRA, 2014b).

Il quadro che emerge da un'osservazione generale di questi risultati sembra in gran parte coerente con la diversità degli orientamenti delle iniziative regionali in materia di consumo di suolo (Arcidiacono & Salata, 2014). In una regione come la Lombardia, infatti, dove la città di Milano ha ormai superato i limiti amministrativi comunali e anche le altre tendono a un aumento della velocità di consumo di un suolo già in gran parte consumato, tali iniziative sono specificamente finalizzate ad integrare la normativa in materia di governo del territorio vigente.

In regioni come l'Emilia-Romagna e la Puglia, dove invece le possibilità di aumento della superficie consumata e del suolo consumato pro-capite sembrano non trovare grossi freni, esse sono finalizzate a contenere o a limitare il consumo di suolo, mentre nel Lazio, Valle d'Aosta e Trentino-Alto Adige ancora non risulta la presenza di specifiche normative a riguardo.

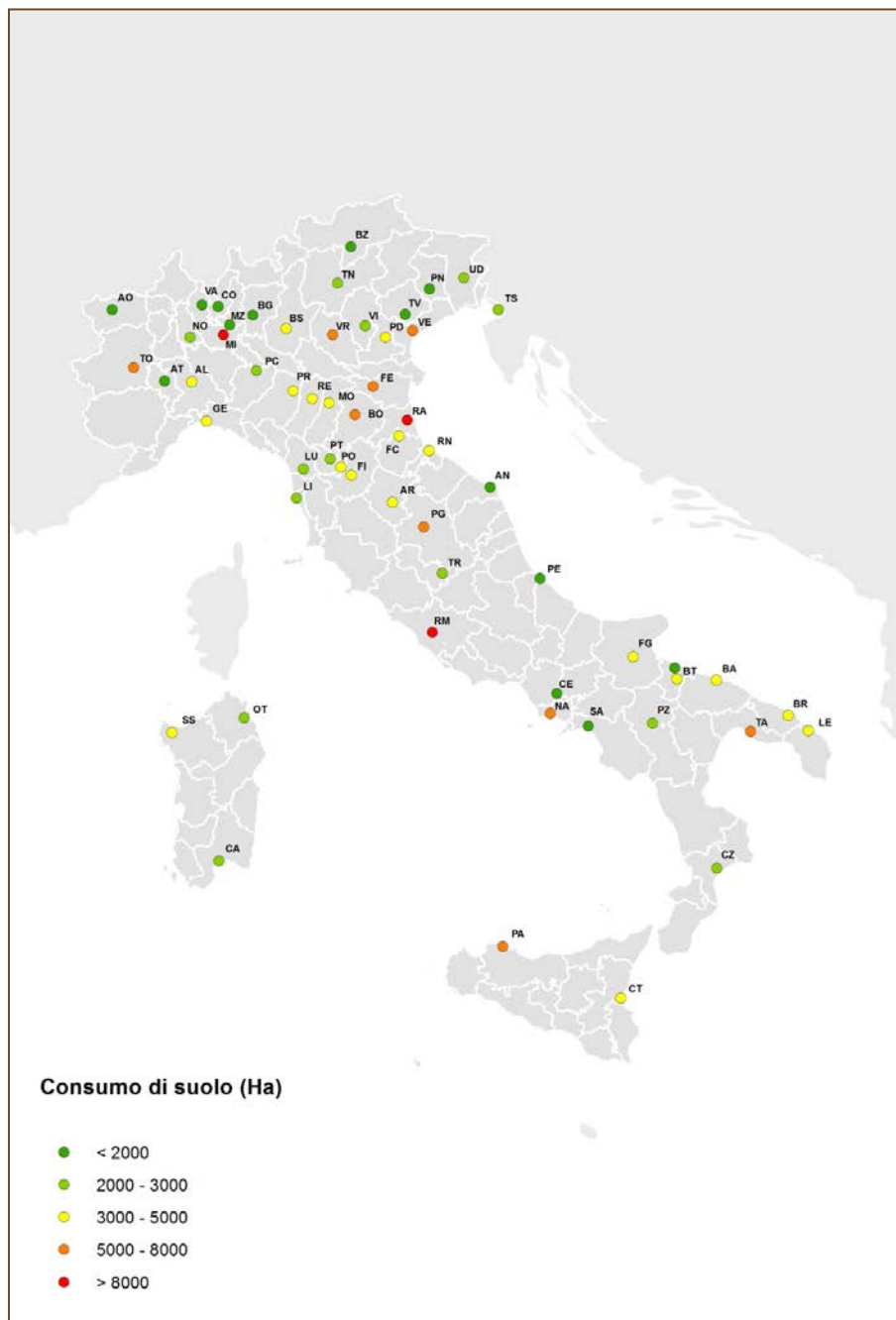
Sono comunque non ancora formalizzate o assenti norme specifiche riguardo il consumo di suolo anche in Sicilia e Sardegna, che comprendono comuni particolarmente interessati dal problema del consumo di suolo.

Si deve inoltre considerare che i tre indici qui analizzati non bastano da soli a far emergere uno dei processi prevalenti delle dinamiche insediative che contribuiscono al consumo del suolo. Si tratta infatti di considerare le dinamiche insediative diffuse (sprawl urbano, si veda il capitolo successivo), rappresentate dall'espansione delle città attorno al nucleo urbano attraverso la costruzione di



insediamenti sparsi in zone rurali (Munafò, 2014), e la progressiva espansione dei suoli delle aree urbanizzate a bassa densità, che comportano un forte incremento delle superfici artificiali (land take) e dell'impermeabilizzazione del suolo, una realtà sempre più diffusa nel nostro paese (Munafò et al., 2013b), come avviene ad esempio nel comune di Roma.

**Mappa tematica 2.1.2** – Consumo di suolo nelle aree urbane: stima della superficie consumata in ettari



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA. I dati completi sono riportati in appendice

## 2.2 FORME DI URBANIZZAZIONE E TIPOLOGIA INSEDIATIVA

I. Marinosci, F. Assennato, L. Congedo, T. Luti, M. Munafò  
ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale  
A. Ferrara – ISTAT, N. Riitano – Università degli Studi di Roma "La Sapienza"  
F. Lucchesi, I. Zetti – Università degli Studi di Firenze

La conoscenza delle diverse **forme di urbanizzazione** e della **tipologia insediativa** costituisce la base fondamentale per poter affrontare in modo efficace la questione della sostenibilità e della resilienza urbana<sup>1</sup>. Infatti, la rilevanza degli effetti ambientali e sociali determinati dai fenomeni di espansione delle città rende necessaria un'analisi delle modalità con cui avvengono i processi di diffusione e di dispersione urbana, intesi rispettivamente come crescita della città attraverso la creazione di centri di dimensione medio-piccola all'esterno dei principali poli metropolitani e di frammentazione dei centri abitati, con conseguente perdita di limiti tra territorio urbano e rurale. È la cosiddetta "città diffusa", nella quale si annulla, di fatto, la distinzione fra area urbana e campagna, con il territorio che tende ad assomigliare a una enorme città includendo al suo interno delle zone agricole e naturali (Indovina, 1990, Indovina, 2009, Simon, 2008).

Per valutare i processi di trasformazione urbana nei 73 comuni presi in considerazione, vengono esaminate 4 tipologie di indicatori. Le prime tre (diffusione urbana, densità dei margini urbani e dispersione urbana) analizzano le forme urbane e derivano dall'elaborazione di dati satellitari ad alta risoluzione, la quarta (indice di sprawl) ricostruisce l'evoluzione dello sprawl urbano nel tempo integrando le dinamiche della popolazione e i dati del consumo di suolo.

Gli indicatori sono stati elaborati utilizzando, analogamente al precedente Rapporto (ISPRA, 2013), il limite amministrativo comunale come riferimento spaziale e la cartografia ad alta risoluzione (*Copernicus Imperviousness*) in fase di aggiornamento al 2012<sup>2</sup> come sorgente di informazioni ambientali relative all'impermeabilizzazione del suolo.

La cartografia *Imperviousness*, prodotta nell'ambito del programma *Copernicus*<sup>3</sup>, fornisce una copertura raster ad alta risoluzione (20m x 20m) ed esprime il grado continuo di impermeabilizzazione del suolo (soil sealing o imperviousness) in valori percentuali (0-100%). Vengono identificate, in particolare, tutte le superfici artificiali che ricoprono anche parzialmente il suolo con materiale impermeabile, calcolandone il grado di impermeabilizzazione in relazione all'area del pixel. Come suggerito dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, al fine di rappresentare efficacemente le condizioni della superficie costruita (built-up area), sono stati considerati nell'analisi tutti i pixel con grado di impermeabilizzazione maggiore o uguale al 30% (EEA, 2011).

### *Diffusione, frammentazione e dispersione urbana*

In linea con il precedente Rapporto, sono stati considerati due indicatori che aiutano a descrivere i processi di **diffusione urbana** attraverso l'analisi della distribuzione e della forma delle aree costruite (Kasanko et al., 2006; Schwarz, 2010):

- **LCPI (Largest Class Patch Index)** – rappresenta la percentuale di area costruita attribuibile al poligono di massima estensione riferita alla superficie costruita complessiva;
- **RMPS (Residual Mean Patch Size)** – rappresenta l'ampiezza media in ettari dei poligoni delle aree costruite, con l'esclusione del poligono maggiore.

Tali indicatori sono stati elaborati sulla base dei dati preliminari dello strato *Imperviousness* del 2012 riclassificati con strumenti GIS di *focal density*, che calcolano il valore medio di ogni pixel su un'area di raggio 100 metri, al fine di suddividere l'intero territorio comunale in due classi, anziché con un dato continuo, e di considerare un intorno più ampio rispetto al valore di 20 metri del pixel:

- la classe 1, che rappresenta le zone dove il valore medio di impermeabilizzazione di ogni area di raggio 100 metri è compreso nell'intervallo 0-29, ossia le aree prevalentemente naturali, non costruite o costruite a bassissima densità di edificazione (ad esempio singoli manufatti o piccole infrastrutture);

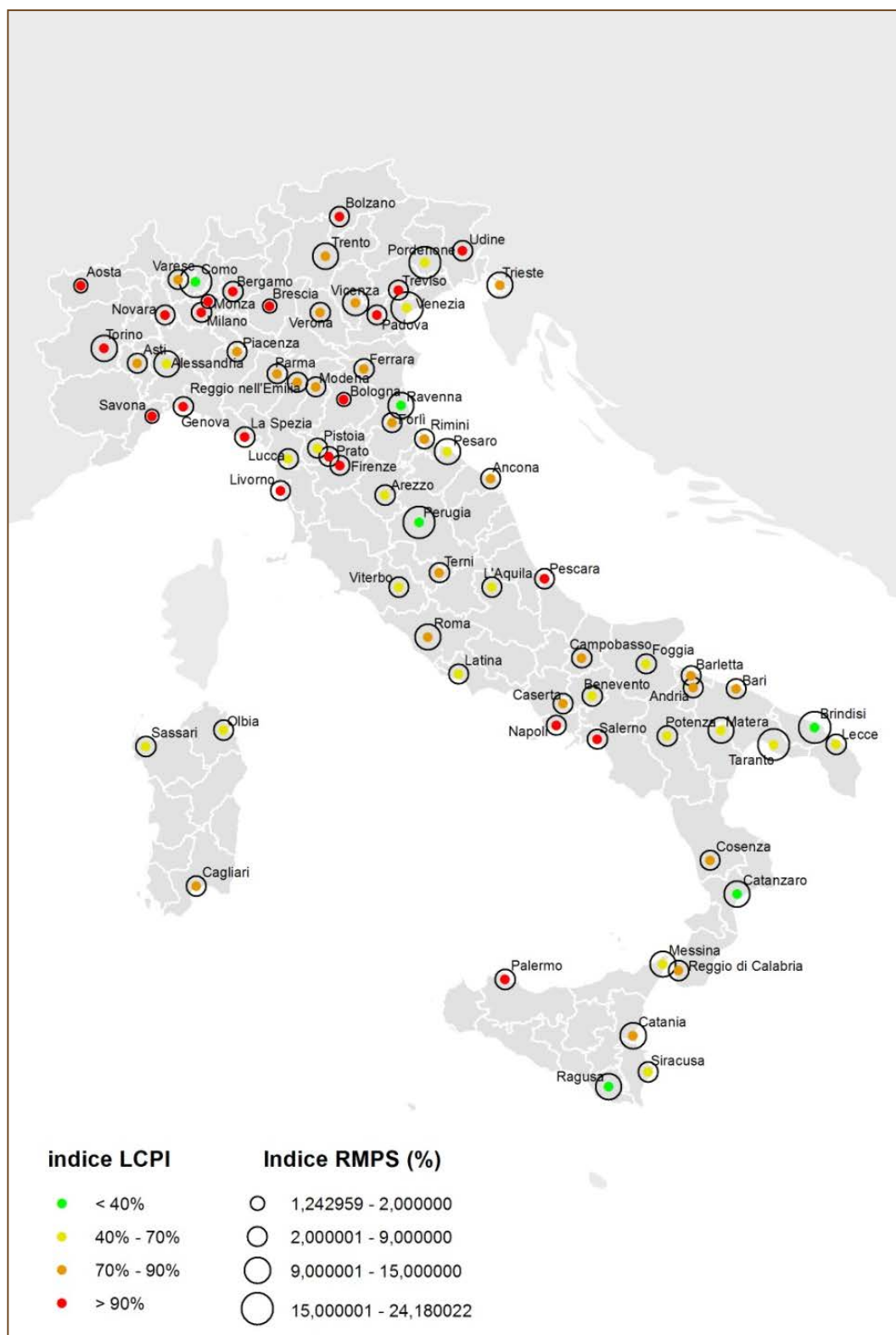
<sup>1</sup> Le attività di approfondimento scientifico hanno in parte beneficiato della collaborazione di ISPRA con i Dipartimenti coinvolti nel programma di ricerca Prin (2010-2011) "Territori post-metropolitani come forme urbane emergenti: le sfide della sostenibilità, abitabilità e governabilità", con il coordinamento nazionale del Politecnico di Milano e, in particolare, con le unità di Roma "La Sapienza" e di Firenze.

<sup>2</sup> I dati utilizzati per le elaborazioni sono quindi da ritenersi preliminari  
<sup>3</sup> Copernicus (già noto come GMES - *Global Monitoring for Environment and Security*) è il programma europeo finalizzato alla realizzazione di un sistema per l'osservazione della terra in grado di rendere disponibili alcuni servizi informativi e cartografie in diversi settori (*Emergency, Security, Marine, Climate Change, Atmosphere, Land*; EEA, 2013).

- la classe 2, che rappresenta le zone dove il valore medio di impermeabilizzazione di ogni area di raggio 100 metri è compreso nell'intervallo 30-100, ossia le aree prevalentemente artificiali e costruite, anche parzialmente.

Il calcolo dei due indicatori, effettuato con il software *Fragstats* (McGarigal & Cushman, 2012) è stato sviluppato per le 73 città esaminate nel Rapporto (**Mappa tematica 2.2.1**).

**Mappa tematica 2.2.1 – Indice LCPI e Indice RMPS**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Copernicus Imperviousness Degree (2012)



---

L'LCPI, che può essere definito come un indicatore di compattezza, mostra valori che variano, per le città analizzate, da un minimo del 20 ad un massimo del 98% di area costruita attribuibile al poligono di massima estensione. Le città più compatte, sulle quali è evidente l'uso intensivo del suolo urbano e la concentrazione delle aree edificate (all'interno dei limiti comunali), mostrano valori percentuali superiori al 90% (Firenze, Milano, Torino, Genova e Brescia hanno valori rispettivamente di 91, 94, 95, 97 e 98%). Al contrario, città meno compatte, come Catanzaro, Perugia, Ravenna, Brindisi, Ragusa e Como, presentano valori dell'indicatore inferiori al 40%.

L'RMPS, che valuta l'ampiezza media dei poligoni distribuiti attorno ad un nucleo centrale, fornisce una rappresentazione della diffusione delle aree urbanizzate periferiche, con la valutazione della dimensione media delle aree costruite all'esterno dei principali poli metropolitani ed è un buon indicatore per stabilire il grado di diffusione del tessuto urbano, in associazione ad altri indicatori.

Nelle città esaminate il valore dell'RMPS varia da poco più di 1 a circa 25 ettari. I valori più bassi si registrano a Monza, Savona, Brescia, Bologna e Aosta (inferiori a 2 ettari), mentre i più elevati caratterizzano Perugia, Venezia, Brindisi, Taranto, Como e Pordenone (superiori a 15 ettari), dove il tessuto urbano periferico è meno diffuso.

È importante segnalare che i valori di tali indicatori non sono direttamente confrontabili con quelli riportati nel precedente Rapporto 2013 poiché derivano da un'elaborazione differente dei dati cartografici.

In molti casi, lo sprawl si accompagna a un processo di crescita disordinato e non pianificato, con modelli di espansione urbana inefficienti e insostenibili, che provocano un'elevata frammentazione del territorio. Per un gran numero di ricercatori la dispersione urbana è, in parte, il risultato della mancanza di normative efficaci o, più in generale, di inadeguatezza e scarsa lungimiranza delle politiche di pianificazione urbana (Camagni et al., 2002).

Frammentazione e dispersione determinate dalle forme di urbanizzazione e dalla loro evoluzione sono descritte, in questo Rapporto, attraverso un'analisi della densità del costruito, sia all'interno dei margini urbani, sia nelle aree disperse, con l'impiego di altri tre indicatori: l'Edge Density (ED), legato alla densità dei margini urbani, e due indicatori di dispersione urbana: il rapporto tra aree a bassa densità e area comunale e il rapporto tra aree a bassa densità e area costruita complessiva.

**L'Edge Density (ED)** (Mappa tematica 2.2.2) è un indicatore descrittivo della frammentazione dei margini urbani, intesi come interfaccia tra aree costruite e aree non costruite. L'indicatore analizza il fronte di trasformazione della città e, per questo motivo, la sua applicazione alle tematiche dello sprawl risulta particolarmente appropriata.

L'ED, misurato in metri per ettaro, viene calcolato come il rapporto tra il perimetro della superficie costruita (ovvero come somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree costruite) e l'area della superficie costruita totale.

Anche per questo indicatore è stato utilizzato lo strato dell'HRL *Imperviousness* (dati preliminari 2012) riclassificato in due classi per rappresentare la superficie costruita (built-up area).

Inoltre, al fine di una migliore rappresentazione del fenomeno e a differenza del Rapporto dello scorso anno, nell'elaborazione effettuata con il software Fragstats, l'indice è stato riferito alla class area (ossia l'area della superficie costruita) e non alla landscape area (area della superficie comunale). In conseguenza di queste differenze metodologiche i valori ottenuti per l'indicatore ED non sono direttamente confrontabili con i valori dell'indicatore presentati nel Rapporto 2013. Il presente contributo vuole, infatti, minimizzare l'effetto del limite amministrativo sul risultato e rendere confrontabili le diverse aree urbane.

L'indicatore ED facilita i confronti tra aree edificate di varie dimensioni e si presta a una misura efficace della forma e della complessità delle diverse aree urbane. In particolare, l'ED assume valori crescenti, nel passare da aree urbane con forma compatta a situazioni con limiti più frastagliati (McGarigal, 1995). Confini regolari (bassi valori di ED) si riferiscono a città compatte o, nel caso di realtà multipolarizzate, a centri urbani definiti e delimitati da confini regolari. Le misure prodotte nel calcolo di questo indicatore dipendono anche dalla risoluzione delle basi dati utilizzate come fonti e dalla conseguente migliore approssimazione della rappresentazione cartografica ai confini reali (Eiden, 2000); nel nostro caso, la dimensione del pixel di 20 metri permette un'analisi di dettaglio adeguato alla scala comunale.

**Mappa tematica 2.2.2: Densità dei margini urbani (Edge Density – m/ha)**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Copernicus Imperviousness Degree (2012)

---

I risultati ottenuti per le 73 aree urbane (**Tabella 2.2.1 in Appendice**) mostrano come l'ED presenti un range di variazione di valori piuttosto ampio, dai 138 m/ha di Torino ai 583 m/ha di Pistoia. Ben 7 città superano il valore di 500 m/ha. Valori così elevati sono rappresentativi di aree urbane a fortissima frammentazione, come nel caso di Latina, Sassari, Arezzo, Lucca e Pistoia. Valori bassi sono caratteristici di città che presentano una situazione di alta compattezza urbana o una bassa frammentazione nei casi in cui la superficie edificata approssimi la saturazione del territorio all'interno del limite comunale; questo secondo caso descrive situazioni assimilabili alle conurbazioni urbane, nelle quali la tendenza alla frammentazione si sviluppa prevalentemente al di fuori dei confini amministrativi dei comuni considerati nell'analisi quali Milano, Torino, Napoli, Bergamo e Brescia.

Ulteriori due indicatori sono utilizzati per rappresentare i fenomeni di dispersione urbana, e fanno riferimento al parametro della densità dell'urbanizzato, definita a partire dallo strato informativo *Imperviousness* già descritto.

I valori di densità associati a ciascun punto utilizzati nell'analisi sono stati ottenuti calcolando il valore medio di impermeabilizzazione dei pixel limitrofi ricadenti in un'area circolare di raggio pari a 1.000 metri nell'intorno di ogni pixel. Tali valori sono rappresentativi della densità dell'urbanizzato e sono stati messi a confronto con lo strato informativo *Urban Atlas* (anch'esso realizzato nell'ambito del programma *Copernicus*) che offre una cartografia ad alta risoluzione con scala nominale pari a 1:10.000 e un sistema di classificazione *Corine Land Cover* approfondito al quarto livello tematico per le aree artificiali, utilizzato per alcune delle città comprese nella nostra analisi.

Il confronto, effettuato con lo strumento *zonal statistics*, ha permesso di associare le densità prevalenti all'interno di ogni classe *Urban Atlas* e stabilire quindi i limiti significativi tra i valori di densità associabili a tre classi:

- aree ad alta densità;
- aree a bassa densità;
- aree in prevalenza naturali o seminaturali.

Sulla base della classificazione prodotta, sono stati calcolati i valori di due indicatori:

- **rapporto tra aree a bassa densità e superficie comunale;**
- **indice di dispersione** (ESPON, 2011).

Il primo è calcolato come rapporto tra aree a bassa densità e area comunale, e fornisce un'indicazione sulla superficie interessata dallo sprawl all'interno del territorio comunale. I valori variano da un minimo di 0,09 (Savona) a un massimo di 0,71 (Latina).

Il secondo (**Mappa tematica 2.2.3**) è calcolato come rapporto tra la superficie complessiva delle aree a bassa densità e la superficie sommatrice delle aree edificate a bassa e ad alta densità ricadenti all'interno dei limiti comunali. Valori bassi si riscontrano in città che presentano un tessuto urbano generalmente più compatto, mentre valori alti sono più frequentemente associati a comuni con aree edificate discontinue e processi di dispersione insediativa. Il range dei valori varia da 0,14 (Napoli, città con fenomeno della diffusione soprattutto distribuito nella relativa conurbazione, al di fuori dei limiti amministrativi comunali) a 0,92 (Catanzaro).

In linea generale, si può notare come le aree a bassa densità siano distribuite soprattutto nella fascia periferica attorno alle città, e in molti casi lungo le grandi arterie stradali.

Nel precedente Rapporto la dispersione urbana era calcolata utilizzando direttamente la cartografia *Urban Atlas*, che però è disponibile solo per 30 tra le città considerate. Nel presente contributo, che invece utilizza lo strato *Imperviousness*, l'analisi è disponibile a livello nazionale, pertanto gli indicatori sono calcolati per tutte le 73 città del Rapporto (**Tabella 2.2.1 in Appendice**).

Poiché i valori fanno riferimento all'area urbanizzata e non alla superficie comunale, questi indicatori risentono meno dell'influenza dei limiti amministrativi e risultano pertanto utili per confrontare modelli di urbanizzazione nelle varie città. Infatti, la delimitazione dell'area presa in esame costituisce un aspetto fondamentale da considerare poiché influenza in maniera determinante il confronto dei diversi indicatori tra le diverse realtà territoriali (Lelli & Pezzi, 2012).



### Mappa tematica 2.2.3 – Indice di dispersione



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati *Copernicus Imperviousness Degree* (2012)

## Indice di sprawl

Il termine “sprawl” è stato coniato nella seconda metà degli anni '60 quando si iniziò ad analizzare il fenomeno della rapida espansione delle città con aree a bassa densità, a scapito di aree rurali o semi-rurali (Mazzeo, 2009). A partire dagli anni Novanta anche la Commissione Europea inizia ad occuparsi del fenomeno con la promozione di strategie di densificazione urbana e di uso polifunzionale del territorio evidenziando la stretta correlazione fra deregolamentazione urbanistica e dispersione insediativa (EEA, 2001; Pichler-Milanovic, 2005; ESPON, 2011; Munafò et al., 2011; Salvati et al., 2012). Nello *European Spatial Development Perspective* (European Commission, 1999), ad esempio, si legge che «per ottenere uno sviluppo urbano che sia in grado di gestire l'espansione della città, gli stati membri dovrebbero perseguire il concetto di “compact city”».

Un importante effetto dello sprawl è certamente il consumo di suolo, che si traduce nella trasformazione di spazi aperti in spazi costruiti (Munafò et al., 2014; Munafò e Tombolini, 2014; ISPRA, 2014). A questo si aggiunge il dato della popolazione, che si distribuisce nel tempo in misura più o meno concentrata rispetto al tessuto urbano realizzato.

Al fine di tenere presenti le dinamiche della popolazione nella valutazione della frammentazione delle aree edificate sul territorio, viene qui considerato un indice che misura l'evoluzione dello sprawl in un'area metropolitana in funzione della variazione nel tempo della popolazione e dell'area costruita.

L'**indice di sprawl** (IS)<sup>4</sup> è definito dalla seguente formula (OECD, 2013):

$$IS_i = \frac{\left| urb_{i,t+n} - \left( urb_{i,t} \cdot \left( \frac{pop_{i,t+n}}{pop_{i,t}} \right) \right) \right|}{urb_{i,t}} \cdot 100$$

Dove  $i$  si riferisce a una area urbana,  $t$  all'anno iniziale di indagine e  $t+n$  all'anno finale;  $urb$  si riferisce all'area costruita (in termini di suolo consumato, si veda il capitolo 2.1) espressa in km<sup>2</sup> all'interno dei limiti amministrativi;  $pop$  è la popolazione totale del comune.

L'indice di sprawl rappresenta, quindi, l'incremento di area costruita rispetto alla variazione della popolazione. Quando la popolazione è stabile, l'indice di sprawl urbano è dovuto all'incremento di occupazione di suolo. Quando la popolazione cambia, l'indice misura la variazione dell'area costruita rispetto alla variazione della popolazione, misura cioè quanto un incremento/diminuzione dell'area edificata è in linea con un incremento/diminuzione della popolazione.

Escludendo dalla casistica l'ipotesi teorica della riduzione delle superfici edificate (di fatto fenomeno inesistente nella realtà nazionale):

- l'indice di sprawl è uguale a zero quando sia la popolazione sia l'area costruita sono stabili nel tempo o mostrano variazioni positive proporzionalmente congruenti;
- l'indice di sprawl è positivo quando la crescita dell'area costruita è proporzionalmente maggiore della crescita della popolazione o l'area costruita cresce mentre la popolazione è stabile o diminuisce;
- l'indice di sprawl è negativo quando la variazione della popolazione è più che proporzionale della variazione dell'area costruita.

Tale indice è uno strumento utile per confrontare l'andamento dello sprawl per una serie di aree metropolitane, riferito a uno stesso intervallo di tempo.

Nel presente contributo sono state esaminate due serie temporali: 1988-2000 e 2000-2012.

Poiché attualmente i dati sul consumo di suolo relativi alle due serie temporali sono disponibili solo per alcune città del Rapporto, l'indice è stato calcolato solo per queste realtà (**Tabella 2.2.1 in Appendice**).

Nella prima serie temporale i valori dell'indice risultano positivi per tutte le città considerate, e variano da 0,67 a 28,7. Valori inferiori a 10 si presentano in sette città: Caserta, Andria, Olbia, Monza, Bergamo, Barletta e Brescia. Nel caso di Caserta, Andria, Olbia e Barletta assistiamo ad un aumento della popolazione cui si accompagna un incremento di occupazione di suolo. Nel caso di Bergamo, Monza e Brescia invece l'incremento del suolo consumato è associato a una diminuzione della popolazione residente, particolarmente rilevante in quest'ultimo caso. Le situazioni più estreme

<sup>4</sup> In effetti l'indicatore non dà informazioni su dove si è allocata la popolazione (se in aree a bassa o alta densità). Descrive, invece, gli esiti della dinamica congiunta dei due aggregati. Incrociando questo indice con quello di dispersione si riesce tuttavia a leggere la manifestazione dello sprawl che consideri sia il fattore di dispersione, sia le asimmetrie delle variazioni di edificato e popolazione.

---

caratterizzano Asti, Roma, Lecce, Cagliari e Taranto, dove l'indice assume valori maggiori di 25 in virtù di un forte disallineamento tra dinamica demografica e consumo di suolo.

Nella seconda serie temporale, i valori variano da -3,3 a 27,9. Le città di Bolzano, Trento e Reggio nell'Emilia presentano valori negativi e ciò sta ad indicare che la variazione di popolazione (positiva in tutte e tre le città) è più che proporzionale della variazione del suolo consumato dalle nuove aree costruite. Valori alti, superiori a 16 si registrano a Foggia, Bari, Brindisi, Firenze, Piacenza, Asti e Lecce e, anche in questo caso, vi è un disallineamento tra la variazione della popolazione e consumo di suolo, con variazioni positive proporzionalmente più elevate di quest'ultimo (nelle prime quattro città la popolazione è addirittura diminuita nell'intervallo considerato).



Fonte: Foto Di Gennaro, da V Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano Edizione 2008- Focus "Il suolo, il sottosuolo e la città"



## Una proposta di classificazione delle aree urbane

Sulla base degli indicatori descritti si perviene alla definizione di un quadro d'insieme dei diversi processi di urbanizzazione che determinano l'evoluzione morfologica delle città.

In particolare sono stati presi in considerazione, l'LCPI come discriminante della compattezza delle città, l'ED per rappresentare la tendenza all'espansione dei margini urbani e l'RMPS per la descrizione dell'area residuale.

A partire dall'LCPI è stato identificato un valore soglia del 70%, che suddivide le città in due macrogruppi:

- comuni con un valore maggiore del 70%, caratterizzati generalmente da un “grosso” nucleo centrale edificato e quindi tendenzialmente città monocentriche;
- comuni con un valore inferiore al 70%, con tendenza policentrica o all'urbanizzazione diffusa.

Il valore di LCPI superiore al 70%, utile per caratterizzare le città di tipo monocentrico, non fornisce informazioni circa l'eventuale tendenza alla dispersione. È stato perciò preso in considerazione per tali città l'indice ED, applicando un valore soglia di 270 m/ha, in base al quale si possono ulteriormente distinguere:

- comuni aventi valori di ED inferiori a 270 m/ha, caratterizzati da processi di monocentrismo di tipo compatto, con una tendenza alla dispersione inferiore alla media;
- comuni aventi valori di ED superiori a 270 m/ha, caratterizzati da processi di monocentrismo accompagnati da dispersione e frammentazione.

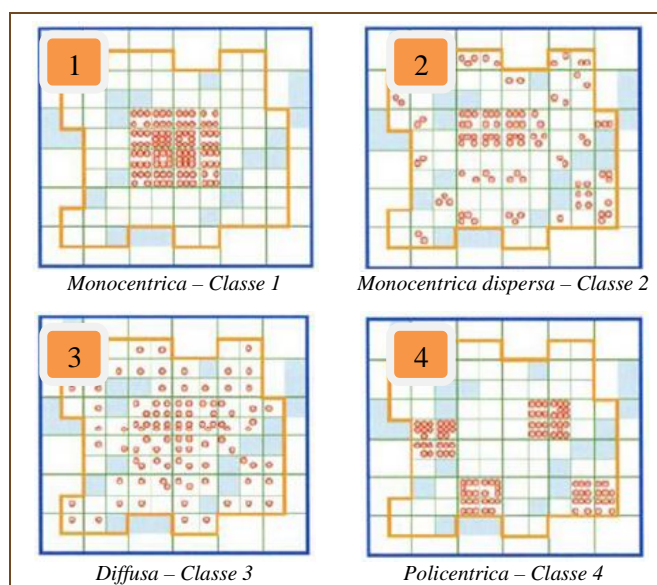
Per quanto riguarda invece l'analisi delle città aventi valori di LCPI inferiori al 70%, è stato considerato come discriminante l'indice RMPS, applicando un valore soglia di 9 ettari, che individua altri due sottogruppi:

- comuni aventi valori medi delle aree costruite (escludendo il centro edificato di massima estensione) inferiori a 9 ettari, caratterizzati da una tendenza a un'urbanizzazione diffusa;
- comuni con valori dello stesso indicatore superiori a 9 ettari, caratterizzati da processi di urbanizzazione prevalentemente di tipo policentrico.

Le aree urbane sono state dunque classificate in quattro classi, esemplificate nella figura 2.2.1 e rappresentate nelle figure 2.2.2 e 2.2.3, in funzione degli indici che le hanno definite:

- classe 1 – comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico compatto;
- classe 2 – comuni con un tessuto urbano prevalentemente monocentrico con tendenza alla dispersione;
- classe 3 – comuni con un tessuto urbano di tipo diffuso;
- classe 4 – comuni con un tessuto urbano di tipo policentrico.

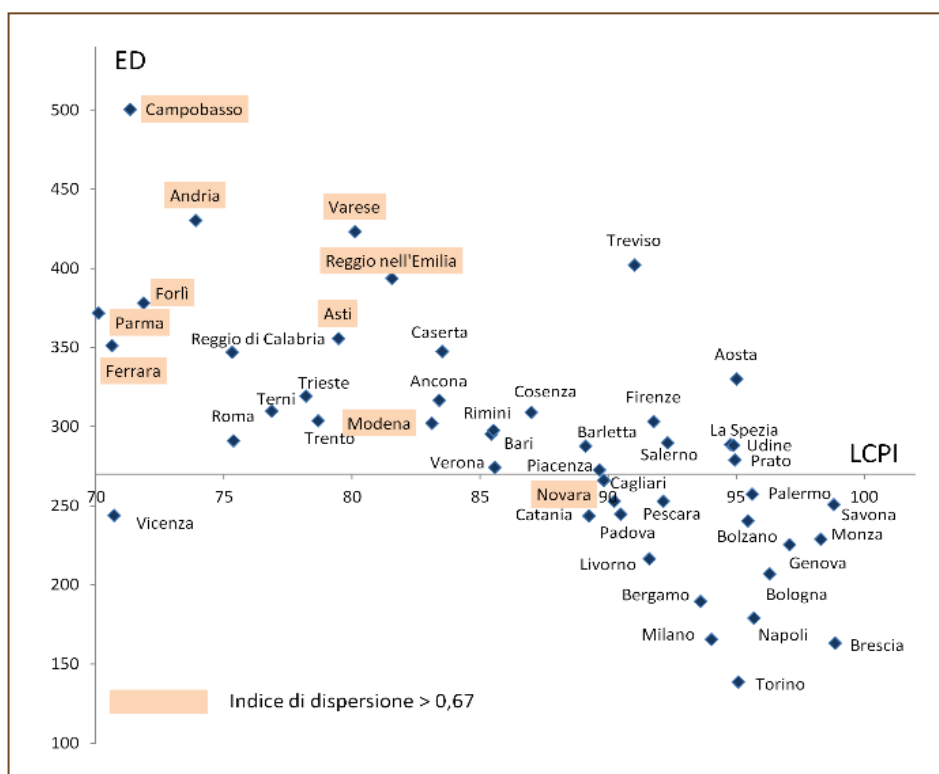
**Figura 2.2.1** - Schema delle tipologie di tessuto urbano



Fonte: (Betti et al., 2003)

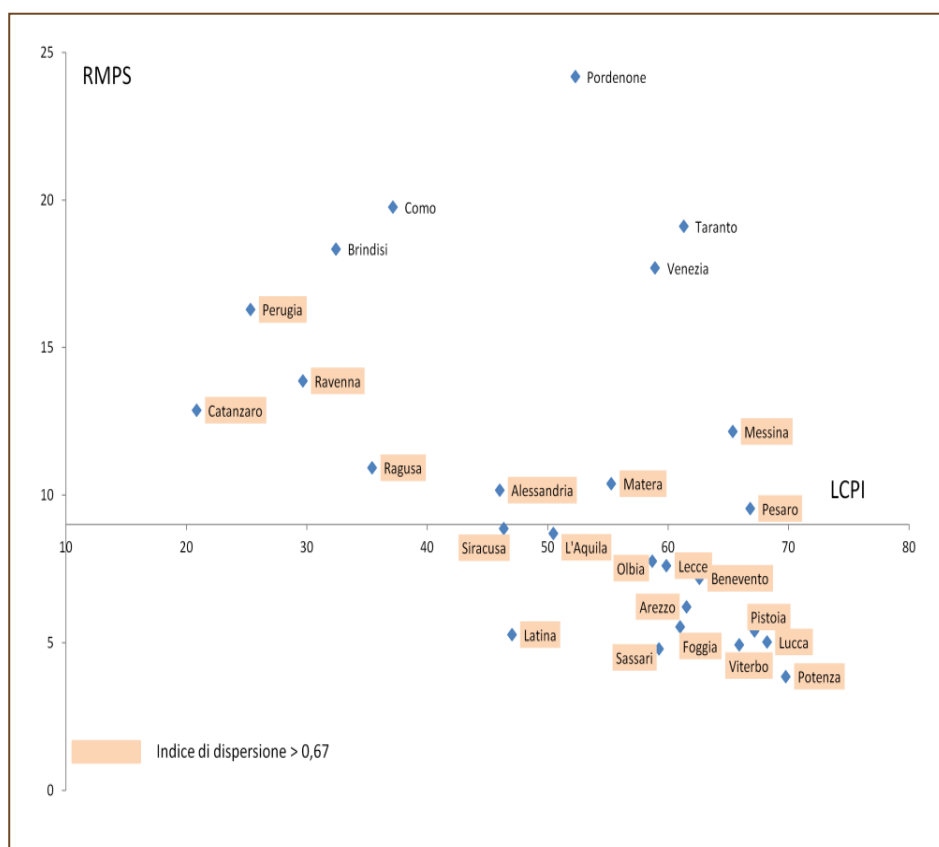


**Grafico 2.2.2** - Classificazione della tipologia urbana delle città per comuni con LCPI superiore al 70%



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Copernicus Imperviousness Degree (2012)

**Grafico 2.2.3** - Classificazione della tipologia urbana delle città per comuni con LCPI inferiore al 70%



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Copernicus Imperviousness Degree (2012)

---

## CONCLUSIONI

Per esaminare i diversi aspetti del fenomeno dello sprawl sono stati confrontati l'indice di dispersione (rapporto tra l'area a bassa densità e l'area urbanizzata) e l'indice di sprawl (legato alle dinamiche demografica e insediativa). Il periodo considerato è quello compreso tra il 2000 e il 2012, per rendere più confrontabili i dati con l'indice di dispersione che si riferisce al 2012.

Identificando un valore soglia dell'indice di dispersione, pari a 0,67, al di sopra del quale è più evidente la presenza del fenomeno, si è dunque valutato l'andamento dell'indice di sprawl, selezionando anche in questo caso le situazioni che sottendono maggiori asimmetrie tra le dinamiche demografiche e delle superfici edificate e ponendo un valore soglia discriminante pari a 10 per questo secondo indicatore.

Quindi, quando l'indice di dispersione è maggiore di 0,67, ci troviamo in condizioni di potenziale criticità rispetto al fenomeno dello sprawl e, in particolare, possiamo individuare due situazioni:

- Indice di sprawl < 10: dispersione accompagnata generalmente da una crescita della popolazione e da un sostanziale allineamento tra la crescita del consumo di suolo e l'incremento della popolazione.
- Indice di sprawl > 10: dispersione prodotta prevalentemente da processi di trasformazione territoriale, in maggior parte dovuti allo sviluppo di aree a bassa densità o a nuova infrastrutturazione del territorio. La crescita della popolazione non è allineata all'espansione dell'area urbana. Nel caso del comune di Foggia, ad esempio, il disallineamento tra dinamica demografica e consumo di suolo è dovuto soprattutto ad una diminuzione di popolazione e ad un consumo di suolo relativamente elevato nel periodo di tempo considerato.

Quando l'indice di dispersione è inferiore a 0,67, ovvero in caso di aree teoricamente meno rilevanti per lo sprawl, si possono comunque distinguere due situazioni, come nel caso precedente:

- Indice di sprawl < 10: il consumo di suolo ha subito un incremento modesto nella maggior parte dei casi e la popolazione è generalmente aumentata; questi due fattori che influenzano il valore dell'indice di sprawl sono allineati mantenendo il valore di questo indice sotto la soglia di 10.
- Indice di sprawl > 10: indica una situazione di disallineamento generalmente dovuto alla dinamica della popolazione: in molti casi, l'alto indice di sprawl è prodotto da una diminuzione di popolazione (Trieste, Brindisi, Taranto, Cagliari, Aosta, Firenze, Bari); in altri casi (Pordenone e Piacenza) l'alto indice di sprawl è determinato da un maggiore incremento del consumo di suolo accompagnato da una crescita di popolazione relativamente modesta.

Considerando separatamente i gruppi di città individuati dal valore soglia dell'indice di dispersione scelto (superiore e inferiore a 0,67), l'analisi mostra come entrambi i processi di trasformazione delle aree urbane possano essere associati a situazioni di disallineamento tra la crescita della popolazione e il consumo di suolo (indice di sprawl superiore al 10).

Mentre nel primo caso le città presentano una struttura più frammentata e si può ipotizzare che lo sviluppo urbano si sia concentrato soprattutto nelle zone periurbane, nel secondo caso, tale sviluppo ha interessato probabilmente buona parte del nucleo centrale della città, incidendo meno sul processo di dispersione.

Da questa analisi emerge una certa difficoltà nel discriminare in maniera netta i fattori che determinano lo sprawl e nell'individuare le cause che hanno portato, nel corso degli anni, a strutturare il territorio secondo le diverse tipologie insediative individuate. L'indice di dispersione considera principalmente lo stato di frammentazione di una città senza tenere conto dei fenomeni che l'hanno causato, viceversa l'indice di sprawl è inteso come un processo dinamico di disallineamento tra la crescita della popolazione e la crescita territoriale, ma non fornisce indicazioni sulle forme di urbanizzazione.

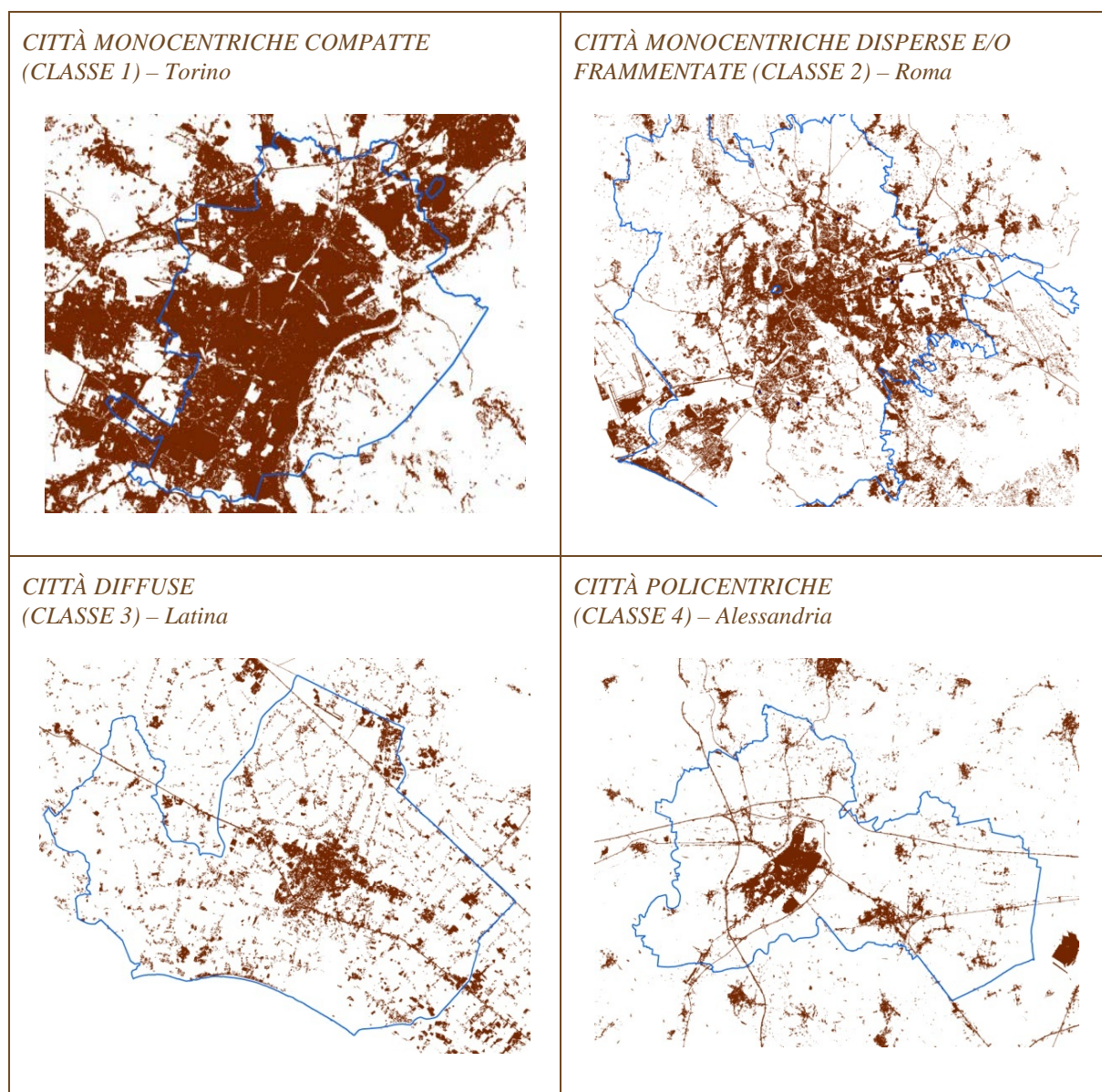
L'integrazione di questi indici consente di disporre di un quadro più ampio che considera diversi aspetti dell'espansione urbana e ci permette di avere una chiave di lettura più completa sui fenomeni in atto.

Considerando anche la proposta di classificazione delle tipologie urbane descritta in precedenza, tutte le città con indice dispersione maggiore di 0,67 (eccetto Ravenna) ricadono nelle classi 2 e 3 che identificano rispettivamente comuni a struttura urbana monocentrica con significativa dispersione delle aree edificate all'esterno del nucleo urbano principale e comuni caratterizzati da un tessuto urbano di tipo diffuso. È importante sottolineare la valenza dell'utilizzo congiunto e del confronto di misure riferite ad aspetti diversi dello stesso fenomeno in quanto, allo stato attuale dell'approfondimento metodologico, nessun indice proposto in letteratura preso singolarmente può essere considerato esaustivo riguardo alla capacità descrittiva delle forme, delle dinamiche e delle determinanti delle tipologie insediative. Anche la valutazione della correlazione tra i diversi indici è solo indicativa in quanto il loro valore è influenzato dalla scelta del perimetro urbano che si sceglie di

considerare: limite fisico dell'edificato nell'ambito del territorio comunale, limite amministrativo comunale (come nella generalità delle analisi presentate in questo rapporto), aree funzionali sovracomunali (come risulterebbe utile effettuare nel caso delle conurbazioni sopra citate), etc. (Openshaw, 1985).

Ulteriori approfondimenti dell'analisi potranno in futuro derivare dalla ricostruzione della dinamica dell'indice di dispersione e dalla lettura comparata dell'evoluzione dell'indice di sprawl (qui considerata come uno dei drivers potenziali dello sviluppo delle morfologie urbane) per intervalli temporali congruenti, anche al fine di testare la potenza descrittiva dell'approccio qui proposto.

**Figura 2.2.4 - Forme di urbanizzazione, alcuni esempi**



Fonte: Elaborazione ISPRA

## 2.3 LA CITIZEN SCIENCE E IL CONSUMO DI SUOLO

F. Assennato, M. Munafò

ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

A partire dagli anni '90 il termine “citizen science” è entrato nel linguaggio scientifico, con riferimento alle attività di monitoraggio in campo naturalistico che coinvolgevano i cittadini nella raccolta di dati e informazioni per progetti scientifici, quali ad esempio le ricerche del *Cornell Lab of Ornithology*. Una prima definizione è stata fornita da Alan Irwin (1995), come scienza che supporta i bisogni e gli interessi dei cittadini, attraverso un lavoro scientifico più connesso ai bisogni e alle attività del pubblico e basato anche sulle conoscenze fornite dai cittadini stessi.

Negli ultimi due decenni, l'utilizzo dei volontari nella ricerca è cresciuto fino ad evolversi nella citizen science, anche grazie alla rapida evoluzione delle tecnologie (internet, GPS, smartphone) ormai divenuti di utilizzo quotidiano da parte di quasi tutta la popolazione, permettendo la raccolta e la trasmissione di informazioni praticamente in tempo reale.

Oggi la citizen science è dunque molto discussa ma ancora non è stata formulata una definizione condivisa. In generale sotto questo termine possono essere ricondotte diverse iniziative e tavoli di discussione, nonché una serie di progetti volti a includere a vari livelli la partecipazione del cittadino nella formazione della conoscenza e dell'informazione. Il cittadino, a seconda dei casi, può essere fruitore e fornitore delle informazioni o collaboratore nella raccolta ed analisi. In molti casi, il cittadino è considerato come un “sensore” per monitorare un fenomeno in un territorio e in un determinato periodo di tempo. Naturalmente i diversi modelli di partecipazione non si adattano a tutte le situazioni, in particolare con livelli differenziati di capacità dei diversi possibili partecipanti; di conseguenza è fondamentale progettarli in modo congruente con l'obiettivo che si vuole ottenere. In ogni caso, le esperienze di citizen science possono rappresentare un contributo importante al processo democratico, trasformando non solo il contenuto dell'informazione, ma il modo e l'obiettivo con cui ne è pianificata la raccolta.

L'Europa ha nel recente quadro di programmazione al 2020 dato molta attenzione allo sviluppo di strumenti di partecipazione del cittadino e di utilizzo sinergico di ogni risorsa di conoscenza disponibile, promuovendo lo sviluppo di esperienze di citizen science. Come affermato nel rapporto 2013 *Environmental Citizen Science*, la citizen science può supportare la decisione politica fornendo evidenze scientifiche a supporto dell'attività di gestione e sul rispetto delle leggi (<http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR9>). Serve inoltre ai cittadini poiché fornisce loro maggiori opportunità per comprendere e affrontare le problematiche ambientali che li riguardano, sia a livello locale, sia a livello nazionale o globale, con ciò offrendo una modalità per influenzare la decisione politica su questi temi.

Anche il Governo italiano è impegnato in questa direzione, che si coniuga con quella già in corso della digitalizzazione della PA e dell'e-participation. Vi è infatti consapevolezza che il confronto e l'interazione con gli utenti rappresenta un supporto prezioso ai decision maker pubblici, sia in fase di progettazione che di correzione o ripensamento delle politiche pubbliche e dei servizi al cittadino ([www.funzionepubblica.gov.it](http://www.funzionepubblica.gov.it)).

### La APP sul consumo di suolo di ISPRA e i primi risultati

Analizzare e comprendere i fenomeni e le trasformazioni che interessano gli spazi urbanizzati è oramai riconosciuto come indispensabile un approccio interdisciplinare, capace di utilizzare ed armonizzare ogni potenziale sorgente di informazioni ed esperienza. In questa direzione dal 2014 è stata avviata, in via sperimentale, un'attività di segnalazione integrativa, anche attraverso dispositivi mobili, di presunte aree dove è avvenuta o sta avvenendo una trasformazione territoriale suscettibile di provocare nuovo consumo di suolo. I dati raccolti potranno essere confrontati con la cartografia gestita da ISPRA al fine di assicurare un'integrazione delle informazioni telerilevate con altre fonti





informative in grado di completare il quadro conoscitivo secondo i principi della citizen science. ISPRA ha sviluppato un'applicazione in grado di permettere la rilevazione del consumo di suolo anche ad utenti esterni al Sistema nazionale per la protezione. Obiettivo dell'applicazione è quello di inviare alla rete di monitoraggio segnalazioni di punti in cui si individuino nuove aree costruite. Tali punti, previa validazione da parte di ISPRA, entreranno a far parte del sistema di monitoraggio del consumo di suolo.

Attraverso uno smartphone, basta inserire coordinate (rilevate dal GPS integrato al dispositivo) e foto per vederle subito on line sulla cartografia. L'applicazione ha l'obiettivo di inviare le segnalazioni di nuove aree costruite alla rete di monitoraggio ISPRA. In modo molto semplice e rapido è possibile segnalare la posizione di nuove aree in costruzione sfruttando le funzionalità GPS del cellulare e descrivere il tipo di cambiamento avvenuto nel punto individuato. Inoltre è possibile scattare ed inviare una foto dell'area segnalata.

I punti inseriti, validati dall'ISPRA, entrano a far parte della rete di monitoraggio del consumo del suolo. Tramite l'applicazione è infatti possibile indicare nuove aree costruite o in costruzione, che rientrano nelle seguenti tipologie di consumo del suolo:

- Edifici;
- Strade asfaltate;
- Strade sterrate;
- Piazzali e altre aree in terra battuta;
- Serre;
- Aeroporti e porti;
- Aree e campi sportivi impermeabili
- Sede ferroviaria;
- Altre aree impermeabili;
- Campi fotovoltaici;
- Aree estrattive, discariche, cantieri.

Una scheda esempio è riportata nell'immagine al lato, relativa ad una segnalazione presso Genova.

Al fine di favorire la partecipazione, con il duplice obiettivo del miglioramento del dettaglio della informazione e dell'aumento della consapevolezza sul problema ambientale e sociale determinato dal consumo di suolo, saranno realizzate nel prossimo futuro iniziative di collaborazione e formazione con le associazioni di volontariato.





## 2.4 CONSUMO DI SUOLO – PROPOSTA DI UNA RETE DI MONITORAGGIO COMUNALE ESTESA: L'ESEMPIO DI BARI

V. La Ghezza – ARPA Puglia

L. Congedo – ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Questo approfondimento contribuisce all'obiettivo di costituire, a livello regionale, una rete di monitoraggio del consumo di suolo per singolo comune, tale da permettere di valutare in maniera diretta le variazioni legate ai cambiamenti di copertura del suolo, anche di modesta entità. Tali reti di monitoraggio sono in grado di stimare il consumo di suolo e l'impermeabilizzazione di un territorio al fine di garantire una valutazione attendibile ed omogenea delle dinamiche in atto a scala comunale.

Tenuto conto dell'obiettivo, la metodologia adottata deve basarsi essenzialmente sui seguenti principi:

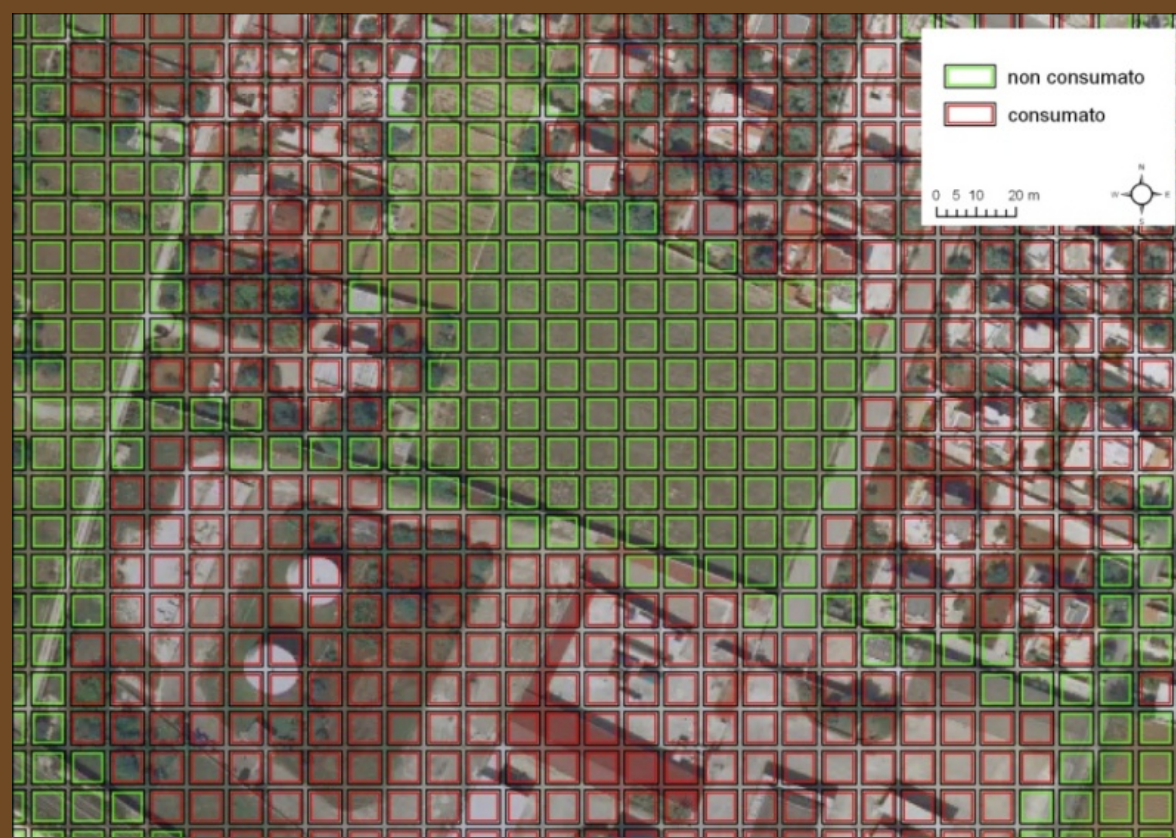
- non incorrere nell'errore cartografico;
- semplicità e velocità;
- confrontabilità;
- stima dell'errore campionario e dei limiti fiduciali;
- indipendenza dalla disponibilità dei dati di base;
- aggiornabilità.

### METODOLOGIA PROPOSTA

Sulla base dei principi su esposti e al fine di fornire una stima della perdita della risorsa 'suolo', omogenea a livello regionale, si propone una metodologia basata sulla fotointerpretazione di immagini ad alta risoluzione.

La metodologia prevede la suddivisione del comune in celle di analisi (10 x 10m) e la fotointerpretazione e attribuzione del valore 0 o 1 a ciascuna cella in funzione del fatto che la stessa contenga o meno elementi di antropizzazione (1 = suolo consumato per almeno il 50%) come illustrato in Figura 2.4.1 nonché la ripetizione della fotointerpretazione negli anni per i quali si è in possesso di un'ortofoto nel recente passato (nel caso specifico: 1988, 1999, 2006, 2010) e ortofoto/immagini satellitari nel futuro.

**Figura 2.4.1** – Zoom di esempio applicazione del metodo



A valle della fotointerpretazione è possibile ottenere:

- Indicazione sulla superficie di suolo consumato e percentuale in proporzione alla superficie comunale;
- Trend di consumo di suolo negli anni;
- Indicatori specifici (es.: percentuale di suolo consumato nelle aree vincolate; percentuale di suolo consumato sulla fascia costiera) e indicatori della Landscape Ecology (es: estensione urbana, dispersione, frammentazione, ecc.);
- Base digitale per il successivo monitoraggio comunale da eseguire anche attraverso l'utilizzo di immagini satellitari provenienti dal Programma Europeo Copernicus.

### ESEMPIO DI APPLICAZIONE: IL COMUNE DI BARI

Si riporta una prima elaborazione compiuta all'interno del comune di Bari.

In particolare:

- la Tabella 2.4.1 descrive la superficie già consumata al 1988 (33,7 %) e negli anni a venire, sino al 2010 (40,5 %);
- la Tabella 2.4.2 indica il tasso di consumo medio annuo (dato dalla superficie consumata normalizzata sulla superficie comunale totale divisa per il numero di anni di osservazione);
- la Figura 2.4.1 mostra la distribuzione delle aree consumate e non consumate negli anni 1988, 1999 e 2010;
- la Figura 2.4.2 descrive il trend di consumo negli anni osservati.

**Tabella 2.4.1** – *Stima delle superfici consumate e relative percentuali negli anni di osservazione*

1988	1999	2006	2010	totale	%
consumato				3911	33,7%
non consumato	consumato	consumato	consumato	174	1,5%
non consumato	non consumato	consumato	consumato	519	4,5%
non consumato	non consumato	non consumato	consumato	103	0,9%
non consumato				6914	59,5%
totale consumato al 2010				4707	40,5%
superficie totale del comune				11621	

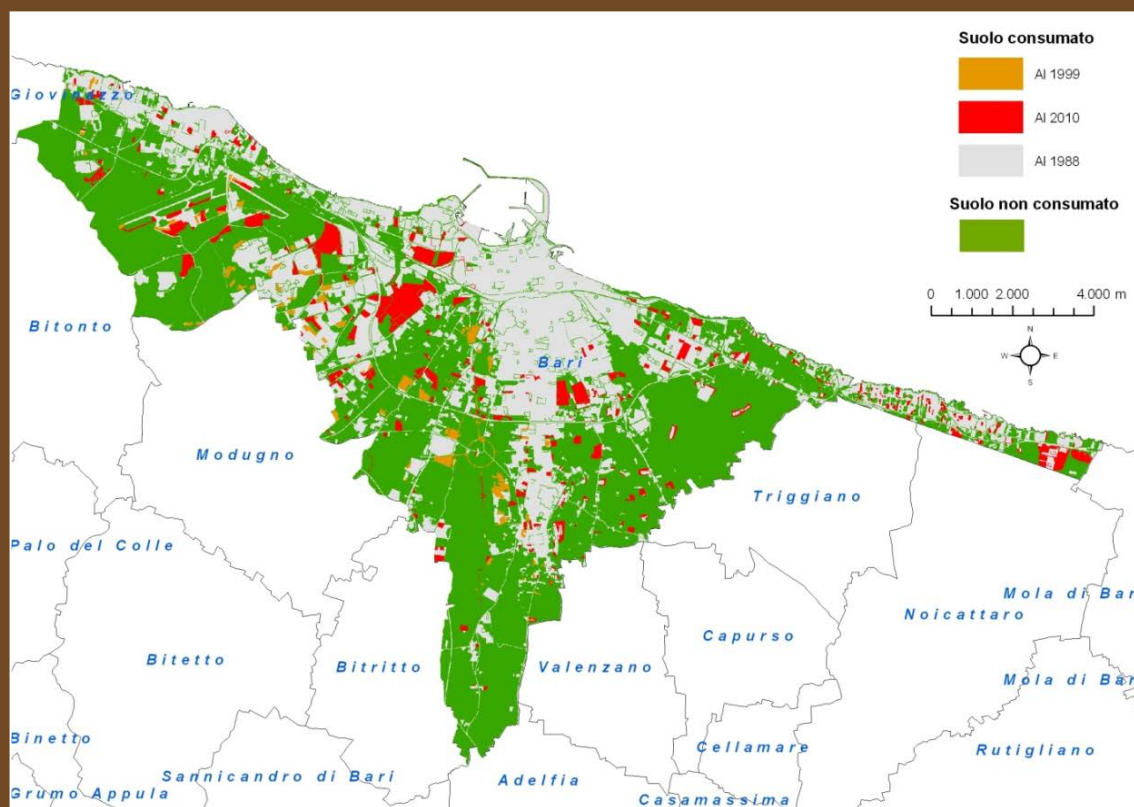
È bene evidenziare che, sebbene la metodologia proposta richieda un discreto dispendio di tempo durante la costruzione della griglia di monitoraggio e nell'inserimento dei dati iniziali (per il comune di Bari, circa 40 ore/ uomo per completare il monitoraggio dei 4 anni osservati), trova senza dubbio un migliore e veloce impiego nella fase di semplice aggiornamento del dato.

La Figura 2.4.2 mostra il confronto tra il consumo di suolo osservato con la metodologia presentata in questo documento (celle 10x10m), la Rete di Monitoraggio ISPRA (rilievo puntuale) e il dato Degree of Imperviousness, realizzato dalla Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) per gli anni 2006, 2009 e 2012 (celle 20x20m).

**Tabella 2.4.2** – *Tassi di consumo di suolo medi annui*

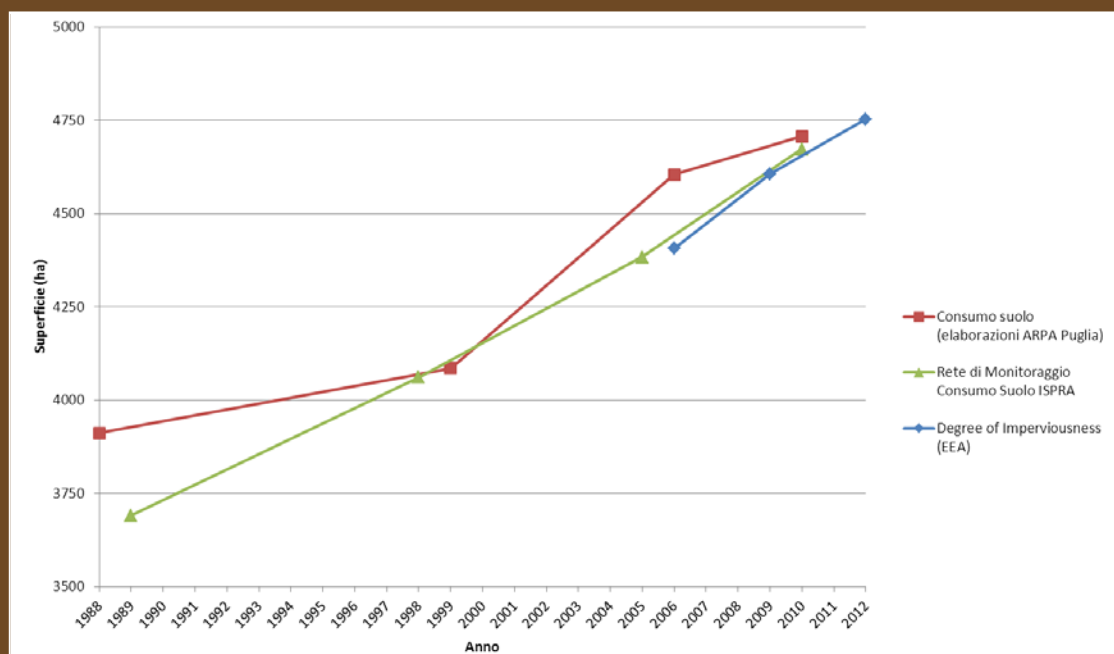
Tasso di consumo annuo	36,2 ha
Tasso annuo normalizzato	0,31%
Tasso medio di consumo annuo (1998-2000)	14,5 ha
Tasso medio di consumo annuo (2000 - 2010)	62,2 ha

**Figura 2.4.1** – Distribuzione delle aree consumate e non consumate all'interno del comune di Bari



Le maggiori differenze tra le stime si rilevano per gli anni precedenti al 1990. Tutte le stime mostrano un sostanziale incremento del consumo di suolo con trend comparabili. È importante mettere in evidenza come la risoluzione del dato influenzi la precisione delle stime. Si può notare comunque un graduale allineamento tra i vari rilievi, in particolare per gli ultimi anni. Ciò è in parte dovuto ad un miglioramento nel tempo della metodologia utilizzata per la creazione del dato *Degree of Imperviousness* e della qualità delle immagini utilizzate per il monitoraggio del consumo di suolo.

**Figura 2.4.2** – Confronto tra consumo del suolo osservato e *Degree of Imperviousness* (EEA)





**Figura 2.4.5** – *Bari*



Fonte: Baritoday

## 2.5 STRUMENTI URBANISTICI DI ULTIMA GENERAZIONE: L'APPORTO DELLA VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA ALLA TEMATICA DEL CONSUMO DI SUOLO

M. Flori – ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

### *Lo stato di fatto in Italia*

Gli strumenti pianificatori, e in particolare quelli urbanistici, governano le trasformazioni del territorio, urbane e non. I vecchi Piani Regolatori Generali Comunali<sup>5</sup> (PRG o PRGC) di azzonamento, di tipo indiretto (che si realizzava attraverso piani attuativi) e vincolistico, erano strumenti di “comando” e di “controllo” del territorio, basati sulla cultura dell'espansione urbana. Questo sistema ha prodotto il disegno dello sfruttamento del territorio nelle sue modalità (destinazione d'uso dei suoli), nei suoi usi (privato e pubblico) e nelle sue misure (superfici, cubature), senza correlare l'espansione della città allo sviluppo economico, e senza considerare la perdita crescente della qualità urbana. Il PRG, con la proliferazione di molteplici varianti spesso non attuate, non è stato più in grado di controllare l'equilibrio tra la crescita effettiva della popolazione e le possibilità edificatorie, dando luogo ad un consumo incondizionato di suolo.

È emersa quindi, negli ultimi decenni, l'esigenza di un nuovo modello di strumento urbanistico fondato sulla qualità del territorio, con maggiore attenzione agli aspetti ecologico-ambientali e al patrimonio esistente nell'ottica di riuso, cercando inoltre di favorire il consenso dei portatori di interesse.

**L'applicazione della Valutazione Ambientale Strategica<sup>6</sup> (VAS) alla pianificazione** offre un apporto sostanziale a questo cambiamento strutturale della pianificazione territoriale e urbanistica, in quanto contribuisce alla definizione di piani che concorrono al perseguimento degli obiettivi di sostenibilità e che sono attenti agli effetti sull'ambiente, sull'uomo, sul patrimonio culturale e paesaggistico.

Nei piani di ultima generazione, improntati sulla salvaguardia della struttura del territorio, sulle strategie flessibili per gli obiettivi e sui nuovi metodi e tecniche d'uso del territorio, si punta alla valorizzazione dell'esistente, senza l'utilizzo di nuove superfici per l'edificazione, in una filosofia non di espansione, ma di recupero.

Valutazione e pianificazione crescono insieme dalla fase preparatoria del piano alla sua approvazione, dove però quest'ultima fase non rappresenta la “chiusura” del processo, ma l'inizio della fase di monitoraggio del piano, che diviene così un piano aperto, rispetto al quale verificare la coerenza di opportunità e scelte legate a istanze non definibili a priori ed espresse nel corso del tempo, valutandone le ricadute in termini complessivi sul più ampio contesto ambientale e territoriale oltre che sul tessuto socio-economico. Ed è proprio l'individuazione tempestiva e il controllo degli effetti sull'ambiente dovuti all'attuazione del piano, al fine di adottare in tempo le opportune misure correttive, che rappresenta la vera innovazione che la VAS introduce. Il nuovo piano ha il compito di dare indirizzi per la futura gestione del territorio a lungo termine, valutando le risorse esistenti, naturali ed antropiche, e indicando le soglie di criticità ed il loro sviluppo economico e sociale, con grande attenzione agli aspetti della qualità urbana ed ambientale e della sostenibilità delle scelte di piano.

Andando in crisi l'istituzione gerarchica della Legge Urbanistica 1150/42, e non essendo stata ancora promulgata una nuova legge, molte sono state le regioni che hanno legiferato in proposito, anche su indicazione di una proposta di riforma formulata negli anni '90 dall'Istituto Nazionale di Urbanistica (INU). Nelle diverse realtà regionali il piano assume un nome diverso: Piano Strutturale Comunale (PSC), Piano Urbanistico Comunale (PUC), Piano di Assetto del Territorio (PAT), Piano di Governo del Territorio (PGT). Il presente paragrafo è così strutturato<sup>7</sup>:

- A. ricognizione delle tipologie di strumenti urbanistici che le leggi regionali hanno previsto in aggiornamento alla legge nazionale 1150/1942, evidenziando quelle che contengono riferimenti all'applicazione della VAS
- B. stato di fatto della pianificazione urbanistica delle 73 città oggetto di analisi del rapporto, diversificando le tipologie di piano urbanistico
- C. approfondimento relativo a due città-campione, dove sono messi a confronto i criteri e i metodi utilizzati per definire il dimensionamento dei piani, nella vecchia pianificazione, senza

<sup>5</sup> Legge urbanistica n. 1150 del 17/08/1942, artt. 4, 7 e 8.

<sup>6</sup> Dir. 2001/42/CE, D. Lgs. 152/06 ss.mm.ii.

<sup>7</sup> I dati utilizzati per le elaborazioni effettuate nel presente capitolo fanno riferimento al primo semestre del 2014.



Valutazione Ambientale Strategica (VAS), e nella nuova supportata invece dalla VAS. L'attenzione è focalizzata in particolar modo sulle risposte del piano ad uno specifico obiettivo prefissato, tra i tanti da perseguire, che è quello della minimizzazione del consumo di suolo.

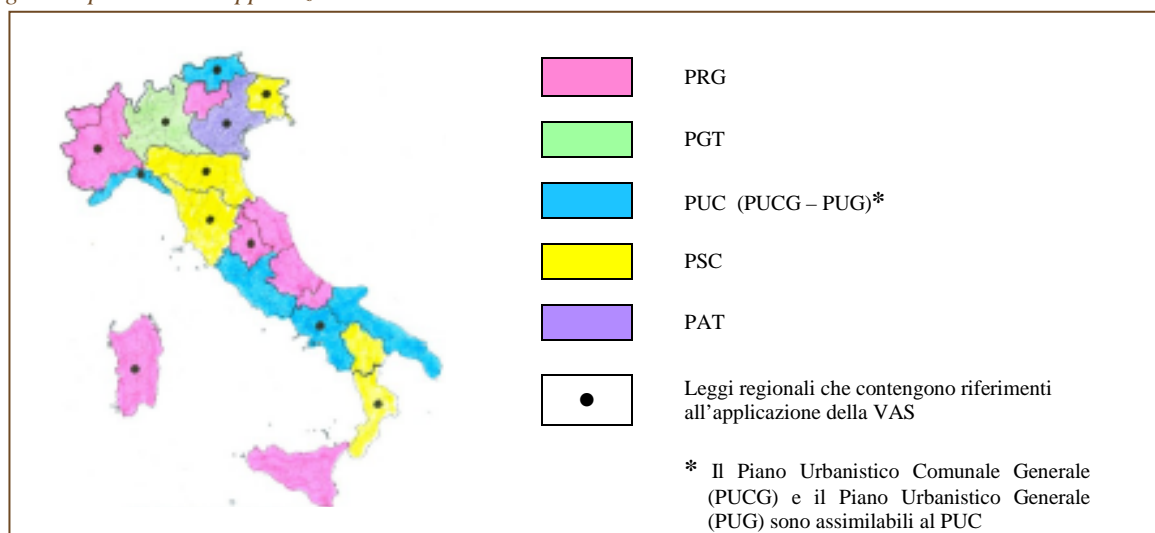
**A** – Su un totale di 21 regioni/province autonome italiane, tutte dotate di una legge urbanistica di governo del territorio, ad esclusione del Molise (ad oggi), solo 12 hanno legiferato in merito all'applicazione della VAS ai piani urbanistici locali. Nella seguente tabella è rappresentata sinteticamente la situazione per regione/provincia autonoma:

**Tabella 2.5.1** – Leggi urbanistiche regionali e provinciali

Regione/Provincia autonoma	Legge urbanistica	Tipologia di piano	Art. di riferimento per l'applicazione della VAS ai piani urbanistici locali
Piemonte	LR n. 3 - 25/03/2013	PRG	Art. 4, comma 2
Valle d'Aosta	LR n. 6 - 08/03/2013	PRG	–
Lombardia	LR n. 12 - 11/03/2005	PGT	Art. 4
Prov. Trento	LP n. 1 - 04/03/2008	PRG	–
Prov. Bolzano	LP n. 10 - 19/07/2013	PUC	Art. 3, comma 2
Veneto	LR n. 11 - 23/04/2004	PAT	Art. 4
Friuli Venezia Giulia	LR n. 5 - 23/02/2007	PSC	Art. 15, lettera c)
Liguria	LR n. 36 - 04/09/1997	PUC	Art. 27 <sup>8</sup>
Emilia Romagna	LR n. 6 - 06/07/2009	PSC	Art. 13
Toscana	LR n. 1 - 03/01/2005	PSC	Art. 11
Umbria	LR n. 13 - 26/06/2009	PRG	Art. 87
Marche	LR n. 34 - 05/08/1992	PRG	–
Lazio	LR n. 38 - 22/12/1999	PUGC	–
Abruzzo	LR n. 18 - 12/04/1983	PRG	–
Molise	–	–	–
Campania	LR n. 16 - 22/12/2004	PUC	Art. 47
Puglia	LR n. 20 - 27/07/2001	PUG	DRAG n. 1328 del 3/08/2007
Basilicata	L.R. n. 3 - 04/01/2002	PSC	–
Calabria	LR n. 19 - 16/04/2002	PSC	Art. 10
Sardegna	LR n. 21 - 21/11/2011	PRG	Art. 49 <sup>9</sup>
Sicilia	LR n. 71 - 27/12/1978	PRG	–

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati regionali

**Mappa tematica 2.5.1** – Stato di fatto delle tipologie di strumenti urbanistici previste dalle leggi regionali/provinciali. Applicazione della VAS



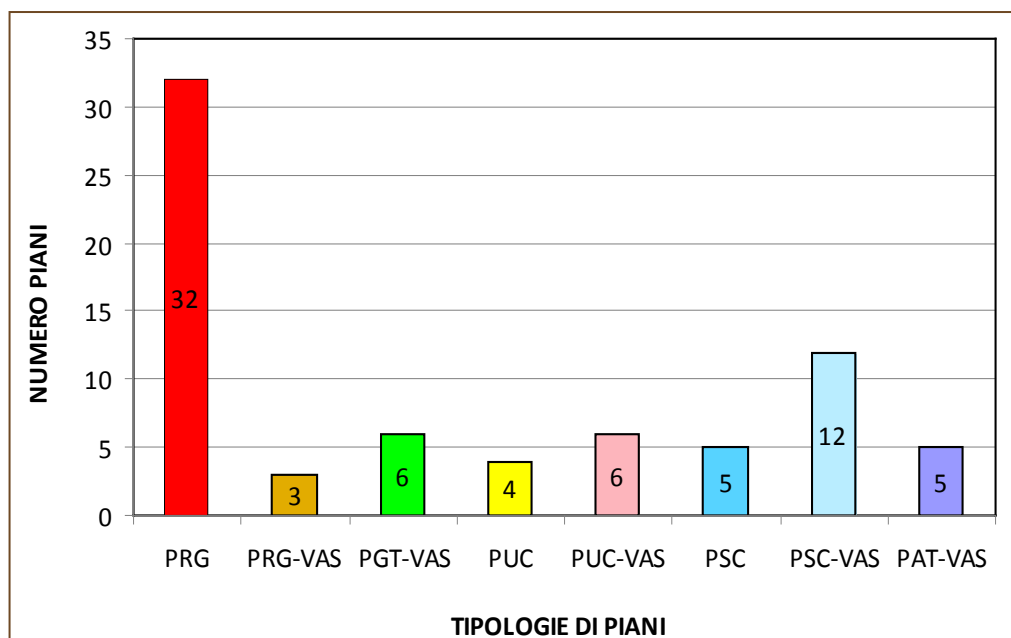
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati regionali

<sup>8</sup> La legge, antecedente alla Direttiva del 2001, non fa un esplicito riferimento alla VAS, ma definisce che il piano debba contenere “lo studio di fattibilità ambientale dell’insieme delle relative previsioni”.

<sup>9</sup> Il riferimento alla VAS non è riportato nella legge urbanistica, ma nella LR n. 9 del 12/06/2006 “Conferimento di funzioni e compiti agli enti locali”: “Art. 49 “Valutazione ambientale strategica, valutazione di impatto ambientale e autorizzazione integrata ambientale. Funzioni degli enti locali”, comma 1) “In materia di valutazione ambientale strategica spettano alle province le funzioni amministrative relative alla valutazione di piani e programmi di livello comunale (...)”.

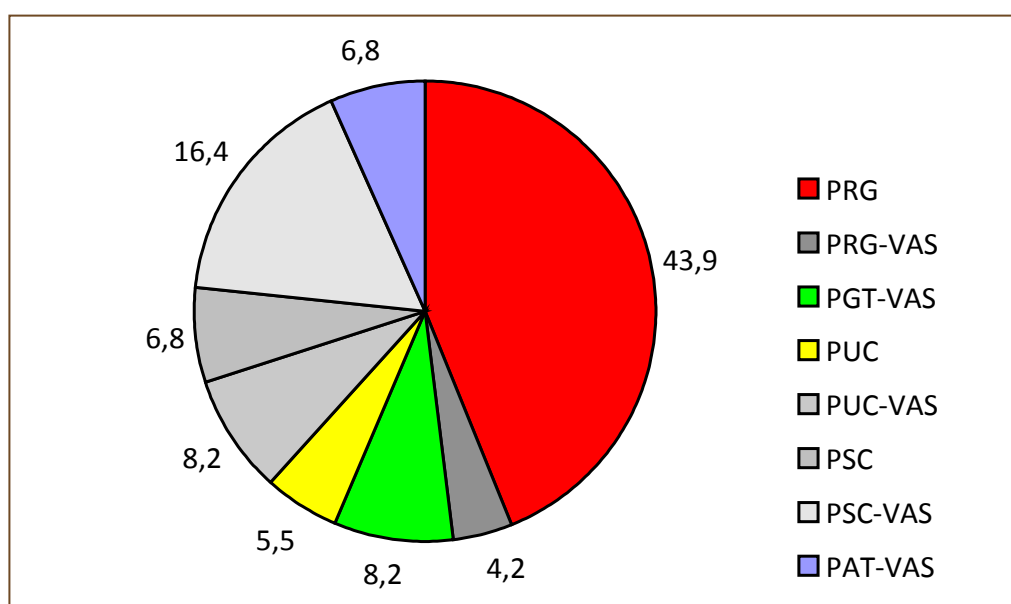
**B** – Lo stato di fatto degli strumenti urbanistici relativi alle 73 città analizzate è rappresentato nella figura riportata nella successiva pagina, dove sono evidenziate, per ogni regione/provincia autonoma, le tipologie di piano urbanistico (suddivise per piani con e senza VAS, terminata o in itinere<sup>10</sup>). I due grafici seguenti riassumono, il primo in valore assoluto, il secondo in percentuale, la situazione delle 73 città.

**Grafico 2.5.1** – Numero di piani, per tipologia di piano, nelle 73 città oggetto del rapporto



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati comunali

**Grafico 2.5.2** – Percentuale di piani per tipologia di piano



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati comunali

<sup>10</sup> Sono stati considerati piani con VAS anche quelli solo con una o più varianti sostanziali (non puntuali) approvate e sottoposte a VAS. Se l'iter dei nuovi piani è ancora in fase iniziale (DPP), non sono stati inseriti come piani con VAS.

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati comunali



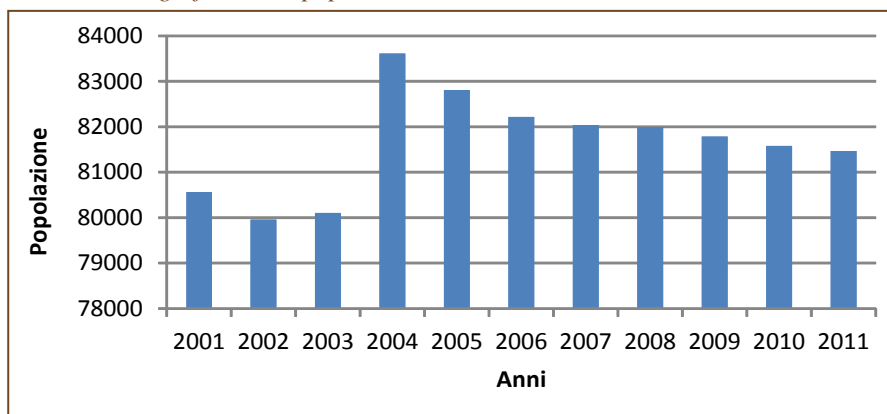
Il comune di Varese è dotato di un PRG vigente dal 2000 e da un PGT adottato con del. del C.C. n. 67 del 21/12/2013. La VAS del Documento di Piano del PGT ha avuto parere motivato favorevole espresso con decreto Prot. Gen. N. 34765 del 4/06/2013. Dopo l'approvazione, avvenuta in data 12/06/2014 con Del. CC n. 27, il piano è in attesa di pubblicazione sul BURL.

Il PGT è strutturato con il Documento di Piano (DdP) e con il Piano delle Regole (PdR).

Il Rapporto Ambientale della VAS del PGT affronta direttamente la problematica del consumo del suolo dichiarando che è *"in continuo aumento, nonostante lo stallo della crescita demografica"* e scegliendo come primo obiettivo specifico la sua minimizzazione. Il consumo di suolo, per la maggior parte a scapito dell'agricoltura, è dovuto alle infrastrutture, alla dispersione degli insediamenti sul territorio, ma prevalentemente alle nuove costruzioni residenziali e non. Il PGT pone l'attenzione proprio su queste ultime. Nel territorio comunale, con 51.079.881 m<sup>2</sup> di superficie, il consumo di suolo<sup>11</sup> è passato da 22.996.787 m<sup>2</sup> del 1995 (pari al 45% circa dell'intero territorio comunale) a 23.745.849 m<sup>2</sup> del 2008<sup>12</sup> (pari al 46,5%), con un incremento del 3,26% in 13 anni.

La dinamica demografica del comune di Varese raggiunge un picco nel 1981 con 90.527 residenti, per poi scendere progressivamente fino al 2002 con 79.890 unità.

**Grafico 2.5.3 - Andamento demografico della popolazione nel comune di Varese**



Fonte: PGT di Varese

Anche se nel decennio 2001-2011 la popolazione aumenta di 903 unità (+1,12%), dal 2005 al 2011 il calo, anche se non eccessivo, è costante. Di contro, l'indice di incremento delle famiglie (indicatore direttamente collegato con la domanda e l'offerta di residenzialità) è in forte crescita (+ 2.631 unità, pari a +7,82%). Per il dimensionamento del piano, sono state fatte proiezioni al 2025, calcolando una crescita costante annuale positiva (derivata dalla media del decennio 2001-2011). Si riassumono nella seguente tabella le ipotesi di massima e prudentiale riportate nel DdP<sup>13</sup> e nel RA della VAS:

**Tabella 2.5.2 – Ipotesi dimensionali del PGT al 2025**

Al 2025	Incremento nuclei familiari	Fabbisogno di alloggi <sup>(1)</sup>	Fabbisogno equivalente di alloggi <sup>(2)</sup>	Popolazione teorica <sup>(3)</sup>
<b>Ipotesi massima (RA della VAS)</b>	4179	5483	1830	4117
<b>Ipotesi prudentiale (RA della VAS)</b>	949	2092	700	1575
<b>Ipotesi prudentiale (DdP)</b>	1077	2226	742	1669

Fonte: PGT di Varese

<sup>(1)</sup> Considerando anche gli alloggi sottratti alla residenza per altri usi o perché occupati

<sup>(2)</sup> Dato riportato ai 5 anni di vigenza del DdP, che corrispondono ad 1/3 degli anni che intercorrono dal 2011 al 2025

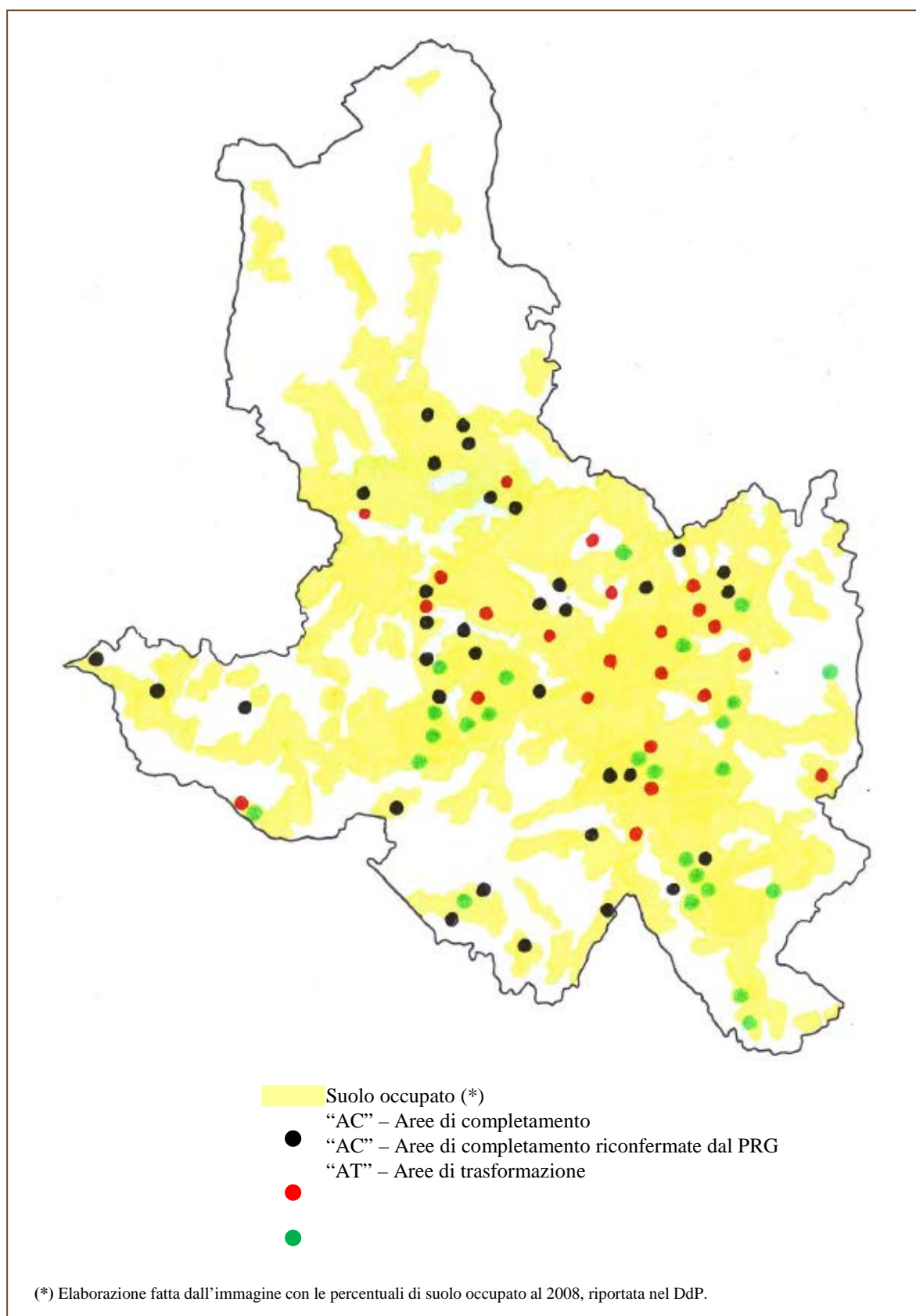
<sup>(3)</sup> Calcolata considerando il numero medio dei componenti della famiglia, pari a 2,25.

<sup>11</sup> La superficie definita dal PGT come "consumo di suolo" è l'ingombro dell'urbanizzato e antropizzato, comprendente anche le fasce di pertinenza dell'edificato, corrispondenti a 50 m per il produttivo e commerciale e 30 m per le altre destinazioni.

<sup>12</sup> Ultimo dato disponibile.

<sup>13</sup> Tali ipotesi sono basate oltre che sull'andamento della popolazione, anche sull'incremento del numero delle famiglie, stimando 1 alloggio per famiglia e aggiungendo gli alloggi che solitamente sono sottratti alla residenza per altri usi o perché occupati.

**Mappa tematica 2.5.3** – Comune di Varese: consumo di suolo attuale e aree di completamento e trasformazione previste dal PGT





Per far fronte a questi fabbisogni abitativi, oltre a quelli non residenziali, il piano definisce due tipologie di aree: le aree di completamento “AC” e le aree di trasformazione “AT”, sottoposte a progettazione particolareggiata, in parte già individuate dal vigente PRG, ma non ancora utilizzate.

Le aree “AC” prevedono una riorganizzazione dell’ambiente fisico attraverso un nuovo disegno urbano. Alcune di queste aree derivano dalle zone “C” di riqualificazione del PRG vigente non attuate: zone “CA” (ambiti prevalentemente edificati), zone “CB” (ambiti scarsamente edificati), zone “CC” (ambiti di realizzazione integrata di servizi con completamento dei tessuti urbani).

Le aree “AC” previste sono in totale 59, con una superficie impegnata pari a 514.550 m<sup>2</sup>. L’ipotesi di dimensionamento delle “AC” prevista dal PGT è di un totale di 551.840 m<sup>3</sup>, dei quali 276.940 m<sup>3</sup> per la residenza (133.098 m<sup>3</sup> derivati dal riuso dell’esistente e 143.392 m<sup>3</sup> di nuova edificazione) pari al 50,1% sul totale, e 275.350 m<sup>3</sup> per il commercio e uffici, artigianato e produttivo, turistico e ricettivo, pari al 49,9% sul totale.

Le aree “AC” che hanno riconfermato le zone “C” del vigente PRG sono 25 (43% sul totale):

- 5 aree “CA” pari a 11.470 m<sup>2</sup> di superficie
- 6 aree “CB” pari a 32.200 m<sup>2</sup> di superficie
- 14 aree “CC” pari a 114.699 m<sup>2</sup> di superficie

per un totale di 158.369 m<sup>2</sup> (circa il 31% sul totale).

Le aree “AT” rappresentano luoghi strategici di trasformazione della città e del territorio tali da incidere sulla riorganizzazione del tessuto urbano. Su 23 aree (1.062.650 m<sup>2</sup>), 6 aree prevedono un aumento di volume derivante da nuove edificazioni pari a 106.040 m<sup>3</sup> (152 abitanti teorici previsti), mentre 7 aree prevedono una differenza di volume tra quello realizzato e quello esistente, pari a 253.450 m<sup>3</sup> in più (1.068 abitanti teorici previsti). Nelle 10 “AT” che non prevedono aumento di cubatura, si stimano 1524 abitanti teorici. Il totale per le “AT” è di 2.744 abitanti teorici.






In conclusione il totale degli abitanti teorici previsti dal piano (“AC” + “AT”) è di 4172 unità.

Considerando che sia nel DdP che nel RA della VAS si privilegia la scelta dell’ipotesi “prudenziale” per il dimensionamento del piano<sup>14</sup> e tenendo conto sia dell’attuale situazione economica che dell’incertezza della crescita demografica, ad una lettura superficiale il numero e la capacità delle aree previste potrebbero apparire elevati ma, poiché le aree “AC” sono ambiti di completamento di spazi residuali all’interno del territorio antropizzato e di tutte le “AT” solo 5 si riferiscono ad aree non urbanizzate (e solo una ricade al di fuori del “suolo occupato”), ad una più attenta lettura le previsioni di dimensionamento del PGT sembrano rispettare l’obiettivo primario che lo stesso piano persegue del contenimento del consumo di suolo.

Nella pagina successiva sono stati evidenziati gli assetti e le dinamiche di funzionamento dei sistemi insediativi:

- la città storica, caratterizzata e composta dai nuclei storici ed ex castellane, definibili come i nodi da cui si è originato il sistema insediativo
- la città lineare, che rappresenta il fenomeno di sviluppo e saldatura del sistema insediativo lungo i principali assi infrastrutturali di collegamento
- la città consolidata, che rappresenta il completamento del processo di saldatura urbana parallelamente allo sviluppo concentrico dei vari nuclei e centri
- la città consolidata di addizione che configura lo sviluppo esterno del sistema insediativo, prevalentemente a forma di frangia urbana e lungo le direttrici infrastrutturali esterne
- il sistema dei borghi rurali, legato sia al sistema del lago che al sistema agricolo, separato fisicamente dal sistema consolidato.

Si riporta di seguito la legenda della tavola seguente:

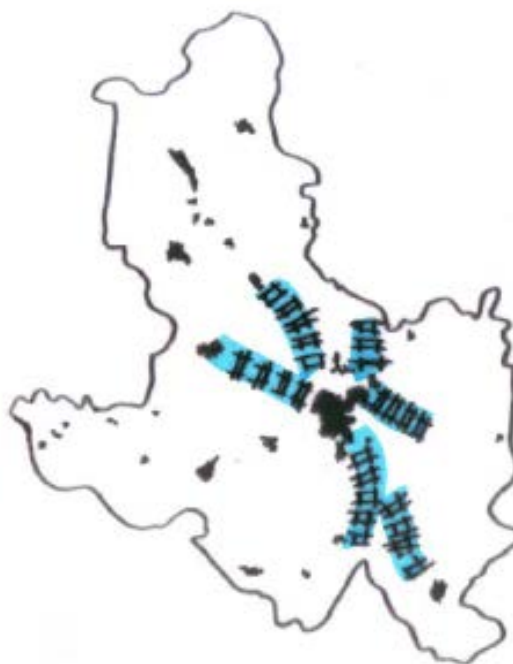
	Città storica
	Città lineare legata alle infrastrutture
	Città consolidata
	Città consolidata di addizione
	Città consolidata – Borghi urbano-rurali

<sup>14</sup> Anche se i dati riportati nel piano differiscono da quelli riportati nel RA della VAS.

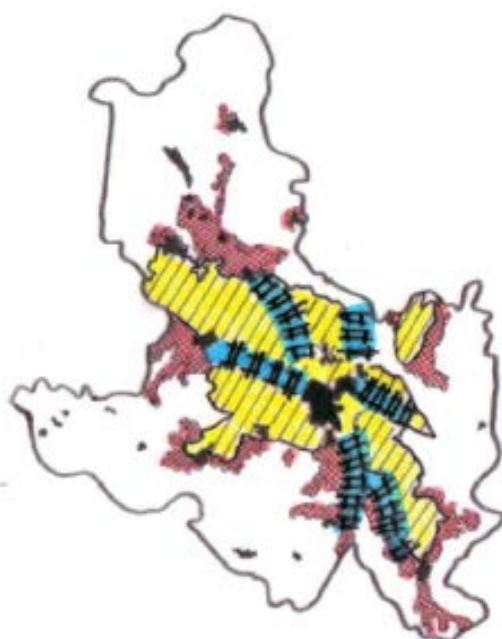
**CITTÀ STORICA**



**CITTÀ LINEARE**



**CITTÀ CONSOLIDATA  
DI ADDIZIONE**



**CITTÀ CONSOLIDATA  
BORGHI URBANO-RURALI**



Elaborazione su stralcio tratto dalla tavola n. B.03 del PGT "Carta del sistema insediativo".

Il comune di Sassari è dotato di un PRG vigente approvato con le seguenti delibere: n. 228/U del 19/03/1985, n. 844/U del 13/06/1985 e n. 106/U del 17/10/1986.

Il PUC è stato adottato in via provvisoria e definitiva nel 2008 e 2009, ma a seguito della non coerenza con il quadro normativo e pianificatorio sovraordinato, le due delibere sono state revocate ed è stata avviata con nota prot. n. 52679 del 24/5/2011, la verifica del nuovo PUC e della VAS.

Uno degli obiettivi cardine del PUC è invertire la dinamica del consumo di suolo che ha caratterizzato lo sviluppo urbanistico della città negli ultimi 50 anni, attraverso il riuso del patrimonio esistente:

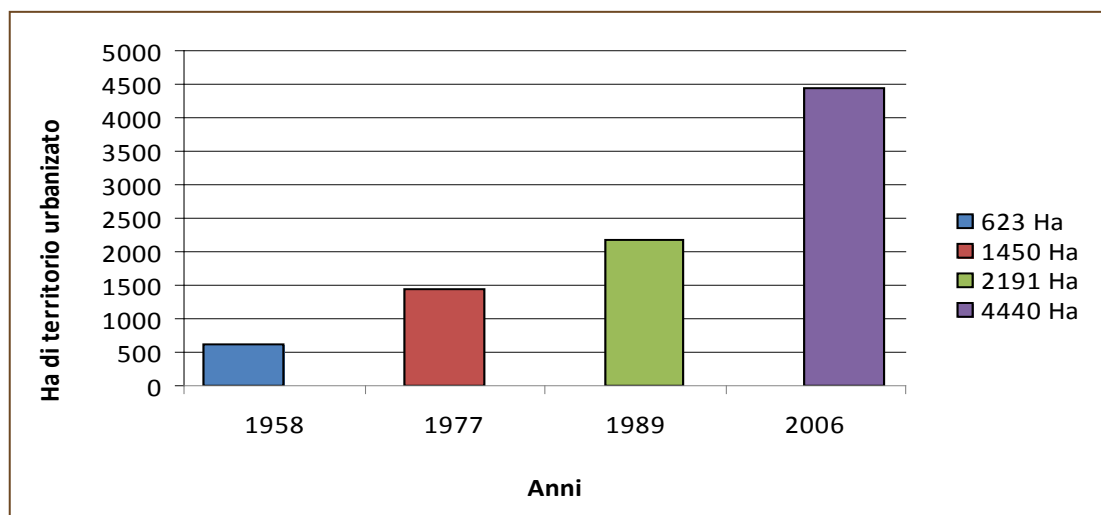
- recupero del patrimonio edilizio non occupato
- recupero del patrimonio degradato del centro storico e di alcuni quartieri
- risanamento ambientale ed urbanistico dell'edificio diffuso nella corona olivetata.

Il piano prevede inoltre nuovi progetti nella città compatta costituiti da:

- interventi su lotti liberi e/o interclusi (nelle zone di completamento)
- interventi di riqualificazione urbana volti alla localizzazione dei servizi ed alla creazione di spazi pubblici e di fruizione collettiva (nel centro e nelle zone di completamento)
- integrazione di nuovi tessuti nelle aree non ancora completate nel precedente PRG (nelle zone di espansione)
- inserimento di nuove zone di espansione
- una serie di progetti speciali di completamento di nuclei urbani e rurali.
- 

Il territorio comunale<sup>15</sup> ha una superficie di 547,08 km<sup>2</sup>, con una popolazione residente pari a 128.696 unità e una densità abitativa di 226,28 ab/km<sup>2</sup>.

**Grafico 2.5.4 - Crescita del territorio urbano – 1958-2006**



Fonte: PUC di Sassari

Il dimensionamento del PUC è stato proposto considerando i 25 ambiti urbani in cui il territorio comunale è suddiviso e i relativi 81 sottoambiti o quartieri.

Per stimare il fabbisogno di patrimonio immobiliare necessario, il PUC nello scenario a medio termine 2007-2016, basa le previsioni non sulla dinamica della popolazione residente, ma sulla dinamica dei nuclei familiari, che risulta in continua crescita per gli effetti della diminuzione della dimensione media delle famiglie.

<sup>15</sup> Dati ISTAT.

I dati sulla popolazione residente e sui nuclei familiari sono riportati nella tabella seguente<sup>16</sup>:

**Tabella 2.5.3 – Andamento demografico della popolazione e dei nuclei familiari**

Andamento della popolazione			
Anno	Popolazione residente	Variazione (valore assoluto)	Variazione (%)
2001	128.736		
2002	129.019	+283	+0,22
2003	129.188	+169	+0,13
2004	129.025	-163	-0,13
2005 <sup>17</sup>	128.963	-62	-0,05
Aggiornamento con gli ultimi dati disponibili <sup>18</sup>			
2011	128.696	–	–
2013	127.715	-981	-0,76

Andamento dei nuclei familiari			
Anno	N. nuclei familiari	Incremento (valore assoluto)	Dimensione media del nucleo familiare
2007	53.661	–	2,41
2016	57.807	+ 4.146	2,22

Fonte: PUC di Sassari

Le previsioni del PUC stimano al 2030 un aumento della popolazione residente pari a 120.000 unità, 100.000 nel 2044 e 92.000 nel 2050. Nello scenario a medio termine (2016) si stima una popolazione residente pari a 128.241 unità.

La domanda abitativa per il periodo 2007-2016 nel PUC è stata così stimata:

**Tabella 2.5.4 – Domanda abitativa**

	Abitanti	Famiglie	Totale abitazioni	M2 totali
Domanda pregressa al 2011	18.032	7.273	7.273	641.618
Domanda pregressa al 2002-2007	1.239	500	500	40.490
Domanda aggiuntiva 2007-2016	9.240	4.146	4.146	315.425
Domanda aggiuntiva 2007-2016 non residenti	3.340	1.500	1.500	114.030
Totale domanda complessiva 2007-2016	31.851	13.419	13.419	1.111.563

Fonte: PUC di Sassari

con una previsione di 31.851 abitanti teorici previsti.

Nella tabella seguente si riporta l'offerta residenziale, calcolata per le diverse tipologie di interventi che il PUC prevede:

**Tabella 2.5.5 – Offerta residenziale**

Tipologia di progetto	Corrispondenza con zone di PRG	M3	Abitanti teorici insediabili
Produzione edilizia 2002-2006	–	161.880	1.619
Recupero patrimonio esistente	A: Centro, zone B di completamento	1.653.140	12.377
Riqualificazione urbana Integrazione nuovi tessuti urbani	Zone C di espansione	2.430.461	16.769
Totale		4.245.481	30.765

Fonte: PUC di Sassari

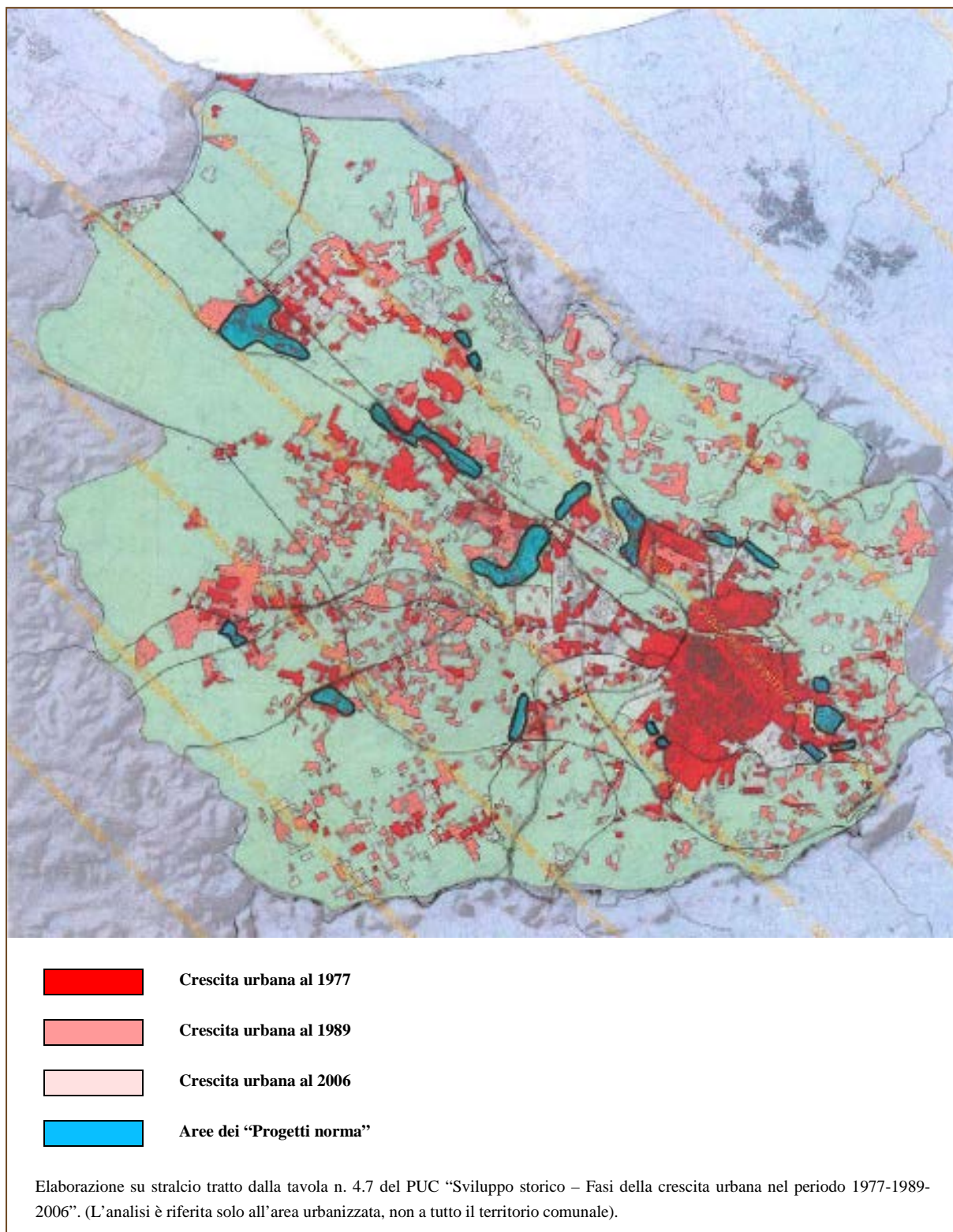
<sup>16</sup> I dati sono stati presi dal documento allegato al PUC "Fabbisogno residenziale".

<sup>17</sup> Il 72,68% della popolazione vive nella "città compatta", il 18,33% nell'edificato diffuso e l'8,99% nell'agro.

<sup>18</sup> Dati ISTAT.

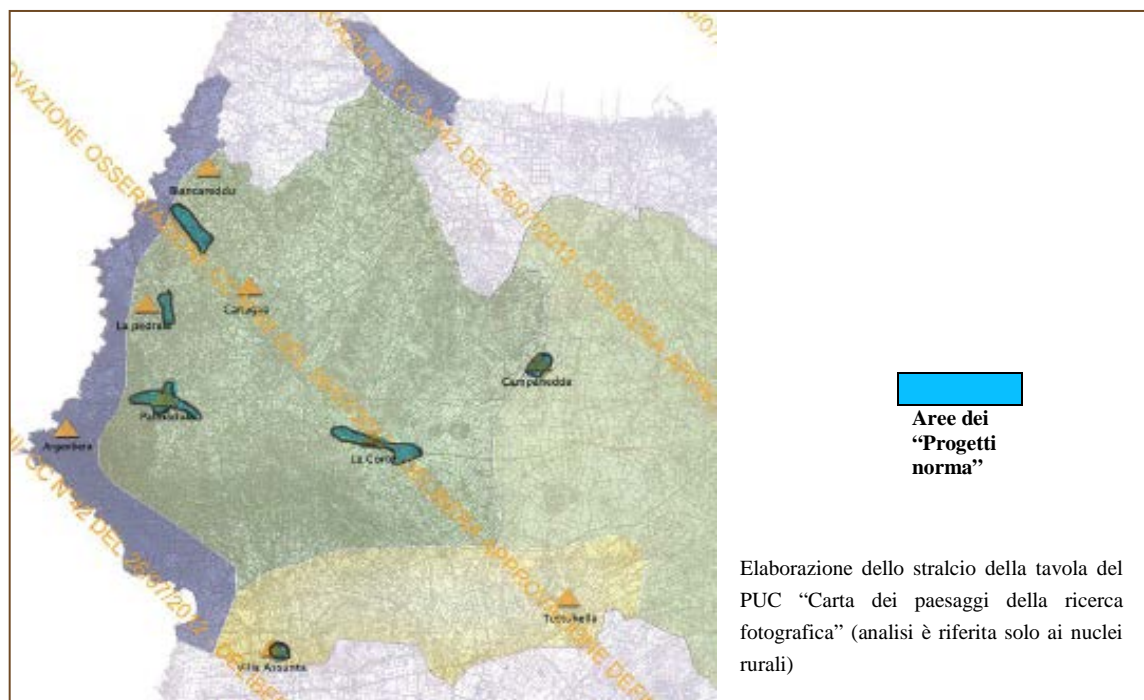


**Mappa Tematica 2.5.5** – *Comune di Sassari centro urbano: sviluppo storico – fasi della crescita urbana nel periodo 1977-1989-2006 – aree nuovi interventi “Progetti norma”*



Per l’offerta residenziale il PUC prevede i “progetti norma” per quelle aree di “vuoto urbano”, cioè aree che nel vigente PRG erano destinate a servizi che non sono stati realizzati e che non possono essere riconfermati. Si tratta di 3 tipologie di aree: quelle libere totalmente o parzialmente all’interno del centro urbano o in periferia (aree da riqualificare), le aree B di completamento del vigente PRG nella periferia urbana che sono state confermate dal PUC, ed infine le nuove aree previste dal PUC. Il dimensionamento dei “progetti norma” è riportato nella tabella: 2.5.6.

**Mappa Tematica 2.5.6 – Comune di Sassari nuclei sparsi: aree nuovi interventi “Progetti norma”**



**Tabella 2.5.6 – Dimensionamento dei “Progetti norma”**

“Progetto norma”	N. progetti	Superficie (m2)	Volume realizzabile (m3)	Abitanti insediabili
B2	9	93.590	289.576	2.297
B2a	10	54.677	185.651	1.241
C3a	13	632.334	564.180	3.759
C3b1	9	1.118.313	430.752	2.873
C3b2	9			
C3b3	2	50.161	91.229	607
C3b* periferie	3	906.580	625.545	4.171
C3b* nuclei urbani	6	533.653	360.975	2.404
C3c nuclei rurali	3	203.493	71.046	472
C3c nuclei rurali costieri	4	404.107	145.270	969
C3 ERP edilizia sociale e privata	8	207.688	324.900	2.738
<b>TOTALE</b>	<b>76</b>	<b>4.204.596</b>	<b>3.089.124</b>	<b>21.531</b>

Fonte: PUC di Sassari

Dall’analisi dei dati di dimensionamento del PUC attraverso la realizzazione dei “Progetti norma”, si evince una contraddizione di fondo: su un totale di superficie interessata dai progetti, circa meno di un quinto (il 18,60%) è relativa al riutilizzo di aree già urbanizzate (di riqualificazione periferie e di completamento già previsto dal PRG). La restante parte (81,40%) è di nuovo impianto su nuove aree, non in linea con gli obiettivi perseguiti dal piano di “blocco dell’espansione urbana” intesa come la non apertura di nuovi fronti urbanizzativi, anche se molte delle aree da destinare rientra nei cosiddetti “vuoti urbani”<sup>19</sup>. Di contro il rapporto tra abitanti teorici previsti nella domanda abitativa, non si scostano di molto da quelli teorici insediabili dell’offerta, anche alla luce dell’aumento continuo del numero dei nuclei familiari<sup>20</sup>. Ma proprio la VAS viene in aiuto alla risoluzione di queste “contraddizioni”. È infatti attraverso il monitoraggio continuo del piano, con la verifica del raggiungimento degli obiettivi previsti (parziale per periodi intermedi di durata del piano e totale per tutta la vita del piano stesso) che tali obiettivi possono essere “tarati” e “corretti”, sia per le mutate condizioni congiunturali che strutturali che il contesto ambientale e socio-economico affronta.

<sup>19</sup> Dalla Relazione di Progetto del PUC, pag. 21.

<sup>20</sup> Dovuto al nuovo sistema sociale riguardante la famiglia (sempre più persone vivono da sole) e alla dimensione dei nuclei stessi, sempre più ridotta.

## 2.6 PROGRAMMA OPERATIVO NAZIONALE “CITTÀ METROPOLITANE 2014-2020”

M.A. Polizzotti

ISPRA – Dipartimento Stato dell’Ambiente e Metrologia Ambientale

### PREMESSA

Lo studio delle città metropolitane ha assunto negli ultimi anni una rilevanza notevole, focalizzando l’attenzione da parte dei responsabili delle politiche a tutti i livelli di governo; anche in campo europeo, i nuovi regolamenti per la politica di coesione assegnano un forte ruolo alle città nell’impiego dei fondi comunitari 2014-2020. Numerose sono le motivazioni di tale interesse. Attualmente, ad esempio, circa il 70% della popolazione dell’Unione Europea vive in città, paesi e sobborghi urbani; sebbene il tasso di urbanizzazione stia subendo un rallentamento, la quota di popolazione urbana continua a crescere e si prevede che nel 2050 supererà l’80% ([http://ec.europa.eu/regional\\_policy/consultation/urb\\_agenda/pdf/comm\\_act\\_urb\\_agenda\\_it.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/consultation/urb_agenda/pdf/comm_act_urb_agenda_it.pdf), p. 4).

In Italia la quota di popolazione residente nelle città principali è indubbiamente inferiore rispetto a quella di altre nazioni europee (si attesta a circa il 14%), ma è innegabile che le città assumono una posizione di polo gravitazionale di proporzioni rilevanti e svolgono un ruolo chiave nello sviluppo sociale, economico e tecnologico della nazione.

Le aree urbane, inoltre, sono i luoghi in cui i problemi di discriminazione, povertà ed impatto ambientale risultano amplificati. Tali aspetti, sia positivi che negativi, sono in continua evoluzione e questo fenomeno dinamico necessita di un sistema flessibile di governance.

Il Programma Operativo Nazionale “Città Metropolitane” - PON METRO, finalizzato ad uno sviluppo sostenibile ed inclusivo delle città metropolitane, è caratterizzato da una struttura multilivello e quindi flessibile: è un Programma di importanza Nazionale (perciò di livello centrale) ma individua come ambiti territoriali di riferimento i Comuni capoluogo delle città metropolitane; inoltre gli interventi indicati nel PON METRO sono proposti dalle singole città ma, al tempo stesso, rispondono a criteri e ad obiettivi stabiliti a livello centrale. Il PON, infine, è il risultato di una concertazione tra Sindaci, Associazione Nazionale dei Comuni Italiani (ANCI), Regioni interessate e Amministrazioni centrali competenti in materia.

### IL PROGRAMMA

Il PON METRO è uno degli strumenti dell’**Agenda Urbana** e riguarda 14 città metropolitane: 10 appartenenti alle Regioni a statuto ordinario: Torino, Milano, Venezia, Genova, Bologna, Firenze, Bari, Napoli, Reggio Calabria, Roma e 4 alle Regioni a statuto speciale (queste ultime individuate dalle Regioni di appartenenza): Cagliari, Catania, Messina e Palermo. Tali città presentano, tra di loro, notevoli diversità territoriali e demografiche. Come si evince dalla Figura 2.6.1, ad esempio, esiste una grande eterogeneità anche nella sola distribuzione della popolazione: relativamente a Bari circa il 75% del totale della città metropolitana risiede nei comuni di corona e, invece, nel caso di Genova e di Roma è poco più del 30% (nel caso della capitale, questo dato è sicuramente influenzato dal suo vasto territorio comunale). Nella Figura 2.6.2 che è tratta dai documenti del PON METRO, invece, viene rilevata l’intensità d’uso del suolo, ossia il rapporto tra abitanti e ettari di superficie consumata (superficie che ha subito una trasformazione da parte dell’uomo ed è destinata ad altri usi che non siano agricoli o naturali). Anche in questo caso sono presenti differenze sostanziali tra le varie città. Bisogna specificare che i dati della Figura 2.6.2 non comprendono i comuni di corona, in quanto il PON METRO ha effettuato l’analisi di contesto solo sui comuni capoluogo della città metropolitana. Facendo riferimento agli obiettivi tematici dell’**Accordo di Partenariato**, il PON focalizza le risorse su 4 priorità di intervento (denominate “assi”) e sulle azioni che potranno concretizzare tali priorità:

1. agenda digitale - adozione di tecnologie per migliorare i servizi urbani della smart city;
2. sostenibilità urbana - risparmio energetico negli edifici pubblici, illuminazione pubblica sostenibile, nodi di interscambio modale, servizi di mobilità condivisa e flotte eco-compatibili, infomobilità e sistemi di trasporto intelligenti, mobilità lenta;
3. servizi per l’inclusione sociale – abitare protetto e assistito, prevenzione dell’emergenza abitativa, servizi per l’inclusione delle comunità Rom/Sinti/Camminanti, servizi per l’inclusione dei senza dimora, attivazione di servizi negli immobili inutilizzati, alfabetizzazione e servizi per l’inclusione digitale;
4. infrastrutture per l’inclusione sociale - realizzazione e recupero degli alloggi, anagrafe degli assegnatari, alloggi e spazi per servizi dedicati alle comunità Rom/Sinti/Camminanti, alloggi e spazi per servizi dedicati ai soggetti senza fissa dimora, recupero di immobili inutilizzati da adibire a servizi.

A tali assi se ne aggiunge un quinto che prevede l’assistenza tecnica per migliorare la gestione del

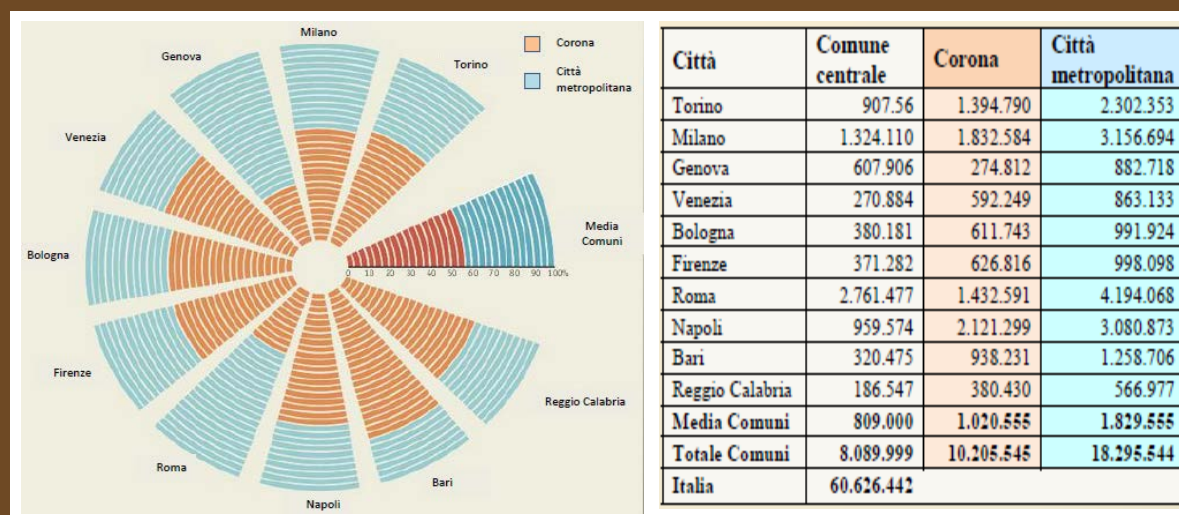


Programma: 5. assistenza tecnica - gestione, comunicazione.

Ogni azione dei cinque assi costituirà, in fase attuativa, un insieme di interventi da realizzare.

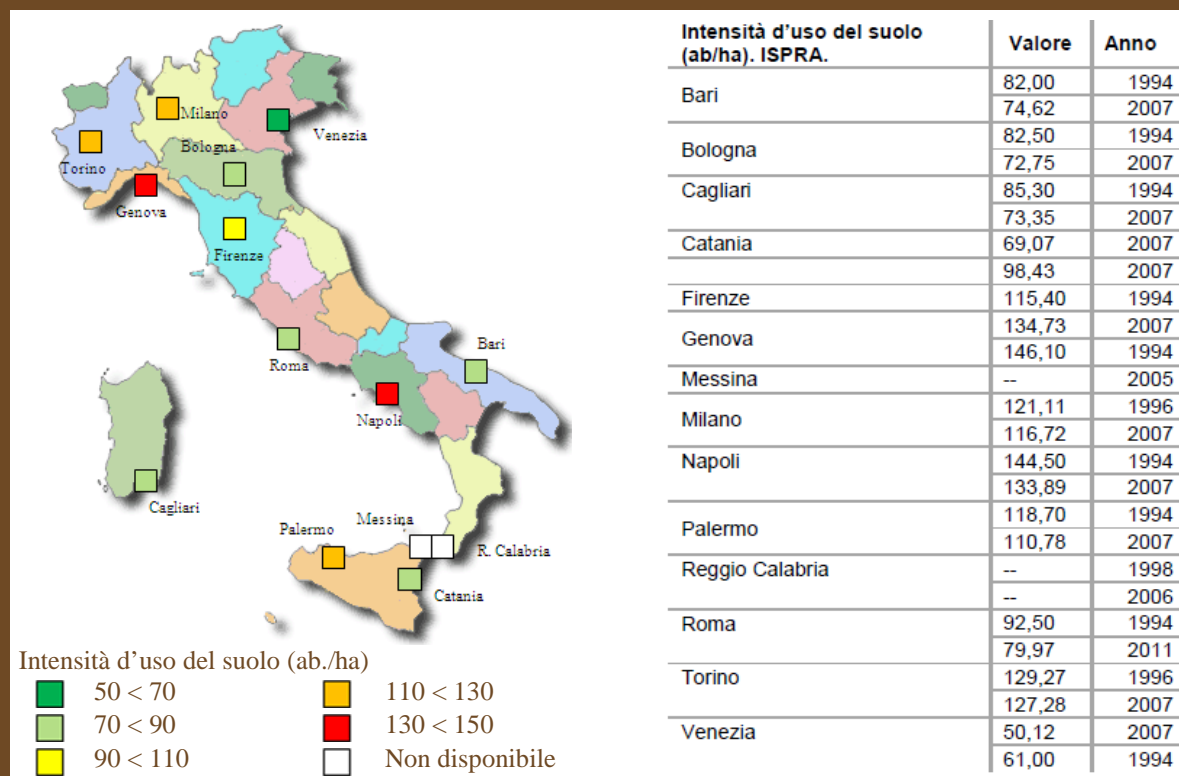
Il PON utilizza finanziamenti dei **Fondi Strutturali**. Le risorse che saranno allocate non sono omogenee tra le città interessate, ma dipendono dalla tipologia della regione in cui le città sono situate, ovvero città delle regioni più sviluppate (come nel caso di Bologna, Firenze, Genova, Milano, Roma, Torino e Venezia), in transizione (Cagliari) o meno sviluppate (Bari, Catania, Messina, Napoli, Palermo e Reggio Calabria). Queste ultime avranno disponibilità di risorse maggiori rispetto alle altre.

**Figura 2.6.1 – Incidenza percentuale della popolazione residente nei comuni di corona rispetto al totale della città metropolitana, anno 2010**



Fonte: elaborazione ANCI-Cittalia su dati ISTAT (solo città metropolitane in Regioni a statuto ordinario)

**Figura 2.6.2 - Intensità d'uso del suolo (abitanti/superficie consumata)**



Fonte tabella: PON METRO su dati ISPRA. Fonte figura: nostra elaborazione

## LA VAS DEL PROGRAMMA



Il PON METRO è assoggettato a **Valutazione Ambientale Strategica (VAS)** ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. (art. 6). Attualmente si è conclusa la fase preliminare della procedura (cosiddetta scoping), quella in cui viene sottoposto il **Rapporto Preliminare** ambientale all'Autorità Competente e ai Soggetti Competenti in Materia Ambientale per definire la portata e il livello di dettaglio delle informazioni da includere nel successivo **Rapporto Ambientale**. E' iniziata, quindi, la fase finale della valutazione che si concluderà con il parere motivato da parte dell'Autorità Competente e a cui seguirà l'attuazione del Programma con il relativo Monitoraggio Ambientale (Figura 2.6.3).

**Figura 2.6.3 – Fasi procedurali della VAS**



Fonte: Corso di Formazione su Valutazione Ambientale Strategica (VAS) - ISPRA ottobre 2012

Nel **Rapporto Preliminare** viene esposta la metodologia dell'analisi e delle valutazioni che saranno oggetto del Rapporto Ambientale. Oltre a descrivere i punti salienti del PON, nel Rapporto è riportata una prima indicazione dei seguenti aspetti:

- analisi di contesto: individuazione dei temi chiave per i quali è possibile prevedere effetti più diretti da parte del Programma nel territorio interessato: mobilità e trasporti, fattori climatici ed energia, ambiente urbano.
- obiettivi di sostenibilità che il PON intende perseguire (desumendoli dal quadro di riferimento normativo e programmatico di livello nazionale e comunitario) e indicatori associati a tali obiettivi.

E' stato preso come riferimento anche il Catalogo obiettivi/indicatori redatto dall'ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/valutazione-ambientale-strategica-vas/il-catalogo-obiettivi-indicatori-2011>)

- potenziali effetti ambientali del Programma, individuati come "opportunità", nel caso di previsti effetti positivi e "punti di attenzione", ossia gli effetti potenzialmente negativi. Ad esempio, per l'utilizzo delle "fonti rinnovabili negli edifici pubblici", tra le opportunità è stato evidenziata la "riduzione del consumo di energia da fonte fossile" e invece, tra i punti di attenzione, è stato indicato il "riciclo dei pannelli fotovoltaici a fine vita".

Infine in appendice è stato riportato l'elenco dei riferimenti normativi e programmatici, delineandone i contenuti chiave.

### Osservazioni ISPRA

L'ISPRA, chiamata ad inviare le proprie osservazioni in qualità di Soggetto Competente in Materia Ambientale, ha fornito suggerimenti metodologici sia su temi generali che su aspetti specifici e ha consigliato siti internet in cui reperire dati ed informazioni.

Solo come esempio, si riportano di seguito alcuni dei suggerimenti generali forniti:

- estendere l'analisi ai comuni di cintura e non solo al comune capoluogo, in quanto l'ambito di influenza potenziale deve comprendere tutte le aree potenzialmente interessate dagli effetti del Programma
- nel caso di carenza di dati disponibili, creare un set di indicatori ad hoc per la valutazione ed il monitoraggio del PON
- effettuare l'analisi di coerenza esterna (tra obiettivi del PON e obiettivi di altri Piani e Programmi pertinenti per verificare eventuali sinergie o conflitti) ed interna (analizzando in maniera incrociata tutti gli obiettivi del PON e tutte le azioni dello stesso, per verificare che non sussistano conflitti).

Nella redazione del Rapporto Ambientale sono state accolte (o parzialmente accolte) quasi tutte le

osservazioni individuate dall'ISPRA (33 su 36). Il non accoglimento delle restanti è stato motivato, fornendo opportuni chiarimenti di argomenti che a nostro parere non erano sufficientemente esplicitati nel Rapporto Preliminare.

Oltre ad ISPRA, altri Enti (Regioni, Province, ARPA, Autorità di Bacino, la Direzione regionale per i beni culturali e paesaggistici della Liguria ed il Comune di Milano) hanno presentato le proprie osservazioni al PON. Il MATTM, come Autorità Competente, ha raccolto le osservazioni pervenute, concludendo con il parere della fase preliminare. Tutti gli approfondimenti ed i nuovi argomenti scaturiti dalle osservazioni formulate dagli Enti (e che sono state accolte) sono state inserite nel Rapporto Ambientale.

In questa sede non è possibile aggiungere altri commenti al **Rapporto Ambientale** in quanto da pochi giorni è finita la fase di consultazione pubblica ed è in corso la valutazione del rapporto ambientale e degli esiti dei risultati della consultazione da parte del MATTM. Si può solo aggiungere che il Rapporto Ambientale, oltre a contenere gli argomenti scaturiti dagli esiti dello scoping, presenta un maggiore grado di approfondimento perché si riferisce ad obiettivi e ad azioni del PON più definiti e quindi anche le analisi risultano più dettagliate e calibrate. Si cita, ad esempio, la progettazione del sistema di monitoraggio ambientale e l'analisi, relativamente al contesto ambientale per il tema "ambiente urbano" delle seguenti tematiche: acque, produzione e gestione dei rifiuti, biodiversità, suolo, risorse culturali e paesaggio, qualità dell'aria, inquinamento elettromagnetico, rumore, salute e qualità della vita.

La documentazione del PON METRO e del Rapporto Ambientale è disponibile sul sito: [http://www.dps.gov.it/it/programmazione\\_1420/PON\\_Metro/index.html](http://www.dps.gov.it/it/programmazione_1420/PON_Metro/index.html). Vi si può trovare anche un documento specifico (Allegato 2 - Esito delle consultazioni sul rapporto preliminare) in cui sono riportate le osservazioni degli Enti Competenti in Materia Ambientale e le modalità di accoglimento (o le motivazioni di non accoglimento) delle stesse nel Rapporto Ambientale.

Il Regolamento UE 1301/2013, all'art. 9, istituisce la "rete dello sviluppo urbano" per lo scambio di buone pratiche e lo sviluppo di capacità tra le città dell'Unione Europea. L'**Agenda urbana** costituisce un primo passo per la costruzione di tale rete e per la definizione delle azioni da avviare.

Le **città metropolitane** sono enti territoriali di area vasta con le seguenti finalità istituzionali generali: cura dello sviluppo strategico del territorio metropolitano; promozione e gestione integrata dei servizi, delle infrastrutture e delle reti di comunicazione di interesse della città metropolitana; cura delle relazioni istituzionali afferenti al proprio livello, ivi comprese quelle con le città e le aree metropolitane europee. Il territorio della città metropolitana coincide, a meno di richieste particolari dei comuni, con quello della provincia omonima (si rimanda per ulteriori dettagli all'Art. 1 della L. 56/2014).

L'**Accordo di Partenariato** è lo strumento di programmazione nazionale dei fondi comunitari (fondi strutturali e di investimento europei) assegnati all'Italia per la programmazione 2014-2020 ed è il documento che definisce, per ogni Stato Membro:

- la strategia e le priorità di intervento per una crescita "*intelligente, sostenibile e inclusiva*"
- le modalità di impiego dei Fondi Strutturali dell'Unione Europea

Nell'accordo di partenariato sono riportati 11 Obiettivi Tematici (desunti dal Regolamento UE 1303/2013) che, molto sinteticamente, possono essere riassunti nei seguenti temi: sviluppo tecnologico, accesso alle tecnologie, competitività, economia a basse emissioni di carbonio, cambiamenti climatici, uso efficiente delle risorse, trasporto sostenibile, occupazione sostenibile, inclusione sociale, istruzione/formazione, capacità istituzionale. I fondi comunitari devono concorrere in modo integrato al raggiungimento di tali obiettivi.

I **Fondi Strutturali** rientrano tra gli strumenti finanziari con cui l'Unione europea persegue la coesione e lo sviluppo economico e sociale in tutte le sue regioni.

## 2.7 EFFETTI DELLE CENERI VULCANICHE DELL'ETNA

E. Brustia, P. Di Manna, E. Vittori  
ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo  
M. Marino  
Università degli Studi di Catania

L'attività esplosiva di un vulcano è caratterizzata dall'immissione in atmosfera di grandi quantità di magma in forma di ceneri, pomici e lapilli (piroclastiti). Le ceneri sono le particelle più piccole, con diametro inferiore a 2 mm, generalmente di gran lunga preponderanti in volume rispetto alle frazioni granulometriche di dimensioni maggiori. Le ceneri, spinte dalle correnti ascensionali di gas caldi, possono raggiungere altezze di molte migliaia di metri e, trasportate dal vento, ricadere anche a distanze di molte centinaia di chilometri. L'esempio più noto di attività vulcanica esplosiva è dato dall'eruzione parossistica del Vesuvio del 79 d.C., quando una miscela, a luoghi incandescente, di gas, ceneri e pomici ricoprì i centri posti sulle pendici meridionali del cono vulcanico, uccidendone gran parte degli abitanti. Queste eruzioni, dette pliniane, sono le più pericolose per le popolazioni che spesso si addensano nei dintorni dei vulcani, attratte dalla fertilità dei suoli che si sviluppano a partire proprio dalle ceneri vulcaniche. Un altro effetto eclatante delle ceneri è quello temporaneo sul clima, anche globale, per la loro azione oscurante dei raggi solari. L'eruzione del 1815 del vulcano Tambora in Indonesia portò all'anno "senza estate" del 1816, seguito da carestie ed epidemie su gran parte della Terra. Al di là di tali effetti, di grande impatto ed estremamente drammatici, l'emissione di ceneri rappresenta sempre una fonte di rischio per la popolazione, soprattutto per quella immediatamente circostante un vulcano. Ciò vale anche nel caso di vulcani come l'Etna che, pur caratterizzato da un'attività essenzialmente effusiva, emette notevoli volumi di ceneri nelle sue frequenti eruzioni, che ricadono sui numerosi centri abitati distribuiti sulle sue pendici, tra cui la città di Catania, che conta da sola più di 300.000 abitanti. In generale, la diffusione in atmosfera e la ricaduta di prodotti piroclastici in forma di ceneri e lapilli espone la collettività a considerevoli effetti, che schematicamente possono essere ricondotti a:

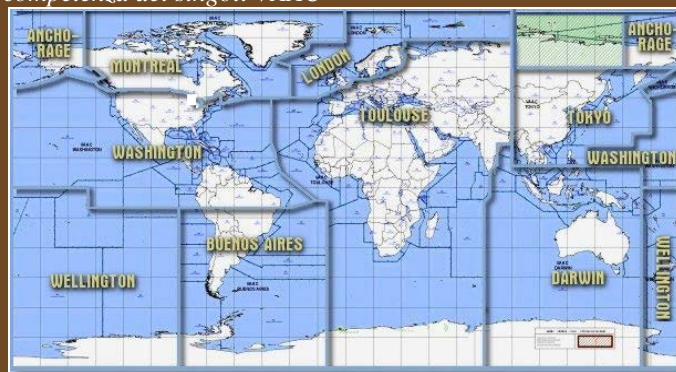
### **Danni alla salute**

L'esposizione prolungata alle ceneri più sottili ( $\phi \leq 10$  micron) può causare a breve termine disturbi moderati all'apparato respiratorio, mentre costituisce un problema potenzialmente grave per persone che soffrono di malattie respiratorie croniche, persone affette da malattie cardiocircolatorie, persone anziane e bambini. Il contatto con gli occhi, inoltre, può determinare pericolose abrasioni corneali e congiuntiviti. Le ceneri infatti, costituite prevalentemente da silicati, hanno in genere superfici molto abrasive e sono spesso accompagnate da un aerosol molto corrosivo di acido solforico ( $H_2SO_4$ ), derivante dall'ossidazione e idratazione dell' $SO_2$  rilasciato durante l'eruzione. L'entità del rischio dipende poi da vari fattori: la granulometria e la concentrazione delle particelle nell'aria, la frequenza degli eventi, la durata dell'esposizione, la presenza di silice, gas, aerosol vulcanici mescolati con la cenere, le condizioni meteorologiche.

### **Difficoltà nel trasporto aereo**

Le ceneri vulcaniche rappresentano un serio problema per la circolazione aerea. Infatti, un aeromobile che attraversi una zona interessata da cenere vulcanica, anche in quantità ridotte, può riportare danni gravi che possono comprometterne la funzionalità. Innanzitutto, le ceneri vulcaniche fondono a temperature inferiori (circa 1100°C) rispetto a quella di esercizio dei moderni motori a getto (circa 1400°C); per questo motivo, a contatto con le turbine, possono fondersi e saldarsi sulle loro superfici, causando l'occlusione dei fori di aerazione e ostacolando il regolare funzionamento dei motori, fino a determinarne nei casi più gravi l'arresto. Oltre ai danni al motore, le particelle silicatiche, dure e fortemente abrasive, possono logorare la superficie del veicolo. L'abrasione dei vetri della cabina di pilotaggio ne determina l'opacizzazione e la conseguente riduzione di visibilità per il pilota. Inoltre, la cenere è molto fina e non viene trattenuta dai normali dispositivi di filtraggio, tanto che può penetrare nei sistemi di aerazione e raffreddamento e contaminare i dispositivi elettronici, rendendo difficile il controllo del veicolo. Per i gravi effetti che possono avere sulla sicurezza del volo, le ceneri vulcaniche sono monitorate dai centri meteorologici che, in caso di crisi vulcanica, emettono periodici bollettini di previsione e avvisi di attenzione. Il monitoraggio è affidato a 9 VAAC (Volcanic Ash Advisory Centre), ognuno con la propria area di competenza. Per l'area mediterranea il centro di competenza è il VAAC di Tolosa in Francia, che segue anche l'attività dell'Etna ed emette periodiche previsioni sulla diffusione delle ceneri in atmosfera quando il vulcano è in attività (Figura 2.7.1).

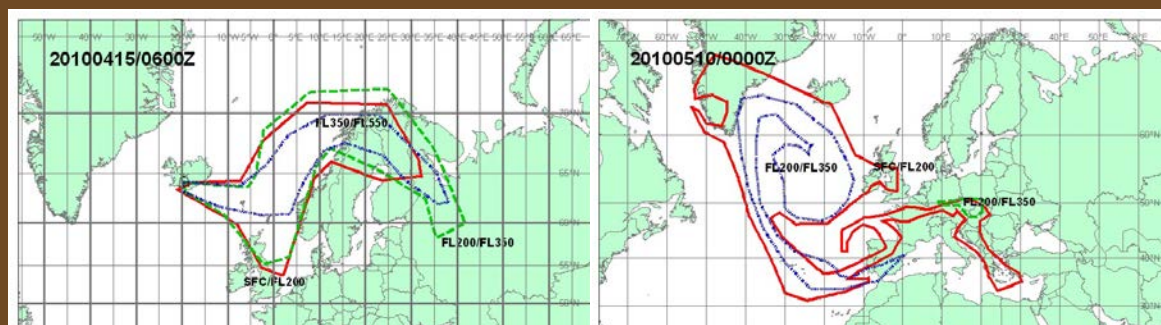
**Figura 2.7.1 – Aree di competenza dei singoli VAAC**



Fonte <http://www.meteo.fr/vaac/>

Recentemente in Europa, l'eruzione del vulcano islandese Eyjafjallajökull, nell'aprile 2010, ha creato gravi problemi alla circolazione aerea (Figura 2.7.2). L'eruzione, avvenuta sotto il ghiacciaio, produsse una vasta nube di cenere che dal 15 al 23 aprile 2010 causò la quasi completa interdizione al traffico dello spazio aereo su gran parte dell'Europa, soprattutto centro-settentrionale. Nelle settimane successive, fino al 9 maggio, chiusure e disagi nella circolazione aerea furono registrate soprattutto nei paesi dell'Europa Centrale. Durante il primo periodo, il traffico aereo fu ridotto dell'80%, con la cancellazione di oltre 100.000 voli.

**Figura 2.7.2 – Esempio di comunicato sulla dispersione delle ceneri in atmosfera emesso dal VAAC di Londra durante l'attività del vulcano islandese Eyjafjallajökull alla quota di 1666 metri. L'immagine a sinistra è relativa al 15 aprile 2010 alle ore 06.00; quella a destra è del 10 maggio 2010 alle ore 00.00.**



Fonte: <http://www.metoffice.gov.uk/aviation/vaac/vaacuk.html>

La IATA (International Air Transport Association) ha stimato una perdita di circa 200 milioni di dollari al giorno per le compagnie di trasporto aereo e le perdite lorde per il settore aereo mondiale sono state stimate a 2,6 miliardi di dollari come risultato della chiusura dello spazio aereo. Per tali motivi e garantire la sicurezza del volo in presenza di nubi di cenere vulcanica, alcune compagnie hanno investito risorse su sistemi radar ad infrarosso che consentono l'avvistamento delle nubi a notevoli distanze (anche fino a 100 km), in modo da apportare correzioni di rotta. Il blocco del traffico aereo ha avuto numerose ripercussioni su molti eventi politici, artistici e sportivi del mondo. Nel caso specifico dell'Etna, negli ultimi anni l'impatto delle ceneri sulla navigazione aerea ha assunto una notevole rilevanza, a causa dei frequenti episodi esplosivi del vulcano e dell'aumento del traffico negli aeroporti di Catania – Fontanarossa, Sigonella e Reggio Calabria.

### **Limitazione della circolazione veicolare**

Un altro effetto non trascurabile è la limitazione e/o interdizione della circolazione veicolare nelle strade ricoperte di cenere vulcanica, al fine di scongiurare i pericoli legati all'alterazione dell'aderenza tra pneumatici e superficie stradale.

### **Malfunzionamenti della rete di smaltimento delle acque meteoriche**

Ceneri e lapilli, soprattutto in caso di pioggia, si accumulano nella rete di smaltimento delle acque meteoriche (fognature, tombini, grondaie e pluviali) causandone l'intasamento e/o la completa occlusione. In caso di forti eventi meteorici si possono generare colate estremamente pericolose per



l'incolumità dei cittadini.

### **Danni alle attività produttive e all'agricoltura**

Le colture, oltre a ricevere il danno meccanico provocato dall'impatto dei corpi più grossolani, subiscono l'azione abrasiva, corrosiva e termica della cenere vulcanica, ancora calda e acida. Inoltre, si producono anche effetti a più lungo termine, dato che la cenere contribuisce a rendere i suoli acidi, sia direttamente che favorendo piogge acide. In particolare, nell'area etnea, soprattutto nelle zone più prossime al vulcano, le ricadute di cenere, ancora calda e acida, possono compromettere i raccolti, soprattutto per i prodotti particolarmente vulnerabili, come per esempio gli ortaggi a foglia larga, l'uva, gli agrumi ed i frutteti in genere. I settori maggiormente colpiti sono dunque quelli del florovivaismo, degli ortaggi e dell'ortofrutta in genere. La caduta di ceneri e lapilli può arrecare anche danni alle serre e agli impianti fotovoltaici con cui le serre vengono alimentate.

### **EFFETTI DELLE CENERI DURANTE LE ERUZIONI DELL'ETNA NEL 2013**

L'Etna è caratterizzato da un'attività persistente, con il frequente alternarsi negli ultimi anni di fasi di maggiori e minore energia. Le manifestazioni prevalenti sono effusive, con emissione di colate laviche, cui si alternano, fasi di attività esplosiva dai crateri periferici, tra cui il Nuovo Cratere di Sud Est (NSEC). L'attività esplosiva dell'Etna è quella tipica dei vulcani basaltici, ovvero in prevalenza di tipo stromboliano, ma può mostrare anche caratteri più energetici e, pure durante la stessa fase eruttiva, può evolvere verso attività di fontana di lava, con emissione di abbondanti getti di materiale incandescente fino ad altezze di qualche centinaia di metri. Nel corso del 2013 l'Etna ha avuto un'intensa attività parossistica, con formazione di colonne eruttive ricche di materiale piroclastico, che innalzatesi anche per chilometri al di sopra della bocca eruttiva, hanno determinato abbondanti ricadute di materiale piroclastico lungo i fianchi del vulcano e fino all'area costiera (Figura 2.7.3, Tabella 2.7.1).

**Figura 2.7.3** – *Eruzione dell'Etna del 23 novembre (sinistra). Pulizia delle strade dalla coltre di cenere vulcanica (destra).*



Fonte: Salvatore Costa (sinistra). Catania today del 11/04/2013 (destra)

Una prima fase critica si è verificata a partire dal 19 febbraio al 3 aprile 2013, quando, dopo un lungo periodo di quiescenza del vulcano, l'attività dell'Etna è ripresa dando luogo a manifestazioni parossistiche caratterizzate da fontane di lava che in alcuni casi hanno raggiunto gli 800 metri di altezza e da copiose emissioni di materiale piroclastico in atmosfera. La ricaduta del materiale piroclastico (ceneri e lapilli) ha interessato prevalentemente i quadranti nordest e sudest dell'areale etneo. Una seconda fase d'intensa attività parossistica del vulcano si è avuta nel periodo ottobre-novembre, con aumento delle emissioni e ricadute sui versanti compresi nei quadranti sudovest e nordest dell'areale etneo. Le considerevoli quantità di cenere e lapilli depositati al suolo hanno fortemente inciso sulla viabilità e sui trasporti e hanno prodotto disagi nella popolazione e ricadute negative sulle attività produttive e sul turismo. Le amministrazioni comunali dei territori interessati dal fenomeno hanno provveduto all'attivazione dei C.O.C. (Centri Operativi Comunali), alla chiusura temporanea delle scuole e all'affidamento di interventi di somma urgenza per la pulizia di strade e spazi pubblici ed il conferimento dei materiali raccolti in apposite discariche (Figura 2.7.3). Molti interventi sono stati necessari anche per ripristinare la funzionalità della rete di smaltimento delle acque meteoriche, intasata e/o occlusa dalle ceneri che si accumulano nei tombini, nelle grondaie, pluviali, caditoie riducendo l'efficienza del sistema fognario. Altre risorse sono state necessarie per scongiurare danneggiamenti e crolli dei tetti a causa del peso esercitato

dall'accumulo dei prodotti piroclastici. Inoltre, con apposite ordinanze, si è provveduto alla limitazione ed interdizione della circolazione veicolare nelle strade ricoperte dalla cenere vulcanica. I maggiori problemi per il trasporto aereo si sono verificati durante le eruzioni dell'autunno 2013, che hanno reso necessaria la chiusura temporanea di due settori dello spazio aereo dell'aeroporto di Fontanarossa, con la riduzione del traffico aereo e il dirottamento di molti voli su altri scali regionali o extraregionali. L'interruzione del traffico aereo e le limitazioni del traffico veicolare su strada hanno avuto ripercussioni sulle attività produttive, soprattutto quelle strettamente connesse con il trasporto e la distribuzione di beni e servizi. Il settore che ha registrato i maggiori danni è comunque quello agricolo. Le "piogge nere", per l'azione meccanica legata all'impatto e all'abrasione, hanno rovinato più del 30% della produzione agricola dell'area etnea, rendendo i prodotti non più commercializzabili. Per il solo comparto florovivaistico della fascia jonico-etnea, la Confagricoltura della provincia di Catania ha stimato un danno superiore ai 5 milioni di euro. Danni ingenti sono stati registrati per le colture di agrumi e per la frutticoltura in genere. I danni prodotti dalle ceneri vulcaniche hanno portato la Regione Sicilia alla dichiarazione dello stato di calamità naturale per i territori delle provincie di Messina e Catania interessati dagli eventi (Deliberazione della Giunta Regionale Sicilia n. 141 del 10-apr-2013 e n. 388 del 29-nov-2013). Per la provincia di Messina il provvedimento ha riguardato i comuni di Taormina, Letojanni, Castelmola e Giardini Naxos; mentre per la provincia di Catania ha interessato i comuni di Adrano, Biancavilla, Castiglione di Sicilia, Calatabiano, Fiumefreddo di Sicilia, Linguaglossa, Piedimonte Etneo, Mascali, Milo e Sant'Alfio.

**Tabella 2.7.1 – Principali emissioni di ceneri del vulcano Etna nel 2013**

N. EVENTO	DATA	DIREZIONE CENERI	COMUNI INTERESSATI	NOTE
1	19/02/2013	E	Giarre, Mascali (fraz. Puntalazzo), Milo, Riposto, Sant'Alfio.	
2	20/02/2013	E	Giarre, Mascali (fraz. Puntalazzo), Milo, Riposto, Sant'Alfio	
3	20/02/2013	ENE	Giarre, Mascali (fraz. Puntalazzo), Milo, Riposto, Sant'Alfio, Zafferana Etnea	
4	21/02/2013	N	Randazzo	
5	23/02/2013	NNE	Castiglione di Sicilia (fraz. Gravà, Rovittello e Verzella), Linguaglossa, Graniti, Motta Camastra, Santa Teresa Riva, Taormina.	Aeroporto Fontanarossa di Catania: chiusura di settori aerei
6	28/02/2013	E	Giarre, Mascali, Milo, Riposto, Sant'Alfio	
7	06/03/2013	NNE	Catalbianco, Castiglione di Sicilia, Fiumefreddo di Sicilia, Linguaglossa, Piedimonte Etneo, Giardini Naxos, Santa Teresa Riva, Taormina.	
8	16/03/2013	SE	Acireale (fraz. Guardia, Mangano, Pozzillo, S. Maria Ammalati, San Giovanni Bosco, Santa Tecla, Scillichenti e Stazzo), Santa Venerina, Zafferana Etnea.	Chiusura aeroporto Fontanarossa per un'ora
9	03/04/2013	SE	Acireale (fraz. Guardia, Mangano, Pozzillo, S. Maria Ammalati, San Giovanni Bosco, Santa Tecla e Stazzo), Giarre, Milo, (Bosco del Barone, Nicolosi e S.P. 59/I) Riposto, Santa Venerina, Zafferana Etnea.	Chiusura parziale aeroporto Fontanarossa con deviazione di alcuni voli su Palermo
10	26/10/2013	SO	Adrano, Biancavilla	Aeroporto Fontanarossa: chiusura di settori aerei
11	11/11/2013	NE	Castiglione di Sicilia, Fiumefreddo di Sicilia, Linguaglossa, Piedimonte Etneo, Sant'Alfio	Aeroporto Fontanarossa: chiusura di settori aerei
12	16/11/2013	ENE	Mascali e fraz. Puntalazzo e Nunziata, Milo (fraz. Fornazzo), Sant'Alfio	Aeroporto Fontanarossa: chiusura di settori aerei
13	23/11/2013	NE	Catalbianco, Fiumefreddo di Sicilia, Linguaglossa, Piedimonte Etneo, Sant'Alfio	Aeroporto Fontanarossa: chiusura settori aerei; chiusura autostrada A 18 nel tratto Giarre-Taormina

Fonte: Dati estratti dalla Relazione allegata alla Deliberazione n. 141 del 10/04/2013 e alla Deliberazione n. 388 del 29/11/2013.

F. Fumanti, M. Di Leginio

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

C. Dacquino

ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

### *Cave attive e dismesse/abbandonate*

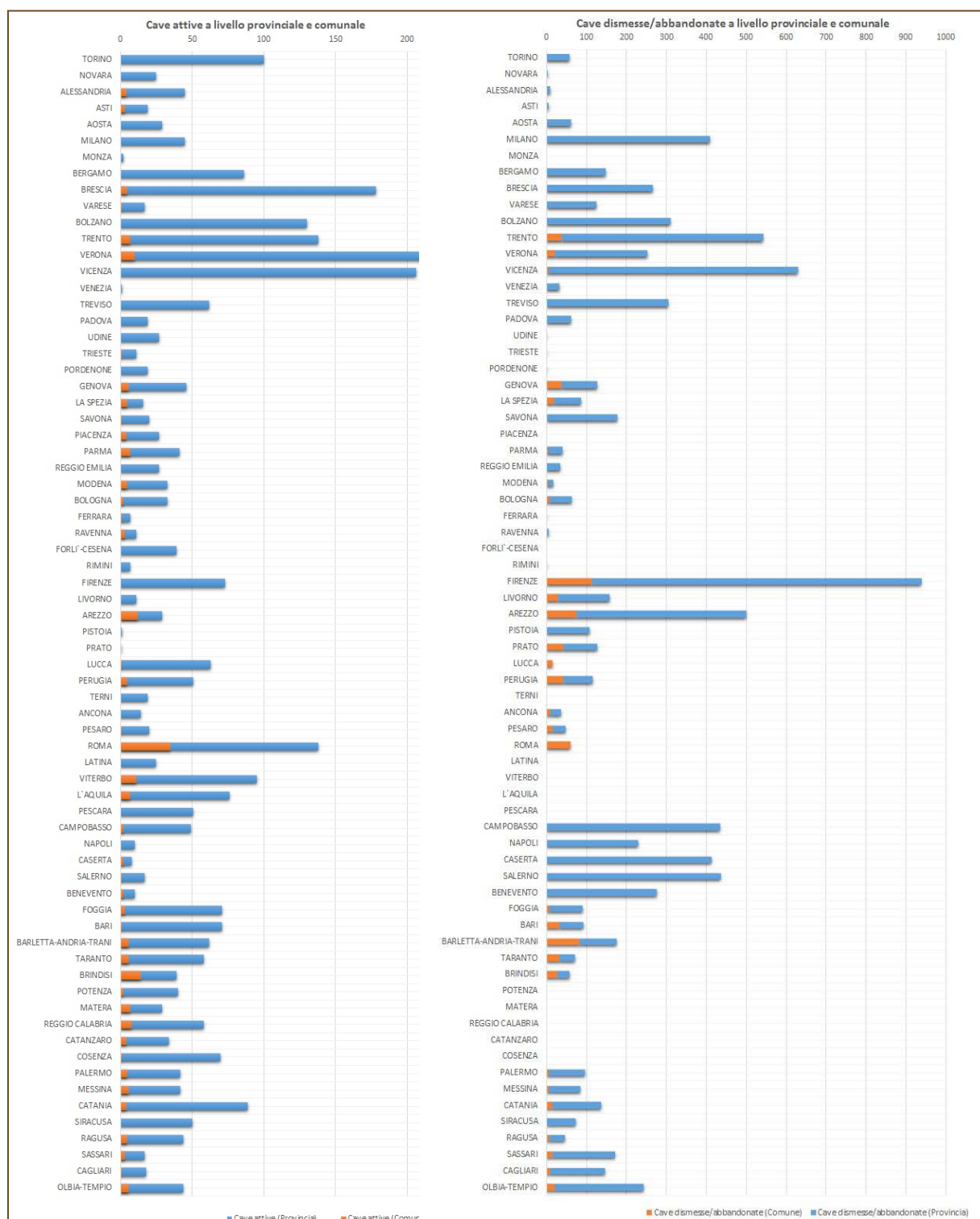
Le attività di estrazione di minerali di prima (miniere) e seconda categoria (cave), seppur in netto calo negli ultimi decenni, rappresentano un importante settore dell'economia nazionale, ma al tempo stesso una possibile causa di degrado ambientale, soprattutto per i problemi di inquinamento e instabilità causati dalle numerose miniere dismesse. In ambito urbano tali siti assumono anche un grande valore storico/culturale poiché rappresentano i luoghi d'origine dei materiali con i quali sono stati edificati i nuclei storici delle città.

In molti casi tali luoghi non sono più accessibili poiché coperti dallo sviluppo urbano, mentre in altri, in particolare nelle aree di pianura, i materiali lapidei erano localizzati al di fuori dell'area urbana, in corrispondenza dei primi affioramenti del substrato. Per tali motivi, l'indicatore prende in esame sia il dato provinciale sia, ove disponibile, il dato comunale.

L'indicatore quantifica le **cave attive** (cioè quelle attualmente in esercizio o comunque con autorizzazione non scaduta) e **cessate**, fornendo, indirettamente, informazioni sul consumo di risorse non rinnovabili, sulla perdita di suolo, sulle modificazioni indotte nel paesaggio, sulle possibili alterazioni idrogeologiche e idrografiche e su possibili fenomeni di dissesto lungo i fronti di scavo. Con i DPR 2/1972 e 616/1977, le competenze relative alla gestione di cave e torbiere sono state trasferite alle regioni. Tutte le regioni hanno legiferato in materia demandando la pianificazione dell'attività estrattiva di cava alla regione stessa e/o alla provincia, mediante la redazione di Piani regionali (o provinciali) dell'attività estrattiva (PRAE o PPAAE). In diverse regioni/province, però, tali piani non sono stati ancora approvati. I dati sono, pertanto, di origine regionale/provinciale (Uffici Attività Estrattive, Siti web ufficiali, Piani delle Attività Estrattive). La frammentazione delle competenze ha determinato una certa disomogeneità nelle informazioni disponibili che rendono difficile la realizzazione di un preciso quadro nazionale. Tenendo presente tali limitazioni, le aree provinciali con più alta concentrazione di siti autorizzati risultano localizzate nel nord Italia e, in particolare, nelle province di Verona, Vicenza e Brescia che presentano più di 170 cave nel loro territorio. Buona parte di queste non risultano però in produzione negli ultimi anni a conferma di una generalizzata crisi del settore (ad es. le cave in esercizio nelle province di Verona e Vicenza risultavano, nel 2011, 75 e 81). A livello comunale, le cave attive risultano generalmente molto limitate con l'eccezione di Roma, probabilmente anche per la grande estensione areale del comune.

Anche il dato relativo alle attività cessate è da valutare con molta cautela. Non tutte le regioni/province si sono dotate di un catasto dei siti dismessi/abbandonati/abusivi e quelli disponibili presentano eterogeneità nelle modalità di censimento tali da rendere difficile il confronto anche tra regioni limitrofe. Alcuni censimenti, di natura prevalentemente amministrativa, includono tutte le cave dismesse/abbandonate, comprendendo quindi anche tutte le cave recuperate, rinaturalizzate o inglobate all'interno delle strutture urbane (es. Lombardia). In altri casi, come ad Arezzo e Firenze, sono state censite anche tutte le cave storiche, in altri ancora solo i siti la cui attività è definitivamente cessata precedentemente (ad es. Trento) o posteriormente all'entrata in vigore della legge regionale in materia oppure solo quelli che necessitano realmente di ripristino ambientale (Umbria, Marche).

**Grafico 2.8.1:** Cave attive e dismesse/abbandonate a livello comunale e provinciale



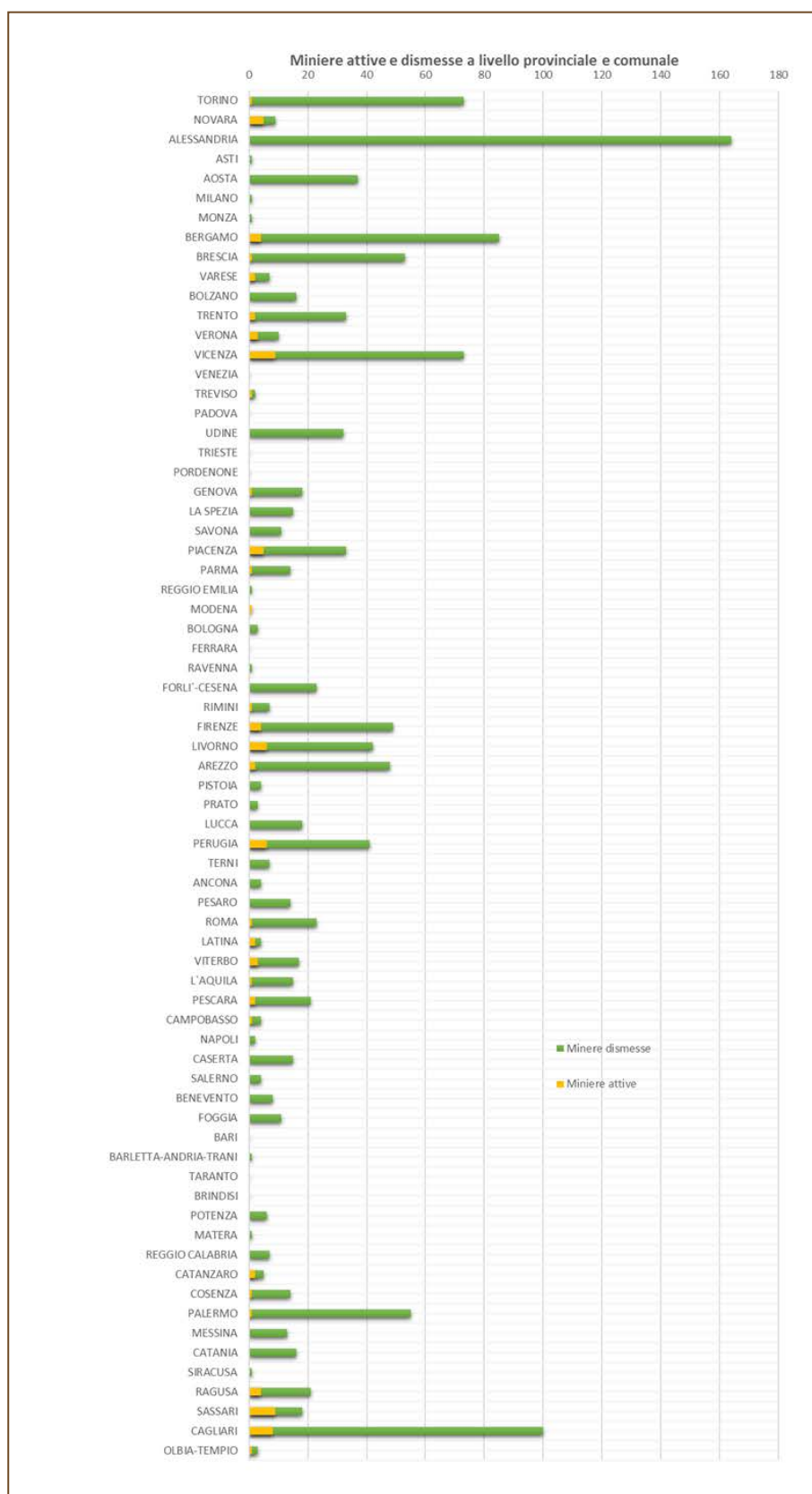
Nota: per il livello di completezza dei dati e gli anni di riferimento si veda la Tabella 2.8.1 in Appendice.  
Fonte: Elaborazione ISPRA su dati provinciali e comunali



L'indicatore considera gli insediamenti estrattivi di minerali di prima categoria, con l'esclusione delle fonti energetiche fluide e delle sorgenti di acque minerali e/o termali, presenti sul territorio nazionale dal 1870 ad oggi. Oltre a definire la diffusione sul territorio di siti estrattivi e dei relativi impianti di servizio (bacini di laveria, discariche di scarti, ecc.), fornisce indicazioni circa l'esistenza di possibili focolai di diffusione di sostanze inquinanti connesse sia alla presenza dei materiali di scarto delle lavorazioni, sia, per quanto riguarda i siti dismessi, alla struttura e geometria dell'area coltivata (gallerie in sotterraneo) che, intersecando le falde profonde e mettendole a contatto con le mineralizzazioni scoperte e rimaste in posto, costituiscono a loro volta sorgente di contaminazione. Gli insediamenti sopra citati sono, inoltre, indice di degradazione del suolo, in quanto le attività antropiche a essi collegate comportano il consumo di risorse non rinnovabili, determinano perdite di coperture pedologiche, possono essere causa di degrado qualitativo sia del suolo sia delle falde acquifere, modificano la morfologia naturale con possibile ripercussione sulla stabilità dei versanti, creano le condizioni per l'instaurarsi di aree degradate, per l'abbandono delle strutture e dei macchinari di pertinenza dei siti e/o di discariche abusive di rifiuti. Va, infine, sottolineato come, in funzione del tipo di coltivazione mineraria e delle tecnologie di arricchimento, delle caratteristiche del minerale estratto e della roccia incassante, il processo di degrado delle strutture di pertinenza degli insediamenti estrattivi può provocare: crolli in sotterraneo, con conseguenti smottamenti e subsidenze in superficie; crolli in superficie delle dighe dei bacini di laveria e/o dei depositi di discarica degli sterili, con conseguenti frane, alluvioni, inquinamenti delle acque superficiali.

L'attività mineraria è stata diffusa nella quasi totalità del territorio nazionale, con un trend in continua ascesa sino alla metà del secolo scorso, per poi decrescere in particolare con il progressivo abbandono dell'estrazione di minerali metallici. Attualmente, l'attività è praticamente residuale e legata sostanzialmente alla presenza di miniere di marna da cemento, di minerali ceramici (feldspati, caolino, refrattari) e a uso industriale (bentonite, terre da sbianca). Da un punto di vista del rischio ecologico-sanitario, le miniere oggi in attività sono meno impattanti rispetto a quelle di minerali metallici, i cui scarti presentano elevate concentrazioni di sostanze inquinanti. Rimane irrisolto il problema del recupero di siti minerari abbandonati (con le relative discariche degli scarti e i bacini di laveria), non ancora oggetto di un intervento organico. La bonifica dei siti minerari, oltre all'eliminazione dei rischi ecologico-sanitari e statico-strutturali, potrebbe portare al recupero di una memoria storico-sociale, particolarmente importante in certe realtà (si pensi alla Sardegna e alla Sicilia), cui potrebbe affiancarsi anche un'attività economica turistico-museale. A livello comunale, solo Sassari presenta due miniere ancora in attività.

**Grafico 2.8.2:** *Miniere attive e dismesse, livello provinciale*



Fonte: ISPRA

## 2.9 LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE URBANE

F. Assennato

ISPRA – Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

M. Falconi

ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

Le emissioni, la contaminazione delle acque e altri parametri ambientali possono essere confinati dai limiti amministrativi? La domanda può sembrare retorica, ma la risposta non è scontata.

È chiaro che, per valutare compiutamente la qualità ambientale di un'area urbana, i confini amministrativi dei comuni, sviluppati nel 1861 subito dopo l'unità d'Italia, non sono sempre idonei. Ciò non solo perché intrinsecamente alcuni fenomeni ambientali non conoscono confini, ma anche perché la maggior parte delle trasformazioni avvenute nel secolo scorso, con una particolare accelerazione con il boom economico del Dopoguerra, ha completamente cambiato il volto delle nostre città. Come se non bastasse, l'incremento demografico e il progressivo spopolamento delle campagne ha fatto sì che le città si siano, in molti casi, sviluppate ben oltre il limite amministrativo comunale, spesso in comuni limitrofi che sono diventati paesi satellite della città originaria.

Fin dalla prima edizione del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ci si è interrogati sull'opportunità di considerare, quale dominio spaziale di riferimento per le valutazioni ambientali, il territorio delimitato dai confini amministrativi comunali. A tutt'oggi è ancora aperto in campo urbanistico il quesito su come identificare con una metodologia armonizzata, la superficie corrispondente all'urbanizzato (per ciascuna città considerata) al fine di rendere più significative e rappresentative le analisi ambientali. L'area urbanizzata a seconda delle definizioni può, infatti, risultare superiore o inferiore alla superficie amministrativa comunale, potendo includere o meno le cinture urbane spesso oggetto di sprawl (espansione), le aree di collegamento funzionale e altre aree aventi le caratteristiche di volta in volta importanti per il fenomeno analizzato.

Ad esempio, il servizio pubblico locale dei comuni capoluogo spesso serve anche i comuni di prima e seconda fascia (metropolitana<sup>21</sup>, treni urbani ad alta percorrenza<sup>22</sup> o linee di autobus urbano<sup>23</sup>) per limitare il traffico veicolare in ingresso in città, dando un'alternativa alle auto per i pendolari giornalieri. Questo è un primo esempio che il limite comunale non è sufficiente per affrontare un tema come quello della mobilità urbana sostenibile.

Che l'analisi ambientale e l'area di intervento superino i confini comunali è vero anche per la qualità dell'aria. Ad esempio, per risolvere i problemi della qualità dell'aria a Milano o a Bologna è necessario mettere in atto misure per diminuire le emissioni di inquinanti atmosferici a livello dell'intera pianura Padana.

Il semplice limite amministrativo può rivelarsi non idoneo anche nel caso di aree verdi naturali come grandi parchi urbani e periurbani, la cui superficie interessa anche comuni contermini: analizzarne lo stato solo per la porzione di territorio all'interno dei confini amministrativi comunali potrebbe sottostimarne il valore in termini di servizi ambientali e sociali forniti alla collettività.

La stessa cosa vale per altri indicatori ambientali?

È stato istituito in ISPRA un Gruppo di Lavoro (GdL)<sup>24</sup> che, per gli indicatori della tematica suolo del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ha due obiettivi prioritari:

1. individuare la dimensione spaziale funzionale alla descrizione di un dato fenomeno tenendo in conto anche dove eventuali interventi di controllo o risanamento vanno realizzati;
2. individuare un metodo di identificazione dell'urbanizzato dove gli effetti negativi si dispiegano (vedi il caso delle frane). Nonostante il GdL si incardini nelle attività per la predisposizione del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, gli obiettivi hanno una valenza generale poiché rispondono all'esigenza di costruire indicatori più solidi, di aprire a metodologie europee di classificazione delle aree urbane, di produrre una rappresentazione più efficace sia fisica che funzionale delle città, possibilmente spingendosi a rappresentare anche dinamiche e flussi. Naturalmente deve essere tenuta presente la necessità/opportunità di avere una perimetrazione che pur maggiormente aderente alla realtà fisica e alle funzioni da rappresentare consenta comunque confronti temporali (ad esempio, una delimitazione che viene modificata ad ogni aggiornamento del Corine Land Cover potrebbe dare origine a

<sup>21</sup> Si veda il collegamento della Linea A della metropolitana di Milano che arriva a Sesto S. Giovanni, e ora è allo studio il prolungamento verso Monza (<http://www.atm-mi.it/it/Pagine/default.aspx>).

<sup>22</sup> Si veda il collegamento FR1 tra Roma e Fara Sabina, con alta frequenza.

<sup>23</sup> Si vedano i collegamenti tra Bologna e Casalecchio di Reno, raggiungibili con autobus con biglietto a tariffa urbana o con altri mezzi pubblici ad alta frequenza.

<sup>24</sup> [http://www.comune.casalecchio.bo.it/upload/casalecchiodireno\\_ecm6/gestionedocumentale/come%20raggiungerci\\_17\\_gennaio\\_784\\_18032.pdf](http://www.comune.casalecchio.bo.it/upload/casalecchiodireno_ecm6/gestionedocumentale/come%20raggiungerci_17_gennaio_784_18032.pdf).

<sup>24</sup> La composizione del GdL ISPRA è la seguente: F. Assennato, S. Brini, A. Chiesura, M. Falconi, F. Fumanti, L. Guerrieri, C. Iadanza, M. Lucarini, M. Munafò, P. Perini, A. Trigila.

criticità).

Il GdL ha avviato una revisione di metodologie ed esperienze disponibili in letteratura, sia in Europa che in Italia, utilizzate per il reporting ambientale e/o statistico. Tra queste si segnalano in particolare:

- il rapporto predisposto dall'ETC-LUSI per conto dell'EEA nel 2008, in cui si è affrontata la questione a livello europeo;
- il rapporto dell'EEA del 2010 sulle "Urban Morphological Zone", che sulla base delle classi del Corine Land Cover identifica le quattro principali tipologie di copertura associabili ad un'area urbana ("Continuous urban fabric", "Discontinuous urban fabric", "Industrial or commercial units", "Green urban areas");
- le definizioni recenti proposte da OCSE<sup>25</sup> e DGREGIO<sup>26</sup> che partono dalla densità di popolazione e dalla continuità delle aree urbanizzate e ragionano sull'identificazione del centro o dei centri multipli di una città, dei grandi centri e delle "commuting zones" che insieme ai centri urbani costituiscono le LUZ. Un utile ragionamento è fatto per l'identificazione delle LUZ2, ovvero l'attribuzione dei perimetri amministrativi a ciascuna zona. Una prima applicazione in questa direzione è fatta in relazione ai fenomeni di espansione e dispersione, nel paragrafo 2.2 del presente Rapporto.

L'analisi delle metodologie già utilizzate e/o proposte contribuirà a rendere le definizioni che saranno predisposte consistenti con la conoscenza scientifica disponibile e confrontabili a livello europeo.

La **Figura 2.4.1** fornisce un quadro dei diversi tipi di perimetrazione in relazione al tipo di informazione ambientale. I limiti amministrativi riflettono bene il livello delle politiche locali che spesso hanno implicazioni per aree situate a pochi chilometri di distanza. Le aree funzionali tengono conto delle relazioni con fattori socio-economici (occupazione, lavoro, mercato, popolazione) che possono essere visti come potenziali drivers di molti processi urbani, tra cui in particolare l'espansione urbana. Infine, le perimetrazioni morfologiche sono adatte all'analisi spaziale (stato e impatti) rilevanti per molti indicatori ambientali.

**Figura 2.9.1** – Relazioni tra i diversi tipi di perimetrazione (colonna di sinistra) e il tipo di informazione in relazione a uno schema DPSIR (colonna di destra)



<sup>25</sup> OECD 2012 Redefining urban: a new way to measure metropolitan areas

<http://www.oecd.org/regional/redefiningurbananewwaytomeasuremetropolitanareas.htm>

<sup>26</sup> EC - DG REGIO 2012 - CITIES IN EUROPE THE NEW OECD-EC DEFINITION RF 1/2012

[http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/focus/2012\\_01\\_city.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/focus/2012_01_city.pdf)



## 2.10 I SUOLI NELL'AMBIENTE URBANO

M. Di Leginio, F. Fumanti  
ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

### LE FUNZIONI DEI SUOLI URBANI

La presenza, diffusione e corretta gestione del verde urbano rappresenta uno dei punti cardine nei modelli di sostenibilità dell'ambiente costruito. Nonostante ciò nelle politiche di pianificazione, soprattutto in Italia, non vengono quasi mai considerate le caratteristiche e la qualità dell'elemento che supporta l'esistenza stessa del verde urbano: il suolo.

Non è facile definire cosa sia un **suolo urbano**, né quali siano i limiti sino a cui un suolo può considerarsi tale. La frammentazione degli habitat tipica del paesaggio urbano e l'ampio spettro di utilizzo del territorio determina una forte variabilità delle caratteristiche chimico/fisiche/biologiche delle coperture pedologiche. Un mosaico che spazia da suoli in condizioni naturali/seminaturali (es. ville storiche, grandi parchi urbani, aree protette urbane e periurbane, aree agricole periferiche), sino a suoli profondamente alterati, suoli coperti da superfici impermeabili/semi-permeabili o suoli costruiti ex-novo (es. aree ex industriali, argini e terrapieni, aiuole spartitraffico). I suoli interni o prossimi alle aree urbane, quando non ricadenti in aree protette, possono subire rapidi cambiamenti d'uso che spesso si concludono con l'impermeabilizzazione, cioè con la perdita irreversibile delle sue funzioni originarie (Ajmone Marsan, 2008). Si tratta di suoli in cui le modificazioni subite dal "parent material" non sono più riconducibili alla morfologia o al clima ma alla successiva azione dell'uomo che subentra come principale agente di formazione (suoli antropogenici).

Secondo alcuni autori il suolo urbano può essere definito come *"un suolo non agricolo, caratterizzato da un orizzonte superficiale artificiale di almeno 50 cm di spessore, che rappresenta il prodotto della combinazione, del riporto e della contaminazione di materiale di origine antropica in aree urbane e suburbane"* (Craul, 1992). Secondo altri autori, invece, non solo i terreni disturbati ma tutti i suoli che gravitano nel contesto urbano possono essere considerati "suoli urbani", inclusi quelli relativamente indisturbati che si ritrovano in aree ricreative come le zone destinate a picnic, parchi, giardini, etc. (Laker, 2007). In questo concetto "esteso" di suolo urbano ricadono quindi anche tutti i suoli che pur essendo in condizioni relativamente naturali, subiscono l'influenza delle trasformazioni ambientali legate alla presenza e all'espansione urbana (es. regime di umidità e temperatura, inquinamento) (Pouyat et al., 2010) contribuendo allo stesso tempo alla mitigazione degli effetti delle trasformazioni ambientali.

Anche quando modificati dall'attività umana i suoli continuano, sia pur con funzionalità legate al grado di alterazione, a fornire gli stessi fondamentali servizi ecosistemici offerti da suoli naturali indisturbati: il suolo, anche nel contesto urbano, è in grado di limitare gli effetti delle sostanze inquinanti, può provvedere allo stoccaggio di carbonio e dei nutrienti minerali, può ospitare una notevole biodiversità e può regolare il ciclo idrologico attraverso l'assorbimento e la ritenzione di acqua al suo interno (Pouyat et al., 2010). I suoli garantiscono la funzione estetico-paesaggistica-culturale delle aree verdi (Chiesura & Sanesi, 2008) e sono essenziali per la conservazione della biodiversità.

### LA CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI URBANI

Nella comunità scientifica è in corso da tempo il dibattito per definire una tassonomia dettagliata sui suoli antropogenici vista l'oggettiva difficoltà nel distinguere suoli naturali, debolmente modificati, parzialmente modificati, completamente modificati o totalmente prodotti dall'uomo (Curtaz et al., 2013).

Per trovare una collocazione nella *Soil Taxonomy* della USDA è nata nel 1995 una Commissione *ad hoc* (ICOMANTH – International Committee on Anthropogenic Soils) con l'obiettivo di stabilire i criteri principali in grado di individuare specifiche classi da inserire nel sistema di classificazione americano. Nelle diverse edizioni della classificazione sono state proposte categorie che potessero identificare quei suoli fortemente influenzati dall'attività umana (con artefatti, con materiali organici provenienti da discariche, con materiali derivanti da dragaggi, ecc.) (Galbraith et al., 2002; Galbraith, 2012; Wilding & Ahrens, 2002).

Il WRB-World Reference Base (IUSS, 2014), evoluzione del sistema FAO e classificazione di riferimento per i suoli europei, prevede due Gruppi di Suoli di Riferimento influenzati più o meno profondamente dall'attività umana:

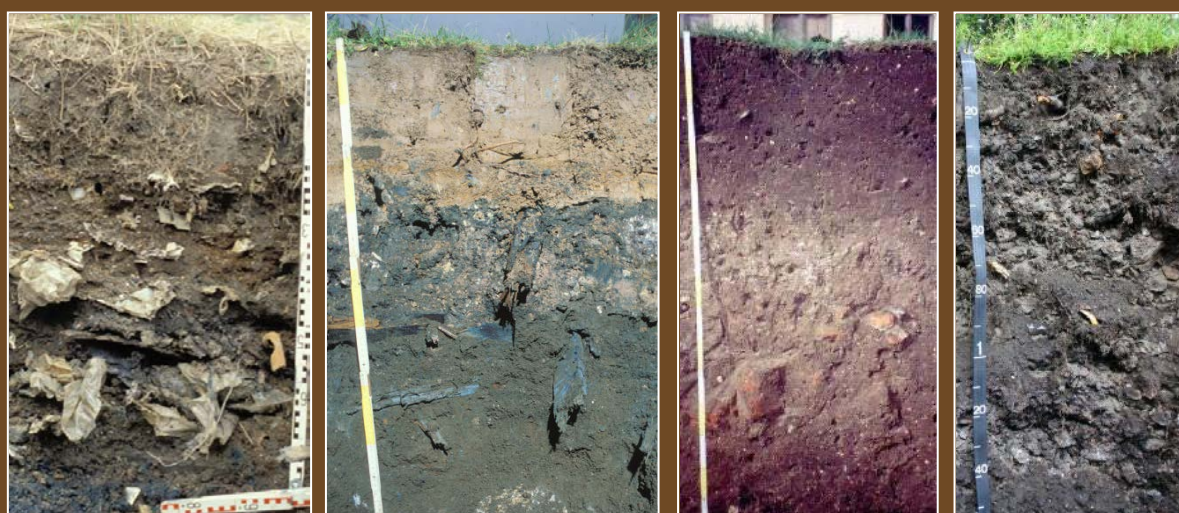
- **Anthrosols**: suoli modificati da prolungate attività umane e caratterizzati al loro interno dalla presenza di orizzonti diagnostici con spessori di almeno 50 cm rappresentativi di irrigazioni

prolungate nel tempo, vecchie pratiche agricole, lavorazioni profonde, fertilizzazioni intensive, applicazioni prolungate di residui organici, etc.

- **Technosols:** suoli con un'elevata quantità di artefatti (materiali derivante da processi produttivi umani) che possono aver subito o meno trasporto. Per rientrare in questa categoria, i suoli devono contenere almeno il 20% di artefatti nei primi 100 cm, avere un orizzonte continuo ed impermeabile nel primo metro di suolo oppure presentare degli orizzonti artificiali induriti nei primi 5 cm del profilo, estesi orizzontalmente per almeno il 95% della superficie del suolo (Figura 2.10.1).

In linea di massima nella prima categoria possono essere inseriti i suoli in cui l'attività umana si è sovrapposta alla naturale evoluzione pedogenetica come in alcuni suoli delle aree periurbane, dei parchi e dei giardini interni all'urbano consolidato. Nei tecnosuoli rientrerebbero, invece, tutti i suoli caratterizzati da una origine "tecnica" che hanno cioè subito una vera e propria manipolazione antropopedogenetica, come nelle opere civili ed infrastrutturali, nei luoghi interessati da attività industriali o militari, nelle attività estrattive, nelle colmate con materiali di risulta derivanti da demolizioni etc.

**Figura 2.10.1** – Alcuni esempi di suoli antropogenici (Technosols). Da sin. a dx: suolo derivante da rifiuti urbani, suolo derivante da rifiuti di una cokeria (da Lehmann, 2004), suolo con rifiuti provenienti da insediamenti umani, suolo con rifiuti industriali (da Spaargaren, 2007).



## LE PROBLEMATICHE DEI SUOLI URBANI

La rapida espansione dei centri urbani ha fatto sì che estese quantità di territorio venissero perse a scapito di suoli agricoli, naturali e/o forestali: negli ultimi anni il consumo di suolo in Italia è cresciuto ad una media di 8 m<sup>2</sup> al secondo e la serie storica dimostra che si tratta di un processo che dal 1956 non conosce battute d'arresto. Si è passati dal 2,8% del 1956 al 6,9% del 2010, con un incremento di 4 punti percentuali. In altre parole, sono stati consumati, in media, più di 7 metri quadrati al secondo per oltre 50 anni (ISPRA, 2014). Il riflesso sui suoli di questo continuo processo è molteplice. Dalla totale asportazione, alla loro più o meno profonda alterazione, alla realizzazione di nuovi suoli. All'interno della "pedodiversità" urbana, escludendo i suoli che possono essere considerati disturbati in modo poco significativo, i suoli antropogenici presentano tipiche caratteristiche e problematiche (Craul, 1992):

- **Grande variabilità verticale e spaziale:** le proprietà di un suolo naturale variano gradualmente sia arealmente sia verticalmente. In un suolo urbano i passaggi verticali tra gli orizzonti e spaziali tra i tipi di suolo possono essere repentini e variano in funzione dell'evoluzione delle attività umane e delle tipologie insediative.
- **Modifica della struttura, compattazione, perdita di sostanza organica:** in molti suoli urbani si registrano fenomeni di compattazione, legati al calpestio o al passaggio di mezzi meccanici, con forte limitazione della infiltrazione delle acque meteoriche nel suolo. La rimozione della lettiera, pratica comune in aiuole e giardini, riduce l'apporto di sostanza organica e nutrienti nel suolo. La scarsità di sostanza organica favorisce lo sviluppo di fenomeni erosivi che possono essere particolarmente intensi sui suoli privi di copertura vegetale.
- **Riduzione della biodiversità edafica:** La riduzione della quantità di aria e acqua disponibile legata alla compattazione, la scarsità di sostanza organica ed i fenomeni di contaminazione

diffusa possono compromettere fortemente la qualità biologica del suolo.

- **Alterazione della reazione del suolo:** valori mediamente alti di pH si registrano nei suoli limitrofi alle arterie stradali, a costruzioni civili o impianti industriali; la principale conseguenza è una generale alterazione nel bilancio dei nutrienti presenti nel suolo stesso.
- **Alterazione dei regimi di temperatura del suolo:** le aree urbane creano isole di calore rispetto alle campagne circostanti, pertanto la radiazione solare su un suolo urbano è senz'altro maggiore di quella riscontrabile su un suolo rurale o boschivo. Ad una generale, con le dovute eccezioni, scarsità di colture vegetale si associa una forte riduzione degli orizzonti organici superficiali in grado di schermare la quantità termica irradiata. Tutto questo provoca condizioni particolarmente sfavorevoli per la crescita delle radici e alla attività biologica del suolo.
- **Contaminazione puntuale e diffusa:** un suolo urbano può contenere un'alta percentuale di materiale antropico sotto forma di vetro, plastica, metallo, asfalto o rifiuto solido in generale la cui decomposizione può liberare una serie di contaminanti in grado di interferire con il ciclo dei nutrienti, portando ad una perdita irreversibile di biodiversità edafica. Oltre ai possibili inquinamenti puntuali legati ad attività industriali, di gestione dei rifiuti, sversamenti accidentali o deliberati al suolo ecc., un ruolo importante è senz'altro costituito dalle fonti di inquinamento diffuso, come il traffico veicolare, in grado di far aumentare le concentrazioni di metalli pesanti nei suoli anche oltre i limiti di legge. La contaminazione dei suoli urbani da parte dei metalli pesanti può rappresentare, pertanto, una seria problematica per la salute umana anche per la possibile presenza di concentrazioni elevate in luoghi normalmente frequentati anche da soggetti altamente sensibili, come nei giardini urbani. Anche per questo motivo la maggior parte degli studi sui suoli urbani sono focalizzati su queste tematiche (vedi sintesi in Ajmone Marsan & Zanini, 2013). Lo studio della contaminazione geochimica, permette di discernere l'inquinamento antropogenico da quello legato alle caratteristiche geologiche (valore di fondo naturale), e fornisce utili informazioni sull'impatto delle attività antropiche, permettendo di attuare idonee misure di prevenzione a lungo termine e di pianificare azioni di contenimento e monitoraggio della qualità dei suoli e dell'ambiente urbano.

A questo proposito vale la pena ricordare come negli ultimi anni sia in netto aumento il numero di progetti finalizzati alla creazione di orti urbani e periurbani nati soprattutto con la logica di accorciare la filiera tra produttore e consumatore, ma anche con l'intento di riutilizzare aree dismesse, favorire la qualità dell'ambiente urbano, stimolare la coesione sociale e avvicinare i giovani alla natura. Le amministrazioni comunali sostenitrici di questi progetti si sono dotate di regolamenti/disciplinari contenenti le perimetrazioni delle aree destinate all'orticoltura, i requisiti, la durata e le modalità per le concessioni, i compiti del comune, etc. In quasi tutti i casi non vengono disciplinate né previste analisi pedologiche periodiche finalizzate a valutare la qualità e la fertilità dei suoli anche se nelle linee guida per la progettazione, l'allestimento e la gestione di orti urbani e periurbani, redatte appositamente dall'Università di Perugia (Romano et al., 2008), siano compresi studi geopedologici per stabilire l'attitudine alla coltivazione di determinate specie vegetali e, per accertare le condizioni ambientali, un continuo e costante monitoraggio ambientale. Laddove è particolarmente sentito il problema dell'inquinamento diffuso le piante e/o gli ortaggi coltivati possono infatti assimilare quantitativi di sostanze inquinanti anche superiori ai limiti di legge.

### **I SUOLI URBANI, UNA RISORSA FONDAMENTALE**

Il manifesto del progetto TUSEC-IP (*Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions Implementation in Planning Procedures*) (Lehmann et al., 2006) afferma che: *“Lo sviluppo sostenibile delle aree urbane ha come scopo la conservazione e il miglioramento della qualità della vita nei centri urbani. Una tutela preventiva dei suoli è un elemento fondamentale dello sviluppo sostenibile nelle aree urbane. È quindi indispensabile promuovere le attività di tutela preventiva dei suoli nella gestione comunale in genere e in particolare nella pianificazione territoriale”*.

L'esistenza di spazi verdi ed aree rurali nel tessuto urbano, anche quando frutto casuale di uno sviluppo disordinato e non di una specifica progettualità, rappresenta una risorsa territoriale importante (Paolanti, 2008). Tali spazi, infatti, possono costituire elementi per la costruzione di reti ecologiche con obiettivi plurimi legati al miglioramento della qualità ambientale, conservazione della biodiversità, promozione dell'agricoltura urbana e forestazione urbana, alla fornitura di opportunità per la ricreazione, così come per l'educazione ambientale, la vita all'aria aperta ed il miglioramento dei paesaggi urbani, in sostanza al riequilibrio ambientale ed ecologico degli ambienti urbani (Di Lorenzo & Di Gennaro, 2008; Chiesura & Sanesi, 2008; si veda anche capitolo 3 - Natura Urbana).

L'esistenza della “Green infrastructure” è dipendente da una “Brown infrastructure” (*sensu* Pouyat

---

et al., 2010) costituita da suoli che, anche quando sviluppati in condizioni ambientali particolari, poiché l'uomo si comporta come un fattore della pedogenesi estremamente vario per la qualità e quantità della sua azione, continuano a fornire gli essenziali servizi ecosistemici forniti dai suoli naturali, sia pur in misura diversa. Definire le qualità, caratteristiche e funzioni di questi suoli è piuttosto complesso, poiché devono essere elaborate apposite strategie di campionamento ed indagine e sviluppate metodiche per la spazializzazione delle informazioni e la gestione della variabilità di questo tipo di suoli (Paolanti, 2008). Nonostante queste difficoltà la conoscenza dei suoli riveste una importanza fondamentale sia nell'elaborazione di corrette politiche di gestione del verde urbano sia nell'ambito della sicurezza alimentare.

I suoli dell'ambiente costruito e dei suoi interni sono, quindi, da considerarsi come una parte sostanziale dell'ecosistema urbano che contribuisce, direttamente e indirettamente, alla buona qualità della vita dei cittadini.



## 2.11 PERICOLOSITÀ DA FAGLIAZIONE SUPERFICIALE IN AREE URBANE

L. Guerrieri, A. M. Blumetti, G. Leoni, V. Commerci, E. Vittori  
ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

La **pericolosità da fagliazione superficiale** è una componente della pericolosità sismica che si focalizza sul potenziale di rottura/deformazione tettonica in superficie durante un evento sismico.

In Italia, nonostante la pericolosità da fagliazione superficiale non sia presa in considerazione nelle carte ufficiali di hazard sismico e nella normativa antisismica, essa è in molti casi tutt'altro che trascurabile.

Il territorio italiano è infatti, caratterizzato:

- i) dalla presenza di un grande numero di faglie capaci, cioè di faglie in grado di produrre rotture o deformazioni significative in superficie o in prossimità di essa;
- ii) da una intensa urbanizzazione, avvenuta soprattutto negli ultimi decenni, che ha interessato diffusamente anche le aree prossime a faglie capaci.

In questa nota si vuole fornire una valutazione preliminare della pericolosità da fagliazione superficiale cui sono esposte le 73 aree urbane oggetto del presente rapporto, con l'obiettivo di evidenziare:

- i) le città in cui questa pericolosità esiste ed è più rilevante, in termini di massimi rigetti attesi;
- ii) quali elementi a rischio sono direttamente minacciati dall'occorrenza di un evento di fagliazione superficiale.

Naturalmente, si tratta di una valutazione assolutamente preliminare che semplicemente mostra quali sono le aree più critiche. Per una valutazione più completa della pericolosità da fagliazione superficiale che sia utilizzabile a fini di pianificazione territoriale e sitologici, sono invece necessarie indagini più approfondite (geologia del Quaternario, analisi sismotettonica e paleosismologia), che consentano di definire in maggior dettaglio la mappatura delle faglie capaci e l'età dell'ultima riattivazione.

### *Un modello di pericolosità da fagliazione superficiale per il territorio italiano*

A partire dagli anni '90, l'ANPA (quindi l'APAT e oggi l'ISPRA) porta avanti il **progetto ITHACA (Italy HAZard from CApable faults)** al fine di aumentare lo stato delle conoscenze sulla pericolosità da fagliazione superficiale in Italia. L'obiettivo del progetto è stato la costruzione di una banca dati facilmente consultabile e contenente le informazioni sulle faglie capaci disponibili in letteratura, integrate da controlli di terreno e studi *ad hoc* (per ulteriori dettagli si rimanda a Commerci et al., 2013). Attualmente, la banca dati ITHACA contiene circa 2000 elementi (**Mappa tematica. 2.11.1**) relativi a faglie che mostrano almeno una delle seguenti evidenze:

- a) fagliazione superficiale cosismica storica;
- b) deformazione tettonica superficiale o per creep;
- c) evidenza paleosismica di rottura del terreno (Pleistocene superiore finale – Olocene);
- d) dislocazione di depositi ed elementi morfologici quaternari.

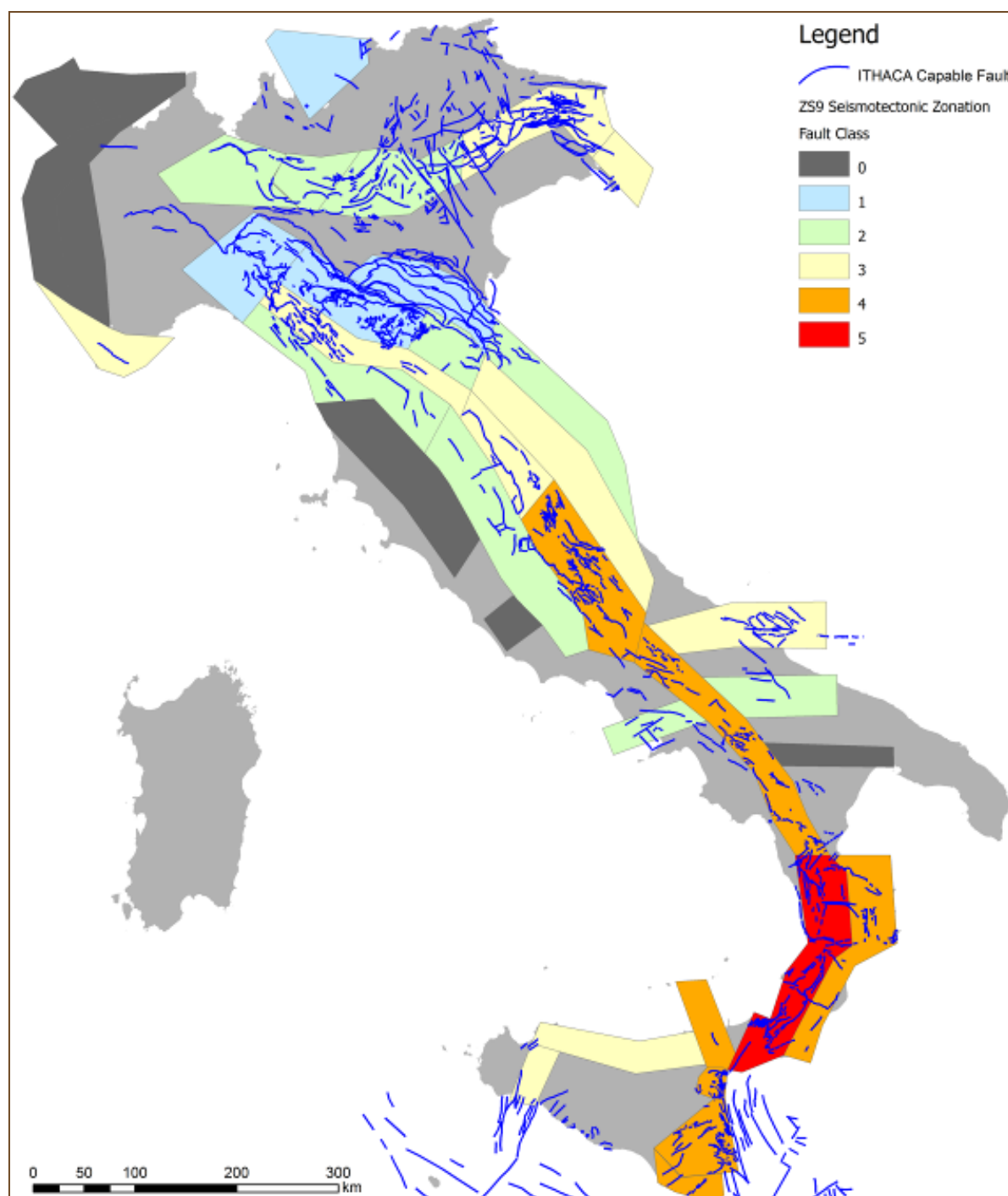
Inoltre, le faglie sono classificate in funzione dell'età dell'ultimo movimento documentato.

Al momento, la banca dati ITHACA, benché sia ancora assai incompleta e non omogenea in termini di risoluzione e grado di affidabilità dei dati a supporto, è di fatto l'unico strumento che consente una prima caratterizzazione della pericolosità da fagliazione superficiale.

Tra gli studi precedenti focalizzati su questa tematica, (Guerrieri et al., 2009) si è posto l'obiettivo di stimare l'estensione delle aree urbane esposte a pericolosità da fagliazione superficiale all'interno della zonazione ZS9. (<http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>; Meletti and Valensise, 2004). Le zone sono state classificate in cinque classi in funzione del massimo rigetto atteso (Guerrieri et al., 2013).

L'analisi è stata condotta per ciascuna zona sismotettonica mediante l'intersezione delle banche dati ITHACA e CORINE Land Cover. I risultati dell'analisi spaziale sono stati pesati con l'introduzione di un parametro (Fault Class) che tiene conto dei massimi rigetti attesi su faglia capace in ciascuna zona. Per questa valutazione è stata considerata un'area di buffer di circa 300 m attorno alle faglie capaci.

**Mappa tematica 2.11.1 – La banca dati ITHACA**

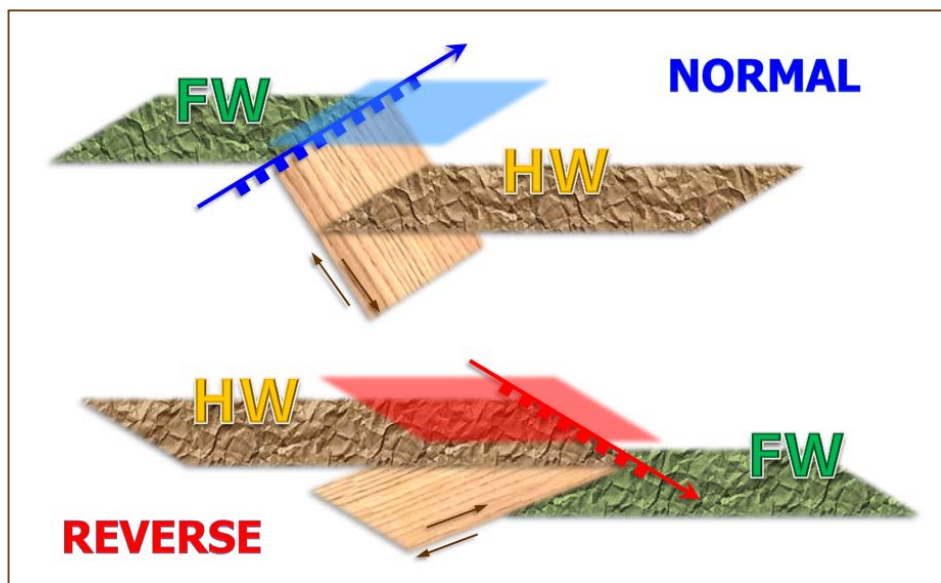


Fonte: Guerrieri et al. (2013)

Più recentemente, Guerrieri et al. (2013) hanno proposto una zonazione più precisa dell'area attorno alla faglia capace, la cui forma ed ampiezza dipendono dal comportamento sismotettonico (es.: stile di fagliazione) e dall'intensità del massimo terremoto atteso. Questi due fattori controllano anche i massimi rigetti attesi in superficie.

Lo studio definisce cinque classi di faglia, per ciascuna delle quali sono definiti i massimi rigetti attesi e le tipiche ampiezze della zona di pericolosità attorno alla traccia principale della faglia capace, sia nel footwall (il blocco al letto della faglia) che nell'hangingwall (il blocco al tetto della faglia) (Figura 2.11.2). La distribuzione delle aree a rischio è asimmetrica rispetto alla traccia principale della faglia capace, più estesa all'hangingwall (HW) e più ridotta al footwall (FW).

**Figura. 2.11.2** – Distribuzione delle aree a rischio



Fonte: Guerrieri et al. (2013)

Per questo motivo, le faglie capaci di ITHACA sono state raggruppate in tre gruppi principali a seconda della cinematica prevalente (normale, inversa o trascorrente) e classificate in classi differenti identificate da specifici intervalli di magnitudo del massimo terremoto associato (Figura 2.11.3). Per tenere conto dell'incertezza nella localizzazione delle faglie capaci di ITHACA è stata introdotta un'ampiezza minima pari a 30 m su entrambi i lati della traccia principale della faglia.

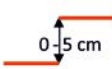





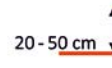
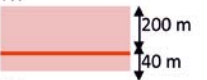








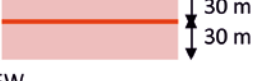






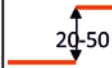





Il modello illustrato classifica le faglie capaci di ITHACA in 5 classi in funzione degli intervalli di magnitudo del massimo terremoto atteso. Per ciascuna classe sono forniti i seguenti dati: massimi rigetti attesi, tipica ampiezza della zona di pericolosità nell'hangingwall (HW) e nel footwall (FW) della faglia capace principale. Sopra: i parametri relativi a faglie dirette con alcuni esempi di fagliazione superficiale su faglie normali. Sotto: gli stessi parametri per faglie inverse e trascorrenti.

Per le faglie dirette (Figura 2.11.3, in alto), le rotture superficiali primarie (*sensu* Youngs et al., 2004) sono attese soprattutto nell'hangingwall della faglia principale: pertanto il modello considera una zona asimmetrica che riguarda soprattutto il blocco ribassato, ed ampiezza proporzionale ai massimi rigetti in superficie.

In ambiente compressivo (Figura 2.11.3, in basso), invece, la fagliazione superficiale avviene tipicamente non solo in corrispondenza dei thrust principali ma anche al nucleo dell'anticlinale di crescita, anche con rigetto normale. Questa zona si può trovare a una distanza variabile (fino a diversi km) nell'hangingwall del thrust principale. Pertanto, l'ampiezza della zona di pericolosità nell'hangingwall è assai più larga di quella relativa alle faglie dirette.

In ambiente trascorrente, infine, spesso caratterizzato da "strutture a fiore" (flower structures *sensu* Twiss & Moores, 1992), ciascun segmento di faglia andrebbe trattato come una sorgente indipendente di pericolosità da fagliazione superficiale, localmente con una componente normale o inversa. In questo caso, pertanto, la zona di pericolosità della struttura nel suo insieme è in via preliminare considerata simmetrica, e ha un'ampiezza proporzionale ai massimi rigetti attesi nella zona di faglia nel suo insieme. Tuttavia, la segmentazione andrebbe ben documentata in modo da poter esprimere la pericolosità su ciascun elemento secondario, tenendo conto della locale cinematica (se inversa o diretta) di tale segmento.

**Figura 2.11.3** – *Classificazione delle faglie capaci in ITACHA*

Fault Class (with $M_{\max}$ ranges)	Normal faults		Examples	
	Maximum expected offset (vertical)	Hazard zone width		
<b>1</b> ( $5.5 < M_{\max} < 6.0$ )		HW  FW		
<b>2</b> ( $6.0 < M_{\max} < 6.3$ )		HW  FW		
<b>3</b> ( $6.3 < M_{\max} < 6.6$ )		HW  FW		
<b>4</b> ( $6.7 < M_{\max} < 7.0$ )		HW  FW		
<b>5</b> $M_{\max} > 7.0$		HW  FW		
Fault Class (with $M_{\max}$ ranges)	Reverse faults		Strike-slip faults	
	Maximum expected offset (vertical)	Hazard zone width	Maximum expected offset (horizontal)	Hazard zone width
<b>1</b> ( $5.5 < M_{\max} < 6.0$ )		HW  FW		 FW
<b>2</b> ( $6.0 < M_{\max} < 6.3$ )		HW  FW		 FW
<b>3</b> ( $6.3 < M_{\max} < 6.6$ )		HW  FW		 FW
<b>4</b> ( $6.7 < M_{\max} < 7.0$ )		HW  FW		 FW

Fonte: Guerrieri et al. (2013)



Il modello descritto al paragrafo precedente è stato applicato alle 73 città oggetto del X Rapporto “Qualità dell’Ambiente Urbano”.

L’analisi condotta sui limiti amministrativi di ciascuna città è stata in particolare rivolta alle 45 città che sono attraversate da faglie capaci (**Mappa tematica 2.11.4**), pari a oltre il 60% del totale. L’area totale a rischio nelle 45 città è pari a circa 244 km<sup>2</sup>, corrispondente a circa il 2,5 % del territorio analizzato.

Si osserva che il fenomeno interessa 45 città con rilevanza molto diversa a seconda dei rigetti massimi attesi, qui classificati in cinque classi (classe 1 = dislocazioni massime inferiori a 5 cm; classe 2 = dislocazioni massime fino a 20 cm; classe 3 = dislocazioni massime fino a 50 cm; classe 4 = dislocazioni massime fino a un metro; classe 5 = dislocazioni massime oltre un metro). Da notare che in quattro città (Catania, Potenza, Treviso e Venezia) la pericolosità sembra interessare una porzione molto piccola di territorio (< 0,5 km<sup>2</sup>, comunque inferiore al 1%) e pertanto anche in queste città il fenomeno può considerarsi trascurabile.

I caratteri salienti delle aree a rischio in ciascuna delle 11 città ove la **pericolosità da fagliazione superficiale** è maggiormente critica è descritta nella **Figura 2.11.5**: Sopra: estensione areale (in valore assoluto e in percentuale rispetto al totale del territorio analizzato); Sotto: incidenza delle classi di copertura del suolo aggregate al primo livello (urbane, agricole e naturali).

Considerati i massimi rigetti attesi, l’analisi ha evidenziato (**Mappa tematica 2.11.4** e **Figura 2.11.5**) che la pericolosità da fagliazione superficiale è **assai rilevante** nelle seguenti quattro città dove le dislocazioni massime attese possono anche essere superiori a un metro, e in particolare:

- **Reggio Calabria** (31 km<sup>2</sup> pari al 12% dell’intero territorio comunale, **Figura 2.11.6**);
- **Messina** (14 km<sup>2</sup> pari al 7% dell’intero territorio comunale);
- **Catanzaro** (5 km<sup>2</sup> pari al 4 % dell’intero territorio comunale);
- **Cosenza** (2 km<sup>2</sup> pari al 5 % dell’intero territorio comunale).

Il fenomeno è **rilevante** anche nelle seguenti quattro città dove le dislocazioni massime attese sono di alcuni decimetri ma probabilmente inferiori al metro, e in particolare:

- **L’Aquila** (38 km<sup>2</sup> pari al 8% dell’intero territorio comunale);
- **Siracusa** (17 km<sup>2</sup> pari al 8% dell’intero territorio comunale);
- **Ragusa** (10 km<sup>2</sup> pari al 2% dell’intero territorio comunale);
- **Benevento** (3 km<sup>2</sup> pari al 2% dell’intero territorio comunale);

Il problema resta **non trascurabile**, anche se meno significativo, nelle tre città dove i massimi rigetti possono arrivare al massimo a pochi decimetri, ovvero:

- **Trieste** (6 km<sup>2</sup> pari al 7 % dell’intero territorio comunale);
- **Udine** (2 km<sup>2</sup> pari al 3 % dell’intero territorio comunale);
- **Perugia** (7 km<sup>2</sup> pari al 2% dell’intero territorio comunale);

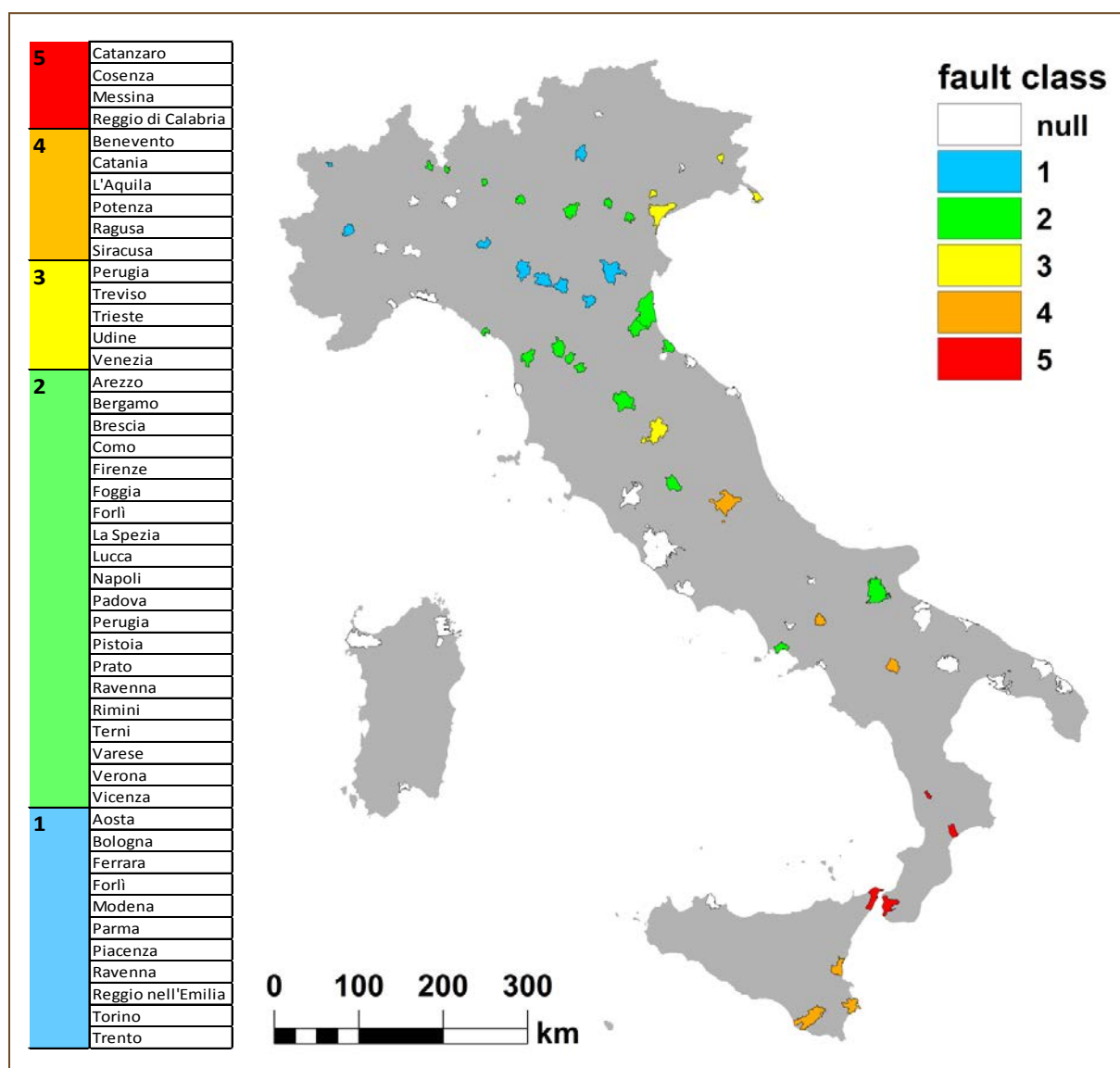
Nelle altre 34 città, la pericolosità da fagliazione superficiale è **poco rilevante** in quanto i rigetti massimi attesi sono nell’ordine di alcuni centimetri (19 città) o addirittura inferiori (le rimanenti 11 città; cfr. **Mappa tematica 2.11.4**), oppure perché interessa una porzione di territorio trascurabile (< 0,5 km<sup>2</sup>, comunque inferiore al 1%), quali a **Catania, Potenza, Treviso e Venezia**.

L’analisi degli elementi a rischio è stata effettuata utilizzando i dati CORINE Land Cover (CLC) relativi al 2006 (EEA, 2007). Solamente il 17% delle aree a rischio definite risulta essere già urbanizzata (classe 1 di CLC), mentre il rimanente 83% comprende aree agricole e naturali che potrebbero però essere oggetto di espansione urbana nel prossimo futuro.

Le tipologie di copertura di suolo per ciascuna delle 11 città sopramenzionate ove il fenomeno non è trascurabile sono riportate nel dettaglio in **Tabella 2.11.1 in Appendice**. L’incidenza di ciascuna classe è riportata in **Figura 2.11.5**, in basso.

Naturalmente, occorre sottolineare l’elevato margine di incertezza in questi valori, che risentono delle incertezze nella localizzazione di alcune faglie capaci di ITHACA e nella risoluzione della banca dati CORINE Land Cover (scala 1:100.000).

**Mappa tematica 2.11.4 - Livello di pericolosità da fagliazione superficiale**



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ITHACA

## Conclusioni

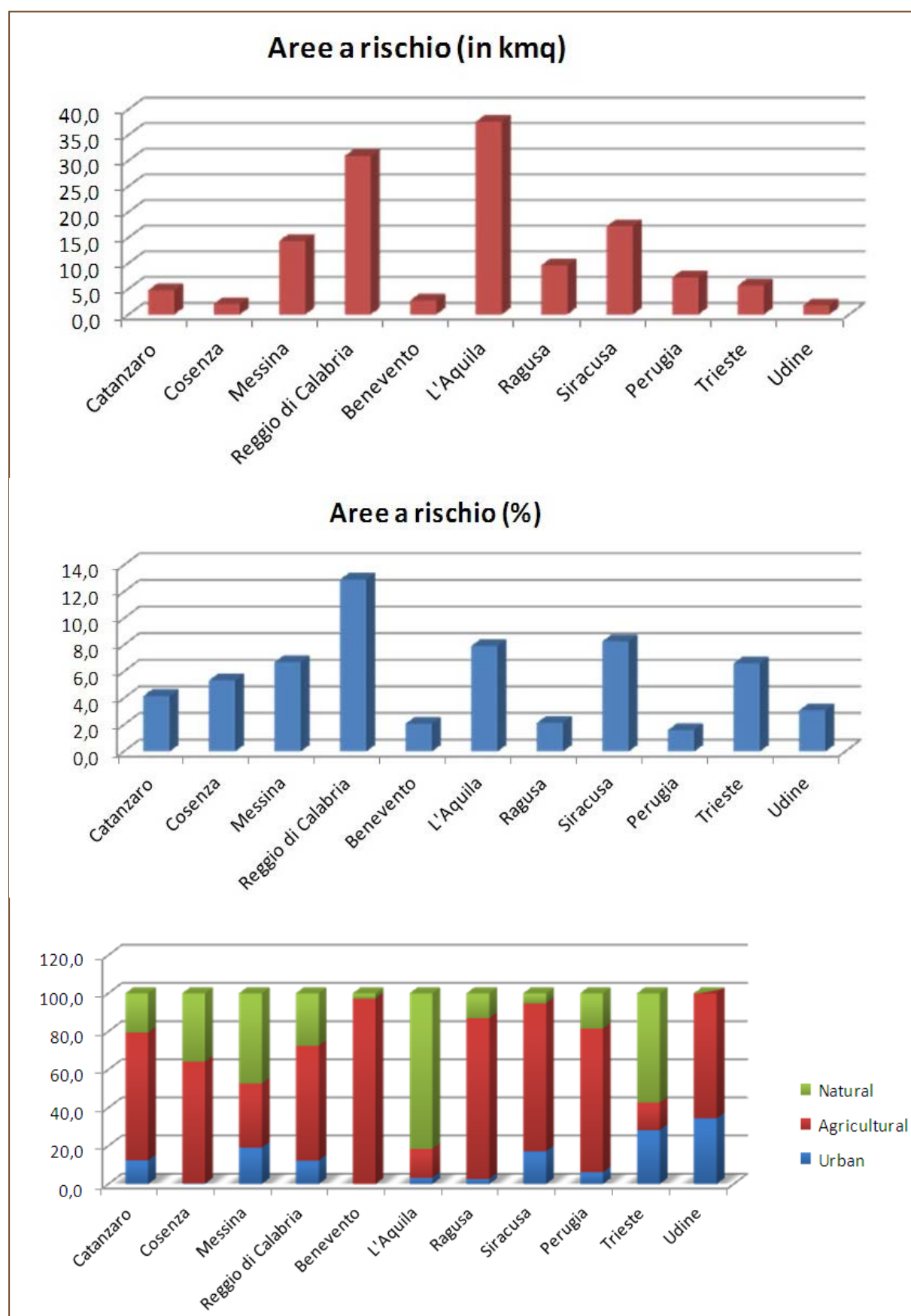
Pur tenendo conto delle notevoli incertezze nella localizzazione delle aree a rischio, questo studio ha messo chiaramente in evidenza in quali città la pericolosità da fagliazione superficiale esiste ed è rilevante, in termini di massimi rigetti attesi ed estensione dell'area a rischio.

Il problema è risultato particolarmente rilevante soprattutto in alcune città della Calabria e della Sicilia orientale, ma anche nel settore centrale degli Appennini ed in Friuli.

Per una zonazione più precisa delle aree a rischio sono necessarie indagini sismotettoniche e paleosismiche finalizzate a

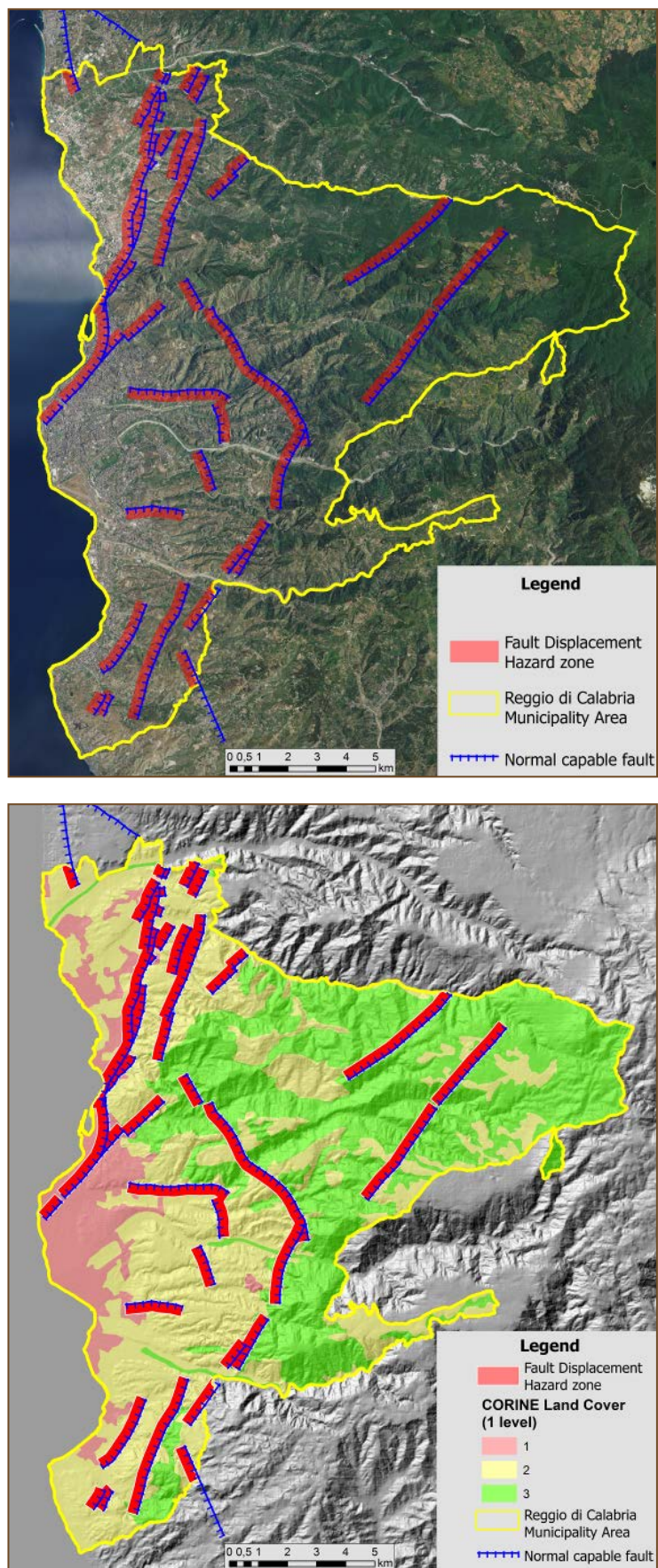
- tenere in debita considerazione la presenza di queste aree che potrebbero essere oggetto di espansione urbana in un prossimo futuro;
- adottare misure di mitigazione per eventuali siti strategici (es. ospedali, scuole, impianti ad alto rischio) situati nelle aree a rischio.

**Figura 2.11.5** – Caratteri salienti delle aree a rischio in 11 città con pericolosità da fagliazione superficiale maggiormente critica



Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ITHACA e CLC2006

**Figura 2.11.6** – *Sopra: mappa delle aree ad elevata pericolosità da fagliazione superficiale nel territorio di Reggio Calabria, localizzate soprattutto all'hangingwall di faglie capaci normali. Sotto: la mappa di copertura del suolo (fonte: CLC 2006) evidenzia dove le aree a rischio sono di tipo urbano (codice 1), agricolo (codice 2) e naturale (codice 3).*





## 2.12 FRANE NELLE AREE URBANE

C. Iadanza, A. Trigila, ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo

### *Frane nelle aree urbane*

L'indicatore **Frane nelle aree urbane** fornisce un quadro generale sui fenomeni franosi presenti nel territorio comunale delle 73 aree urbane.

I dati di input utilizzati per l'elaborazione dell'indicatore sono:

- l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI) realizzato dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome che ha censito 499.511 frane (aggiornamento dati: 2007 per la maggior parte delle regioni, 2008 per la Liguria, 2013 per Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia e Basilicata) con un'area di 21.182 km<sup>2</sup> pari al 7% del territorio nazionale (<http://www.progettoiffi.isprambiente.it>);
- lo strato informativo dei limiti comunali (ISTAT, 2011);
- le sezioni di censimento (ISTAT, 2001)
- il servizio di mappatura dell'uso del suolo a elevata risoluzione *Urban Atlas*, (<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>) realizzato nell'ambito del progetto europeo GMES/Copernicus sui 305 maggiori agglomerati urbani europei.

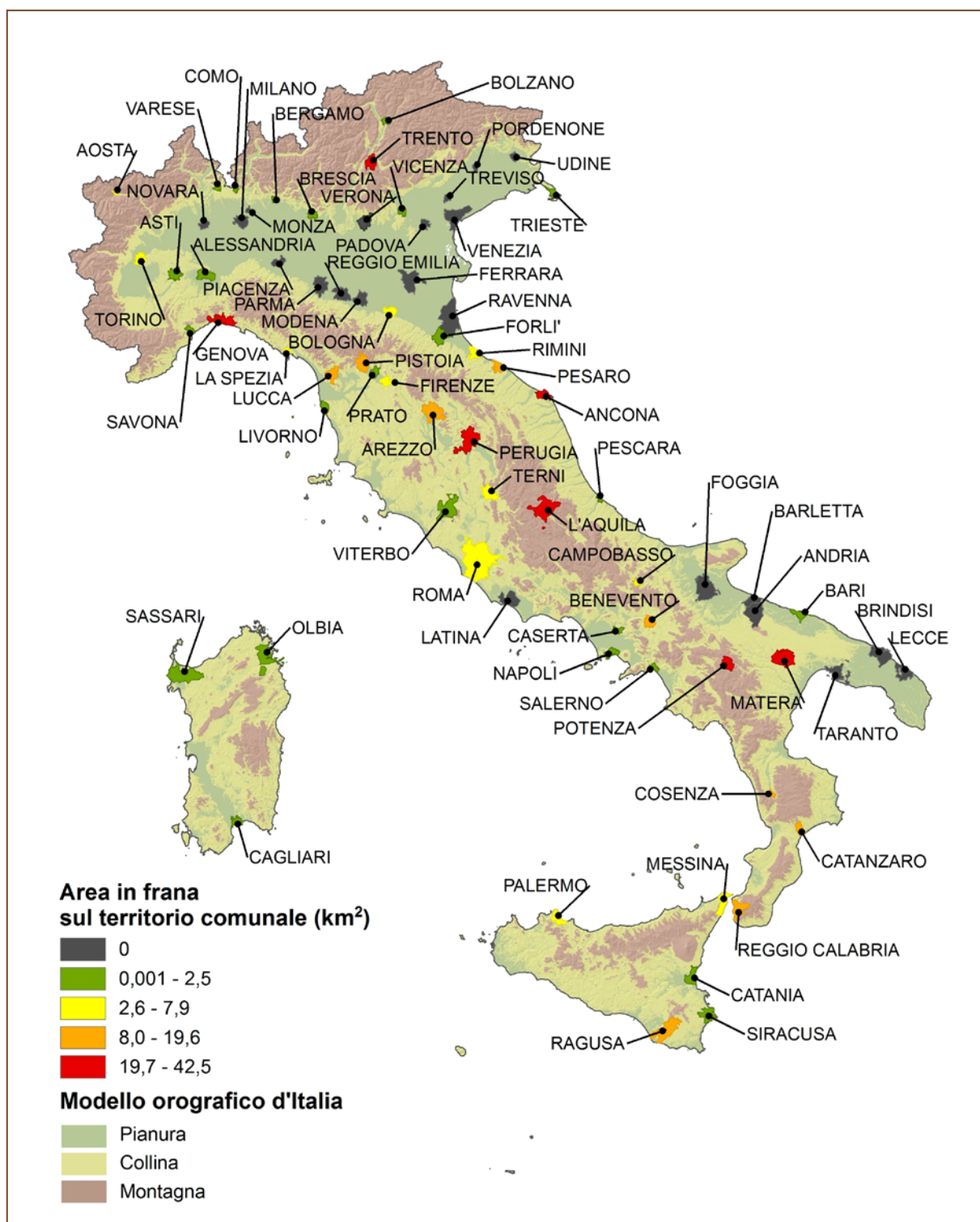
Sono 14.504 le frane che ricadono nel territorio dei 73 comuni oggetto del presente Rapporto, per un'area complessiva in frana pari a 387,72 km<sup>2</sup> (Tabella 2.12.1 in Appendice). L'indice di franosità percentuale, ovvero il rapporto tra l'area in frana e l'area totale dei comuni considerati (15.104 km<sup>2</sup>) è pari al 2,57%.

Potenza, Matera, Trento, Genova, Ancona, L'Aquila e Perugia presentano i valori più elevati di area in frana sul territorio comunale. Ventidue comuni (Andria, Barletta, Brindisi, Ferrara, Foggia, Latina, Lecce, Milano, Modena, Monza, Novara, Padova, Parma, Piacenza, Pordenone, Ravenna, Reggio Emilia, Taranto, Treviso, Udine, Venezia e Verona), ricadendo prevalentemente in aree di pianura, presentano un dissesto da frana molto basso (Figura 2.12.1).

L'urbanizzato interessato dalle frane è stato calcolato per i 32 comuni per i quali è disponibile il livello informativo dell'uso del suolo a elevata risoluzione *Urban Atlas*: è stato effettuato un *overlay* in ambiente GIS delle frane con la classe 1 "Superfici Artificiali" di *Urban Atlas* (Tabella 2.12.1 in Appendice). Occorre precisare che tale analisi è da intendersi cautelativa in quanto non sono stati presi in considerazione gli eventuali interventi strutturali di consolidamento e bonifica dei versanti effettuati nei centri abitati.

La stima della popolazione esposta a fenomeni franosi è stata effettuata intersecando le frane con le sezioni di censimento ISTAT 2001. Il numero di persone esposte è stato stimato moltiplicando la percentuale di area in frana all'interno di ciascuna sezione di censimento per la popolazione residente nella suddetta sezione. Per "popolazione esposta a fenomeni franosi" si intende la popolazione residente esposta al rischio di danni alla persona (morti, dispersi, feriti, evacuati). La stima della popolazione è stata effettuata sulla base dell'ipotesi semplificativa che la popolazione residente sia uniformemente distribuita all'interno di ciascuna sezione di censimento, non essendo disponibile l'esatta ubicazione degli edifici residenziali all'interno della sezione. I comuni sono stati classificati in 8 classi di popolazione esposta a fenomeni franosi (Tabella 2.12.1 in Appendice).

## Mappa Tematica 2.12.1 — Area in frana sul territorio comunale



Fonte: ISPRA

Nota: Il modello orografico d'Italia, ottenuto dal DEM 20x20 metri, classifica come "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).

## 2.13 EVENTI ALLUVIONALI IN AMBIENTE URBANO

D. Berti, M. Lucarini  
ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

La penisola italiana è particolarmente esposta a fenomeni di dissesto idraulico innescati da eventi meteorici intensi, sia di breve che di lunga durata, con effetti che si manifestano in modo differente in base alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e meteo-climatiche del territorio, rapportate alle condizioni di urbanizzazione/uso del suolo. Parallelamente, i danni correlati risultano maggiormente pesanti in quelle aree dove l'intervento antropico ha profondamente modificato il territorio e i caratteri peculiari del paesaggio naturale, rendendoli più fragili e vulnerabili dai fenomeni naturali, in termini di effetti al suolo, di danni diretti, economici e sociali. Esaminando quanto avvenuto negli ultimi due secoli, si è visto che la popolazione si è andata sempre più concentrando nei centri urbani situati in aree di pianura (sia interne che costiere), determinando un'alterazione delle destinazioni d'uso del suolo per scopi residenziali, produttivi e infrastrutturali, sotto la spinta della crescita demografica. Tale processo, in molti casi, non è stato supportato da una razionale e preventiva pianificazione territoriale e quindi ha modificato le caratteristiche della rete di drenaggio naturale, attraverso l'alterazione del grado di permeabilità dei terreni, la sottrazione di aree golenali (con costruzione di manufatti in zone di pertinenza fluviali), il restringimento delle sezioni idrauliche di deflusso e la canalizzazione forzata degli alvei naturali.

Alle azioni sul paesaggio naturale si è sovrapposto, con evidenza sempre crescente negli ultimi decenni, un effetto indotto dalle modificazioni che il clima sta subendo a grande scala, con un evidente cambiamento del regime pluviometrico. I dati mostrano infatti una riduzione media delle precipitazioni, cui si accompagna una variazione nella loro distribuzione temporale e spaziale, caratterizzata dall'aumento di occorrenza di eventi estremi. Sono così molto più frequenti precipitazioni di forte intensità e di breve durata che causano fenomeni alluvionali a rapida evoluzione (con termine di uso comune oramai definiti "flash flood"), soprattutto in ambito urbano.

La relazione diretta esistente tra i cambiamenti del clima, le modificazioni antropiche e l'aumento di eventi estremi resta comunque difficile da definire in termini di effetti e danni. Infatti, all'interno di un singolo evento risulta assai complicato scindere la componente dovuta alle attività umane da quella indotta dalle modificazioni del clima e, in ogni caso, qualunque valutazione non può prescindere dall'esame multi-temporale di una notevole quantità di dati, con disponibilità di serie storiche di eventi estremamente ampie.

In questo studio si tenta di fornire un contributo in tal senso, riportando informazioni sugli effetti al suolo innescati da eventi alluvionali provocati da intensi fenomeni meteorici avvenuti sul territorio nazionale in ambito urbano, anche in termini di conseguenze socio-economiche ad essi connesse. I dati sono tratti da rapporti tecnici e/o archivi redatti da ISPRA, Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, ARPA, Centri Funzionali Regionali, Enti pubblici (Regioni, Province, Comuni), decreti e delibere in ambito nazionale e locale, Istituti vari, Uffici ministeriali e fonti di cronaca.

Analizzando e sintetizzando i dati già presentati nell'ultimo decennio da ISPRA nell'Annuario dei Dati Ambientali (ADA), risulta evidente come spesso i grandi centri urbani, anche per il loro strategico posizionamento lungo bacini fluviali di rilievo, siano particolarmente interessati dagli effetti degli eventi meteorici intensi e come questo coinvolgimento sia in costante crescita nel tempo.

L'analisi effettuata, pur prestandosi ad una ripetizione temporale sistematica sull'intero territorio nazionale, non permette tuttavia nel breve periodo di effettuare con facilità confronti e definizioni di stato ed eventuali trend per diversi anni per singolo centro urbano. Essa si caratterizza quindi per il momento come semplice report/rassegna periodica e la ragione di ciò sta ovviamente nella naturale forte discontinuità temporale e spaziale dei fenomeni descritti, nonché nella loro frequenza fortemente irregolare per ogni singolo centro urbano.

### *Gli eventi alluvionali del 2013 nelle città censite*

L'ISPRA da più di dieci anni porta avanti uno studio sistematico degli eventi alluvionali, con informazioni anche sui caratteri pluviometrici degli eventi (durata delle precipitazioni, massima cumulata nelle 24h, precipitazione totale), sul tipo dei fenomeni di dissesto e sui principali effetti al suolo, ed infine sui provvedimenti d'emergenza adottati per fronteggiare l'evento o per mitigarne i danni.

A partire da questi dati, viene proposta un'analisi che ha l'obiettivo di approfondire gli aspetti legati agli effetti al suolo ed ai danni (in termini di conseguenze dirette e indirette) dei fenomeni alluvionali in 7 capoluoghi italiani (Tabella 2.13.1), che sono stati selezionati tra i 73 già oggetto di precedenti edizioni del RAU, per essere stati interessati da fenomeni alluvionali nel corso del 2013. Le città oggetto di studio, in particolare, sono: Vicenza, Rimini, Siracusa, La Spezia, Olbia, Catanzaro, Pescara.

Nelle Tabelle 2.13.1 e 2.13.2 viene riportata una sintesi dei dati relativi ai caratteri generali dei fenomeni (periodo dell'evento, città, dati pluviometrici, tipo di dissesto) e agli effetti connessi (bacino idrografico interessato, effetti al suolo, eventuali vittime, danni materiali, provvedimenti legislativi adottati), in modo da offrire una panoramica generale d'insieme. Nei successivi paragrafi tali dati vengono poi esplicitati e discussi caso per caso. L'ordine seguito nelle tabelle e nel testo è quello determinato dalla *consecutio* temporale degli eventi: Vicenza (primo evento) è relativo al mese di marzo 2013; Pescara (ultimo evento) è relativo al mese di dicembre 2013.

**Tabella 2.13.1** – Caratteristiche principali degli eventi alluvionali verificatisi in ambiente urbano nel 2013

CITTA'	DATA EVENTO / DURATA	PRECIPITAZIONI TOT. / PICCO	TIPOLOGIA DI DISSESTO (I= idraulico; F= frana; C=costiero)
Vicenza	16-17/5/2013 e 24/5/2013	221 mm Recoaro (VI)	I, F
Rimini	25/6/2013	148 mm Rimini - Ausa	I
Siracusa	20-22/8/2013	360 mm Siracusa	I
La Spezia	20-24/10/2013	124 mm La Foce-M.te Viseggi (SP) in 2 ore e 30 min	I, F
Olbia	18-20/11/2013	190 mm in 24 ore Putzolu – Olbia	I, F
Catanzaro	18-20/11/2013	169,8 mm in 24 ore Catanzaro-Sant'Elia	I, C, F
Pescara	10-12/11/2013 e 1-3/12/2013	144 mm e 100 mm in 24 ore Pescara	I, C, F

Fonte: elaborazione ISPRA

**Tabella 2.13.2** – Effetti al suolo e principali danni degli eventi

CITTA'	EFFETTI AL SUOLO	DANNI	VITTIME	Riferimenti normativi
Vicenza	Frane, grave esondazione fiume Soave (area di provincia), rotture arginali, perdita manufatti, perdita raccolti. Coinvolta Vicenza. Danni attività industriali.	0,271 MI €	1 (nel Veronese)	DCM 26/7/2013 DCM 20/9/2013
Rimini	Frane nei territori collinari, interruzioni viabilità statale e locale, esondazioni, rotture arginali, perdita manufatti. Dissesti sui litorali.	14 MI € (Fondi stanziati per l'EMR)	2 (?)	DCM 09/07/2013
Siracusa	Esondazioni, rotture arginali, perdita manufatti, perdita raccolti in provincia. Tromba d'aria Ad Augusta. Alluvione Siracusa.			
La Spezia	Frane, esondano molti corsi d'acqua dei bacini liguri, perdita manufatti (crollo di ponti sui corsi d'acqua), danni ad attività industriali ed insediamenti antropici.	0,6088 MI €	—	DGR Straord. 11/12/2013
Olbia	Frane nei territori collinari e montani interruzioni viabilità statale e locale, esondazioni, rotture arginali, perdita manufatti, danni ad attività industriali, agricoltura ed insediamenti antropici. Si vedano gli approfondimenti nel Focus "L'evento alluvionale del 18 e 19 novembre 2013 nella Sardegna nord-orientale."	500 MI e (Prov. OT e NU)	18	CDM 19/11/2013 Legge di Stabilità 2014
Catanzaro	Frane, interruzioni viabilità statale e locale, esondazioni, perdita manufatti, danni all'agricoltura ed insediamenti antropici. Mareggiate e fenomeni di erosione costiera. Coinvolta nell'alluvione Catanzaro (rottura dell'acquedotto); grave esondazione del fiume Neto nel crotonese.	20 MI € (Reg. Calabria)	—	DGR 417 20/11/2013
Pescara	Frane nei territori collinari e montani (interrotta in più punti la S.S. 81 Piceno-Aprutina; interrotta la S.S. del G. Sasso), interruzioni viabilità statale e locale, esondazioni, rotture arginali, perdita manufatti, danni ad attività industriali, agricoltura ed insediamenti antropici. Dissesti diffusi sui litorali adriatici con mareggiate ed erosione costiera. Gravi esondazioni nei bacini del teramano e del pescarese. Alluvione a Pescara	5 MI € (Prov. PE)	1	DGR 19/11/2013 DGR 12/12/2013

Fonte: elaborazione ISPRA



L'evento meteo del 16-17 maggio 2013 ha interessato principalmente il bacino del fiume Bacchiglione. Nel comune di Vicenza in diverse arterie cittadine (strada Byron di Sotto e di Sopra, strada di Casale, via della Stanga) e in diversi settori della zona industriale ovest (via dell'Edilizia, via dell'Industria e viale Sant'Agostino) si sono avuti allagamenti per il rigurgito delle acque piovane dalle fognature. Alcuni tratti di strada del Tormeno, Commenda e Porciglia sono stati chiusi per l'esondazione di fossi minori. Nel centro storico di Vicenza è stato chiuso al transito a scopo precauzionale il Ponte degli Angeli (**foto sottostante**), nelle ore di passaggio dell'onda di piena del Fiume Bacchiglione.

Allagamenti diffusi hanno interessato una superficie di circa 4 km<sup>2</sup> situata nell'area occidentale della città, presso la strada della Colombaretta, rendendo inagibili alcune abitazioni (5 persone evacuate).

In molte aree golenali, oramai da tempo antropizzate e interessate da presenza di vari manufatti si sono avuti allagamenti generalizzati e ristagni d'acqua, con chiusura e inagibilità della viabilità cittadina (viale dell'Oreficeria, strada di Ca' Balbi, strada della Caveggiare, strada di Caperse, viale Trissino, viale Eretenio, viale Rumor e contrà Chioare).

A Montebello tre stabilimenti industriali sono stati allagati da circa 40 centimetri di acqua piovana, mentre a Zermeghedo sette fabbriche sono state sommerse da circa 70 cm di acqua e fango a causa dello straripamento del torrente Rodegotto. Inoltre, la strada provinciale «Valchiampo», che collega due centri dell'ovest vicentino, Montebello e Chiampo, è stata interrotta a causa di una serie di allagamenti verificatisi nonostante sia stato aperto anche il bacino di laminazione di Montebello. Nella frazione di Selva si è verificata una frana.



*Vicenza, 17/5/2013. Piena del F. Bacchiglione presso il Ponte degli Angeli (foto: La Nuova Vicenza)*

Ad Arzignano disagi anche per la strada provinciale 89, dove sono registrati diversi allagamenti. Contemporaneamente a Vicenza un masso, del diametro di circa un metro, si è staccato dalla collina sopra la galleria dei Colli Berici dell'autostrada A4 Serenissima, sulla corsia in direzione Milano, tra i caselli di Vicenza Est e Vicenza ovest.

Un evento meteorologico di singolare intensità ha colpito verso la fine di giugno del 2013 il litorale romagnolo, tra Rimini e Cesenatico, dove sono caduti oltre 120 mm di pioggia in un'ora (tempo di ritorno su precipitazione oraria di circa 100 anni)(Tabella 2.13.1). Il capoluogo è stato interessato da precipitazioni temporalesche violente e prolungate associate a grandine, che hanno generato nel reticolo idrografico effetti di tipo piena rapida ("flash flood"), con danni alle attività economiche, ai privati, alla viabilità e alle strutture del litorale (Tabella 2.13.2).

Nonostante infatti il sistema di telecontrollo e telecomando delle paratie e i sistemi di pompaggio di acqua a protezione dell'abitato abbiano funzionato regolarmente, consentendo alla rete idrica di smaltire la portata in eccesso ed evitare allagamenti in gran parte della città, le zone situate a quota minore nel centro storico, a causa dell'elevata intensità oraria delle precipitazioni, hanno invece subito danni per parziale sommersione di locali abitativi e commerciali. Allagamenti si sono verificati in corrispondenza delle sedi stradali e dei sottopassi (foto sottostante), di scantinati e negozi, con tombini saltati ed auto sommerse. Nella zona del centro, Corso d'Augusto si è trasformato in un vero e proprio fiume, a causa della configurazione morfologica particolarmente depressa ed accidentata di diversi tratti di strada. Il fatto singolare rilevato è che l'acqua, inizialmente, ha cominciato a filtrare sgorgando direttamente dalla pavimentazione, a causa delle elevate sovrappressioni prodottesi nel sottostante antico sistema idrico-fognario della città romana e medievale, denominato Fossa Patara. Situazioni molto critiche per allagamenti sono state riscontrate anche nella zona di Via Covignano, Gaiofana, Viserba e Marina centro, dove i tombini di scolo sono risultati intasati di materiale vario per la scarsa manutenzione.

Il casello autostradale di Rimini Sud, allagato in corrispondenza del cantiere per l'ampliamento della terza corsia, è stato chiuso, così come il tratto autostradale Rimini-Riccione.

Oltre ai danni descritti, si sono avute due vittime: una prima con ogni probabilità a seguito di un malore; una seconda, in località Santa Cristina, a causa della sommersione della propria abitazione da parte delle acque melmose provenienti dalla soprastante area collinare. In questo settore della città le sezioni di deflusso dei fossati tombati da moltissimi anni si sono rivelate assolutamente insufficienti; le sovrappressioni generatesi hanno fatto letteralmente "esplodere" i tombini sollevandoli fino ad un'altezza di circa 3 metri (area di Covignano). Allagamenti generalizzati si sono anche verificati in alcune aule della parte interrata del Tribunale, dove sono state sospese le udienze. Anche il carcere dei "Casetti" è stato totalmente invaso da acqua e fango provenienti dalla collina di Covignano, ma anche dal sottostante piccolo fosso tombato, la cui sezione di deflusso è poi risultata quasi completamente ostruita da melma e detriti. Idrovore sono state inoltre attivate per liberare il seminterrato del cimitero civico. A causa del perdurante forte vento, il litorale è stato interessato da un'intensa mareggiata che ha causato fenomeni erosivi alla spiaggia e danni alle strutture balneari.



Rimini, 25/6/2013. Allagamento del sottopasso di Viale Tripoli (foto: Comune di Rimini)

All'inizio della seconda decade di agosto la costa orientale della Sicilia e, in particolare la città di Siracusa, è stata colpita da intensi fenomeni meteorici concentrati in un arco di tempo estremamente breve. In particolare, tra le ore 7 del 21 agosto le ore 7 del 22 agosto sono caduti più di 360 mm di pioggia sulla città (Tabella 2.12.1), in parte sotto forma iniziale di grandine.

Le forti precipitazioni (Tabella 2.12.2) hanno determinato la formazione di una “flash flood” e causato l'inondazione di interi quartieri, con il crollo di tetti di alcuni edifici in stato di precaria stabilità, il completo allagamento della cripta del Santuario della Madonna delle Lacrime (foto sottostante), il lesionamento di alcuni tratti stradali per “esplosione” di diversi tombini della fognatura.

In più, nella borgata Santa Lucia, non lontano dalla zona portuale, la presenza di un esteso cantiere per la realizzazione di una nuova strada all'altezza di Via Arsenale, ha contribuito ad incanalare le acque piovane convogliandole verso la parte più depressa della zona, cioè verso tutte le abitazioni di Via Torino e Piazza Santa Lucia parte di Via Premuda e Vermexio, allagandole. In molti casi gli allagamenti generalizzati sono stati causati dalla scarsissima manutenzione delle griglie di drenaggio e delle condotte di smaltimento delle acque meteoriche. Alcune abitazioni sono state invase dal fango in piazza Santa Lucia e dei cornicioni sono crollati in Ortigia. Nella zona del centro città, i disagi maggiori si sono avuti in viale Epipoli, dove è stato chiuso per allagamento un tratto di 400 metri di strada.



Siracusa, 22 /8/2013. Sommersione della cripta del Santuario della Madonna delle Lacrime (foto: [www.classmeteo.it](http://www.classmeteo.it))



L'evento meteo che ha interessato il Levante ligure tra il 20 ed il 24 ottobre 2013 ha colpito l'area urbanizzata della città de La Spezia, concentrandosi soprattutto nelle prime 3 ore del 24 ottobre, quando si sono registrati quantitativi pari al 99% del totale delle precipitazioni cadute nell'intera giornata.

Nell'area cittadina, il settore maggiormente interessato è stato quello settentrionale, con effetti più rilevanti (Tabella 2.12.2) nei quartieri di Chiappa, Fossitermi, Rebocco e Marinasco. Qui i corsi d'acqua, spesso sotterranei e tombati, sono esondati fuoriuscendo dalla sezione di deflusso, facendo "saltare" le condotte intubate (alvei-strada) e provocando i danni più ingenti. Le acque del Canale Cantarana, "intubato" nei primi del '900, hanno raccolto gli apporti detritici provenienti dalle colline soprastanti, trasportandoli verso valle come carico solido; le elevate sovrappressioni generatesi sulla volta del tombamento ne hanno causato il cedimento strutturale in loc. Chiappa (foto sottostanti), mentre più a valle si sono registrati allagamenti e accumuli di notevoli quantitativi di detriti e fango. Il vicino Fosso di Murlo, dopo aver subito un repentino aumento di portata, ha contribuito a far crollare il manto stradale dell'omonima via di Murlo (dove da poco tempo erano stati svolti lavori di manutenzione della fognatura).

Straripamenti sono stati rilevati anche lungo il Torrente Proffiano, il Fosso Ligurzano ed il Fosso Arzelà La Chiappa, con aree allagate da quasi un metro d'acqua e successiva deposizione di materiale fangoso-detritico al ritiro delle acque stesse (scuola materna Pratoverde, asilo nido, palestra della scuola Jean Piaget e l'area in prossimità del campo sportivo "Bonanni"). Movimenti franosi di limitata estensione hanno interessato le aree collinari come via Cantarana, la zona di Montalbano e la strada per il Parodi.

In collina, le frane hanno coinvolto tratti di alcune vie di Strà, Marinasco e della Foce. Decine gli alberi caduti sulla strada. Sulla variante Aurelia, nei pressi della Loc. San Benedetto, un grosso leccio di diversi quintali è caduto sulla strada, danneggiando un furgone e un'autoscala ma senza provocare feriti.

Alcuni chilometri a nord di La Spezia, in località San Cipriano nel Comune di Beverino, è esondato il Torrente Graveglia. Le acque in piena, scorrendo alla base del muro arginale in cemento armato ne hanno determinato lo scalzamento al piede, ed il suo conseguente crollo per una lunghezza pari a ca. 20 metri. A causa dell'esondazione, tredici persone residenti in prossimità dell'area alluvionata sono state fatte evacuare.



La Spezia, 24/10/2013. Sprofondamento della carreggiata in Loc. Pegazzano (a sinistra, foto: Archivio Cds); collasso della volta per sovrappressione del Canale Cantarana in Loc. Chiappa (a destra, foto: T.D.L).



A partire dalla tarda serata del 17 novembre e fino al 19 novembre 2013, un'intensa ondata di maltempo ha investito la regione Sardegna interessando, in particolare, la gran parte del territorio orientale e sud-occidentale. L'evento, caratterizzato dall'esondazione di numerosi corsi d'acqua, con conseguenti fenomeni di flash flood, soprattutto nell'area di Olbia e in quella del bacino del Fiume Cedrino, ha avuto ripercussioni, con differenti intensità e durate, anche sulle aree della Gallura, delle Baronie, del Monte Acuto, Ogliastro, Barbagia, Sarrabus-Gerrei, Campidano oristanese ed Iglesiente, provocando gravi criticità e danni ingenti con conseguenze tragiche in termini di perdita di vita umane (Tabella 2.12.1 e Tabella 2.12.2).

In particolare, come comunicato dalla Regione Autonoma della Sardegna (RAS), sulla base del censimento dei danni intervenuti e così come indicato dall'Ordinanza del Commissario Delegato per l'emergenza n. 25 del 25.02.2014, 82 comuni del territorio isolano (corrispondenti a circa il 22% del totale dei comuni) sono risultati colpiti dall'evento estremo, inteso nella totalità delle sue forme di manifestazione (alluvione, frana, vento).

Il gravoso bilancio dovuto alle conseguenze in termini di perdita di vite umane è stato fra i più devastanti della storia: 18 le vittime causate dall'evento meteorico, di cui 15 morti per diretta conseguenza dei danni provocati dalla furia delle acque. Le cause a cui attribuire tali pesanti conseguenze sono riconducibili all'allagamento delle proprie abitazioni (7 vittime di cui 5 nei piani interrati), al crollo di attraversamenti stradali o ponti (4 vittime, *foto sottostanti*) e al trascinalimento lungo la viabilità (2 vittime all'interno della propria auto e 2 pedoni).



Olbia, 19/11/2013. Crollo del Ponte Oloè, S.P. n. 46 Oliena-Dorgali (a sinistra) (1 vittima); forti fenomeni erosivi in corrispondenza di un piccolo corso d'acqua, S.P. n. 38 Olbia-Tempio (a destra)(3 vittime);  
(foto: Regione Autonoma della Sardegna)

Inoltre dall'esame dei dati rilevati, in merito agli ai danneggiamenti subiti da cose e beni, pubblici e privati, sono scaturite le seguenti categorie di danno, raggruppate per tipologia: infrastrutture viarie (strade statali, provinciali, comunali e viabilità rurale); reti idriche e relativi impianti; reti fognarie e relativi impianti; reti di smaltimento acque bianche e canali tombati; patrimonio pubblico; patrimonio edilizio e mobiliare privato; comparto agricolo-zootecnico; comparto industriale e terziario. E' opportuno evidenziare anche come i punti di maggiore criticità che hanno contribuito al verificarsi delle suddette tipologie di danno, in corrispondenza o nei pressi del centro comunale di Olbia, corrispondano, in generale, a quelli già individuati nella pianificazione di assetto idrogeologico (P.A.I.), con riferimento ai potenziali rischi di dissesto idrogeologico da alluvione: Ponti stradali; Ponti ferroviari; Urbanizzazione in aree di pertinenza fluviale; Insufficienza sezione trasversale; Scarsa manutenzione fluviale; Opera di difesa in dissesto; Insufficienza/assenza dell'opera di difesa; Interrimento sezione alveata; Insufficienza fognature urbane. Da tutto ciò è emerso, sempre secondo la Regione Autonoma della Sardegna, che il rischio di piena presente nell'intero territorio regionale, confermato da quanto tragicamente accaduto, è risultato spesso indotto da una scarsa attenzione ai corsi d'acqua ed alle loro aree di pertinenza, sia per quanto riguarda l'interazione con le infrastrutture esistenti, sia per la non adeguata considerazione in ambito di pianificazione territoriale.

Tra il 18 ed il 20 novembre 2013 le province di Catanzaro e Crotone sono state interessate da una fase di maltempo durata ca. 70 ore, con picchi pluviometrici, registrati presso la stazione di Catanzaro-Sant'Elia, di 170 mm di pioggia cumulata in un arco temporale di 24 ore (*Tabella 2.12.1*), mentre a Cirò Marina (KR) la cumulata totale dell'evento è risultata essere pari a 254 mm.

I danni stimati dalla Regione Calabria nel solo comune di Catanzaro ammontano ad alcune decine di milioni di euro (*Tabella 2.12.2*). Le principali criticità hanno riguardato l'intero quartiere di Santa Maria (*foto sottostante*), viale degli Angioini a Sala, via Corrado Alvaro, l'intera zona di Janò già interessata da un evento franoso alcuni anni fa, Germaneto, località Vicenzale.

Nel centro storico le forti precipitazioni hanno creato problemi alla viabilità, con alcune strade interrotte per la presenza di voragini, accumuli di detriti e/o allagamenti.

La strada provinciale 25 è stata travolta dall'ondata del fiume Alli. Per alcuni giorni sono rimasti senza collegamenti con il capoluogo i centri di Sorbo, Maranise, Albi, Fossato Serralta, dove si sono verificati diversi movimenti franosi, uno dei quali, in località Fossato, ha interessato diversi ettari di terreno.

La chiesa della Madonna delle Grazie nel quartiere Cava a Catanzaro si è completamente allagata; mentre un automobilista è stato soccorso dopo essere stato travolto dalle acque in piena del torrente Fiumarella che hanno invaso la strada di viale Isonzo a Catanzaro Lido. Qui le forti mareggiate hanno provocato notevoli fenomeni erosivi lungo il litorale.

Molti centri in provincia di Catanzaro e gran parte dello stesso capoluogo sono rimasti senza fornitura idrica per circa 4 giorni a causa dei fenomeni erosivi che hanno profondamente lesionato gli acquedotti di Santa Domenica e di Alli.



Catanzaro, 19/11/2013. Allagamenti nel quartiere Santa Maria  
(foto: Il Quotidiano della Calabria)

La città di Pescara sul finire dell'autunno scorso è stata colpita da due pesanti eventi alluvionali verificatisi a breve distanza di tempo l'uno dall'altro: il primo tra il 10 ed il 12 novembre 2013; il secondo tra il 1° ed il 3 dicembre 2013. In entrambi i casi i danni sono stati provocati da allagamenti generalizzati nell'area cittadina, da fenomeni di sovrappressione nelle condotte di smaltimento delle acque di scolo e dall'evoluzione verso valle di piccole colate rapide e debris flow originatisi nella zona collinare. Nell'evento di dicembre la situazione dei danni è stata fortemente aggravata dalla contemporanea eccezionale piena del fiume Pescara e dalle intense mareggiate verificatesi lungo il litorale.

La quantità cumulata di pioggia caduta in circa 24 ore durante l'episodio di novembre è risultata pari a 144 millimetri (Tabella 2.12.1). Tra le aree cittadine più colpite sono stati i quartieri di Colli, Via Monte Faito e Strada Vecchia della Madonna, dove i tombini fognari, a seconda dei casi, sono stati sollevati ed espulsi dalla sede stradale o, al contrario, sono sprofondati rispetto al piano di posa, finendo quasi risucchiati verso il basso. Per quanto riguarda gli allagamenti superficiali il quartiere maggiormente colpito è risultato quello di Porta Nuova (foto sottostante, Porta Nuova). In via precauzionale sono state chiuse al transito e alla sosta le due aree di golena nord e sud, che sono le zone di massimo pericolo in caso di esondazione del fiume Pescara. I danni sono stati rilevanti anche sulla riviera sud a causa di forti mareggiate che hanno prodotto forti fenomeni erosivi sul litorale al confine tra i comuni di Pescara e Francavilla al Mare. In alcuni casi il reticolo idrografico minore ha causato danni per esondazione in corrispondenza di opere di restringimento o attraversamento, a causa del trasporto in carico solido di detriti e alberi che hanno ostruito le sezioni di deflusso (Fosso Vallelunga).

Durante i primi giorni di dicembre 2013, la città è stata nuovamente coinvolta da un secondo evento alluvionale, caratterizzato da forti temporali con più di 100 mm di pioggia caduti nelle 24 ore, conseguenti ad un'abbondante nevicata che aveva nei giorni precedenti interessato le zone montane e collinari. Poiché i fenomeni temporaleschi sono stati accompagnati da un sensibile rialzo termico, il rapido scioglimento della neve caduta ha fornito un ulteriore contributo di portata liquida al reticolo fluviale, aggravando gli effetti al suolo delle già abbondanti precipitazioni. Il fiume Pescara, in questo caso, ha prodotto i più seri danni tra quelli verificatisi. Le due aree di golena sono state completamente inondate e il corso d'acqua è esondato in più punti della città (foto sottostante, Via del Circuito). Molte decine di persone sono state evacuate da abitazioni e aree produttive. In questo secondo evento si è avuto anche il decesso di una persona bloccata in automobile in corrispondenza di un sottopasso allagato. Pesanti sono risultati anche i danni causati da allagamenti generalizzati in molte vie secondarie di comunicazione interne al perimetro cittadino, o primarie esterne, quali la SS 714 dal km 10,000 al 10,100, il Raccordo autostradale "Chieti-Pescara", la SS714 al km 7,500 e la SS16Dir/C al km 1,700 in corrispondenza dello svincolo "Porta Nuova".



Pescara 12/11/2013. Allagamenti nei pressi della zona di Porta Nuova (foto: [www.ilpescara.it](http://www.ilpescara.it))



Pescara 2/12/2013. Allagamento in via del Circuito, a seguito dell'esondazione del fiume Pescara (foto: E. Iuliano)



Gli effetti sul territorio ed i numerosi danni appena descritti rappresentano un prima breve finestra sugli eventi alluvionali, che si ripetono oramai ciclicamente in molte città italiane. Per questi, la gravità di quanto accade durante la fase parossistica dell'evento va ben oltre l'eccezionalità dei fenomeni, invece sempre più frequentemente invocata da amministratori e popolazione. Anche ad un primo rapido esame, in realtà, risulta evidente come ad un'innegabile modifica del regime pluviometrico che accentua il peso delle cause scatenanti dei dissesti si sovrapponga l'azione di sistematica alterazione delle condizioni naturali originarie locali da parte dell'uomo, con il risultato di amplificare di molto gli effetti nefasti dei fenomeni. La rete idrografica naturale nelle aree di espansione urbanistica, oltre ad essere fortemente modificata, è spesso anche mascherata dalla sovrapposizione di infrastrutture, strade, edifici ed aree per attività produttive, in modo tale da rendere quasi irriconoscibile la situazione originaria e quindi le caratteristiche evolutive del "paesaggio" geomorfologico-idraulico.

Inoltre, come si è visto nel caso di La Spezia e Olbia (si vedano le immagini nei soprastanti paragrafi), le opere di canalizzazione, tombatura o deviazione degli alvei naturali vengono spesso fatte secondo sezioni di deflusso inadeguate alla portata ed al carico solido di picco. Se poi a ciò si aggiunge che spesso tutti gli interventi di regimazione del reticolo idrografico vengono attuati all'interno di zone urbanizzate che si sono oramai da tempo sviluppate nelle aree di naturale espansione fluviale, ben si comprende come in occasione di eventi con pluviometria molto significativa si possano registrare effetti al suolo e danni come quelli sopra descritti.

Sebbene quindi la programmazione di misure di mitigazione dello stato di pericolo idrogeologico (o di rischio, se sono presenti beni, persone o cose vulnerabili) dovrebbe costituire uno degli oggetti principali dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti dalle Autorità competenti, spesso viene attuata una pianificazione territoriale e urbanistica totalmente inadeguata.

In particolare, riguardo i casi di eventuale espansione urbanistica, per evitare l'aggravio delle condizioni di dissesto idraulico nei bacini, dovrebbe essere prevista una valutazione dell'alterazione del regime idraulico (ad esempio, indotto dalle modifiche al grado di permeabilità) provocata dalle nuove previsioni edificatorie, nonché dovrebbero essere previste idonee misure compensative. A tal proposito, dovrebbero essere introdotte prescrizioni riguardo l'invarianza idraulica delle trasformazioni urbanistiche del territorio del bacino idrografico, con particolare riferimento ai contesti urbani di pianura. In altre parole, le modifiche ad una certa area non dovrebbero determinare un aumento della portata di piena del corpo idrico ricevente i deflussi superficiali originati nell'area stessa e, allo stesso tempo, non dovrebbero originare nuove situazioni di pericolosità in aree precedentemente non classificate come tali.

Le aree urbanizzate, o di futura espansione urbanistica esposte ad elevata criticità idraulica necessiterebbero dunque 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 situazioni (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 (unita agli studi di invarianza idraulica) 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 d'uso del suolo e l'utilizzo di pratiche finalizzate alla riduzione del rischio per gli elementi esposti a danneggiamento. A tale proposito va ovviamente rilevato come sia poi necessario che misure di mitigazione e vincoli previsti non restino inapplicati, come invece la maggior parte dei casi dei 7 centri comunali esaminati ha segnalato.

In aggiunta alle norme ed ai vincoli dei PAI, il tentativo di costruzione sistematica di una casistica di tutti i punti di elevata criticità nell'assetto idrogeologico dell'urbanizzato, oggetto del presente studio, potrebbe fornire in definitiva un ulteriore decisivo contributo all'individuazione delle strategie di mitigazione del rischio idrogeologico a livello territoriale, nelle politiche di adattamento alle modificazioni del regime pluviometrico e, più in generale, del clima a scala globale.



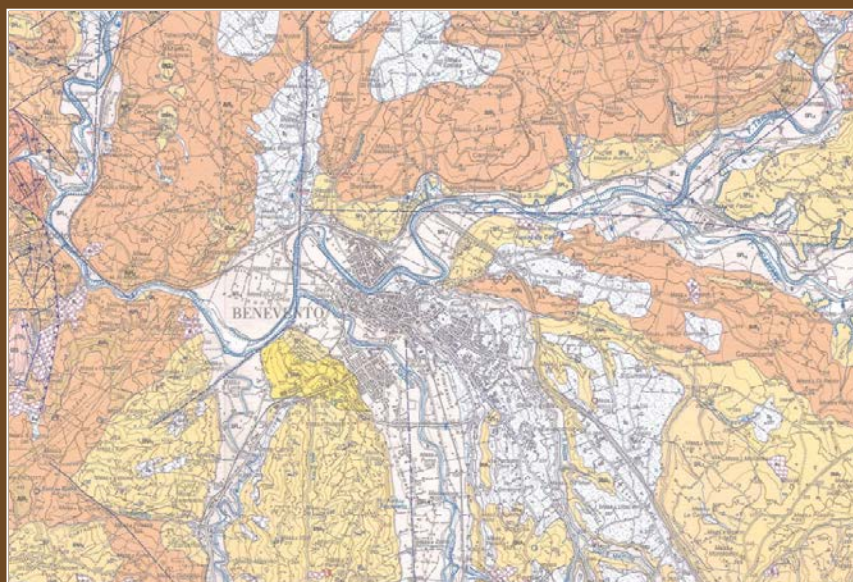
## 2.14 LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLE GRANDI AREE URBANE ITALIANE: BENEVENTO, L'AQUILA E VITERBO

P.Perini (Benevento), R. Di Stefano (L'Aquila), R. Bonomo, V. Ricci, L. Vita (Viterbo)  
ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo

### *Benevento*

L'area urbana della città di Benevento ricade nel Foglio geologico n° 432 "Benevento" (realizzato dall'Università degli Studi di Urbino con il coordinamento di U. Chiocchini) in scala 1:50.000 (Figura 2.14.1). Le informazioni qui riportate provengono essenzialmente dalle *Note Illustrative* e dall'esame della carta geologica. La città occupa parte della piana alluvionale del F. Calore che in questo settore presenta andamento meandriforme. Ad ovest del nucleo cittadino si realizza la confluenza con il F. Sabato mentre ad est quelle con il F. Tammaro e il T. San Nicola. Questi corsi d'acqua sono affluenti di sinistra del F. Volturno e pertanto ricadono nelle competenze dell'Autorità di bacino Liri-Garigliano-Volturno. L'analisi della carta geologica permette di ottenere diverse informazioni: i sedimenti più recenti, e quindi più superficiali, sono costituiti da sabbie, limi e ghiaie legati alle dinamiche fluviali dei principali corsi d'acqua. Il substrato è costituito prevalentemente da Argille Varicolori sulle quali si sono depositati sedimenti pliocenici che, variando da peliti e arenarie neritiche a sabbie di battigia a conglomerati di conoide, testimoniano l'emersione dell'area. Le forme del rilievo sono dolci e le quote digradano progressivamente dai settori sud orientali a quelli nord occidentali dai 250 ai 120 m s.l.m. La costituzione litologica conferisce una permeabilità bassa e/o molto bassa alle formazioni affioranti. I depositi alluvionali del F. Calore ospitano una falda la cui profondità si attesta tra i 4 e i 15 metri. Le sorgenti censite non superano portate di 1 l/s.

**Figura 2.14.1** – Stralcio del Foglio 432 Benevento in scala 1:50.000 relativo all'area urbana

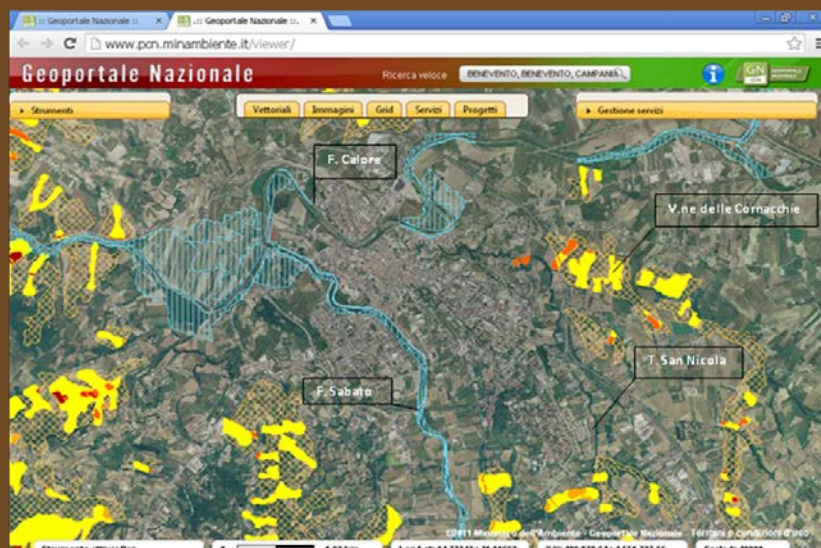


L'assetto geologico e geomorfologico del territorio evidenzia la presenza di fattori predisponenti rischi naturali di tipo geologico-idraulico. La consultazione della cartografia informatizzata relativa al rischio geologico-idraulico PAI (Figura 2.14.2) messa a disposizione dal PCN (Portale Cartografico Nazionale) consente di individuare quelle aree prospicienti le aste dei fiumi Calore e Sabato classificate a rischio alluvione.

I fenomeni di dissesto gravitativo prossimi all'area urbana sono distribuiti sia nelle aree di affioramento delle Argille Varicolori presenti nel Vallone delle Cornacchie sia sul versante destro del F. Sabato e lungo il T. San Nicola dove sono presenti litologie sabbiose con intercalazioni argillose, nel settore meridionale dell'area urbanizzata. Il database IFFI (Inventario Fenomeni

Franosi in Italia) segnala la presenza di fenomeni franosi di tipo colamento (tipico delle litologie argillose) e scivolamento rotazionale che, pur non essendo particolarmente estesi potrebbero in alcuni casi essere causa dello sbarramento temporaneo dei corsi d'acqua. Nel database RENDIS (Repertorio Nazionale degli interventi per la Difesa del Suolo) sono presenti due interventi per la mitigazione del rischio; tutti e due sono stati eseguiti sul F. Calore ed hanno comportato la realizzazione di opere di riqualificazione e regimazione del corso d'acqua.

**Figura 2.14.2** – Aree PAI Rischio idrogeologico



Tra gli eventi geologici che costituiscono la “memoria storica” della città si segnala il sisma del 1930 e l'alluvione del 2 ottobre 1949 (Figura 2.14.3) che portò gravi danni in città e all'antico ponte sul Calore, disegnato da Vanvitelli, successivamente dichiarato inagibile e quindi demolito per effettuare la ricostruzione dell'attuale collegamento.

**Figura 2.14.3** – Immagine di archivio dell'alluvione del F. Calore del 1949.



La classificazione sismica del territorio, consultabile sul sito PCN, assegna il comune di Benevento alla Zona 1, pertanto risulta un'area dove si possono risentire gli effetti di terremoti molto intensi con elevati valori di accelerazione. L'ultimo evento importante a causare danni è stato il sisma del 23 novembre 1980 che ha racchiuso l'area dell'intero Foglio Benevento tra le isosisme del VII e VIII grado MSK. Una sequenza sismica più recente ha interessato l'area di Benevento nel 1990 lungo un allineamento orientato circa E-W individuato a NW della città.

La città di L'Aquila ricade all'interno Foglio geologico (alla scala 1:50.000) n° 359 L'Aquila (Fig. 2.14.8). Il Foglio è stato pubblicato da APAT nel 2006 e realizzato nell'ambito del Progetto CARG dalla Regione Abruzzo. Il lavoro scientifico è stato coordinato dal prof. E. Centamore che ha curato anche i lavori per il substrato geologico, mentre il Quaternario è stato seguito dal prof. F. Dramis e la biostratigrafia dal prof. U. Crescenti. Tutte le informazioni di carattere geologico e geomorfologico inerenti l'area sono tratte da questo Foglio.

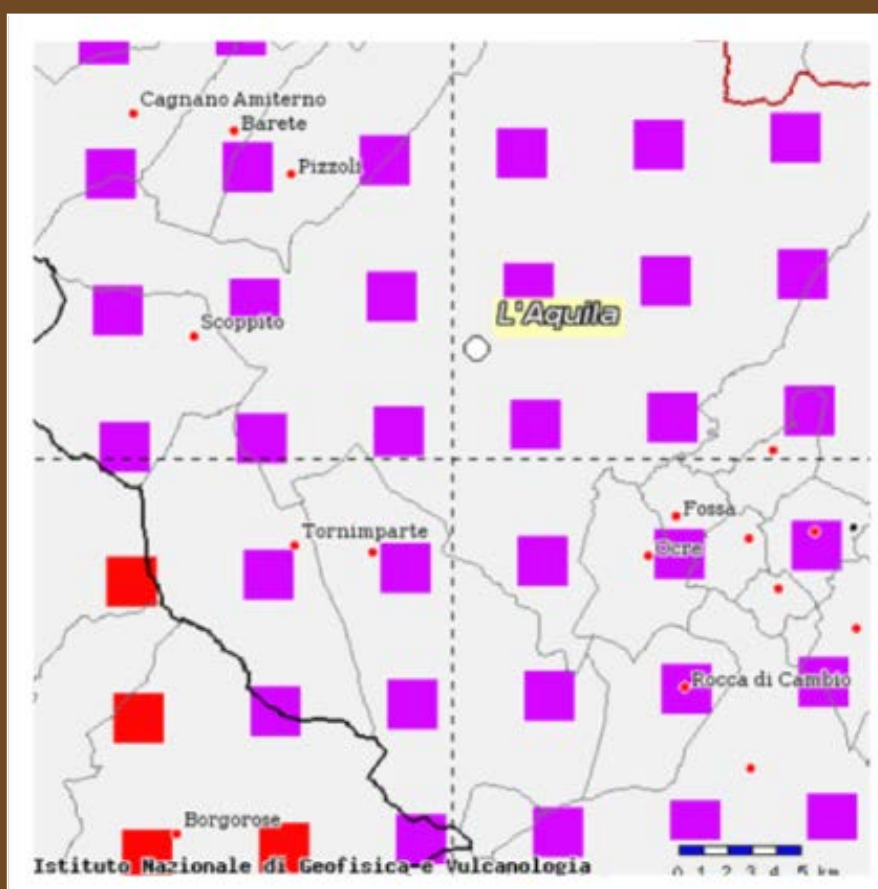
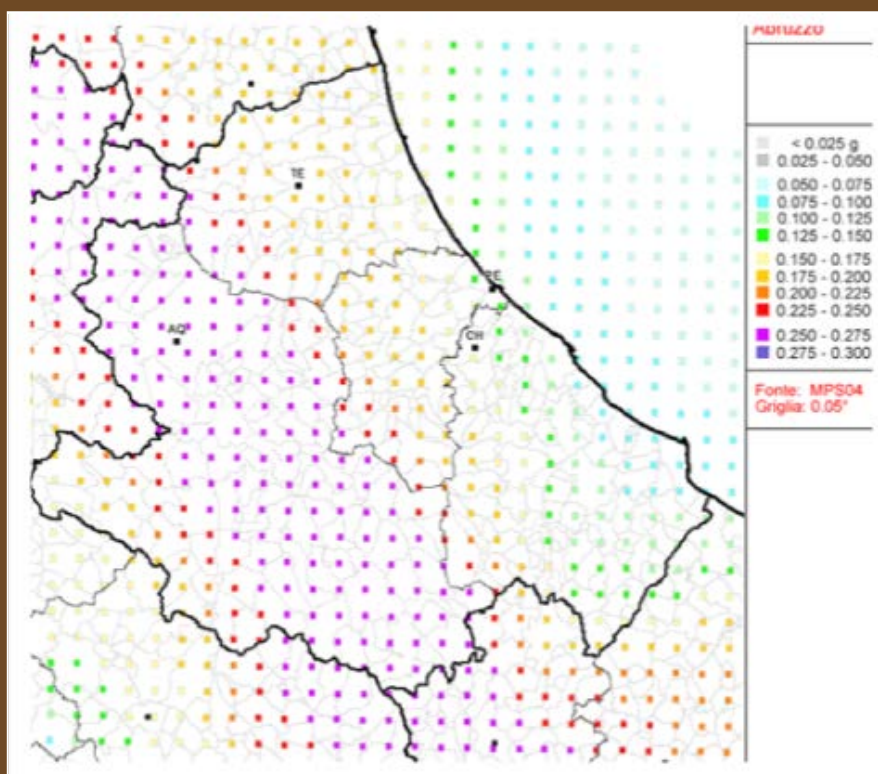
La città di L'Aquila si sviluppa lungo il versante Sud-Ovest della catena del Gran Sasso, in un'area collinare interna alla media valle del F. Aterno le cui quote oscillano intorno a 750/800 m s.l.m.. La struttura geologica di questa porzione di Appennino è il risultato della sovrapposizione di più scaglie tettoniche dovute all'attivazione, tra il Miocene superiore e il Pliocene inferiore, di diversi sovrascorrimenti. A partire dal Plio-Pleistocene l'edificio tettonico appena strutturato subisce una parziale demolizione grazie all'azione di sistemi di faglie distensivi, alcuni dei quali, come quello di Paganica responsabile della sequenza sismica del 6 aprile 2009, sono tutt'ora attivi. Durante il Plio-Quaternario, infatti, si sono formate delle strutture del tipo *half-graben* o *graben* complesso (le tipiche conche intramontane come la media Valle dell'Aterno) che sono state contemporaneamente riempite da spesse sequenze di depositi continentali. I depositi che dal Pleistocene inferiore all'attuale hanno colmato la piana di L'Aquila sono costituiti da sedimenti le cui dimensioni oscillano dalle peliti alle brecce eterometriche, sono prevalentemente di ambiente lacustre e fluviale, ma anche di versante, e nel depocentro della piana sembra raggiungano anche i 300 m. Nel Foglio L'Aquila questi depositi sono stati distinti in tre sintemi principali incassati e discordanti fra loro: il più antico, il supersintema di Aielli-Pescina del Pliocene (?) - Pleistocene medio, è discordante sul substrato Meso-Cenozoico, a questo seguono quello di Catignano (intermedio) e quello di Valle Majelama, rispettivamente del Pleistocene medio finale e del Pleistocene superiore (APAT, 2006). I rilievi e il substrato della valle in destra orografica del F. Aterno sono costituiti prevalentemente dalle spesse sequenze calcareo-dolomitiche appartenenti al dominio della "Piattaforma laziale-abruzzese" *Auct.*. In sinistra del F. Aterno affiorano, invece, le formazioni silico-calcareo-marnose tipiche della fascia di "transizione" (tra piattaforma e bacino) che sono caratterizzate dalle intercalazioni calcareo-biotritiche provenienti dal dominio di piattaforma. Nella valle e appena sotto i depositi del Quaternario affiorano, sebbene in modo discontinuo, i depositi terrigeni arenaceo-pelitici torbidity del Messiniano. La città si è sviluppata su un potente corpo di brecce poligeniche, sebbene a prevalente componente calcarea) ed eterometriche con dimensione che oscillano dalle peliti ai blocchi di grosse dimensioni. Si tratta di brecce caratterizzate da un grado di cementazione molto variabile possono, quindi, non essere cementate, ma anche molto cementate e con caratteristiche tecniche che possono essere associate a quelle di un substrato.

Il triste evento del 6 aprile 2009 ha chiaramente ricordato che l'area in cui sorge L'Aquila è a elevato rischio sismico. Per quest'area era nota da tempo la "pericolosità sismica di base" e cioè la componente di pericolosità che dipende dalle caratteristiche sismiche dell'area, dall'energia che queste possono sprigionare e dalla frequenza dei terremoti. Nelle Mappe di pericolosità sismica (Figura 2.14.4) del territorio nazionale, realizzate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, si conferma la pericolosità sismica per il territorio di L'Aquila, e si prevede una "g" (il parametro dello scuotimento) compresa tra 0.250 e 0.275 g.

Il 6 aprile è stato devastato il centro storico di L'Aquila, decine di paesi posti lungo la Valle del Fiume Aterno e 308 persone hanno perso la vita. Il terremoto ha avuto una magnitudo locale stimata  $M_L=5.8$  e una magnitudo momento  $M_w=6.3$ . "L'evento maggiore è stato preceduto da una lunga sequenza sismica  $M_L<4.1$  iniziata nella seconda metà di dicembre nella zona sudovest di L'Aquila (bacino di Roio) e culminata con un evento di  $M_L=4.1$  il 30 marzo 2009. Al mainshock sono seguite migliaia di scosse con  $M_L>2$ , delle quali oltre 200 con  $M_L>3.2$ , 20 con  $M_L>4$  e due eventi con  $M_L=5.4$  e  $M_L=5.6$  che hanno provocato un aggravamento, seppur modesto, del quadro del danneggiamento".



**Figura 2.14.4** – “Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale” per l’Abruzzo, sotto il particolare per l’area di L’Aquila



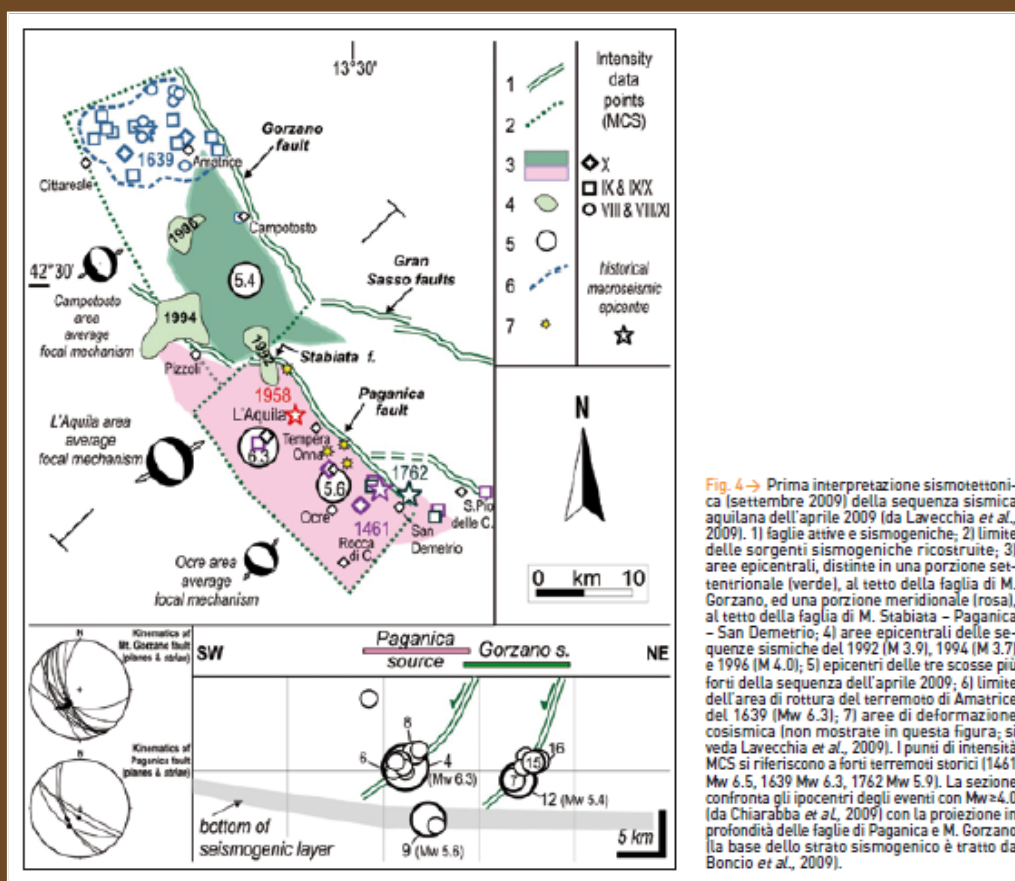
Fonte: INGV - tratte da <http://esse1-gis.mi.ingv.it>



I dati di superficie, quelli geodetici e sismologici indicano chiaramente che il terremoto del 6 aprile è legato alla riattivazione del sistema M. Stabiata – Paganica - S. Demetrio coinvolgendo un'area lunga circa 20 e larga 13 km (Figura 2.14.5).

La sequenza sismica aquilana del 2008-2009 assieme agli altri eventi avvenuti nell'Appennino centrale in questi ultimi anni hanno evidenziato che l'attività tettonica sismogenetica è controllata da sistemi di faglie distensive generalmente orientate NO-SE (Figura 2.14.5).

**Figura 2.14.5** – Interpretazione sismotettonica della sequenza sismica che è culminata con l'evento del 6 aprile 2009



**Fig. 4** → Prima interpretazione sismotettonica (settembre 2009) della sequenza sismica aquilana del 6 aprile 2009 (da Lavecchia *et al.*, 2009). 1) faglie attive e sismogeniche; 2) limite delle sorgenti sismogeniche ricostruite; 3) aree epicentrali, distinte in una porzione settentrionale (verde), al tetto della faglia di M. Gorzano, ed una porzione meridionale (rosa), al tetto della faglia di M. Stabiata - Paganica - San Demetrio; 4) aree epicentrali delle sequenze sismiche del 1992 (M 3.9), 1994 (M 3.7) e 1996 (M 4.0); 5) epicentri delle tre scosse più forti della sequenza del 6 aprile 2009; 6) limite dell'area di rottura del terremoto di Amatrice del 1639 (Mw 6.3); 7) aree di deformazione cosismica (non mostrate in questa figura; si veda Lavecchia *et al.*, 2009). I punti di intensità MCS si riferiscono a forti terremoti storici (1461 Mw 6.5, 1639 Mw 6.3, 1762 Mw 5.9). La sezione confronta gli epicentri degli eventi con Mw > 4.0 (da Chiarabba *et al.*, 2009) con la proiezione in profondità delle faglie di Paganica e M. Gorzano (la base dello strato sismogenico è tratto da Boncio *et al.*, 2009).

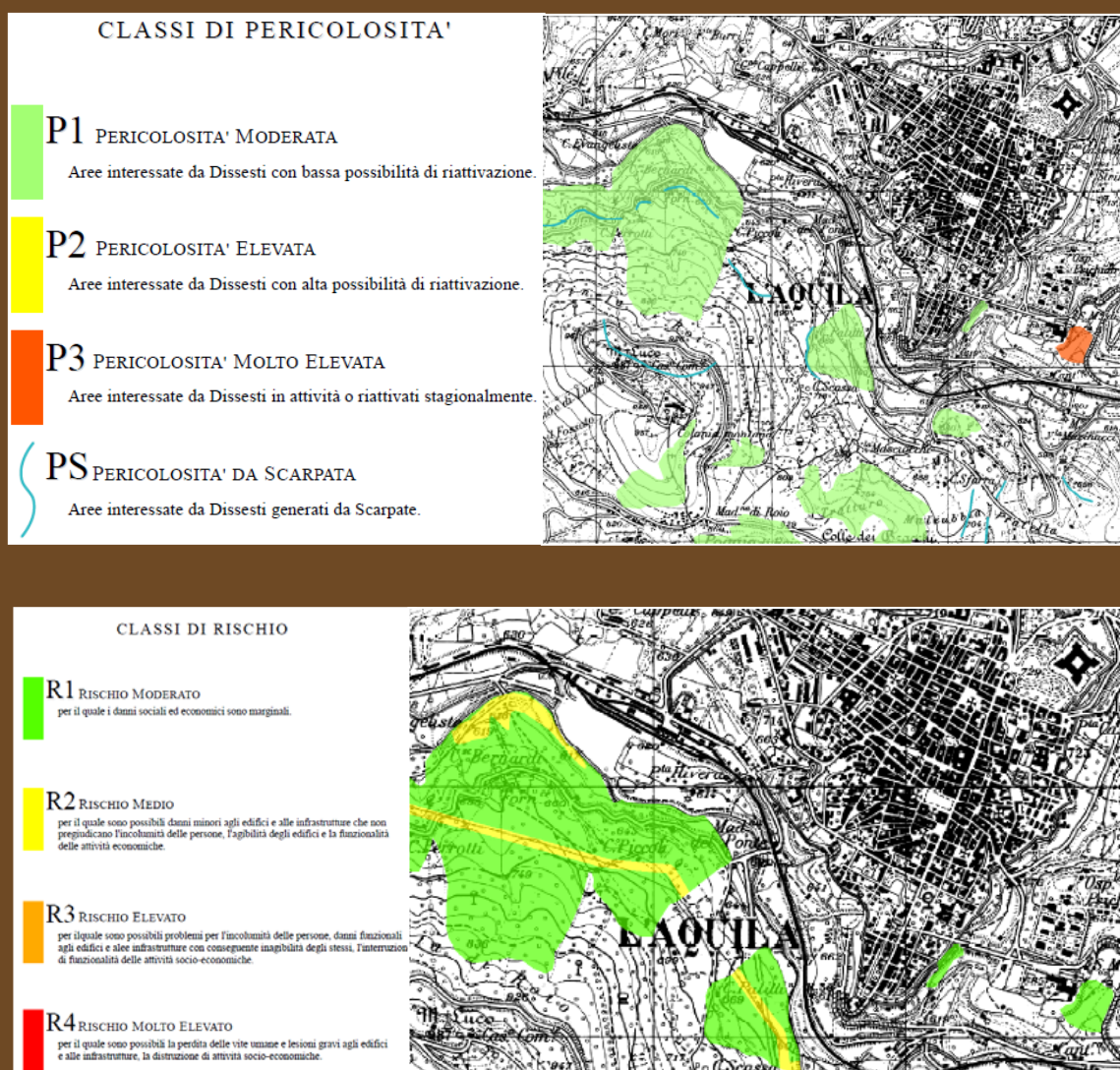
Questo ha rafforzato l'idea circa l'importanza di effettuare studi sulle faglie distensive che mostrano evidenze di attività tettonica durante il Quaternario. Subito dopo il 6 aprile il Dipartimento di protezione civile e la Regione Abruzzo hanno promosso e coordinato uno studio di microzonazione sismica nei centri abitati più colpiti dall'evento. Lo studio è stato eseguito da più di 150 tra ricercatori e tecnici di varie Università, Istituti, Enti e Province autonome, ed ha consentito di caratterizzare quantitativamente e con parametri descrittivi numerici lo scuotimento del suolo e determinare le aree a comportamento omogeneo in caso di sisma. Tutti elementi importantissimi per definire i parametri costruttivi da adottare nella ricostruzione e per pianificare con maggiore cognizione il territorio. Visti i risultati di tale lavoro e a anche "a seguito dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3907 del 13.11. e s.m.i.", la Regione Abruzzo, ha intrapreso un programma che prevede, tra l'altro, la realizzazione di indagini di microzonazione sismica, quale intervento di prevenzione del rischio sismico, nel territorio regionale. Sulla base dei criteri, di cui all'art. 2 comma 2 dell'O.P.C.M. n. 3907/2010 e s.m.i., sono stati individuati i territori comunali nei quali è risultato essere prioritario lo svolgimento degli studi di micro zonazione sismica, almeno di Livello 1, da eseguirsi con le modalità precisate in Gruppo di Lavoro MS, (2008) – "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" che sono stati approvati dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome in data 13 novembre 2008 e che, ai sensi dall'art. 5 comma 6 dell'Ordinanza citata, rappresentano il documento tecnico di riferimento." Il lavoro di microzonazione è attualmente ancora in fase di svolgimento.

Nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei Bacini Idrografici di Rilievo Regionale

Abruzzesi e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" (di seguito denominato PAI) l'Autorità di Bacino viene definisce lo "strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato" (si veda art 17 della L. 183/89, Legge Quadro in materia di difesa del suolo).

Dalle carte PAI si può chiaramente vedere che le aree soggette a dissesto sono quasi esclusivamente limitate nell'immediata periferia della città (versante nord est di M. Luco) e sono prevalentemente caratterizzate da una bassa possibilità di riattivazione. Si tratta di aree soggette a scorrimento, sia traslativo che rotazionale, e sono classificate quiescenti e inattive. Lungo il versante di sud est del colle su cui sorge la Basilica di Collemaggio è stata invece cartografata un'area (la più prossima al centro storico) soggetta a scorrimento rotazionale attivo e come tale è la sola caratterizzata da un'elevata possibilità di riattivazione e rientra, quindi, nella classe P3 (Figura 2.14.6 a). Tutte le aree mappate rientrano o nella classe R1 (Figura 1.14.6 b) e cioè quella a rischio moderato "per il quale i danni sociali ed economici sono marginali" o in quella a rischio medio R2, per il quale sono "presumibili danni minori agli edifici o alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone l'agibilità degli edifici o la funzionalità delle attività economiche".

**Figura 2.14.6 a e b** – Stralcio della carta della pericolosità da frana tratto dal piano PAI



Fonte: <http://autoritabacini.regione.abruzzo.it/index.php/carta-delle-pericolosita-pai>

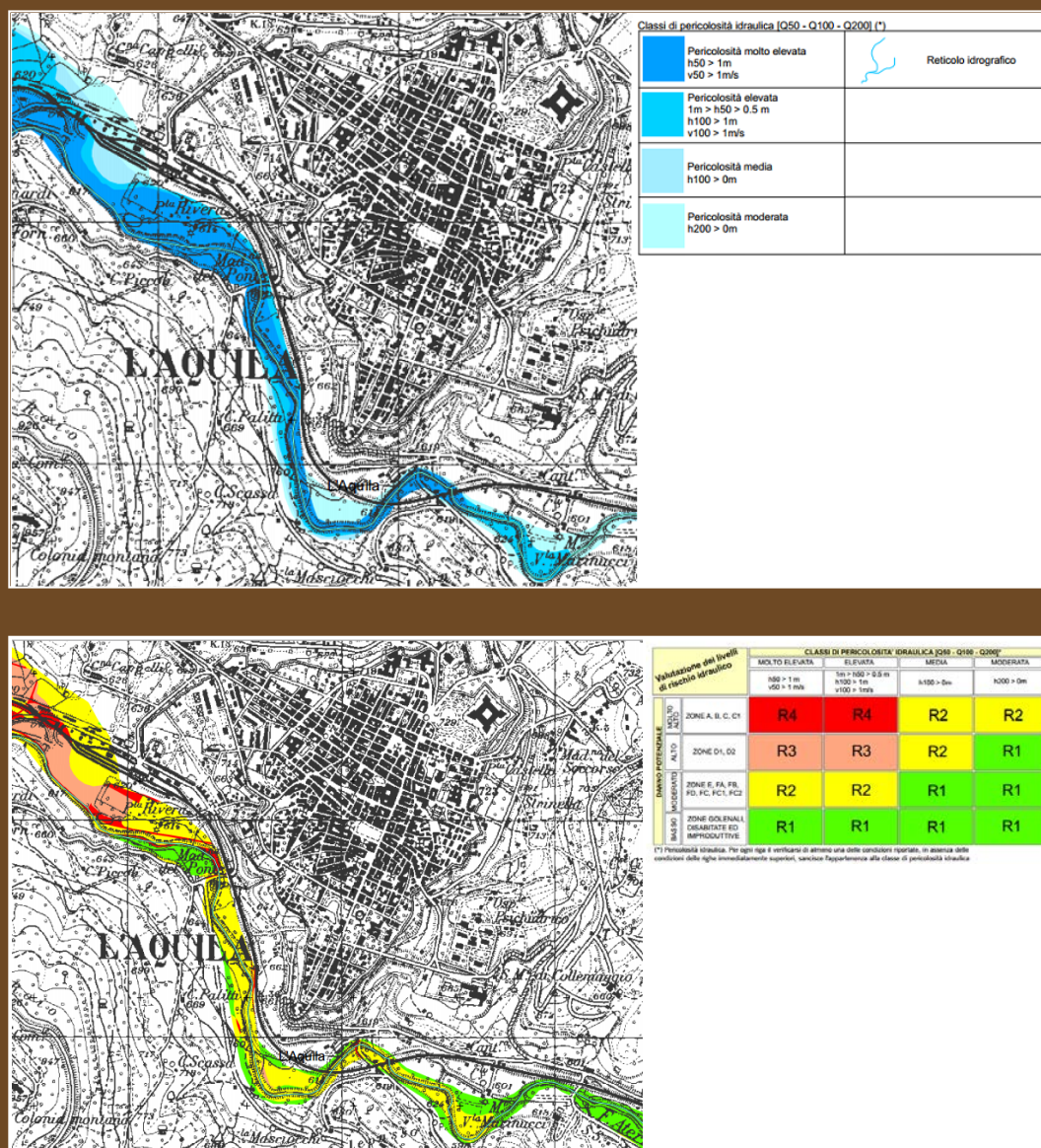
Nei compiti istituzionali dell'Autorità dei Bacini di Rilievo Regionale dell'Abruzzo e del Bacino Interregionale del Fiume Sangro c'è anche la "redazione del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni,



quale stralcio del Piano di Bacino, inteso come strumento di individuazione delle aree a rischio alluvionale e quindi, da sottoporre a misure di salvaguardia ma anche di delimitazione delle aree di pertinenza fluviale” In particolare il PSDA individua e perimetra le aree di pericolosità idraulica attraverso la determinazione dei livelli corrispondenti a condizioni di massima piena valutati con i metodi scientifici dell'idraulica. In questo modo il piano delimita le aree di pericolosità idraulica in modo tale da evitare l'incremento dei livelli di pericolo e di rischio idraulico.

Da quanto si evince negli stralci di seguito riportati a pericolosità idraulica è limitata ad un intorno breve in prossimità del letto del F. Aterno tranne che per l'area di Porta Rivera dove il territorio interessato è più ampio e coinvolge anche delle strutture, come la linea ferroviaria che serve la città, realizzate nelle immediate vicinanze del letto del fiume (Figura 2.14.7). In queste aree aumenta, di conseguenza, il rischio che proprio nei dintorni della ferrovia ha valori anche R4 (Figura 2.14.7).

**Figura 2.14.7** – Stralcio della carta della pericolosità idraulica tratto da PSDA –Piano Stralcio Difesa Alluvioni



Fonte: <http://autoritabacini.regione.abruzzo.it/index.php/psda>



**Figura 2.14.8** – Stralcio del Foglio geologico (alla scala 1:50.000) n° 359 L'Aquila



Fonte: Progetto CARG

## Viterbo

L'area urbana di Viterbo ricade nell'omonimo Foglio Geologico alla scala 1:50.000 n. 345, in corso di realizzazione da parte dell'ISPRA in collaborazione con l'Università degli Studi di Urbino. Tale carta geologica (con le relative *Note illustrative*, Nappi et al., in preparazione), la monografia "La geologia della Città di Viterbo" di Chiocchini (2006) e il rapporto di ARPA Lazio & ISPRA (2013) costituiscono le principali fonti di dati del presente rapporto.

La città è ubicata in un'area in cui hanno interagito eventi deformativi legati alla tettonica regionale e all'attività vulcanica medio-pleistocenica dei Distretti Cimino e Vicano, che ne hanno caratterizzato la natura delle rocce e dei suoli e la morfologia. Infatti, la messa in posto dei prodotti vulcanici, principalmente dati dai vasti espandimenti piroclastici litoidi di tipo ignimbrico (Ignimbrite cimina, nota localmente come Peperino Tipico, e Tufo Rosso a Scorie Nere vicano), ha dapprima colmato le depressioni nel substrato sedimentario controllate dall'attività tettonica preesistenti all'inizio dell'attività vulcanica, successivamente reincise da un nuovo reticolo idrografico. Tali incisioni sono spesso delimitate da scarpate quasi verticali e sezione trasversale dei fossi a forma di V (nel settore più orientale della città, dove insistono le propaggini inferiori dei versanti degli apparati vulcanici) ed a U o a fondo piatto (nel settore centro-occidentale, che comprende una porzione del plateau ignimbrico, caratterizzato per lo più da forme piatte). Sui lembi di tale plateau, che dominano l'incisione del Fosso Urcionio, si è sviluppato il centro storico di Viterbo. Lungo l'asse vallivo del Fosso Urcionio è presente una piana alluvionale, con accumuli di materiale eluvio-colluviale. A luoghi tale valle è ricoperta per lunghi tratti da vegetazione forestale o di origine antropica, fascia verde che divide due zone intensamente costruite. La Valle del Mezzogiorno, che chiude verso S l'abitato di Viterbo, e la Valle del Paradosso che si estende al suo interno, costituiscono altre aree verdi urbane.

Alla fase post-vulcanica è riconducibile l'attività idrotermale, ben sviluppata nell'area di Viterbo e



attiva ancora oggi, che costituisce una risorsa importante per la città. Qui si è costruita nel tempo la placca di travertino del Bullicame, costituita da un accumulo di incrostazioni calcaree derivanti dal raffreddamento di acque termominerali, che si estende con morfologia cupoliforme su circa 10 ha. L'area idrotermale è legata alla presenza di flussi idrici profondi che risalgono lungo vie preferenziali, le fasce cataclastiche delle faglie che interessano il substrato pre-vulcanico. Gran parte della portata della sorgente del Bullicame è utilizzata dalle Terme dei Papi (da 8 a 13 l/s). Nel settore occidentale dell'area urbana di Viterbo, ai margini o all'interno del complesso dei travertini, ci sono altre sorgenti: la sorgente perenne Fontana del Boia con circa 0.1 l/s di portata e la sorgente termale di S. Caterina, con  $T \approx 33^{\circ}\text{C}$ . In generale le acque termali di Viterbo sono comprese tra i tipi solfato alcalino terroso e bicarbonato-solfato alcalino terroso, hanno temperatura tra  $30^{\circ}$  e  $62^{\circ}\text{C}$ , salinità elevata e contenuti in  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  disciolti. Un recente studio (Chiocchini et al., 2010) ha evidenziato che le emergenze delle acque termali viterbesi, sia da sorgenti che da pozzi, mostrano portate in diminuzione negli ultimi 140 anni.

Nell'area urbana, in particolare nelle aree di affioramento del Peperino Tipico e del Tufo Rosso a Scorie Nere, sono presenti numerose cavità derivanti dall'attività estrattiva, che si è esplicata nel corso dei secoli per varie finalità. La maggior parte di esse sono presenti al di sotto degli edifici del centro storico, riempite successivamente con calcestruzzo o terreni di riporto, o divenute inaccessibili per crolli. Spesso sono solo di qualche metro cubo e sono state riutilizzate come cantine, rimesse, magazzini, etc.. L'attività estrattiva di materiali da costruzione o per utilizzo ornamentale ha costituito una delle risorse del territorio, ma l'utilizzo dei blocchetti di tufo negli ultimi tempi ha subito un notevole decremento, anche in considerazione del tenore di Radon emesso dai blocchetti stessi.

Altri interventi antropici sono quelli effettuati sulla rete idrografica, tra i quali il confinamento entro pareti artificiali o il tombamento dei due fossi, Urcionio e dell'Elce, che attraversano da E a O il vecchio nucleo urbano.

Esaminando l'idrostratigrafia dei pozzi, i cui dati sono presenti nell'archivio del Servizio Geologico d'Italia (L. 464/84), risulta una netta differenziazione nelle caratterizzazioni dell'acquifero saturo. In corrispondenza del settore orientale della città, fino al centro storico, il serbatoio acquifero saturo, spesso fino a 40 m, è costituito in prevalenza dall'Ignimbrite Cimina.

Nel settore centrale è in prevalenza costituito dal complesso piroclastico del Tufo Rosso a Scorie Nere vicano, spesso almeno fino a 50 m, mentre in quello occidentale nei primi 50-70 m è presente un acquifero a più falde per la presenza di orizzonti sabbiosi e limosi palustri, sovrapposte a quello più profondo del complesso piroclastico.

Il territorio urbano di Viterbo ha risentito di eventi sismici (v. Banca Dati delle osservazioni macrosismiche italiane dell'INGV in <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI1/>), alcuni dei quali hanno superato una intensità sismica locale di 4,5 della scala MCS. In circa 556 anni, dal sisma del 1349 a quello del 1915, la città ha risentito di 5 eventi, alcuni dei quali di provenienza appenninica, con intensità V della scala MCS. Si tratta quindi di un modesto riflesso dei terremoti sull'area in questione.

I maggiori fattori di pericolosità geologica riguardano in primo luogo la radioattività, il cui livello di fondo è uniformemente molto alto, di quasi un ordine di grandezza superiore alla media nazionale, causato dalla presenza delle vulcaniti. Le rocce piroclastiche vicane hanno un contenuto di radioisotopi molto superiore a quello del Peperino Tipico del Cimino. I livelli di radiazione ambientale sono praticamente costanti a distanze diverse dalle pareti di Peperino, mentre aumentano avvicinandosi alle pareti costituite dai tufi vicani. La radiazione  $\gamma$  di fondo è determinata quindi essenzialmente da rocce piroclastiche, terreni vulcanici, costruzioni in tufo. L'esalazione di radon dipende dalle proprietà delle rocce e dei suoli, in particolare dal contenuto di uranio e radio. I tufi laziali sono ricchi di uranio, tuttavia la concentrazione di radon presente nel suolo dipende anche dalla possibilità del gas di essere espulso dai minerali che lo contengono: ad es. un elevato grado di fratturazione e/o permeabilità aumenta il potere di emanazione dalla roccia e quindi zone di faglia e aree idrotermali, quale è la zona viterbese, risultano essere vie preferenziali di migrazione del radon a causa della risalita di gas o acque di origine profonda che lo possono trasportare in superficie. Tuttavia anche altri parametri (pressione atmosferica, umidità e temperatura) possono condizionarne la diffusione dal suolo verso la superficie. All'interno delle abitazioni diversi fattori possono influenzare la concentrazione di radon (vedi paragrafo relativo al Radon nel presente Rapporto). Il principale meccanismo di ingresso del gas nei luoghi chiusi è la differenza di pressione. L'interno degli edifici è generalmente in depressione rispetto all'esterno e pertanto si generano dei moti convettivi nel suolo che fanno sì che il radon venga "aspirato" verso l'interno degli edifici penetrando attraverso le fessure dei pavimenti, le giunzioni tra pavimento e parete, i passaggi degli

---

impianti delle utenze domestiche. Le abitazioni costruite sui tufi meritano quindi una particolare attenzione in quanto l'aspirazione potrebbe avvenire da una sorgente di esalazione molto importante, dovuta alla fessurazione degli ammassi rocciosi, ovvero alle caratteristiche fisiche dei litotipi (densità, porosità, granulometria) e al loro stato (secco, impregnato d'acqua, o gelato). Nonostante il suolo sia la principale sorgente di radon, anche i materiali da costruzione possono, in alcuni casi, contribuire ad aumentarne la concentrazione. L'acqua, inoltre, è un'ulteriore sorgente di radon ma, a meno di casi eccezionali, contribuisce in misura minore alla concentrazione del gas. Pur non essendo possibile eliminare completamente il radon dalle abitazioni, è tuttavia possibile e raccomandabile intervenire in quegli ambienti in cui la concentrazione è elevata e può rappresentare un rischio per la salute (vedi box "Effetti sulla salute" nel paragrafo dedicato al Radon). Le azioni di rimedio si basano su interventi, più o meno semplici, finalizzati alla riduzione dell'ingresso del radon, alla diluizione con aria esterna o all'eliminazione dall'aria interna. Per quanto riguarda l'incidenza delle caratteristiche geologiche dell'area anche sulla qualità delle acque, si evidenzia la necessità di porre attenzione alla concentrazione di alcuni elementi potenzialmente pericolosi per la salute umana, quali il Radio, l'Arsenico e i fluoruri.

## APPENDICE TABELLE

### IL CONSUMO DI SUOLO

**Tabella 2.1.1<sup>1</sup> (relativa alla Mappa tematica 2.1.1) – Consumo di suolo nelle aree urbane: stima della percentuale di suolo consumato sul totale dell'area comunale**

Comuni	1949 1973	1988	1989	1990	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Torino						54,1			54,3					54,8						
Novara						22,1			22,7					24,9						
Asti		9,0				10,2			10,5					11,8	12,2	12,2			12,7	
Alessandria		12,2				13,0			13,6					15,1		15,6				
Aosta		22,5					24,8		25,1				26,5						27,6	
Genova							18,4		18,5					18,6						
Varese	19,0	28,4					30,3		31,2					32,1					32,7	
Como	22,8	34,2					35,3		36,4					37,4					37,9	
Milano	42,8		57,8				58,3		58,5					61,2					61,7	
Monza	25,3	44,0					44,2	44,7						47,1					48,6	
Bergamo	24,2		41,4				41,7	42,0							45,7				46,4	
Brescia	18,0		40,5				41,3		41,8					43,8		44,3			44,5	
Bolzano			20,9				21,6		22,4				23,4		23,9			24,1		
Trento	10,7	13,8					15,2		15,7					16,6	17,0				17,1	
Verona						23,1		24,1						25,9					27,9	
Vicenza						24,8			25,2					26,5						
Treviso			26,0			27,3		28,3						31,4						
Venezia						11,7		11,8					12,9							
Padova						38,6			38,8					41,3						
Pordenone			27,8				29,7	30,5						34,6				35,9		
Udine			34,6				36,5	37,3						39,3						
Trieste			30,3				30,9	31,1						32,8				32,5		
Piacenza		15,5				17,1		17,7						22,0	22,2			22,9		
Parma		14,0				15,5		15,8					19,2							
Reggio Emilia		12,9				15,5		15,9						17,7	17,7			18,0		
Modena			17,3			19,0		19,4						22,2	22,2			22,5		
Bologna			30,7			32,6		32,7						36,3	36,4			36,5		
Ferrara		12,7				14,1		14,2					15,5		15,8			16,2		
Ravenna		10,1				11,2		11,4				13,2			14,0			14,2		
Forlì		11,3				12,9		13,3						15,7	16,2			16,2		
Rimini		19,0				20,4		21,1						23,4	23,9			24,7		
Lucca					12,5					12,7				13,9			14,1		14,0	
Pistoia								8,4						9,3			9,5			
Firenze						32,6		32,8						36,2			38,7			
Prato						26,7		27,0						31,2			32,2		32,3	
Livorno						20,7			21,0					22,1			22,1			
Arezzo					6,8				7,1					7,9			8,1		8,4	
Perugia												12,4			12,6					
Terni															12,2					
Ancona							12,6	12,7						13,6						
Roma	7,1			19,3		22,1		23,1				25,1			26,1					
Pescara									52,3					53,4						
Caserta		21,0					23,2	23,3					25,8							
Benevento		9,2			10,5					13,2			13,8		9,2			10,5		
Napoli		59,6					61,4	61,4					62,1							
Salerno		24,1					25,3	25,4					28,1							

continua

<sup>1</sup> L'ampiezza percentuale dell'intervallo di confidenza al 95% associato alla stima percentuale dei punti impermeabilizzati è dell'ordine del 2% a livello comunale, dello 0,5% in Italia.

segue **Tabella 2.1.1 (relativa alla Mappa tematica 2.1.1): Consumo di suolo nelle aree urbane: stima della percentuale di suolo consumato sul totale dell'area comunale**

Comuni	1949 1973	1988	1989	1990	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Foggia</b>			5,8				6,3		6,7			7,4					8,2			
<b>Andria</b>			5,9			6,3		6,4				6,9					7,6			
<b>Barletta</b>			10,2				11,3	11,6				13,0					13,1			
<b>Bari</b>			31,7			34,9		35,0				37,7			40,2		40,2			
<b>Taranto</b>			19,2				21,4	22,0			23,7						24,0			
<b>Brindisi</b>			9,0			10,1		10,6				11,7					12,4			
<b>Lecce</b>		13,3					14,8	15,5			18,3						19,0			
<b>Potenza</b>							11,8	11,9						12,9						
<b>Catanzaro</b>	7,6	14,3				16,0		16,4					19,3			20,4				
<b>Palermo</b>							37,1	37,2				38,1								
<b>Catania</b>							21,4		21,7			24,3								
<b>Sassari</b>		5,8					6,4	6,4					6,9				7,1			
<b>Cagliari</b>			24,0				24,4	24,5					25,3				25,3			
<b>Olbia</b>			4,8				5,6	5,7					6,8				7,1			
<b>Italia</b>	<b>2,9</b>		<b>5,4</b>			<b>5,9</b>		<b>6,1</b>					<b>6,8</b>			<b>7,0</b>			<b>7,3</b>	

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA.



**Tabella 2.1.2 (relativa alla Mappa tematica 2.1.2): Consumo di suolo nelle aree urbane: stima della superficie consumata in ettari**

Comuni	1949 1973	1988	1989	1990	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Torino						7.039			7.064					7.131						
Novara						2.279			2.338					2.565						
Asti		1.363				1.537			1.582					1.787	1.847	1.847			1.915	
Alessandria		2.476				2.657			2.777					3.078		3.188				
Aosta		482					531		538				566						591	
Genova							4.419		4.447					4.476						
Varese	1.043	1.561					1.662		1.711					1.759					1.793	
Como	848	1.272					1.311		1.352					1.388					1.406	
Milano	7.778		10.504				10.605		10.638					11.119					11.219	
Monza	837	1.456					1.464	1.481						1.561					1.609	
Bergamo	972		1.663				1.674	1.688							1.837				1.863	
Brescia	1.623		3.663				3.730		3.775					3.961		4.006			4.018	
Bolzano			1.094				1.129		1.169				1.226		1.248			1.261		
Trento	1.697	2.186					2.398		2.472					2.629	2.684				2.702	
Verona						4.600		4.788						5.153					5.372	
Vicenza						2.001			2.030					2.139						
Treviso			1.441			1.513		1.572						1.744						
Venezia						4.858		4.923					5.361							
Padova						3.586			3.606					3.842						
Pordenone			1.061				1.135	1.165						1.321				1.369		
Udine			1.974				2.083	2.129						2.245						
Trieste			2.572				2.626	2.639						2.785				2.760		
Piacenza		1.838				2.024		2.091						2.597	2.623			2.707		
Parma		3.642				4.037		4.108					4.997							
Reggio Emilia		2.981				3.570		3.668						4.094	4.094			4.143		
Modena			3.179			3.477		3.560						4.064	4.064			4.115		
Bologna			4.330			4.586		4.610						5.113	5.129			5.137		
Ferrara		5.149				5.692		5.749					6.264		6.407			6.579		
Ravenna		6.597				7.284		7.468				8.613			9.163			9.300		
Forlì		2.572				2.944		3.041						3.574	3.688			3.688		
Rimini		2.575				2.769		2.857						3.168	3.236			3.342		

continua

segue **Tabella 2.1.2 (relativa alla Mappa tematica 2.1.2): Consumo di suolo nelle aree urbane: stima della superficie consumata in ettari**

Comuni	1949 1973	1988	1989	1990	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Lucca					2.324					2.361				2.575			2.612			2.602
Pistoia								1.992						2.192			2.251			
Firenze						3.337		3.358						3.702			3.956			
Prato						2.595		2.632						3.032			3.032			3.137
Livorno						2.160			2.196					2.311			2.311			
Arezzo					2.633				2.726					3.029			3.122			3.237
Perugia												5.585			5.658					
Terni															2.578					
Ancona							1.570	1.578						1.693						
Roma	9.159			24.860		28.437		29.745				32.275			33.496					
Pescara									1.790					1.827						
Caserta		1.129					1.250	1.253					1.391							
Benevento		1.198			1.367					1.712			1.797							
Napoli		7.068					7.274	7.281					7.362							
Salerno		1.436					1.508	1.512					1.673							
Foggia			2.915				3.195		3.391			3.756					4.148			
Andria			2.360			2.529		2.577				2.770					3.035			
Barletta			1.516				1.672	1.722				1.920					1.936			
Bari			3.690			4.062		4.070				4.383					4.672			
Taranto			4.732				5.280	5.445			5.865						5.920			
Brindisi			2.948			3.326		3.485				3.844					4.083			
Lecce		3.160					3.517	3.683			4.348						4.503			
Potenza							2.051	2.071						2.248						
Catanzaro	847	1.594				1.784		1.829					2.158			2.280				
Palermo							5.935	5.955				6.104								
Catania							3.894		3.937			4.425								
Sassari		3.170					3.518	3.518					3.750				3.866			
Cagliari			2.042				2.076	2.082					2.148				2.148			
Olbia			1.824				2.150	2.188					2.591				2.726			
<b>Italia</b>	<b>870.000</b>		<b>1.622.000</b>			<b>1.775.000</b>		<b>1.826.000</b>					<b>2.035.000</b>			<b>2.117.000</b>			<b>2.189.000</b>	

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT

**Tabella 2.1.3:** Suolo consumato pro-capite nelle aree urbane (m<sup>2</sup>/ab)

Comuni	1949 1973	1988	1989	1990	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Torino						76			79					82						
Novara						227			232					255						
Asti		174				216			222					249	256	254			259	
Alessandria		254				305			322					354		359				
Aosta		125					155		158				166						174	
Genova							69		71					75						
Varese	125	177					202		210					217					226	
Como	87	137					160		168					174					171	
Milano	45		73				82		83					90					90	
Monza	73	119					125	126						131					134	
Bergamo	77		140				146	147							164				161	
Brescia	77		183				198		201					210		212			212	
Bolzano			107				119		123				126		126			124		
Trento	185	208					237		241					240	243				237	
Verona						183		191						203					213	
Vicenza						189			191					191						
Treviso			169			186		194						217						
Venezia						165		170					203							
Padova						173			176					188						
Pordenone			206				233	239						264				270		
Udine			194				220	225						234						
Trieste			109				120	122						136				136		
Piacenza		174				205		214						268	269			271		
Parma		208				245		252					298							
Reggio Emilia		228				267		269						269	265			256		
Modena			179			200		205						230	231			230		
Bologna			103			122		123						140	141			139		
Ferrara		363				425		434					478		486			495		
Ravenna		483				540		557				611			621			609		
Forlì		232				272		283						317	325			318		
Rimini		199				218		224						237	240			240		
Lucca					272					285				308			302		297	
Pistoia								233						252			253			
Firenze						88		90						105			112			
Prato						157		158						165			170		168	
Livorno						133			138					148			147			
Arezzo					289				300					321			320		329	
Perugia												361			359					
Terni															240					
Ancona							157	158						168						
Roma	33			89		107		114				126			130					
Pescara									151					157						
Caserta		167					171	170					183							
Benevento		184			219					276			290							
Napoli		62					71	71					75							
Salerno		92					105	106					123							
Foggia			184				204		218			245					279			
Andria			266			274		276				285					306			
Barletta			172				185	190				207					207			
Bari			105			122		125				138					148			
Taranto			199				249	260		291							294			
Brindisi			312			354		377				435					462			
Lecce		317					374	399		512							508			
Potenza							305	306						332						

continua

segue **Tabella 2.1.3:** *Suolo consumato pro-capite nelle aree urbane (m<sup>2</sup>/ab)*

Comuni	1949 1973	1988	1989	1990	1994	1996	1997	1998	1999	2000	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Catanzaro</b>	98	159				186		191					232			251				
<b>Palermo</b>							85	85				90								
<b>Catania</b>							121		124			144								
<b>Sassari</b>		257					292	292					306				314			
<b>Cagliari</b>			89				118	120					137				142			
<b>Olbia</b>			468				497	501					543				523			
<b>Italia</b>	<b>178</b>		<b>286</b>			<b>312</b>		<b>321</b>					<b>350</b>			<b>359</b>			<b>369</b>	

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati ARPA/APPA e ISTAT.



## FORME DI URBANIZZAZIONE E TIPOLOGIA INSEDIATIVA

Tabella 2.2.1 (relativa alle Mappe tematiche 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3 e alle Figure 2.2.2 e 2.2.3): Indicatori di forme di urbanizzazione

Comuni	LCPI (%)	RMPS (ha)	ED (m/ha)	Aree a bassa densità	Indice di dispersione	Indice di sprawl	
						1998-2000	2000-2012
Torino	95,1	10,5	138,6	0,1	0,2		
Novara	90,2	3,3	252,8	0,5	0,7		
Asti	79,5	4,6	355,7	0,3	0,8	25,3	17,2
Alessandria	46,0	10,2	432,2	0,6	0,8	24,2	
Aosta	95,0	1,9	330,2	0,3	0,5	23,1	10,0
Savona	98,8	1,5	250,9	0,1	0,4		
Genova	97,1	2,4	225,4	0,3	0,5		
La Spezia	94,8	2,3	288,7	0,3	0,5		
Varese	80,1	5,7	423,1	0,5	0,7	17,7	6,9
Como	37,1	19,8	413,9	0,5	0,6	20,2	0,9
Milano	94,0	7,2	165,5	0,2	0,2	14,4	7,7
Monza	98,3	1,2	228,9	0,2	0,2	5,0	6,9
Bergamo	93,6	4,2	189,5	0,2	0,2	6,0	9,3
Brescia	98,8	1,7	163,4	0,2	0,2	9,6	5,7
Bolzano	95,4	2,9	240,5	0,4	0,5	14,3	-0,1
Trento	78,7	11,7	303,8	0,3	0,6	15,0	-1,2
Verona	85,6	6,4	274,3	0,4	0,5		
Vicenza	70,7	11,3	244,0	0,5	0,6		
Treviso	91,0	4,6	402,1	0,5	0,5		
Venezia	58,9	17,7	255,0	0,3	0,6		
Padova	90,5	5,6	244,6	0,3	0,3		
Pordenone	52,3	24,2	264,8	0,4	0,5	14,9	14,3
Udine	94,9	4,9	279,0	0,4	0,4	14,8	
Trieste	78,2	10,2	319,4	0,5	0,6	12,7	10,3
Piacenza	89,6	5,0	272,6	0,3	0,6	22,7	25,4
Parma	70,1	7,4	371,7	0,5	0,8	19,6	
Reggio Emilia	81,5	5,2	393,6	0,5	0,8	16,2	-3,3
Modena	83,1	7,0	302,2	0,5	0,7	12,9	13,8
Bologna	96,3	1,8	207,1	0,3	0,3	18,9	11,8
Ferrara	70,6	6,4	351,1	0,3	0,8	19,1	13,7
Ravenna	29,6	13,9	352,0	0,3	0,8	15,3	9,8
Forlì	71,8	5,2	378,2	0,3	0,8	21,1	13,2
Rimini	85,5	4,9	297,6	0,4	0,6	11,8	7,9
Lucca	68,2	5,0	578,4	0,4	0,8		5,7
Pistoia	67,2	5,4	583,4	0,3	0,8		8,1
Firenze	91,8	4,5	303,3	0,4	0,4		19,3
Prato	94,9	4,5	288,3	0,3	0,4		9,4
Livorno	91,6	5,8	216,6	0,2	0,4		5,8
Arezzo	61,5	6,2	566,6	0,3	0,9		7,0
Perugia	25,3	16,3	370,0	0,4	0,8		
Terni	76,8	8,6	309,8	0,2	0,6		
Pesaro	66,8	9,5	327,5	0,3	0,7		
Ancona	83,4	5,4	316,6	0,2	0,6		
Viterbo	65,9	4,9	472,5	0,2	0,9		
Roma	75,3	12,5	291,0	0,4	0,5	28,6	
Latina	47,0	5,3	533,4	0,7	0,9		
L'Aquila	50,4	8,7	453,3	0,2	0,8		
Pescara	92,1	8,4	253,0	0,2	0,2		
Campobasso	71,3	4,4	500,6	0,5	0,8		

continua

Comuni	LCPI (%)	RMPS (ha)	ED (m/ha)	Aree a bassa densità	Indice di dispersione	Indice di sprawl	
						1998-2000	2000-2012
Caserta	83,5	8,2	347,4	0,3	0,5	0,7	
Benevento	62,6	7,2	530,6	0,4	0,8		
Napoli	95,7	7,0	178,9	0,1	0,1	15,1	
Salerno	92,3	3,8	289,8	0,4	0,5	15,1	
Foggia	61,0	5,5	361,6	0,2	0,8	18,2	27,9
Andria	73,9	4,1	430,4	0,1	0,8	1,8	11,9
Barletta	89,1	3,1	287,8	0,1	0,6	9,2	9,4
Bari	85,4	8,8	295,3	0,4	0,4	19,3	16,9
Taranto	61,3	19,1	184,4	0,2	0,5	28,8	11,6
Brindisi	32,4	18,3	353,0	0,1	0,6	22,3	19,0
Lecce	59,8	7,6	402,4	0,2	0,7	28,7	20,0
Potenza	69,8	3,9	472,2	0,3	0,8		
Matera	55,3	10,4	439,6	0,1	0,8		
Cosenza	87,0	5,8	309,0	0,3	0,5		
Catanzaro	20,8	12,9	408,9	0,6	0,9	19,3	
Reggio Calabria	75,3	7,5	347,0	0,2	0,6		
Palermo	95,6	3,0	257,4	0,3	0,4		
Messina	65,3	12,2	319,1	0,4	0,7		
Catania	89,2	9,2	243,7	0,3	0,4		
Ragusa	35,4	10,9	383,1	0,3	0,7		
Siracusa	46,3	8,9	474,8	0,5	0,8		
Sassari	59,2	4,8	563,1	0,2	0,8	13,4	7,2
Cagliari	89,8	6,7	266,0	0,4	0,5	28,7	14,5
Olbia	58,7	7,8	435,3	0,2	0,8	2,7	4,7

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati *Copernicus Imperviousness Degrees* (2012)

**Tabella 2.2.2:** *Tabella sinottica degli indicatori*

INDICATORE	FORMULA	DESCRIZIONE
<b>Largest Class Patch index (LCPI)</b>	$(A_{pmax}/A_{built-up})*100$ <p>Percentuale dell'area costruita del poligono di maggiore estensione/ superficie costruita, in %</p>	Misura quanto una città è più o meno compatta, mostrando l'estensione, rispetto del nucleo centrale, rispetto alla superficie costruita
<b>Edge density (ED)</b>	$ED_{cl}/A_{cl}$ <p>Limite tra due classi diviso A della classe costruita in <b>m/ha</b></p>	Questo indicatore fornisce informazioni sulla configurazione della classe urbana ed è un'espressione dell'eterogeneità spaziale dell'area esaminata
<b>Residual Mean Patch Size (RMPS)</b>	$\sum A_{pol\_res} = N_{pol\_res}$ <p>Ampiezza media dei poligoni con l'esclusione del poligono maggiore espresso in <b>ha</b></p>	In associazione con altri indicatori è utile per stabilire il grado di frammentazione della città poiché tiene conto delle dimensioni di tutte le aree al di fuori del nucleo centrale
<b>Indice di dispersione urbana</b>	$\sum Area_{BasDens}/A_{urb}$ <p>L'indice è calcolato dividendo il la somma dei pixel della classe bassa densità per i pixel urbanizzati</p>	Questo indicatore misura la densità urbana e identifica la dispersione di un'area. Alta densità si riferisce a città più compatte, basse densità ad aree più disperse o frammentate.
<b>Aree bassa densità</b>	$\sum A_{BasDens}/A_{tot\ comunale}$ <p>L'indice è calcolato dividendo il la somma dei pixel della classe bassa densità per l'area comunale</p>	Questo indicatore misura la densità delle aree discontinue rispetto all'area comunale identificato la percentuale di area comunale coinvolta dal fenomeno della dispersione
<b>Indice di sprawl</b>	$IS_i = \frac{urb_{t+n} - \left(urb_t \cdot \left(\frac{pop_{t+n}}{pop_t}\right)\right)}{urb_t} \cdot 100$ <p>Dove <i>i</i> si riferisce ad una area metropolitana, <i>t</i> all'anno iniziale di indagine e <i>t+n</i> all'anno finale; <i>urb</i> si riferisce all'area costruita espressa in km<sup>2</sup> all'interno dei limiti comunali; <i>pop</i> è la popolazione totale dell'area metropolitana</p>	L'indice di sprawl urbano misura la variazione dell'area costruita rispetto alla variazione dalla popolazione, misura cioè quanto un incremento/diminuzione dell'area edificata è in linea con un incremento/diminuzione della popolazione

## ATTIVITÀ ESTRATTIVE DI MINERALI SOLIDI NELL'INTORNO URBANO

**Tabella 2.8.1:** *Miniere e cave attive e dismesse/abbandonate*

Province	Miniere attive (2010)	Miniere dismesse (1870-2010)	Cave attive	Cave dismesse	Cave attive	Cave dismesse	Anno riferimento (cave) c.a: cave attive c.d: cave dismesse
	Provincia		Comune		Provincia		
Torino	1	73	0	nd	100	57	2013
Novara	6	13	0	nd	26	2	2013
Alessandria	0	164	4	nd	45	10	2013
Asti	0	1	3	nd	19	6	2013
Aosta	0	37	0	0	29	62	2012
Savona	0	11	1	2	20	176	2013 (c.a.) 2012 (c.d.)
Genova	1	18	6	38	46	88	2013 (c.a.) 2012 (c.d.)
La Spezia	0	15	5	19	16	68	2013 (c.a.) 2012 (c.d.)
Milano	0	1	0	nd	45	408	2012
Monza	0	1	0	nd	2		2012
Bergamo	4	85	0	nd	86	148	2012
Brescia	1	53	0	nd	178	265	2012
Varese	2	7	1	2	17	123	2012
Bolzano	0	16	0	2	130	309	2012
Trento	2	62	7	39	138	504	2013
Verona	3	10	10	21	235	231	2012 (c.a.) 2011 (c.d.)
Vicenza	9	73	0	6	206	623	2012 (c.a.) 2011 (c.d.)
Venezia	0	0	0	6	1	33	2012 (c.a.) 2011 (c.d.)
Treviso	1	2	0	2	62	302	2012 (c.a.) 2011 (c.d.)
Padova	0	0	0	2	19	60	2011
Pordenone	0	0	0	0	19	2	2013
Udine	0	32	0	0	27	1	2013
Trieste	0	0	1	1	11	0	2013
Piacenza	5	33	4	nd	27	nd	2012
Parma	1	14	7	3	41	37	2012
Reggio Emilia	0	1	0	0	27	35	2012
Modena	1	0	8	60	46	nd	2012
Bologna	0	3	2	7	33	57	2012
Ferrara	0	0	1	0	11	4	2012
Ravenna	0	1	3	1	8	nd	2012
Forlì	0	23	0	nd	39	nd	2012
Rimini	1	7	0	0	7	1	2012
Lucca	0	18	1	14	63	nd	2012
Pistoia	0	4	0	0	1	108	2012
Firenze	4	49	0	114	73	823	2012
Prato	0	3	0	42	0	85	2012 (c.a.) 2007 (c.d.)
Livorno	6	42	0	29	11	129	2012
Arezzo	2	48	12	75	29	425	2012(c.a.) 2006 (c.d.)
Perugia	6	41	5	41	51	75	2012
Terni	0	7	0	nd	19		2012
Pesaro	0	14	1	15	20	33	2013
Ancona	0	4	0	9	14	27	2013
Viterbo	3	17	11	nd	95	nd	2011
Roma	1	23	35	59	138	nd	2011
Latina	2	4	0	nd	25	nd	2011
Pescara	2	21	0	nd	51	nd	2013
Campobasso	1	4	2	nd	49	433	2013

continua

segue **Tabella 2.8.1:** *Miniere e cave attive e dismesse/abbandonate*



Province	Miniere attive (2010)	Miniere dismesse (1870-2010)	Cave attive	Cave dismesse	Cave attive	Cave dismesse	Anno riferimento (cave) c.a: cave attive c.d: cave dismesse
	Provincia		Comune		Provincia		
<b>Caserta</b>	0	15	2	nd	8	412	2011 (c.a) 2006 (c.d)
<b>Benevento</b>	0	8	2	nd	10	275	2011 (c.a) 2006 (c.d)
<b>Napoli</b>	0	2	0	nd	10	230	2011 (c.a) 2006 (c.d)
<b>Salerno</b>	0	4	1	nd	17	436	2011 (c.a) 2006 (c.d)
<b>Foggia</b>	0	11	3	8	71	82	2012
<b>Barletta (BAT)</b>	0	1	6	83	62	93	2012
<b>Bari</b>	0	1	1	32	71	60	2012
<b>Taranto</b>	0	0	6	32	58	39	2012
<b>Brindisi</b>	0	0	14	26	39	32	2012
<b>Potenza</b>	0	6	2	nd	40	nd	2012
<b>Catanzaro</b>	2	5	4	nd	34	nd	2012
<b>Reggio Calabria</b>	0	7	8	nd	58	nd	2012
<b>Palermo</b>	1	55	5	5	42	91	2012 (c.a) 2008 (c.d)
<b>Messina</b>	0	13	6	5	42	79	2012 (c.a) 2008 (c.d)
<b>Catania</b>	0	16	4	15	89	121	2012 (c.a) 2008 (c.d)
<b>Siracusa</b>	0	1	0	2	50	71	2012 (c.a) 2008 (c.d)
<b>Sassari</b>	9	18	3	14	17	158	2011 (c.a) 2007 (c.d)
<b>Cagliari</b>	8	100	1	9	18	138	2011 (c.a) 2007 (c.d)
<b>Olbia (OT)</b>	1	3	6	20	44	222	2011 (c.a) 2007 (c.d)

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati regionali/provinciali/comunali

Nota: per le province della Campania il dato delle cave dismesse comprende anche le cave abusive.

## PERICOLOSITÀ DA FAGLIAZIONE SUPERFICIALE IN AREE URBANE

**Tabella 2.11.1 (relativa alla Figura 2.11.5):** Pericolosità da fagliazione superficiale nel territorio amministrativo delle 11 città dove tale fenomeno è ritenuto non trascurabile (rigetti massimi attesi pari ad almeno alcuni decimetri ed estensione areale  $> 0.5 \text{ km}^2$ ). Le aree sono espresse in  $\text{km}^2$ . La tipologia di copertura del suolo nelle aree a rischio si basa su CLC 2006 ed evidenzia le aree urbane (classe 1), agricole (classe 2) e naturali (classe 3)

City	Fault Class	Total Municipality Area	FDH area	FDH % area	Land cover of FDH areas (CLC class 1)	Land cover of FDH areas (CLC class 2)	Land cover of FDH areas (CLC class 3)	FDH % Urban area
Catanzaro	5	112,7	4,7	4,2	0,6	3,2	1,0	12,3
Cosenza	5	37,9	2,0	5,3	0,0	1,3	0,7	0,3
Messina	5	213,8	14,3	6,7	2,7	4,8	6,8	19,1
Reggio Calabria	5	239,0	30,9	12,9	3,8	18,6	8,5	12,3
Benevento	4	130,8	2,7	2,1		2,7	0,1	0,0
L'Aquila	4	473,9	37,6	7,9	1,2	5,7	30,7	3,2
Ragusa	4	444,7	9,6	2,2	0,2	8,1	1,3	2,6
Siracusa	4	207,8	17,2	8,3	2,9	13,3	0,9	17,1
Perugia	3	449,5	7,2	1,6	0,4	5,5	1,3	6,1
Trieste	3	85,1	5,6	6,6	1,6	0,8	3,2	28,3
Udine	3	57,2	1,8	3,1	0,6	1,2		34,3

Fonte: ISPRA

## FRANE NELLE AREE URBANE

**Tabella 2.12.1** – Numero di frane, area in frana sul territorio comunale e sull'urbanizzato, popolazione esposta a fenomeni franosi

Comune	N. frane	Area in frana sul territorio comunale		Area in frana sull'urbanizzato <sup>(a)</sup>		Popolazione esposta a fenomeni franosi (N. ab.)
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	
Torino	969	3,233	2,475	1,315	1,262	1001 - 3000
Novara	0	0	0	-	-	0
Asti	195	1,591	1,051	-	-	76 - 250
Alessandria	21	0,497	0,244	-	-	11 - 75
Aosta	15	3,826	17,866	-	-	251 - 500
Savona	54	2,018	3,092	-	-	76 - 250
Genova	640	28,254	11,915	4,384	5,945	> 3000
La Spezia	156	3,435	6,683	-	-	1001 - 3000
Varese	117	0,671	1,223	-	-	76 - 250
Como	104	0,625	1,683	-	-	501 - 1000
Milano	0	0	0	0	0	0
Monza	0	0	0	0	0	0
Bergamo	6	0,050	0,123	-	-	1 - 10
Brescia	14	0,100	0,111	0,014	0,029	1 - 10
Bolzano	36	2,409	4,616	-	-	251 - 500
Trento	415	28,810	18,280	1,200	3,704	> 3000
Verona	1	0	0	0	0	1 - 10
Vicenza	2	0,001	0,001	-	-	1 - 10
Treviso	0	0	0	-	-	0
Venezia	0	0	0	0	0	0
Padova	0	0	0	0	0	0
Pordenone	0	0	0	-	-	0
Udine	0	0	0	-	-	0
Trieste	27	0,538	0,640	0,133	0,365	501 - 1000
Piacenza	0	0	0	-	-	0
Parma	0	0	0	-	-	0
Reggio Emilia	0	0	0	-	-	0
Modena	0	0	0	0	0	0
Bologna	618	6,579	4,659	0,308	0,473	501 - 1000
Ferrara	0	0	0	-	-	0
Ravenna	0	0	0	-	-	0
Forlì	61	1,194	0,523	-	-	11 - 75
Rimini	152	4,071	3,031	-	-	76 - 250
Lucca	444	12,494	6,724	-	-	501 - 1000
Pistoia	616	15,286	6,471	-	-	1001 - 3000
Firenze	86	2,480	2,425	0,283	0,466	501 - 1000
Prato	92	1,509	1,551	-	-	76 - 250
Livorno	38	1,434	1,378	-	-	11 - 75
Arezzo	323	19,642	5,106	-	-	501 - 1000
Perugia	1676	23,365	5,192	1,897	2,488	> 3000
Terni	551	6,953	3,273	-	-	501 - 1000
Pesaro	450	13,412	10,580	-	-	1001 - 3000
Ancona	605	26,987	21,725	3,153	10,595	> 3000
Viterbo	35	1,644	0,405	-	-	11 - 75
Roma <sup>(b)</sup>	353	3,067	0,238	0,558	0,112	1001 - 3000
Latina	0	0	0	-	-	0

continua

segue **Tabella 2.12.1: Numero di frane, area in frana sul territorio comunale e sull'urbanizzato, popolazione esposta a fenomeni franosi**

Comune	N. frane	Area in frana sul territorio comunale		Area in frana sull'urbanizzato <sup>(a)</sup>		Popolazione esposta a fenomeni franosi (N. ab.)
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	
L'Aquila	138	26,962	5,689	0,683	1,635	501 - 1000
Pescara	13	0,264	0,782	0,027	0,117	11 - 75
Campobasso	199	3,104	5,531	0,208	1,101	251 - 500
Caserta	102	1,967	3,637	0,101	0,541	251 - 500
Benevento	148	7,921	6,054	-	-	501 - 1000
Napoli	213	0,130	0,109	0,047	0,048	76 - 250
Salerno	100	0,840	1,414	0,090	0,392	76 - 250
Foggia	0	0	0	0	0	0
Andria	0	0	0	-	-	0
Barletta	0	0	0	-	-	0
Bari	9	0,003	0,002	0,002	0,003	1 - 10
Taranto	0	0	0	0	0	0
Brindisi	0	0	0	-	-	0
Lecce	0	0	0	-	-	0
Potenza <sup>(c)</sup>	2186	42,479	24,213	3,261	11,230	> 3000
Matera <sup>(c)</sup>	758	32,773	8,358	-	-	251 - 500
Cosenza	249	9,614	25,391	-	-	1001 - 3000
Catanzaro	256	9,576	8,495	1,659	7,145	> 3000
Reggio Calabria	220	10,368	4,348	0,898	2,146	> 3000
Palermo <sup>(d)</sup>	255	5,497	3,423	0,480	0,391	1001 - 3000
Messina <sup>(d)(e)</sup>	572	7,325	3,427	-	-	> 3000
Catania <sup>(d)</sup>	74	0,937	0,512	0,692	0,217	1001 - 3000
Ragusa <sup>(d)</sup>	68	10,434	2,346	-	-	76 - 250
Siracusa <sup>(d)</sup>	11	0,080	0,038	-	-	11 - 75
Sassari	8	0,372	0,068	0,014	0,020	11 - 75
Cagliari	50	0,420	0,494	0,166	0,568	501 - 1000
Olbia	3	0,485	0,126	-	-	1 - 10
<b>Italia</b>	<b>14.504</b>	<b>387,724</b>	<b>2,567</b>	-	-	-

Fonte: ISPRA

Note:

<sup>(a)</sup> L'area in frana sull'urbanizzato è stata calcolata solo per i comuni per i quali è disponibile l'uso del suolo a elevata risoluzione *Urban Atlas*

<sup>(b)</sup> La fonte del dato sulle frane per il comune di Roma è uno studio realizzato da ISPRA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/news/progetto-frane-roma-capitale>)

<sup>(c)</sup> La fonte del dato sulle frane è l'Inventario IFFI integrato con il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Basilicata

<sup>(d)</sup> La fonte del dato sulle frane è l'Inventario IFFI integrato con il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino regionale della Sicilia

<sup>(e)</sup> Il dato ufficiale sul numero di frane nel comune di Messina è più basso rispetto a quello indicato in alcuni recenti studi scientifici



---

## APPENDICE BIBLIOGRAFIA

### IL CONSUMO DI SUOLO

- AEA, 2010. *L'ambiente in Europa. Stato e prospettive nel 2010: uso del suolo*. Agenzia europea per l'ambiente, Copenhagen, <http://www.eea.europa.eu/soer/synthesis/translations/lambiente-in-europa-2014-stato>.
- Antrop M., 2004. *Landscape Change and Urbanization Process in Europe*. Landscape and Urban Planning, 67: 9-26.
- APAT, 2008. *Il suolo, la radice della vita*. APAT, Roma, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/pubblicazioni-di-pregio/il-suolo-la-radice-della-vita>.
- Arcidiacono A, Salata S., 2014. *Politiche per il contenimento del consumo di suolo. Una rassegna critica comparativa delle proposte di legge*. In: CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. Centro Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano, pagg. 83-116.
- Berdini P., 2010. *Breve storia dell'abuso edilizio in Italia, dal ventennio fascista al prossimo futuro*. Donzelli editore, Roma.
- Blum, W.E.H., 2005. *Functions of Soil for Society and the Environment*. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. 4: 75-79.
- Camera dei Deputati, 2013. *Disposizioni per il contenimento del consumo del suolo e la tutela del paesaggio*. Proposta di legge presentata il 24 maggio 2013. Atti Parlamentari, XVII Legislatura – Disegni di legge e relazioni – documenti, n. 1050, <http://www.camera.it/leg17/126?tab=2&leg=17&idDocumento=1050>.
- Camera dei Deputati, 2014. *Contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato*. Disegno di legge presentato il 3 febbraio 2014. Atti parlamentari, XVII legislatura – Disegni di legge e relazioni – documenti, n. 2039, <http://www.camera.it/leg17/126?tab=2&leg=17&idDocumento=2039>.
- Commissione Europea, 2004. *Verso una strategia tematica sull'ambiente urbano*. COM (2004) 60 final, [http://europa.eu/legislation\\_summaries/other/128152\\_en.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/other/128152_en.htm).
- Commissione Europea, 2006a. *Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE*. COM(2006) 232, [http://ec.europa.eu/environment/soil/three\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm).
- Commissione Europea, 2006b. *Strategia tematica per la protezione del suolo*. COM(2006) 231, [http://europa.eu/legislation\\_summaries/agriculture/environment/128181\\_it.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/128181_it.htm).
- Commissione Europea, 2011. *Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects*. Technical Report 2011-050, <http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing.htm>.
- Commissione Europea, 2011b. *Tabella di Marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*. COM(2011) 571, [http://ec.europa.eu/environment/resource\\_efficiency/about/roadmap/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm).
- Commissione Europea, 2012. *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*. Lussemburgo, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, [http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing\\_guidelines.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing_guidelines.htm).
- Commissione Europea, 2012b. *State of the soil 2012*. Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, [http://ec.europa.eu/environment/soil/three\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/three_en.htm).
- Commissione Europea, 2013. *Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli*. Lussemburgo, [http://ec.europa.eu/environment/soil/publications\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/publications_en.htm).
- Commissione Europea, 2013b. *An EU Strategy on adaptation to climate change*. COM (2013) 216, [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/documentation_en.htm).
- Commissione Europea, 2014. *International Year of Soils 2015, Scoping Study for DG ENV*. Final Report, May 2014, [http://ec.europa.eu/environment/soil/scoping\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/soil/scoping_en.htm).
- CRCS, 2012. *Rapporto 2012*. Centro Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano.
- CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. Centro Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano.
- EU, 2011. *Agenda territoriale dell'Unione Europea 2020, Verso un'Europa della diversità regionale inclusiva, intelligente e sostenibile*, Gödöllő (Ungheria), 19 maggio.

- 
- EUROSTAT, 2013. *LUCAS Primary data 2012*, [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/lucas/data/LUCAS\\_primary\\_data/2012](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/lucas/data/LUCAS_primary_data/2012).
- Ferrara A., 2014. *Per una proposta estesa di metodologie di rilievo dei consumi di suolo in Italia: dimensioni e indicatori*. In: CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. Centro Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano, pagg. 18-30.
- Frish 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.
- Fumanti F., 2009. *Il suolo e le acque meteoriche*. In: *Focus su "Il suolo, il sottosuolo e la città"* – V Rapporto ISPRA. Qualità dell'ambiente urbano, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/pubblicazioni-del-sistema-agenziale/focus-su-il-suolo-il-sottosuolo-e-la-citta>.
- Gardi C., Dall'Olio N., Salata S., 2013. *L'insostenibile consumo di suolo*. Edicon Edizioni, Monfalcone.
- Gardi C., Montanarella L., Panagos P., 2014. *Metodologie di rilievo dei consumi di suolo e politiche di limitazione in Europa*. In: CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. INU Edizioni, Milano.
- Haygarth P.M., Ritz K., 2009. *The Future of Soils and Land Use in the UK: Soil Systems for the Provisions of Land-Based Ecosystem Services*. *Land Use Policy*, 26/1: 5187-5197.
- Hough M., 2004. *Cities and Natural Process*. Routledge, London.
- ISPRA, 2013b. *Qualità dell'ambiente urbano – IX Rapporto*, edizione 2013, ISPRA, Roma, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/qualita-dellambiente-urbano-ix-rapporto.-edizione-2013>.
- ISPRA, 2014a. *Annuario dei dati ambientali, Tematiche in primo piano*. ISPRA, Roma, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/tematiche-in-primo-piano-annuario-dei-dati-ambientali-2013>.
- ISPRA, 2014b. *Audizione dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) presso la Commissione Agricoltura, congiuntamente con la Commissione Ambiente, della Camera sul consumo di suolo*. Roma, 27 febbraio 2014.
- Leone A., Maddalena P., Montanari T., Settis S., 2013. *Costituzione incompiuta. Arte, paesaggio, ambiente*. Einaudi, Torino.
- Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2013. *Nota di aggiornamento del Documento di Economia e Finanza 2013*, <http://www.mef.gov.it/doc-finanza-pubblica/def/2013/>.
- Munafò M., 2013. *Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia*. In: ISPRA, Gennaio – Febbraio 2013. *Ideambiente*. Bimestrale di informazione ambientale 62: 20-31. ISPRA, Roma, [http://www.isprambiente.gov.it/files/ideambiente/ideambiente\\_62.pdf/view](http://www.isprambiente.gov.it/files/ideambiente/ideambiente_62.pdf/view).
- Munafò M., Salvati L., Zitti M., 2013. *Estimating soil sealing rate at national level—Italy as a case study*. *Ecological Indicators*, 26 (2013): 137-140.
- Munafò M., Marinosci I., Martellato G., Salvati L., 2013b. *Il consumo di suolo*. In: ISPRA, 2013. *Qualità dell'ambiente urbano – IX Rapporto*, edizione 2013, ISPRA, Roma, pagg. 21-27, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/qualita-dellambiente-urbano-ix-rapporto.-edizione-2013>.
- Munafò M., 2014. *Obiettivi e risultati del sistema nazionale di monitoraggio del consumo di suolo*. In: CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. INU Edizioni, Milano, pagg. 13-17.
- Munafò M. & Santucci V., 2014. *L'impermeabilizzazione, l'uso urbano e la copertura artificiale del suolo italiano*. In: CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. Centro Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano, pagg. 56-63.
- Munafò M. & Tombolini I., 2014. *Il consumo di suolo in Italia*. Rapporti 195/2014, ISPRA, Roma.
- Parlamento europeo e Consiglio (2013). *Decisione n. 1386/2013/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 novembre 2013 su un programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 «Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta»*, GUUE, L 354, 28.12.2013, pagg. 171-200. <http://ec.europa.eu/environment/newprg/index.htm>.
- Pileri P., 2007. *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*. Carocci Editore, Roma.
- Pileri P. & Granata E., 2012. *Amor Loci. Suolo, ambiente, cultura civile*. Libreria Cortina, Milano.
-

Pileri P., 2014. *Limitare il consumo di suolo come tassello di un'ampia politica culturale. È questa la sfida internazionale*. In: CRCS, 2014. *Politiche, strumenti e proposte legislative per il contenimento del consumo di suolo in Italia*. Centro Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano, pagg. 77-82.

Salzano, 2007. *Lo sprawl: il danno emergente e il lucro cessante*. Eddyburg.it, <http://www.eddyburg.it>.

Scalenghe R. & Ajmone Marsan F., 2009. *The Anthropogenic Sealing of Soils in Urban Areas*, Landscape and Urban Planning, 90(1-2): 1-10.

Siebielec G., Lazar S., Kaufmann C., Jaensch S., 2010. *Handbook for measures enhancing soil function performance and compensating soil loss during urbanization process*. Urban SMS – Soil Management Strategy project.

Turbé A., De Toni A., Benito P., Lavelle P., Ruiz N., Van der Putten W.H., Labouze E., Mudgal S., 2010. *Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers*. Bio Intelligence Service, IRD, and NIOO, Technical Report European Commission (DG Environment) 2010-049.

UN-HABITAT, 2009. *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements*. Earthscan, London.

UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification), 2012. *Zero Net Land Degradation. A sustainable Development Goal for Rio+20. To secure the contribution of our planet's land and soil to sustainable development, including food security and poverty eradication*. UNCCD Secretariat policy brief, <http://www.unccd.int/en/resources/publication/Pages/default.aspx>.

## FORME DI URBANIZZAZIONE E TIPOLOGIA INSEDIATIVA

Agnoletto M. & Guerzoni M., 2012. *La campagna necessaria. Un'agenda d'intervento dopo l'esplosione urbana*. Quodlibet, Macerata.

Botequilha Leitao A. & Ahern J., 2002. *Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning*. Landscape and Urban Planning, 59: 65-93.

Batty M., Besussi E., Chin N., 2003. *Traffic, Urban Growth and Suburban Sprawl*. Centre for Advanced Spatial Analysis. Working Paper Series. Paper 70.

Camagni R., Gibelli M.C., Rigamonti P., 2002. *Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion*. Ecological Economics, 40 (2002): 199-216.

EC, 2011. *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, European Commission, European Union. Da <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas/mapping-guide/>.

EEA, 2006. *Urban sprawl in Europe. The ignored challenge*. Copenhagen, EEA/ OPOCE.

EEA, 2013. *GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) - summary of product specifications*. EEA, Copenhagen.

EEA, 2011. *Guidelines For Verification Of High-Resolution Layers Produced Under Gmes/Copernicus Initial Operations (GIO) Land Monitoring 2011–2013*. EEA, Copenhagen.

EEA-FOEN, 2011. *Landscape fragmentation in Europe. Joint EEA-FOEN report*. EEA, Copenhagen.

Eiden G., Kayadjanian M., Vidal C., 2000. *Capturing landscape structures: Tools. From Land Cover To Landscape Diversity In The European Union*, <http://ec.europa.eu/agriculture/publi/landscape/ch1.htm#1.1.2>.

ESPON, 2011. *ESPON Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies. Final Report Annex 4: Case Study Mediterranean Coast of Spain*. Tech. rep. Dortmund: ESPON & IRPUD ESPON.

Indovina F. (a cura di), 1990. *La città diffusa*. Iuav-Daest, Venezia.

Indovina F., 2009. *Dalla città diffusa all'arcipelago metropolitano*. Franco Angeli, Milano.

Ingersoll R., 2004. *Sprawl town*. Meltemi, Roma.

ISPRA, 2013. *Qualità dell'ambiente urbano*. IX Rapporto annuale, edizione 2013. ISPRA, Roma.

ISPRA, 2014. *Annuario dei dati ambientali*. ISPRA, Roma.

Kasanko, M., Barredo, J.I., Lavalle, C., McCormick, N., Demicheli, L., Sagris, V., et al., 2006. *Are European cities becoming dispersed? a comparative analysis of 15 European urban areas*. Landscape and Urban Planning 77 (1–2): 111–130.

La Greca P., Rosa D. L., Martinico F., Privitera R., 2011. *Agricultural and green infrastructures: The role of non-urbanised areas for eco-sustainable planning in a metropolitan region*. Environmental Pollution, 159(8–9): 2193-2202.

- Lanzani A., 2012. *L'urbanizzazione diffusa dopo la stagione della crescita*. In: Papa C., *Lecture di paesaggi*, Guerini e Associati, 2012, Milano, pagg. 223-264.
- Lelli C. & Pezzi G., 2012. *Urban Sprawl, come valutare l'urbanizzazione*. *Ecoscienza*, 5 (2012).
- Mazzeo G., 2009. *Dall'area metropolitana allo sprawl urbano: la disarticolazione del territorio*, Trimestrale del laboratorio Territorio, Ambiente e Mobilità, Vol.2, No.4, Università degli Studi di Napoli Federico II Dipartimento di Pianificazione e Scienza del Territorio.
- McGarigal, K. & Marks, B.J. 1995. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure*, General Technical Report, PNW-GTR-351, Portland, OR (USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station).
- McGarigal, K., Cushman S.A., Ene E., 2012. *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. University of Massachusetts, Amherst.
- Munafò, M., Strollo, A., Zitti, M., Salvati L., 2011. *Soil sealing e urban sprawl nei territori in transizione: una prospettiva italiana*, *Rivista geografica italiana*, 118-2: 269-296.
- Munafò M. & Tombolini I., 2014. *Il consumo di suolo in Italia*, Edizione 2014. ISPRA, Roma, <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/il-consumo-di-suolo-in-italia>.
- Munafò M., Congedo, L., Giulio S., Luti, T., Marinosci, I., 2014. *Il consumo di suolo*. In: *X Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano*. ISPRA, Roma.
- Nyerges T., Couclelis H., McMaster R., 2011. *The SAGE Handbook of GIS and Society*, SAGE, London.
- OECD, 2013. "Metropolitan areas", OECD Regional Statistics, (database), <http://dx.doi.org/10.1787/data-00531-en>.
- Openshaw S. (1985). *The Modifiable Areal Unit Problem*, *Catmog* 38, The Invicta Press, London.
- Riitters, K.H., O'Neill R.V., Hunsaker C.T., Wickham J.D., Yankee D.H., Timmins S.P., Jones K.B. & Jackson B.L., 1995. *A factor analysis of landscape pattern and structure metrics*. *Landscape Ecology*, 10: 23-39.
- Real Estate Research Corporation, 1974. *The Costs of Sprawl: Executive summary*, U.S. Government Printing Office, 1974
- Salvati L., Munafò M., Morelli V.G., Sabbi A., 2012. *Low-density settlements and land use changes in a Mediterranean urban region*. *Landscape and Urban Planning*, 105-1: 43-52.
- Schwarz N., 2010. *Urban form revisited—Selecting indicators for characterising European cities*. *Landscape and Urban Planning*, 96: 29-47.
- Simon D., 2008. *Urban Environments: Issues on the Peri-Urban Fringe*. *Annual Review of Environment and Resources*, 33(1): 167-185.

## I SUOLI NELL'AMBIENTE URBANO

- Ajmone Marsan F. & Zanini E., 2013. *Soils in Urban Areas*. In: Costantini E.A.C. & Dazzi C. (eds.). *The soils of Italy*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London.
- Ajmone Marsan F., 2008. *Introduzione ai suoli urbani*. Focus "Il Suolo, il Sottosuolo e la Città" – V Rapporto Qualità dell'Ambiente Urbano. ISPRA, Roma.
- Craul J. P., 1992. *Urban Soil in Landscape Design*. John Wiley & Sons, New York.
- Curtaz F., Filippa G., Freppaz M., Stanchi S., Zanini E., Costantini E.A.C., 2013. *Guida pratica di pedologia*. Progetto Napea. Ed. Institute Agricole Regional.
- Di Lorenzo A., Di Gennaro A., 2008. *Una Campagna per il futuro. La strategia per lo sviluppo dello spazio rurale nel Piano Territoriale della Campania*. Edizioni CLEAN, Napoli.
- Galbraith J.M., Mount H.R. & Scheyer J.M. 2002. *Anthropogenic Soils*. ICOMANTH Report No. 1 – Version 1.0 CD-ROM. USDA, NRCS, Lincoln, Nebraska.
- Galbraith M. J., 2012. *Rationale for Proposed Changes to Soil Taxonomy Concerning the International Committee for Anthropogenic Soils*.
- ISPRA, 2014. *Il consumo di suolo in Italia*. Edizione 2014. ISPRA, Roma, Rapporti 195/2014.
- IUSS Working Group WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources. *International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Laker M. C., 2007. *Urban soils*. In: Willy H.V. (ed.). *Land Use, Land Cover and Soil Sciences*.
- Lehmann A., 2004. *Proposals for the Consideration of Urban Soils within the WRB*. Petrozavodsk, Russia (<https://www.uni-hohenheim.de/soil/>).



---

Lehmann A., David S., Stahr K., 2006. *TUSEC (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions) a Method for the Assessment of Natural and Anthropogenic Soils .- Pedological Manual*. Contribution to Work Package 7 "Soil Evaluation" for the project TUSEC-IP prepared within the framework of the EU INTERREG III B Community Initiative Alpine Space. – (Coordination Work Package 7: University of Hohenheim). – Hohenheim.

Paolanti M., 2008. *Il pedologo in ambito urbano*. Atti convegno: I suoli in ambiente urbano: la conoscenza, l'uso e la gestione per la realizzazione delle opere a verde pubblico. AIP-SIGEA, Siena, 16 maggio 2008.

Pouyat R.V., Szlavecz K., Yesilonis I.D., Groffman P.M., Schwarz K., 2010. *Chemical, Physical, and Biological Characteristics of Urban Soils* Chapter 7. In: Aitkenhead-Peterson J. & Volder A. (eds.) *Urban Ecosystem Ecology*. Agronomy Monograph 55. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: 119-152.

Romano B., Ranfa A., Bodesmo M., 2008. *Linee guida per la progettazione, l'allestimento e la gestione di orti urbani e periurbani*. Dipartimento di Biologia Applicata Sez. Botanica Ambientale e Applicata dell'Università degli Studi di Perugia.

Spaargaren O., 2007. *Anthrosols and Technosols*. ISRIC. World Soil Information Wageningen, The Netherlands.

Wilding L. P., Ahrens R. J., 2002. *Soil taxonomy: Provisions for anthropogenically impacted soils*. Pgs 35–46. In: Proc. 2001 International Symposium "Soil Classification". European Communities, Luxembourg.

## **PERICOLOSITÀ DA FAGLIAZIONE SUPERFICIALE IN AREE URBANE**

Comerci V., Blumetti A.M., Di Manna P., Fiorenza D., Guerrieri L., Lucarini M., Serva L., Vittori E., 2013. *ITHACA Project and Capable Faults in the Po Plain (Northern Italy)*. Ingegneria Sismica, Special Issue "Seismic risk in the Po Plain", Year XXX – n. 1-2 – January-June 2013, 36-50.

EEA, 2007. *CLC2006 technical guidelines*. EEA Technical report No 17/2007, EEA, Copenhagen, [http://www.eea.europa.eu/publications/technical\\_report\\_2007\\_17](http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17).

Guerrieri L., Blumetti A.M., Di Manna P., Serva L., Vittori E., 2009. *The exposure of urban areas to surface faulting hazard in Italy: a quantitative analysis*. Boll.Soc.Geol.It. (Ital.J.Geosci.), 128-1 (2009).

Guerrieri L., Blumetti A.M., Comerci V., Di Manna P., Michetti A.M., Vittori E., Serva L., 2013. *Fault Displacement Hazard in Italy: input for siting of critical facilities and land planning*. 4th International INQUA Meeting on Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (PATA), 9-14 October 2013, Aachen, Germany, pagg. 91-94.

Meletti C., Valensise G., 2004. *Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03. n. 3274) – INGV <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>

Petersen M.D., Dawson T.E., Chen R., Cao T., Wills C.J., Schwartz D.P., Frankel A.D., 2011. *Fault Displacement Hazard for Strike-Slip Faults*. Bull. Seism. Soc. Am., 101-2 (2011): 805-825, doi: 10.1785/0120100035.

Twiss R.J. & Moores E.M., 1992. *Structural Geology*. W. H. Freeman & Co., San Francisco.

Youngs, R.R., Arabasz, W.J., Anderson, R.E., Ramelli, A.R., Ake, J.P., Slemmons, D.B., McCalpin J.P., Doser D.I., Fridrich, C.I., Swan F.H., Rogers A.M., Yount C.J., Anderson L.W., Smith K.D., Bruhn R.L., Knuepfer P.L.K., Smith R.B., dePolo C.M., O'Leary D.W., Coppersmith K.J., Pezzopane S.K., Schwartz D.P., Whitney J.W., Olig S.S., Toro, G. R., 2004. *A methodology for probabilistic fault displacement hazard analysis (PFDHA)*. Earthquake Spectra, 19, 191.

## **FRANE NELLE AREE URBANE**

Geoland2 Consortium (2010). *Technical Note on HR Imperviousness Layer Product Specification* (EC Proposal Reference No.: FP-7-218795).

GMES (2010). *Mapping Guide for a European Urban Atlas*.

Salvati P., Bianchi C., Rossi M., Guzzetti F. (2010). *Societal landslide and flood risk in Italy*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 10, 465–483.

---

Trigila A. & Iadanza C. (2008). *Landslides in Italy*. Special Report 2008. ISPRA, Roma, Rapporti 83/2008.

Trigila A., Iadanza C., Spizzichino D. (2010). *Quality assessment of the Italian Landslide Inventory using GIS processing*. *Landslides*, 7 (4): 455-470.

Trigila A. & Iadanza C. (2012). *The national landslide inventory, landslide events, impacts and mitigation measures in Italy*. In: Eberhardt E., Froese C., Turner K., Leroueil S. (eds) *Landslides and Engineered Slopes. Protecting Society through Improved Understanding*, Balkema, pagg. 273-278.

Trigila A., Frattini P., Casagli N., Catani F., Crosta G., Esposito C., Iadanza C., Lagomarsino D., Lari S., Scarascia-Mugnozza G., Segoni S., Spizzichino D., Tofani V. (2013). *Landslide susceptibility mapping at national scale: the Italian case study*. In: K. Sassa, P. Canuti, C. Margottini (eds) *Landslide science and practice* Vol. 1 Inventory and hazard assessment. Springer, pagg. 287-296.

Trigila A., Iadanza C., Munafò M., Marinosci I. (2014) *Population exposed to landslide and flood risk in Italy*.

## EVENTI ALLUVIONALI IN AMBIENTE URBANO

*Atti e Decreti del Governo della Repubblica* (pubblicati su G.U.).

*Atti e Decreti delle Giunte Regionali* (pubblicati sui B.U.R.).

Benedini M. & Gisotti G. (2000). *Il dissesto idrogeologico*. Carocci Editore.

Comunicazione COM 232 (2006). *Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la Direttiva 2004/35/CE*. Bruxelles.

Direttiva "Alluvioni" 2007/60/CE. *Valutazione e gestione dei rischi di alluvione*.

Gaume, E., Bain, V., Bernardara, P., Newinger, O., Barbuc, M., Bateman, A., Blaskovicova, L., Blochl, G., Borga, M., Dumitrescu, A., Daliakopoulos, I., Garcia, J., Irimescu, A., Kohnova, S., Koutroulis, A., Marchi, L., Matreata, S., Medina, V., Preciso, E., Sempere-Torres, D., Stancalie, G., Szolgay, J., Tsanis, I., Velasco, D. and Viglione, A. (2009). *A compilation of data on European flash floods*. *Journal of Hydrology* 367: 70-78.

Ispra (2003-2013). *Annuario dei Dati Ambientali* (edizioni varie).

Ispra (2009). *Verso il recepimento della Direttiva 2007/60/CE: analisi della situazione attuale della pianificazione e della gestione del rischio di inondazione e proposta per la richiesta delle deroghe ex art. 13*.

Lara A., Saurì D., Ribas A., & Pavon D. (2010). *Social perceptions of floods and flood management in a Mediterranean area (Costa Brava, Spain)*. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 10: 2081-2091.

Marziliano M. G. & Secondini, P. (2008) - *Reti idrografiche e strutture urbane*. Alinea, Firenze.

Rusconi A. (2012) – *Rapporti di scala e coerenza tra il Piano di Bacino e la Pianificazione Urbanistica*. Gruppo 183. Università IUAV, Venezia.

### Sitografia

[www.adnkronos.it](http://www.adnkronos.it);

[www.ilsecoloxix.it](http://www.ilsecoloxix.it);

[www.cittadellaspezia.it](http://www.cittadellaspezia.it);

[www.lastampa.it](http://www.lastampa.it);

[www.corrieredelveneto.it](http://www.corrieredelveneto.it);

[www.nuovavicenza.it](http://www.nuovavicenza.it);

[www.newsrimini.it](http://www.newsrimini.it);

[www.nimbus.it](http://www.nimbus.it);

[www.comune.rimini.it](http://www.comune.rimini.it);

[www.protezionecivile.emilia-romagna.it](http://www.protezionecivile.emilia-romagna.it);

[www.ilcentro.gelocal.it](http://www.ilcentro.gelocal.it);

[www.ilpescara.it](http://www.ilpescara.it);

[www.ilquotidianodellacalabria.it](http://www.ilquotidianodellacalabria.it);

[www.ilgiornaledellaprotezionecivile.it](http://www.ilgiornaledellaprotezionecivile.it);

[www.classmeteo.it](http://www.classmeteo.it);

[www.siracusaoggi.it](http://www.siracusaoggi.it);

[www.regione.sardegna.it](http://www.regione.sardegna.it)

---

## CARTOGRAFIA GEOLOGICA DELLE GRANDI AREE URBANE ITALIANE: BENEVENTO, L'AQUILA E VITERBO

### Benevento

ISPRA – Servizio Geologico d'Italia (2009). *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*, Foglio 432 “Benevento”. Coordinatore U. Chiocchini.

Chiocchini U. (2009). *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000*. Foglio n. 4325 “Benevento”. ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo / Servizio Geologico d'Italia.

<http://www.pcn.minambiente.it/GN/>

<http://www.rendis.isprambiente.it/rendisweb/>

<http://beneventoceraunavolta.blogspot.it/2012/03/benevento-foto-ponte-vanvitelli-sul.html>.

### L'Aquila

APAT – Servizio Geologico d'Italia e Regione Abruzzo (2006). Foglio geologico N° 359 “L'Aquila”. S.EL.CA., Firenze.

Bertini T. & Bosi C. (1993). *La tettonica quaternaria della conca di Fossa (L'Aquila)*. Il Quaternario, 6: 293–314.

Blumetti A.M. (1995). *Neotectonic Investigation and Evidence of Paleoseismicity in the Epicentral Area of the January-February 1703, Central Italy, Earthquakes*; In: *Perspectives in paleoseismology*, Ass. of Engineering Geologists Spec. Publ., Vol 6, Serva L. & Slemmons D.B. (eds), 83-100.

Boncio P., Tinari D.P., Lavecchia G., Visini F. & Milana G. (2009). *The instrumental seismicity of the Abruzzo Region in Central Italy (1981-2003): seismotectonic implications*. Boll. Soc. Geol. It., 128 (2): 367-380.

Bosi C. (1975). *Osservazioni preliminari su faglie probabilmente attive nell'Appennino centrale*. Boll. Soc. Geol. It., 94: 827-859.

Bosi C., Galadini F., Giaccio B., Messina P. & Sposato A. (2003). *Plio-Quaternary continental deposits in the Latium-Abruzzi Apennines: the correlation of geological events across different intermontane basins*. Il Quaternario, 16: 55-76.

Galadini F. & Galli P. (2000). *Active tectonics in the central Apennines (Italy) - Input data for seismic hazard assessment*. Natural Hazards, 22: 202-223.

Gaudiosi I., Del Monaco F., Milana G. & Tallini M. (2013). *Site effects in the Aterno River Valley (L'Aquila, Italy): comparison between empirical and 2D numerical modeling starting from April 6th 2009 MW 6.3 earthquake*. Bulletin of Earthquake Engineering, doi: 10.1007/s10518-013-9540-6.

Gruppo di Lavoro MS-AQ (2010). *Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana*. Regione Abruzzo - Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila, 3 vol.

Improta L., Villani F., Bruno P.P., Castiello A., De Rosa D., Varriale F., Punzo M., Brunori C.A., Civico R., Pierdominici S., Berlusconi A., Giacomuzzi G. (2012). *High-resolution controlled-Source seismic tomography across the Middle Aterno basin in the epicentral area of the 2009, Mw 6.3, L'Aquila earthquake (central Apennines, Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., 131 (3): 373-388.

Gruppo di Lavoro MS (2008). *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome*. Roma, Dipartimento della protezione civile, 3 voll. e DVD.

Gruppo di lavoro per il Tavolo Tecnico Microzonazione sismica per la Regione Abruzzo L'Aquila, 30 Luglio 2012. *Linee guida: standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica, specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici ed informatici relativi al primo livello delle attività di Microzonazione Sismica*.

Mancini M., Cavuoto G., Pandolfi L., Petronio C., Salari L. & Sardella R. (2011). *Coupling basin infill history and mammal biochronology in a Pleistocene intramontane basin: The case of western L'Aquila Basin (central Apennines, Italy)*. Quaternary International, 267: 62-77.

Messina P., Bosi C. & Moro M. (2003). *Sedimenti e forme quaternari nell'alta valle dell'Aterno (L'Aquila)*. Il Quaternario, 16 (2): 231-239.

Storti F., Aldega L., Balsamo F., Corrado S., Del Monaco F., Di Paolo L., Matalerz M., Monaco P., & Tallini M. (2013). *Evidence for strong middle Pleistocene earthquakes in the epicentral area of the 6 April 2009 L'Aquila seismic event from sediment paleofluidization and overconsolidation*. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 118.

Vezzani L. & Ghisetti F. (1998) – *Carta Geologica dell'Abruzzo, scala 1:100.000*. S.EL.CA., Firenze.

---

## **Viterbo**

Chiocchini U. (Ed.) (2006). *La geologia della città di Viterbo*. Gangemi Editore.

Chiocchini U., Castaldi F., Barbieri M. & Eulilli V. (2010). *A stratigraphic and geophysical approach to studying the deep-circulating groundwater and thermal springs, and their recharge areas, in Cimini Mountains - Viterbo area, central Italy*. Hydrogeology Journal, 18: 1319 - 1341.

Di Giosa A.D., Torri G., Sotgiu A.M., Salvi F., Innocenzi V., & Leone P. (2013). *Il monitoraggio del gas Radon nel Lazio*. Rapporto a cura di ARPA Lazio & ISPRA.

ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo / Servizio Geologico d'Italia, (in prep.). *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio n. 345 "Viterbo".

Nappi G., Chiocchini U., Mattioli M., Bonomo R., Ricci V. & Vita L. (in prep.). *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Foglio n. 345 "Viterbo"*. ISPRA – Dipartimento Difesa del Suolo / Servizio Geologico d'Italia, Roma.



---