

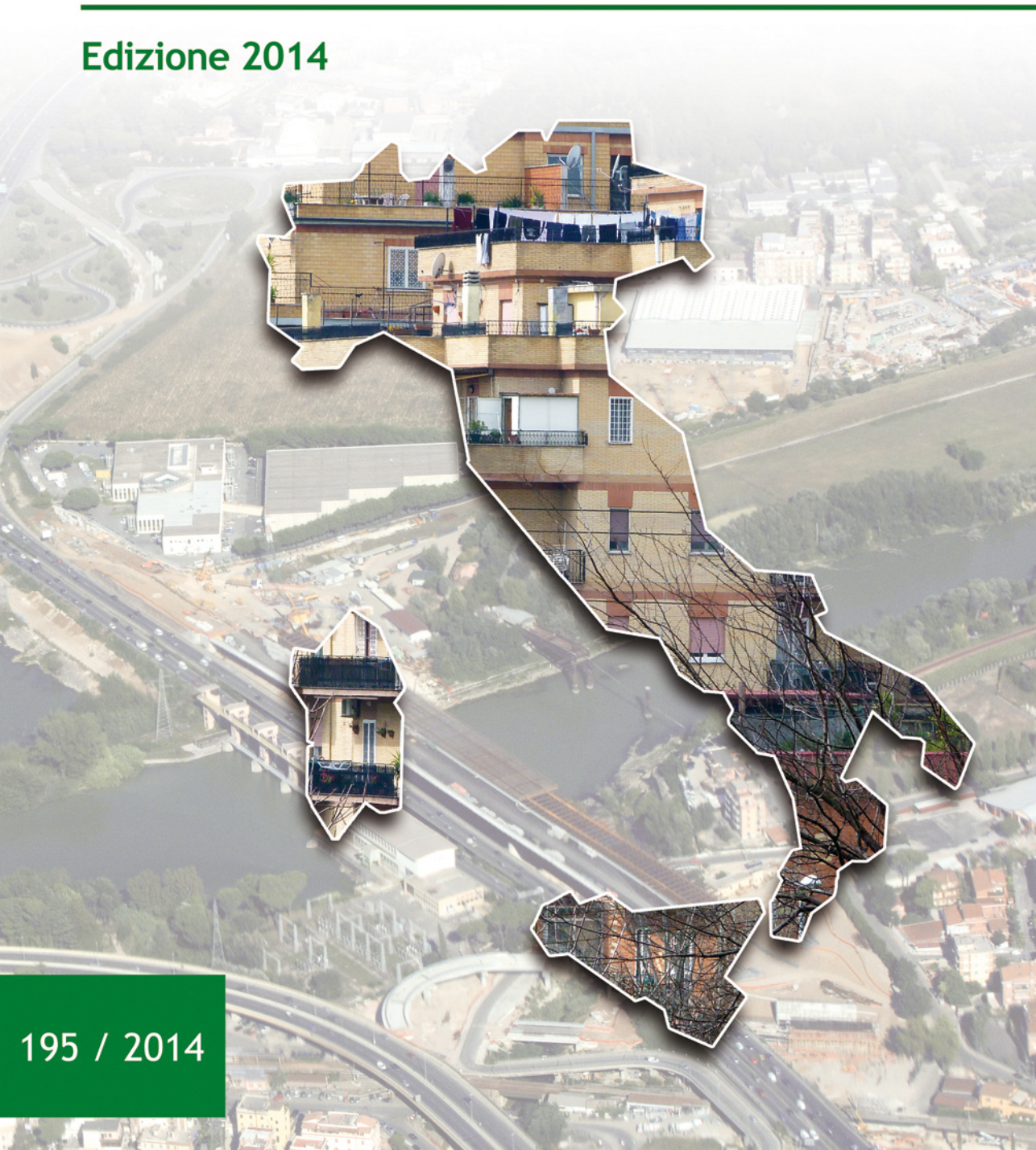


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Il consumo di suolo in Italia

Edizione 2014





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Il consumo di suolo in Italia

Edizione 2014

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma
www.isprambiente.gov.it

ISPRA, Rapporti 195/2014
ISBN 978-88-448-0646-0

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica

ISPRA

Grafica di copertina: Franco Iozzoli (ISPRA)
Foto: Paolo Orlandi e Franco Iozzoli (ISPRA)

Coordinamento tipografico:

Daria Mazzella
ISPRA – Settore Editoria

Amministrazione:

Olimpia Girolamo
ISPRA – Settore Editoria

Distribuzione:

Michelina Porcarelli
ISPRA – Settore Editoria

Stampa:

Tiburtini s.r.l. – Roma

Roma, 26 marzo 2014

Autori

Michele Munafò (ISPRA)
Ilaria Tombolini (c/o ISPRA)

Contributi

Francesca Assennato, Luca Congedo, Marco Di Leginio, Giovanni Finocchiaro, Fiorenzo Fumanti, Alessandra Galosi, Tania Luti, Ines Marinosci (ISPRA), Nicola Riitano, Valeria Santucci (c/o ISPRA)

Referee

Paolo Berdini (Università di Roma Tor Vergata)
Silvia Macchi (Università di Roma La Sapienza)
Marco Marchetti (Università del Molise)
Davide Marino (Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente - CURSA)
Luca Marmo (Direzione Generale Ambiente, Commissione Europea)
Paolo Pileri (Politecnico di Milano)
Luca Salvati (Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura - CRA)

Acquisizione dati e fotointerpretazione

Dati nazionali e regionali (ISPRA): G. Carboni, S. Cicerchia, L. Congedo, M. Della Valle, N. Gazzea, T. Luti, I. Magliocchetti, S. Malagesi, I. Marinosci, A. Mosca, C. Norero, A. Palermo, L. Pangallo, E. Paganini, A. Raudner, A. Ricci, N. Riitano, L. Romano, V. Santucci, R. Scalambretti, F. Spilabotte, A. Storia, I. Tombolini, R. Visentin, A. Zeppa. *Dati comunali*: Alessandria: S. Caddeo (ARPA Piemonte), Ancona: D. Bucci (ARPA Marche), Aosta: S. Isabel (ARPA Valle D'Aosta), Arezzo e Pistoia: C. Berti e C. Licciardello (ARPA Toscana), Bari, Brindisi, Foggia e Taranto: V. Laghezza (ARPA Puglia), Bologna: C. Maccone, A. Trentini, L. Passoni (ARPA Emilia Romagna), Bolzano: D. Colmano (Provincia Autonoma di Bolzano - Alto Adige), Bergamo, Brescia, Como, Milano e Monza: D. Bellingeri (ARPA Lombardia), Cagliari: A. Ligas e G. Sanna (ARPA Sardegna), Catania: G. Martellato (ISPRA), Catanzaro: M. Amadori (Sapienza Università di Roma), Ferrara: S. Bellodi (ARPA Emilia Romagna), Firenze: G. Giovannoni, V. Pallante, C. Berti e C. Licciardello (ARPA Toscana), Forlì: C. Ravaioli (ARPA Emilia Romagna), Genova: S. Malagesi (Sapienza Università di Roma) e G. Martellato (ISPRA), Latina: G. Martellato (ISPRA), Livorno e Prato: G. Giovannoni, C. Berti e C. Licciardello (ARPA Toscana), Modena: D. Corradini e M. G. Scialoja (ARPA Emilia Romagna), Napoli, Caserta e Salerno: L. Fusco (ARPA Campania), Novara: T. Niccoli e S. Raimondo (ARPA Piemonte), Padova, Venezia, Verona e Vicenza: G. De Luca e A. Tamaro (ARPA Veneto), Palermo: N. Riitano (Sapienza Università di Roma), Parma: M. Olivieri e C. Melegari (ARPA Emilia Romagna), Perugia e Terni: G. Bagaglia (ARPA Umbria), Pescara: C. Zamponi e L. Di Croce (ARTA Abruzzo), Piacenza: M. Cantini (ARPA Emilia Romagna), Potenza: A. Bianchini e E. Di Muro (ARPA Basilicata), Ravenna: C. Laghi (ARPA Emilia Romagna), Reggio nell'Emilia: M. Manzini (ARPA Emilia Romagna), Rimini: L. Merlo e M. Rossi (ARPA Emilia Romagna), Roma: P. Assante (stagista ISPRA), C. Norero (Sapienza Università di Roma) e L. Cascone (ARPA Lazio), Sassari: G. Sanna (ARPA Sardegna), Torino: C. Converso (ARPA Piemonte), Trento: M. Francescon (Provincia autonoma di Trento), Treviso: E. Avanzi (ARPA Veneto), Trieste: P. Giacomich e L.G. Vuerich (ARPA FVG), Udine: L.G. Vuerich (ARPA FVG)

Elaborazione dati

Fabio Baiocco, Luca Congedo, Giovanni Finocchiaro, Alessandra Galosi, Tania Luti, Ines Marinosci, Michele Munafò, Astrid Raudner, Roberto Scalambretti, Roberto Visentin (ISPRA); Nicola Riitano, Valeria Santucci, Ilaria Tombolini (c/o ISPRA)

Sviluppo applicazioni

Fabio Baiocco, Luigi Ramacci, Antonio Scaramella, Norberto Tombolillo (ISPRA)

Gruppo di lavoro sul consumo di suolo

Michele Munafò (coord.), Francesca Assennato, Marco Di Leginio, Giovanni Finocchiaro, Fiorenzo Fumanti, Alessandra Galosi, Ines Marinosci (ISPRA)

Ringraziamenti

Marco Ballin, Raffaella Chiocchini, Sandro Cruciani, Alessandra Ferrara, Angela Ferruzza, Fabio Lipizzi, Stefano Mugnoli (Istat); Antonio De Meo, Livio Rossi (AGEA-SIN); Filiberto Altobelli, Flavio Lupia, Giuseppe Pulighe, Silvia Vanino (INEA); Lorenzo Sallustio (Università del Molise); Lorenzo Fattorini (Università di Siena); Stefano Salata (Politecnico di Milano); Carlo Cellamare (Università La Sapienza); Ciro Gardi (JRC); Vincenzo Barbieri (Planetek Italia)

PREFAZIONE

Difendere il suolo dalle aggressioni indiscriminate significa difendere una risorsa anche economica che è strategica per l'Italia: l'ambiente, il paesaggio, le bellezze naturali. Difendere il suolo significa anche proteggere il paese dalla minaccia del dissesto idrogeologico che spesso ha conseguenze gravissime, anche in termini di perdita di vite umane, a causa dell'uso dissennato del territorio.

Per questo assume particolare rilievo il rapporto dell'ISPRA che segue l'evoluzione della problematica nell'arco di decenni, focalizzandosi sulle dinamiche più recenti che segnano da un lato la riduzione dell'abusivismo edilizio ma, dall'altro, la prosecuzione del consumo del suolo per opere pubbliche e infrastrutturali.

L'obiettivo del risparmio del territorio è condiviso con l'Europa ed è oggetto di un disegno di legge del Governo al vaglio del Parlamento. Auspico che la discussione parlamentare possa essere conclusa sollecitamente, dotando così il nostro Paese di una normativa adeguata alle finalità di tutela che ci proponiamo.

Il livello di cementificazione del nostro Paese è, infatti, tra i più alti in Europa, e l'impressionante tasso di consumo di suolo, certificato dai dati ISPRA, impone una risposta delle Istituzioni.

Io non credo peraltro che vada contrapposta la tutela del territorio alla, auspicata, ripresa del settore edilizio. Lo sviluppo di questo comparto e la disponibilità di nuovi alloggi possono essere assicurati attraverso idonei programmi di rigenerazione urbana, di recupero, ristrutturazione, riuso e riqualificazione energetica degli edifici esistenti, di bonifica dei siti contaminati e delle aree industriali dismesse, riducendo il consumo di nuovo suolo.

È importante anche prevedere un monitoraggio continuo per garantire la disponibilità costante di un quadro conoscitivo di riferimento per la definizione e la valutazione delle politiche a livello nazionale, regionale e comunale.

Questo Rapporto è un passo significativo in tale direzione e dimostra che, in Italia, esiste un sistema pubblico in grado di assicurare elevati standard di qualità nella tutela dell'ambiente e dotato di mezzi informativi e di studio efficaci e aggiornati per difendere il territorio e programmarne lo sviluppo in modo sostenibile.

On. Gian Luca Galletti
*Ministro dell'Ambiente e della
Tutela del Territorio e del Mare*

PREFAZIONE

Il suolo fornisce da sempre all'uomo la "base" per la produzione agricola e zootecnica, per lo sviluppo urbano e degli insediamenti produttivi, per la mobilità di merci e persone. Il suolo è anche la dimora ed il rifugio di una moltitudine di altre forme viventi e le sue caratteristiche e funzioni sono essenziali per la nostra sopravvivenza sul Pianeta. Tuttavia, la sua superficie, così come quella del mare, continua a rappresentare una frontiera culturalmente difficile da affrontare con le nostre capacità cognitive e conoscitive. Eppure oggi non si può prescindere dall'evidenziarne l'importanza, partecipando, il suolo, al mantenimento dell'equilibrio dell'intero ecosistema ed alla conservazione del patrimonio naturale, dalla tutela delle acque alla salvaguardia della biodiversità, dagli effetti sul microclima e sulle dinamiche climatiche di larga scala, alla resilienza, al manifestarsi degli eventi franosi ed alluvionali, dalla perdita di fertilità alla disponibilità di sedimenti per le dinamiche fluviali e costiere. E' per tutte queste ragioni, cioè per la tutela dei servizi ecosistemici forniti che si rende, tra l'altro, necessaria ed impellente una regolamentazione più stringente del consumo di suolo, attraverso politiche sia dirette di interdizione e di indirizzo che indirette per la riqualificazione dei centri urbani ed il riuso del patrimonio edilizio esistente.

La fondamentale "risorsa suolo", si pone al centro di un sistema di relazioni tra le principali pressioni ambientali e i cicli naturali che assicurano il sostentamento della vita sul pianeta; è solo attraverso la conoscenza dell'intero sistema e dei processi che lo governano che sarà possibile porre le basi per interventi efficaci sulle cause del suo deterioramento ed alterazione, così come per contrastare le minacce dovute alle attività antropiche che ne determinano una continua e crescente impermeabilizzazione, pianificata o abusiva che sia e che generano contaminazione, perdita della biodiversità e processi di desertificazione, compromettendone la disponibilità per lo stesso sviluppo della nostra società.

Misurare e valutare il consumo del suolo, a causa della frammentazione delle fonti informative e delle competenze, presenta elementi di forte complessità. In questo ambito, forse più che in molti altri, infatti, i processi naturali si legano profondamente ed indissolubilmente alle dinamiche abitative e produttive delle popolazioni. Si pensi, ad esempio, all'annosa questione della contaminazione delle acque da nitrati, fertilizzanti, fitofarmaci e pesticidi derivanti dalle attività agricole e zootecniche e, per contro, alla potenziale capacità di conservazione e promozione della naturalità e della biodiversità da parte delle stesse attività, così come voluto dalla nuova Politica Agricola Comunitaria, che proprio a questo fine, incoraggia il popolamento e il presidio dei territori collinari e montani, come di quelli urbano-rurali. La conoscenza di tali dinamiche e di tali processi è essenziale per la definizione del quadro d'insieme.

Appare dunque necessaria l'ampia e la corretta fruizione delle informazioni e delle conoscenze e, soprattutto, la loro organizzazione, integrazione e valutazione congiunta, quali elementi fondamentali per l'analisi, la rappresentazione e il governo delle trasformazioni territoriali, oltre che per costruire una comune visione delle questioni ambientali, attraverso un approccio che consenta a tutti di valutare la qualità delle scelte politiche proposte o già fatte, sulla base di elementi chiari e trasparenti.

Appare altresì evidente come informazioni e conoscenze non possano riferirsi solo a ciò che si vede sulla superficie del suolo, ma debbono concorrere ed integrarsi con altre, altrettanto importanti, relative al suolo stesso ed al sottosuolo, alla loro natura chimica, fisica e biologica e a quanto ci propone l'atmosfera con le sue dinamiche meteorologiche e climatiche.

Il primo Rapporto dell'ISPRA sul consumo di suolo rappresenta, in Italia, un tassello fondamentale perché assicura gli elementi informativi necessari alla tutela di un bene comune e si configura come uno strumento che rende il patrimonio di conoscenze e di dati raccolti sull'argomento, non appannaggio dei soli addetti ai lavori, bensì un servizio pubblico per il sistema Paese.

Prof. Bernardo De Bernardinis

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
1.1 Il suolo: una risorsa da tutelare.....	1
1.2 Le funzioni del suolo.....	1
1.3 Le minacce	2
2. COS'È IL CONSUMO DI SUOLO.....	3
2.1 Una definizione di consumo di suolo	3
2.2 L'espansione urbana.....	3
2.3 L'impermeabilizzazione del suolo	4
2.4 Gli orientamenti comunitari	5
2.5 Limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo	6
3. IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA	7
3.1 Le stime del consumo di suolo a livello nazionale.....	7
3.2 Le stime del consumo di suolo a livello regionale	8
3.3 Le stime del consumo di suolo a livello comunale.....	9
3.4 Le tipologie di consumo	12
3.5 Il consumo di suolo e la crescita demografica.....	14
3.6 La geografia del consumo di suolo.....	14
3.6.1 <i>Le aree urbane e le aree agricole</i>	14
3.6.2 <i>La fascia costiera</i>	16
3.6.3 <i>Le pianure, le colline, le montagne</i>	16
3.7 L'uso del suolo	18
3.7.1 <i>Il consumo di suolo per classe di uso</i>	18
3.7.2 <i>Stima dell'uso del suolo a livello nazionale</i>	19
3.8 Lo sprawl urbano.....	20
3.9 Il confronto con gli altri paesi europei	23
4. METODOLOGIA DI MISURA E FONTI INFORMATIVE.....	24
4.1 Strumenti per il monitoraggio del consumo di suolo	24
4.2 La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo	24
4.3 Acquisizione dei dati e metodologia di stima.....	25
4.4 Validazione.....	28
4.5 Errore di stima	29
4.6 Altre fonti informative sul consumo di suolo.....	30
4.7 Caratteristiche e limiti delle fonti informative	31
CONCLUSIONI	37
BIBLIOGRAFIA.....	39
UN ATLANTE DEL CONSUMO DI SUOLO	41

1. INTRODUZIONE

1.1 Il suolo: una risorsa da tutelare

Il suolo è una risorsa naturale limitata, di fatto non rinnovabile, necessaria non solo per la produzione alimentare e il supporto alle attività umane, ma anche per la chiusura dei cicli degli elementi nutritivi e per l'equilibrio della biosfera. È un sottile mezzo poroso e biologicamente attivo, risultato di complessi e continui fenomeni di interazione tra le attività umane e i processi chimici e fisici che avvengono nella zona di contatto tra atmosfera, idrosfera, litosfera e biosfera (APAT, 2008; ISPRA, 2013a).

Nella legislazione italiana il suolo è definito come “il territorio, il suolo, il sottosuolo, gli abitati e le opere infrastrutturali”¹ mentre la Strategia tematica per la protezione del suolo, adottata dalla Commissione Europea nel 2006, definisce più correttamente il suolo come lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da particelle minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi, che rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua e ospita gran parte della biosfera. Il suolo ci fornisce cibo, biomassa e materie prime; funge da piattaforma per lo svolgimento delle attività umane; è un elemento del paesaggio e del patrimonio culturale e svolge un ruolo fondamentale come habitat e come riserva di patrimonio genetico.

Visti i tempi estremamente lunghi di formazione del suolo, si può ritenere che esso sia una risorsa sostanzialmente non rinnovabile. Il suo deterioramento ha ripercussioni dirette sulla qualità delle acque e dell'aria, sulla biodiversità e sui cambiamenti climatici, ma può anche incidere sulla salute dei cittadini e mettere in pericolo la sicurezza dei prodotti destinati all'alimentazione umana e animale (Commissione Europea, 2006).

1.2 Le funzioni del suolo

Insieme con aria e acqua, il suolo è essenziale per l'esistenza delle specie presenti sul nostro pianeta; svolge la funzione di buffer, filtro e reagente consentendo la trasformazione dei soluti che vi passano e regolando i cicli nutrizionali indispensabili per la vegetazione; è coinvolto nel ciclo dell'acqua; funge da piattaforma e da supporto per i processi e gli elementi naturali e artificiali; contribuisce alla resilienza dei sistemi socio-ecologici; fornisce importanti materie prime e ha, inoltre, una funzione culturale e storica. Nonostante ciò è troppo spesso percepito solo come supporto alla produzione agricola e come base fisica sulla quale sviluppare le attività umane (Fumanti, 2009; ISPRA, 2013a).

Un suolo in condizioni naturali, insieme all'intera biosfera, fornisce al genere umano i servizi ecosistemici necessari al proprio sostentamento (Blum, 2005; Commissione Europea, 2006; APAT, 2008; Haygarth e Ritz, 2009; Turbé *et al.*, 2010):

- servizi di approvvigionamento (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.);
- servizi di regolazione (regolazione del clima, cattura e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e dei nutrienti, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, etc.);
- servizi di supporto (supporto fisico, decomposizione e mineralizzazione di materia organica, habitat delle specie, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.);
- servizi culturali (servizi ricreativi, paesaggio, patrimonio naturale, etc.).

Per l'importanza che rivestono sotto il profilo socioeconomico e ambientale, tutte queste funzioni devono pertanto essere tutelate (Commissione Europea, 2006). Infatti, le scorrette pratiche agricole, zootecniche e forestali, le dinamiche insediative, le variazioni d'uso e gli effetti locali dei cambiamenti ambientali globali possono originare gravi processi degradativi che limitano o inibiscono totalmente la funzionalità del suolo e che spesso diventano evidenti solo quando sono irreversibili, o in uno stato talmente avanzato da renderne estremamente oneroso e economicamente poco vantaggioso il ripristino. La risorsa suolo deve essere, quindi, protetta e utilizzata nel modo idoneo, in relazione alle sue intrinseche proprietà, affinché possa continuare a svolgere la propria insostituibile ed efficiente funzione sul pianeta (ISPRA, 2013a) e perché elemento fondamentale dell'ambiente, dell'ecosistema e del paesaggio, tutelati dalla nostra Costituzione² (Leone *et al.*, 2013).

¹ Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale", Art. 54.

² Art. 9: “La Repubblica promuove lo sviluppo della cultura e la ricerca scientifica e tecnica. Tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione”; art. 44: “Al fine di conseguire il razionale sfruttamento del suolo e di stabilire equi rapporti sociali, la legge impone

1.3 Le minacce

Il suolo subisce una serie di processi di degrado ed è sottoposto a diverse tipologie di minacce (Commissione Europea, 2006; 2012a):

- l'erosione, ovvero la rimozione di particelle di suolo ad opera di agenti atmosferici (vento, acqua, ghiaccio) o per effetto di movimenti gravitativi o di organismi viventi (bioerosione) che, in seguito ad alcune pratiche antropiche, può portare alla perdita del suolo fertile, all'aumento dell'apporto di sedimenti nelle acque e dell'eutrofizzazione;
- la diminuzione di materia organica;
- la contaminazione locale o diffusa;
- l'impermeabilizzazione (*sealing*), ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiale artificiale non permeabile;
- la compattazione, causata da eccessive pressioni meccaniche, conseguenti all'utilizzo di macchinari pesanti o al sovrapascolamento;
- la perdita della biodiversità;
- la salinizzazione, ovvero l'accumulo nel suolo di sali solubili in seguito ad eventi naturali o all'azione dell'uomo;
- le frane e le alluvioni;
- la desertificazione, ultima fase del degrado del suolo.



obblighi e vincoli alla proprietà terriera privata, fissa limiti alla sua estensione secondo le regioni e le zone agrarie, promuove ed impone la bonifica delle terre [...]”; art. 117: “[...] Lo Stato ha legislazione esclusiva nelle seguenti materie: [...] tutela dell’ambiente, dell’ecosistema e dei beni culturali [...]”.

2. COS'È IL CONSUMO DI SUOLO

2.1 Una definizione di consumo di suolo

Il consumo di suolo deve essere inteso come un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative. Un processo prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, capannoni e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.

Il concetto di consumo di suolo deve, quindi, essere definito come una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato).

La copertura del suolo è un concetto collegato ma distinto dall'uso del suolo. Per *copertura del suolo* si intende, infatti, la copertura biofisica della superficie terrestre, e viene definita dalla direttiva 2007/2/CE³ come la copertura fisica e biologica della superficie terrestre comprese le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici. L'impermeabilizzazione del suolo costituisce la forma più evidente di copertura artificiale. Le altre forme di copertura artificiale del suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso l'asportazione per escavazione (comprese le attività estrattive a cielo aperto), alla perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali la contaminazione e la compattazione dovuti alla presenza di impianti industriali, infrastrutture, manufatti, depositi permanenti di materiale o passaggio di mezzi di trasporto.

L'*uso del suolo* è, invece, un riflesso delle interazioni tra l'uomo e la copertura del suolo e costituisce quindi una descrizione di come il suolo venga impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE lo definisce come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti e programmate per il futuro (ad esempio ad uso residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo).

La rappresentazione più tipica del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di 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 (ISPRA, 2013b).

Il consumo di suolo *netto* è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuti a interventi di recupero, demolizione, de-impermeabilizzazione, rinaturalizzazione o altro (Commissione Europea, 2012b). Tuttavia, i processi di rigenerazione dei suoli sono rari, complessi e richiedono notevoli apporti di energia e tempi lunghi per ripristinare le condizioni intrinseche del suolo prima della sua impermeabilizzazione (Pileri, 2007).

2.2 L'espansione urbana

“Il paesaggio è il grande malato d'Italia. Basta affacciarsi alla finestra: vedremo villette a schiera dove ieri c'erano dune, spiagge e pinete, vedremo mansarde malamente appollaiate su tetti un giorno armoniosi, su terrazzi già ariosi e fioriti. Vedremo boschi, prati e campagne arretrare ogni giorno davanti all'invasione di mesti condominî, vedremo coste luminose e verdissime colline divorate da case incongrue e 'palazzi' senz'anima, vedremo gru levarsi minacciose per ogni dove. Vedremo quello che fu il Bel Paese sommerso da inesorabili colate di cemento. [...] Monti, campagne, marine sono sempre meno il tesoro e il respiro di tutti i cittadini” (Settis, 2010).

L'espansione delle aree urbanizzate e artificiali è un processo di trasformazione che comporta la perdita di superfici agricole e naturali e di aree ad alto valore ambientale. Un'urbanizzazione diffusa che copre aree sempre più vaste del territorio nazionale, annulla, di fatto, la distinzione fra città e campagna e

³ Direttiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007 che istituisce un'Infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea (Inspire) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:108:0001:0014:it:pdf>

rappresenta, ormai, un elemento caratteristico, influenzandone il paesaggio, di pianure, fondovalle, zone peri-urbane o fasce costiere (Indovina, 2005; Pileri, 2007; UN-HABITAT, 2009).

Nell'ambito di molteplici trasformazioni del territorio quali l'urbanizzazione, la costruzione di nuove infrastrutture, la destinazione di spazi alle attività produttive o commerciali, nuove edificazioni, l'occupazione di nuovi spazi sottratti alle classi relative alla copertura naturale, seminaturale o agricola e progressivamente inclusi nella classe di copertura del suolo "aree artificiali" si possono distinguere diversi fenomeni di consumo del suolo, ciascuno con specifiche caratteristiche e specifiche conseguenze: area urbanizzata; area artificiale; area impermeabilizzata; area edificata (Commissione Europea, 2012b; Romano e Zullo, 2013).

2.3 L'impermeabilizzazione del suolo

La progressiva espansione delle aree urbanizzate e le sempre più diffuse dinamiche insediative dello sprawl urbano comportano una forte accelerazione del processo di impermeabilizzazione del suolo, comunemente chiamato cementificazione. La copertura permanente con materiali artificiali (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, riguarda solo una parte dell'area di insediamento, poiché altre componenti di tale area, come i giardini, i parchi urbani e altri spazi verdi non rappresentano una superficie impermeabile. Il fenomeno comprende, tuttavia, anche la costruzione di insediamenti sparsi in zone rurali, la diffusione di manufatti, opere e coperture presenti in aree agricole e naturali, oltre l'area tradizionale di insediamento urbano.

L'impermeabilizzazione rappresenta la principale causa di degrado del suolo in Europa, in quanto comporta un rischio accresciuto di inondazioni, contribuisce al riscaldamento globale, minaccia la biodiversità, suscita particolare preoccupazione allorché vengono ad essere ricoperti terreni agricoli fertili e aree naturali e seminaturali, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale (Antrop, 2004; Pileri e Granata, 2012). È probabilmente l'uso più impattante che si può fare della risorsa suolo poiché ne determina la perdita totale o una compromissione della sua funzionalità tale da limitare/inibire anche il suo insostituibile ruolo nel ciclo degli elementi nutritivi (APAT, 2008; Gardi *et al.*, 2013).

Le funzioni produttive dei suoli sono, pertanto, inevitabilmente perse, così come la loro possibilità di assorbire CO₂, di fornire supporto e sostentamento per la componente biotica dell'ecosistema, di garantire la biodiversità o la fruizione sociale. Nel territorio si incrementa anche la frammentazione degli habitat, con la possibile interruzione dei corridoi migratori per le specie selvatiche (EEA, 2006).

Nelle aree urbane il clima diventa più caldo e secco a causa della minore traspirazione vegetale ed evaporazione e delle più ampie superfici con un alto coefficiente di rifrazione del calore. Soprattutto in climi aridi come quello mediterraneo, la perdita di copertura vegetale e la diminuzione dell'evapotraspirazione, in sinergia con il calore prodotto dal condizionamento dell'aria e dal traffico e con l'assorbimento di energia solare da parte di superfici scure in asfalto o calcestruzzo, contribuiscono ai cambiamenti climatici locali, causando l'effetto "isola di calore" (Commissione Europea, 2012b).

L'impermeabilizzazione deve essere, per tali ragioni, intesa come un costo ambientale, risultato di una diffusione indiscriminata delle tipologie artificiali di uso del suolo che porta al degrado delle funzioni ecosistemiche e all'alterazione dell'equilibrio ecologico (Scalenghe e Ajmone Marsan, 2009; Commissione Europea, 2011a).

C'è da considerare, inoltre, che l'espansione urbana riguarda spesso i terreni più fertili, ad esempio quelli delle pianure alluvionali, dove maggiore è la perdita di capacità della produzione agricola e dove la rimozione, per la costruzione di edifici o infrastrutture, di suoli agricoli gestibili tramite misure di agricoltura conservativa, ci priva ancora di più del suo potenziale per la fissazione naturale di carbonio, influenzando quindi sul clima. Normalmente, la fissazione di carbonio avviene tramite la crescita vegetativa e l'accumulo di materia organica; su scala globale il serbatoio non-fossile di carbonio nel suolo ammonta a circa 1.500 miliardi di tonnellate (più del carbonio contenuto nell'atmosfera e nelle piante sommati assieme) quasi tutte entro il primo metro di suolo (Commissione Europea, 2013). Si stima che il comparto suolo-vegetazione catturi circa il 20% delle emissioni annuali di anidride carbonica prodotte dall'uomo. Si può essere portati erroneamente a credere che l'impermeabilizzazione blocchi il rilascio di carbonio in atmosfera come CO₂ e che, quindi, possa avere anche un contributo positivo nei confronti dei cambiamenti climatici. In realtà, nel corso di attività edilizie, rimuovendo lo strato superficiale del terreno, dove è concentrata la maggior parte della sostanza organica, parte dello stock di carbonio

organico viene rilasciata come gas serra a causa della mineralizzazione, vanificando l'azione millenaria dei processi naturali, responsabili della formazione del suolo. Tali interventi antropici spesso implicano anche una più o meno intensa deforestazione andando così a diminuire significativamente gli stock di carbonio presenti nella vegetazione, senza considerare il ruolo fondamentale che hanno gli spazi verdi nell'assorbimento di CO₂ e nella riduzione dell'impronta di carbonio da parte dell'uomo (Gardi *et al.*, 2013).

Un suolo compromesso dall'espansione delle superfici artificiali e impermeabilizzato, con una ridotta vegetazione e con presenza di superfici compattate non è più in grado di trattenere una buona parte delle acque di precipitazione atmosferica e di contribuire, pertanto, a regolare il deflusso superficiale. Il dilavamento dei suoli e delle superfici artificiali da parte delle acque di scorrimento superficiale determina anche un incremento del carico solido e del contenuto in sostanze inquinanti, provocando un forte impatto sulla qualità delle acque superficiali e sulla vita acquatica (Johnson, 2001; Commissione Europea, 2004; EEA, 2006; ISPRA, 2013a).

La forte pressione sulle risorse idriche può causare cambiamenti nello stato ambientale dei bacini di raccolta delle acque, alterando gli ecosistemi e i servizi che essi offrono. La riduzione di zone umide, pozzi naturali e terreni permeabili, combinata con l'espansione delle città nelle pianure alluvionali e costiere, spesso posizionate lungo le coste o le rive dei fiumi, aumenta fortemente il rischio di inondazioni, anche in considerazione dei possibili effetti dei cambiamenti climatici. La capacità del suolo di immagazzinare acqua e l'assorbimento di pioggia nel suolo viene ridotta e, in molti casi, impedita completamente, con una serie di effetti sul ciclo idrogeologico. Le precipitazioni che si infiltrano nei suoli, infatti, fanno aumentare in misura significativa il tempo necessario per raggiungere i fiumi, riducendo il flusso di picco e quindi il rischio di alluvione. Una maggiore infiltrazione idrica riduce la dipendenza da depositi artificiali per la raccolta dei carichi di picco delle precipitazioni e migliora, di conseguenza, anche la qualità delle acque (Hough, 2004).

2.4 Gli orientamenti comunitari

Già la Strategia tematica per la protezione del suolo del 2006 ha sottolineato la necessità di porre in essere buone pratiche per ridurre gli effetti negativi del consumo di suolo e, in particolare, della sua forma più evidente e irreversibile: l'impermeabilizzazione (Commissione Europea, 2006).

L'importanza di una buona gestione del territorio e, in particolare, dei suoli è stata ribadita dalla Commissione Europea nel 2011, con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (Commissione Europea, 2011b), nella quale si propone il traguardo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050. Obiettivo rafforzato recentemente dal legislatore europeo con l'approvazione del Settimo Programma di Azione Ambientale (Parlamento europeo e Consiglio, 2013) che ripropone l'obiettivo precedente, richiedendo inoltre che, entro il 2020, le politiche dell'Unione debbano tenere conto dei loro impatti diretti e indiretti sull'uso del territorio. Da un punto di vista formale è importante sottolineare che il Settimo Programma prende la forma di una Decisione del Parlamento europeo e del Consiglio e ha quindi una natura normativa, a differenza della Tabella di marcia del 2011 della Commissione, che si limitava a delineare delle pur importanti priorità politiche. Per quanto la Decisione non abbia di per sé valore cogente, il fatto che sia stata adottata tramite l'ordinario processo legislativo a livello europeo, ossia da parte del Parlamento europeo e del Consiglio, su proposta della Commissione, ne rafforza l'importanza.

In precedenza, la Commissione aveva ritenuto utile anche indicare le priorità di azione e le modalità che potrebbero essere usate per raggiungere l'obiettivo dell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050 e, nel 2012, ha pubblicato le linee guida per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012b).

L'approccio proposto è quello di privilegiare politiche e azioni finalizzate, nell'ordine, a limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, da definire dettagliatamente negli Stati membri e da attuare a livello nazionale, regionale e locale.

Per finire, può essere interessante notare come il Settimo Programma di Azione Ambientale faccia riferimento alle conclusioni della conferenza dell'ONU sullo sviluppo sostenibile tenutasi a Rio de Janeiro nel giugno del 2012 (il cosiddetto Rio+20, vent'anni dopo la prima conferenza del 1992). In

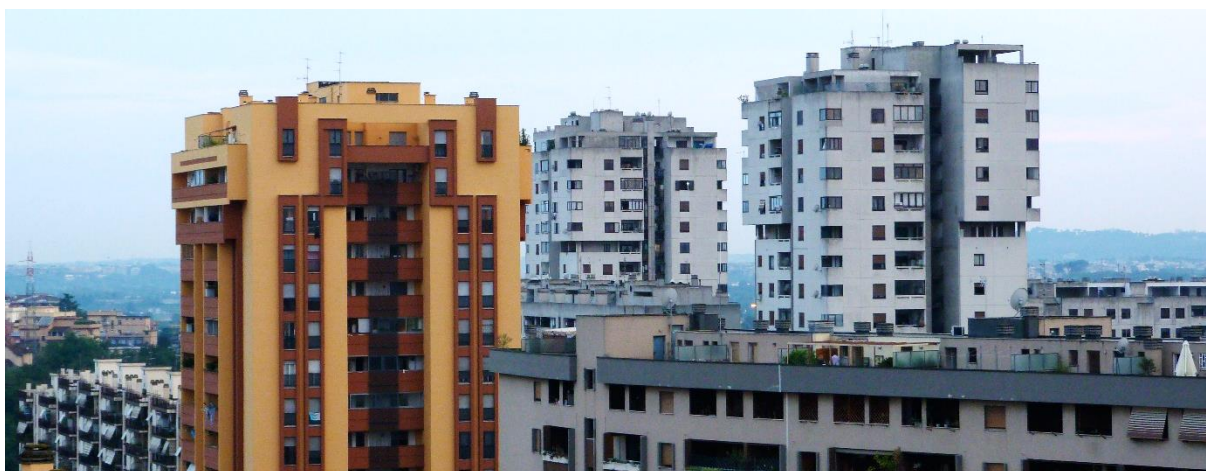
particolare, l'obiettivo di un *"land degradation neutral world"*⁴ è esplicitamente richiamato nei riferimenti al consumo di suolo e a una migliore gestione del territorio. Si tratta di una consapevolezza che inserisce le politiche europee in una dinamica più ampia a livello globale, anche in vista dell'aumento della popolazione planetaria e dei cambiamenti climatici, fenomeni che inevitabilmente influenzeranno la gestione del territorio e renderanno ancora più preziosa la risorsa suolo negli anni a venire: in Europa come in Italia.

2.5 Limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo

Limitare l'impermeabilizzazione del suolo significa impedire la conversione di aree verdi e la conseguente copertura artificiale del loro strato superficiale o di parte di esso. Andrebbero, perciò, promosse le attività di riutilizzo di aree già costruite, compresi i siti industriali dismessi. Questo vuol dire che occorre investire sul patrimonio edilizio esistente, incentivare il riuso dei suoli già compromessi e la rigenerazione urbana, assicurare un monitoraggio delle aree urbane già esistenti e non utilizzate, tutelare tutte le aree non edificate e non impermeabilizzate, anche in ambito urbano, e non solo le aree agricole. In diversi Paesi europei sono stati già fissati obiettivi da utilizzarsi come strumenti a fini di controllo e per stimolare progressi futuri. La creazione di incentivi all'affitto di case non occupate ha altresì contribuito a limitare l'impermeabilizzazione del suolo (Commissione Europea, 2012b).

Laddove si è verificata o è previsto che si verifichi un'impermeabilizzazione dovrebbero essere adottate misure di mitigazione tese a mantenere alcune delle funzioni del suolo e ridurre gli effetti negativi diretti o indiretti significativi sull'ambiente e sul benessere umano. Tali misure comprendono, ad esempio, la valutazione e il rispetto della qualità del suolo nei processi di pianificazione, con l'indirizzo del nuovo sviluppo verso suoli di minore qualità, l'impiego di opportuni materiali permeabili al posto del cemento o dell'asfalto, il sostegno alle infrastrutture verdi e un ricorso sempre maggiore a sistemi naturali di raccolta delle acque (Commissione Europea, 2012b).

Qualora le misure di mitigazione adottate in loco siano ritenute insufficienti⁵, dovrebbero essere prese in considerazione misure di compensazione ecologica, considerando tuttavia che è impossibile compensare completamente gli effetti dell'impermeabilizzazione. L'obiettivo della compensazione dovrebbe essere piuttosto quello di sostenere o ripristinare la capacità generale dei suoli di una determinata zona affinché possano mantenere dei servizi ecosistemici e assolvere le loro funzioni, o quanto meno gran parte di esse. In altri termini, si ripristina la funzionalità naturale altrove per compensare quella persa in loco. L'impermeabilizzazione del suolo può essere soggetta, infine, al versamento di una tassa dipendente dalla qualità del suolo consumato e dalla superficie impermeabilizzata. È vero che questo potrebbe essere considerato un sistema che limita l'impermeabilizzazione piuttosto che compensarla, tuttavia le tasse non possono realisticamente essere talmente alte da scoraggiare del tutto l'occupazione di terreno. Se le risorse servono a sostenere progetti di recupero, di bonifica o di ripristino, è lecito considerarlo un sistema di compensazione (Commissione Europea, 2012b).



⁴ "The Future We Want", paragrafo 205, <http://www.uncsd2012.org/content/documents/727The%20Future%20We%20Want%2019%20June%201230pm.pdf>

⁵ Si ricorda che, tecnicamente, nessun impatto può essere considerato completamente annullato con le misure mitigative (Pileri, 2007).

3. IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

3.1 Le stime del consumo di suolo a livello nazionale

Il quadro conoscitivo sul consumo di suolo nel nostro Paese è disponibile grazie ai dati della rete di monitoraggio del consumo di suolo, realizzata da ISPRA con la collaborazione delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province autonome (si veda il paragrafo 4.2 per maggiori dettagli). Il sistema permette, attualmente, di ricostruire l'andamento del consumo di suolo in Italia dal secondo dopoguerra ad oggi e mostra una crescita giornaliera del fenomeno che non sembra risentire dell'attuale congiuntura economica e continua a mantenersi intorno ai *70 ettari al giorno*, con oscillazioni marginali intorno a questo valore nel corso degli ultimi venti anni.

Si tratta di un consumo di suolo pari a circa *8 metri quadrati al secondo* che continua a coprire, ininterrottamente, notte e giorno, il nostro territorio con asfalto e cemento, edifici e capannoni, servizi e strade, a causa dell'espansione di aree urbane, spesso a bassa densità, di infrastrutture, di insediamenti commerciali, produttivi e di servizio, e con la conseguente perdita di aree aperte naturali o agricole.

I dati mostrano, a livello nazionale, un suolo ormai perso che è passato dal 2,9% degli anni '50⁶ al 7,3% del 2012, con un incremento di più di 4 punti percentuali. In termini assoluti, si stima che il consumo di suolo abbia intaccato ormai quasi 22.000 chilometri quadrati del nostro territorio (tabella 3.1).

Tabella 3.1 - Stima del suolo consumato a livello nazionale, in percentuale sulla superficie nazionale e in ettari, per anno⁷.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
Suolo consumato (%)	2,9%	5,4%	5,9%	6,1%	6,8%	7,0%	7,3%
Suolo consumato (km²)	8.700	16.220	17.750	18.260	20.350	21.170	21.890

Prendendo in esame le ripartizioni geografiche (tabella 3.2), i valori percentuali più elevati si registrano nel Nord Italia. Ma, mentre nelle regioni del Nord-Ovest assistiamo ad una fase di rallentamento della crescita, nel Triveneto e in Emilia Romagna si mantiene un tasso di consumo di suolo elevato, dovuto principalmente alla continua diffusione urbana che si riscontra nella pianura padano-veneta. Se negli anni '50 il Centro e il Sud Italia mostrano percentuali di suolo consumato simili, successivamente il Centro si distacca con valori in netta crescita, raggiungendo i valori medi nazionali che, nel complesso, hanno un andamento piuttosto omogeneo (figura 3.1).

Tabella 3.2 - Stima del suolo consumato (%) a livello ripartizionale, per anno.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
Nord-ovest	3,9%	6,6%	7,1%	7,3%	7,9%	8,2%	8,4%
Nord-est	2,9%	5,5%	6,2%	6,4%	7,2%	7,5%	7,8%
Centro	2,3%	5,2%	5,8%	6,0%	6,7%	7,0%	7,2%
Mezzogiorno	2,6%	4,8%	5,2%	5,3%	6,0%	6,3%	6,5%

Le stime riferite al 2012 sono da ritenersi preliminari a causa della non completa disponibilità dei dati di base necessari per la fotointerpretazione a livello sub-nazionale, ma si mantengono all'interno di un intervallo di confidenza limitato (si veda il paragrafo 4.5 per maggiori dettagli e per l'analisi dei limiti fiduciali delle stime). L'aggiornamento di quest'anno ha previsto anche un miglioramento della metodologia di analisi e un infittimento della rete di monitoraggio, consentendo di migliorare anche le stime relative agli anni precedenti (cfr. paragrafo 4.3).

⁶ La stima relativa agli anni '50 viene effettuata utilizzando la cartografia dell'Istituto Geografico Militare a scala 1:25.000 a diverse date, mediamente l'anno di riferimento per i punti di campionamento è il 1956.

⁷ Se non indicato diversamente, le tabelle e le figure di questo rapporto sono di fonte ISPRA.

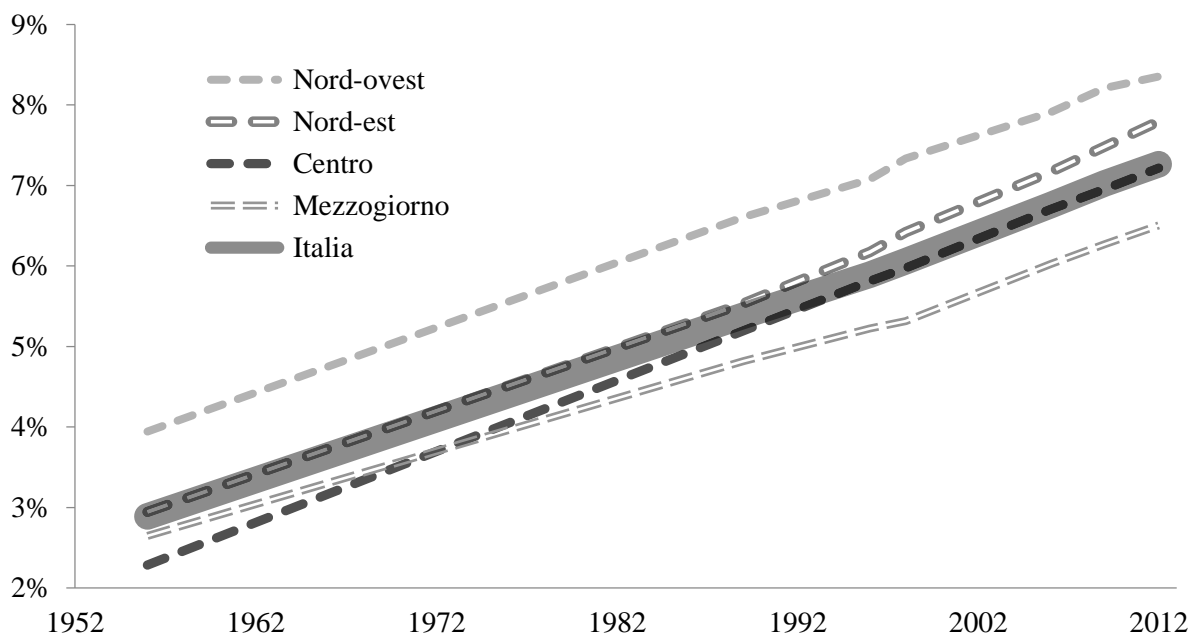


Figura 3.1 – Andamento del consumo di suolo a livello nazionale e ripartizionale, espresso in percentuale di suolo consumato sulla superficie territoriale tra gli anni '50 e il 2012.

3.2 Le stime del consumo di suolo a livello regionale

Nel 2012, in 15 regioni viene superato il 5% di suolo consumato, con le percentuali più elevate in Lombardia e in Veneto (oltre il 10%) e in Emilia Romagna, Lazio, Campania, Puglia e Sicilia dove troviamo valori compresi tra l'8 e il 10% (tabella 3.3; figure 3.2 e 3.3).

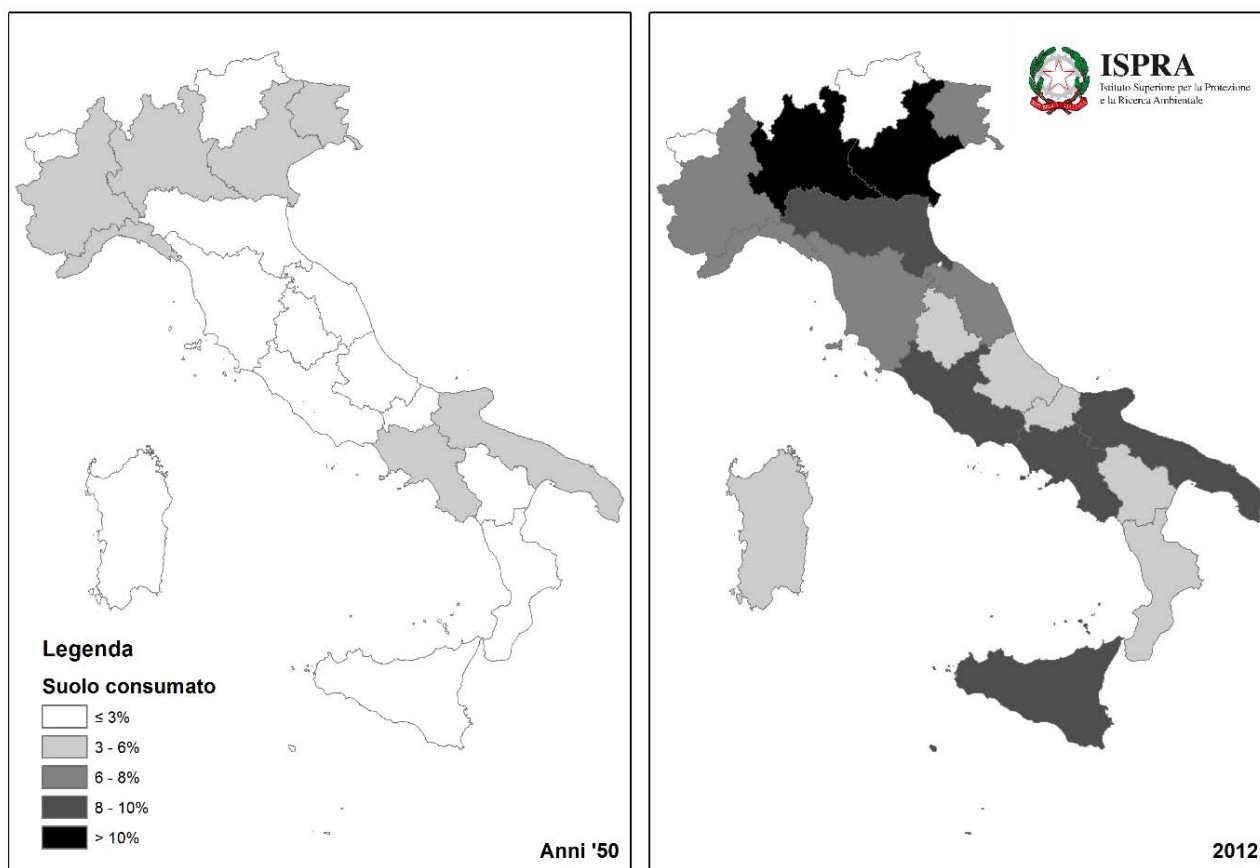


Figura 3.2 - Stima del suolo consumato a livello regionale negli anni '50 e nel 2012.

Tabella 3.3 - Stima del suolo consumato in percentuale sulla superficie regionale a livello regionale, per anno. Per ogni regione e per ogni anno si riportano i valori minimi e massimi dell'intervallo di confidenza.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
Piemonte	2,4-4,1%	4,8-6,7%	4,8-6,8%	5,0-7,0%	5,6-7,7%	5,7-8,5%	5,8-8,7%
Valle d'Aosta	1,2-2,4%	1,8-3,1%	1,9-3,2%	1,9-3,2%	2,1-3,5%	0,0-5,5%	0,0-5,5%
Lombardia	4,1-6,1%	7,1-9,4%	8,0-10,4%	8,3-10,8%	9,0-11,5%	8,7-12,1%	8,8-12,4%
Trentino-Alto Adige	1,0-2,1%	1,5-2,7%	1,6-2,9%	1,7-2,9%	1,8-3,1%	1,7-3,6%	1,8-4,0%
Veneto	3,5-5,4%	5,7-7,8%	6,4-8,5%	6,8-9,1%	8,4-10,8%	8,6-11,5%	9,0-12,1%
Friuli-Venezia Giulia	2,5-4,1%	4,7-6,6%	5,3-7,3%	5,2-7,3%	5,7-7,8%	5,7-8,8%	6,0-9,5%
Liguria	2,5-4,1%	4,9-6,8%	5,3-7,4%	5,5-7,6%	5,7-7,7%	5,8-8,1%	5,9-8,4%
Emilia Romagna	1,7-3,2%	5,5-7,5%	6,4-8,5%	6,6-8,8%	7,0-9,3%	6,7-10,0%	6,9-10,2%
Toscana	1,7-3,2%	4,2-6,1%	4,7-6,7%	4,8-6,7%	5,3-7,4%	4,9-7,9%	5,0-8,0%
Umbria	1,1-2,5%	3,2-4,8%	3,6-5,3%	3,5-5,1%	4,0-5,8%	4,3-6,2%	3,3-7,9%
Marche	2,1-3,8%	4,1-6,1%	4,9-6,9%	5,0-7,1%	5,8-8,0%	4,6-9,8%	4,9-10,2%
Lazio	1,3-2,5%	5,0-6,8%	5,7-7,6%	6,1-8,0%	6,9-9,0%	7,2-9,4%	6,9-10,7%
Abruzzo	1,1-2,4%	2,9-4,6%	3,4-5,2%	3,4-5,2%	4,2-6,1%	4,1-6,7%	4,1-7,1%
Molise	1,4-2,8%	2,4-3,9%	2,5-4,1%	3,1-3,6%	2,8-4,5%	2,5-4,9%	3,6-4,1%
Campania	3,8-5,8%	6,3-8,5%	6,7-9,0%	6,8-9,0%	7,4-9,7%	7,3-10,4%	7,3-11,0%
Puglia	2,7-4,5%	5,3-7,3%	6,1-8,2%	6,4-8,5%	7,2-9,5%	6,6-10,3%	6,6-10,4%
Basilicata	1,8-3,3%	2,6-4,1%	2,8-4,4%	2,9-4,5%	3,6-5,3%	2,6-6,5%	2,7-6,7%
Calabria	1,8-3,3%	3,3-5,0%	3,5-5,3%	3,6-5,3%	3,9-5,7%	4,0-6,0%	4,2-6,2%
Sicilia	1,6-2,9%	4,9-7,0%	5,1-7,2%	5,3-7,3%	6,5-8,7%	6,4-9,7%	6,8-10,2%
Sardegna	1,1-2,3%	2,1-3,5%	2,4-3,8%	2,4-3,8%	2,6-4,1%	2,7-4,4%	2,8-4,7%

In base alla diversa estensione territoriale delle regioni italiane, alle caratteristiche della rete di monitoraggio e all'errore di stima associato alla variabile oggetto di studio, la stima del suolo consumato viene fornita attraverso un intervallo che racchiude il valore vero con una confidenza del 95%.

Anche in questo caso, le stime riferite agli ultimi anni sono da ritenersi preliminari a causa della non completa disponibilità dei dati di base necessari per la fotointerpretazione a livello sub-nazionale, e generalmente hanno, per tale ragione, un intervallo di confidenza più ampio rispetto ai dati degli anni precedenti (si veda il paragrafo 4.5 per maggiori dettagli e per l'analisi dei limiti fiduciali delle stime). L'aggiornamento di quest'anno ha previsto anche un miglioramento della metodologia di analisi e un infittimento della rete di monitoraggio, consentendo di migliorare anche le stime relative agli anni precedenti (cfr. paragrafo 4.3).

3.3 Le stime del consumo di suolo a livello comunale

Attualmente è possibile avere un quadro completo e omogeneo a livello comunale attraverso i dati Copernicus⁸, che coprono l'intero territorio nazionale (si veda il paragrafo 4.7 per maggiori dettagli sui dati) e che assicurano la spazializzazione dei dati della rete di monitoraggio del consumo di suolo (figura 3.4). Nei principali comuni italiani sono, inoltre, disponibili stime più affidabili grazie a un infittimento dei punti di monitoraggio e approfondimenti specifici riportati nell'ambito del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano (ISPRA, 2013c).

⁸ 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).

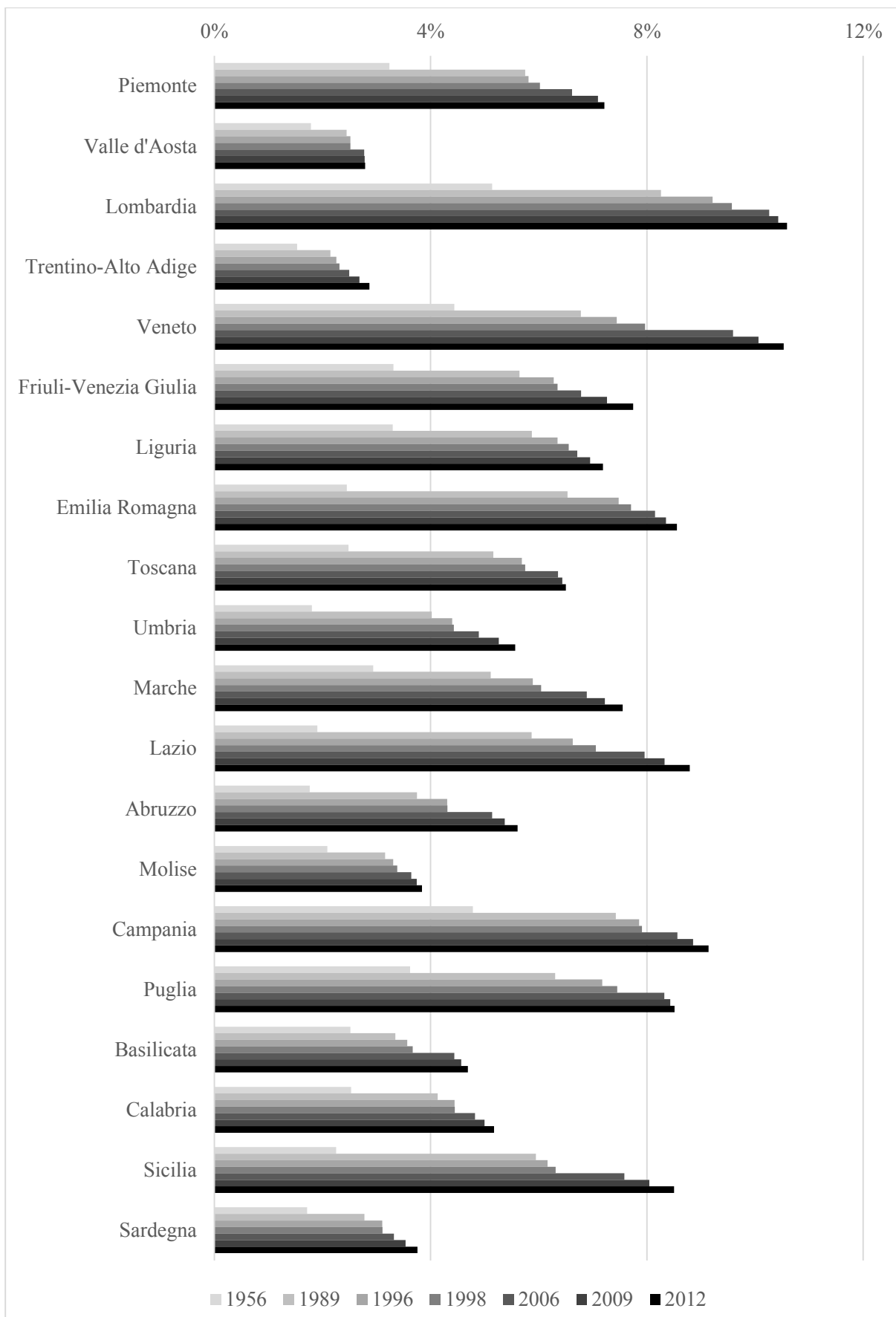


Figura 3.3 – Andamento del suolo consumato nelle regioni italiane tra gli anni '50 e il 2012 (percentuale sul territorio regionale).

I risultati ottenuti per i principali comuni evidenziano percentuali generalmente molto più elevate del resto del territorio, confermando la drammatica situazione di alcune delle nostre città, dove lo spazio comunale è stato consumato con percentuali che superano anche il 60% della superficie amministrata. I valori in percentuale della rilevazione, nel caso dei comuni, risultano poco significativi se non confrontati con i valori assoluti della superficie consumata. Questo perché il rapporto tra area urbana e perimetro amministrativo è soggetto a notevoli variazioni nelle singole realtà locali. Ci sono comuni che hanno un'estensione territoriale molto ampia rispetto all'area urbanizzata (come Roma e Potenza) e altri in cui la città, al contrario, ha superato i limiti amministrativi comunali (come Milano, Napoli e Torino). Nel primo caso, a valori elevati di superficie impermeabilizzata in termini assoluti, possono corrispondere basse percentuali dovute alla presenza di ampie aree agricole o naturali che circondano la città; nel secondo, viceversa, gli spazi aperti residui all'interno della superficie amministrata hanno un'estensione ridotta (tabelle 3.4 e 3.5).

Tabella 3.4 - Stima del suolo consumato (%) a livello comunale, per anno. Fonte: ISPRA, ARPA, APPA (2013).

	1949 1973	1988	1989 1990	1996	1997	1998	1999	2004 2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Torino				54,1			54,3			54,8					
Novara				22,1			22,7			24,9					
Alessandria		12,2		13			13,6			15,1		15,6			
Aosta		22,5			25,2		25,3		26,5						
Genova					18,4		18,5			18,6					
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	10,8				15,2		15,5		16,6		17,0			17,1	
Verona				23,1		24,1				25,9					
Vicenza				24,8			25,2			26,5					
Treviso			26,0	27,3						31,4					
Venezia				11,7		11,8			12,9						
Padova				38,6			38,8			41,3					
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						
R. 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
Ancona					12,6	12,7				13,6					
Pistoia						8,4				9,3				9,5	
Firenze				32,6		32,8				36,2				38,7	
Prato				26,0		26,4				30,1				31,2	
Livorno				20,7			21,0			22,1				22,1	
Arezzo							7,0			7,8				8,1	
Perugia								12,4			12,6				
Terni											12,2				
Roma	7,1		19,3	22,1		23,1		25,1			26,1				
Caserta		21,0			23,2	23,3			25,8						
Napoli		59,6			61,4	61,4			62,1						
Salerno		24,1			25,3	25,4			28,1						
Pescara							52,3			53,4					
Foggia			5,8		6,4		6,8	7,5						8,3	
Bari			31,6	35,0		35,2		37,6						40,2	
Taranto			19,3		21,3	21,8		23,7						23,8	
Brindisi			9,1	10,1		10,6		11,5						12,1	
Potenza					11,8	11,9				12,9					
Catanzaro	7,6	14,3		16,0		16,4			19,3			20,4			
Palermo					37,1	37,2		38,1							
Catania					21,4		21,7	24,3							
Sassari					6,6	6,8			7,1						
Cagliari					24,5	24,6			25,4						

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA (2013).

Tabella 3.5 - Stima del suolo consumato (ettari) a livello comunale, per anno. Fonte: ISPRA, ARPA, APPA (2013).

	1949 1973	1988	1989 1990	1996	1997	1998	1999	2004 2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Torino				7.044			7.069			7.136					
Novara				2.276			2.334			2.562					
Alessandria		2.479		2.660			2.780			3.081		3.192			
Aosta		482			539		540		566						
Genova					4.476		4.505			4.534					
Como	852	1.278			1.317		1.359			1.395					1.414
Milano	7.789		10.519		10.620		10.653			11.135					11.235
Monza	835	1.452			1.460	1.477				1.556					1.604
Bergamo	958		1.638		1.650	1.664					1.811				1.836
Brescia	1.628		3.675		3.743		3.788			3.974		4.020			4.031
Bolzano			1.095		1.130		1.170		1.227		1.249			1.262	
Trento	1.706				2.394		2.449		2.623		2.678				2.696
Verona				4.779		4.975				5.354					
Vicenza				2.001			2.030			2.139					
Treviso			1.440	1.512		1.571				1.743					
Venezia				4.862		4.928			5.366						
Padova				3.581			3.600			3.836					
Udine			1.961		2.068	2.114				2.230					
Trieste			2.560		2.615	2.627				2.772				2.748	
Piacenza		1.841		2.026		2.094				2.601	2.626			2.710	
Parma		3.643		4.038		4.109			4.998						
R. Emilia		2.991		3.583		3.681				4.109	4.109			4.158	
Modena			3.179	3.477		3.560				4.064	4.064			4.115	
Bologna			4.326	4.582		4.606				5.109	5.125			5.133	
Ferrara		5.140		5.683		5.740			6.254		6.397			6.568	
Ravenna		6.593		7.280		7.463		8.608			9.157			9.294	
Forlì		2.573		2.945		3.043				3.577	3.690			3.690	
Rimini		2.555		2.748		2.834				3.143	3.210			3.316	
Ancona					1.560	1.568				1.682					
Pistoia						1.997				2.198			2.257		
Firenze				3.340		3.361				3.705			3.960		
Prato				2.540		2.577				2.942			3.041		
Livorno				2.155			2.191			2.306			2.306		
Arezzo							2.716			2.997			3.114		
Perugia								5.597			5.670				
Terni											2.575				
Roma	9.315		25.285	28.922		30.253		32.826			34.068				
Caserta		1.131			1.252	1.255			1.392						
Napoli		6.993			7.196	7.203			7.283						
Salerno		1.421			1.493	1.497			1.657						
Pescara								1.750		1.786					
Foggia			2.954		3.235		3.432	3.798					4.192		
Bari			3.673	4.068		4.085		4.373					4.669		
Taranto			4.045		4.461	4.569		4.971					4.986		
Brindisi			2.986	3.305		3.484		3.782					3.981		
Potenza					2.049	2.069				2.246					
Catanzaro	845	1.591		1.780		1.824			2.152			2.275			
Palermo					5.888	5.907		6.055							
Catania					3.875		3.917	4.403							
Sassari					3.612	3.689			3.881						
Cagliari					2.099	2.105			2.172						

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati ARPA/APPA/ISPRA (2013).

3.4 Le tipologie di consumo

Diverse sono le tipologie di copertura artificiale che devono essere considerate causa di consumo di suolo (cfr. paragrafo 2.3), ma sono poche quelle principali, in cui si concentra la gran parte della superficie persa. Le aree coperte da edifici costituiscono il 30% del totale del suolo consumato, 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 compatte o scavate, come parcheggi, piazzali, cantieri, discariche o aree estrattive, costituiscono il 14% del suolo consumato (tabella 3.6).

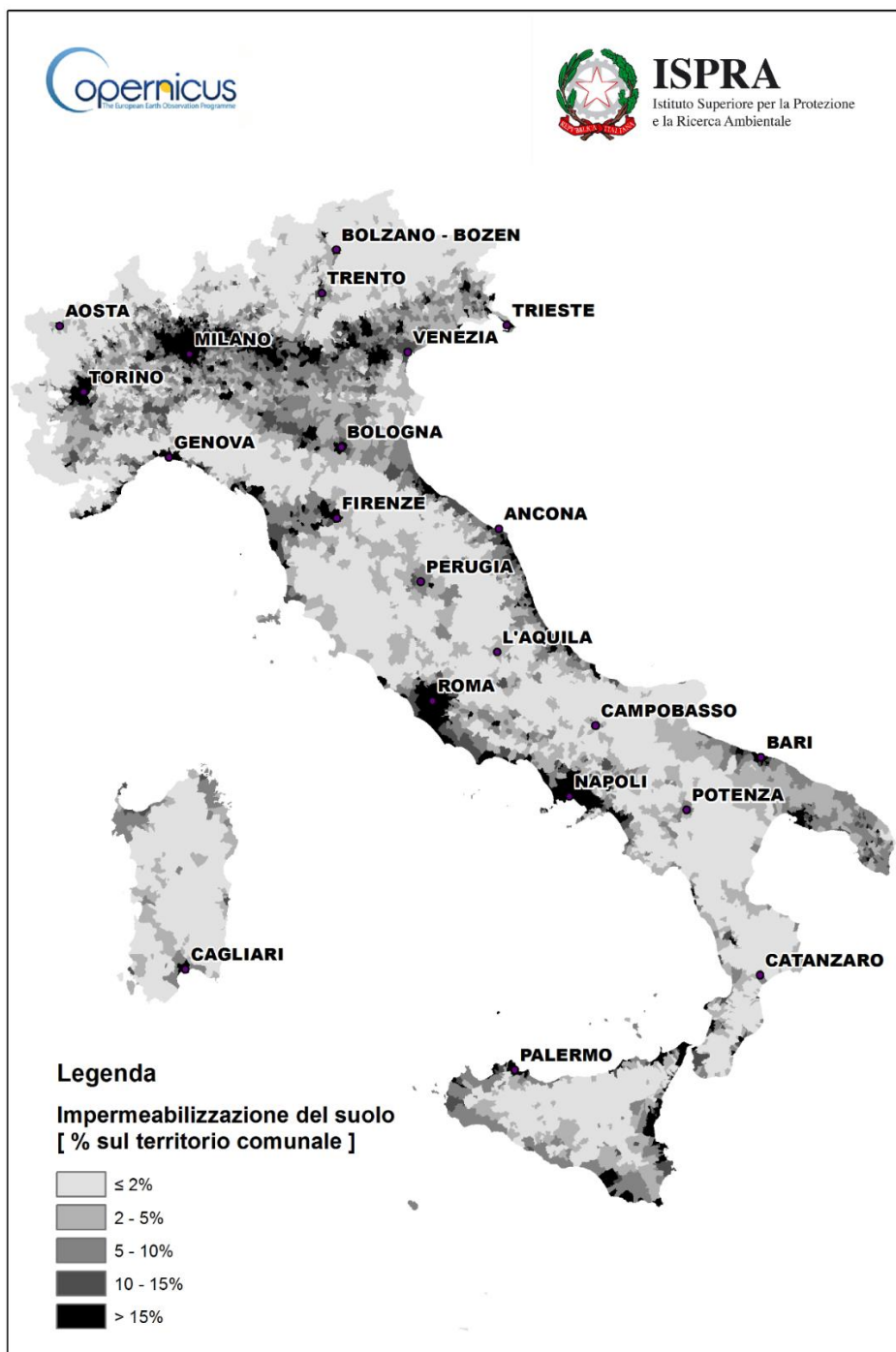


Figura 3.4 - Impermeabilizzazione del suolo a livello comunale (%), anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

Tabella 3.6 – Percentuale di superficie per tipologia di suolo consumato sul totale del suolo consumato in Italia, anno 2006.

Tipologia di suolo consumato	% sul totale del suolo consumato
Edifici, capannoni	30%
Strade asfaltate e ferrovie	28%
Altre strade	19%
Piazzali, parcheggi, aree di cantiere, aree estrattive, discariche	14%
Altre aree consumate	9%

3.5 Il consumo di suolo e la crescita demografica

Il tasso impressionante di consumo di suolo in Italia non si può spiegare solo con la crescita demografica: se negli anni '50 erano irreversibilmente persi 178 metri quadrati per ogni italiano, nel 2012 il valore raddoppia, passando a quasi 370 metri quadrati (tabella 3.7)⁹.

Tabella 3.7 - Stima del suolo consumato per residente a livello nazionale, per anno.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
Superficie consumata pro-capite (m²/ab.)	178	286	312	321	350	359	369

Ma il processo ha cambiato radicalmente forma dal secondo dopoguerra ai giorni nostri. Infatti, se nel periodo tra gli anni '50 e il 1989 il rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti era pari a meno di 1.000 metri quadrati per ogni nuovo abitante (considerando le variazioni demografiche nello stesso periodo), negli anni '90, a fronte di una crescita demografica quasi nulla, la perdita di aree naturali e agricole è continuata con tassi di crescita simili a quelli del periodo precedente, portando il rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti a valori nettamente superiori, intorno agli 8.000 metri quadrati per nuovo abitante. Nell'ultimo decennio, grazie a una crescita demografica decisamente più pronunciata, causata prevalentemente dalla componente migratoria (Istat, 2013b), si assiste a valori dell'indicatore più bassi, al di sotto dei 2.000 metri quadrati per nuovo abitante (tabella 3.8).

Tabella 3.8 - Stima del rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti a livello nazionale, per intervallo temporale.

	Anni '50 1989	1989 1996	1996 1998	1998 2006	2006 2009	2009 2012
Rapporto tra nuovo consumo di suolo e nuovi abitanti (m²/ab.)	957	7.823	8.469	1.804	873	1.834

3.6 La geografia del consumo di suolo

La distribuzione spaziale del consumo di suolo è stata analizzata in base alla localizzazione in area urbana o agricola, all'altitudine, alla distanza dalla costa.

Le percentuali sono state calcolate solo in base ai dati della rete nazionale, i cui punti coprono uniformemente il territorio italiano. Le stime fornite sono dunque indicative del fenomeno ma risentono di un certo grado di approssimazione, in quanto si è scelto di garantire l'uniformità spaziale del dato, a discapito della precisione (il campione non è abbastanza numeroso se si escludono i dati della rete regionale e comunale, i cui punti non sono distribuiti in modo omogeneo e sono concentrati maggiormente in determinate aree; si rimanda in tal senso al paragrafo 4.2 per maggiori dettagli).

3.6.1 Le aree urbane e le aree agricole

Il consumo di suolo si accompagna nel nostro Paese alla perdita di ampie aree vocate all'agricoltura, in particolare nelle zone circostanti le aree urbane. Ma anche le aree aperte all'interno del perimetro urbano, spesso di valenza ecologica fondamentale per la qualità dell'ambiente urbano (ISPRA, 2013c), sono sottoposte a forte pressione antropica.

Negli ultimi decenni i paesaggi peri-urbani sono andati incontro a fenomeni di trasformazione intensa e rapida, caratterizzati da un uso del suolo non sempre adeguatamente governato da strumenti di pianificazione del territorio, di programmazione delle attività economico-produttive e da politiche efficaci di gestione del patrimonio naturale e culturale tipico¹⁰.

⁹ I dati demografici sono riferiti alla popolazione residente al 1° gennaio (<http://demo.istat.it/>).

¹⁰ Ma si deve considerare anche il progressivo accrescimento dei gradi di libertà del singolo comune relativamente alla gestione della risorsa suolo in combinazione con la riduzione delle azioni di coordinamento tra i diversi comuni e del controllo da parte delle regioni e delle province. Oltre alla permanenza di strutturali distorsioni come l'uso degli oneri di urbanizzazione per la spesa corrente o la non rimozione dei residui di piani tra un piano e la sua variante (Pileri e Granata, 2012).

Dal confronto tra la distribuzione spaziale del consumo di suolo osservata negli intervalli temporali 1988-1993, 1998-2001 e 2004-2007 e i dati di uso del suolo del Corine Land Cover corrispondenti agli anni di produzione delle cartografie (1990, 2000 e 2006) si osserva che nelle aree agricole si è passati complessivamente dal 7,9% di suolo consumato nel 1990 al 9% nel 2006. Nonostante questo avanzamento delle aree artificiali a scapito delle territorio rurale, anche le aree urbane sono andate sempre più saturandosi, con suolo consumato che è passato dal 64,7% del 1990 al 67,6% del 2006 (tabella 3.9).

Tabella 3.9 - Stima del suolo consumato (%) all'interno delle aree ad uso urbano e ad uso agricolo, per anno.

Tipologia di uso del suolo	Suolo consumato (%)		
	1990	2000	2006
Aree urbane	64,7%	65,7%	67,6%
Aree agricole	7,9%	8,1%	9,0%

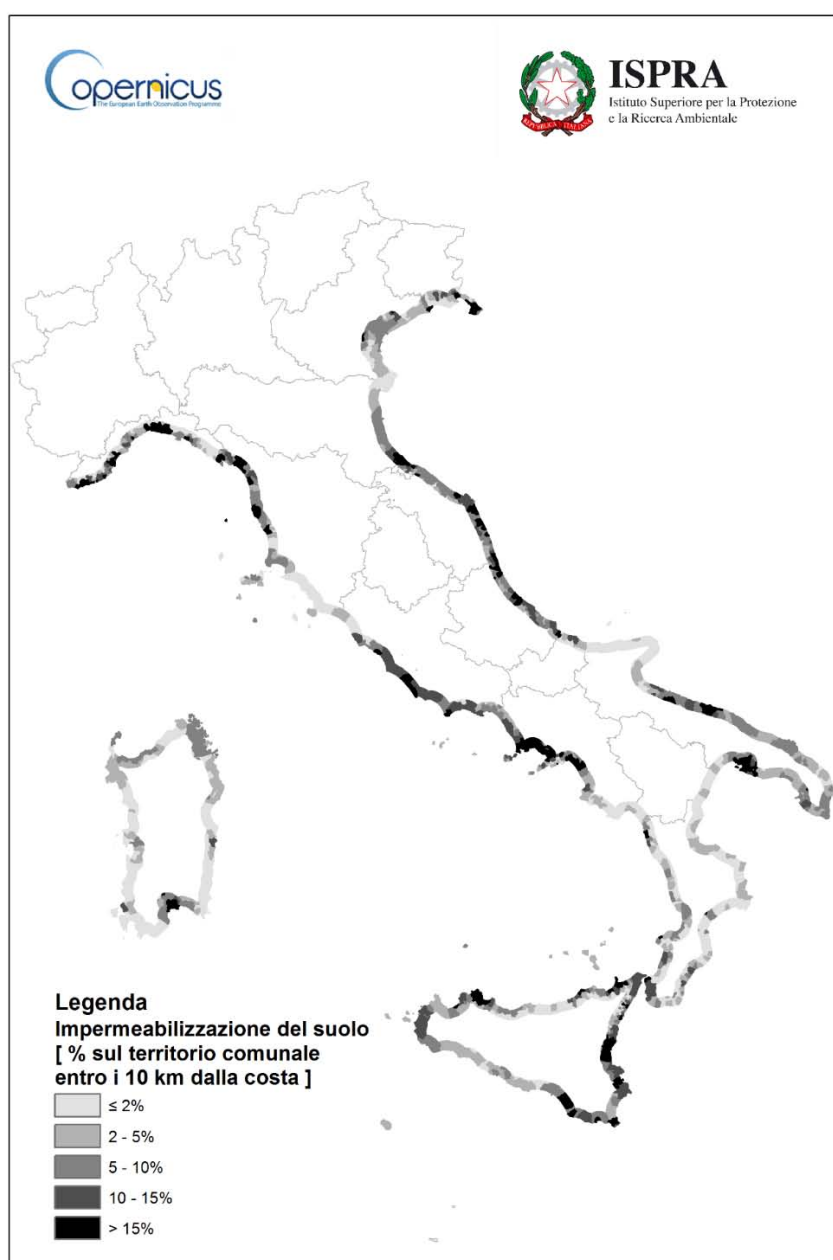


Figura 3.5. - Percentuale di suolo impermeabilizzato sulla superficie comunale compresa nella fascia costiera di 10 km nel 2009. Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Copernicus 2009.

3.6.2 La fascia costiera

Il consumo di suolo nella fascia compresa entro i 10 km dalla costa assume valori nettamente superiori e continua a crescere più velocemente rispetto al resto del territorio nazionale, passando dal 4% degli anni '50 al 10,5% nel 2012. Oltre questi 10 km è stato registrato un incremento di 4 punti percentuali nell'arco temporale considerato (tabella 3.10).

Tabella 3.10 - Stima del suolo consumato (%) in base alla distanza dalla costa, per anno.

Distanza dalla costa (km)	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
< 10	4,0%	7,1%	8,0%	8,2%	9,1%	9,6%	10,5%
> 10	2,5%	4,7%	5,2%	5,4%	6,1%	6,3%	6,5%

Nella figura 3.5 viene rappresentata la percentuale di territorio impermeabilizzato sulla superficie comunale all'interno della fascia costiera di 10 km nel 2009, considerando i dati *Copernicus* (cfr. paragrafo 4.2). Le aree con i valori più elevati si registrano in alcuni tratti della Liguria, nella Toscana settentrionale, nelle province di Roma e Latina, in buona parte della Campania e della Sicilia, a Bari e a Taranto, e lungo la costa adriatica da Ravenna a Pescara (ISPRA, 2013d).

Osservando il grafico in figura 3.6 è possibile constatare che le percentuali di suolo consumato tendono sempre a crescere negli anni, con valori alti concentrati soprattutto in prossimità della costa e con vari picchi distanziati da essa dovuti alla presenza di città importanti (come Milano, Torino e quelle della pianura padana) lontane dal mare.

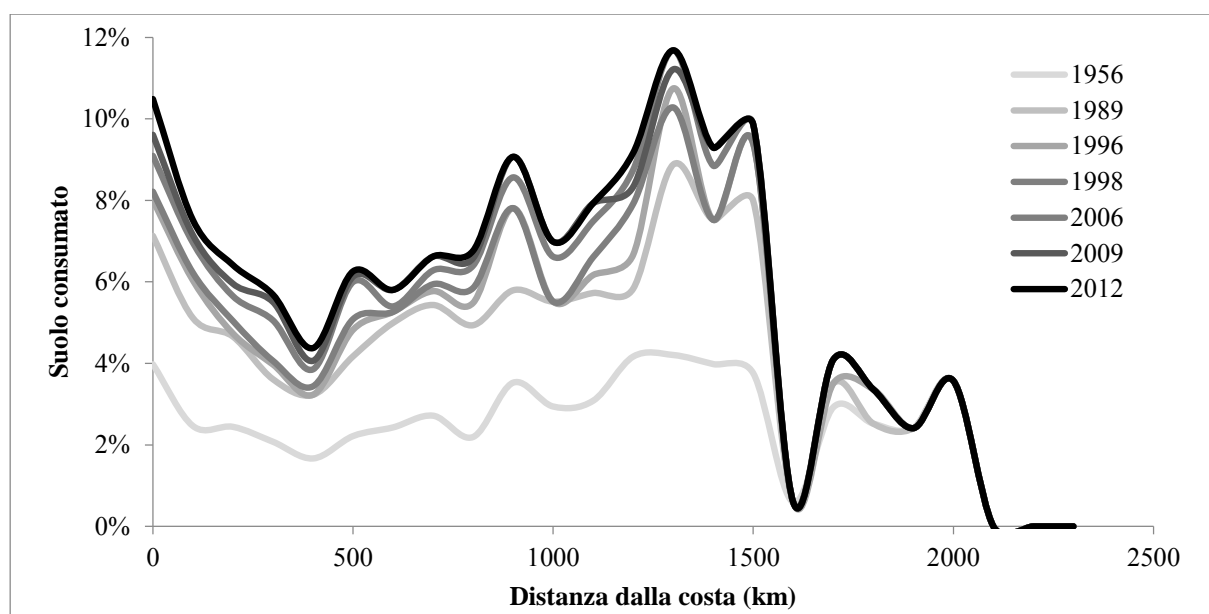


Figura 3.6 - Andamento del consumo di suolo negli anni in base alla distanza dalla costa.

3.6.3 Le pianure, le colline, le montagne

Tra gli anni '50 e il 2012 nelle aree a quota inferiore ai 300 metri, in quelle fino a 600 metri e in quelle oltre i 600 metri, il consumo di suolo è aumentato rispettivamente di circa 7, 3 e 1 punti percentuali (tabella 3.11), a fronte di un aumento medio a livello nazionale di 4 punti.

Tabella 3.11 - Percentuale di suolo consumato in Italia per fascia altimetrica.

Quota (m s.l.m.)	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
< 300	4,2%	7,9%	8,9%	9,3%	10,3%	10,9%	11,4%
300 - 600	2,3%	4,3%	4,5%	4,6%	5,2%	5,3%	5,7%
> 600	1,0%	1,6%	1,7%	1,7%	1,8%	1,9%	1,9%

In generale, il consumo di suolo decresce seguendo il gradiente altitudinale, con piccoli picchi dai 600 metri in su, corrispondenti agli insediamenti vallivi e alle aree urbanizzate presenti nelle fasce altimetriche collinari e montuose (figura 3.7).

Anche prendendo in considerazione le informazioni altimetriche secondo la classificazione Istat è possibile osservare come il consumo di suolo diminuisca passando dalle zone pianeggianti a quelle collinari e montuose (figura 3.8; tabella 3.12).

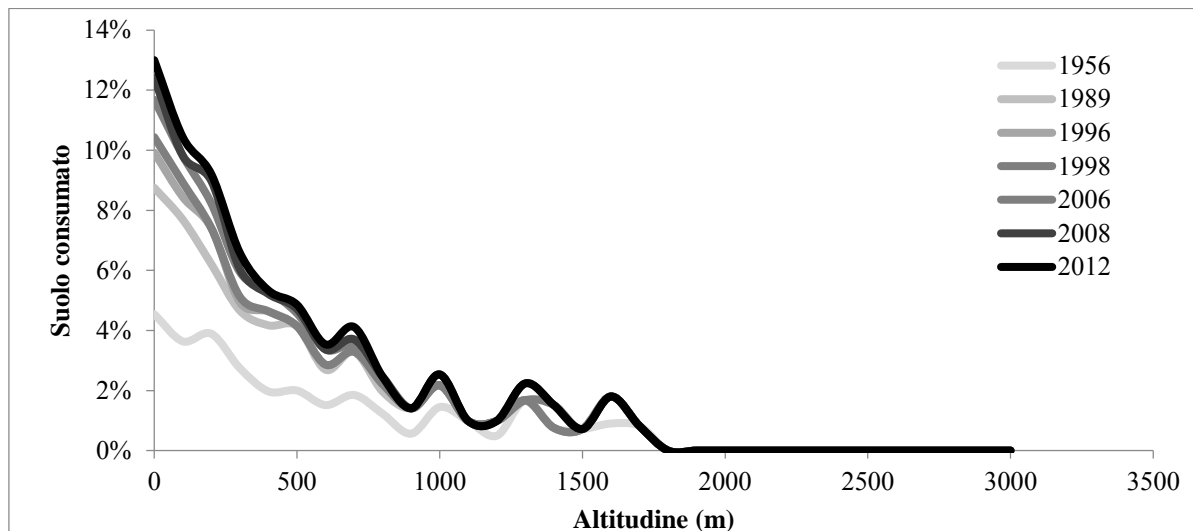


Figura 3.7 - Andamento del consumo di suolo negli anni in base all'altitudine.

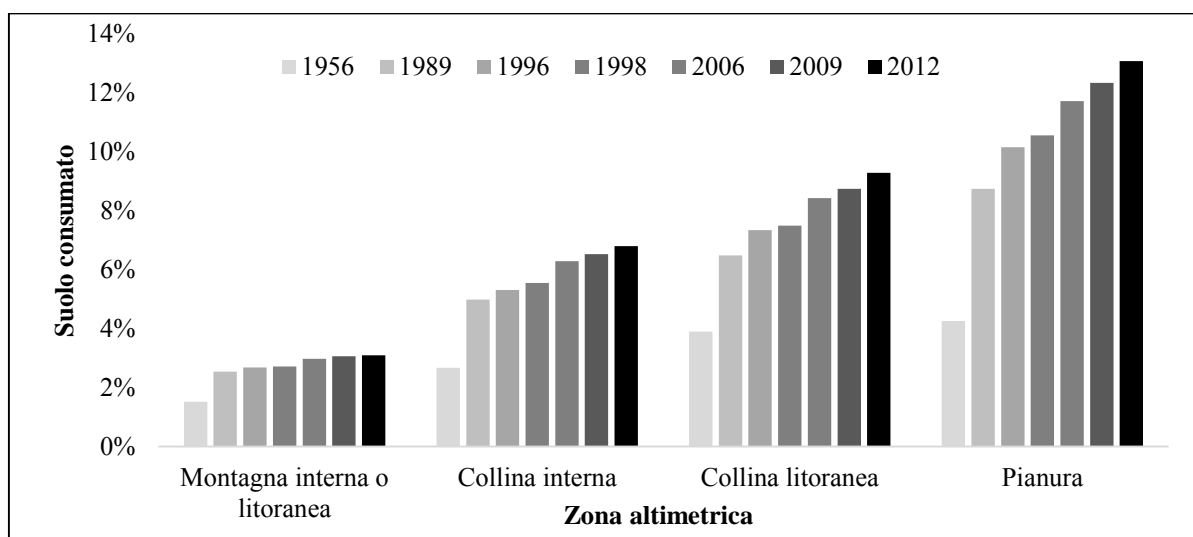


Figura 3.8 - Andamento del consumo di suolo in base alla classificazione Istat delle zone altimetriche.

Tabella 3.12 - Stima del consumo di suolo (%) in base alla classificazione Istat delle zone altimetriche, per anno. Le classi 1 e 2 sono state accorpate per la scarsa rappresentatività del campione relativamente alla classe 2.

Zona altimetrica	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
Montagna interna o litoranea	1,5%	2,5%	2,7%	2,7%	3,0%	3,1%	3,1%
Collina interna	2,7%	5,0%	5,3%	5,6%	6,3%	6,5%	6,8%
Collina litoranea	3,9%	6,5%	7,3%	7,5%	8,4%	8,7%	9,3%
Pianura	4,3%	8,7%	10,2%	10,6%	11,7%	12,3%	13,1%

3.7 L'uso del suolo

3.7.1 Il consumo di suolo per classe di uso

Per una prima valutazione dell'uso e della copertura del suolo nel nostro Paese, è possibile utilizzare i dati *Corine Land Cover* (CLC) che, tuttavia, considerano solo i maggiori cambiamenti e trascurano una buona parte della dispersione sul territorio di infrastrutture e di insediamenti, sottostimando notevolmente¹¹, in particolare, le aree artificiali (Munafò *et al.*, 2010b; Romano e Zullo, 2013).

I dati, pertanto, non sono utilizzati in questo rapporto per la valutazione del consumo di suolo, ma solo per un'analisi della relazione esistente tra il consumo e l'uso del suolo. L'uso del suolo non deve essere confuso con la copertura del suolo e, tantomeno, con il consumo di suolo (cfr. paragrafo 2.3).

Il confronto tra la distribuzione spaziale della rete di monitoraggio del consumo di suolo osservata negli intervalli temporali 1988-1993, 1998-2001 e 2004-2007 e i dati CLC corrispondenti agli anni di produzione delle mappe (1990, 2000 e 2006) indica che il consumo di suolo è aumentato in tutte le principali categorie (aree urbane, aree agricole, aree boscate e semi-naturali, zone umide e corpi idrici), anche se con tassi di crescita differenti (figura 3.9).

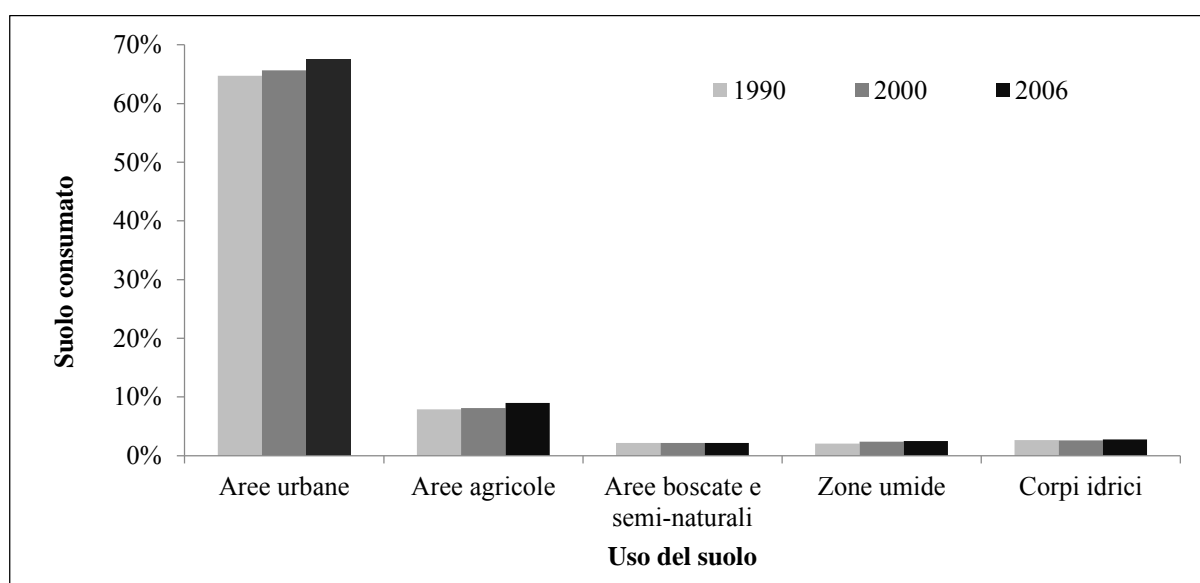


Figura 3.9 - Percentuale di suolo consumato nelle principali classi di uso del suolo per gli anni 1990, 2000 e 2006.

Nelle aree urbane si è passati complessivamente dal 64,7% di suolo consumato nel 1990 al 67,6% nel 2006. Scendendo ad un maggior dettaglio ed in particolare al 3° livello della legenda CLC, si segnala in particolare l'incremento del suolo consumato per il tessuto urbano continuo (82,4% nel 1990, 84,8% nel 2006), il tessuto urbano discontinuo (61% nel 1990, 64,1% nel 2006), le aree estrattive, le discariche ed i cantieri (51% nel 1990, 58,3% nel 2006). Per quanto riguarda le aree sportive e ricreative, se nel 1990 il suolo consumato era pari al 23,8%, nel 2006 ha oltrepassato il 27% della superficie investigata.

I risultati evidenziano come anche le aree (tuttora) destinate prevalentemente ad attività agricole siano colpite dal consumo di suolo in modo significativo (raggiungendo il 9% di suolo consumato nel 2006). Le categorie a vocazione agricola più colpite risultano essere le coltivazioni permanenti, i seminativi in aree non irrigue, i prati stabili e le zone agricole eterogenee (dove nel 2006 il suolo consumato è pari rispettivamente al 9%, 7,9%, 7,1%, 11,3%).

Il consumo di suolo nelle aree boscate e negli ambienti semi-naturali, nel complesso, aumenta lievemente nel tempo, passando dal 2,1% nel 1990 al 2,2% nel 2006. Tra gli ambienti semi-naturali si segnala la classe 331 "Spiagge, dune, sabbie", in cui il consumo di suolo supera il 10%, confermando l'alto grado di cementificazione ed urbanizzazione del territorio a cui le aree costiere sono soggette (tabella 3.13).

¹¹ Si ricorda che il CLC non considera le aree omogenee inferiori ai 25 ettari (cfr. paragrafo 4.7).

Tabella 3.13 - Percentuale di suolo consumato nelle classi di uso del suolo con dettaglio al 3° livello CLC. Sono stati effettuati alcuni raggruppamenti al 2° livello CLC, per accorpare classi affini e con scarso numero di punti fotointerpretati, se considerate singolarmente.

Codice	Tipologia di uso del suolo	Suolo consumato [%]		
		1990	2000	2006
111	Tessuto urbano continuo	82,4	83,2	84,8
112	Tessuto urbano discontinuo	61,0	61,9	64,1
121	Aree industriali o commerciali	70,6	72,0	73,6
122	Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori	66,0	65,4	69,4
123	Aree portuali	85,3	86,3	86,2
124	Aeroporti	29,9	30,5	37,2
131+132+133	Aree estrattive, discariche e cantieri	51,0	53,2	58,3
141	Aree verdi urbane	31,4	32,6	30,2
142	Aree sportive e ricreative	23,8	24,3	27,6
211	Seminativi in aree non irrigue	6,7	6,9	7,9
212	Seminativi in aree irrigue	0,0	0,0	2,0
213	Risaie	8,0	8,4	8,4
221+222+223	Vigneti, frutteti e uliveti	8,1	8,3	9,0
231	Prati stabili	5,0	5,2	7,1
244	Aree agroforestali	0,0	0,0	0,0
241+242+243	Altre zone agricole eterogenee	10,2	10,6	11,3
311+312+313	Zone boscate	1,7	1,7	1,7
321+322+323+324	Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva o erbacea	3,1	3,1	3,0
331	Spiagge, dune, sabbie	10,1	10,1	13,9
332	Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti	0,4	0,4	0,4
333	Aree con vegetazione rada	2,4	2,2	1,4
335	Ghiacciai e nevi perenni	0,0	0,0	0,0
411+421+422	Zone umide	2,1	2,4	2,5
511+512+521	Corpi idrici	2,6	2,6	2,8

3.7.2 Stima dell'uso del suolo a livello nazionale

L'Inventario dell'Uso delle Terre in Italia (IUTI) permette di avere stime sull'uso del suolo decisamente più affidabili del *Corine Land Cover*, pur non consentendo sempre un'efficace spazializzazione dei dati (cfr. paragrafo 4.6 per maggiori dettagli). I dati confermano la crescita consistente delle superfici artificiali, con un tasso annuo di variazione che rimane pressoché costante nel periodo 1990-2008.

IUTI nasce con il fine di istituire un registro nazionale dei serbatoi di carbonio, con un sistema di classificazione campionario dell'intero territorio nazionale nelle sei categorie di uso/copertura del suolo¹² previste dal sistema di contabilità dei gas a effetto serra introdotto da GPG-LULUCF (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*), secondo le linee guida codificate da IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) per incentivare la creazione di database degli usi del suolo ed armonizzare quelli già esistenti, nate in seguito alla Convenzione quadro sui cambiamenti climatici (UNFCCC). La classificazione di IUTI, è ulteriormente suddivisa in altre classi, al fine di rilevare le porzioni di territorio che presentano i requisiti per essere inserite nella contabilità del Protocollo di Kyoto (Marchetti *et al.*, 2012).

I risultati evidenziano per le tre annualità 1990, 2000 e 2008 un andamento ben definito, con l'urbanizzazione degli ultimi 20 anni avvenuta, come recepito da altre metodologie, a discapito principalmente dei suoli agricoli (classe 2.1). Dal 1990 al 2008, sono stati destinati a nuovo uso 12.626 km² di territorio agricolo per far posto ad aree urbane e in minor parte ad aree forestali (tabella 3.14). Utile annoverare l'aumento di superficie di quest'ultima classe insieme alle classi riferite alle arboricoltura da legno e frutta per collegare i risultati all'obiettivo originario di contabilità per il Protocollo di Kyoto.

¹² 1 Forest Land, 2 Cropland, 3 Grassland, 4 Wetland, 5 Settlements, 6 Other Lands.

Tabella 3.14 - Distribuzione percentuale delle classi di uso del suolo a livello nazionale (Marchetti *et al.*, 2012).

	1990	2000	2008
Bosco	30,3	31,4	32,0
Seminativi e altre colture agrarie	37,5	37,2	33,3
Arboricoltura da frutto	8,9	8,9	10,3
Arboricoltura da legno	0,4	0,4	0,5
Praterie, pascoli e incolti erbacei	7,3	6,9	6,2
Altre terre boscate	6,2	5,8	6,6
Zone umide e acque	1,7	1,7	1,7
Urbano	5,5	5,7	7,1
Zone improduttive o con vegetazione rada o assente	2,2	2,2	2,2

In attesa del rilevamento riferito alle ortofoto del 2012 è stata presa come area test la regione del Molise, una regione ritenuta rappresentativa di tutti gli ambiti territoriali tipici del nostro territorio (ad esempio aree costiere, montagna, pianure, aree urbane). Per questa regione è stato adottato un sistema doppio di classificazione di uso e di copertura (con codifica della rete nazionale del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo di ISPRA), sulla base dei 17.700 punti ricadenti all'interno dei confini regionali. La doppia classificazione nasce dall'esigenza di superare le difficoltà di interpretazione delle differenze tra uso e copertura del suolo e permettere il confronto e l'integrazione dell'inventario con differenti sistemi di classificazione e all'interno delle stime nazionali di consumo di suolo.

3.8 Lo sprawl urbano

Una delle modalità di crescita delle aree urbane, cui naturalmente si associa il consumo di suolo si manifesta nelle forme di ampliamento del margine del centro urbano, con la creazione di nuovi quartieri o aree residenziali che mantengono le principali caratteristiche del nucleo urbano che vanno ad ampliare (Indovina, 2005; Munafò *et al.*, 2011). Un discorso diverso vale invece per l'attuale espansione delle superfici impermeabilizzate, da attribuire in gran parte ad uno sviluppo urbano pianificato non adeguatamente, che si manifesta nella frangia urbana e peri-urbana di molte importanti città come una commistione di tipologie di uso del suolo diversificate (EEA, 2006). Un meccanismo di questo tipo è quello della diffusione di insediamenti a bassa densità dal centro urbano verso l'esterno, conosciuto con il termine inglese di *urban sprawl*, ben studiato per le città del Nord America (es. Duany *et al.*, 2000; Bruegmann, 2005) come fenomeno tradizionale in atto sin dall'inizio del XX secolo, ma relativamente recente per ciò che riguarda le città europee (EEA, 2006; Kasanko *et al.*, 2006; Couch *et al.*, 2007).

Anche nella regione mediterranea molte aree urbane hanno progressivamente perso la loro storica compattezza evolvendo verso un assetto più diffuso, a causa di una mutata forma dell'espansione degli insediamenti residenziali e commerciali, e delle infrastrutture collegate (Leontidou, 1990; Catalàn *et al.*, 2008; Munafò *et al.*, 2010a). Ciò ha prodotto un sottile processo di semplificazione e impoverimento del paesaggio rurale, dovuto alla riduzione o scomparsa delle aree boscate, dei seminativi e dei vigneti (Polyzos *et al.*, 2008; Salvati *et al.*, 2012), e maggiori costi pubblici associati alla mobilità e alla fornitura e alla gestione delle opere di urbanizzazione primaria e secondaria (Salzano, 2007).

Lo sprawl urbano tende a eliminare la distinzione tra città e campagna con elevati costi sociali, economici, ambientali. Se gli ampliamenti urbani compatti, espressione del boom edilizio degli anni '60 e '70 che ha interessato i principali centri urbani, avevano quali fattori determinanti le dinamiche demografiche, al contrario la città diffusa tipica dei decenni più recenti è dovuta soprattutto alla trasformazione culturale delle aspettative della popolazione in termini di qualità della vita e benessere economico. Questo fenomeno è da una parte promosso dalla scelta abitativa anche a distanze considerevoli dal centro urbano, supportata tra l'altro dallo sviluppo di infrastrutture di trasporto che consentono spostamenti quotidiani veloci tra l'abitazione e il luogo di lavoro o di studio. Dall'altra parte hanno operato fattori economici, riconducibili ai costi più contenuti delle unità immobiliari nelle aree periferiche e all'aumento dei valori immobiliari nei centri urbani, che hanno contribuito, negli ultimi anni, all'incremento di superfici destinate alle residenze nelle aree peri-urbane.

La città diffusa, pur rappresentando un contributo notevole al consumo di suolo complessivo, è comunque caratterizzata da una bassa densità abitativa e dalla copresenza di costruzioni e di aree verdi, che garantiscono una parziale persistenza delle caratteristiche naturali dei suoli interessati, almeno per le porzioni sulle quali non insistono direttamente i manufatti edificati. Queste capacità residuali non sono sufficienti tuttavia ad evitare la compromissione delle aree di frangia periurbana. Mentre gli impatti su queste aree dovuti agli ampliamenti urbani “compatti” sono relativamente contenuti, nel caso dello sprawl una parte consistente delle superfici del margine urbano viene sottratta di fatto all’originaria destinazione d’uso, a causa della frammentazione e trasformazione degli spazi, di cui risulta compromessa tanto la produttività e la valenza agricola quanto le caratteristiche naturali (Duany *et al.*, 2000; Terzi e Bolen, 2009; Frondoni *et al.*, 2011).

Dal punto di vista ambientale l’analisi di questo fenomeno interessa in primo luogo le tipologie di utilizzo, in funzione delle classi di copertura del suolo e delle relative trasformazioni nei territori, per indagare le influenze delle forme di insediamento nelle diverse aree industriali, residenziali, infrastrutturali, commerciali e di servizio. È inoltre molto importante il dato sull’impermeabilizzazione, sia in valore assoluto, sia nella distribuzione spaziale, in quanto influenza la qualità complessiva e la capacità residua di connessione degli ecosistemi e la disponibilità dei servizi ecosistemici nelle unità territoriali. In questa analisi deve essere considerata la non sovrapposibilità dei concetti di impermeabilizzazione e di sprawl. Questa differenza è evidente laddove si osservano percentuali elevate di area costruita in città che risultano piuttosto compatte, oppure laddove si osservano territori ad insediamento molto frammentato e diffuso che presentano tuttavia livelli di impermeabilizzazione bassi. In ogni caso la diffusione e la dispersione producono deterioramento del territorio anche laddove non lo sigillano perché lo frammentano e ne rendono gli spazi interclusi non sigillati difficilmente recuperabili. Come evidenziato nel IX Rapporto sulla Qualità dell’ambiente urbano, che ha presentato l’analisi della distribuzione e della forma delle aree costruite inclusa la dispersione e diffusione urbana nelle maggiori città italiane, questo fenomeno è evidente (ISPRA, 2013c).

L’analisi dell’uso del suolo mostra per molte città una ridotta estensione di tessuto continuo residenziale (Pesaro, Foggia, Sassari, Potenza e Perugia presentano percentuali al di sotto dell’1%). Analizzando i tessuti discontinui con riferimento all’intera superficie comunale, Padova, Pescara e Napoli presentano un’area discontinua superiore al 20%. Attraverso l’indice di dispersione urbana, che esprime il rapporto la superficie urbanizzata discontinua e la superficie urbanizzata totale, può essere rappresentata la dispersione territoriale, carattere opposto alla compattezza (EEA, 2006; ESPON, 2011). Come evidenziato dai dati sui principali comuni, in linea con i risultati delle analisi sul tipo di tessuto, le città italiane che hanno i valori più alti dell’indice di dispersione in Italia, superiori al 90%, sono Perugia, Potenza e Sassari, città in cui i processi di espansione della superficie urbanizzata a bassa densità hanno interessato il territorio comunale in maniera importante (tabella 3.15).

Tabella 3.15 - Indice di dispersione urbana comunale, in percentuale (ISPRA, 2013c).

Torino	43	Trieste	82	Campobasso	90	Catanzaro	90
Genova	80	Modena	88	Caserta	90	R. Calabria	69
Milano	44	Bologna	81	Napoli	59	Palermo	70
Brescia	65	Firenze	68	Salerno	71	Catania	71
Trento	86	Perugia	98	Foggia	64	Sassari	92
Verona	76	Ancona	83	Bari	74	Cagliari	64
Venezia	81	Roma	79	Taranto	64		
Padova	80	Pescara	63	Potenza	94		

Fonte: Elaborazione ISPRA su dati Urban Atlas (2009).

Nella valutazione dello sprawl urbano è molto importante l’analisi sul fronte di trasformazione delle città, ovvero i margini¹³. In questo caso sono disponibili altri indicatori, tra cui l’*Edge Density* (ED), che ne descrive la densità attraverso il rapporto tra la somma totale dei perimetri dei poligoni delle aree costruite e la superficie comunale indagata. Per le aree urbane italiane, l’ED presenta un range di variazione di valori piuttosto ampio, dai 18 m/ha di Foggia ai 126 m/ha di Pescara. Un dato interessante

¹³ Anche se spesso legata a fenomeni di sprawl, non sempre l’analisi dei margini urbani è efficace e andrebbe accompagnata sempre da una valutazione integrata con altri indicatori (ad esempio di densità abitativa).

riguarda le grandi città (con la maggiore superficie edificata anche compatta) che sono mediamente affette da una tendenza alla frammentazione e sono spesso caratterizzate da elevati valori di ED (ad esempio: Milano con 96 m/ha, Roma 83, Napoli 111, Palermo 91; tabella 3.16).

Anche l'analisi della forma delle aree costruite attraverso indicatori di diffusione presenta delle indicazioni utili per la valutazione dello sprawl. Gli indicatori sono costruiti mediante una analisi dei poligoni corrispondenti alle diverse tipologie di copertura del suolo, con l'applicazione di metriche dedicate allo studio della struttura del paesaggio a livello comunale (Botequilha Leitao e Ahern, 2002; EEA-FOEN, 2011; Schwarz, 2010). Queste ultime elaborazioni sono effettuate mediante il software Fragstats (McGarigal *et al.*, 2012) e con la selezione di altri due indicatori: il rapporto percentuale tra il poligono di superficie costruita di massima estensione e l'area costruita complessiva (*Largest Patch Index - LPI*); l'ampiezza media dei poligoni con l'esclusione del poligono maggiore (*Remaining Mean Patch Size - RMPS*; tabella 3.16).

Tabella 3.16 - Indicatori di diffusione urbana a livello comunale (ISPRA, 2013c).

Comune	ED (m/ha)	LPI (%)	RMPS (ha)	Comune	ED (m/ha)	LPI (%)	RMPS (ha)
Alessandria	50,2	38,9	0,7	Napoli	111,0	95,1	0,5
Ancona	40,8	48,7	1,2	Novara	49,7	78,8	0,8
Andria	19,8	59,2	0,4	Padova	103,7	77,0	1,5
Aosta	66,3	85,6	0,4	Palermo	90,7	86,1	0,5
Arezzo	21,8	49,0	0,3	Parma	54,4	65,3	0,8
Bari	121,5	85,0	0,7	Perugia	36,4	20,1	1,4
Barletta	30,3	79,7	0,5	Pesaro	44,4	46,0	1,2
Bergamo	96,3	89,2	0,6	Pescara	125,9	92,7	0,4
Bologna	94,0	87,0	0,6	Piacenza	64,7	83,1	0,8
Bolzano	63,6	52,3	2,1	Pistoia	47,9	50,3	0,5
Brescia	78,3	94,8	0,5	Potenza	45,5	35,3	1,0
Brindisi	22,1	18,6	2,1	Prato	91,4	89,6	0,4
Cagliari	74,1	89,1	0,8	Ravenna	29,9	31,5	1,4
Campobasso	78,3	55,3	0,7	R. Calabria	46,5	50,9	1,6
Caserta	66,6	75,5	0,7	R. Emilia	72,3	56,6	0,5
Catania	59,9	73,4	2,6	Rimini	56,2	82,8	1,0
Catanzaro	38,9	13,6	0,9	Roma	83,2	31,1	2,3
Como	95,8	34,8	1,4	Salerno	73,7	74,1	0,8
Ferrara	25,1	47,6	1,3	Sassari	29,7	31,8	0,5
Firenze	110,3	87,7	0,4	Siracusa	63,2	39,5	0,8
Foggia	17,8	61,1	0,8	Taranto	42,1	22,0	3,3
Forlì	42,5	62,7	0,7	Terni	24,4	43,8	1,2
Genova	40,8	86,7	0,6	Torino	74,5	93,2	0,9
La Spezia	73,0	84,8	0,4	Trento	38,4	75,6	1,0
Latina	76,2	30,8	0,7	Treviso	102,1	83,0	0,6
Livorno	65,8	88,1	0,3	Trieste	88,6	74,1	0,6
Messina	51,5	60,3	1,2	Udine	108,8	91,6	0,7
Milano	96,1	95,8	0,5	Venezia	30,9	54,7	2,6
Modena	76,4	75,3	0,5	Verona	67,8	76,9	1,1
Monza	116,6	93,3	0,5	Vicenza	72,9	68,7	2,4

Vi sono comuni altamente costruiti con una area urbana maggiore molto estesa e con un residuo non rilevante di urbanizzazione diffusa polverizzata, di estensione complessiva limitata (Napoli, Torino, Milano, Monza, Pescara, Brescia e Udine); vi sono comuni il cui territorio è mediamente costruito sempre con una grande area urbana maggioritaria e con un residuo scarsamente rilevante di urbanizzazione diffusa (Padova, Vicenza, Verona, Catania, Bolzano, Rimini, Messina, Reggio Calabria e Venezia); vi sono comuni in cui l'area urbana maggiore copre una bassa percentuale dell'area sigillata complessiva del comune ed il resto del territorio è caratterizzato da urbanizzazione diffusa costituita da nuclei di una certa dimensione; (Roma, Como, Taranto, Ancona, Pesaro, Perugia, Ravenna, Ferrara, Terni, Brindisi); infine vi sono comuni che presentano complessivamente una urbanizzazione diffusa

polverizzata, con aree maggioritarie di piccole dimensioni (Latina, Siracusa, Alessandria, Potenza, Catanzaro, Sassari e Arezzo; ISPRA 2013c).

3.9 Il confronto con gli altri paesi europei

Un quadro omogeneo della situazione a livello europeo non è disponibile sulla base di dati omogenei sufficientemente dettagliati. Sulla base dei dati *Corine Land Cover* che, tuttavia, come detto (cfr. paragrafo 4.7), hanno una risoluzione non sufficiente per una stima accurata del fenomeno del consumo di suolo dovuto all'urbanizzazione, l'Italia ha una percentuale di superficie ad uso artificiale maggiore della media comunitaria. Le analisi dell'Agenzia Europea dell'Ambiente sui dati *Corine* mostrano che i cambiamenti tra il 2000 e il 2006 rappresentano l'1,3% della superficie dei 36 paesi studiati, pari a 68.353 km² su 5,42 milioni di km² (EEA, 2010). Il tasso di cambiamento annuale in Europa è diminuito rispetto al periodo 1990-2000 ma con differenze sostanziali tra i vari Paesi. La superficie artificiale del suolo è cresciuta del 3,4% tra il 2000 e il 2006. Benché nell'Unione Europea le aree urbane coprano solo il 4% della superficie (il 5% in Italia), la loro dispersione comporta che almeno un quarto del territorio sia direttamente coinvolto da un uso "urbano". Inoltre, le aree peri-urbane a bassa densità sono aumentate, tra il 2000 e il 2006, quattro volte più velocemente delle aree urbane compatte ad alta densità, mostrando una tendenza crescente alla dispersione urbana in Europa (EEA, 2010; ISPRA, 2013d).

L'indagine LUCAS (*Land Use and Cover Area frame Survey*) di Eurostat consente di comparare, seppure con alcuni limiti di significatività statistica, le caratteristiche generali di copertura del suolo nei diversi Paesi europei, attualmente a livello solamente nazionale. La quota di territorio con copertura artificiale in Italia è stimata pari al 7,8% del totale, contro il 4,6% della media dell'Unione Europea. L'Italia si colloca così al quinto posto di questa classifica dopo Malta (32,9%), il Belgio (13,4%), i Paesi Bassi (12,2%), il Lussemburgo (11,9%), e di poco sopra a Germania, Danimarca e Regno Unito (7,7%, 7,1% e 6,5%, rispettivamente; Istat, 2013a; Eurostat, 2013).



4. METODOLOGIA DI MISURA E FONTI INFORMATIVE

4.1 Strumenti per il monitoraggio del consumo di suolo

Per il monitoraggio del consumo di suolo è fondamentale porre la dovuta attenzione alle fonti informative e agli strumenti in grado di assicurare la base conoscitiva necessaria a valutare la consistenza e le tendenze del fenomeno nello spazio e nel tempo. Per questo sono necessari, infatti, tecniche e strumenti di lettura di processi spaziali e di analisi geografica e devono essere altrettanto evidenti i limiti metodologici e conoscitivi dei diversi approcci, anche al fine di una corretta lettura dei dati disponibili. Molto spesso si assiste ad errate interpretazioni dei fenomeni in atto a causa, ad esempio, della non conoscenza delle modalità di acquisizione dei dati, dell'accuratezza dei risultati o del sistema di classificazione utilizzato.

A tal fine, le informazioni sulla copertura e sull'uso del suolo costituiscono una base informativa strategica per la lettura e la rappresentazione del territorio e per lo studio dei processi che lo modificano periodicamente. L'analisi delle dinamiche evolutive del territorio può, infatti, basarsi sullo studio diacronico delle carte di uso e di copertura del suolo e sulla valutazione dei cambiamenti intercorsi col passare degli anni. Attraverso la lettura della cartografia elaborata in periodi diversi, può essere valutata la progressiva trasformazione del territorio. Tuttavia, tali basi di dati sono caratterizzate da alcuni elementi concettuali e semantici fondamentali, tra cui il sistema di rilievo del dato, il sistema di classificazione e la legenda¹⁴, che devono essere tenuti in considerazione nel momento in cui si voglia impiegarli per una stima accurata del consumo di suolo (Munafò et al., 2010b; CRCS, 2012). Tali aspetti saranno approfonditi nel successivo paragrafo 4.7.

Ci possono essere, infatti, differenze significative nei risultati ottenuti nel momento in cui si utilizzino fonti informative che fanno uso di sistemi di rilievo (telerilevamento/fotointerpretazione, rilievo diretto sul terreno, etc.) e di classificazione diversi e che, come spesso accade, definiscono in maniera differente il concetto di area omogenea o di uso/copertura prevalente, introducendo classi miste o sistemi di classificazione mista di uso e di copertura del suolo. Gran parte delle basi di dati utilizzate, inoltre, nascono per rispondere ad esigenze specifiche (ad esempio: controlli in agricoltura, pianificazione territoriale, valutazione ambientale, basi statistiche) che hanno necessità di definire sistemi di classificazione poco adatti alla valutazione del consumo di suolo (ISPRA, 2013b).

Per tali ragioni, un sistema di monitoraggio adeguato deve basarsi su un'efficace integrazione di diverse fonti, sia cartografiche, sia campionarie. Un quadro delle principali fonti informative utili al fine del monitoraggio del consumo di suolo a livello nazionale viene riportato nel paragrafo 4.6.

L'attività di integrazione e, di conseguenza, la qualità delle stime potrà essere agevolata e incrementata, aumentando notevolmente la qualità del monitoraggio nazionale, attraverso le attività che, ai sensi della legge 7 agosto 2012, n. 135¹⁵, saranno curate da ISPRA al fine della catalogazione e della raccolta dei dati geografici, territoriali ed ambientali generati da tutte le attività sostenute da risorse pubbliche.

4.2 La rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo

I limiti delle fonti informative disponibili (si veda il paragrafo 4.7), la mancanza di aggiornamenti frequenti e la non completa omogeneità e disponibilità delle diverse fonti informative hanno portato, nel 2005, allo sviluppo della *rete di monitoraggio del consumo di suolo*, ad opera di ISPRA e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPA/APPA). Il sistema permette, attualmente, di ricostruire l'andamento del consumo di suolo in Italia dal secondo dopoguerra ad oggi, mediante una metodologia di campionamento stratificato, che unisce la fotointerpretazione di ortofoto e carte topografiche storiche con dati telerilevati ad alta risoluzione. Questa indagine campionaria viene attualmente integrata con altre cartografie, necessarie sia per garantirne la validazione, sia per assicurare una maggiore e più coerente spazializzazione dei dati, partecipando direttamente e attivamente, in

¹⁴ Intesa come applicazione di un sistema di classificazione a un'area specifica.

¹⁵ Decreto-legge n. 95/12 come convertito dalla legge n. 135, 7 agosto 2012, Articolo 23, comma 12-quaterdecies: "Per sostenere lo sviluppo delle applicazioni e dei servizi basati su dati geospaziali e per sviluppare le tecnologie dell'osservazione della terra anche a fini di tutela ambientale, di mitigazione dei rischi e per attività di ricerca scientifica, tutti i dati e le informazioni, acquisiti dal suolo, da aerei e da piattaforme satellitari nell'ambito di attività finanziate con risorse pubbliche, sono resi disponibili per tutti i potenziali utilizzatori nazionali, anche privati, nei limiti imposti da ragioni di tutela della sicurezza nazionale. A tale fine, la catalogazione e la raccolta dei dati geografici, territoriali ed ambientali generati da tutte le attività sostenute da risorse pubbliche è curata da ISPRA [...]."

particolare, all'iniziativa *Copernicus*, che ha permesso di ottenere, negli ultimi anni, delle cartografie estremamente più dettagliate del Corine Land Cover, precedentemente utilizzato.

Tale rete di monitoraggio rappresenta il riferimento ufficiale a livello nazionale per le informazioni statistiche derivanti dal monitoraggio del consumo di suolo in quanto presente, all'interno del *Programma Statistico Nazionale 2014-2016*, come specifica indagine¹⁶. ISPRA è titolare di tale indagine che vede anche il contributo dell'Istat per gli aspetti metodologici-tecnici.

Il consumo di suolo viene valutato affiancando a banche dati cartografiche ad alta risoluzione realizzate in ambito *Copernicus*, un monitoraggio su base puntuale che permette di superare il limite della minima unità cartografabile e di arrivare a stime più affidabili e accurate.

In particolare, si riescono in tal modo a considerare tutte le superfici artificiali disperse sul territorio che spesso hanno una dimensione, singolarmente, molto piccola. L'utilizzo congiunto di un metodo campionario statistico ha perciò consentito di registrare anche i micro-cambiamenti, di derivare indicatori affidabili, di valutarne l'accuratezza e di stimare gli errori.

L'indagine ISPRA rappresenta così la più significativa collezione di dati a livello nazionale che ricostruisce l'andamento del consumo di suolo in Italia dagli anni '50 ad oggi. La metodologia di rilevazione sviluppata, l'unica dedicata specificamente al tema del consumo di suolo, è in grado di integrare le diverse fonti di dati con dati di osservazione della terra a livello europeo, utilizzando analisi cartografiche e aero-fotogrammetriche.

4.3 Acquisizione dei dati e metodologia di stima

La metodologia si articola in tre fasi principali: fotointerpretazione, integrazione con i dati di osservazione della terra, elaborazione degli indicatori. Nella fase di fotointerpretazione sono stati monitorati circa 150.000 punti di una rete stratificata a tre livelli (nazionale, regionale e comunale), distribuiti sull'intero territorio italiano. Questo monitoraggio di tipo puntuale ha consentito di superare il limite della minima unità cartografata tipica delle cartografie tematiche, che non avrebbe permesso di considerare superfici artificiali inferiori a queste minime unità di rilevazione, superfici tra l'altro molto diffuse nel nostro territorio (Salvati *et al.*, 2012; Romano e Zullo, 2013). Per l'inserimento, la modifica e l'implementazione dei dati derivanti dalla fotointerpretazione, è stato utile disporre di un applicativo web, sviluppato da ISPRA, che ha facilitato sia le attività di acquisizione, sia il controllo e la validazione delle informazioni raccolte (figura 4.1).

L'analisi cartografica e aero-fotogrammetrica è stata basata su sette anni di rilevazione della serie storica disponibile per il periodo compreso tra gli anni '50 ed oggi, utilizzando la cartografia dell'Istituto Geografico Militare a scala 1:25.000 databile tra il 1938 e il 1990 (mediamente l'anno di riferimento è il 1956 e nel testo ci si riferisce, per tali motivi, agli anni '50), le ortofoto in bianco e nero del 1988-1993 e 1994-1997 distribuite dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), le ortofoto a colori del 1998-2001 e 2004-2007 distribuite sempre dal MATTM. Sono state utilizzate, infine, le ortofoto a colori del periodo 2008-2013, consultate in base alla disponibilità dei dati MATTM, delle regioni, di AGEA, dell'ESA o tramite altri servizi di rete. Per la regione Molise, in collaborazione con il Dipartimento di Bioscienze e Territorio dell'Università del Molise, è stato effettuato un aggiornamento al 1998 e al 2012 basato su un doppio sistema di classificazione (di uso e di copertura) con un campione, solo per il territorio regionale, di 17.700 punti di osservazione.

In una fase successiva, è stato effettuato un confronto tra i dati puntuali e lo strato informativo europeo ad alta risoluzione spaziale realizzato nell'ambito del programma *Copernicus* per l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) utilizzando immagini satellitari relative all'anno 2006, 2009 e 2012, aventi una risoluzione spaziale pari a 20 m. Considerata la buona corrispondenza tra i dati *Copernicus* e quelli della rete di monitoraggio puntuale (Munafò *et al.*, 2012), è stato possibile effettuare un'integrazione tra i dati campionari e la base informativa cartografica per l'intervallo temporale 2006-2012, consentendo di pervenire a una stima più accurata sul consumo di suolo e, soprattutto, alla sua spazializzazione. Il grafico in figura 4.2 mostra la corrispondenza tra i dati cartografici e quelli puntuali, che è ottima complessivamente, come è possibile dedurre dall' R^2 superiore a 0,94 e, in particolare, per le aree ad alta impermeabilizzazione (parte destra del grafico). Nell'integrazione, si deve tenere in considerazione che la retta di tendenza è poco inclinata rispetto alla bisettrice che intercetta l'origine degli assi (retta

¹⁶ Programma Statistico Nazionale (PSN) 2014-2016, Statistiche da indagine - APA-00046 - Monitoraggio del consumo del suolo e del soil sealing.

tratteggiata), che rappresenterebbe una correlazione perfetta, e questo è legato, principalmente alle differenti risoluzioni geometriche ma anche al fatto che la cartografia *Copernicus* considera solo alcune delle tipologie di copertura artificiale, non considerando, ad esempio, le aree scavate o compattate (EEA, 2013).

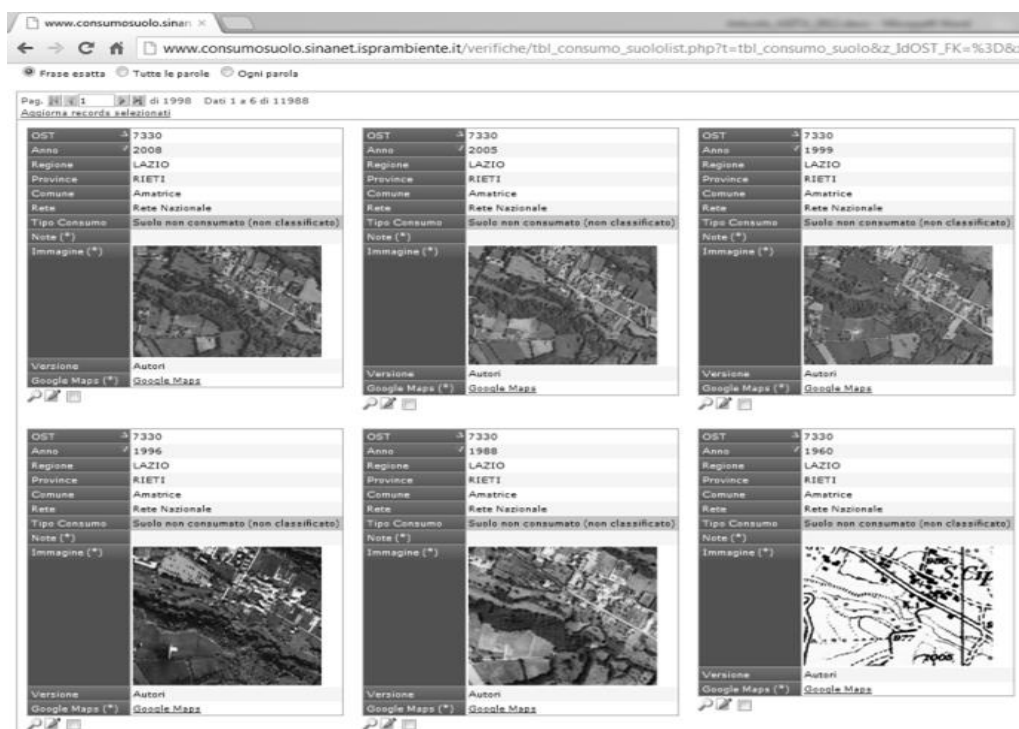


Figura 4.1 - Acquisizione dei dati mediante l'applicativo web di ISPRA.

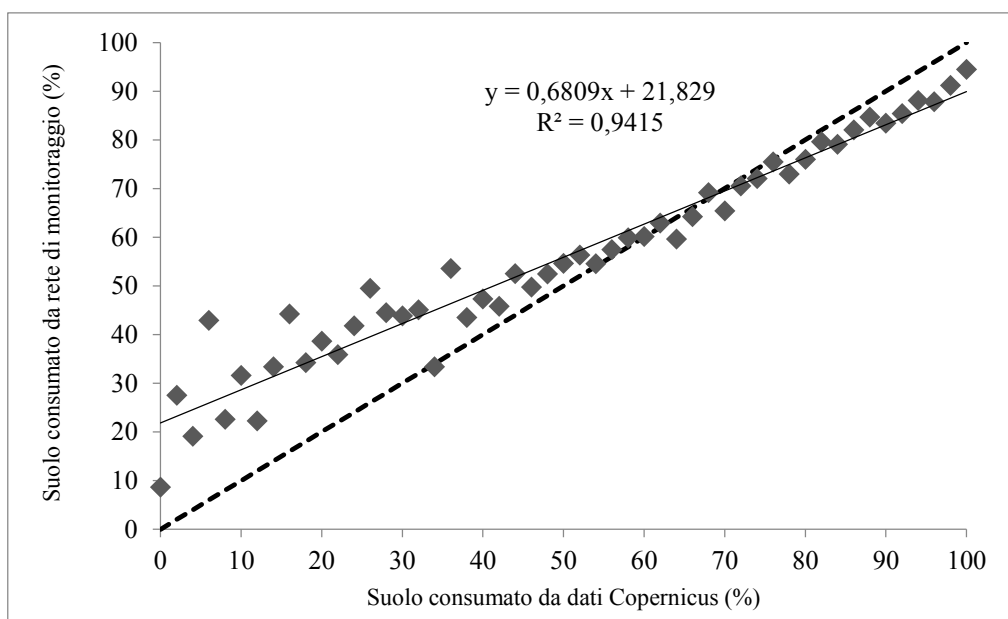


Figura 4.2 - Confronto tra i dati *Copernicus HRL Imperviousness degree* e i dati del monitoraggio puntuale ISPRA/ARPA/APPA.

Per il calcolo degli indicatori sintetici del consumo di suolo è stato adottato un metodo di classificazione binaria, identificando con il codice “0” le aree “non consumate” e con “1” le aree “consumate”. Il tasso di consumo di suolo è stato calcolato come percentuale della superficie consumata sul totale della superficie territoriale per anno e per periodo di studio. È stato inoltre calcolato un tasso di consumo di suolo pro-capite dividendo la superficie di suolo consumato in metri quadrati per la popolazione residente nell'ambito territoriale definito, attraverso l'uso dei dati censuari in serie storica. Tali

elaborazioni sono state effettuate utilizzando come dominio spaziale l'ambito municipale per via della più ampia disponibilità di dati ancillari (ad esempio, popolazione residente ai censimenti decennali effettuati in Italia lungo l'intero periodo di studio di questo lavoro).

L'acquisizione dati, e di conseguenza alcune elaborazioni, sono state comunque effettuate con un livello tematico più dettagliato (secondo livello del sistema di classificazione; tabella 4.1)

Tabella 4.1 - Sistema di classificazione utilizzato per la valutazione del consumo di suolo.

Suolo consumato	Suolo non consumato
Edifici/capannoni	Alberi/arbusti in aree urbane
Strade asfaltate	Alberi/arbusti in aree agricole
Strade sterrate	Alberi/arbusti in aree naturali
Parcheggi, piazzali e altre aree asfaltate o in terra battuta	Seminativi
Sede ferroviaria	Pascoli/prati
Aeroporti e porti	Corpi idrici
Aree e campi sportivi impermeabili	Alvei di fiumi
Serre permanenti	Zone umide
Campi fotovoltaici	Rocce/spiagge/dune
Aree estrattive, discariche, cantieri	Ghiacciai e superfici innevate
Altre aree impermeabili	Aree sportive permeabili
	Altre aree permeabili in ambito urbano
	Altre aree permeabili in ambito agricolo
	Altre aree permeabili in ambito naturale

Complessivamente, data la rilevante disponibilità di punti campionati, in questo lavoro vengono proposte stime del consumo di suolo a scala nazionale, ripartizionale, regionale, per i maggiori comuni e per fascia altimetrica. Tali stime sono affette da errori particolarmente contenuti (si veda Munafò *et al.*, 2010b per una discussione sull'approccio campionario e sugli aspetti tecnico-statistici derivanti). Le stime su alcuni comuni principali sono effettuate direttamente dove la densità di campionamento consentiva una sufficiente rappresentatività delle elaborazioni effettuate. L'estensione al resto dei comuni è garantita dall'integrazione con i dati *Copernicus*. Il dominio di analisi amministrativo rappresenta un riferimento particolarmente comprensibile anche per utenti che non hanno specifiche competenze di analisi spaziale. Tuttavia, data la differente dimensione dei comuni italiani, i risultati provenienti da analisi che sfruttano tale dominio devono essere considerate sempre in riferimento alla specifica dimensione comunale e, soprattutto, alla proporzione di aree rurali che ricadono nei confini amministrativi.

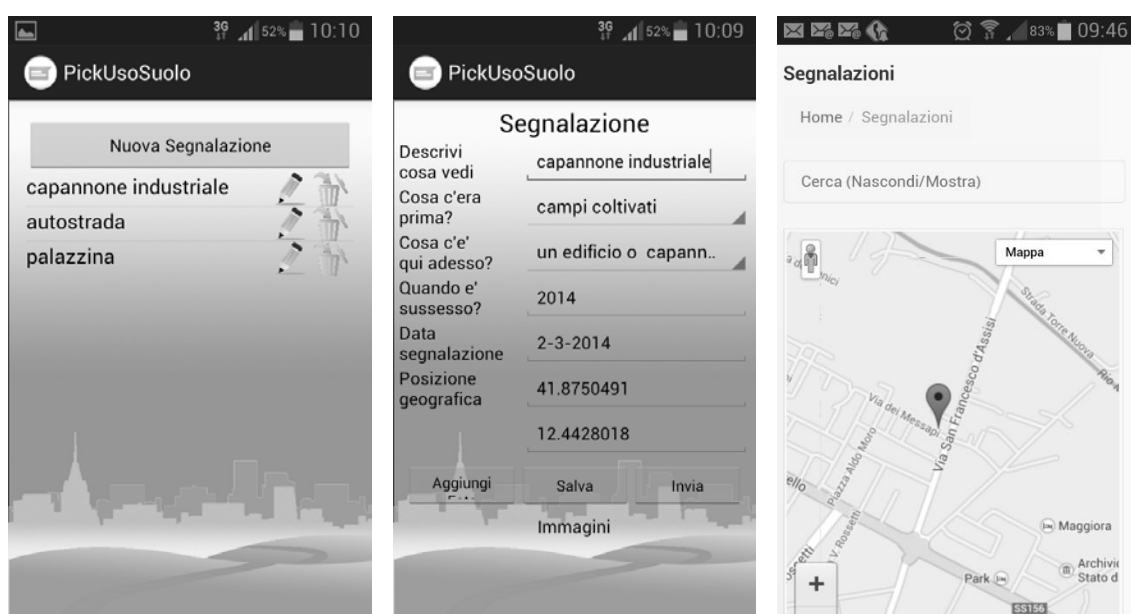


Figura 4.3 - Esempio di segnalazioni inviate attraverso dispositivi mobili.

Da quest'anno, è stata avviata in via sperimentale anche un'attività di segnalazione, 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 (figura 4.3).

4.4 Validazione

Le informazioni raccolte sono state confermate o eventualmente corrette nella fase di validazione. Per verificare il grado di corrispondenza dei dati derivanti dalla fotointerpretazione con quelli della validazione, si è proceduto con la valutazione dell'accuratezza. Tale procedura è consistita in primo luogo nella selezione di un sottocampione, quindi nella costruzione di una matrice le cui intestazioni delle colonne sono rappresentate dai dati reali o di riferimento (cioè validati), e le righe dai valori attribuiti prima della validazione (sulla base del primo livello di classificazione: punti non classificati, suolo non consumato, suolo consumato). Poiché tale metodo si basa sulla corrispondenza dei valori, sulla diagonale principale ricadono i punti correttamente classificati, mentre gli altri elementi sono errori di classificazione. Da queste, sono stati derivati gli indici di accuratezza globale, accuratezza per l'utilizzatore e accuratezza per il produttore.

L'accuratezza globale definisce la percentuale di accuratezza di una classificazione rispetto alla verità:

$$\text{Accuratezza globale} = N/\text{Tot}$$

dove:

- N = numero di punti correttamente classificati (somma della diagonale principale della matrice d'errore);
- Tot = totale dei punti.

L'accuratezza dell'utilizzatore definisce quanti punti attribuiti nella classificazione alla classe i sono nella realtà in quella classe:

$$UA = a_{ii}/R_i$$

dove:

- UA = User Accuracy o accuratezza dell'utilizzatore;
- a_{ii} = numero di punti correttamente classificati della classe i ;
- R_i = totale della riga i , ovvero la totalità dei punti appartenenti alla classe i prima della validazione.

L'accuratezza dal punto di vista del produttore definisce quanti punti appartenenti nella realtà alla classe i sono effettivamente classificati in quella classe:

$$PA = a_{ii}/C_i$$

dove:

- PA = Producer Accuracy o accuratezza del produttore;
- a_{ii} = numero di punti correttamente classificati della classe i ;
- C_i = totale della colonna i , ovvero la totalità dei punti appartenenti alla classe i sulla base dei dati reali o di riferimento.

Il grado di accuratezza ottenuto ci ha permesso di confermare la validazione delle informazioni raccolte, che sono risultate coerenti con i dati reali o di riferimento.

L'accuratezza globale a scala nazionale è risultata pari complessivamente al 99% (tabella 4.2). A causa principalmente del minor numero di ortofoto disponibili, il valore più basso dell'accuratezza a scala nazionale (96%) è stato registrato per l'intervallo temporale 2011-2013.

Complessivamente l'accuratezza è risultata molto buona anche a livello regionale. In riferimento a quella globale, è risultata pari mediamente al 98% per tutti gli anni considerati, con l'eccezione del periodo 1988-93, in cui è risultata pari al 96%.

Tabella 4.2 - Matrici di errore e valori percentuali dell'accuratezza globale (Acc. Globale %), dell'utilizzatore (UA %) e del produttore (PA %) a livello nazionale.

				Acc. globale %	UA %	PA %
				% (N/Tot)	% (a _{ii} /R _i)	% (a _{ii} /C _i)
Complessiva	657	22	7	99%	96%	98%
	11	3260	20		99%	99%
	1	0	211		100%	89%
1950-1980	0	0	0	99%		
	0	572	3		99%	100%
	0	0	18		100%	86%
1988-93	2	2	1	99%	40%	100%
	0	556	2		100%	100%
	0	0	32		100%	91%
1994-97	0	0	0	99%		
	0	552	5		99%	100%
	0	0	37		100%	88%
1998-2001	0	0	0	99%		
	0	553	5		99%	100%
	0	0	37		100%	88%
2004-2007	0	0	0	99%		
	0	548	3		99%	100%
	0	0	42		100%	93%
2008-2010	286	8	2	98%	97%	98%
	4	279	0		99%	97%
	1	0	25		96%	93%
2011-2013	369	12	4	96%	96%	98%
	7	200	2		96%	94%
	0	0	20		100%	77%

4.5 Errore di stima

Nel fornire le stime sul consumo di suolo, è fondamentale accompagnarle con le stime degli intervalli di confidenza, al fine di assicurare una corretta interpretazione dei dati ottenuti. La rete di monitoraggio utilizzata rappresenta un campionamento stratificato non proporzionale, i cui strati sono identificati con le diverse sottoreti utilizzate (a livello nazionale, regionale e comunale).

La stima della media viene calcolata con la ponderazione dei valori per ogni strato tenendo conto delle dimensioni dello strato nell'universo. Se W_i è il peso dell' i -esimo strato dell'universo, inteso come superficie territoriale di riferimento (regionale o nazionale), la stima della media avviene con la seguente formula (Blalock, 1984):

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^k W_i \bar{X}_i$$

in cui le \bar{X}_i sono le medie ricavate dal campione per ciascuno dei k strati, ovvero il suolo consumato in ogni strato.

La stima della varianza della media è la seguente:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}}^2 = \sum_{i=1}^k W_i^2 \hat{\sigma}_{\bar{X}_i}^2$$

in cui $\hat{\sigma}_{\bar{X}_i}^2$ indica una stima della varianza della media all'interno di ogni i -esimo strato ed è ricavata da:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}_i}^2 = \frac{p_i^c (1 - p_i^c)}{n_i}$$

in cui p_i^c rappresenta la frazione di campioni in cui si è avuto un consumo di suolo nello strato e n_i la numerosità campionaria nello strato.

La stima dell'errore viene quindi ottenuta da:

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{X}}^2}$$

mentre l'intervallo di confidenza al 95% è dato da:

$$\theta = \bar{X} \pm 1,96 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{X}}$$

Come si vede dai risultati (tabella 4.3), le stime degli anni più recenti hanno intervalli più ampi in quanto risentono della non completa disponibilità dei dati di base necessari per la fotointerpretazione a livello sub-nazionale (con alcune eccezioni, cfr. paragrafo 4.3), ma si mantengono comunque all'interno di un intervallo di confidenza limitato.

Tabella 4.3 - Intervalli di confidenza al 95% a livello regionale e nazionale, per anno.

	Anni '50	1989	1996	1998	2006	2009	2012
Piemonte	±0,83%	±0,98%	±0,98%	±1,00%	±1,05%	±1,39%	±1,44%
Valle d'Aosta	±0,62%	±0,66%	±0,66%	±0,66%	±0,70%	±2,76%	±2,76%
Lombardia	±1,00%	±1,15%	±1,22%	±1,24%	±1,28%	±1,68%	±1,77%
Trentino-Alto Adige	±0,57%	±0,60%	±0,61%	±0,62%	±0,65%	±0,97%	±1,11%
Veneto	±0,97%	±1,04%	±1,09%	±1,12%	±1,23%	±1,44%	±1,54%
Friuli-Venezia Giulia	±0,83%	±0,97%	±1,03%	±1,02%	±1,06%	±1,54%	±1,72%
Liguria	±0,82%	±0,97%	±1,00%	±1,02%	±1,03%	±1,11%	±1,25%
Emilia Romagna	±0,72%	±1,00%	±1,07%	±1,08%	±1,10%	±1,67%	±1,69%
Toscana	±0,75%	±0,92%	±0,97%	±0,97%	±1,02%	±1,51%	±1,52%
Umbria	±0,67%	±0,81%	±0,85%	±0,84%	±0,90%	±0,93%	±2,29%
Marche	±0,82%	±0,97%	±1,03%	±1,05%	±1,11%	±2,57%	±2,65%
Lazio	±0,58%	±0,91%	±0,96%	±0,99%	±1,06%	±1,08%	±1,89%
Abruzzo	±0,61%	±0,82%	±0,88%	±0,88%	±0,96%	±1,30%	±1,47%
Molise	±0,68%	±0,77%	±0,78%	±0,27%	±0,82%	±1,20%	±0,28%
Campania	±0,99%	±1,10%	±1,13%	±1,14%	±1,18%	±1,54%	±1,82%
Puglia	±0,91%	±1,01%	±1,07%	±1,09%	±1,15%	±1,87%	±1,87%
Basilicata	±0,74%	±0,77%	±0,79%	±0,80%	±0,88%	±1,95%	±1,99%
Calabria	±0,74%	±0,86%	±0,89%	±0,89%	±0,93%	±0,96%	±1,02%
Sicilia	±0,69%	±1,00%	±1,02%	±1,03%	±1,13%	±1,64%	±1,68%
Sardegna	±0,62%	±0,70%	±0,73%	±0,73%	±0,76%	±0,82%	±0,94%
Italia	±0,20%	±0,24%	±0,25%	±0,25%	±0,26%	±0,37%	±0,40%

4.6 Altre fonti informative sul consumo di suolo

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. Si assiste, inoltre, ad analisi e interpretazioni dei fenomeni e dei processi territoriali non sempre semplici e coerenti, a causa della presenza di iniziative conoscitive che raramente sono inserite in un quadro unitario a livello nazionale, sia in termini di tecniche di acquisizione, sia per le metodologie di lettura dei dati. È presente, infatti, una moltitudine di fonti di dati che differiscono notevolmente nelle loro caratteristiche principali, essendo state create per diversi obiettivi e finalità e, quindi, per rispondere a domande informative specifiche che necessariamente risultano, il più delle volte, non compatibili tra di loro. Ogni fonte di dati sottolinea ed enfatizza diversi aspetti di copertura o di uso del suolo, e fornisce informazioni fortemente legate alle esigenze e aspettative dei produttori e degli utilizzatori finali della specifica banca dati cartografica. Questo porta ad avere diversi sistemi di classificazione e nomenclature, risoluzioni spaziali e temporali, qualità e precisione finale.

In tabella 4.4 è riportato un elenco delle principali fonti informative disponibili con le caratteristiche fondamentali e gli elementi ritenuti critici nel momento in cui si vogliono utilizzare per il monitoraggio e la valutazione del consumo di suolo. La tabella evidenzia le caratteristiche di base che devono essere garantite per assicurare stime accurate ed omogenee e, in particolare, la scala di riferimento, la minima unità cartografata o di rilevazione, l'accuratezza tematica, la classificazione utilizzata per la copertura artificiale del territorio, la disponibilità di serie storiche, etc., differenziando i diversi approcci che

derivano dall'utilizzo di cartografia vettoriale o raster, di indagine campionaria, di uso o di copertura del suolo.

4.7 Caratteristiche e limiti delle fonti informative

Si descrivono, di seguito, le caratteristiche e i principali limiti delle fonti informative e le motivazioni che, per superare tali limiti, hanno portato allo sviluppo della rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo da parte di ISPRA e del sistema delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province Autonome (cfr. paragrafo 4.2).

Con riferimento ai dati di copertura/uso del suolo disponibili a scala nazionale, la cartografia *Corine Land Cover*, in Italia realizzata anch'essa da ISPRA, costituisce una mappatura completa del territorio nazionale omogenea e confrontabile a livello europeo, il cui prossimo aggiornamento è previsto con riferimento al 2012. La metodologia e la classificazione utilizzate sono state studiate per assicurare la possibilità di confronti tra i diversi paesi europei, con una serie storica che permette analisi diacroniche a partire dal 1990. Il *Corine Land Cover* è basato su una legenda di 44 classi, organizzata su tre livelli gerarchici. Un quarto livello gerarchico è stato sviluppato in alcuni paesi, quali l'Italia, per fornire maggiore dettaglio in alcune classi tematiche. I dati sono, tuttavia, poco utilizzabili per analisi di dettaglio sul consumo di suolo per via della scala e del sistema di classificazione utilizzato. Per tali motivi, il *Corine Land Cover* sottostima fortemente il consumo di suolo e stima una superficie del suolo consumato a scala nazionale pari al 4,9% (rispetto al 6,8% indicato sulla base delle stime ISPRA/ARPA/APPA più affidabili riferite allo stesso anno 2006).

ISPRA è coinvolto anche nel programma *Copernicus* (precedentemente noto come *GMES - Global Monitoring for Environment and Security*) nel cui ambito è stato avviato un piano per la realizzazione dei servizi di *Land Monitoring* (*GIO - GMES Initial Operations - Land Monitoring Implementation Plan 2011-2013*) che prevede l'acquisizione di una copertura satellitare europea al 2012 e la produzione di 5 strati ad alta risoluzione relativi all'impermeabilizzazione del suolo e alle aree edificate (*HRL Imperviousness* – già disponibili con riferimento al 2006 e al 2009¹⁷ nell'ambito dell'iniziativa *Fast Track Service Precursor on Land Monitoring - Degree of soil sealing*), alle foreste, ai prati-pascoli, alle aree umide e ai corpi idrici. Tali dati sono disponibili in formato raster con un dettaglio spaziale notevolmente superiore rispetto al *Corine Land Cover*. Tra gli altri servizi che vengono resi disponibili tramite *Copernicus* si segnala il progetto *Urban Atlas*, che produce una banca dati cartografica, pubblicata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente, con 20 categorie di copertura e di uso per 32 realtà urbane italiane. Il dato, con una risoluzione di 0,25 ettari, si estende fino a coprire l'intero sistema locale del lavoro (SLL) delle città considerate. Le superfici artificiali residenziali sono classificate sulla base della densità urbana, mentre altre classi riguardano: le strutture isolate, le aree produttive, commerciali o militari, le infrastrutture, il verde urbano, le attrezzature sportive.

A livello europeo, al fine di fornire statistiche accurate e confrontabili per i diversi paesi relativamente alla copertura e all'uso del suolo, Eurostat porta avanti da diversi anni il progetto *LUCAS*. L'indagine, che si basa su un campione di circa 18.000 punti sull'Italia, classifica le aree artificiali attraverso 5 classi di copertura; altre classi sono riferite all'uso del suolo. Il campione utilizzato è estremamente ridotto e adeguato a rappresentare la situazione solo a livello nazionale.

L'*Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI)*, realizzato dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), è utile a fornire un'adeguata contabilità dell'uso del suolo a livello nazionale e regionale. IUTI si basa sul rilevamento campionario per punti del territorio nazionale e sulla classificazione dell'uso del suolo dei punti di campionamento attraverso la fotointerpretazione di una serie storica di ortofoto. Attraverso uno schema di campionamento stratificato per tasselli (*tessellated stratified sampling*), noto anche come campionamento sistematico non allineato, si è arrivati alla creazione di un campione di circa 1.206.000 punti mediante la predisposizione sull'intero territorio nazionale di una griglia composta da celle quadrate di 0,5 km di lato, all'interno delle quali è stato posizionato casualmente, per ogni cella, un punto di sondaggio. La numerosità campionaria, risulta così statisticamente affidabile per la restituzione di un dato attendibile per i cambiamenti di uso del suolo in intervalli temporali di pochi anni. I singoli punti di campionamento sono stati classificati a video per

¹⁷ Il servizio informativo Copernicus ad alta risoluzione sull'impermeabilizzazione del suolo (*Imperviousness Degrees*) del 2009 è realizzato per conto della Commissione Europea da Planetek Italia nell'ambito del progetto Geoland 2, cofinanziato nell'ambito del settimo programma quadro. Nell'appendice cartografica sono riportati alcuni esempi delle cartografie prodotte.

interpretazione diacronica di ortofoto analogiche pancromatiche (1990), e digitali a colori realizzate nel 2008. Successivamente, per i punti corrispondenti a cambiamenti di uso, è stata effettuata l'interpretazione anche per l'anno 2000 su ortofoto digitali a colori (Marchetti *et al.*, 2012). Tuttavia, ai fini della valutazione del consumo di suolo, va segnalato che è basato su un sistema di classificazione semplificato sull'uso del suolo e individua le aree omogenee o con uso prevalente di almeno 0,5 ettari.

Tabella 4.4 - Caratteristiche delle principali fonti informative utili alla valutazione del consumo di suolo in Italia (in corsivo gli elementi critici ai fini dell'impiego dei dati per la valutazione del consumo di suolo).

Nome	Fonte	Copertura	Minima unità di rilevazione (MMU)	Scala nominale vettoriale / risoluzione raster / n. campioni	Accuratezza tematica (consumo di suolo)	Tipo di classificazione (consumo di suolo)	Serie storica
Rete di monitoraggio del consumo del suolo	ISPRA/ ARPA/ APPA	Nazionale	1 m ²	Campionamento stratificato 150.000	>98%	13 classi di copertura; Aree "consumate" (0-1)	1956-1988- 1996-1998- 2006-2009- 2012
CORINE Land Cover	EEA (ISPRA in Italia)	Europea	<i>5 ha per i cambiamenti e 25 ha per la copertura</i>	Vettoriale 1:100.000	>85%	<i>11 classi miste di uso e copertura per le aree artificiali</i>	1990-2000- 2006-2012 (il 2012 è in corso)
Copernicus/GMES – HRL Imperviousness	EEA (+ ISPRA in Italia)	Europea	400 m ²	Raster 20 m	>85%	% soil sealing (0-100)	2006-2009- 2012 (il 2012 è in corso)
Copernicus/GMES Urban Atlas	EEA	Principali aree metropolitane Italiane	2.500 m ²	Vettoriale 1:10.000	>85%	<i>17 classi miste di uso e copertura per le aree artificiali e altre 3 classi per le aree naturali e semi-naturali</i>	2006 (il 2012 è in corso)
Refresh / Refresh esteso	MiPAAF/ AGEA	Nazionale	<i>Variabile</i>	Vettoriale 1:10.000	ND	<i>1 unica classe per le aree artificiali (uso)</i>	2009-2012 (serie storiche non confrontabili)
POPOLUS	MiPAAF/ AGEA	Nazionale	30 m ²	Campionamento griglia 1.200.000	>95%	<i>Classi di uso del suolo per le aree artificiali</i>	2004-2008
IUTI	MATTM/ ISPRA	Nazionale	5.000 m ²	Campionamento griglia 1.200.000	>95%	<i>Uso del suolo</i>	1990-2000- 2008
Basi territoriali	Istat	Nazionale	<i>Sezione di censimento (dimensione estremamente variabile)</i>	Vettoriale variabile 1:5.000- 1:25.000	ND	<i>Località abitate</i>	1991-2001- 2011 (serie storiche non del tutto confrontabili)
LUCAS	Eurostat	Europea	30 m ²	<i>Campionamento griglia 18.000 (sull'Italia)</i>	85%	5 classi di copertura per le aree artificiali, altre classi di uso	Ogni tre anni (serie storiche non del tutto confrontabili)
Dati regionali di uso/copertura	Regioni	Regionale (non completa a livello nazionale)	Generalmente compresa tra 1.600 e 10.000 m ²	Generalmente vettoriale 1:10.000 - 1:25.000	<i>Variabile</i>	<i>Generalmente classificazione CORINE Land Cover al IV o al V livello</i>	<i>Variabili, con serie storiche spesso non disponibili</i>

AGEA, al fine delle attività di controllo in campo agricolo, realizza una mappatura dell'uso del suolo a livello nazionale di estremo dettaglio con un dettaglio tematico con poche e specifiche classi, soprattutto agricole (*Refresh/Refresh esteso*) e un inventario, denominato *POPOLUS (Permanent Observation POints for Land Use Statistics)* con una maglia simile, ma non coincidente, con quella IUTI. Entrambe le basi informative utilizzano però sistemi di classificazione non adatti per la valutazione del consumo del suolo.

Il consumo di suolo può anche essere valutato ricorrendo ad altre fonti informative, quali le *basi territoriali Istat*, finalizzate a descrivere dal punto di vista statistico il territorio nazionale. Tuttavia, le basi territoriali Istat da un lato sovrastimano il consumo di suolo all'interno delle località abitate (non distinguendo, in queste zone, le aree consumate da quelle non consumate), dall'altro lato non considerano le case sparse, le infrastrutture e una serie di altri elementi diffusi sul territorio e, per tali motivi, non sono utilizzabili per la valutazione del consumo di suolo.

L'impiego di *dati regionali* di uso o di copertura del suolo non consente di ottenere un quadro completo e omogeneo a scala nazionale. Infatti, anche se generalmente si fa riferimento alla classificazione Corine, standard fino al terzo livello, sono spesso diverse le legende utilizzate ai livelli successivi e le caratteristiche geometriche delle cartografie disponibili nelle regioni, con una scala variabile tra 1:5.000 e 1:25.000. Anche l'estrema variabilità delle date di aggiornamento e la scarsa disponibilità di serie storiche non permettono di confrontare le diverse situazioni e le dinamiche territoriali tra di loro, rendendo impossibile, ad oggi, la derivazione di cartografie nazionali da dati regionali.

Tra le varie fonti informative, ricordiamo, infine, la *rete di monitoraggio del consumo di suolo* (si veda il paragrafo 4.2), l'unica indagine rivolta specificamente al monitoraggio e alla valutazione del consumo del suolo, realizzata da ISPRA in collaborazione con il sistema delle agenzie ambientali delle Regioni e delle Province Autonome (ARPA/APPA). La rilevazione garantisce la disponibilità di una serie storica estesa, con un'elevata accuratezza tematica e delle stime, grazie a un campionamento stratificato del territorio con circa 150.000 punti che viene integrato con i dati Copernicus ad alta risoluzione. La valutazione del consumo di suolo è basata su indicatori derivati dall'osservazione di una rete di monitoraggio di livello nazionale e su specifiche reti estese a livello regionale e sui principali comuni.

Gran parte delle basi di dati analizzate nascono per rispondere a esigenze specifiche (controlli in agricoltura, pianificazione territoriale, basi censuarie, etc.) che hanno necessità di definire sistemi di classificazione poco adatti alla valutazione del consumo di suolo per come è stato definito a livello europeo. Inoltre, le basi informative di livello nazionale spesso utilizzate per la valutazione, quali Corine Land Cover, IUTI, Refresh AGEA, POPOLUS e basi territoriali Istat, utilizzano classi di uso del suolo artificiale che corrispondono solo in alcuni casi a un consumo del suolo reale, presente, viceversa, anche in classi di uso definite come non artificiali.

I limiti delle attuali fonti informative disponibili a livello nazionale, al fine del monitoraggio del consumo di suolo sono legati, in conclusione, principalmente ai seguenti punti:

Omogeneità/completezza/periodicità di aggiornamento

Le informazioni più dettagliate, disponibili a livello regionale o subregionale, non hanno una copertura omogenea e completa sull'intero territorio nazionale e sono scarsamente confrontabili tra loro per via dei diversi sistemi di acquisizione e di classificazione dei dati e delle caratteristiche delle basi cartografiche. Inoltre hanno date di riferimento diverse e spesso non sono disponibili aggiornamenti ripetuti nel tempo. Anche le basi informative nazionali risentono spesso di mancanza di tempestività nell'aggiornamento e nella possibilità di effettuare analisi diacroniche consistenti (si veda la tabella 4.4, colonna "serie storica").

Scala e caratteristiche geometriche

Anche gli aspetti geometrici di una cartografia e, in particolare, la scala nominale, la risoluzione, l'unità¹⁸ e lo spessore¹⁹ minimi rappresentati, incidono significativamente sulle stime delle aree. Ai fini della valutazione delle superfici, si pone il reale rischio di vedere sottostimate le dimensioni di tutte le

¹⁸ L'unità minima cartografabile o *Minimum Mapping Unit (MMU)* è utilizzata in cartografia per definire la più piccola unità rappresentabile sulla mappa. La dimensione della unità minima cartografabile è strettamente correlata alla scala nominale e alla risoluzione di una carta: maggiore è la scala, minore è la MMU, e viceversa.

¹⁹ Lo spessore minimo cartografabile è anch'esso correlato alla risoluzione della cartografia ed è generalmente, dell'ordine di 1/1.000 della scala della carta (10 metri, ad esempio, per una carta a scala 1:10.000). Nelle carte di copertura e uso del suolo sono, quindi, rappresentati solo quegli elementi lineari (strade, ferrovie, corsi d'acqua, etc.) che hanno una larghezza maggiore dello spessore minimo definito.

classi che tipicamente sono maggiormente frammentate (come le aree artificiali o impermeabilizzate) o quelle lineari (come le infrastrutture stradali e ferroviarie), che hanno maggiori probabilità di avere la singola area omogenea di ampiezza inferiore alla minima unità cartografata (*Minimum Mapping Unit - MMU*) o spessore inferiore a quello minimo. Gli errori di stima sono ancora più evidenti nel caso di analisi dei cambiamenti di uso del suolo, che possono essere assai parcellizzati, e in cui la dimensione della singola zona che cambia classe è spesso molto vicina alla minima unità cartografata. Quindi, più grande è la MMU e meno accurata sarà la stima delle aree (si veda la tabella 4.4, colonna “Minima unità di rilevazione (MMU)”).

Sistema di classificazione e accuratezza tematica

Con riferimento ai sistemi di classificazione impiegati, si assiste spesso alla definizione di classi scarsamente omogenee, con la conseguente necessità di affrontare questioni semantiche e interpretative di ardua elaborazione. Nella maggior parte degli strati informativi disponibili e realmente accessibili, inoltre, non esiste una chiara distinzione tra uso del suolo e copertura del suolo. Quasi tutti i sistemi di classificazione impiegati dalle diverse fonti informative, sia a livello nazionale sia a livello regionale, fanno riferimento alla nomenclatura Corine Land Cover, che ha grossi limiti nel momento in cui si voglia utilizzare per analisi di dettaglio, in particolare per la componente delle aree artificiali dove il Corine Land Cover (a dispetto del nome) utilizza classi di uso scarsamente omogenee dal punto di vista del consumo di suolo.

Si deve anche considerare che in una zona omogenea dal punto di vista dell'uso del suolo, definita da un'unica classe e delimitata da confini netti, possono convivere in realtà un insieme di coperture, di usi e di attività antropiche. Tale complessità è inversamente proporzionale alla scala di acquisizione e restituzione dei dati, ma già a scale di dettaglio (1:10.000 – 1:25.000) la presenza di usi diversi all'interno di uno stesso poligono è piuttosto frequente, rendendo necessario il ricorso a classi “miste” che, per definizione, rappresentano zone in cui non è possibile individuare un unico utilizzo del territorio con la presenza congiunta di più usi o coperture del suolo.

Nel caso particolare di analisi dei processi di urbanizzazione e di valutazione del consumo di suolo agricolo e naturale, l'impiego di dati cartografici di uso del suolo, che normalmente vengono utilizzati riclassificando le zone in due classi, “urbanizzato” e “non urbanizzato”, comporta l'approssimazione che deriva dal considerare le classi di origine come omogenee²⁰. In realtà in ogni classe sono presenti, con percentuali che non sono quasi mai trascurabili, coperture del suolo diverse e classificabili in maniera opposta.

Infine, c'è da considerare che l'accuratezza tematica dei dati forniti, ovvero la possibilità che ci sia un errore di classificazione in una data area, è spesso troppo elevata e raramente è inferiore al 15%. In molti casi l'accuratezza non è neanche valutata e questo implica che le fonti informative non siano state validate e che difficilmente possano essere utilizzate per ottenere stime affidabili.

²⁰ I dati del Corine Land Cover e di altre cartografie di uso e copertura del suolo con sistemi di classificazione gerarchici vengono spesso impiegati, per l'analisi dei processi di urbanizzazione, utilizzando solo il primo livello di classificazione. Tali classi sono, ovviamente, ancora meno omogenee.

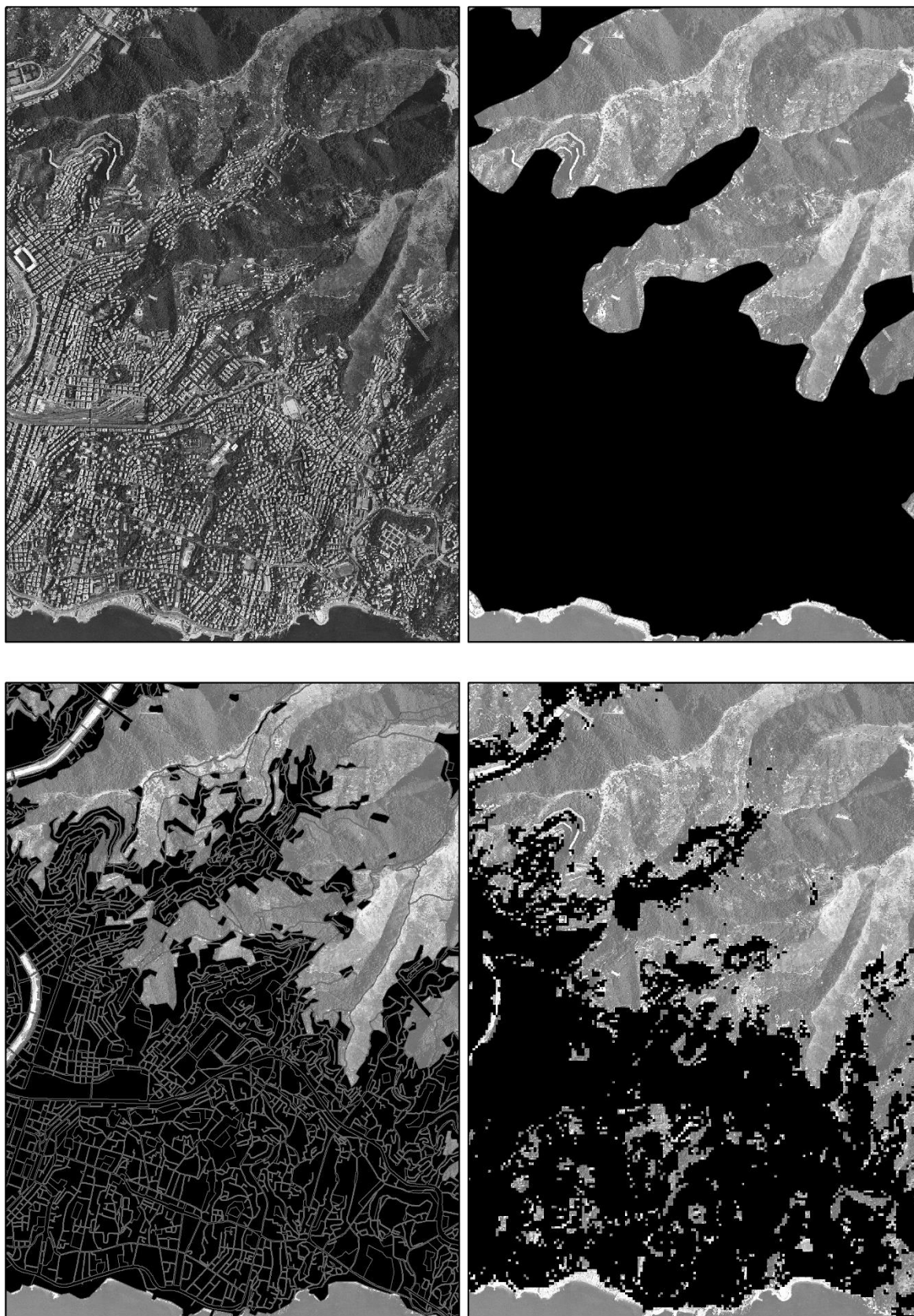
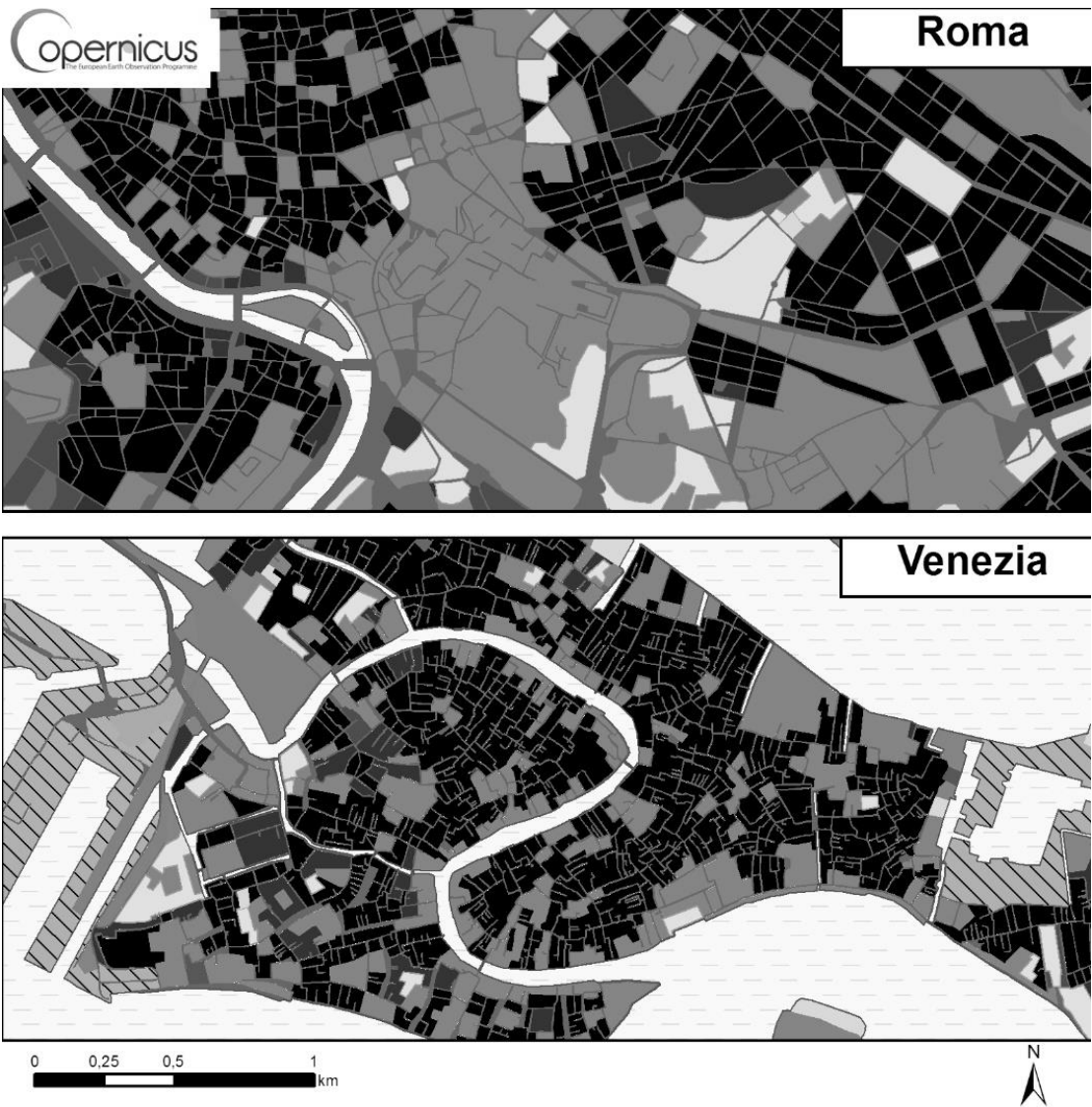


Figura 4.4 - Confronto tra un'ortofoto (in alto a sinistra), una carta vettoriale di uso del suolo riclassificata per estrarre le aree artificiali a scala 1:100.000 (in alto a destra) e 1:10.000 (in basso a sinistra) e una carta raster dell'impermeabilizzazione del suolo con risoluzione pari a 20 metri (in basso a destra; *Copernicus*, EEA/ISPRA, 2009).



Legenda

■ 11100: Continuous Urban fabric (S.L. > 80%)	■ 12400: Airports
■ 11210: Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L.: 50% - 80%)	■ 13100: Mineral extraction and dump sites
■ 11220: Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L.: 30% - 50%)	■ 13300: Construction sites
■ 11230: Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L.: 10% - 30%)	■ 13400: Land without current use
■ 11240: Discontinuous very low density urban fabric (S.L. < 10%)	■ 14100: Green urban areas
■ 11300: Isolated Structures	■ 14200: Sports and leisure facilities
■ 12100: Industrial, commercial, public, military and private units	■ 20000: Agricultural Areas
■ 12210: Fast transit roads and associated land	■ 30000: Forests and semi-natural areas
■ 12220: Other roads and associated land	■ 40000: Wetlands
■ 12230: Railways and associated land	■ 50000: Water
■ 12300: Port areas	

Figura 4.5 - Esempio di cartografia Copernicus Urban Atlas nei centri urbani di Roma e Venezia.

CONCLUSIONI

La progressiva espansione delle infrastrutture e delle aree urbanizzate a bassa densità, che comportano un forte incremento delle superfici artificiali e dell'impermeabilizzazione del suolo, sono una realtà sempre più diffusa nel nostro paese. Tali dinamiche insediative non sono giustificate da analoghi aumenti di popolazione e di attività economiche. Il territorio e il paesaggio vengono quotidianamente invasi da nuovi quartieri, ville, seconde case, alberghi, capannoni industriali, magazzini, centri direzionali e commerciali, strade, autostrade, parcheggi, serre, cave e discariche, comportando la perdita di aree agricole e naturali ad alto valore ambientale, con un uso del suolo non sempre adeguatamente governato da strumenti di pianificazione del territorio e da politiche efficaci di gestione del patrimonio naturale.

Le attività di ISPRA e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente sono oggi in grado di attuare un monitoraggio continuo del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo nel nostro Paese e di garantire la disponibilità di un quadro conoscitivo di riferimento per la definizione e la valutazione delle politiche a livello nazionale, regionale e comunale, grazie allo sviluppo della rete nazionale di monitoraggio del consumo di suolo e alla predisposizione di specifica cartografia sull'impermeabilizzazione del suolo ad alta risoluzione per l'intero territorio nazionale, in grado di superare i limiti geometrici e tematici della cartografia Corine Land Cover.

I diversi aspetti del consumo di suolo devono essere affrontati con un efficace sistema di misurazione e di valutazione del fenomeno, con una definizione chiara dell'oggetto della rilevazione, obiettivi condivisi e omogenei sull'intero territorio nazionale grazie alle migliori tecniche di acquisizione, di analisi e di lettura dei dati.

Lo svolgimento di una specifica indagine per il monitoraggio del consumo di suolo, basata sulla rete nazionale, è già prevista dal Programma Statistico Nazionale per gli anni 2014-2016 come riferimento ufficiale in Italia, sotto la responsabilità di ISPRA e con la partecipazione di Istat per gli aspetti metodologici-tecnici in campo statistico.

Vi sono anche altre attività scientifiche e istituzionali che concorrono alla creazione di un quadro conoscitivo di riferimento utile a valutare le dinamiche territoriali. Tra queste è in corso la definizione di metodologie di analisi e la diffusione dei dati per la valutazione delle forme di urbanizzazione, della tipologia insediativa e del fenomeno dello sprawl nelle principali aree urbane, finalizzata a descrivere le diverse caratteristiche (e i relativi impatti) che il consumo di suolo assume nel nostro territorio. Lo sviluppo di metodologie prevede inoltre la partecipazione a progetti di ricerca (quali il PRIN, coordinato dal Politecnico di Milano, "Territori post-metropolitani come forme urbane emergenti: le sfide della sostenibilità, abitabilità e governabilità") e la collaborazione istituzionale con altre amministrazioni comunitarie (Commissione Europea, Agenzia Europea per l'Ambiente, Agenzia Spaziale Europea), centrali (quali Istat, AGEA, INEA, CFS e CRA), regionali e locali.

Rimangono, tuttavia, alcuni elementi di criticità, da una parte la capacità di rappresentazione dei grandi ambiti urbani sovracomunali rispetto ai limiti amministrativi, dall'altra la significatività delle stime a livello comunale per i comuni minori. Per ovviare a questo, ISPRA ha avviato un'intensa attività di validazione e di miglioramento, sia tematico, sia geometrico, con un aumento della risoluzione a 5 metri, della cartografia *Copernicus* sulla copertura artificiale del suolo, specifica per il nostro territorio, che consentirà, a breve, di migliorare la mappatura e la conoscenza del consumo di suolo in Italia.

I dati proposti mostrano la gravità della progressiva erosione della risorsa suolo a fini edificatori e infrastrutturali con la progressiva trasformazione di città compatte in insediamenti diffusi, caratterizzati da bassa densità abitativa e con pesanti ripercussioni sul paesaggio e sull'ambiente. Sono cambiamenti praticamente irreversibili nella gran parte dei casi, che incidono sulle funzioni del suolo e riguardano spesso terreni agricoli fertili. La diffusione urbana, inoltre, frammenta e causa il deterioramento del territorio anche laddove questo non venga direttamente investito da coperture artificiali, rendendo gli spazi interclusi difficilmente recuperabili.

I dati confermano anche una mutata distribuzione spaziale del consumo di suolo che riflette specifiche traiettorie di uso del suolo: da una parte fenomeni quali lo sprawl, la decentralizzazione e l'intensificazione agricola, che riguardano soprattutto le aree costiere mediterranee e la pianura padana, e, dall'altra, l'abbandono delle terre, soprattutto in aree marginali. Unito alle particolari condizioni climatiche, alla presenza di suoli con marcata tendenza all'erosione o salinizzazione, allo sfruttamento delle risorse idriche (fattori tipici del bacino del Mediterraneo), l'impatto di questi processi sulla qualità

del suolo è preoccupante e incide negativamente sullo sviluppo sostenibile delle nostre terre, soprattutto nelle aree meno resilienti, in cui i legami tra biodiversità, paesaggio, fattori sociali e attività economiche sono più forti. I risultati indicano, inoltre, la presenza di una porzione non indifferente di suolo consumato nelle aree rurali e naturali, ulteriore motivo per sperare in una rapida approvazione di alcuni recenti interventi e proposte legislativi, finalizzati alla limitazione del consumo di suolo.

Allo stato attuale è necessario riconoscere che un sistema di monitoraggio, quale quello avviato da ISPRA e dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, condiviso e omogeneo a livello nazionale, è un elemento fondamentale non solo per aumentare le informazioni disponibili e la conoscenza del fenomeno per gli addetti ai lavori, ma anche come base essenziale di una politica di salvaguardia del nostro territorio e del nostro paesaggio. A tal fine il sistema di monitoraggio dovrà sempre più integrarsi a livello regionale e considerare gli aspetti relativi alla qualità del suolo e alla possibile erosione del capitale naturale, per esprimere e quantificare l'impatto delle perdite di suolo e del degrado a scala locale anche in termini di perdita di servizi ecosistemici e di vulnerabilità al cambiamento climatico e, infine, per fornire informazioni specifiche per la definizione e l'implementazione di misure per limitare, mitigare o compensare l'impermeabilizzazione del suolo ai responsabili delle decisioni a livello locale. Molto importanti saranno i prossimi anni, poiché possibili misure potrebbero contribuire a un contenimento dei tassi di crescita, soprattutto nelle aree peri-urbane e pianeggianti a elevata vocazione agricola. Contenimento della crescita degli insediamenti umani, recupero dei centri storici, forme urbane più compatte e semi-dense, riuso di aree dismesse o già urbanizzate, anche attraverso interventi di rigenerazione e riqualificazione, rappresentano possibili risposte a un tema particolarmente sentito a tutti i livelli di governance territoriale.



Figura C.1 - Esempio di consumo di suolo: ortofoto della stessa area nel 1998 (in alto), nel 2005 (al centro) e nel 2011 (in basso).

BIBLIOGRAFIA

- 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>
- Blalock H.M. jr (1984), *Statistica per la ricerca sociale*, Il Mulino, Bologna.
- Blum W.E.H. (2005), Functions of Soil for Society and the Environment; *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 2005-4: 75-79.
- Botequilha Leitao A., Ahern J. (2002), Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. *Landscape and Urban Planning*, 59: 65-93.
- Bouma J. (2001), The role of soil science in the land use negotiation process. *Soil use and management* 17(1): 1-6.
- Bruegmann R. (2005), *Sprawl: A compact History*, University of Chicago Press, Chicago.
- Catalàn B., Sauri D., Serra P. (2008), Urban sprawl in the Mediterranean? Patterns of growth and change in the Barcelona Metropolitan Region 1993–2000. *Landscape and Urban Planning* 85(3-4): 174-184.
- Commissione Europea (2004), Towards a thematic strategy on the urban environment. COM (2004) 60 final.
- Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:IT:PDF>
- Commissione Europea (2011a), Report on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects. Technical Report 2011-050
<http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20-%20Final%20Report.pdf>
- Commissione Europea (2011b), Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM(2011) 571. Bruxelles, 20.9.2011.
http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm
- Commissione Europea (2012a), Attuazione della strategia tematica per la protezione del suolo e attività in corso, COM(2012) 46. Bruxelles, 13.2.2012.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012DC0046:EN:NOT>
- Commissione Europea (2012b), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo. Bruxelles, 15.5.2012, SWD (2012) 101
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_it.pdf
- Commissione Europea (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti. Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli. Lussemburgo
<http://bookshop.europa.eu/en/hard-surfaces-hidden-costs-pbKH0113236/>
- Couch C., Petschel-Held G., Leontidou L. (2007), *Urban Sprawl In Europe: Landscapes, Land-use Change and Policy*, Blackwell, London.
- CRCS, 2012. Rapporto 2012. Centro di Ricerca sui Consumi di Suolo. INU Edizioni, Milano.
- Duany A., Plater-Zyberk E., Speck J. (2000), *Suburban Nation: The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream*, New York, North Point Press.
- EEA (2006), *Urban sprawl in Europe – the ignored challenge* (Report no. 10), European Environmental Agency, Copenhagen.
- EEA (2010), *European Environment - State and Outlook 2010*, European Environmental Agency, Copenhagen.
- EEA (2011), *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, European Environmental Agency, Copenhagen,
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas>
- EEA (2013), GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) - summary of product specifications, European Environment Agency, Copenhagen.
- EEA-FOEN (2011), *Landscape fragmentation in Europe*. Joint EEA-FOEN report. Copenhagen.
- ESPO (2011), *ESPO Climate: Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies*. Final Report Annex 4: Case Study Mediterranean Coast of Spain. Tech. rep. Dortmund: ESPO & IRPUD ESPO.
- Eurostat (2013), LUCAS Primary data 2012,
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/lucas/data/LUCAS_primary_data/2012
- Frisch G.J. (2006), Politiche per il contenimento del consumo di suolo in Europa. In: M.C. Gibelli e E. Salzano (a cura di), *No Sprawl*, Alinea editrice, Firenze.
- Frondoni R., Mollo B., Capotorti G. (2011), A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001. *Landscape and Urban planning* 100(1-2): 117-128.
- 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.
- Gardi C., Dall'Olio N., Salata S. (2013), *L'insostenibile consumo di suolo*, Edicom Edizioni, Monfalcone.
- Haygarth P.M., Ritz K. (2009), The Future of Soils and Land Use in the UK: Soil Systems for the Provision of Land-Based Ecosystem Services. *Land Use Policy*, 26/1: 5187-5197.
- Hough M. (2004), *Cities and Natural Process*, Routledge, London.
- Indovina F. (2005), *Governare la città con l'urbanistica*. Guida agli strumenti di pianificazione urbana e del territorio, Maggioli, Rimini.
- ISPRA (2013a), *Annuario dei dati ambientali, Tematiche in primo piano*, ISPRA, Roma.

-
- ISPRA (2013b), Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia, *Ideambiente* 62: 20-31, ISPRA, http://www.isprambiente.gov.it/files/ideambiente/ideambiente_62.pdf
- ISPRA (2013c), 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 (2013d), Annuario dei dati ambientali, edizione 2012, ISPRA, Roma, <http://annuario.isprambiente.it>
- ISPRA (2014), 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, Audizione, Roma, 27/2/2014.
- Istat (2013a), Esame delle abbinare proposte di legge C. 902 Bordo e C. 947 Catania, in materia di valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo del suolo, Audizione, Roma, 17/12/2013.
- Istat (2013b), La popolazione straniera residente in Italia - bilancio demografico, Istat, Roma.
- Johnson M.P. (2001), Environmental impacts of urban sprawl: a survey of the literature and proposed research agenda, *Environment and Planning* 33(4): 717-735.
- Kasanko M., Barredo J.I., Lavalle C., McCormick N., Demicheli L., Sagris V. (2006), Are European cities becoming dispersed? A comparative analysis of 15 European urban areas, *Landscape and Urban Planning* 77(1-2): 111-130.
- Leone A., Maddalena P., Montanari T., Settis S. (2013), *Costituzione incompiuta. Arte, paesaggio, ambiente*, Einaudi, Torino.
- Leontidou L. (1990), *The Mediterranean City in Transition*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Marchetti M., Bertani R., Corona P., Valentini R. (2012), Cambiamenti di copertura forestale e dell'uso del suolo nell'inventario dell'uso delle terre in Italia, *Forest@* 9: 170-184.
- 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., Norero C., Sabbi A., Salvati L. (2010a), Soil sealing in the growing city: a survey in Rome, Italy. *Scottish Geographical Journal* 126(3): 153-161.
- Munafò M., Salvucci G., Zitti M., Salvati L. (2010b), Proposta per una metodologia di stima dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia, *Rivista di statistica ufficiale* 2-3: 59-72.
- 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., De Pasquale V., Iasillo D., Barbieri V. (2012), Validazione della mappa europea delle aree impermeabili ad alta risoluzione a livello locale. In: *Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA*. p. 1013-1019, Vicenza (Italy), 6-9 Novembre 2012.
- Munafò M., Salvati L., Zitti M. (2013), Estimating soil sealing rate at national level – Italy as case study, *Ecological Indicators* XXVI: 137-140.
- 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., Maggi M. (2010), Sustainable planning? First results in land uptakes in rural, natural and protected areas: the Lombardia case study (Italy), *Journal of Land Use Science*, 5: 2, 105-122.
- Pileri P., Giudici D., Tomasini L. (2011), Suoli D.O.C. Effetti dell'uso e del consumo di suolo in Franciacorta e nella Pianura bresciana, http://www.pianurasostenibile.org/bin/suolo_publicazione.html.
- Pileri P., Granata E. (2012), *Amor Loci. Suolo, ambiente, cultura civile*, Libreria Cortina, Milano.
- Polyzos S., Christopoulou O., Minetos D., Leal Filho W. (2008), An overview of urban-rural land use interactions in Greece. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology* 7: 276-296.
- Romano B., Zullo F. (2013), Models of Urban Land Use in Europe: Assessment Tools and Criticalities, *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 4(3): 80-97.
- 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(1-2): 43-52.
- Salzano E. (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.
- Schwarz N. (2010), Urban form revisited. Selecting indicators for characterising European cities, *Landscape and Urban Planning*, 96, pp. 29-47.
- Settis, S. (2010), *Paesaggio Costituzione cemento*, Einaudi, Torino.
- Terzi F., Bolen F. (2009), Urban sprawl measurement of Istanbul. *European Planning Studies* 17(10): 1559-1570.
- Turbé A., De Toni A., Benito P., Lavelle 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, http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/biodiversity_report.pdf.
- UN-HABITAT (2009), *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements*. Earthscan, London.

APPENDICE CARTOGRAFICA

UN ATLANTE DEL CONSUMO DI SUOLO

Nelle pagine seguenti sono rappresentate alcune tavole che rappresentano la percentuale dell'impermeabilizzazione del suolo su base comunale (figure A.1, A.2, A.3) e una mappatura dell'impermeabilizzazione del suolo in alcune aree urbane del nostro Paese (figure da A.4 ad A.17). I dati sono elaborati da ISPRA sulla base dei servizi di *Land Monitoring* del programma *Copernicus* (si veda il paragrafo 4.7 per maggiori dettagli). La scala di rappresentazione delle tavole è pari a 1:200.000, ma la risoluzione geometrica dei dati permette di utilizzare i dati anche a scale molto maggiori, comprese tra 1:10.000 e 1:25.000 e comunque a scale utili per un'analisi a livello comunale.

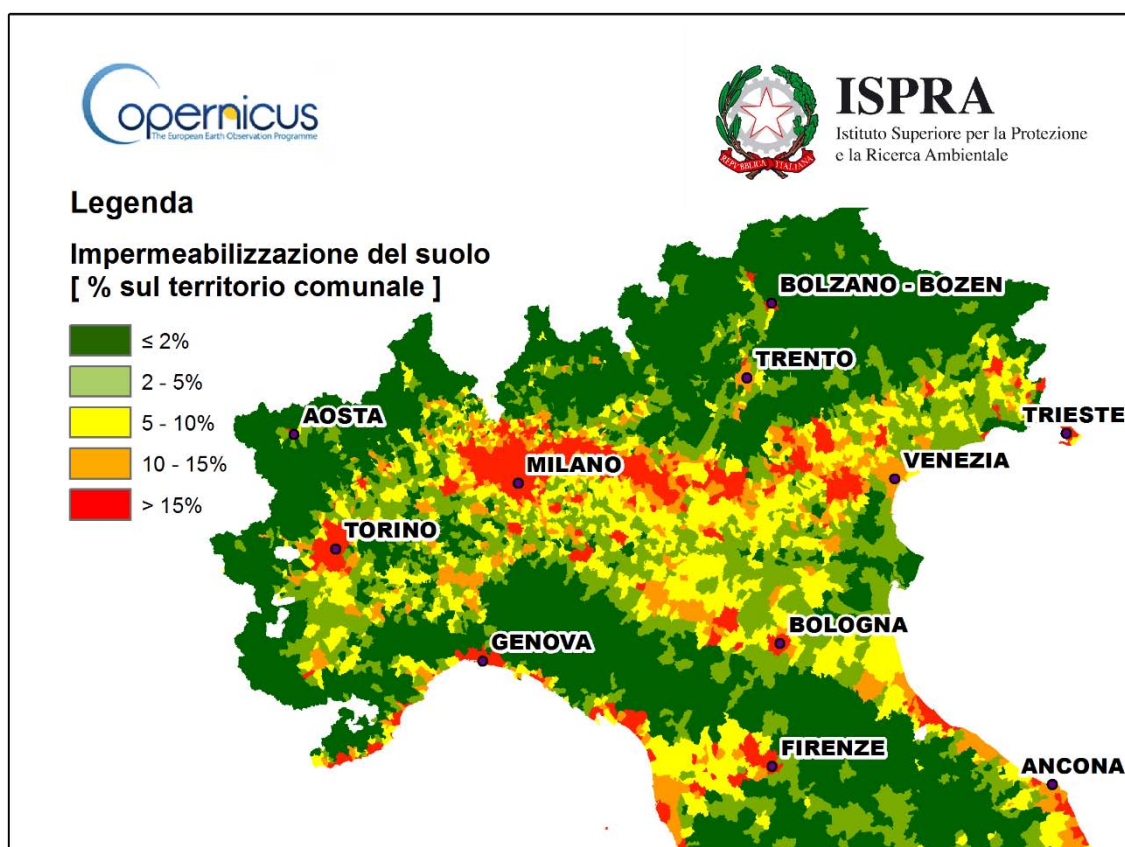


Figura A.1 - Impermeabilizzazione del suolo a livello comunale (%) nel Nord Italia, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

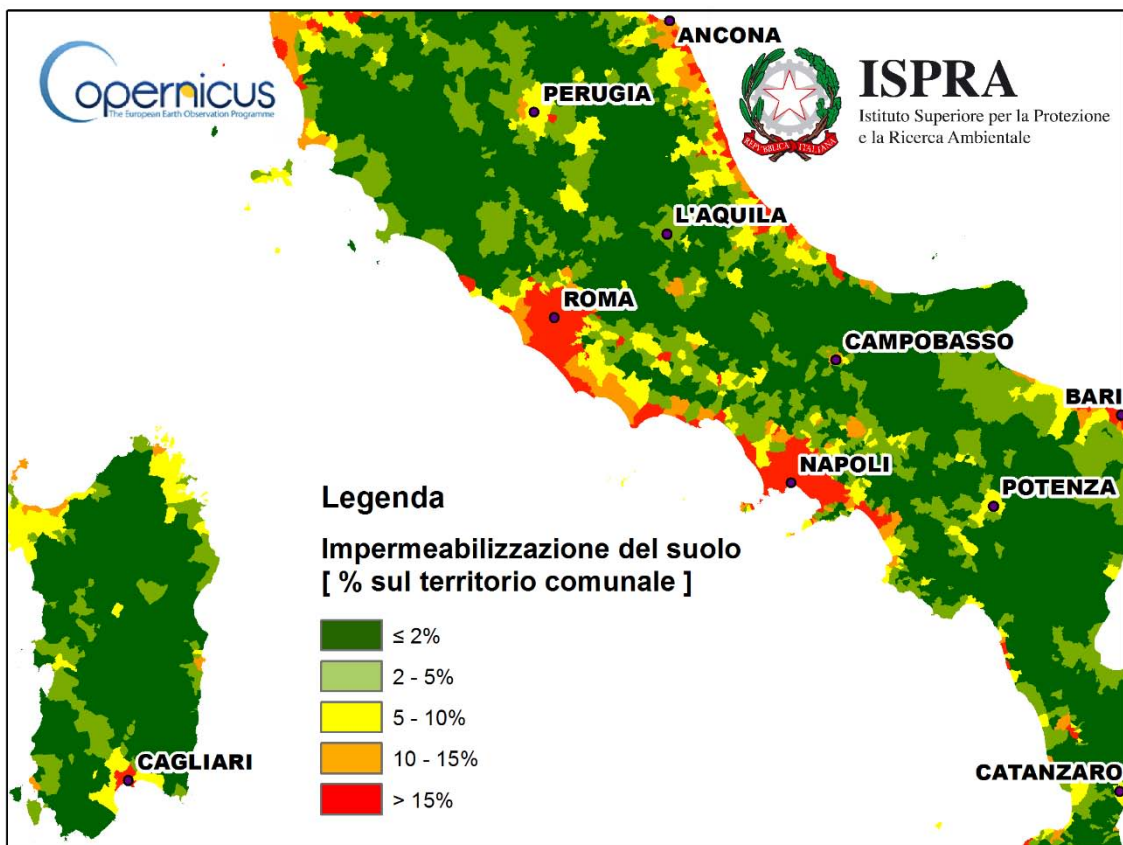


Figura A.2 - Impermeabilizzazione del suolo a livello comunale (%) nel Centro Italia, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

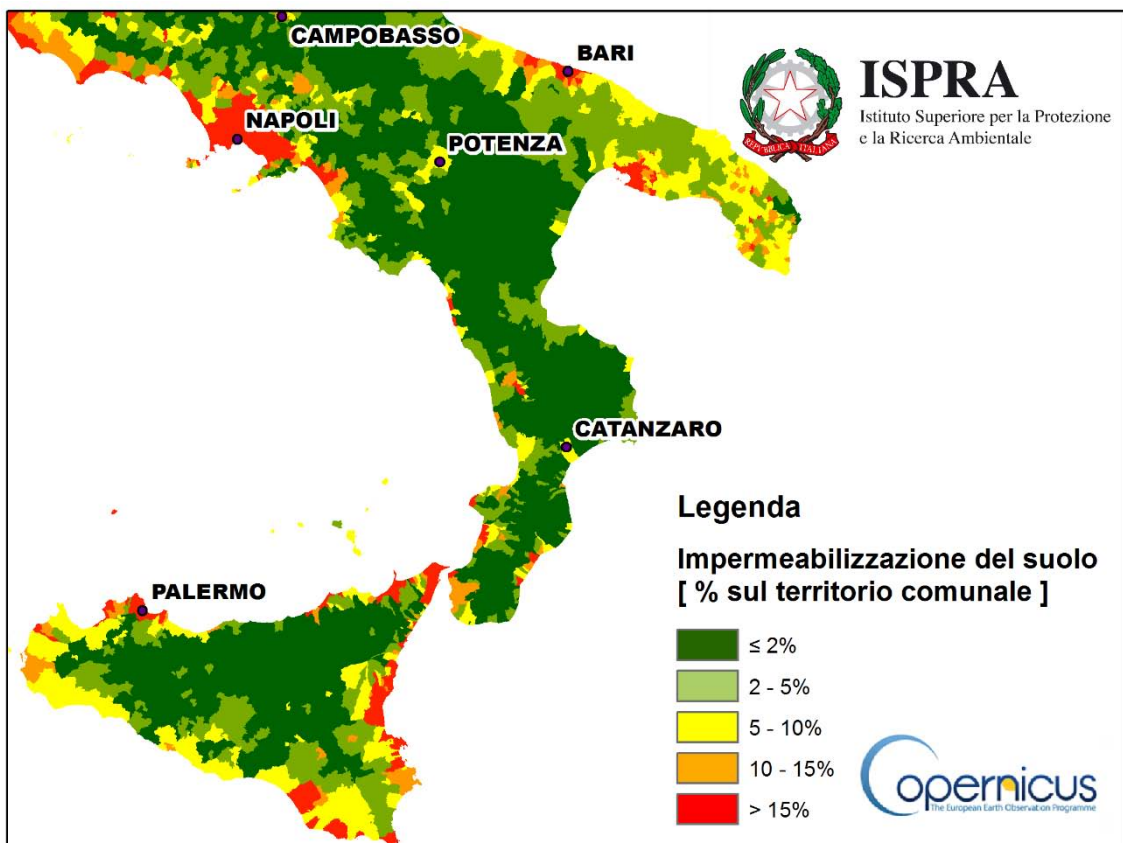


Figura A.3 - Impermeabilizzazione del suolo a livello comunale (%) nel Sud Italia, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

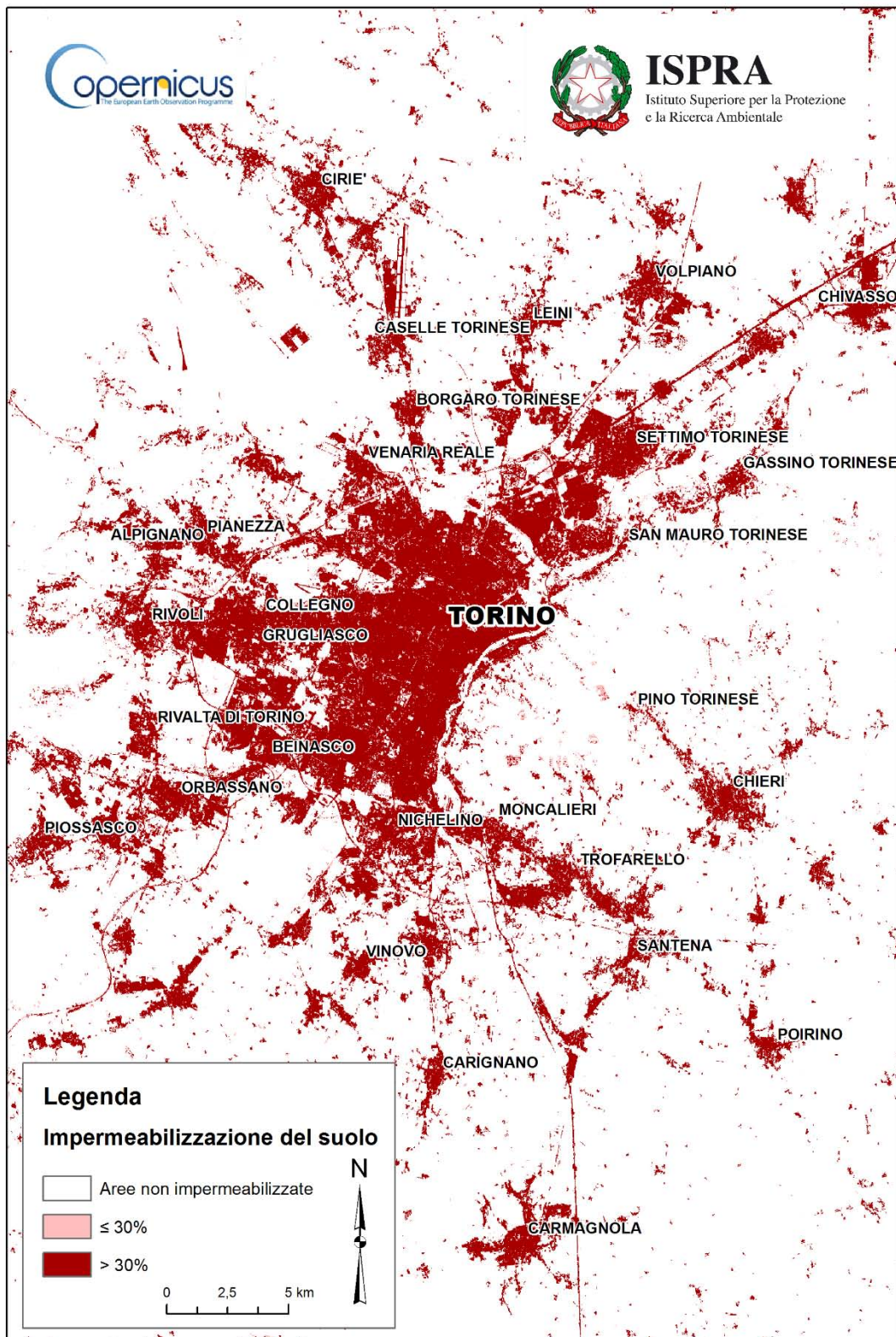


Figura A.4 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Torino, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

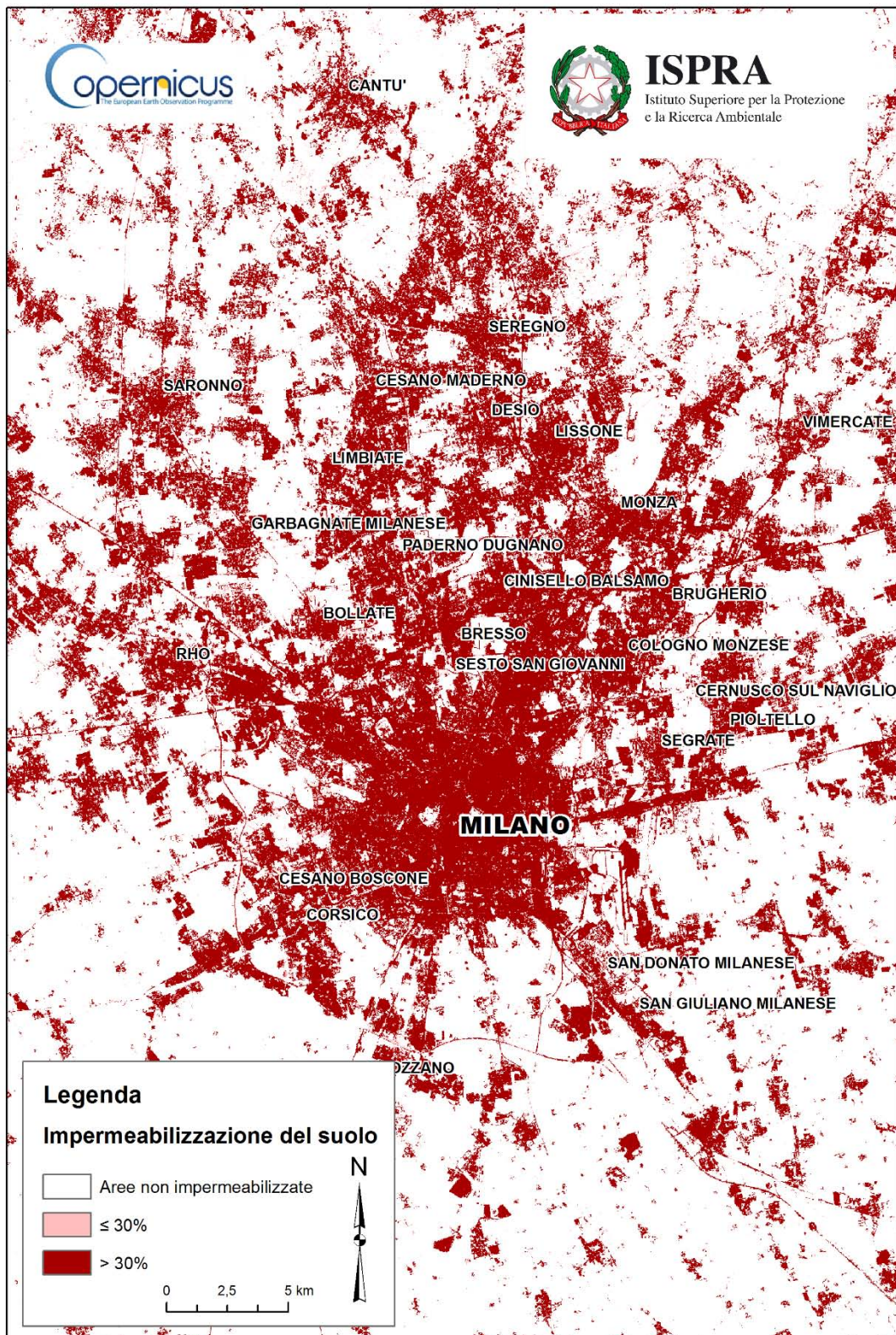


Figura A.5 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Milano, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

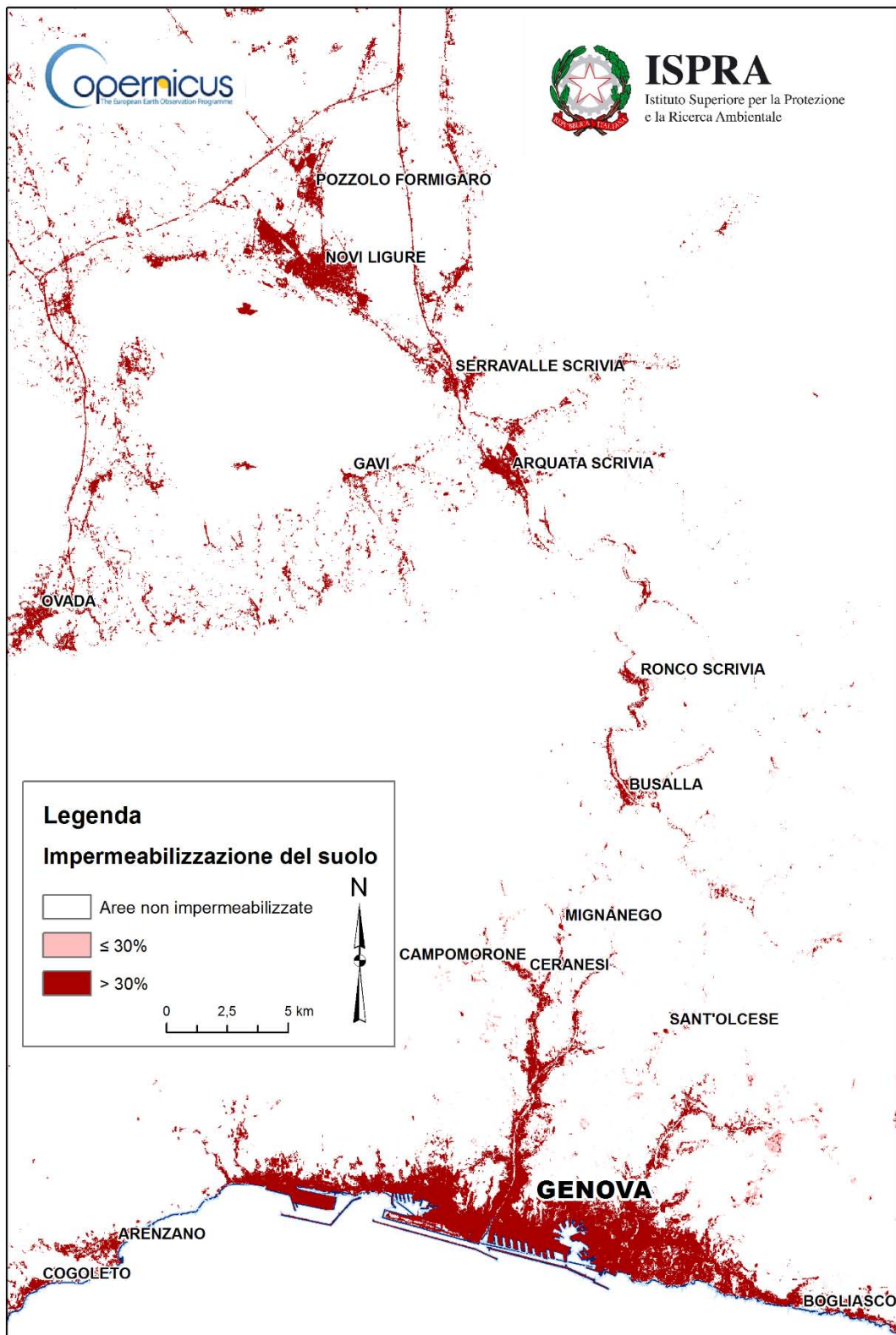


Figura A.6 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Genova, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

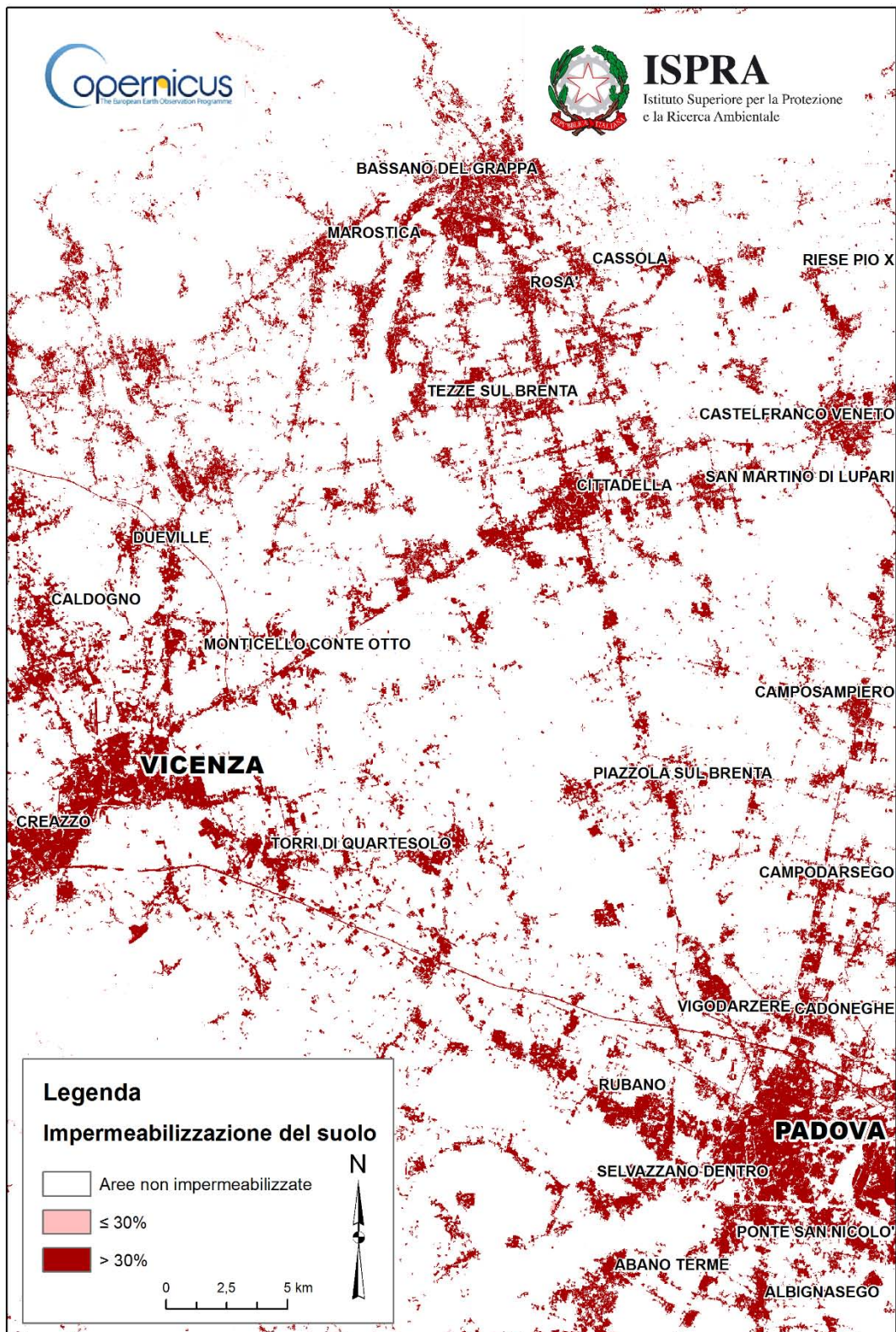


Figura A.7 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Vicenza e Padova, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

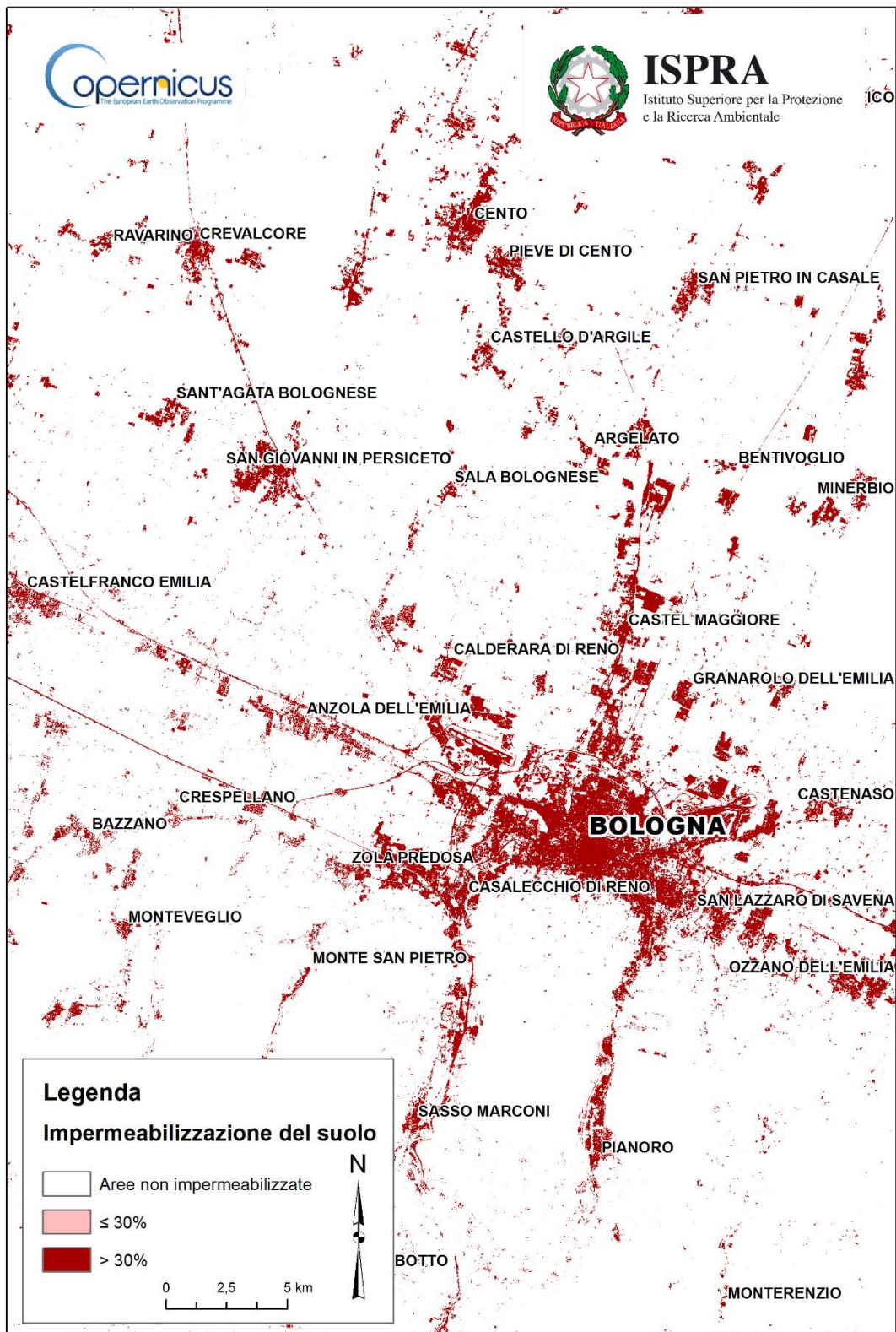


Figura A.8 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Bologna, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

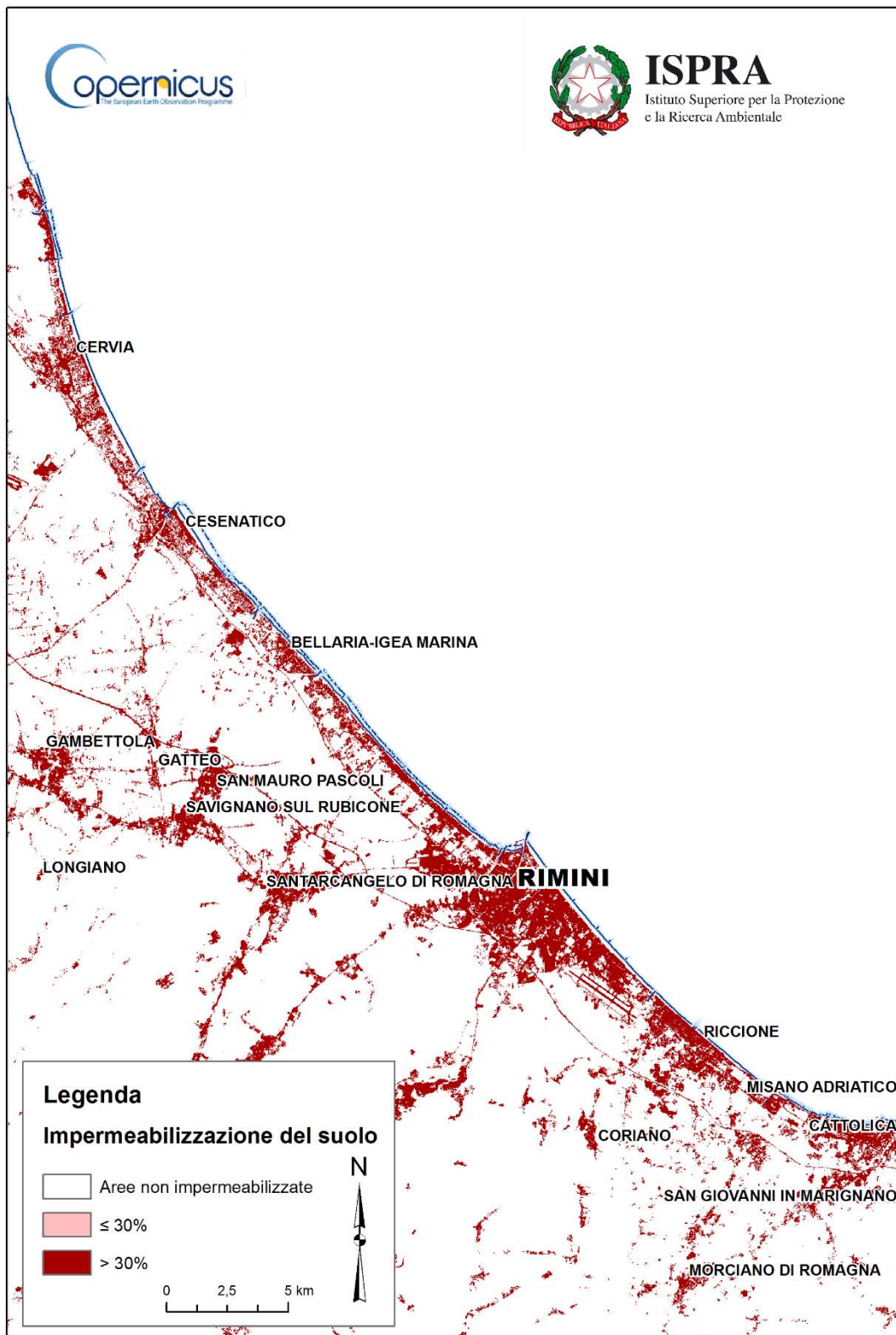


Figura A.9 - Impermeabilizzazione del suolo nella costiera romagnola, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

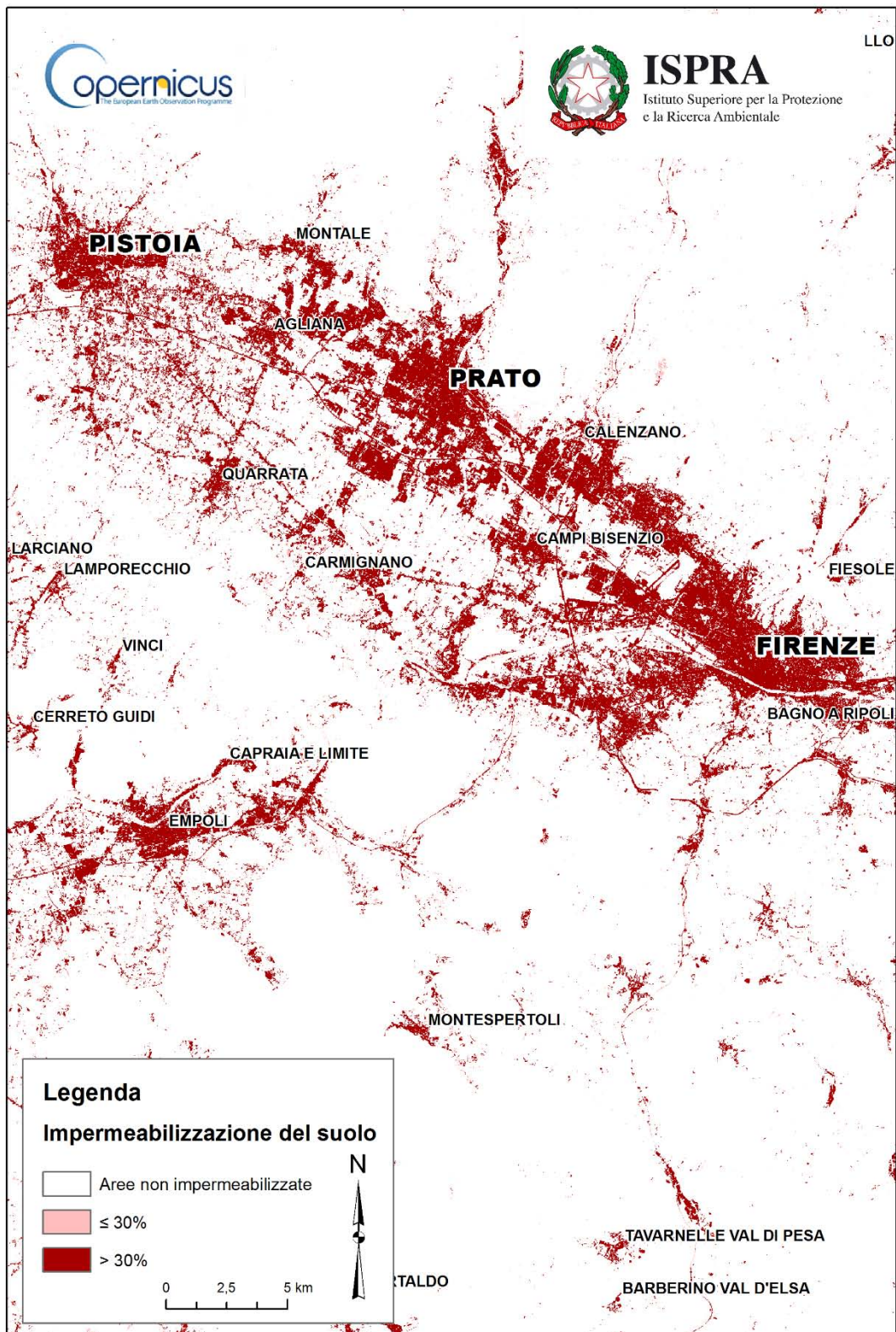


Figura A.10 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Firenze, Prato e Pistoia, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

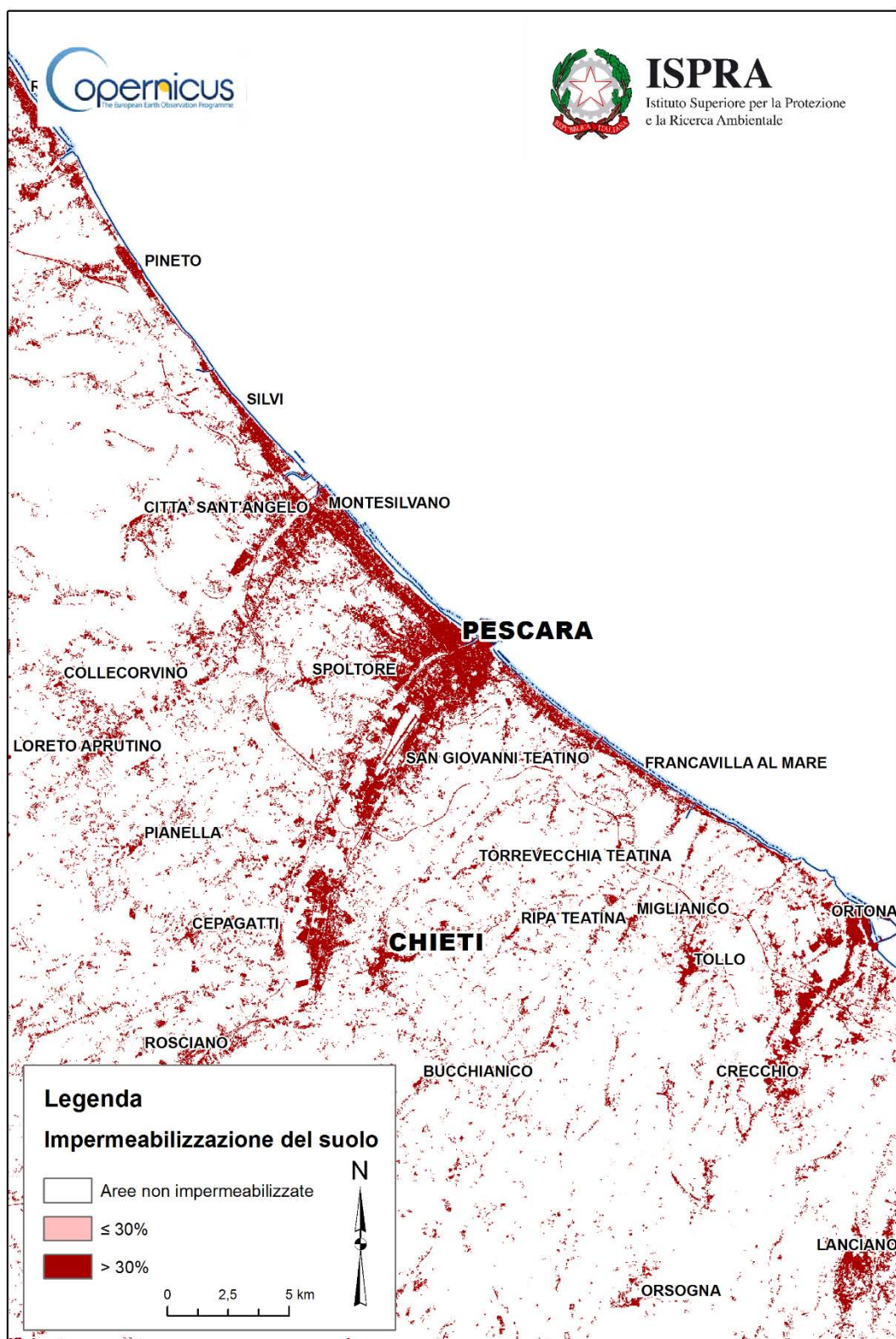


Figura A.11 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Chieti e Pescara, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

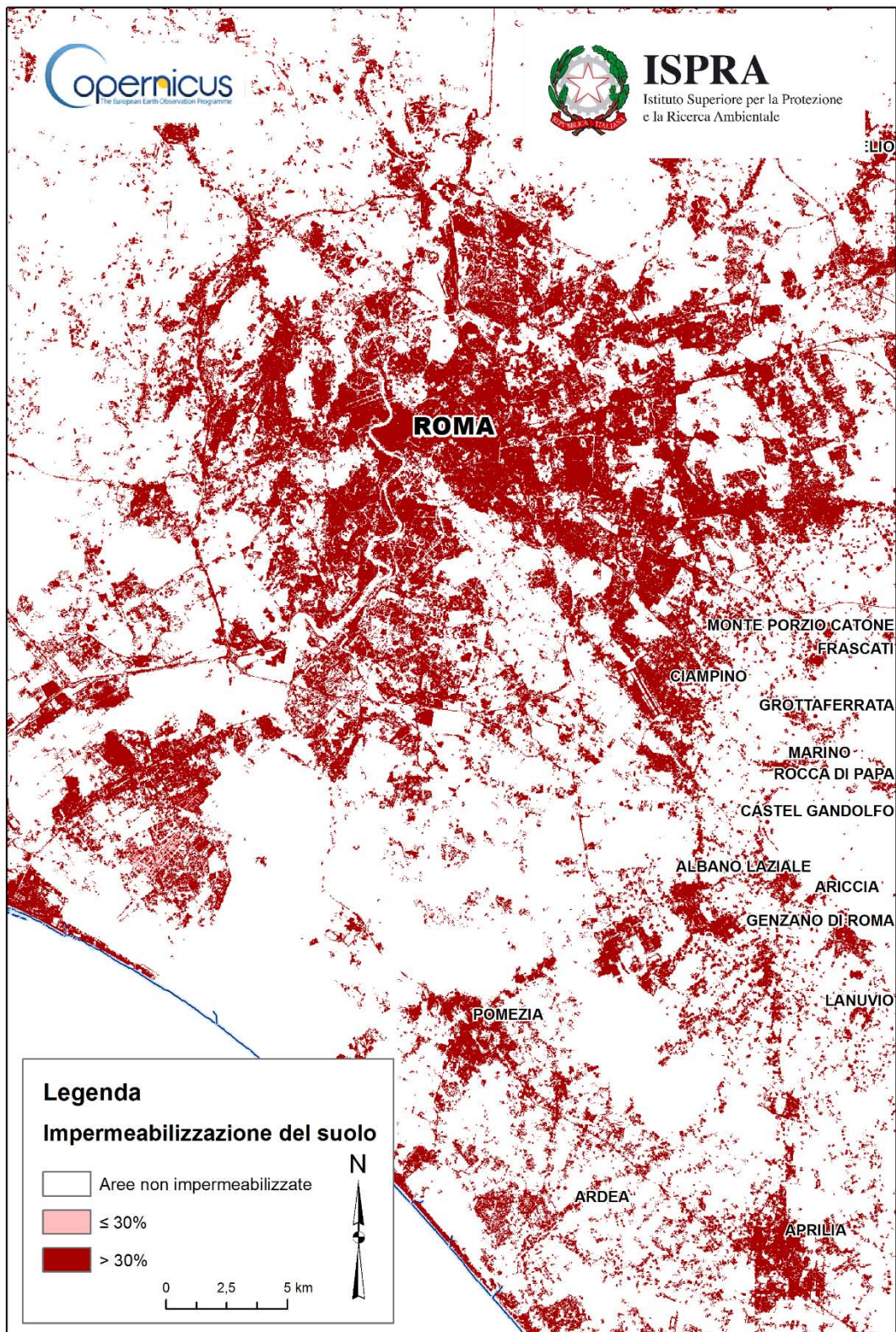


Figura A.12 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Roma, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

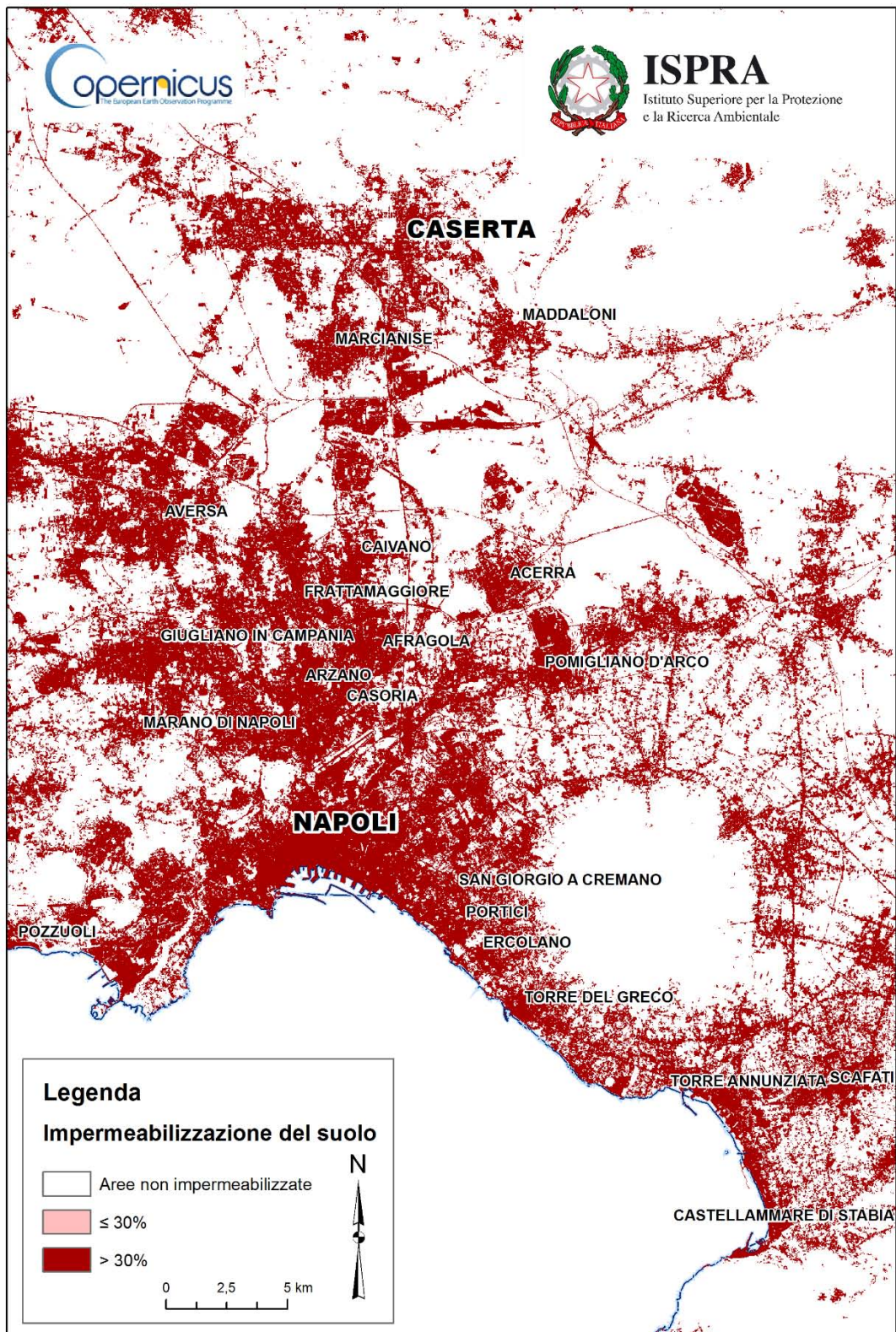


Figura A.13 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Napoli, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

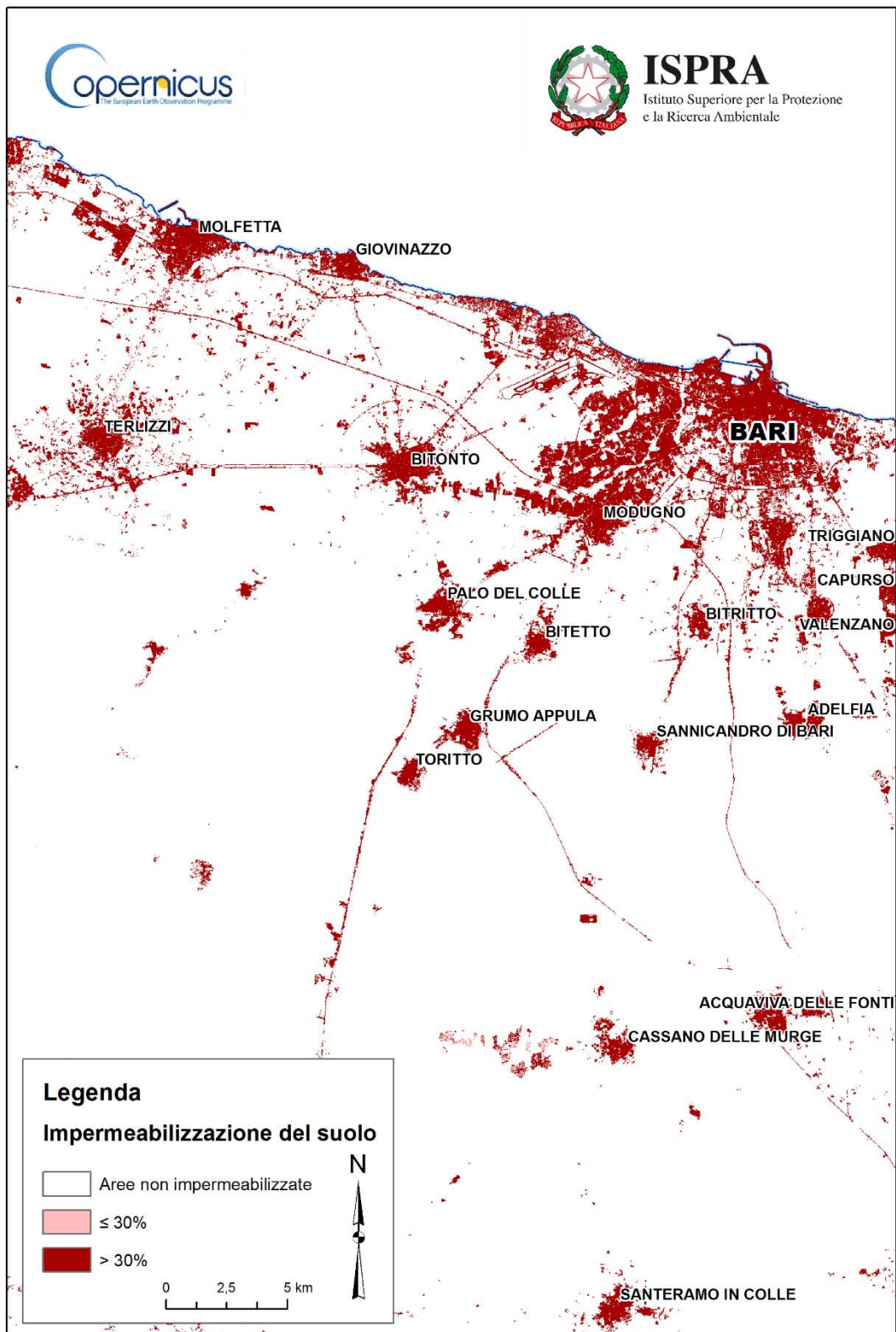


Figura A.14 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Bari, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

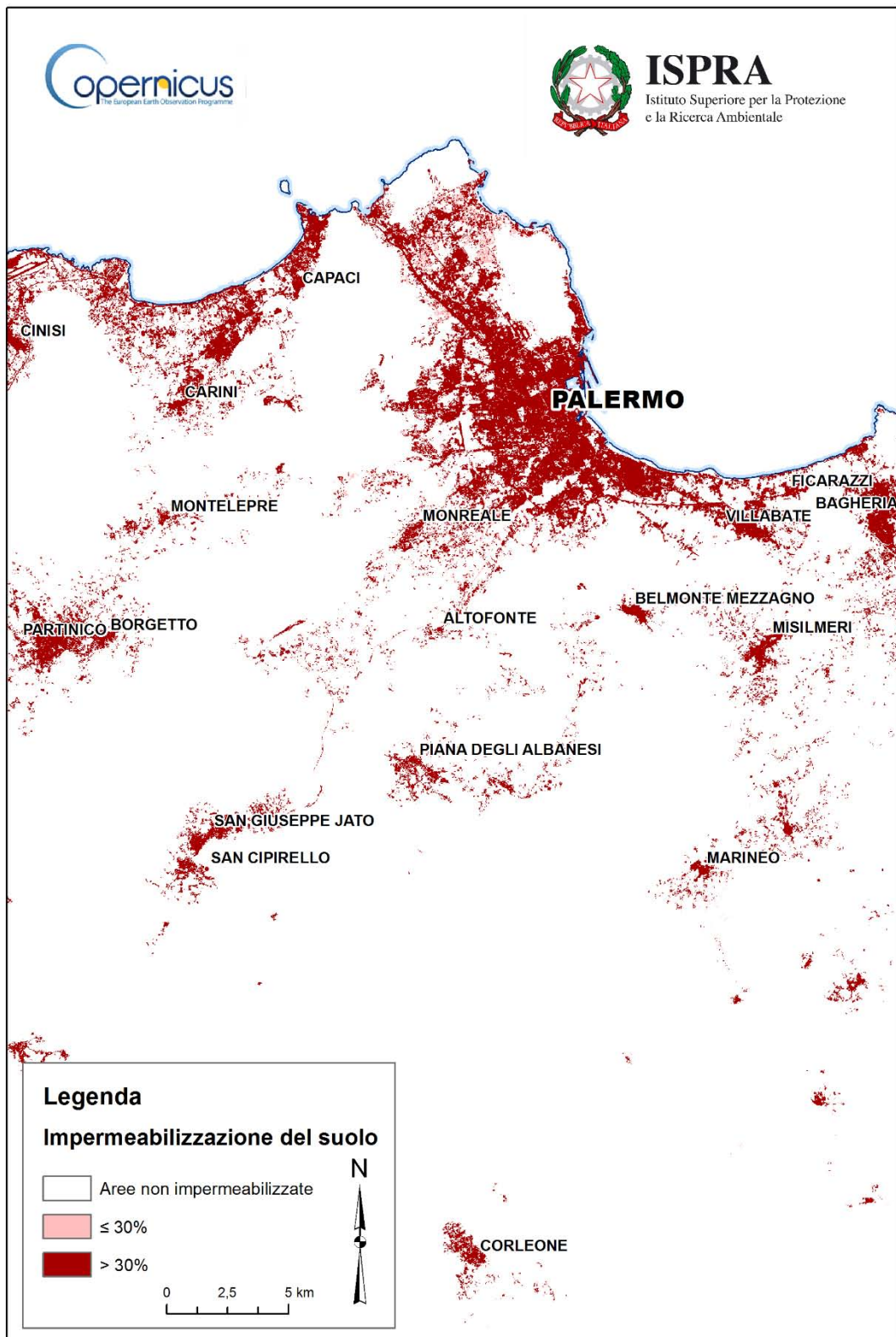


Figura A.15 - Impermeabilizzazione del suolo nell'area urbana di Palermo, anno 2009, elaborazioni ISPRA su dati Copernicus.

