Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

CONSUMO DI SUOLO, DINAMICHE TERRITORIALI E SERVIZI ECOSISTEMICI.

Edizione 2024

Delibera del Consiglio SNPA n. 259/24 del 07.11.2024

REPORT AMBIENTALI
SNPA | 43 2024

Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

CONSUMO DI SUOLO, DINAMICHE TERRITORIALI E SERVIZI ECOSISTEMICI

Delibera del Consiglio SNPA n. 259/24 del 07.11.2024

REPORT AMBIENTALI SNPA | **43** 2024

ISBN 978-88-448-1234-8 | Roma, novembre 2024

Il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della legge 28 giugno 2016, n. 132 di "Istituzione del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente e disciplina dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale" (ISPRA).
Il SNPA è composto dall'ISPRA, ente pubblico nazionale di ricerca che ne coordina le attività, e dalle agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano.
Attraverso la cooperazione a rete, il Sistema lavora per raggiungere prestazioni tecniche ambientali uniformi sull'intero territorio nazionale, a vantaggio della tutela dell'ambiente e a beneficio della popolazione, dell'attività delle imprese e del sistema pubblico in generale. Le prestazioni tecniche riguardano le attività ispettive e di controllo ambientale, il monitoraggio dello stato dell'ambiente, il controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, il supporto alle attività in campo ambientale dello Stato, delle Regioni e degli enti locali, la ricerca finalizzata a tali scopi nonché la raccolta, l'organizzazione e la diffusione dei dati e delle informazioni ambientali che sono riferimenti ufficiali dell'attività di tutta la pubblica amministrazione.
Il Sistema produce documenti tecnici quali Report ambientali SNPA, Linee guida SNPA, Pubblicazioni tecniche SNPA e pareri vincolanti in base alla legge. Organo deliberativo del Sistema è, ai sensi dell'art. 13 della legge n. 132/2016, il Consiglio del Sistema Nazionale, presieduto dal Presidente dell'ISPRA e composto dai rappresentanti legali delle agenzie e dal Direttore generale dell'Istituto.
Le persone che agiscono per conto delle componenti del Sistema non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:
SNPA, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2024, Report ambientali SNPA, 43/2024

La collana Report ambientali SNPA include raccolte sistematiche e periodiche di dati e/o informazioni ambientali, anche in chiave evolutiva, su tematiche di rilievo nazionale e per la diffusione al pubblico.

ISBN 978-88-448-1234-8
© Report ambientali SNPA, 43/2024

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Coordinamento della pubblicazione online:
Daria Mazzella – ISPRA
Grafica di copertina: Sonia Poponessi – ISPRA
Foto di copertina: "Sotto la lanterna" – quartiere Sampierdarena, Genova, ottobre 2024. Foto di Silvia Rapisarda

Dicembre 2024

Abstract
Il Rapporto, insieme alla cartografia e alle banche dati di indicatori allegati, fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione del territorio e permette di valutare il degrado del suolo e l'impatto del suo consumo sul paesaggio e sui servizi ecosistemici.

The Report, with the annexed maps and indicators databases, analyses land processes and assesses land and soil degradation and land take impact on landscape and soil ecosystem services.

Parole chiave: *Land Consumption/Land Take, Soil Sealing, Land Cover, Land Use, Land Degradation, Soil Ecosystem Services.*

Curatore
Michele Munafò (ISPRA)

Autori
Membri della rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA): Ines Marinosci (ISPRA), Giovanni Desiderio (ARTA Abruzzo), Gaetano Caricato (ARPA Basilicata), Luigi Dattola (ARPA Calabria), Gianluca Ragone (ARPA Campania), Monica Carati (ARPAE Emilia Romagna), Claudia Meloni (ARPA Friuli Venezia Giulia), Elena Trappolini (ARPA Lazio), Monica Lazzari (ARPA Liguria), Dario Bellingeri (ARPA Lombardia), Roberto Brascugli (ARPA Marche), Alessandro Galuppo (ARPA Molise), Patrizia Lavarra (ARPA Puglia), Fulvio Raviola (ARPA Piemonte), Elisabetta Benedetti (ARPA Sardegna), Domenico Galvano (ARPA Sicilia), Cinzia Licciardello (ARPA Toscana), Raffaella Canepel (Provincia di Trento), Luca Tamburi (ARPA Umbria), Federico Grosso (ARPA Valle d'Aosta), Ialina Vinci (ARPA Veneto). Francesca Assennato, Luca Congedo, Benedetta Cucca, Marco d'Antona, Paolo De Fioravante, Pasquale Dichicco, Marco Di Leginio, Lorella Mariani, Annalisa Minelli, Michele Munafò, Nicola Riitano, Andrea Strollo (ISPRA), Giulia Cecili, Valentina Falanga (Università del Molise), Angela Cimini, Alessia D'Agata, Alessandra Ordanini, Lorenzo Rotella (Sapienza, Università di Roma), Andrea Padovan, Giorgio Zanvettor (APPA Bolzano), Giorgio Tecilla (APPA Trento).
Con il contributo degli Osservatori/tavoli tecnici a supporto delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e della pianificazione sostenibile del territorio e di Giulia Guerri, Marco Morabito (CNR), Luca Benedetti, Paolo Liberatore, Alessio Agrillo, Vincenzo Surace (GSE), Beatrice Olivari, Piergiorgio Cipriano (Deda Next).
Gli autori dei contributi degli Osservatori/tavoli tecnici di Regioni e Province autonome e dei contributi a cura del Comitato scientifico sono riportati direttamente all'interno dei rispettivi capitoli.

Fotointerpretazione, classificazione, produzione cartografia, elaborazione dati
Annagrazia Calò, Luca Congedo, Benedetta Cucca, Marco d'Antona, Stefano De Corso, Paolo De Fioravante, Pasquale Dichicco, Marco Di Leginio, Veronica Fioramonti, Tania Luti, Lorella Mariani, Ines Marinosci, Annalisa Minelli, Marco Montella, Michele Munafò, Francesca Pretto, Nicola Riitano, Antonio Scaramella, Andrea Strollo (ISPRA), Giovanni Desiderio, Roberto Luis Di Cesare (ARTA Abruzzo), Valeria Carlucci, Giuseppe Miraglia (ARPA Basilicata), Luigi Dattola, Francesco Fullone (ARPA Calabria), Giuseppina Annunziata, Jolanda Autorino Maria Daro, Diego Guglielmelli, Pasquale Iorio, Elio Luce, Michele Misso, Luigi Montanino, Gianluca Ragone, Elio Rivera, Raimondo Romano, Giovanni Stellato, Raffaele Tortorella (ARPA Campania), Bianca Maria Billi, Margherita Cantini, Monica Carati, Daniela Corradini, Valerio Desiato, Sara Masi, Niccolò Montalti, Roberta Monti, Gabriele Piazzoli, Alessandro Pirola (ARPAE Emilia Romagna), Claudia Meloni (ARPA Friuli Venezia Giulia), Gabriele Del Gaizo, Elena Trappolini (ARPA Lazio), Monica Lazzari, Cinzia Picetti (ARPA Liguria), Dario Bellingeri, Martina Grifoni, Dario Lombardi, Vito Sacchetti (ARPA Lombardia), Roberto Brascugli, Walter Vacca (ARPA Marche), Alessandro Galuppo (ARPA Molise), Teo Ferrero, Luca Forestello, Tommaso Niccoli, Gabriele Nicolò, Cristina Prola (ARPA Piemonte), Giacomo Campanella, Pietro Ciasca, Rosita D'Onghia, Roberto Greco, Marco Flaccomio, Patrizia Lavarra, Vincenzo Lobasso, Gerardo Pezzano (ARPA Puglia), Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni (ARPA Sardegna), Luca Di Cristofaro, Domenico

Galvano, Stefano Pannucci, Paolo Gioia, Silvano Mastrolonardo, Vincenzo Rateni, Federico Vincifori (ARPA Sicilia), Stefania Biagini, Antonio Di Marco, Cinzia Licciardello (ARPA Toscana), Luca Tamburi (ARPA Umbria), Federico Grosso (ARPA Valle D'Aosta), Elisabetta Bacchin, Andrea Dalla Rosa, Antea De Monte, Stefano Fogarin, Adriano Garlato, Silvia Obber, Francesca Pocaterra, Francesca Ragazzi, Ialina Vinci, Paola Zamarchi (ARPA Veneto), Andrea Padovan, Stefano Paoli, (Provincia Autonoma di Bolzano), Ruggero Bonisolli, Monica Laudadio (Osservatorio del paesaggio trentino Provincia Autonoma di Trento), Giulia Cecili, Valentina Falanga (Università del Molise), Angela Cimini, Alessia D'Agata, Giacomo Guidotti, Silvia Mastrofini, Gabriele Montesanto, Alessandra Ordanini, Federico Pochini, Lorenzo Rotella (Sapienza, Università di Roma), Edoardo Baradello, Federica Ceraso (Università di Padova).

Percorso istruttorio

Documento elaborato nell'ambito dell'articolazione istruttoria del Consiglio SNPA RR TEM 19 Monitoraggio del territorio e del consumo di suolo.
Documento condiviso con la RR TEM 17 Reporting e indicatori, con la RR TEM 18 Qualità dell'ambiente urbano e con l'Osservatorio 02 Comunicazione e Informazione.
Documento condiviso con il Coordinamento Tecnico Operativo (CTO) SNPA.
Documento adottato dal Consiglio SNPA, con Delibera del Consiglio SNPA n. 259/2024 del 7/11/2024.

Comitato scientifico

Filiberto Altobelli (CREA), Andrea Arcidiacono (Politecnico di Milano, INU, CRCS), Maria Brovelli (Politecnico di Milano, CNR), Gherardo Chirici (Università di Firenze), Patrizia Colletta (Esperta Consiglio Superiore LL.PP.), Davide Geneletti (Università di Trento), Fausto Manes (Sapienza - Università di Roma), Marco Marchetti (Sapienza - Università di Roma), Davide Marino (Università del Molise), Marco Morabito (CNR), Michele Munafò (ISPRA), Beniamino Murgante (Università della Basilicata), Anna Laura Palazzo (Università Roma Tre), Paolo Pileri (Politecnico di Milano), Luca Salvati (Sapienza - Università di Roma), Tiziano Tempesta (Università di Padova), Fabio Terribile (Università di Napoli Federico II), Francesco Zullo (Università dell'Aquila).

Dati e cartografia

http://www.consumosuolo.isprambiente.it
http://www.consumosuolo.it
https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati

sina sistema informativo nazionale ambientale

L'acquisizione e l'elaborazione dei dati avvengono sotto la responsabilità della rete tematica per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA).

Le immagini aeree e satellitari utilizzate per l'elaborazione dei dati provengono dall'archivio di ISPRA e delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e Province Autonome, che gestiscono il Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA), e sono state acquisite attraverso diverse fonti: *Copernicus Open Access Hub* (*Sentinel*-1, *Sentinel*-2), ESA (Agenzia Spaziale Europea), Geoportale Nazionale (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica; 2006-2012), Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura (Agea), Agenzia per l'Ambiente Europea, © *Google Earth* (2019-2023), © ZY-3 (2019), © *TripleSat* (2019, 2022), © *Planet Labs* (2019), © *Airbus* DS (2019-2023).

Si ringraziano AGEA, Agenzia delle Entrate - Osservatorio del Mercato Immobiliare, Agenzia Europea per l'Ambiente, ANCE, ANCI, Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, Asvis, Commissione Europea/Joint Research Centre, CREA, ENEA, GSE, INGV, ISMEA, Istat, Ministero dell'ambiente e della sicurezza energetica, Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste, Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, Ministero della cultura, Ministero delle imprese e del made in Italy e tutti gli altri soggetti che hanno messo a disposizione dati e informazioni fondamentali per alcune delle analisi riportate nel rapporto.

I contenuti a cura degli Osservatori e dei tavoli tecnici delle Regioni e delle Province autonome e quelli a cura del Comitato scientifico sono responsabilità, rispettivamente, dei soggetti individuati dalle strutture regionali coinvolte d'intesa con il SNPA e dei singoli autori proposti dal Comitato scientifico stesso.

SOMMARIO

PRESENTAZIONE **12**

SINTESI **15**

INTRODUZIONE **17**

Il valore del suolo 17

Consumo, copertura, uso e degrado del suolo 17

Il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo in Italia 19

La tutela del suolo a livello globale, comunitario e nazionale 20

STATO ED EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO **26**

Il consumo di suolo in Italia 26

Il livello regionale 34

Il livello provinciale 42

Il livello comunale 51

I "comuni risparmia suolo" *68*

Gli scenari futuri 71

Accesso ai dati di uso, copertura e consumo di suolo a livello nazionale 72

Un racconto fotografico sul consumo di suolo: "Uno scatto per raccontare il cambiamento" 75

STATO E TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO **76**

Uso e copertura del suolo 76

Il servizio di monitoraggio del territorio del Programma Copernicus *76*

Le cartografie ISPRA di uso del suolo, copertura del suolo e tipologie di ecosistemi *78*

Altre iniziative di ISPRA nella mappatura della copertura del suolo *82*

Le aree urbane 83

Strumenti per la rappresentazione delle aree urbane *84*
Le proposte di ISPRA per la mappatura delle aree urbane *86*
Grado di artificializzazione *87*
Grado di urbanizzazione *87*
Continuum urbano-rurale *87*
DEGURBA *91*
Land use efficiency secondo l'indicatore 11.3.1 degli SDG delle Nazioni Unite *98*
Forme urbane e tipologie insediative 100
Le infrastrutture verdi 101
L'accessibilità alle aree verdi pubbliche 103
Le aree boscate 109
Definizione *109*
Superficie forestale *109*

CAUSE DEL CONSUMO DI SUOLO 111
Le nuove coperture artificiali 111
Le aree edificate 118
Il consumo di suolo associato agli edifici *118*
Gli edifici in aree a pericolosità *121*
Gli edifici rispetto alle tipologie di tessuto urbano *122*
L'epoca di costruzione prevalente degli edifici *123*
Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane 125
Grado di artificializzazione e Indice Normalizzato del Consumo di Suolo in aree urbane *125*
Grado di urbanizzazione *126*
Il consumo di suolo ai margini dei centri urbani principali 127
I valori del mercato immobiliare 129
Cantieri e infrastrutture 130
Impianti fotovoltaici 135
Lo sviluppo dei poli logistici 140
Gli usi del suolo dei nuovi cambiamenti 145

DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL CONSUMO DI SUOLO **147**
Distribuzione dei cambiamenti 147
Fascia costiera, corpi idrici, classi altimetriche e di pendenza 150
Fascia costiera *150*
Corpi idrici *152*
Classi altimetriche *152*
Classi di pendenza *153*
Classi di copertura e ambiti di uso del suolo 154
Classi di copertura del suolo *154*
Ambiti di uso del suolo *155*
Aree a pericolosità idraulica, da frana e sismica 155
Aree a pericolosità idraulica *155*
Aree a pericolosità da frana *158*
Aree a pericolosità sismica *159*
Aree protette e aree vincolate per la tutela paesaggistica 161
Aree protette *161*
Aree vincolate per la tutela paesaggistica *162*
Siti contaminati di interesse nazionale 166
Aree percorse dal fuoco 167
Tipologie di suolo 169
Unità fisiografiche del paesaggio 170
Densità e caratteri demografici 172

IMPATTO DEL CONSUMO DI SUOLO **173**
L'area di impatto potenziale 173
L'impatto visivo 173
La frammentazione del territorio e del paesaggio 182
Strumenti per il monitoraggio del grado di frammentazione del territorio *182*
Grado di frammentazione a livello nazionale e regionale *182*
Grado di frammentazione delle aree boscate *185*
L'isola di calore urbana 186

Impatto su aree ad alto valore ecologico e ad alta fragilità ambientale e perdita di ecosistemi .. 195
Aree ad alto valore ecologico e ad alta fragilità ambientale 195
Impatti sugli ecosistemi naturali e semi-naturali 197
Perdita di servizi ecosistemici del suolo 198

DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO 201
Land Degradation 201
Degrado dovuto ai cambiamenti di copertura del suolo 201
Degrado dovuto alla perdita di produttività 202
Degrado dovuto alla perdita di carbonio organico del suolo 203
Indicatore SDG 15.3.1 204
Altri fattori di degrado 209
Degrado complessivo 209

UN ATLANTE FOTOGRAFICO DEL CONSUMO DI SUOLO 214
Piemonte 214
Valle d'Aosta 216
Lombardia 217
Veneto 218
Friuli–Venezia Giulia 221
Liguria 222
Emilia-Romagna 224
Toscana 227
Umbria 229
Marche 230
Lazio 232
Abruzzo 234
Molise 235
Campania 236
Puglia 238
Basilicata 240

Calabria 245
Sicilia 247
Sardegna 250
Trento 255
Bolzano 256
Consumo di suolo in aree a pericolosità da frana 261
Consumo di suolo in aree a pericolosità idraulica 269

CONTRIBUTI A CURA DEGLI OSSERVATORI DI REGIONI E PROVINCE AUTONOME 275

Regione Lombardia - Adeguamento della pianificazione locale alla legge regionale n. 31/2014 per la riduzione del consumo di suolo 275
Regione Lombardia - Il ripristino a verde delle aree delocalizzate intorno all'aeroporto di Malpensa 279
Regione Veneto - Contenimento del consumo di suolo e tutela della connettività ecologica verso il "Veneto territorio Sostenibile" 287
Regione Umbria - Progetto esecutivo di valorizzazione del patrimonio regionale lungo la ferrovia centrale umbra 298

CONTRIBUTI A CURA DEL COMITATO SCIENTIFICO 301

Sviluppo sostenibile e consumo di suolo nel continuum urbano-rurale 301
Le infrastrutture stradali e gli impatti diretti e indotti sul consumo di suolo 305
Analisi dell'intensità dell'Isola di Calore Superficiale nei capoluoghi di regione italiani 310
Interoperabilità dei dati geospaziali, dal DBGT alla copertura del suolo 317
Nuovi strumenti per il monitoraggio forestale in Italia: l'Inventario Forestale Nazionale e la carta forestale d'Italia 324
Valutazione della sostenibilità e dell'idoneità territoriale per la produzione di idrogeno verde nell'area industriale di Viggiano 330
Analisi degli impatti potenziali del consumo di suolo sui servizi ecosistemici nel comune di Trento 335
No net land take: politiche e pratiche nelle regioni europee 341

Dal consumo del suolo al ripristino degli habitat degradati: spunti di riflessione per governare il territorio? 347
Impatto degli impianti fotovoltaici a terra su suolo agricolo 350
Conoscere per pianificare sostenibilmente, Il contributo dell'Università dell'Aquila alla piattaforma Geosciences IR 356

BIBLIOGRAFIA 363

PRESENTAZIONE

L'edizione 2024 del Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici" è l'undicesima dedicata a questi temi e fornisce il quadro aggiornato dei processi di trasformazione del nostro territorio, che continuano a causare la perdita di una risorsa fondamentale, il suolo, con le sue funzioni e i relativi servizi ecosistemici. Il Rapporto analizza l'evoluzione del territorio e del consumo di suolo all'interno di un più ampio quadro di analisi delle dinamiche delle aree urbane, agricole e naturali ai diversi livelli, attraverso indicatori utili a valutare le caratteristiche e le tendenze del consumo, della crescita urbana e delle trasformazioni del paesaggio, ma anche dell'evoluzione, della distribuzione e delle caratteristiche della vegetazione, fornendo valutazioni sull'impatto della crescita della copertura artificiale del suolo, con particolare attenzione alle funzioni naturali perdute o minacciate.
La tutela del patrimonio ambientale, del paesaggio e il riconoscimento del valore del suolo e del capitale naturale sono compiti e temi a cui richiama l'Europa, rafforzati dal Green Deal, dal recente regolamento europeo per il ripristino della natura (*Nature Restoration Law*), dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 e dalla proposta di direttiva europea per il monitoraggio e la resilienza del suolo. Obiettivi che sono ancor più fondamentali per noi alla luce delle particolari condizioni di fragilità ambientali e di criticità climatiche del nostro Paese, che anche negli ultimi mesi si sono purtroppo manifestate con forza, e rispetto alle quali il Rapporto fornisce il proprio contributo di conoscenza, anche evidenziando le relazioni tra la trasformazione del territorio e la perdita della sua capacità di regolazione dei cicli naturali, come quello idrologico, e di fornire servizi ecosistemici fondamentali.
In questo contesto, anche in considerazione della disomogeneità delle azioni sul territorio, sarebbe importante arrivare all'approvazione di una legge nazionale sul consumo di suolo in conformità agli indirizzi europei, che affermi i principi fondamentali di riuso, rigenerazione urbana, ripristino degli ecosistemi degradati e azzeramento del consumo di suolo netto, sostenendo con misure positive il futuro dell'edilizia e la tutela e la valorizzazione dell'attività agricola.
L'azzeramento del consumo netto di suolo è un obiettivo necessario anche per il raggiungimento dei target previsti dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile, dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza e dal Piano per la Transizione Ecologica. Lo stop al consumo di suolo dovrebbe avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste, ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Arrestare il consumo di suolo nel nostro Paese permetterebbe di fornire un contributo fondamentale per affrontare le grandi sfide poste dai cambiamenti climatici, dal dissesto idrogeologico, dall'inquinamento dell'aria, dell'acqua e del suolo, dal diffuso degrado del territorio, del paesaggio e dell'ecosistema, dalla perdita di biodiversità.
I dati aggiornati al 2023, prodotti a scala nazionale, regionale e comunale, sono in grado di rappresentare anche le singole trasformazioni individuate con una grana di estremo dettaglio, grazie all'impegno del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), che vede ISPRA insieme alle Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province Autonome, in un lavoro congiunto di monitoraggio svolto anche utilizzando le migliori informazioni che le nuove tecnologie sono in grado di offrire e le informazioni derivanti da satelliti di osservazione della terra, tra cui quelle del pro-

gramma Copernicus. È infatti compito del Sistema, ai sensi della legge 132/2016, seguire le trasformazioni del territorio e la perdita di suolo naturale, agricolo e seminaturale, inteso come risorsa ambientale essenziale e fondamentalmente non rinnovabile, vitale per il nostro ambiente, il nostro benessere e la nostra stessa economia. Questo ruolo di sentinella è fondamentale soprattutto in una fase di attesa di una normativa nazionale compiuta sul consumo di suolo e del Piano nazionale di ripristino della natura, che dovranno garantire il rapido azzeramento del consumo di suolo netto in Italia e il ripristino degli ecosistemi più degradati, anche in ambito urbano.
I dati completi sul consumo del suolo, sullo stato del territorio e degli insediamenti, sugli impatti sui servizi ecosistemici, sul degrado e sulle altre variabili studiate sono rilasciati in formato aperto e liberamente accessibili sui siti dell'ISPRA e del SNPA e costituiscono uno dei dataset di riferimento del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA). Rappresentano uno strumento che il Sistema rende disponibile all'intera comunità istituzionale e scientifica nazionale e una base conoscitiva a supporto delle diverse politiche, dello sviluppo del quadro normativo e delle decisioni a livello locale necessarie per arrivare agli obiettivi di arresto del consumo di suolo e di ripristino della natura.
Il monitoraggio di quest'anno conferma la criticità del consumo di suolo nelle zone periurbane e urbane, in cui si rileva un continuo e significativo incremento delle superfici artificiali, con un aumento della densità del costruito a scapito delle aree agricole e naturali, unitamente alla criticità delle aree nell'intorno del sistema infrastrutturale, più frammentate e oggetto di interventi di artificializzazione a causa della loro maggiore accessibilità e anche per la crescente pressione dovuta alla richiesta di spazi sempre più ampi per la logistica. I dati confermano l'avanzare di fenomeni quali la diffusione, la dispersione, la decentralizzazione urbana da un lato e, dall'altro, la forte spinta alla densificazione di aree urbane, che causa la perdita di superfici naturali all'interno delle nostre città, superfici preziose per assicurare l'adattamento ai cambiamenti climatici in atto. Tali processi riguardano soprattutto le aree costiere e le aree di pianura, mentre al contempo, soprattutto in aree marginali, si assiste all'abbandono delle terre e alla frammentazione delle aree naturali. La valutazione del degrado del territorio, strettamente legata alla perdita di servizi ecosistemici che un suolo sano è in grado di offrire, permette di avere un quadro completo dei fenomeni che impattano sulle funzioni del suolo e che limitano la capacità di "combattere la desertificazione, ripristinare terreni degradati e suolo, compresi i terreni colpiti da desertificazione, siccità e inondazioni, per realizzare la neutralità del degrado del territorio (*Land Degradation Neutrality* - LDN)" e di "far diventare più inclusive, sicure, resilienti e sostenibili le città" entro il 2030, come previsto dagli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile definiti dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.
Gli ultimi dati ci mostrano che, purtroppo, il consumo di suolo, con le conseguenze analizzate approfonditamente in questo rapporto, continua a crescere significativamente nel 2023. I fenomeni di trasformazione del territorio agricolo e naturale in aree artificiali si mantengono stabilmente sopra i due metri quadrati al secondo e hanno riguardato oltre 72 chilometri quadrati in un solo anno. Si tratta certamente di un ritmo non sostenibile, che dipende anche dall'assenza di interventi normativi efficaci in buona parte del Paese o dell'attesa della loro attuazione e della definizione di un quadro di indirizzo omogeneo a livello nazionale.
L'iniziativa delle Regioni e delle Amministrazioni locali sembra essere riuscita marginalmente, per ora, e solo in alcune parti del territorio, ad arginare l'aumento delle aree artificiali, rendendo evidente la forza del fenomeno e il fatto che gli strumenti attuali non abbiano mostrato ancora l'auspicata efficacia

nel governo del consumo di suolo. Ciò rappresenta un grave vulnus per la capacità dell'Italia di adattarsi ai cambiamenti climatici, con nostri sempre più fragili territori che non possono più permettersi questo tasso di artificializzazione del suolo. Non possono permetterselo neanche dal punto di vista strettamente economico, come ci indica ormai da tempo la Commissione Europea. La perdita consistente di servizi ecosistemici e l'aumento dei "costi nascosti", dovuti alla crescente impermeabilizzazione del suolo, sono presentati in questo Rapporto al fine di assicurare la comprensione delle conseguenze dei processi di artificializzazione, delle perdite di suolo e del degrado a scala locale, anche in termini di erosione dei paesaggi rurali, perdita di servizi ecosistemici e vulnerabilità agli eventi estremi. Un consistente contenimento del consumo di suolo, per raggiungere presto l'obiettivo europeo del suo azzeramento, è la premessa, quindi, per garantire una ripresa sostenibile dei nostri territori attraverso la promozione del capitale naturale e del paesaggio, la riqualificazione e la rigenerazione urbana e l'edilizia di qualità, oltre al riuso delle aree contaminate o dismesse. Per questo obiettivo sarà indispensabile fornire ai Comuni e alle Città Metropolitane indicazioni chiare e strumenti utili per rivedere anche le previsioni di nuove edificazioni presenti all'interno dei piani urbanistici e territoriali già approvati. In questo quadro lo sforzo del SNPA con il Rapporto si pone come punto fermo, fornendo un supporto conoscitivo autorevole per l'impostazione e la definizione di un efficace nuovo quadro normativo e per un maggiore orientamento delle politiche territoriali verso la sostenibilità ambientale e la tutela del paesaggio.

Stefano Laporta

Presidente dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

SINTESI

La legge 28 giugno 2016, n. 132 affida all'ISPRA e al Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) l'attività di monitoraggio del consumo di suolo, che si concretizza nella produzione e nell'aggiornamento annuale della cartografia di riferimento e nell'elaborazione di indicatori ambientali e territoriali sull'evoluzione del consumo di suolo, delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana.
Il Rapporto, che riprende la suddivisione in capitoli delle edizioni precedenti, si apre con una sezione introduttiva dedicata alle definizioni e alla descrizione del sistema di classificazione alla base del monitoraggio del consumo di suolo e delle azioni per la tutela del suolo a livello globale, comunitario e nazionale. Tra queste, l'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (UN, 2015), definisce gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, mentre a livello comunitario, nel 2021, è stata approvata dalla Commissione Europea la nuova Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 per ribadire come la salute del suolo sia essenziale per conseguire gli obiettivi in materia di clima e di biodiversità del *Green Deal* europeo. Particolare risalto merita la *Nature Restoration Law*, entrata in vigore nel mese di agosto 2024, il cui principale obiettivo è fermare la perdita e favorire il ripristino della biodiversità dell'UE, per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 e gli obiettivi di adattamento ai cambiamenti climatici e miglioramento della sicurezza alimentare.
Il capitolo *Stato ed evoluzione del consumo di suolo* raccoglie indicatori e statistiche di superficie elaborati a partire dalla carta nazionale del suolo consumato, valutati sia rispetto all'intero territorio che rispetto alle unità amministrative regionali, provinciali e comunali. I principali indicatori analizzano il suolo consumato (la superficie artificiale complessiva) e il consumo di suolo (l'incremento di superficie artificiale in un determinato periodo), anche in relazione alla superficie territoriale e alle caratteristiche demografiche. Al 2023, in 15 regioni è consumato oltre il 5% del territorio, con un massimo in Lombardia (12,19%), Veneto (11,86%) e Campania (10,57%) e con un aumento annuale complessivo, tra il 2022 e il 2023, di circa 72,5 km^2 a livello nazionale, ovvero, in media, circa 20 ettari al giorno. La Provincia di Monza e Brianza si conferma al primo posto per percentuale di suolo artificiale, con quasi il 41% del territorio provinciale consumato e con un aumento di 45 ettari negli ultimi dodici mesi. Tra i comuni, i valori più alti di nuovo consumo di suolo interessano Uta (nella città metropolitana di Cagliari, con oltre 105 ettari), Ravenna (89,1 ettari) e Roma (71,3 ettari) dove, comunque, nel 2023, si osserva una significativa riduzione rispetto agli anni precedenti.
Il capitolo *Stato e trasformazioni del territorio* presenta i prodotti del *Copernicus Land Monitoring Service* – CLMS e le cartografie ISPRA di uso del suolo, copertura del suolo e tipologie di ecosistemi, descrivendone i sistemi di classificazione (definiti da ISPRA in linea con il modello proposto in ambito europeo dal Gruppo EAGLE) e le principali caratteristiche (per un'analisi di dettaglio sulla metodologia di realizzazione si rimanda all'edizione dello scorso anno del Rapporto). Una parte importante del capitolo è dedicata alla descrizione degli strumenti utilizzati da ISPRA per la rappresentazione delle aree urbane (svolta anche secondo la metodologia DEGURBA, adottata dalla *Nature Restoration Law*), all'analisi delle tipologie insediative (secondo le metriche della *Landscape Ecology*) e alla descrizione delle aree verdi in ambito urbano (con indicatori sulle infrastrutture verdi e di accessibilità alle aree verdi pubbliche). Tali dati risultano cruciali alla luce degli obblighi introdotti dalla recente approvazione

della *Nature Restoration Law*, primo tra tutti la definizione di un piano di ripristino delle aree verdi urbane da parte di ciascuno Stato membro, l'azzeramento della perdita netta di aree verdi e della copertura arborea negli ecosistemi urbani entro il 2030 e il loro incremento a partire dal 2031. Allo stato attuale, gli obblighi potrebbero interessare oltre il 28% dei comuni classificati come centri e agglomerati urbani da ISPRA (valore che supera il 40% considerando anche i comuni periurbani).
Il capitolo *Cause del consumo di suolo* riporta i dati sulle nuove coperture artificiali, distinguendo la frazione di cambiamenti riconducibili a impermeabilizzazione (consumo di suolo permanente) e ad altre forme di artificializzazione senza impermeabilizzazione del suolo (consumo di suolo reversibile), valutando l'entità e la distribuzione spaziale dei cambiamenti al terzo livello di classificazione, con approfondimenti relativi alle nuove aree edificate, ai cantieri, alle infrastrutture, agli impianti fotovoltaici, ai poli logistici e all'analisi del consumo di suolo rispetto alla distanza dalle aree urbanizzate. Se si escludono le nuove aree di cantiere (che costituiscono quasi due terzi dei nuovi cambiamenti), il consumo permanente rappresenta il 42% del totale, con una prevalenza di edifici, strade e piazzali pavimentati, mentre i pannelli fotovoltaici a terra (+421 ettari) rappresentano una porzione importante del nuovo suolo consumato reversibile, seppure con impatti diversi a seconda del tipo di impianto.
La *distribuzione territoriale del consumo di suolo* considera la distribuzione delle nuove aree artificiali rispetto a specifici ambiti territoriali, come le fasce di pericolosità per frane e alluvioni, le zone a rischio sismico, le aree vincolate per la tutela paesaggistica, le aree protette, la fascia costiera, le sponde dei principali corpi idrici, le fasce altimetriche di pendenza, le classi di uso e copertura del suolo, le tipologie di suolo e di ecosistemi naturali e semi-naturali, la densità di popolazione. Per ciascun ambito territoriale vengono fornite informazioni sul suolo consumato (in termini assoluti e percentuali) e sul consumo di suolo, quest'ultimo valutato in termini assoluti e come densità di consumo per ettaro di superficie, anche al netto delle rinaturalizzazioni. Si conferma anche quest'anno la tendenza a consumare sui suoli maggiormente accessibili (fascia costiera, pianure e fondi valle) e nelle aree a vocazione agricola in prossimità della frangia insediata dei grandi poli urbani.
Gli *impatti del consumo di suolo* vengono valutati con riferimento all'area di impatto potenziale (che considera gli effetti indiretti dell'artificializzazione anche in aree limitrofe a quelle costruite), alla frammentazione del territorio, all'andamento delle temperature al suolo, al fenomeno dell'isola di calore urbana e alla perdita di servizi ecosistemici.
Il *degrado del suolo e del territorio* è analizzato a partire dai tre sub-indicatori raccomandati dall'UNCCD: la copertura del suolo e suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo e il contenuto in carbonio organico (*Soil Organic Carbon*, SOC); tali sub-indicatori sono considerati anche dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite per il calcolo dell'indicatore 15.3.1, afferente all'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile 15 delle Nazioni Unite (UN-SDG) e calcolato come la percentuale di aree degradate del territorio nazionale.
Una novità di questa edizione del Rapporto è l'inserimento dell'atlante fotografico del consumo di suolo, con schede sintetiche su alcuni cambiamenti rilevanti, suddivisi per regione, mentre la sezione conclusiva è dedicata ai contributi a cura degli Osservatori di Regioni e Province Autonome e del Comitato Scientifico.

INTRODUZIONE

IL VALORE DEL SUOLO

Il **suolo** è lo strato superiore della crosta terrestre, costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi e rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua, ospitando gran parte della biosfera. È una risorsa vitale, limitata, non rinnovabile e insostituibile.
Un suolo sano costituisce la base essenziale dell'economia, della società e dell'ambiente, in quanto produce alimenti, accresce la nostra resilienza ai cambiamenti climatici, agli eventi meteorologici estremi, alla siccità e alle inondazioni e favorisce il nostro benessere. Riesce inoltre a immagazzinare carbonio, ha una maggiore capacità di assorbire, conservare e filtrare l'acqua e fornisce servizi vitali come alimenti sicuri e nutrienti e biomassa per i settori non alimentari della bioeconomia (Commissione Europea, 2023).
L'importanza di proteggere il suolo e di promuoverne la salubrità, tenendo conto del persistere del degrado di tale ecosistema vivente, di tale componente della biodiversità e di tale risorsa non rinnovabile, deriva anche dai costi dell'inazione riguardo al degrado del suolo, con stime che nell'Unione Europea superano i 50 miliardi di euro all'anno (Parlamento europeo, 2021).
Le funzioni ecologiche che un suolo di buona qualità è in grado di assicurare garantiscono, oltre al loro valore intrinseco, anche un valore economico e sociale attraverso la fornitura di **servizi ecosistemici** di approvvigionamento (prodotti alimentari e biomassa, materie prime, etc.); di regolazione e mantenimento (regolazione del clima, sequestro e stoccaggio del carbonio, controllo dell'erosione e regolazione degli elementi della fertilità, regolazione della qualità dell'acqua, protezione e mitigazione dei fenomeni idrologici estremi, riserva genetica, conservazione della biodiversità, etc.) e culturali (servizi ricreativi e culturali, funzioni etiche e spirituali, paesaggio, patrimonio naturale, etc.).

CONSUMO, COPERTURA, USO E DEGRADO DEL SUOLO

Terreni e suoli sono risorse fragili e limitate, soggette alla pressione di una sempre crescente ricerca di spazio: l'espansione urbana e l'impermeabilizzazione del suolo consumano la natura e trasformano preziosi ecosistemi in deserti di cemento (Commissione Europea, 2021).
Il consumo di suolo è un fenomeno legato alle dinamiche insediative e infrastrutturali ed è prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, fabbricati e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno entro un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio.
Il **consumo di suolo** (*Land Take*) è definito come la variazione in determinato periodo di tempo da una copertura non artificiale (**suolo non consumato**) a una copertura artificiale del suolo (**suolo consumato**), distinguendo il consumo di suolo permanente (dovuto alla presenza di una copertura artificiale permanente con conseguente impermeabilizzazione del suolo) e il consumo di suolo reversibile (dovuto alla presenza di una copertura artificiale reversibile con distruzione del suolo o perdita delle sue funzioni).
Il **consumo di suolo netto** è valutato attraverso il bilancio tra il consumo di suolo e l'aumento di superfici agricole, naturali e seminaturali dovuto a interventi di demolizione, de-impermeabilizzazione, ripristino e rinaturalizzazione (Commissione Europea, 2012).

Figura 1. Edifici in costruzione

Per **copertura del suolo** (*Land Cover*) si intende la copertura biofisica della superficie terrestre, che comprende le superfici artificiali, le zone agricole, i boschi e le foreste, le aree seminaturali, le zone umide, i corpi idrici, come definita dalla direttiva 2007/2/CE. La copertura artificiale può essere di tipo permanente (edifici, fabbricati, infrastrutture pavimentate o ferrate, altre aree pavimentate o dove sia avvenuta un'impermeabilizzazione permanente del suolo) o di tipo reversibile (aree non pavimentate con rimozione della vegetazione e asportazione o compattazione del terreno dovuta alla presenza di infrastrutture, cantieri, piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi o depositi permanenti di materiale; impianti fotovoltaici a terra; aree estrattive non rinaturalizzate; altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole in cui la rimozione della copertura ripristini le condizioni naturali del suolo). Secondo questa definizione, solo una parte dell'area di insediamento urbano rientra nella definizione di copertura artificiale e, quindi, di suolo consumato, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non devono essere considerati. Rientrano, invece, tra le superfici artificiali anche quelle presenti nelle zone agricole e naturali (Commissione Europea, 2013; EEA, 2023).

L'**impermeabilizzazione del suolo**, ovvero la copertura permanente di parte del terreno e del relativo suolo con materiali artificiali che impediscono o limitano significativamente l'infiltrazione dell'acqua (quali asfalto o calcestruzzo) per la costruzione, ad esempio, di edifici e strade, costituisce la forma più evidente e più diffusa di copertura artificiale. L'impermeabilizzazione o sigillatura del suolo (*soil sealing*) può avvenire oltre che con il consumo di suolo permanente di un suolo naturale anche con il passaggio dallo stato reversibile a quello permanente (ad esempio con una nuova copertura in asfalto o cemento di un'area di cantiere). Altre forme di consumo di suolo vanno dalla perdita totale della "risorsa suolo" attraverso la rimozione 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, ad esempio, la compattazione in aree non asfaltate adibite a parcheggio o a cantieri. L'impermeabilizzazione può avvenire sia su aree non consumate, sia su aree già consumate ma non ancora impermeabilizzate.

Una diversa analisi delle trasformazioni territoriali che si intreccia, ma deve essere distinta dall'analisi del consumo di suolo, è quella basata sull'uso del suolo, che rappresenta il principale riferimento della

pianificazione e l'elemento fondamentale su cui agire per raggiungere l'obiettivo dell'azzeramento del consumo di suolo. L'**uso del suolo** (*Land Use*) è un concetto differente dalla copertura del suolo, ovvero dall'effettivo stato biofisico, poiché rappresenta un riflesso delle interazioni tra l'uomo e il suolo e costituisce una descrizione di come quest'ultimo venga (o possa essere) impiegato in attività antropiche. La direttiva 2007/2/CE definisce l'uso del suolo come una classificazione del territorio in base alla dimensione funzionale o alla destinazione socioeconomica presenti o programmate per il futuro (ad esempio: residenziale, industriale, commerciale, agricolo, silvicolo, ricreativo).
Il **degrado del suolo** è il fenomeno di alterazione delle condizioni del suolo dovuto alla riduzione o alla perdita di produttività biologica o economica a causa principalmente dell'attività dell'uomo (Oldeman *et al.*, 1991). Oltre alla produttività, altri fattori come la copertura del suolo, l'erosione idrica o il contenuto di carbonio organico possono essere usati per valutare il degrado del suolo (Lal, 2015). Altre definizioni di degrado del suolo evidenziano la perdita, talvolta irreversibile, di biodiversità, delle funzioni e della capacità di fornire servizi ecosistemici (Orgiazzi *et al.*, 2016).

IL MONITORAGGIO DEL TERRITORIO E DEL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA

Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia è definito dalla L.132/2016 come un compito istituzionale dell'ISPRA e del Sistema Nazionale a rete per la protezione dell'ambiente (SNPA) e permette di avere un quadro aggiornato annualmente sull'evoluzione del consumo di suolo, delle dinamiche di trasformazione del territorio e della crescita urbana attraverso la produzione della cartografia ufficiale di riferimento e l'elaborazione di indicatori ambientali e territoriali.

Tabella 1. Sistema di classificazione del consumo di suolo

11. Consumo di suolo permanente
111. Edifici, fabbricati
112. Strade pavimentate
113. Sede ferroviaria
114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)
115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate)
116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, etc.)
117. Serre permanenti pavimentate
118. Discariche
12. Consumo di suolo reversibile
121. Strade non pavimentate
122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)
123. Aree estrattive non rinaturalizzate
124. Cave in falda
125. Impianti fotovoltaici a terra
126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo
20. Altre forme di copertura non incluse nel consumo di suolo
201. Corpi idrici artificiali (escluse cave in falda)
202. Aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali, aree pertinenziali associate alle infrastrutture viarie
203. Serre non pavimentate
204. Ponti e viadotti su suolo non artificiale
205. Impianti fotovoltaici a bassa densità

La cartografia completa e aggiornata sul consumo di suolo in Italia (Strollo *et al.*, 2020), anche a livello comunale, è disponibile sull'EcoAtl@nte[1] e all'interno del Sistema Informativo Nazionale Ambientale[2], oltre che sul portale nazionale del consumo di suolo[3] (cfr. § *Accesso ai dati di uso, copertura e consumo*

[1] ecoatlante.isprambiente.it
[2] SINA - www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati
[3] www.consumosuolo.it

di suolo a livello nazionale). Maggiori dettagli circa la storia e l'evoluzione delle attività di monitoraggio del consumo di suolo e una descrizione puntuale della metodologia di aggiornamento della cartografia sono, invece, contenuti nelle "Linee guida per il monitoraggio del consumo di suolo nell'ambito delle attività del SNPA" (SNPA, 2024), che costituisce il riferimento tecnico e operativo ufficiale per lo svolgimento di tali attività.

LA TUTELA DEL SUOLO A LIVELLO GLOBALE, COMUNITARIO E NAZIONALE

Le azioni relative al suolo e al territorio sono prioritarie a **livello globale** (Figura 2). Il principale riferimento giuridicamente rilevante è la Convenzione delle Nazioni Unite per combattere la desertificazione (UNCCD) che affronta il tema del degrado del territorio e del suolo e che ha adottato come focus del suo Quadro Strategico 2018-2030 il concetto di *Land Degradation Neutrality*, in attuazione del Target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (UN, 2015) e dell'Agenda 2030. Proprio gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile hanno fissato target di particolare interesse per il territorio e per il suolo, da raggiungere entro il 2030 attraverso programmi nazionali a breve e medio termine e monitorati attraverso un sistema di indicatori definiti dalla Commissione Statistica delle Nazioni Unite, in particolare per verificare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica, che sia assicurato l'accesso universale a spazi verdi e spazi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, che sia raggiunto un *land degradation neutral world*, elemento essenziale per mantenere le funzioni e i servizi ecosistemici, la cui verifica si basa su stato e trend di copertura del suolo, produttività e contenuto di carbonio organico. Ulteriori rilevanti riferimenti sono inseriti nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC), in particolare in relazione alla neutralità climatica al 2050 con un ruolo fondamentale dell'uso dei suoli ai fini del raggiungimento degli obiettivi a lungo termine di mitigazione dei cambiamenti climatici. Inoltre, la FAO attraverso la *Global Soil Partnership* promuove la gestione sostenibile del suolo e l'inserimento dei temi del suolo nella governance, attraverso lo sviluppo, il coordinamento e la condivisione delle conoscenze tecniche e scientifiche.

A **livello comunitario** sono numerosi i richiami a colmare la mancanza di un quadro giuridico per la protezione del suolo in Europa, tra cui quello del Parlamento europeo, con la risoluzione del 28 aprile 2021 sulla protezione del suolo, che ha identificato questo come divario fondamentale e ha chiesto alla Commissione di predisporre un quadro giuridico comune a livello dell'UE per la protezione e l'uso sostenibile del suolo che affronti tutte le gravi minacce per il suolo e comprenda "misure efficaci in materia di prevenzione e/o riduzione al minimo dell'impermeabilizzazione del suolo e qualsiasi altro uso del suolo che influisca sulle sue prestazioni, dando priorità al riuso dei terreni e del suolo dismessi e al riuso dei siti abbandonati rispetto all'uso di terreni non impermeabilizzati" (Parlamento europeo, 2021). Come prima risposta, la Commissione Europea, in attuazione della Strategia sulla Biodiversità, ha approvato nel 2021 la nuova Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 per ribadire come la salute del suolo sia essenziale per conseguire gli obiettivi in materia di clima e di biodiversità del *Green Deal* europeo. La Strategia definisce un quadro per ottenere entro il 2050 suoli sani ovvero che tutti gli ecosistemi dei suoli dell'UE siano in buona salute e dunque più resilienti, con azioni concrete entro il 2030 per proteggere, ripristinare e assicurare l'uso sostenibile dei suoli. Per questo, sono ritenuti necessari cambiamenti molto profondi nel corso dell'attuale decennio e vengono definiti obiettivi di medio termine e di lungo periodo, tra cui non aumentare il degrado del suolo (entro il 2030) e raggiungere il consumo netto di suolo pari a zero (entro il 2050).

Con riferimento al consumo e all'impermeabilizzazione del suolo, la Strategia prevede una serie di azioni. In particolare, gli Stati membri dovrebbero:

- stabilire entro il 2023 degli ambiziosi obiettivi nazionali, regionali e locali per ridurre il consumo netto di suolo entro il 2030, così da contribuire in modo quantificabile all'obiettivo dell'UE per il 2050 e registrare i progressi compiuti;

- integrare la "gerarchia del consumo di suolo" (Tabella 2) nei piani comunali e dare priorità al riutilizzo e al riciclo di terreni già costruiti e impermeabilizzati, tutelando i suoli a livello nazionale, regionale e locale, attraverso le idonee iniziative di regolamentazione e la graduale abolizione degli incentivi finanziari contrari a questa gerarchia, come ad esempio eventuali incentivi fiscali locali per la conversione di terreni agricoli o naturali in ambienti edificati.

Tabella 2. La "gerarchia del consumo di suolo" prevista dalla strategia dell'UE per il suolo per il 2030 (Commissione Europea, 2021)

Gerarchia del consumo di suolo
1. Evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo;
2. In caso di nuove necessità, riutilizzare terreni già consumati e impermeabilizzati;
3. Se non è possibile evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo, utilizzare aree già degradate;
4. Infine, solo per interventi assolutamente inevitabili, applicare misure di mitigazione per ridurre al minimo la perdita di servizi ecosistemici e per la loro compensazione attraverso interventi come la rinaturalizzazione di una superficie con qualità e funzione eco-logica equivalente.

In attuazione della Strategia, il 5 luglio 2023 la Commissione Europea ha adottato una **proposta di Direttiva** su monitoraggio del suolo e resilienza, denominata *Soil Monitoring Law*. La proposta, rispetto alla quale si sono espressi sia il Parlamento con propri emendamenti, sia il Consiglio che ha proposto una revisione tecnicamente importante derivate dalle proposte degli Stati Membri, è ora nella fase finale della sua discussione. La nuova Direttiva prevede il monitoraggio e la valutazione della qualità dei suoli e definisce un quadro di principi comuni, che saranno alla base della successiva identificazione di misure.

La proposta di direttiva fissa tre obiettivi principali:

1. la creazione di un sistema coerente di monitoraggio del suolo e di valutazione della salute del suolo;
2. l'adozione di pratiche sostenibili di gestione del suolo;
3. la gestione della contaminazione dei suoli.

Negli allegati vengono descritti gli indicatori di degrado che costituiscono la base per la valutazione della salute dei suoli, ai diversi livelli di competenza (parte A, B e C), inclusi gli indicatori sul consumo di suolo (parte D), nonché le metodologie standardizzate da seguire per determinare i punti di campionamento, eseguire il campionamento ed effettuare l'analisi dei campioni. Sono inoltre definiti i principi per la gestione sostenibile dei suoli, la cui valutazione e ottimizzazione è basata sui dati del monitoraggio, le misure per la riduzione del rischio di contaminazione, indicazioni per l'analisi di rischio e per la introduzione di registri dei siti potenzialmente contaminati e contaminati.

Sempre in attuazione della Strategia sulla Biodiversità, il 18 agosto 2024 è entrata in vigore la ***Nature Restoration Law*** approvata con regolamento[4] del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 giugno 2024, e il cui principale obiettivo è fermare l'attuale perdita e ripristinare la biodiversità dell'UE, per raggiungere la neutralità climatica entro il 2050 e adattarsi ai cambiamenti climatici, e per migliorare la sicurezza alimentare. Il regolamento stabilisce obblighi specifici per i diversi tipi di ecosistema, fra cui terreni agricoli, foreste ed ecosistemi urbani e istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri attuano misure di ripristino efficaci allo scopo di:

- ripristinare il 20% degli ecosistemi degradati entro il 2030 e tutti gli ecosistemi che necessitano di ripristino entro il 2050;
- ripristinare almeno il 30% degli ecosistemi terrestri, costieri, d'acqua dolce e marini che non sono in buono stato entro il 2030, con particolare attenzione agli habitat protetti e alle aree della rete Natura 2000;

[4] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=OJ:L_202401991

- rimuovere barriere artificiali per ripristinare almeno 25.000 km di fiumi a scorrimento libero;
- piantare almeno tre miliardi di alberi entro il 2030 per migliorare la biodiversità e l'ecosistema urbano.

In particolare, per quanto riguarda gli ecosistemi urbani (art.8), entro il 31 dicembre 2030 "gli Stati membri provvedono affinché non si registri alcuna perdita netta della superficie nazionale totale degli spazi verdi urbani né di copertura della volta arborea urbana nelle zone di ecosistemi urbani" definite e mappate dagli stessi Stati (art.14, par.4) e che possono comprendere:

a) l'intera città o piccola città e sobborgo;
b) parti della città o della piccola città e sobborgo, compresi almeno i centri urbani, gli agglomerati urbani e, se lo Stato membro interessato lo ritiene opportuno, le zone periurbane.

Dal 1° gennaio 2031 gli Stati membri dovranno garantire una "tendenza all'aumento della superficie nazionale totale degli spazi verdi urbani mediante l'integrazione di spazi verdi urbani negli edifici e nelle infrastrutture, nelle zone di ecosistemi urbani" sopra definite e una "tendenza all'aumento della copertura della volta arborea urbana" del 5% entro il 2050, misurata ogni sei anni (a decorrere dal 1° gennaio 2031) "fino al raggiungimento di un livello soddisfacente stabilito a norma entro il 2030 attraverso un processo e una valutazione aperti ed efficaci basati sulle evidenze scientifiche più recenti, sul quadro di riferimento" istituito dalla Commissione entro il 31 dicembre 2028.

I sistemi di monitoraggio degli Stati membri opereranno sulla base di banche dati elettroniche e di sistemi di informazione geografica e dovranno massimizzare l'accesso e l'uso dei dati e servizi ottenuti mediante tecnologie di telerilevamento, osservazione della Terra (servizi Copernicus), sensori e dispositivi in situ, o dati derivanti dalla *citizen science*, sfruttando le opportunità offerte dall'intelligenza artificiale, dall'analisi e dal trattamento avanzati dei dati.

Ai fini di adempiere agli obblighi del suddetto regolamento, gli Stati membri dovranno redigere i Piani nazionali di ripristino, indicando le misure specifiche per il monitoraggio e il ripristino delle aree degradate. Questi piani dovranno includere indicatori di biodiversità[5] e strategie[6] per aumentare gli spazi verdi.

Tra le numerose definizioni riportate nell'articolo 3 del regolamento, si evidenziano quelle che fanno riferimento alle unità territoriali per la statistica - NUTS (regolamento CE n. 1059/2003):

- "centri urbani" e "agglomerati urbani": unità territoriali classificate in città, piccole città e sobborghi utilizzando la tipologia basata sulla griglia in conformità del regolamento (CE) n. 1059/2003;
- "città": LAU in cui almeno il 50% della popolazione vive in uno o più centri urbani, percentuale misurata utilizzando il grado di urbanizzazione stabilito in conformità del regolamento (CE) n. 1059/2003;
- "piccole città e sobborghi": LAU in cui meno del 50% della popolazione vive in un centro urbano ma almeno il 50% vive in un agglomerato urbano, percentuali misurate utilizzando il grado di urbanizzazione stabilito in conformità del regolamento (CE) n. 1059/2003;
- "zone periurbane": zone adiacenti ai centri urbani o agli agglomerati urbani, comprese almeno tutte le zone situate entro un chilometro dai limiti esterni di tali centri urbani o agglomerati urbani, e situate nella stessa città o nella stessa piccola città e sobborgo di tali centri urbani o agglomerati urbani;

e quelle relative a superfici verdi, che fanno riferimento ai prodotti Copernicus:

- "spazi verdi urbani": superficie totale di alberi, di boscaglie, di arbusti, di vegetazione erbacea permanente, di licheni e di muschi, di stagni e di corsi d'acqua presente nelle città, nelle piccole città e nei sobborghi, calcolata sulla base dei dati forniti dal servizio di monitoraggio del territorio

[5] Allegato IV al Regolamento "Elenco degli indicatori di biodiversità per gli ecosistemi agricoli" e Allegato VI "Elenco degli indicatori di biodiversità per gli ecosistemi forestali".
[6] Allegato VII al Regolamento "Elenco di esempi delle misure di ripristino".

di Copernicus nell'ambito della componente Copernicus del programma spaziale dell'Unione, istituito dal regolamento (UE) 2021/696, e, se disponibili per lo Stato membro interessato, di altri opportuni dati supplementari forniti da tale Stato membro;
- "copertura della volta arborea urbana": superficie totale di copertura arborea nelle città, nelle piccole città e nei sobborghi, calcolata sulla base dei dati sulla densità di copertura arborea forniti dal servizio di monitoraggio del territorio di Copernicus nell'ambito della componente Copernicus del programma spaziale dell'Unione, istituito dal regolamento (UE) 2021/696, e, se disponibili per lo Stato membro interessato, di altri opportuni dati supplementari forniti da tale Stato membro.

A livello nazionale, con la promulgazione della **Legge costituzionale** 11 febbraio 2022 n. 1 (G.U. n. 44 del 22 febbraio) il Parlamento italiano ha compiuto un'importante innovazione normativa che introduce due diverse modifiche alla Carta costituzionale:
- all'articolo 9, inserisce tra i principi fondamentali un nuovo comma volto alla "tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, anche nell'interesse delle future generazioni" e pone sotto la legislazione dello Stato la tutela degli animali;
- all'articolo 41, inserisce tra i diritti e doveri dei cittadini nell'ambito della libera iniziativa economica privata al comma 2 la previsione di svolgersi "in modo da non arrecare danno alla salute e all'ambiente" e, al comma 3, che sia indirizzata e coordinata, oltre ai già previsti fini sociali, anche "ai fini ambientali".

In particolare, quest'ultimo è un comando precettivo, cioè, va rispettato e fatto rispettare anche in assenza di norme regolatrici della materia. In generale, comunque, queste modifiche dovranno necessariamente indirizzare verso una profonda revisione delle politiche e delle norme di tutela del suolo e di governo dei processi di trasformazione del territorio ai diversi livelli, in una chiara prospettiva di sostenibilità ambientale e di conservazione e ripristino delle risorse naturali, degli ecosistemi e della biodiversità, mettendo al centro l'azzeramento del consumo e dell'impermeabilizzazione del suolo che, evidentemente, quando effettivamente compiuti, arrecano un danno alla salute e all'ambiente quasi sempre irreversibile e assai difficilmente compensabile.

La **Strategia Nazionale per la Biodiversità al 2030**, adottata con il Decreto n. 252 del Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica il 3 agosto 2023, in coerenza con gli obiettivi della Strategia Europea per la Biodiversità al 2030, punta a invertire l'attuale tendenza alla perdita di biodiversità e al collasso degli ecosistemi e a contribuire all'obiettivo internazionale di garantire che entro il 2050 tutti gli ecosistemi del pianeta siano ripristinati, resilienti e adeguatamente protetti. Il testo riporta, tra gli altri, diversi obiettivi specifici di particolare interesse per la tutela del suolo, tra cui (Ministero per la Transizione Ecologica, 2022):
- garantire il non deterioramento di tutti gli ecosistemi e ripristinare vaste superfici di quelli de-gradati, con particolare attenzione a quelli più idonei a catturare e stoccare il carbonio nonché a prevenire e ridurre l'impatto delle catastrofi naturali;
- arrestare la perdita di ecosistemi verdi urbani e periurbani e favorire il rinverdimento urbano e le soluzioni basate sulla natura;
- raggiungere la neutralità del degrado del territorio e l'aumento zero del consumo del suolo, compiere progressi significativi nella bonifica e nel ripristino dei siti con suolo degradato e contaminato;
- approvare e attuare una legge nazionale sul consumo del suolo che consideri il suolo come bene comune e risorsa non rinnovabile e stabilisca obiettivi nazionali e regionali, coerenti con gli obiettivi di sviluppo sostenibile (11.3.1, 15.3.1), con gli obiettivi europei e con il sistema di monitoraggio SNPA, favorendo, di conseguenza, la rigenerazione urbana;
- fissare l'obiettivo di allineamento del consumo di suolo alla dinamica demografica entro il 2030 a livello nazionale per poi recepirlo a livello regionale in base alla capacità di carico dei territori per "ripartire" le superfici a livello comunale con conseguente obbligo di rivedere i piani urbanistici;

- definire e attuare misure concrete e decise per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo adottando la *Land take hierarchy* indicata dalla Strategia europea per il suolo per il 2030 che prevede, in ordine di priorità decrescente, di: a) evitare il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo; b) riutilizzare le aree già consumate e impermeabilizzate; c) utilizzare aree già degradate in caso di interventi assolutamente non evitabili; d) in questo ultimo caso, compensare gli interventi per arrivare a un bilancio non negativo di consumo e di impermeabilizzazione del suolo e per mantenere o ripristinare i servizi ecosistemici;
- avviare processi di rinaturalizzazione di suoli degradati, anche ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico, in ambito urbano e periurbano.

Per la messa a sistema dell'attuazione dell'Agenda 2030, lo strumento di riferimento è rappresentato dalla **Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile** (SNSvS), presentata al Consiglio dei ministri a ottobre 2017 (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2017) e approvata dal CIPE a dicembre dello stesso anno. La SNSvS 2017-2030 si configura, anche alla luce dei cambiamenti intervenuti a seguito della crisi economico-finanziaria degli ultimi anni, come lo strumento principale per la creazione di un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO_2, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, come, ad esempio, la perdita di biodiversità, la modificazione dei cicli biogeochimici fondamentali (carbonio, azoto, fosforo) e i cambiamenti nell'utilizzo del suolo. Al fine di garantire la gestione sostenibile delle risorse naturali (scelta II) "Arrestare il consumo del suolo e la desertificazione" è stato individuato come uno degli obiettivi strategici (obiettivo II.2) che, quindi, dovrebbe essere anticipato al 2030.

Sulla Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022 è stata pubblicata la delibera del Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (CITE) con l'approvazione del **Piano per la transizione ecologica** (PTE). Il contrasto al consumo di suolo è presente tra gli ambiti prioritari individuati dal Piano e posto alla base del processo di transizione ecologica della nostra economia.

L'obiettivo del Piano è arrivare a un consumo netto pari a zero entro il 2030, anticipando di vent'anni l'obiettivo europeo e allineandosi alla data fissata dall'Agenda Globale per lo sviluppo sostenibile. L'azzeramento del consumo di suolo, secondo il PTE, dovrà avvenire sia minimizzando gli interventi di artificializzazione, sia aumentando il ripristino naturale delle aree più compromesse, quali gli ambiti urbani e le coste ed è considerato una misura chiave anche per l'adattamento ai cambiamenti climatici, da normare attraverso un'apposita legge nazionale, come già richiamato anche dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).

Con riferimento al consumo di suolo, oltre a confermare la necessità e l'urgenza dell'approvazione della Legge nazionale sul consumo di suolo, prevista tra le riforme del PNRR, sono proposte una serie di azioni coordinate, tra cui il potenziamento del sistema di monitoraggio nazionale del suolo e del degrado del territorio, integrato con la rilevazione delle destinazioni d'uso e delle previsioni non attuate degli strumenti di pianificazione e del monitoraggio degli interventi di rigenerazione urbana, la realizzazione di una rete di laboratori sul territorio, la realizzazione di interventi di deimpermeabilizzazione, rinaturalizzazione e di rigenerazione all'interno di una strategia unitaria.

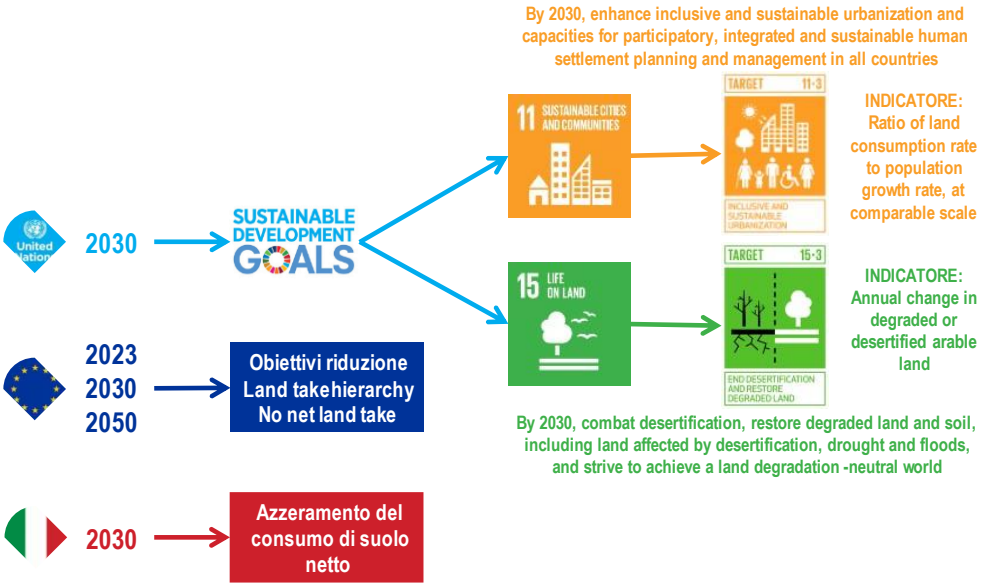


Figura 2. Principali obiettivi e indicatori a livello globale, europeo e nazionale relativi al consumo e al degrado del suolo

Figura 3. Fabbricato nell'area agricola nella Valle di Comino

STATO ED EVOLUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO

IL CONSUMO DI SUOLO IN ITALIA[7]

Il **consumo di suolo** continua a trasformare il nostro territorio con velocità elevate. Nell'ultimo anno, le nuove coperture artificiali hanno riguardato altri 72,5 km^2 (Tabella 3), ovvero, in media, circa 20 ettari al giorno. Un incremento del suolo consumato inferiore rispetto al dato dello scorso anno ma che si conferma al di sopra della media dell'ultimo decennio (2012-2022), pari a 68,7 km^2 annuali. Il nostro Paese, nell'ultimo anno, ha perso suolo al ritmo di 2,3 metri quadrati ogni secondo. Una crescita delle superfici artificiali solo in piccola parte compensata dal ripristino di aree naturali, pari a poco più di 8 km^2, dovuti al passaggio da suolo consumato a suolo non consumato (nella maggior parte dei casi grazie al recupero di aree di cantiere o di superfici che erano state già classificate come consumo di suolo reversibile e, solo in piccolissima parte, per azioni di deimpermeabilizzazione). Un valore ancora del tutto insufficiente per raggiungere l'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo netto, che, negli ultimi dodici mesi, è invece risultato pari a 64,4 km^2 (17,6 ettari al giorno, più di 2 m^2 al secondo i valori stimati al netto dei ripristini). Una quota importante dell'incremento della superficie artificiale è rappresentata dai 13,8 km^2 di consumo permanente. In aggiunta, si deve tuttavia considerare che altri 12,4 km^2 sono passati, nell'ultimo anno, da suolo consumato reversibile (rilevato nel 2022) a permanente, sigillando ulteriormente il territorio. L'**impermeabilizzazione**, ottenuta da queste due ultime componenti è quindi cresciuta, complessivamente, di 26,2 km^2. In generale, la crescita netta delle superfici artificiali dell'ultimo anno equivale a una **densità di consumo di suolo** di 2,41 m^2 per ogni ettaro di territorio italiano che scende a 2,14 m^2/ha al netto dei ripristini. L'indicatore di densità del consumo di suolo annuale viene utilizzato nel documento come indicatore principale di confronto tra unità amministrative o ambiti territoriali con superfici di riferimento diverse.

Tabella 3. Stime nazionali del consumo di suolo, del ripristino e dell'impermeabilizzazione annuali (2022-2023)

Consumo di suolo (km^2)	72,54
Ripristino (km^2)	8,15
Consumo di suolo netto (km^2)	64,39
Consumo di suolo permanente (km^2)	13,79
Impermeabilizzazione di aree già consumate reversibilmente (km^2)	12,44
Impermeabilizzazione complessiva (km^2)	26,23
Altre coperture del suolo non considerate consumo (km^2)	4,61
Nuove aree consumate di dimensioni inferiori ai 1.000 m^2 (km^2)	4,50

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Inoltre, altri 4,6 km^2 sono stati coperti da serre permanenti e da altre forme di copertura del suolo che non sono, con l'attuale sistema di classificazione, considerate come consumo di suolo permanente o reversibile ma del quale è opportuno tenere traccia per valutare eventuali impatti minori sul suolo. Si

[7] Le stime sono elaborate da ISPRA sulla base dei dati del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) e della cartografia prodotta dalla rete dei referenti per il monitoraggio del territorio e del consumo di suolo (ISPRA/ARPA/APPA) nell'ambito delle attività di sviluppo del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA). Cartografia e indicatori derivati sono disponibili sui siti ISPRA e SNPA con una licenza che ne permette il pieno utilizzo (CC BY 4.0 IT). L'aggiornamento dei dati di quest'anno ha rivisto anche le cartografie degli anni precedenti sulla base dei nuovi dati satellitari disponibili, rivedendo le stime relative. Nelle aree dove nel passato non erano disponibili immagini a elevata risoluzione si possono riscontrare variazioni delle stime di consumo di suolo rispetto a quelle riportate nelle edizioni precedenti del rapporto a causa della possibilità di rilevare trasformazioni con maggior dettaglio in seguito alle nuove disponibilità di immagini migliori. Anche i dati di quest'anno potrebbero essere rivisitati e migliorati nei prossimi rapporti sulla base della disponibilità, in futuro, di dati satellitari a maggiore risoluzione.

possono, infine, aggiungere ulteriori 4,5 km^2 dovuti alle nuove aree rilevate di dimensione inferiore ai 1.000 m^2.

Tabella 4. Densità di consumo di suolo annuale e incremento percentuale di suolo consumato (2022-2023)

Densità del consumo di suolo (m^2/ha)	2,41
Consumo di suolo (incremento %)	0,34
Densità del consumo di suolo netto (m^2/ha)	2,14
Consumo di suolo netto (incremento %)	0,33

Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

L'incremento percentuale del suolo consumato esprime la variazione percentuale della superficie consumata rispetto a un anno di riferimento. Per l'Italia, rispetto al 2022, l'incremento è stato dello 0,34% che scende allo 0,33 al netto della quota di ripristino (Tabella 4).
La velocità del consumo di suolo, con un valore di 19,9 ettari al giorno, diminuisce di circa il 15% rispetto allo scorso anno (Tabella 5, Figura 4). Considerando nel computo la quota di deimpermeabilizzazione e rinaturalizzazione, la velocità scende a 17,6 ha/giorno, il terzo valore più alto dal 2012 a oggi e mantenendosi comunque lontana dal ritmo necessario per gli obiettivi di azzeramento del consumo netto di suolo. I dati confermano, quindi, che continua a mantenersi alto il tasso di artificializzazione e di impermeabilizzazione del territorio e che questo processo avviene a velocità elevata, causando la perdita, spesso irreversibile, di aree agricole e naturali. Tali superfici sono state sostituite da nuovi edifici, infrastrutture, insediamenti commerciali, logistici, produttivi e di servizio e da altre aree a copertura artificiale all'interno e all'esterno delle aree urbane esistenti.

Tabella 5. Serie storica della velocità del consumo di suolo e del consumo di suolo netto stimata

	Consumo di suolo (ha/giorno)	Variazione rispetto al periodo precedente	Consumo di suolo netto (ha/giorno)	Variazione rispetto al periodo precedente
2006-2012	29,18	ND	28,84	ND
2012-2015	16,89	-42,13%	15,54	-46,12%
2015-2016	14,85	-12,07%	12,82	-17,54%
2016-2017	17,96	20,92%	15,43	20,43%
2017-2018	20,57	14,56%	17,20	11,44%
2018-2019	20,67	0,46%	16,84	-2,10%
2019-2020	19,36	-6,29%	15,86	-5,78%
2020-2021	21,08	8,86%	17,97	13,28%
2021-2022	23,29	10,47%	19,81	10,20%
2022-2023	19,87	-14,66%	17,64	-10,92%

Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

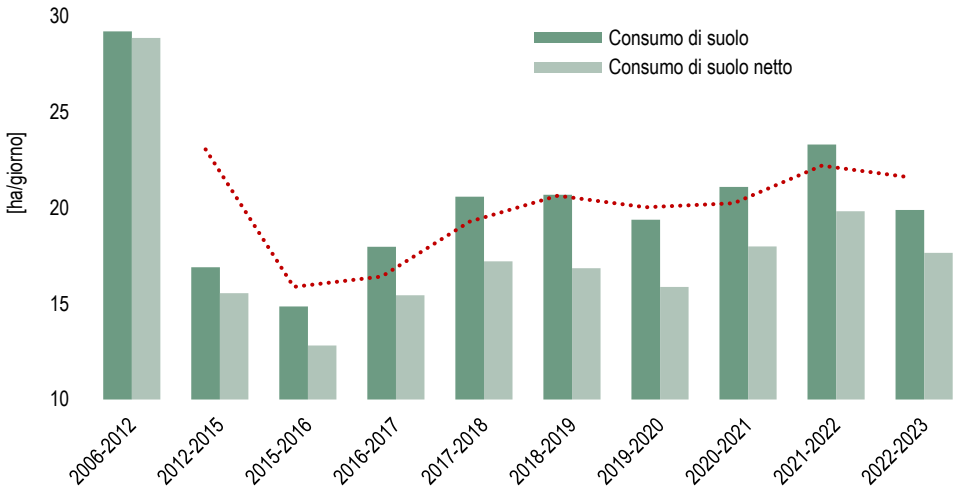


Figura 4. Velocità del consumo di suolo giornaliero netto (2006-2023). La linea tratteggiata rappresenta la media mobile (periodo=2). Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Per una migliore comprensione delle caratteristiche dei 72,5 km^2 di consumo di suolo, si deve tenere conto che oltre 64 km^2 (circa l'88%) sono avvenuti all'interno di quella parte di territorio teoricamente disponibile o comunque più idonea ai diversi usi, anche definita in alcuni casi come **suolo utile** (Regione Lombardia, 2018) e che coincide con l'area dove insistono generalmente le maggiori pressioni insediative e sede al contempo di suoli di qualità e dalle elevate capacità d'uso agro-forestali. La caratteristica conformazione del territorio italiano comporta il fatto che è considerata utile circa il 61,3% della superficie nazionale e che in questa parte del territorio la densità del consumo di suolo raggiunga i 3,47 m^2 per ettaro, quasi il 44% in più della media nazionale (Tabella 6).

Tabella 6. Consumo di suolo utile netto annuale tra il 2022 e il 2023

Consumo di suolo utile (km^2)	64,06
Densità del consumo di suolo utile (m^2/ha)	3,47

Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

I dati della nuova cartografia SNPA del consumo di suolo, che aggiorna e rivede l'intera serie storica sulla base delle nuove immagini satellitari ad alta risoluzione, consentono un'analisi più accurata del territorio permettendo di ottenere nuove stime sul suolo consumato. A livello nazionale (Tabella 7), la copertura artificiale del suolo è stimata in oltre 21.500 km^2 (per l'86% situati su suolo utile), a cui devono essere aggiunti altri 659 km^2 di aree soggette ad altre forme di alterazione diretta a causa della copertura artificiale del suolo (come, ad esempio, le serre non pavimentate e i ponti) non considerate come causa di consumo di suolo. Potrebbero, inoltre, essere considerate altre forme di elevato degrado del suolo legate direttamente alla presenza di aree artificiali, in particolare dove la dimensione degli spazi residui non artificiali è inferiore a 1.000 m^2, pari ad altri 768 km^2.

Figura 5. "Sotto la lanterna" – quartiere Sampierdarena, Genova, ottobre 2024. Foto di Silvia Rapisarda per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

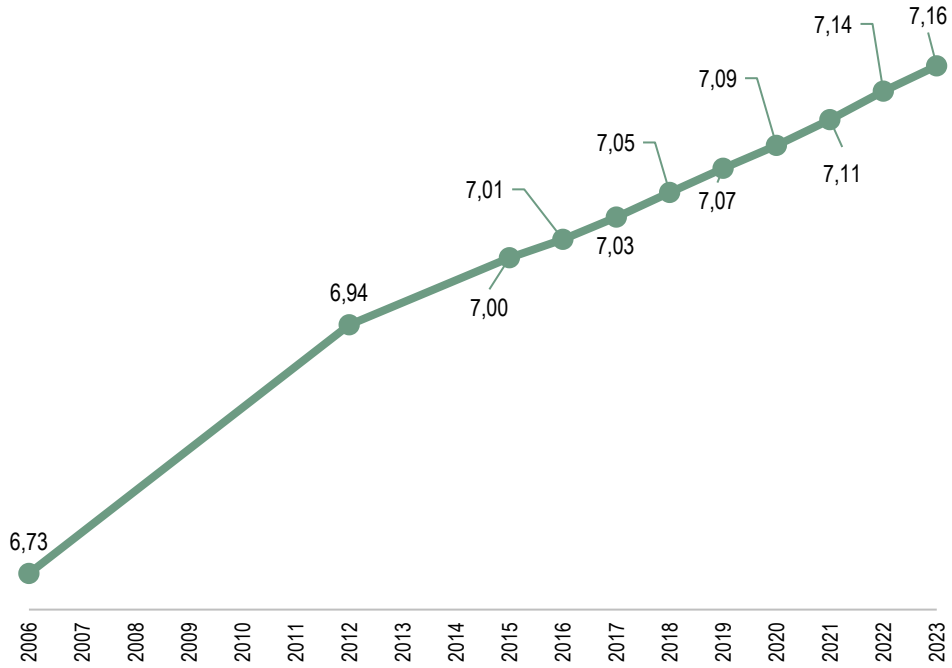


Figura 6. Stima del suolo consumato (2006-2023) in percentuale a livello nazionale. Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Il suolo consumato copre il 7,16% del territorio (7,26% al netto della superficie dei corpi idrici permanenti) con valori in crescita continua. Aggiungendo le altre coperture non considerate e le aree più piccole di 1.000 m², il totale sale al 7,63% del territorio nazionale. La percentuale all'interno del territorio considerato come suolo utile supera il 10% (Tabella 8).

Tabella 7. Stima del suolo consumato (2023) a livello nazionale

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (km²)	21.578
Altre coperture non considerate (km²)	659
Aree di superficie inferiore ai 1.000 m² (km²)	768
Suolo consumato su suolo utile (km²)	18.783

Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 8. Stima del suolo consumato a livello nazionale

Suolo consumato - superficie a copertura artificiale (% sul territorio nazionale)	7,16
Altre coperture non considerate (% sul territorio nazionale)	0,22
Aree con superficie inferiore ai 1.000 m² (% sul territorio nazionale)	0,25
Suolo consumato - copertura artificiale (% sul territorio nazionale, esclusi i corpi idrici)	7,26
Suolo consumato (% all'interno del suolo utile)	10,16

Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

I cambiamenti rilevati nell'ultimo anno si concentrano in alcune aree del Paese, rimanendo particolarmente elevati nella pianura Padana, con maggiore intensità nella parte lombarda e veneta (in particolare lungo l'asse Milano-Venezia), nel Piemonte sudorientale e lungo la direttrice della via Emilia. Il fenomeno rimane molto intenso lungo la costa adriatica. Il Salento, in particolare, conferma la tendenza degli ultimi anni con una fortissima presenza di cambiamenti. Tra le aree metropolitane più colpite

compaiono ancora Roma e Napoli. La maggior densità del consumo di suolo è stata registrata, anche quest'anno, lungo la fascia costiera entro un chilometro dal mare, nelle aree di pianura, nelle città e nelle zone urbane e periurbane dei principali poli e dei comuni di cintura della frangia urbana (cfr. capitolo seguente per maggiori approfondimenti).
La relazione tra il consumo di suolo e le dinamiche della popolazione conferma che il legame tra la demografia e i processi di urbanizzazione e di infrastrutturazione non è diretto e si assiste a una crescita delle superfici artificiali anche in presenza di stabilizzazione, in molti casi di decrescita, della popolazione residente (Tabella 9). Anche a causa della flessione demografica, il suolo consumato pro-capite aumenta ancora dal 2022 al 2023 di 1,3 m^2/ab e di 17,5 m^2/ab dal 2006, mentre scende il consumo di suolo annuale pro capite, considerata la flessione del consumo di suolo, che passa da 1,44 a 1,23 m^2/ab. In Figura 7 si può osservare il *trend* in crescita a livello nazionale. Si passa, infatti, dai circa 348 m^2/ab nel 2006 e nel 2012 ai 365,7 m^2/ab nel 2023. Dal 2012 al 2018 il suolo consumato per abitante è aumentato di 6,6 m^2/ab mentre nell'ultimo quinquennio di 10,9 m^2/ab.

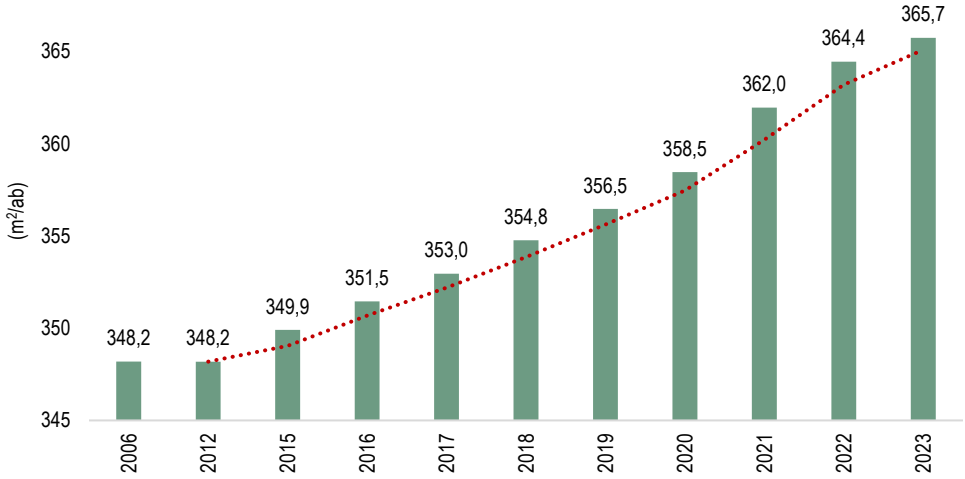


Figura 7. Suolo consumato pro capite a livello nazionale per anno (in tratteggiato rosso la media mobile (periodo: 2). Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Per rappresentare l'efficienza delle trasformazioni è utile analizzare il consumo marginale di suolo, indicatore dato dal rapporto tra il consumo di suolo netto e i nuovi residenti tra un anno e il successivo. A valori positivi elevati di questo indicatore corrisponde un alto e più insostenibile consumo di suolo a fronte di una crescita non significativa della popolazione, mentre valori negativi indicano un aumento del consumo di suolo in presenza di decrescita della popolazione, ovvero in assenza dei meccanismi di domanda che generalmente giustificano la richiesta di consumare suolo (Pileri, 2017). A livello nazionale, il nuovo consumo di suolo netto di 64,4 km^2 avviene a fronte di una decrescita di popolazione di circa 33 mila abitanti. L'indicatore di consumo di suolo marginale ci rivela come, negli ultimi dodici mesi, per ogni abitante in meno si sia consumato suolo per 1.955 m^2 (quasi un quinto di ettaro). Nell'anno precedente la diminuzione della popolazione aveva prodotto valori negativi meno marcati (350 m^2/ab). Il valore medio nazionale non tiene in conto delle enormi differenze tra i valori che questo indicatore assume nei diversi contesti locali (cfr. § Il livello comunale). Limitando l'analisi ai soli comuni nei quali la popolazione è cresciuta, ad esempio, il valore medio nazionale che si ottiene è positivo, ed è di 219 m^2/ab.

La relazione tra il tasso del consumo di suolo e quello demografico è alla base anche degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile, in particolare del target 'assicurare che il consumo di suolo non superi la crescita demografica' e dell'indicatore 11.3.1, calcolato come rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione della popolazione, proposto dalle Nazioni Unite (*Ratio of land consumption rate to population growth rate*). In Tabella 9 viene mostrato il valore ottenuto dal calcolo per i periodi 2021-2022 e 2022-2023, si tratta di valori correlati al consumo di suolo marginale e quindi entrambi negativi. Per le analisi di dettaglio si rimanda al paragrafo dedicato nei capitoli che seguono.

Tabella 9. Consumo di suolo e dinamiche della popolazione

	2006	2022	2023
Suolo consumato pro capite (m^2/ab)	348,2	364,4	365,7
	Incr. 2021 - 2022		Incr. 2022 - 2023
Consumo di suolo annuale pro capite (m^2/ab)	1,44		1,23
Consumo netto di suolo annuale pro capite (m^2/ab)	1,23		1,09
Consumo marginale di suolo annuale (m^2/ab)	-350,78		-1.955,00
Rapporto tra il tasso di variazione del suolo consumato e il tasso di variazione della popolazione	-5,36		-0,97

Fonte: Elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

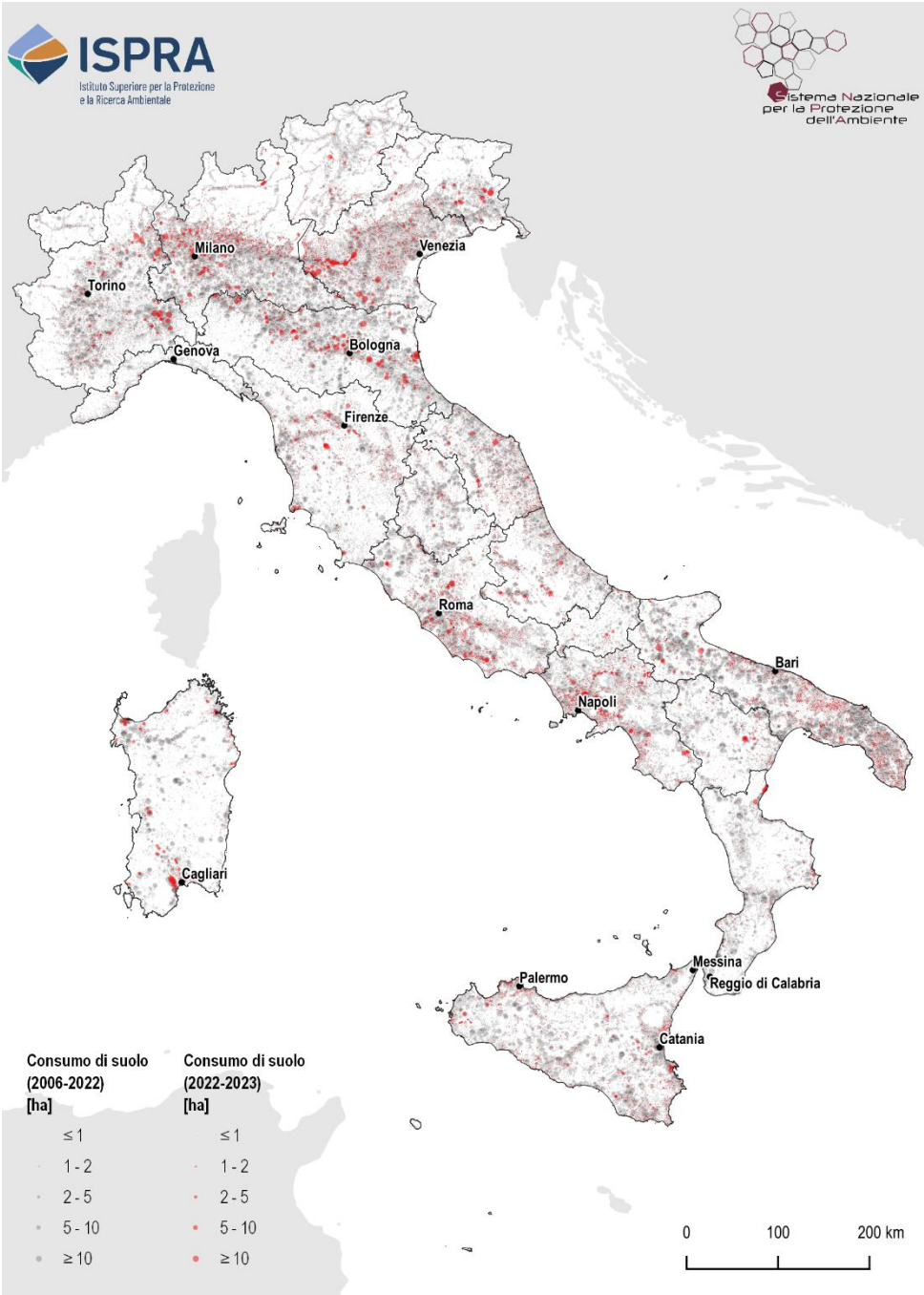


Figura 8. Localizzazione dei principali cambiamenti dovuti al consumo di suolo tra il 2006 e il 2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO REGIONALE

In 15 regioni il suolo consumato stimato al 2023 supera il 5% (Tabella 10), con l'Abruzzo ultima regione a superare la soglia appena citata. I valori percentuali più elevati rimangono quelli della Lombardia (12,19%), del Veneto (11,86%) e della Campania (10,57%). Come per il caso nazionale, anche le stime regionali sono state revisionate e aggiornate, grazie al maggiore livello di dettaglio offerto dalla nuova disponibilità di immagini satellitari, riuscendo in questo modo a escludere dal computo superfici da non considerare consumate o recuperando trasformazioni di piccola dimensione che non era stato possibile catturare in precedenza. Non cambia, tuttavia, l'ordine delle regioni: alle prime tre, seguono Emilia-Romagna, Puglia, Lazio, Friuli-Venezia Giulia e Liguria, con valori sopra la media nazionale e compresi tra il 7 e il 9% (Figura 9). La Valle d'Aosta rimane la regione con la percentuale più bassa (2,16%). Naturalmente va considerata sia la diversa morfologia regionale sia la storica e peculiare evoluzione del territorio nell'interpretare la rilevanza dei valori riscontrati.

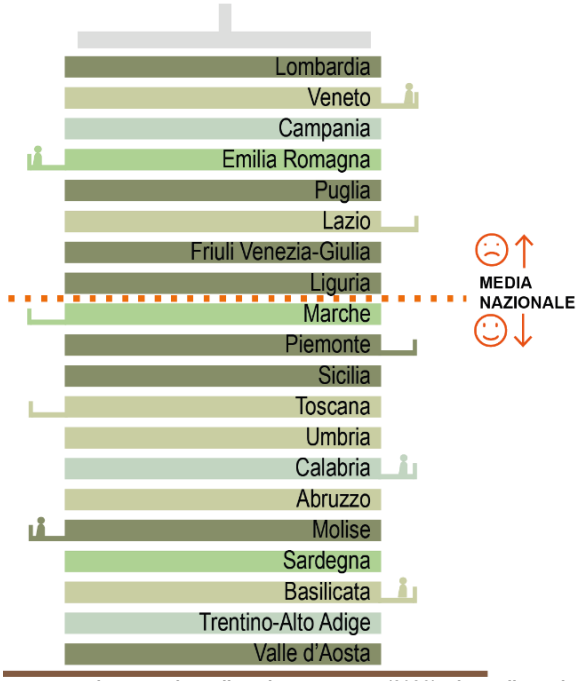


Figura 9. Confronto tra la percentuale per regione di suolo consumato (2023) e la media nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il confronto tra ripartizioni geografiche conferma i valori più alti di suolo consumato per le due ripartizioni del Nord, peraltro le uniche sopra il valore percentuale nazionale.
La Lombardia detiene il primato anche in termini assoluti, con oltre 290mila ettari del suo territorio coperto artificialmente (il 13,5% delle aree artificiali italiane è in questa regione), contro gli appena 7.000 ettari della Valle d'Aosta.

Tabella 10. Indicatori di consumo di suolo a livello regionale

Regione	2023		Incremento 2006-2023			
	Suolo consumato	Suolo consumato	Consumo di suolo	Consumo di suolo netto	Consumo di suolo	Consumo di suolo netto
	(ha)	(%)	(ha)	(ha)	(%)	(%)
Piemonte	170.769	6,72	10.929	10.021	6,80	6,23
Valle d'Aosta	7.040	2,16	304	242	4,48	3,56
Lombardia	290.979	12,19	16.308	15.426	5,92	5,60
Liguria	39.570	7,30	879	852	2,27	2,20
Nord-Ovest	**508.358**	**8,77**	**28.421**	**26.541**	**5,90**	**5,51**
Friuli-Venezia Giulia	63.617	8,03	3.171	2.974	5,23	4,90
Trentino-Alto Adige	41.118	3,02	2.508	1.965	6,40	5,02
Emilia-Romagna	200.547	8,91	13.751	12.478	7,31	6,63
Veneto	217.520	11,86	16.419	13.448	8,05	6,59
Nord-Est	**522.802**	**8,38**	**35.849**	**30.864**	**7,29**	**6,27**
Umbria	44.542	5,27	3.014	2.693	7,20	6,43
Marche	65.144	6,98	4.847	4.160	7,95	6,82
Toscana	142.320	6,19	5.566	4.896	4,05	3,56
Lazio	140.943	8,19	10.327	9.537	7,86	7,26
Centro	**392.949**	**6,78**	**23.754**	**21.285**	**6,39**	**5,73**
Basilicata	32.030	3,21	2.678	2.489	9,06	8,42
Molise	17.507	3,94	887	817	5,31	4,89
Abruzzo	54.314	5,03	3.994	3.592	7,87	7,08
Calabria	76.680	5,08	4.860	4.810	6,76	6,69
Puglia	160.004	8,27	14.883	14.752	10,25	10,16
Campania	143.858	10,57	8.642	8.371	6,38	6,18
Sud	**484.393**	**6,61**	**35.944**	**34.830**	**8,00**	**7,75**
Sardegna	81.261	3,37	4.642	4.562	6,05	5,95
Sicilia	168.003	6,53	11.335	10.853	7,21	6,91
Isole	**249.264**	**5,00**	**15.977**	**15.415**	**6,83**	**6,59**
Italia	**2.157.766**	**7,16**	**139.944**	**128.935**	**6,90**	**6,36**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Rispetto all'edizione precedente di questo rapporto si è scelto di evidenziare maggiormente la componente di consumo di suolo complessiva (definita anche come consumo di suolo lordo), quella ottenuta dalla stima areale delle nuove superfici consumate senza sottrazione della quota di ripristino. Nelle tabelle di questo documento, per i livelli dal nazionale al comunale verrà indicato questo indicatore come consumo di suolo, affiancandolo dove possibile con l'indicatore di consumo di suolo netto.
Rispetto al 2006, anno di inizio attività di monitoraggio, il consumo di suolo maggiore nelle regioni è avvenuto in Veneto (164 km^2), Lombardia (163 km^2) e Puglia (149 km^2). Considerando i ripristini e quindi il valore netto dell'indicatore, mostrato in Tabella 11, i valori scendono con la Lombardia che dal 2006 al 2023 risulta aver consumato (al netto) 135 km^2, la Puglia 147 km^2 e il Veneto, regione con la superficie maggiore classificata come ripristino, 134 km^2. L'andamento a livello regionale del consumo di suolo netto negli anni tra il 2006 e il 2023 è riportato in Tabella 12 e Figura 11.

Tabella 11. Indicatori di consumo di suolo e consumo di suolo netto annuali per il periodo 2022-2023

Regione	2022-2023					
	Consumo di suolo	Consumo di suolo netto	Consumo di suolo	Consumo di suolo netto	Densità di Consumo di suolo	Densità di Consumo di suolo netto
	(ha)		(%)		(m²/ha)	
Piemonte	553	533	0,33	0,31	2,18	2,10
Valle d'Aosta	17	13	0,24	0,18	0,52	0,39
Lombardia	780	728	0,27	0,25	3,27	3,05
Liguria	28	28	0,07	0,07	0,51	0,51
Nord-Ovest	**1.378**	**1.302**	**0,27**	**0,26**	**2,38**	**2,25**
Friuli-Venezia Giulia	164	139	0,26	0,22	2,07	1,76
Trentino-Alto Adige	135	119	0,33	0,29	0,99	0,88
Emilia-Romagna	815	735	0,41	0,37	3,62	3,26
Veneto	891	609	0,41	0,28	4,86	3,32
Nord-Est	**2.005**	**1.602**	**0,38**	**0,31**	**3,21**	**2,57**
Umbria	112	104	0,25	0,23	1,33	1,23
Marche	260	216	0,40	0,33	2,79	2,32
Toscana	356	337	0,25	0,24	1,55	1,47
Lazio	469	428	0,33	0,30	2,73	2,49
Centro	**1.197**	**1.087**	**0,31**	**0,28**	**2,06**	**1,87**
Basilicata	138	128	0,43	0,40	1,38	1,28
Molise	50	-3	0,29	-0,02	1,13	-0,06
Abruzzo	179	157	0,33	0,29	1,66	1,45
Calabria	142	138	0,19	0,18	0,94	0,92
Puglia	539	469	0,34	0,29	2,78	2,42
Campania	643	616	0,45	0,43	4,73	4,53
Sud	**1.690**	**1.506**	**0,35**	**0,31**	**2,31**	**2,05**
Sardegna	462	460	0,57	0,57	1,91	1,91
Sicilia	521	483	0,31	0,29	2,03	1,88
Isole	**983**	**943**	**0,40**	**0,38**	**1,97**	**1,89**
Italia	**7.254**	**6.439**	**0,34**	**0,30**	**2,41**	**2,14**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Gli incrementi maggiori, espressi in ettari, per l'ultimo anno (Tabella 11) si sono verificati nelle regioni Veneto (+891), Emilia-Romagna (+815), Lombardia (+780), Campania (+643) e Piemonte (+553). La Valle d'Aosta è la regione con il consumo inferiore, ma aggiunge comunque più di 17 ettari alla sua superficie consumata. Tra le altre, solo la Liguria (+28 ha) ha contenuto il suo consumo al di sotto di 50 ettari, mentre il Molise, supera di poco la soglia appena citata.
In termini di incremento percentuale rispetto alla superficie artificiale dell'anno precedente, il valore più elevato è quello della Sardegna (+0,57%), seguono Campania (+0,45%) e Basilicata (+0,43%). Sopra la media nazionale (+0,34%), ci sono anche Veneto, Emilia-Romagna, Marche e Puglia (Tabella 11).
Nella stessa tabella vengono presentati anche i valori netti, che quindi tengono conto dei ripristini, in gran parte dovuti alla rinaturalizzazione di aree di cantiere, fenomeno che ha riguardato superfici nell'ordine di grandezza delle decine di ettari (si veda ad esempio il caso del Molise, che fa registrare un consumo di suolo annuale netto negativo, dovuto, per la maggior parte, al ripristino in seguito alla posa di metanodotti), o il caso del Veneto, con 282 ettari ripristinati, anche questi dovuti in gran parte alla chiusura di cantieri di metanodotti e di altre opere.
Nel grafico a dispersione di Figura 13 si mettono in relazione gli ettari di suolo già consumato e la variazione annuale tra il 2022 e il 2023. In questo modo si possono evidenziare raggruppamenti omogenei di regioni sulla base dei valori graficati e al tempo stesso delineare differenze sostanziali tra le stesse, come ad esempio, la discrepanza tra i valori di Calabria, Umbria e Liguria (nella parte sinistra

del grafico) e regioni come la Sardegna (al centro) che per valori simili di suolo consumato, hanno incrementi annuali maggiori in proporzione.
A livello di ripartizione geografica, nell'ultimo anno le Isole (+0,40%) hanno registrato il valore di crescita percentuale del consumo di suolo più alto (Tabella 11), seguono il Nord-Est e il Sud con valori inferiori (0,38% e 0,35%). Le altre ripartizioni si attestano allo 0,31% (Centro) e 0,27% (Nord-Ovest), al di sotto del valore nazionale (0,34%). Anche in questo caso vanno sottolineate le differenze dei valori netti, in particolare per le regioni Molise, Veneto e Marche.
La densità dei cambiamenti netti tra il 2022 e il 2023, ovvero il consumo di suolo annuale rapportato alla superficie territoriale, evidenzia invece il contributo prevalente del Nord-Est 3,21 m²/ha oltre la media nazionale di 2,41 m²/ha. Da segnalare i valori oltre la media appena citata di 7 regioni, tra queste, la densità del consumo di suolo è più alta in Veneto (4,86 m²/ha), Campania (4,73 m²/ha), Emilia-Romagna (3,62 m²/ha) e Lombardia (3,27 m²/ha). Si tratta di valori più alti rispetto alla media nazionale di tutti i periodi della serie storica di Tabella 12, che confermano l'insistenza del fenomeno nelle stesse aree emerse nelle scorse rilevazioni. La lettura dei principali indicatori per il livello regionale e nazionale riporta una tendenza che sarà difficile da contenere in ottica degli obiettivi di sviluppo sottoscritti dal nostro Paese in ambito comunitario e internazionale. La densità con la quale avvengono i cambiamenti continua ad attestarsi su livelli preoccupanti, nonostante diminuisca il territorio a disposizione e cresca la competizione per i suoli naturali per effetto della richiesta del comparto agricolo e del settore energetico.

Tabella 12. Serie storica del consumo di suolo medio annuale tra il 2006 e il 2023

Regione	Consumo di suolo annuale (ha)				Densità consumo di suolo annuale (m²/ha)			
	2022-2023	2019-2022	2016-2019	2006-2016	2022-2023	2019-2022	2016-2019	2006-2016
Piemonte	553	706	646	533	2,18	2,78	2,54	2,10
Valle d'Aosta	17	23	23	19	0,52	0,70	0,70	0,57
Lombardia	780	973	697	827	3,27	4,08	2,92	3,46
Liguria	28	39	41	49	0,51	0,72	0,75	0,90
Nord-Ovest	**1.378**	**1.741**	**1.407**	**1.427**	**2,38**	**3,00**	**2,43**	**2,46**
Friuli-Venezia Giulia	164	125	243	151	2,07	1,58	3,06	1,91
Trentino-Alto Adige	135	152	204	136	0,99	1,12	1,50	1,00
Emilia-Romagna	815	894	675	754	3,62	3,97	3,00	3,35
Veneto	891	1.022	1.213	772	4,86	5,57	6,61	4,21
Nord-Est	**2.005**	**2.193**	**2.335**	**1.813**	**3,21**	**3,52**	**3,74**	**2,91**
Umbria	112	93	151	171	1,33	1,10	1,79	2,02
Marche	260	230	244	262	2,79	2,46	2,61	2,81
Toscana	356	320	301	325	1,55	1,39	1,31	1,41
Lazio	469	489	415	596	2,73	2,84	2,41	3,46
Centro	**1.197**	**1.132**	**1.111**	**1.353**	**2,06**	**1,95**	**1,92**	**2,33**
Basilicata	138	109	136	148	1,38	1,09	1,37	1,48
Molise	50	75	43	39	1,13	1,69	0,98	0,89
Abruzzo	179	308	230	173	1,66	2,85	2,13	1,60
Calabria	142	130	127	317	0,94	0,86	0,84	2,10
Puglia	539	589	550	795	2,78	3,04	2,84	4,11
Campania	643	574	485	448	4,73	4,22	3,56	3,29
Sud	**1.690**	**1.785**	**1.572**	**1.920**	**2,31**	**2,44**	**2,15**	**2,62**
Sardegna	462	340	245	250	1,91	1,41	1,02	1,03
Sicilia	521	563	532	649	2,03	2,19	2,07	2,52
Isole	**983**	**903**	**778**	**898**	**1,97**	**1,81**	**1,56**	**1,80**
Italia	**7.254**	**7.754**	**7.202**	**7.412**	**2,41**	**2,57**	**2,39**	**2,46**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

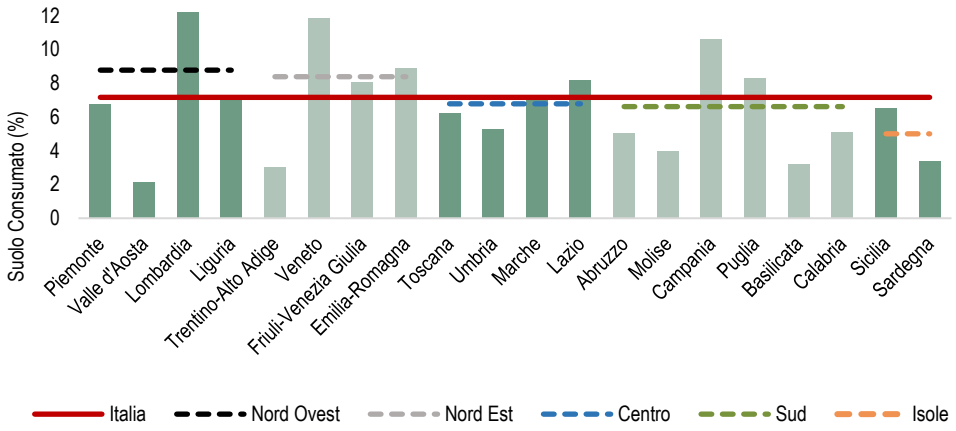


Figura 10. Suolo consumato percentuale a livello regionale e di ripartizione geografica (2023). In rosso la percentuale nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

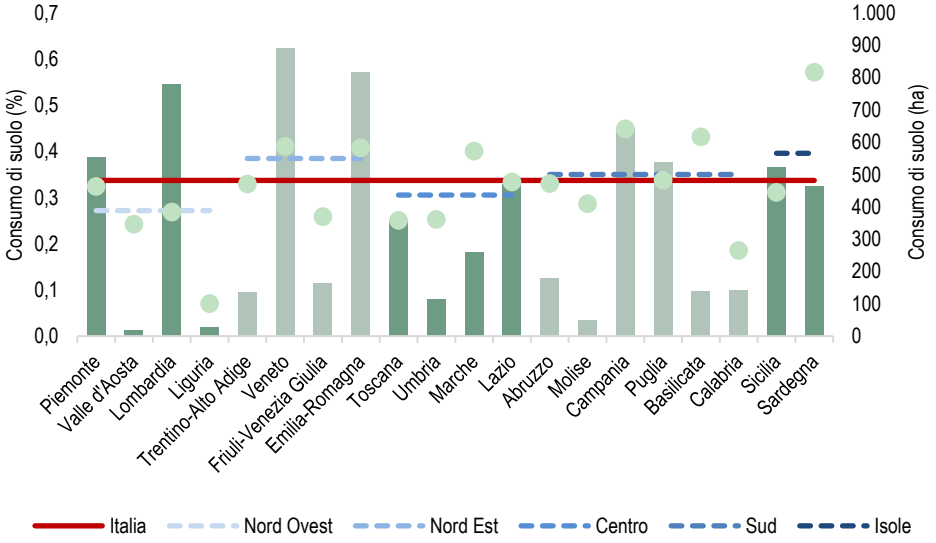


Figura 11. Consumo di suolo a livello regionale. Incremento percentuale (punti in nero) e in ettari (barre in verde) tra il 2022 e il 2023. È dato anche l'incremento percentuale nazionale (linea in rosso) e per ripartizione geografica (linee tratteggiate in azzurro). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

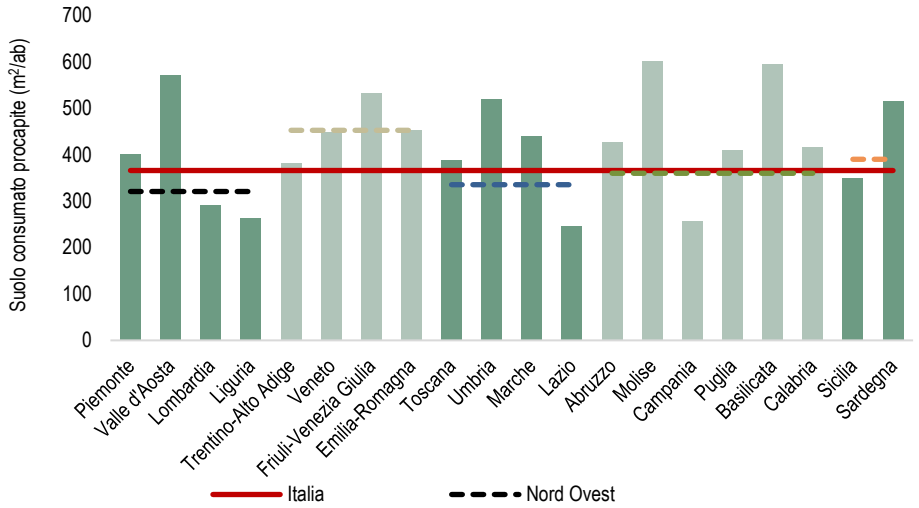


Figura 12. Suolo consumato pro capite nel 2023 in metri quadrati per abitante, con valore nazionale (in rosso) e per ripartizione geografica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati di popolazione Istat

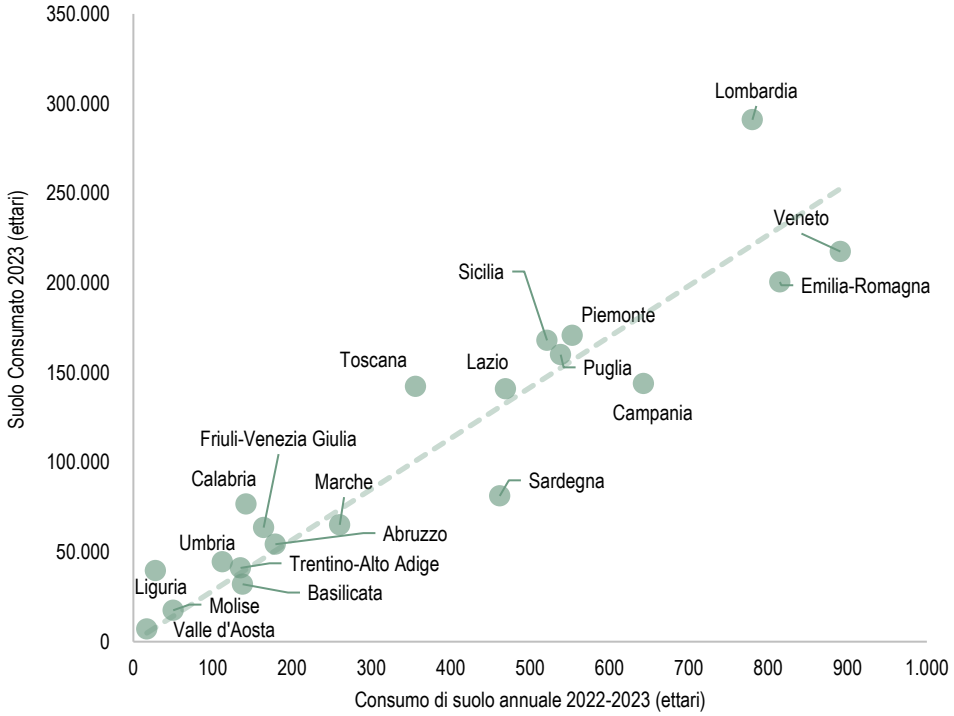


Figura 13. Relazione tra suolo consumato e consumo di suolo annuale netto per regione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

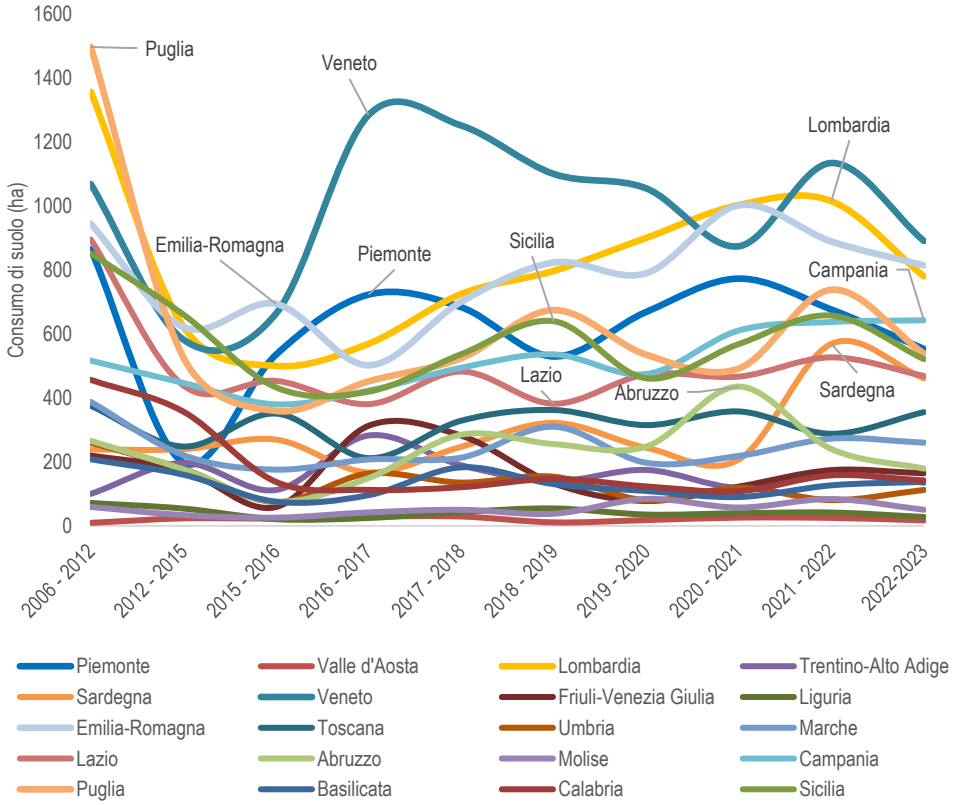


Figura 14. Andamento del consumo di suolo annuale a livello regionale dal 2006 al 2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Una misura dell'efficacia del consumo di suolo in relazione alle esigenze demografiche è offerta da diversi indicatori (Tabella 13). In termini di suolo consumato pro capite, i valori regionali più alti risentono della bassa densità abitativa tipica di alcune regioni. Il Molise presenta storicamente il valore più alto (602 m^2/ab) quasi 10 m^2 in più per ogni abitante rispetto allo scorso anno e di molto superiore al valore nazionale (365 m^2/ab) che è salito di 3 m^2, seguita da Basilicata (596 m^2/ab) e Valle d'Aosta (572 m^2/ab). Lazio, Campania, Liguria Sicilia e Lombardia presentano i valori più bassi e al di sotto del valore nazionale.

Limitandosi alla crescita annuale, risaltano anche in questo caso i valori elevati della Sardegna (2,92 m^2/ab), quasi il triplo del dato nazionale sul consumo di suolo pro capite (1,23 m^2/ab) e già negli anni passati prima regione in questa classifica. Anche la Liguria conferma le tendenze della serie storica, registrando il valore più basso (0,18 m^2/ab).

L'indicatore di consumo di suolo marginale evidenzia che, in un periodo storico di eccezionale decrescita della popolazione, dovuto in parte alla recessione demografica e in parte all'eccedenza di mortalità causata dalla pandemia negli anni interessati, regioni con valori alti di consumo di suolo e decrescita demografica restituiscono i valori (negativi) relativi alla minore sostenibilità. Si tratta ad esempio Friuli-Venezia Giulia e Toscana con valori al di sotto dello zero e oltre il valore nazionale (-1.955 m^2/ab) che quest'anno è di molto inferiore al valore dei precedenti anni per via del decremento di popolazione di

quasi 33 mila unità, sintomo di consumi di suolo elevati a fronte di decrescite della popolazione. A questa scala di analisi, valori positivi si registrano solamente dove gli abitanti residenti sono in aumento rispetto allo scorso anno. Nel confronto tra il 2022 e il 2023, questa situazione si manifesta in Veneto, Lazio, Emilia-Romagna, Trentino-Alto Adige, Lombardia e Molise. Valori così elevati, così come valori negativi molto bassi in Sicilia e Sardegna, derivano da variazioni demografiche limitate che portano a risultati non particolarmente significativi dell'indicatore. Nei due anni precedenti valori positivi per questo indicatore si erano registrati solo per una regione (Campania nel 2021-2022) a conferma di quanto detto prima sull'influenza preponderante dell'andamento nel rapporto. Anche l'indicatore SDG 11.3.1 *Ratio of land consumption rate to population growth rate* (cfr. § *Il consumo di suolo in Italia*) indica situazioni di significativo sbilanciamento tra consumo e popolazione, assumendo il valore negativo massimo, in analogia con il precedente indicatore, pari a -7,19 in Toscana. Il valore positivo massimo pari a 7,53 è in Veneto. Nell'interpretazione dell'indicatore occorre ricordare che valori di sostenibilità, secondo le linee guida delle Nazioni Unite sono solitamente associati ai risultati nell'intervallo compreso tra zero e l'unità.

Tabella 13. Consumo di suolo e andamenti demografici regionali

Regione	Suolo consumato pro capite 2022	Suolo consumato pro capite 2023	Consumo di suolo pro capite 2022-2023	Consumo di suolo marginale 2022-2023	Indicatore *Ratio of land consumption rate to population growth rate*
	(m²/ab)				
Piemonte	400	402	1,25	-1.067	-2,66
Valle d'Aosta	570	572	1,04	-558	-0,98
Lombardia	292	292	0,73	217	0,75
Trentino-Alto Adige	382	382	1,11	334	0,88
Veneto	447	449	1,26	3.367	7,53
Friuli-Venezia Giulia	531	533	1,16	-3.485	-6,56
Liguria	262	262	0,18	-175	-0,67
Emilia-Romagna	452	452	1,66	602	1,33
Toscana	388	389	0,92	-2.789	-7,19
Umbria	517	520	1,22	-434	-0,84
Marche	437	439	1,46	-759	-1,74
Lazio	246	246	0,75	758	3,08
Abruzzo	424	427	1,23	-472	-1,11
Molise	599	602	-0,10	19	0,03
Campania	255	256	1,10	-414	-1,62
Puglia	407	409	1,20	-307	-0,75
Basilicata	590	596	2,38	-356	-0,60
Calabria	413	415	0,75	-156	-0,38
Sicilia	347	349	1,00	-250	-0,72
Sardegna	509	515	2,92	-497	-0,97
Italia	**364**	**366**	**1,09**	**-1.955**	**-5,36**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Un'analisi della distribuzione in relazione alla dimensione economica regionale è effettuata attraverso il confronto del suolo consumato e del consumo 2022-2023 con il PIL regionale[8] e il numero di addetti all'industria[9] (Tabella 14). Questa analisi evidenzia che il suolo consumato per unità di PIL ha una notevole variabilità tra le regioni, con i valori più elevati dell'indicatore in Molise (2,45 ha/mln di € di PIL) e in Sardegna (2,16 ha/mln di € di PIL), più del doppio del valore nazionale (1,11 ha/mln di €) e di Liguria, Lombardia, Trentino-Alto Adige e Lazio che hanno valori sotto l'unità. Il consumo dell'ultimo

[8] Prodotto interno lordo ai prezzi di mercato, dati riferiti all'anno 2022, edizione dicembre 2023.
[9] Addetti alle costruzioni e addetti alle industrie riferiti all'anno 2022 fonte: Registro Statistico delle Imprese Attive (ASIA).

anno vede in testa la Sardegna (123 m²/mln di € di PIL), a seguire la Basilicata (86 m²/mln di €) e Puglia (56 m²/mln di €).
Calabria, Sardegna Molise e Basilicata registrano i valori più alti di suolo consumato rispetto al numero di addetti impiegati nell'industria, nella variazione annuale la Sardegna è al primo posto invece con 150 m² di suolo consumato per ogni addetto, molto di più della media italiana di 17 m²/addetto. Concentrando l'analisi solo sugli addetti nel settore delle costruzioni la Calabria risulta essere la regione con più suolo consumato per ogni addetto alle costruzioni (2,94 ettari per addetto), mentre la Sardegna è quella che ha consumato di più nell'ultimo anno per addetto in questo settore (112 m² per addetto alle costruzioni). Questi risultati forniscono informazioni interessanti circa l'effettivo legame tra nuovo consumo, situazione economica locale e crescita dell'occupazione. Si è tenuto conto nel calcolo degli indicatori di Tabella 14 del valore netto del consumo di suolo, per integrare i processi di ripristino nei discorsi sopra citati, motivo per cui il Molise presenta valori molto bassi o addirittura negativi per alcuni indicatori.

Tabella 14. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale (2022-2023) per € di PIL e per addetto all'industria

Regione	Suolo consumato 2023			Consumo di suolo 2022-2023		
	(ha/mln € di PIL)	(ha/addetto industria)	(ha/addetto costruzioni)	(m²/ mln € di PIL)	(m²/addetto industria)	(m²/addetto costruzioni)
Piemonte	1,17	0,43	1,53	36,46	13,56	47,63
Valle d'Aosta	1,31	1,74	1,41	23,86	31,70	25,69
Liguria	0,73	0,78	0,91	5,16	5,46	6,39
Lombardia	0,66	0,30	0,95	16,46	7,45	23,87
Trentino-A. Adige	0,78	0,58	0,98	22,48	16,71	28,48
Veneto	1,20	0,40	1,60	33,72	11,20	44,78
Friuli-V. Giulia	1,48	0,57	2,13	32,31	12,41	46,47
Emilia-Romagna	1,13	0,44	1,58	41,41	16,11	57,97
Toscana	1,11	0,48	1,41	26,27	11,42	33,47
Umbria	1,84	0,79	1,87	43,14	18,41	43,79
Marche	1,43	0,45	1,69	47,37	14,83	56,04
Lazio	0,66	0,87	0,92	20,15	26,58	27,91
Abruzzo	1,58	0,77	1,32	45,57	22,20	38,15
Molise	2,45	2,34	2,06	-4,02	-3,84	-3,38
Campania	1,21	0,82	1,17	51,64	35,33	50,01
Puglia	1,89	1,26	1,71	55,51	37,03	50,23
Basilicata	2,14	2,37	2,08	85,50	94,61	83,03
Calabria	2,13	2,96	2,17	38,51	53,38	39,23
Sicilia	1,73	1,92	1,71	49,85	55,27	49,29
Sardegna	2,16	2,65	1,97	122,56	150,20	111,88
Italia	**1,11**	**0,57**	**1,37**	**33,08**	**16,93**	**40,94**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO PROVINCIALE

I dati relativi al suolo consumato (2023) e al consumo di suolo annuale (2022-2023) a livello provinciale sono riportati in Tabella 15. La provincia di Monza e Brianza si conferma al primo posto per percentuale di suolo artificiale, con circa il 41% del territorio provinciale consumato confermando il primato degli scorsi anni, registrando un ulteriore incremento di 45 ettari. Sopra il 30% di suolo consumato le province di Napoli (35%) e Milano (32%), mentre Trieste (21%) e Varese (21%) superano il 20%, con Padova (19%) e Treviso (17%) leggermente sotto tale soglia.
Le province che hanno registrato il maggiore incremento in termini di superficie consumata tra il 2022 e il 2023 sono Verona (+323 ettari), Roma (+254 ettari) e Cagliari (+199 ettari).

In termini assoluti la città metropolitana di Roma continua a essere quella con la maggiore superficie consumata con oltre 70.620 ettari, inclusi i 254 ettari aggiuntivi dell'ultimo anno (220 al netto dei ripristini). Roma è seguita da Torino che ha raggiunto circa 58.608 ettari con un incremento di 109 ettari (+103 il netto).
Cagliari nell'ultimo anno registra la densità di consumo di suolo più elevata tra le città metropolitane (Figura 16), e anche tra i territori provinciali. Oltre alla provincia di Cagliari solo quelle di Napoli, Monza e Brianza e Verona superano la soglia dei 10 m²/ha consumati durante l'ultimo anno. Tra i valori più bassi per questo indicatore troviamo invece le province di Imperia, Massa-Carrara e Genova, del resto già citate per le variazioni contenute di nuovo suolo consumato.
Le tavole alle pagine seguenti riportano la percentuale di suolo consumato al 2023 (Figura 17), il suolo consumato pro capite al 2023 (Figura 18), la densità di consumo di suolo annuale tra il 2022 e il 2023 (Figura 19) e il consumo di suolo pro capite tra il 2022 e il 2023 (Figura 20) a livello provinciale. Analizzando la distribuzione territoriale del consumo di suolo (Figura 19), è evidente come, al di là delle maggiori aree metropolitane, le province della pianura Emiliana-Lombardo-Veneta presentino densità del consumo di suolo generalmente sopra la media nazionale, con poche eccezioni. Sempre sopra la media molte province della costa adriatica, di Roma, della Campania e della Sardegna.
Come già ricordato, nell'ambito delle attività di aggiornamento dei dati, ogni anno viene assicurata anche la revisione della serie storica per assicurarne la coerenza complessiva. In Figura 15 sono riportati gli andamenti del consumo di suolo annuale nelle città metropolitane.

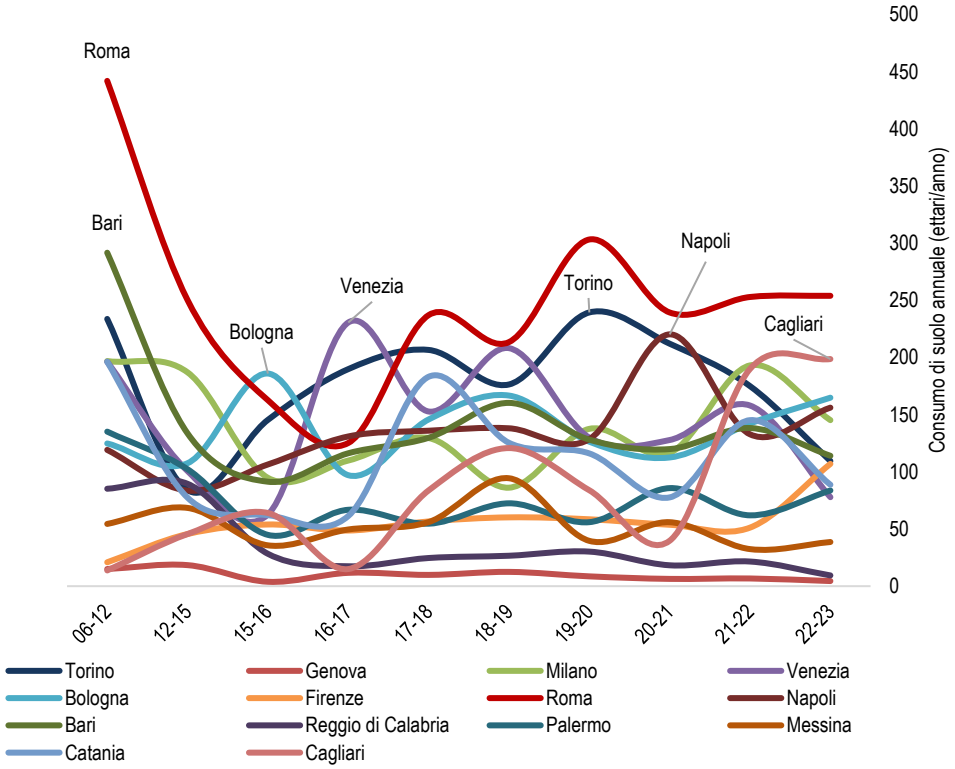


Figura 15. Consumo di suolo annuale in ettari tra il 2006 e il 2023 nelle città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

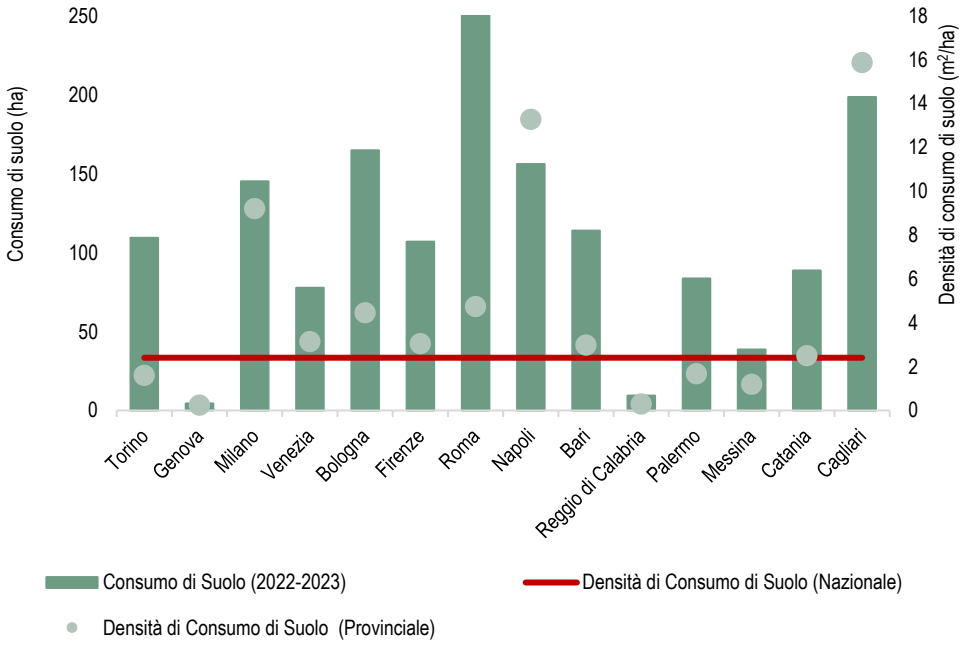


Figura 16. Consumo di suolo e densità di consumo di suolo (2022-2023) all'interno delle città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 15. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale (2022-2023) a livello provinciale

Provincia / Regione	Suolo consumato 2023	Suolo consumato 2023	Suolo consumato pro capite 2023	Consumo di suolo 2022-2023	Consumo di suolo 2022-2023	Consumo pro capite 2022-2023	Densità consumo di suolo 2022-2023
	(ha)	(%)	(m²/ab)	(ha)	(%)	(m²/ab/anno)	(m²/ha/anno)
Torino	58.608	8,58	266	109	0,19	0,50	1,60
Vercelli	10.396	4,99	627	37	0,35	2,21	1,76
Novara	15.026	11,20	415	84	0,56	2,31	6,25
Cuneo	36.756	5,33	633	107	0,29	1,84	1,55
Asti	10.992	7,27	529	26	0,24	1,26	1,73
Alessandria	25.415	7,14	625	165	0,66	4,07	4,65
Biella	7.254	7,94	429	18	0,25	1,07	1,99
Verbano-Cusio-Ossola	6.321	2,79	410	7	0,11	0,43	0,30
Piemonte	**170.769**	**6,72**	**402**	**553**	**0,33**	**1,30**	**2,18**
Aosta	7.040	2,16	572	17	0,24	1,38	0,52
Valle d'Aosta	**7.040**	**2,16**	**572**	**17**	**0,24**	**1,38**	**0,52**
Varese	25.223	21,03	287	64	0,26	0,73	5,35
Como	15.720	12,28	263	36	0,23	0,60	2,80
Sondrio	8.529	2,67	477	40	0,47	2,22	1,24
Milano	50.275	31,88	156	145	0,29	0,45	9,21
Bergamo	33.004	11,97	298	116	0,35	1,05	4,20
Brescia	50.281	10,50	400	147	0,29	1,17	3,08
Pavia	28.443	9,57	530	65	0,23	1,22	2,20
Cremona	18.633	10,52	529	41	0,22	1,17	2,32
Mantova	24.919	10,64	614	26	0,11	0,65	1,12

Lecco	9.722	12,06	292	16	0,16	0,47	1,94
Lodi	9.683	12,36	424	39	0,40	1,70	4,96
Monza e della Brianza	16.547	40,78	189	45	0,27	0,51	11,09
Lombardia	**290.979**	**12,19**	**292**	**780**	**0,27**	**0,78**	**3,27**
Bolzano	20.253	2,74	379	71	0,35	1,33	0,96
Trento	20.865	3,36	384	64	0,31	1,18	1,03
Trentino-Alto Adige	**41.118**	**3,02**	**382**	**135**	**0,33**	**1,25**	**0,99**
Verona	41.434	13,38	448	323	0,79	3,49	10,44
Vicenza	34.098	12,53	400	165	0,48	1,93	6,05
Belluno	10.252	2,84	518	49	0,48	2,46	1,35
Treviso	41.247	16,65	469	99	0,24	1,13	4,01
Venezia	35.257	14,24	422	78	0,22	0,93	3,14
Padova	39.883	18,61	429	91	0,23	0,98	4,23
Rovigo	15.349	8,42	673	86	0,56	3,78	4,73
Veneto	**217.520**	**11,86**	**449**	**891**	**0,41**	**1,84**	**4,86**
Udine	33.900	6,83	655	109	0,32	2,10	2,19
Gorizia	6.158	12,99	446	6	0,11	0,47	1,36
Trieste	4.399	20,75	192	4	0,08	0,16	1,72
Pordenone	19.160	8,43	618	45	0,24	1,46	1,99
Friuli-Venezia Giulia	**63.617**	**8,03**	**533**	**164**	**0,26**	**1,37**	**2,07**
Imperia	7.378	6,38	353	2	0,03	0,10	0,18
Savona	10.397	6,72	389	17	0,16	0,62	1,08
Genova	14.743	8,03	181	4	0,03	0,05	0,24
La Spezia	7.052	7,99	328	5	0,06	0,21	0,51
Liguria	**39.570**	**7,30**	**262**	**28**	**0,07**	**0,18**	**0,51**
Piacenza	19.881	7,68	700	70	0,35	2,45	2,69
Parma	26.202	7,60	580	103	0,39	2,28	2,99
Reggio nell'Emilia	25.211	11,00	478	114	0,45	2,16	4,97
Modena	29.505	10,97	419	73	0,25	1,04	2,72
Bologna	33.073	8,93	326	165	0,50	1,63	4,45
Ferrara	18.600	7,08	548	66	0,35	1,94	2,50
Ravenna	19.043	10,25	493	138	0,73	3,56	7,41
Forlì-Cesena	17.469	7,35	446	64	0,37	1,64	2,70
Rimini	11.563	12,55	341	23	0,20	0,67	2,45
Emilia-Romagna	**200.547**	**8,91**	**452**	**815**	**0,41**	**1,84**	**3,62**
Massa-Carrara	8.370	7,24	446	2	0,03	0,13	0,21
Lucca	16.230	9,14	425	19	0,12	0,51	1,09
Pistoia	9.898	10,26	342	20	0,20	0,67	2,03
Firenze	25.913	7,38	262	107	0,41	1,08	3,04
Livorno	12.426	10,22	380	40	0,32	1,21	3,26
Pisa	17.191	7,03	412	56	0,32	1,33	2,27
Arezzo	17.288	5,35	518	42	0,24	1,26	1,30
Siena	15.394	4,03	591	25	0,16	0,95	0,65
Grosseto	14.372	3,19	663	30	0,21	1,40	0,68
Prato	5.238	14,32	202	15	0,29	0,58	4,08
Toscana	**142.320**	**6,19**	**389**	**356**	**0,25**	**0,97**	**1,55**
Perugia	34.629	5,47	542	93	0,27	1,45	1,46
Terni	9.913	4,67	456	20	0,20	0,91	0,93
Umbria	**44.542**	**5,27**	**520**	**112**	**0,25**	**1,31**	**1,33**
Pesaro e Urbino	16.885	6,73	483	42	0,25	1,21	1,69
Ancona	17.797	9,08	386	71	0,40	1,53	3,60
Macerata	15.783	5,69	519	81	0,52	2,67	2,93
Ascoli Piceno	7.892	6,44	392	33	0,42	1,65	2,72
Fermo	6.787	7,88	404	33	0,48	1,94	3,79
Marche	**65.144**	**6,98**	**439**	**260**	**0,40**	**1,75**	**2,79**
Viterbo	16.660	4,61	541	56	0,34	1,83	1,56

Rieti	8.681	3,16	577	39	0,45	2,58	1,41
Roma	70.620	13,18	167	254	0,36	0,60	4,74
Latina	22.619	10,04	399	93	0,41	1,63	4,11
Frosinone	22.363	6,91	478	27	0,12	0,58	0,84
Lazio	**140.943**	**8,19**	**246**	**469**	**0,33**	**0,82**	**2,73**
L'Aquila	16.018	3,18	557	93	0,58	3,22	1,84
Teramo	13.005	6,67	435	33	0,25	1,10	1,69
Pescara	8.847	7,21	283	28	0,32	0,91	2,31
Chieti	16.445	6,35	441	25	0,15	0,67	0,97
Abruzzo	**54.314**	**5,03**	**427**	**179**	**0,33**	**1,41**	**1,66**
Campobasso	12.344	4,24	586	38	0,31	1,80	1,31
Isernia	5.163	3,38	646	12	0,24	1,53	0,80
Molise	**17.507**	**3,94**	**602**	**50**	**0,29**	**1,73**	**1,13**
Caserta	27.672	10,47	305	162	0,59	1,79	6,15
Benevento	15.264	7,37	580	102	0,67	3,86	4,91
Napoli	40.995	34,88	138	156	0,38	0,52	13,28
Avellino	20.598	7,38	516	76	0,37	1,91	2,73
Salerno	39.330	7,98	371	147	0,37	1,38	2,98
Campania	**143.858**	**10,57**	**256**	**643**	**0,45**	**1,15**	**4,73**
Foggia	28.149	4,04	473	150	0,54	2,52	2,16
Bari	37.275	9,74	304	114	0,31	0,93	2,98
Taranto	23.747	9,73	427	65	0,28	1,17	2,67
Brindisi	19.989	10,87	527	56	0,28	1,48	3,05
Lecce	39.739	14,40	515	114	0,29	1,48	4,13
Barletta-Andria-Trani	11.105	7,25	293	39	0,35	1,03	2,55
Puglia	**160.004**	**8,27**	**409**	**539**	**0,34**	**1,38**	**2,78**
Potenza	22.627	3,46	653	50	0,22	1,45	0,77
Matera	9.403	2,73	492	87	0,94	4,57	2,53
Basilicata	**32.030**	**3,21**	**596**	**138**	**0,43**	**2,56**	**1,38**
Cosenza	29.259	4,40	435	59	0,20	0,88	0,89
Catanzaro	15.699	6,56	459	22	0,14	0,63	0,90
Reggio di Calabria	18.494	5,81	357	9	0,05	0,18	0,30
Crotone	6.555	3,82	403	36	0,56	2,22	2,11
Vibo Valentia	6.673	5,85	443	16	0,24	1,06	1,41
Calabria	**76.680**	**5,08**	**415**	**142**	**0,19**	**0,77**	**0,94**
Trapani	19.184	7,78	462	57	0,30	1,38	2,32
Palermo	28.574	5,72	237	84	0,29	0,69	1,68
Messina	19.585	6,03	326	39	0,20	0,64	1,19
Agrigento	17.607	5,78	426	41	0,23	1,00	1,36
Caltanissetta	10.223	4,80	410	29	0,28	1,15	1,35
Enna	8.278	3,23	534	34	0,41	2,20	1,33
Catania	28.380	7,99	264	89	0,31	0,83	2,50
Ragusa	16.984	10,52	534	58	0,34	1,81	3,57
Siracusa	19.188	9,09	499	92	0,48	2,38	4,34
Sicilia	**168.003**	**6,53**	**349**	**521**	**0,31**	**1,08**	**2,03**
Sassari	28.337	3,68	597	147	0,52	3,10	1,91
Nuoro	13.206	2,34	665	27	0,21	1,37	0,48
Cagliari	10.329	8,25	246	199	1,96	4,72	15,87
Oristano	10.720	3,58	713	21	0,19	1,36	0,69
Sud Sardegna	18.670	2,86	559	68	0,37	2,05	1,05
Sardegna	**81.261**	**3,37**	**515**	**462**	**0,57**	**2,93**	**1,91**
Italia	**2.157.766**	**7,16**	**366**	**7.254**	**0,34**	**1,23**	**2,41**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

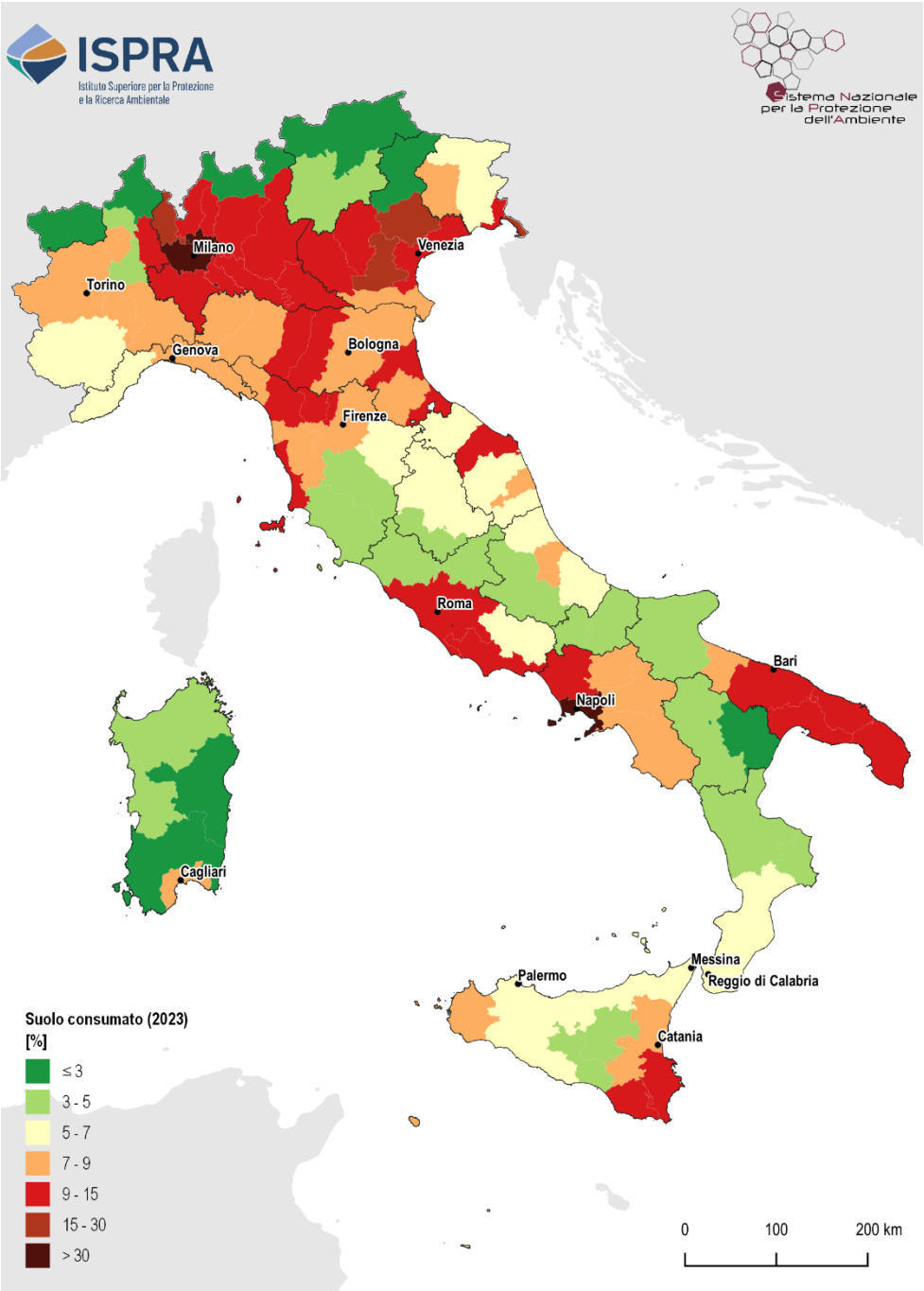


Figura 17. Suolo consumato a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

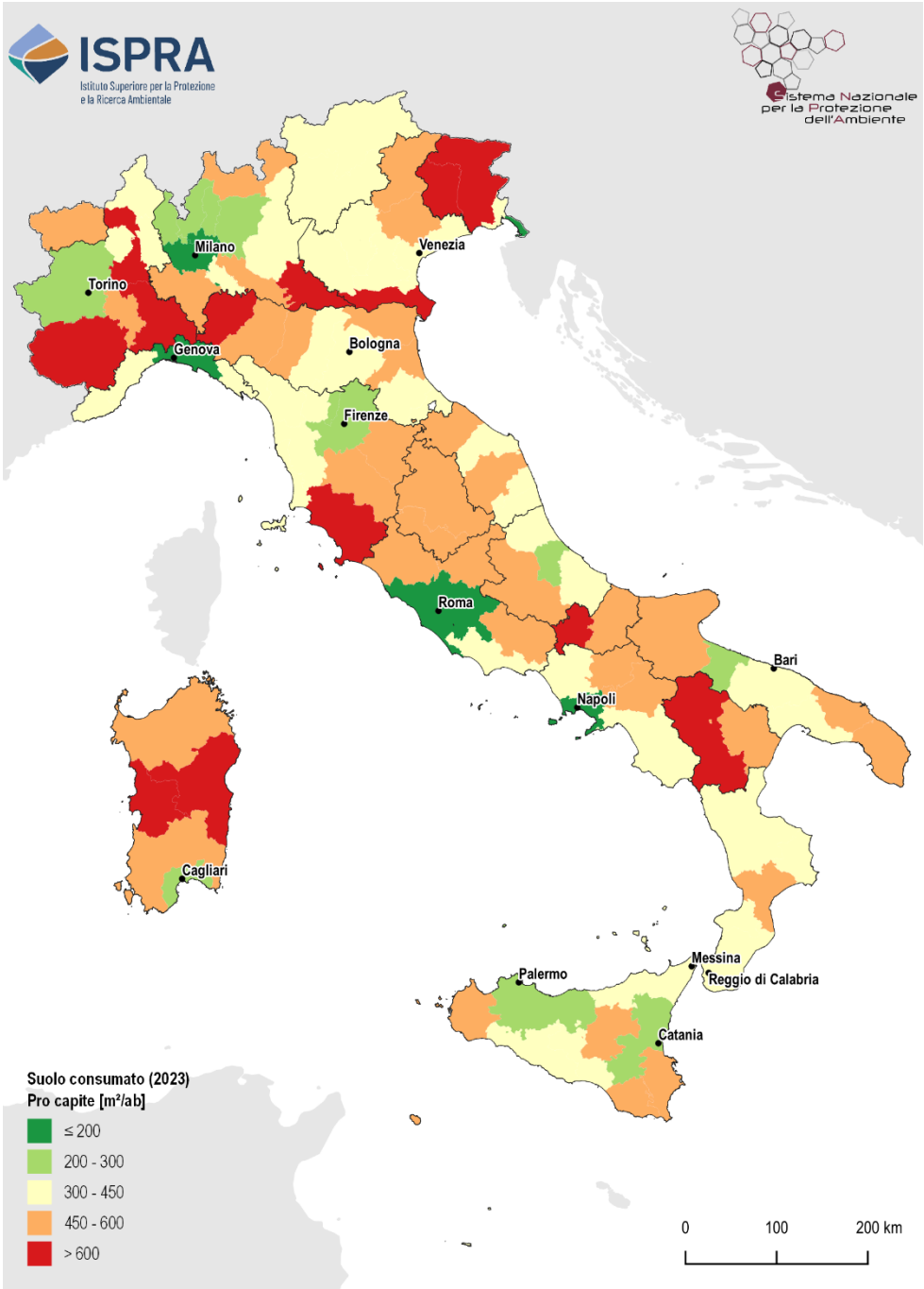


Figura 18. Suolo consumato pro capite a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

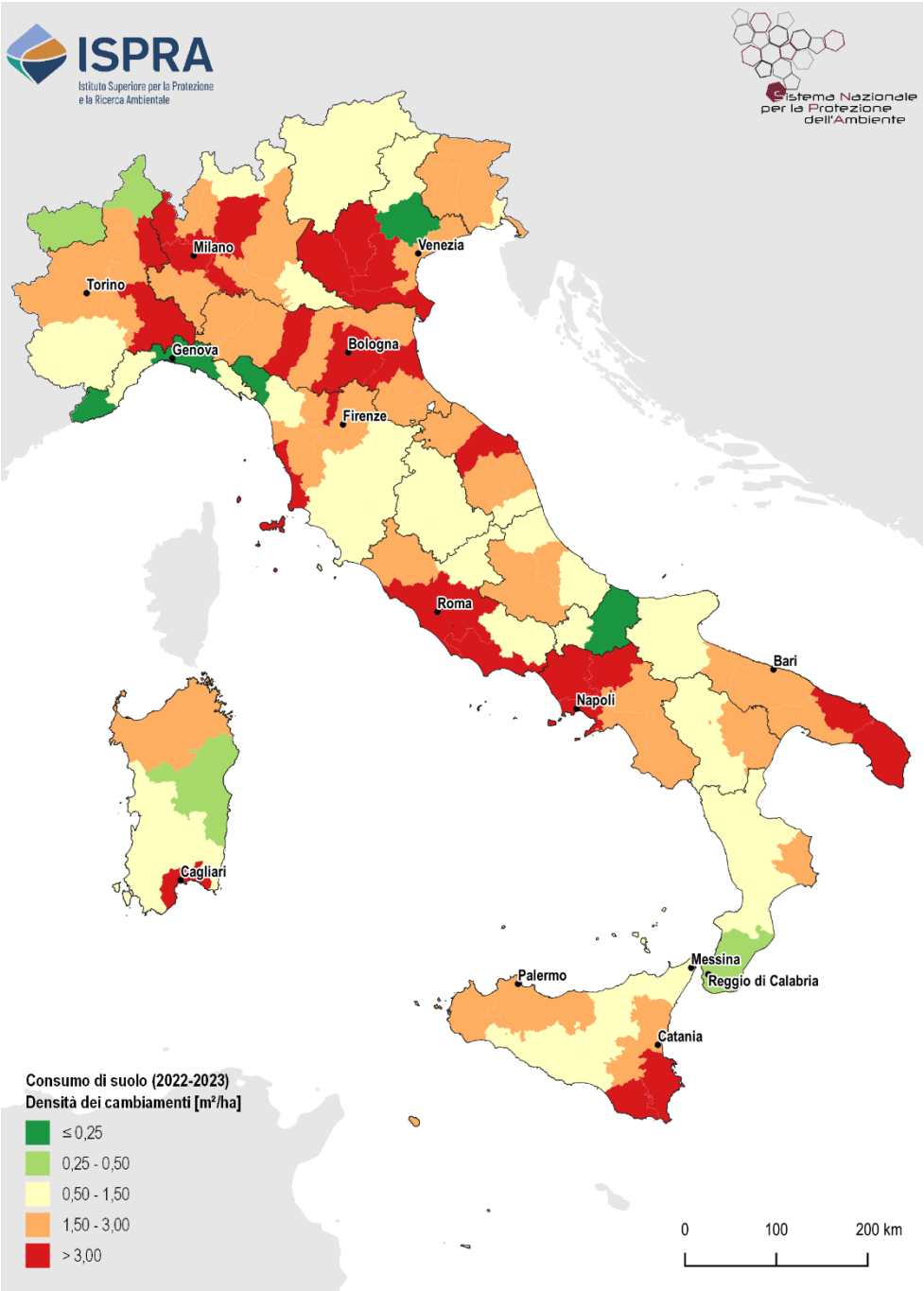


Figura 19. Densità di consumo di suolo netto annuale a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

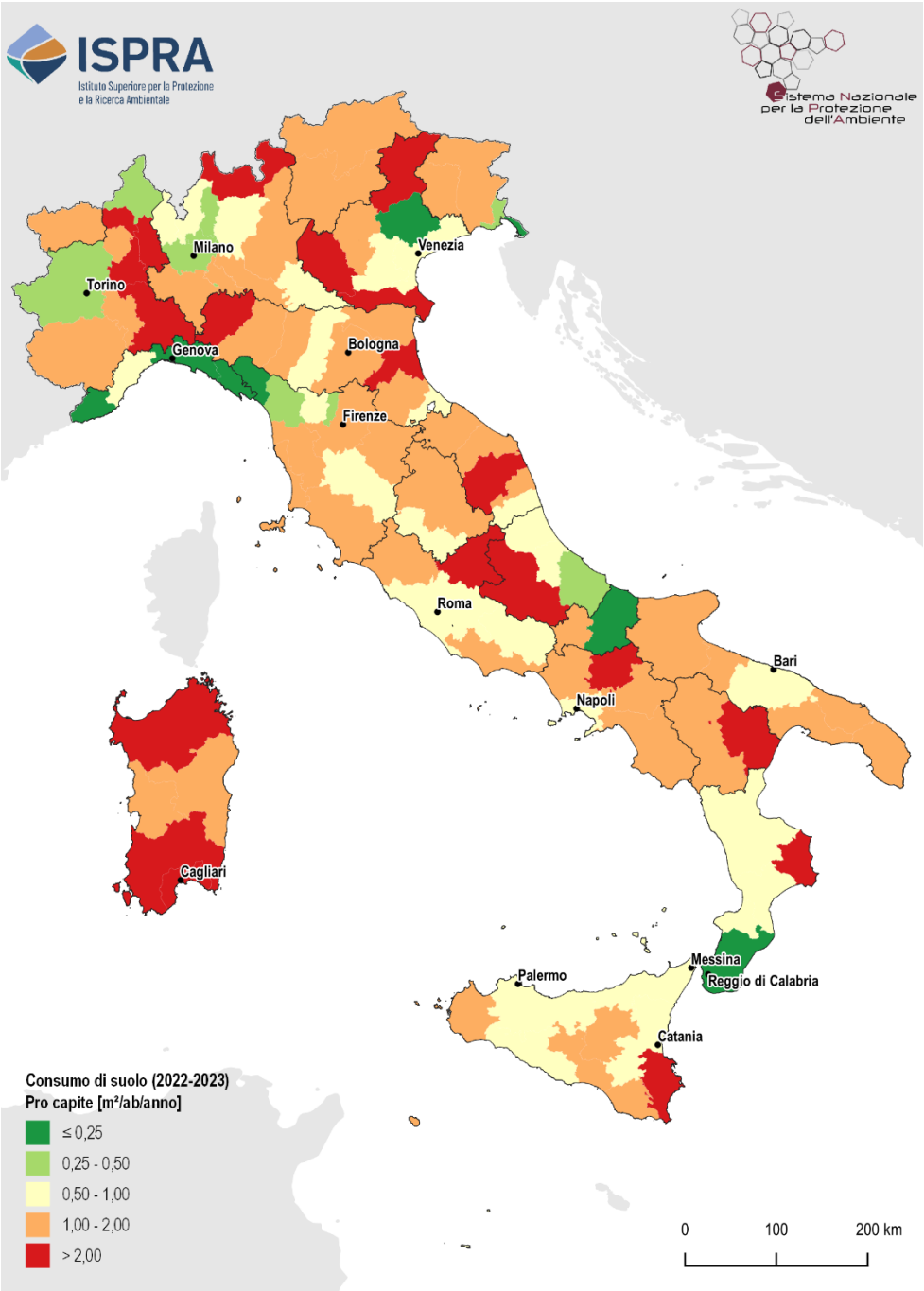


Figura 20. Consumo di suolo netto annuale pro capite a livello provinciale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

IL LIVELLO COMUNALE

Nel corso delle rilevazioni nel periodo 2022-2023, i comuni di Uta, Ravenna e Roma hanno registrato i livelli più elevati di consumo di suolo. In particolare, Uta, situato in Sardegna nella provincia di Cagliari, risulta il comune con il maggiore incremento, raggiungendo 106 ettari di suolo consumato (Tabella 16). Questo dato appare in linea con le tendenze dello scorso anno, quando Uta si collocava già tra i primi tre comuni per estensione di superfici artificializzate nel periodo 2021-2022. La crescita è in gran parte attribuibile all'installazione di impianti fotovoltaici a terra concentrati nella zona industriale a sud del centro abitato, ma anche a opere di espansione dell'area industriale, comprese strade di accesso e nuovo edificato.
Ravenna incrementa la sua superficie consumata di altri 89 ettari, con diverse trasformazioni che hanno interessato la zona portuale, attraverso l'apertura di zone di cantiere per oltre 20 ettari. Da segnalare anche la costruzione di un nuovo quartiere, che occupa, considerando le aree accessorie di pertinenza, una superficie complessiva di 6 ettari. Importante trasformazione anche l'ampliamento della SS16 Adriatica, che ha convertito circa 3,5 ettari di suolo da naturale ad artificiale.

Figura 21. Cantieri a Ravenna (immagine 2022 a sinistra e immagine 2023 a destra)

Si conferma anche Roma tra i comuni con il maggiore consumo di suolo con ulteriori 71 ettari (Tabella 18), sebbene quest'anno si osservi una significativa riduzione rispetto agli anni precedenti. Gli interventi più rilevanti riguardano l'ampliamento di alcune cave per un totale di circa 8 ettari, la costruzione di un nuovo polo commerciale lungo la via Pontina che occupa circa 2,5 ettari e l'avvio di cantieri stradali legati alla Ryder Cup 2023 nella zona nord-est. Quasi il 50% delle nuove trasformazioni si concentra nella zona sud-ovest della città, confermando una tendenza già riscontrata negli anni precedenti.
Tra gli altri comuni con un elevato consumo di suolo nell'ultimo anno spicca Alessandria, che con un incremento di 62 ettari si discosta dai valori rilevati negli anni precedenti e si avvicina al numero della capitale. Questo aumento è dovuto principalmente alla realizzazione di due grandi poli logistici: uno dedicato all'*e-commerce*, che occupa circa 27 ettari, e un'altra area di cantiere di circa 12 ettari, con destinazione ancora da identificare.
Quinto comune per incremento della superficie consumata (terzo tra i comuni con più di 100.000 abitanti) è Reggio Emilia (+43 ettari), che supera la soglia dei 40 ettari confermando le tendenze dell'ultimo periodo (Tabella 19). Le trasformazioni da suolo naturale ad artificiale sono legate principalmente ai cantieri per la realizzazione della SS9 e ai lavori di riqualificazione del parco della Reggia Ducale di Rivalta, con aree temporaneamente consumate e che in previsione verranno rinaturalizzate. Tra i primi dieci comuni con il maggior consumo di suolo, oltre a quelli già menzionati, figurano Verona, Porto Torres, Ferrandina (provincia di Matera), ciascuno con un incremento di circa 37 ettari, seguiti da San Bonifacio (Verona) e Forlì, ciascuno con 36 ettari.

Nel caso di Forlì, circa la metà del consumo di suolo è attribuibile a due interventi principali: la costruzione di una nuova area commerciale, che occupa 12 ettari, e un polo logistico di quasi 10 ettari. San Bonifacio, così come Verona, invece, è interessato dai cantieri dell'alta velocità, mentre a Ferrandina circa 30 ettari sono dovuti alla realizzazione di un impianto fotovoltaico. L'identificazione nel dettaglio delle cause del consumo di suolo a livello locale è realizzata grazie al lavoro approfondito delle Agenzie delle Regioni e Province autonome del SNPA, che forniscono informazioni circa l'uso del suolo (laddove riconoscibile dalle immagini satellitari) delle nuove trasformazioni.

Figura 22. Consumo di suolo nel comune di Roma dovuto alla costruzione di un polo commerciale (immagine 2022 a sinistra e 2023 a destra)

Tra i capoluoghi regionali (Tabella 18), oltre alla già citata Roma con i suoi 71 ettari di nuovo consumo, si distinguono Cagliari (+26 ettari), Venezia (+23 ettari) e Bologna (+21 ettari), che registrano valori compresi tra 20 e 30 ettari. Seguono Milano (+19 ettari), Bari (+16 ettari), Palermo (+15 ettari), L'Aquila (+12 ettari), Trento (+11 ettari) e Perugia (+10 ettari), tutti con incrementi superiori ai 10 ettari.
Per quanto riguarda la percentuale di suolo consumato rispetto al territorio comunale, considerato al netto della superficie dei corpi idrici ricadenti al suo interno, spiccano diversi comuni delle regioni Campania, Lombardia e Piemonte, che registrano livelli di artificializzazione per oltre il 55% della superficie urbanizzata. Insieme a questi anche Cattolica (RN), con il 62% di suolo consumato e Isola delle Femmine (PA), con il 55%. Altri comuni che superano la soglia del 50% includono Riccione (52%), Pescara (52%), Gravina di Catania (51%) e Padova (50%) (Tabella 17 e Tabella 20).
Gli sforzi di rinaturalizzazione in generale si concentrano principalmente su attività di rinverdimento di aree di cantiere. A livello nazionale risultano circa 760 ettari di rinaturalizzazioni, di transizioni, cioè, da aree di cantiere ad aree naturali, comprese superfici adibite a corpi idrici artificiali (escluse cave in falda), aree permeabili intercluse tra svincoli e rotonde stradali, aree pertinenziali associate alle infrastrutture viarie, serre non pavimentate, ponti e viadotti su suolo non artificiale e impianti fotovoltaici a bassa densità (Tabella 1). Azioni di vero e proprio *de-sealing* sono ancora rari in Italia, e spesso limitati a interventi sporadici e sperimentali.

Tabella 16. Consumo di suolo annuale in ettari (2022-2023) a livello comunale (primi tre comuni per ogni regione)

Regione	Comune	Consumo di suolo 2022-2023 (ha)
Piemonte	Alessandria	61,71
	Cameri	26,94
	Tortona	15,25
Valle d'Aosta	Valtournenche	2,62
	Emarèse	2,52
	Saint-Christophe	2,26

Lombardia	Milano	18,91
	Casorate Sempione	13,91
	Segrate	12,08
Trentino-Alto Adige	Trento	10,98
	Novella	6,05
	Bressanone/Brixen	5,93
Veneto	Verona	36,94
	San Bonifacio	36,00
	Montebello Vicentino	35,35
Friuli-Venezia Giulia	Premariacco	26,64
	Codroipo	14,76
	Remanzacco	9,24
Liguria	Vado Ligure	4,99
	Zuccarello	3,08
	Albenga	2,43
Emilia-Romagna	Ravenna	89,06
	Reggio nell'Emilia	43,28
	Forlì	35,72
Toscana	Gambassi Terme	22,76
	Piombino	21,02
	Certaldo	14,33
Umbria	Perugia	10,35
	Terni	7,45
	Gubbio	6,33
Marche	Jesi	25,91
	Camerino	19,76
	Fermo	7,23
Lazio	Roma	71,33
	Guidonia Montecelio	26,17
	Pontinia	25,25
Abruzzo	Sulmona	14,29
	L'Aquila	12,15
	Cepagatti	11,11
Molise	Ripalimosani	4,68
	Petacciato	4,09
	Campobasso	3,80
Campania	Ariano Irpino	30,01
	Nola	28,11
	Marcianise	19,08
Puglia	Lucera	24,59
	Cerignola	22,67
	Ostuni	19,39
Basilicata	Ferrandina	36,52
	Matera	14,20
	Lauria	5,13
Calabria	Amendolara	24,03
	Crotone	13,26
	Villapiana	8,99
Sicilia	Augusta	35,38
	Catania	21,19
	Marsala	15,97
Sardegna	Uta	105,84
	Porto Torres	36,86
	Olbia	31,85

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 17. Suolo consumato in percentuale sulla superficie comunale (2023), primi tre comuni per ogni regione. La superficie comunale è considerata al netto dei corpi idrici permanenti ricadenti all'interno del comune

Regione	Comune	Suolo consumato 2023 (%)
Piemonte	Torino	66,53
	Beinasco	59,11
	Grugliasco	57,08
Valle d'Aosta	Aosta	29,48
	Pont-Saint-Martin	17,97
	Verrès	14,94
Lombardia	Lissone	71,45
	Sesto San Giovanni	69,28
	Lallio	67,09
Trentino-Alto Adige	Lavis	28,22
	Bolzano/Bozen	26,68
	Merano/Meran	23,04
Veneto	Padova	50,33
	Noventa Padovana	44,57
	Spinea	43,33
Friuli-Venezia Giulia	Monfalcone	47,52
	Udine	42,90
	Pordenone	41,25
Liguria	San Lorenzo al Mare	38,71
	Diano Marina	33,63
	Vallecrosia	32,94
Emilia-Romagna	Cattolica	62,23
	Riccione	52,18
	Fiorano Modenese	36,50
Toscana	Forte dei Marmi	46,19
	Firenze	42,63
	Viareggio	40,53
Umbria	Bastia Umbra	26,08
	Corciano	14,81
	Terni	12,86
Marche	San Benedetto del T.	37,71
	Porto San Giorgio	37,14
	Gabicce Mare	32,63
Lazio	Ciampino	42,95
	Anzio	35,05
	Frosinone	29,76
Abruzzo	Pescara	52,01
	Montesilvano	34,40
	San Salvo	33,92
Molise	Campobasso	20,09
	Termoli	18,21
	Isernia	8,70
Campania	Casavatore	91,65
	Arzano	83,35
	Melito di Napoli	81,39
Puglia	Bari	43,37
	Modugno	42,12
	Aradeo	28,55
Basilicata	Potenza	10,75
	Policoro	8,73
	Melfi	8,70
Calabria	Tropea	36,50

	Villa San Giovanni	28,46
	Soverato	27,67
Sicilia	Isola delle Femmine	54,78
	Gravina di Catania	50,91
	Villabate	49,02
Sardegna	Monserrato	41,66
	Cagliari	40,58
	Elmas	32,48

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 18. Indicatori di consumo di suolo (2022-2023) per i 21 comuni capoluogo di regione e provincia autonoma. La superficie comunale è considerata al netto dei corpi idrici permanenti ricadenti all'interno del comune

Comune Capo-luogo	Consumo di suolo 2022-2023	Consumo di suolo 2022-2023	Densità di con-sumo di suolo 2022-2023
	(ha)	(%)	(m^2/ha)
Torino	7,51	0,09	5,89
Aosta	0,26	0,04	1,22
Genova	1,14	0,02	0,48
Milano	18,91	0,18	10,47
Bolzano	2,79	0,20	5,46
Trento	10,98	0,43	7,03
Venezia	23,33	0,33	11,13
Trieste	0,83	0,03	0,98
Bologna	21,43	0,45	15,32
Ancona	4,82	0,22	3,87
Firenze	3,12	0,07	3,09
Perugia	10,35	0,20	2,32
Roma	71,33	0,23	5,59
Napoli	5,02	0,07	4,23
L'Aquila	12,15	0,47	2,58
Campobasso	3,80	0,34	6,80
Bari	16,57	0,33	14,24
Potenza	2,99	0,16	1,72
Catanzaro	4,22	0,20	3,81
Palermo	14,73	0,23	9,20
Cagliari	25,98	1,21	48,57

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 19. Consumo di suolo annuale (2022-2023) a livello comunale (primi 20 comuni con più di 100.000 abitanti)

Comune	Consumo di suolo 2022-2023 (ha)
Ravenna	89,06
Roma	71,33
Reggio nell'Emilia	43,28
Verona	36,94
Forlì	35,72
Cagliari	25,98
Latina	24,54
Venezia	23,33
Bologna	21,43
Catania	21,19
Parma	18,96
Milano	18,91
Bari	16,57
Piacenza	16,53
Sassari	15,05

Palermo	14,73
Foggia	12,22
Brescia	11,57
Novara	11,28
Trento	10,98

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 20. Percentuale di suolo consumato (2023), primi 30 comuni con più di 100.000 abitanti. La superficie comunale è considerata al netto dei corpi idrici permanenti ricadenti all'interno del comune

Comune	Suolo consumato 2023 (%)
Torino	66,53
Napoli	63,64
Milano	59,17
Pescara	52,01
Padova	50,33
Monza	49,59
Bergamo	45,06
Brescia	44,94
Bari	43,37
Firenze	42,63
Cagliari	40,58
Palermo	39,96
Salerno	34,65
Bologna	34,35
Venezia	34,19
Prato	33,62
Trieste	32,61
Vicenza	32,39
Catania	29,51
Verona	28,97
Livorno	28,31
Rimini	27,51
Giugliano in Campania	27,06
Piacenza	27,02
Bolzano/Bozen	26,68
Modena	25,34
Genova	24,28
Taranto	23,97
Roma	23,86
Parma	21,67

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 21. Suolo consumato in ettari (2023) a livello comunale (primi tre comuni per ogni regione)

Regione	Comune	Suolo consumato 2023 (ha)
Piemonte	Torino	8.476
	Alessandria	3.271
	Novara	2.175
Valle d'Aosta	Aosta	626
	Quart	232
	Courmayeur	218
Lombardia	Milano	10.686
	Brescia	3.997
	Cremona	1.980
Trentino-Alto Adige	Trento	2.587
	Bolzano/Bozen	1.364

	Rovereto	874
Veneto	Venezia	7.166
	Verona	5.680
	Padova	4.609
Friuli-Venezia Giulia	Trieste	2.765
	Udine	2.427
	Pordenone	1.552
Liguria	Genova	5.817
	La Spezia	1.489
	Sanremo	1.046
Emilia-Romagna	Ravenna	7.245
	Parma	5.621
	Ferrara	4.987
Toscana	Firenze	4.302
	Arezzo	3.287
	Prato	3.254
Umbria	Perugia	5.100
	Terni	2.694
	Città di Castello	2.194
Marche	Pesaro	2.491
	Ancona	2.208
	Fano	2.178
Lazio	Roma	30.452
	Latina	4.287
	Fiumicino	3.013
Abruzzo	L'Aquila	2.570
	Pescara	1.769
	Teramo	1.521
Molise	Campobasso	1.122
	Termoli	1.008
	Isernia	598
Campania	Napoli	7.553
	Giugliano in Campania	2.488
	Salerno	2.068
Puglia	Taranto	5.382
	Bari	5.045
	Brindisi	4.704
Basilicata	Matera	2.202
	Potenza	1.872
	Melfi	1.775
Calabria	Reggio di Calabria	3.401
	Corigliano-Rossano	2.726
	Lamezia Terme	2.386
Sicilia	Palermo	6.396
	Catania	5.300
	Ragusa	3.792
Sardegna	Sassari	4.182
	Olbia	2.961
	Cagliari	2.171

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

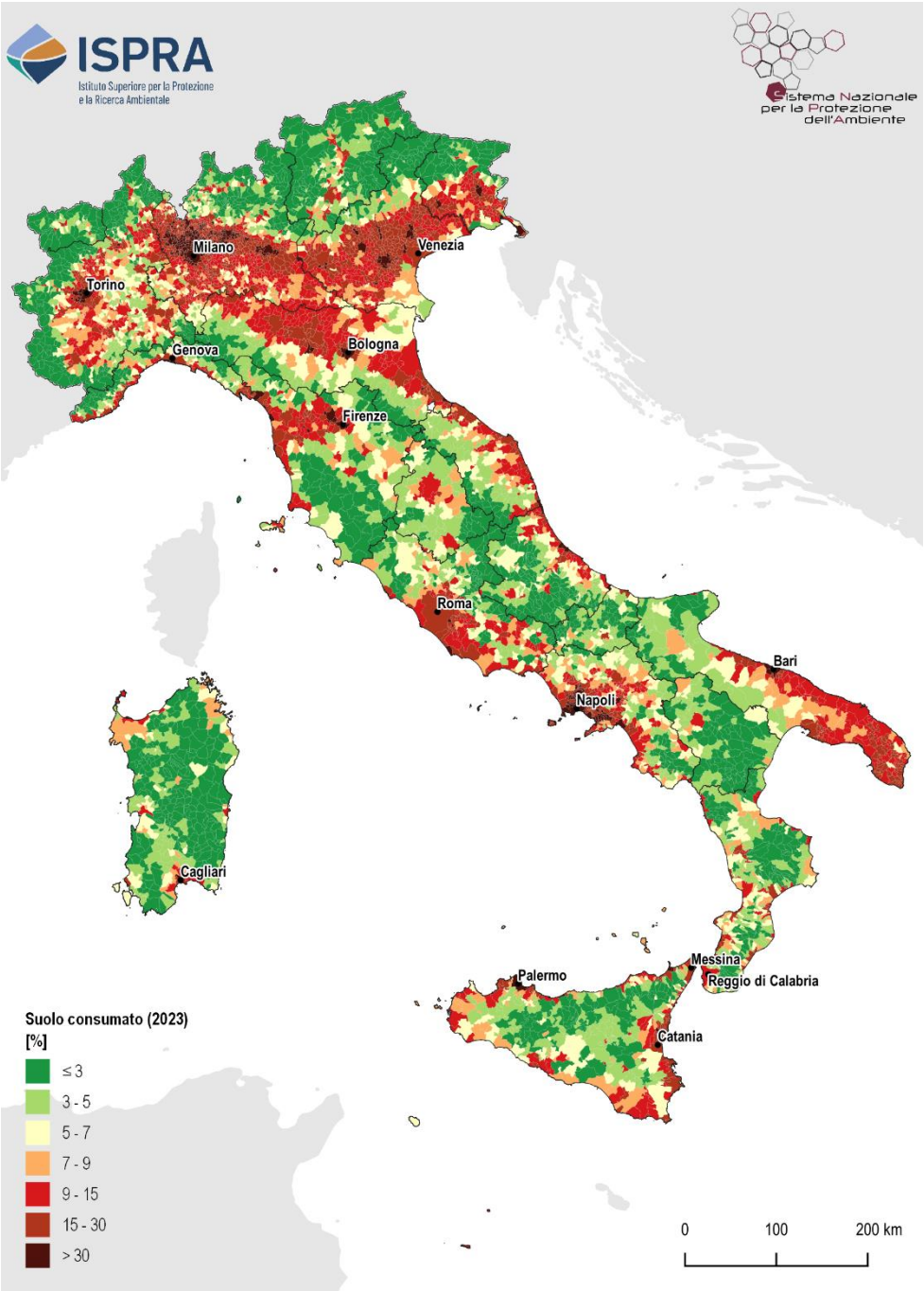


Figura 23. Suolo consumato a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

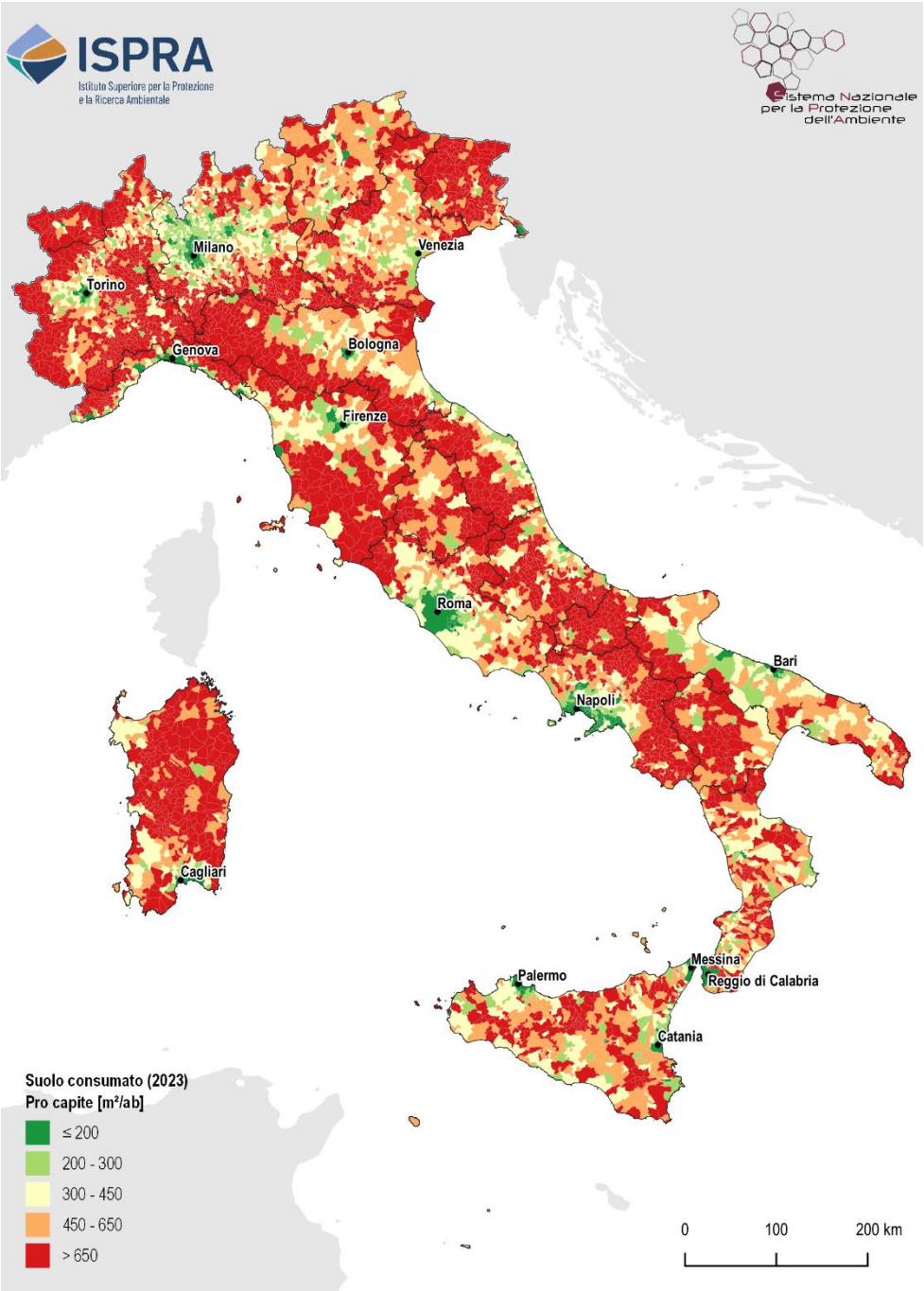


Figura 24. Suolo consumato pro capite a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

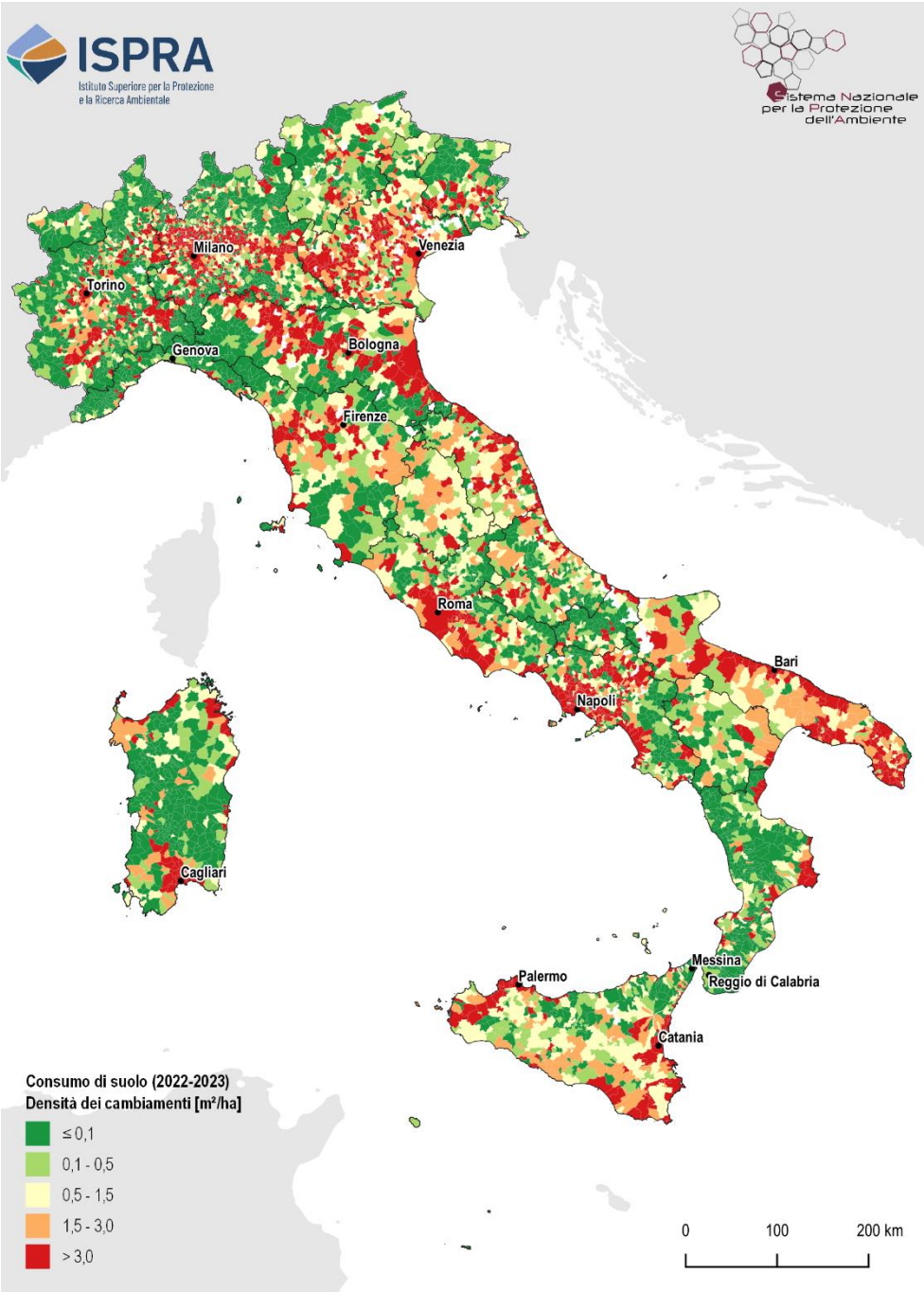


Figura 25. Densità del consumo di suolo annuale netto a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

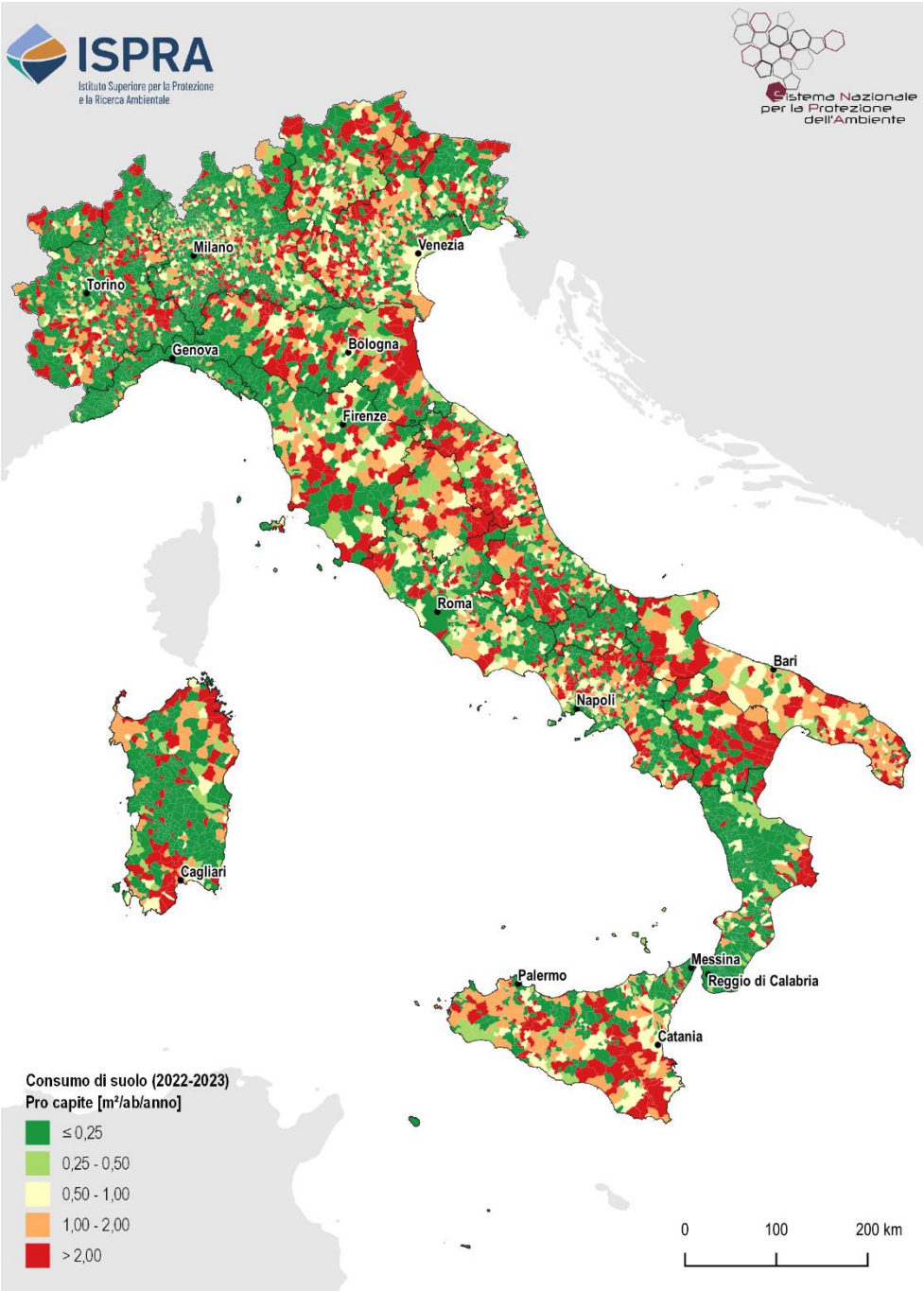


Figura 26. Consumo di suolo netto annuale pro capite a livello comunale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il termine di *land use efficiency* viene adoperato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente per indicare l'utilizzo delle superfici artificiali nelle aree funzionali urbane (FUA) in rapporto al numero di abitanti e viene quantificato attraverso l'indicatore suolo consumato pro capite (EEA, 2021). Lo stesso è anche utilizzato per il calcolo dell'SDG 11.3.1 ed è infatti in tale contesto che il *land use efficiency* viene analizzato, anche per valutare il ruolo della presenza (o assenza) di aree verdi urbane, che non sono considerate aree artificiali (EEA, 2021). Bassi valori di *land use efficiency* indicano che poche persone utilizzano vaste aree artificiali, come nel caso di aree a bassa densità. Al contrario, alti valori di *land use efficiency* indicano che una superficie limitata di aree artificiali è utilizzata da un elevato numero di abitanti, come nelle aree densamente urbanizzate delle grandi città. Analogamente a quanto presentato nel rapporto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, vengono qui riportate alcune analisi sull'indicatore suolo consumato pro capite effettuate a scala comunale considerando le tre classi di comuni individuate dal numero degli abitanti (piccoli[10], con popolazione inferiore ai 5.000 abitanti; medi, tra 5.000 e 50.000 abitanti; grandi, con più di 50.000 abitanti). I numeri in Tabella 22 mostrano come i circa 60 milioni di abitanti siano distribuiti in maniera più concentrata tra i comuni medi (49%), e in quota minore tra piccoli (17%) e grandi (34%). Circa il 27% della popolazione italiana vive nella ripartizione Nord Ovest, il 23% Al Sud, percentuali simili, intorno al 20% nel Nord Est e Centro e quasi l'11% per le Isole. Tuttavia, i piccoli rappresentano il 58% del totale dei comuni italiani e coprono il 55% della superficie territoriale del Paese.

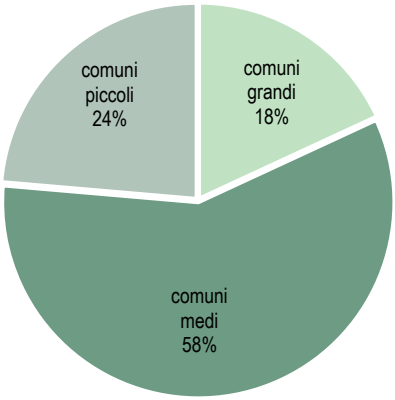


Figura 27. Distribuzione percentuale della popolazione nelle tre classi di comuni nel 2023

Nella Tabella 22 è riportato il dato della ripartizione percentuale del consumo di suolo annuale netto tra il 2022 e il 2023. Il 58% del totale consumato nell'ultima annualità si registra tra i medi e solo il 18% tra i grandi comuni a testimonianza di un disallineamento tra popolazione, consumo di suolo e territorio a disposizione, evidente anche osservando la differenza tra i valori di densità di consumo di suolo, che arriva a 4,86 m^2/ha per i grandi comuni e scende a 2,14 m^2/ha per i piccoli comuni.

[10] La definizione di "piccoli comuni" coincide con quella riportata dalla legge 158/2017: "per piccoli Comuni si intendono i Comuni con popolazione residente fino a 5.000 abitanti nonché i Comuni istituiti a seguito di fusione tra Comuni aventi ciascuno popolazione fino a 5.000 abitanti".

Tabella 22. Ripartizione del consumo di suolo nei comuni italiani divisi per dimensione demografica

	Numero di comuni (n.)	Pop. residente 2023 (ab.)	Ripartizione della pop. residente 2023 (%)	Consumo di suolo 2022-2023 (ha)	Ripartizione del consumo di suolo 2022-2023 (%)	Ripartizione del territorio (%)	Densità del consumo di suolo 2022-2023 (m^2/ha)
Comuni grandi (ab > 50.000)	139	20.105.193	34,0	1.165	18,1	8,0	4,86
Comuni medi (5.000 < ab < 50.000)	2.235	29.179.482	49,5	3.751	58,3	37,3	3,33
Comuni piccoli (ab < 5.000)	5.525	9.712.526	16,5	1.522	23,6	54,7	0,92
Totale	**7.899**	**58.997.201**	**100**	**6.438**	**100,0**	**100,0**	**2,14**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

Dalla lettura del suolo consumato pro capite rappresentato nella Figura 28 si può osservare il *trend* dell'indicatore *land use efficiency* (suolo consumato pro capite) dal 2006 al 2023. Nei piccoli comuni, già dal 2006 si riscontrano valori sempre superiori ai 600 m^2/ab di suolo consumato pro capite, quindi valori bassi di efficienza nell'uso del suolo per questa categoria di comuni, con valori in aumento fino al 2023 e un tasso di crescita proporzionalmente più alto rispetto alle altre due categorie. Anche i comuni medi e grandi presentano un peggioramento nella *land use efficiency* dal 2006 al 2023 ma con aumenti inferiori di consumo di suolo pro capite. Tra tutti, i comuni grandi presentano i valori più bassi di suolo consumato pro capite, comunque in continua crescita, che vanno dai 183 m^2/ab del 2006 ai 196 m^2/ab nel 2023.

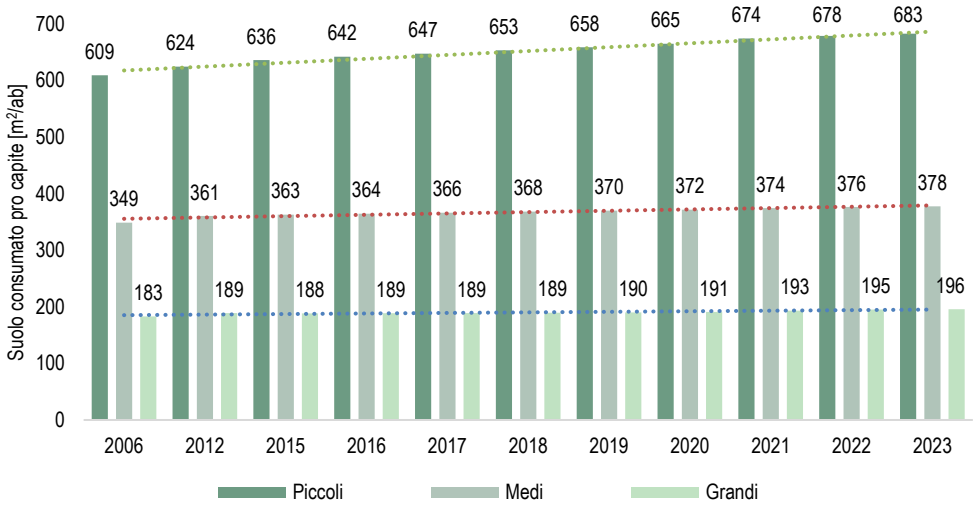


Figura 28. Suolo consumato pro capite nelle tre classi di comuni dal 2006 al 2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Il consumo marginale di suolo è stato elaborato a livello comunale e con riferimento alla fascia demografica (Figura 29) e alla tipologia dei comuni così come considerati nella Strategia Nazionale Aree Interne (Figura 30). In assoluto il valore dell'indicatore assume il valore massimo per il comune di Augusta, nel quale a fronte di tre soli abitanti in più sono stati consumati 35 ettari (valore indicatore sopra 118 mila, quasi 12 ettari per ogni nuovo abitante). Sono 2.931 i comuni in cui la popolazione è cresciuta per un totale di 9.169 abitanti mentre sono 4.968 quelli in cui la popolazione residente è

diminuita, per un totale di 42.101 abitanti. I casi di ripristino del suolo a fronte di una crescita di popolazione è un'evenienza registrata quest'anno per 119 comuni (erano 66 l'anno scorso). Nella Tabella 23 il conteggio dei comuni, mostra come dal 2006 ad oggi la maggior parte dei comuni abbia consumato suolo nonostante la recessione demografica.

Tabella 23. Conteggio dei comuni per classe di consumo di suolo netto 2006-2023 e tendenza di variazione demografica

Consumo di suolo 2006-2023	Popolazione crescente	Popolazione decrescente	Totale
Positivo	2.884	4.848	7.732
Negativo	17	40	57
Neutralità	31	79	110
Numero comuni	**2.932**	**4.967**	**7.899**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Limitando l'analisi ai comuni nei quali la popolazione è cresciuta e in cui, quindi, il consumo marginale di suolo è generalmente positivo, il picco più elevato di consumo marginale si registra nella fascia di popolazione compresa tra i 10.000 e i 20.000 abitanti. Si noti come i valori sotto la media nazionale siano quelli delle fasce demografiche sopra i 50 mila abitanti e i piccoli comuni sotto i 5.000. Complessivamente il maggior contributo al consumo di suolo tra il 2022 e il 2023 è dato dai comuni con popolazione compresa tra i 10.000 e i 20.000 abitanti (Figura 29).

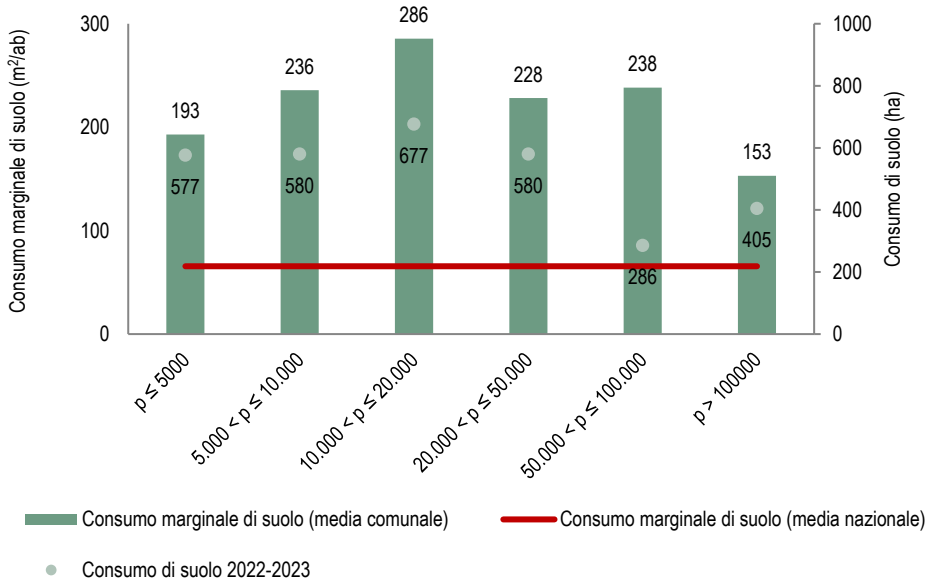


Figura 29. Consumo marginale di suolo e consumo di suolo complessivo in ettari per i comuni con popolazione crescente tra il 2022 e il 2023, per fascia demografica dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

Analizzando l'andamento del consumo marginale di suolo per tipologia di comune, limitandoci anche in questo caso ai comuni con variazione demografica positiva (circa il 37% dei comuni in Italia e il 38% del territorio nazionale), si nota, che i valori più elevati dell'indicatore registrati tra il 2022 e il 2023, si rilevano nelle fasce polo e periferico a fronte di un consumo maggiore in termini di superficie che si è

concentrato prevalentemente nei comuni di cintura. Da segnalare la differenza di andamento con l'ultima rilevazione che attribuiva invece ai comuni periferici il maggior peso nel complessivo di questa analisi specifica (Figura 30).

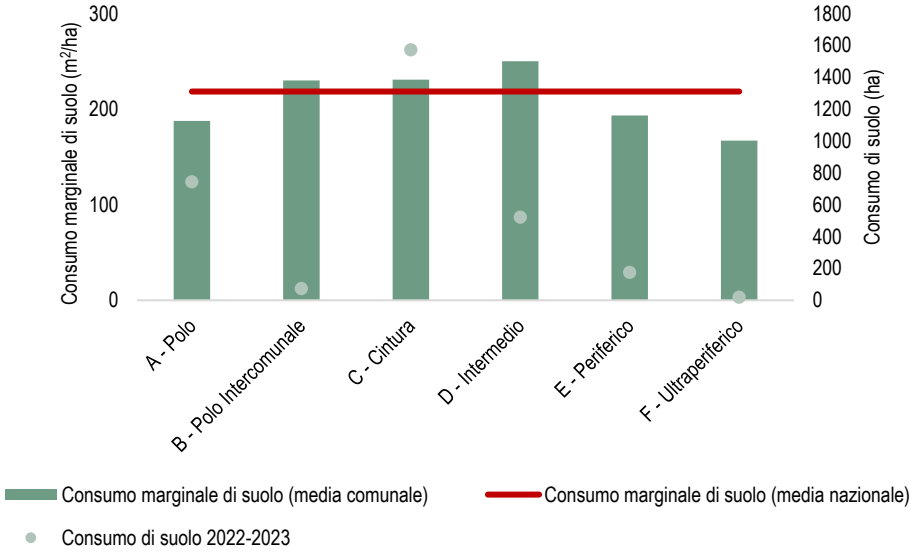


Figura 30. Consumo marginale di suolo e consumo di suolo complessivo in ettari per i comuni con popolazione crescente tra il 2022 e il 2023, per tipologia dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Agenzia per la Coesione Territoriale e cartografia SNPA

L'analisi sui capoluoghi di regione è stata approfondita valutandone sia la densità di consumo di suolo (Figura 31), sia il consumo marginale (Figura 32). Il valore più alto di densità di consumo si registra quest'anno a Cagliari, con 31 m^2 di nuovo suolo consumato per ettaro di superficie. Gli ettari consumati a Cagliari nell'ultimo anno sono stati poco meno di 26, pesano in questo caso le dimensioni relativamente contenute del territorio comunale. Le città che presentano il valore più basso di densità sono Trieste e Genova con valori inferiori al metro quadro per ettaro, con la seconda che storicamente fa registrare valori bassi di nuovo suolo consumato. Roma, che è la città che presenta il maggior numero di ettari di consumo di suolo (71) mostra un valore di densità di circa 6 m^2/ha superiore alla media dei capoluoghi che è di 5,6 m^2/ha.
Considerando il consumo marginale, Genova è il capoluogo che presenta il valore più basso (circa -950 m^2/ab), avendo consumato, nell'ultimo anno, 1 ettaro di suolo e avendo avuto una diminuzione contestuale della popolazione di 12 abitanti. Il valore più alto di consumo marginale lo fa registrare Perugia (20.700 m^2/ab), che ha consumato poco più di 10 ettari a fronte di un aumento di 5 abitanti nell'ultimo anno. Milano e Firenze i due comuni vicini allo zero, intervallo preferibile in un'ottica di sostenibilità e di equilibrio della relazione consumo-esigenza demografica.

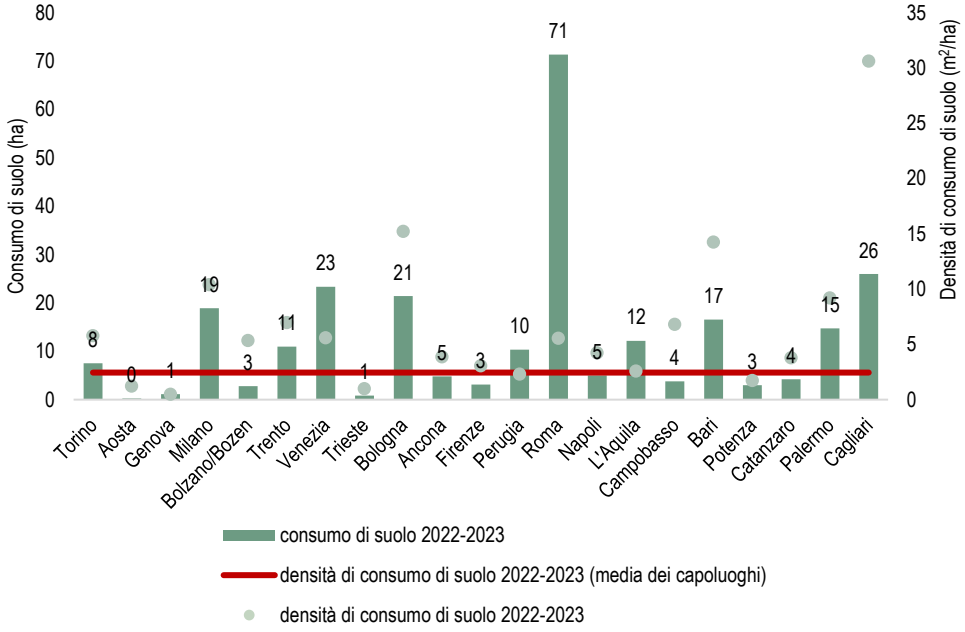


Figura 31 Consumo di suolo tra il 2022 e il 2023 in ettari complessivi e in metri quadrati per ettaro nei capoluoghi di Regione e Province autonome. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

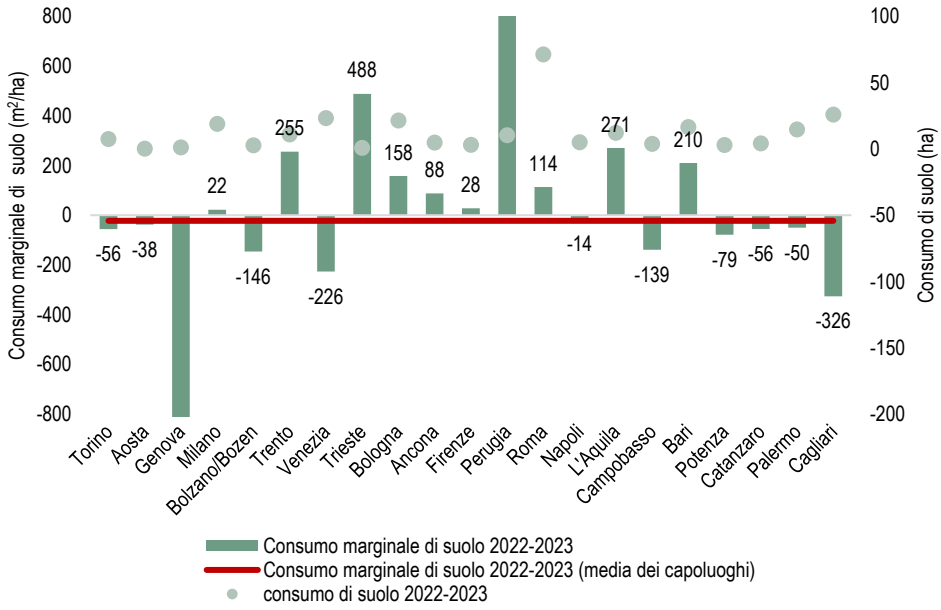


Figura 32. Consumo marginale di suolo per i capoluoghi di regione tra il 2022 e il 2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati e cartografia SNPA

Analizzando la perifericità dei comuni, si evidenzia che quelli di cintura, indipendentemente dalla loro dimensione demografica, sono sede di oltre il 48% del consumo di suolo nazionale (nella passata edizione era il 42%; Figura 34).
La densità dei cambiamenti, ovvero il consumo di suolo rapportato alla superficie territoriale, decresce con l'aumentare della perifericità a partire dalla classe dei comuni intermedi così come la somma totale del consumo.

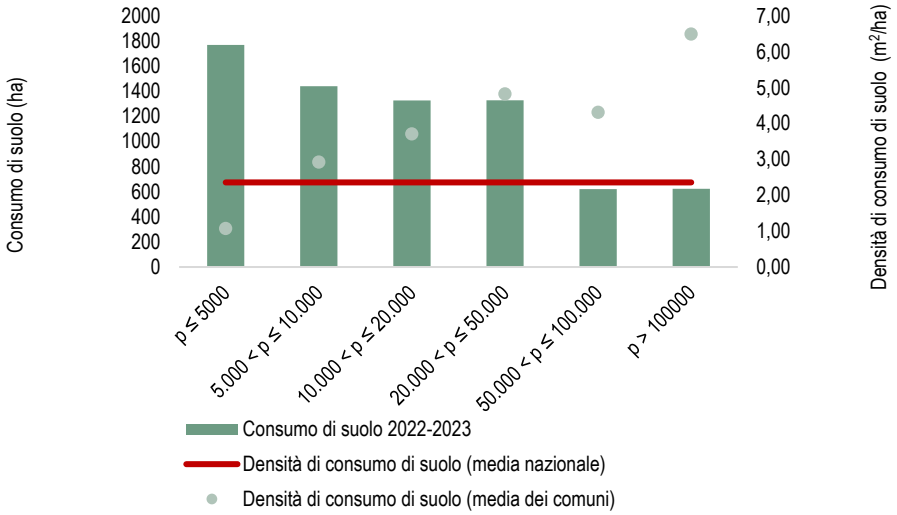


Figura 33. Consumo di suolo tra il 2022 e il 2023 in ettari complessivi (barre in verde) e in metri quadrati per ettaro (pallini in nero) per fascia demografica dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

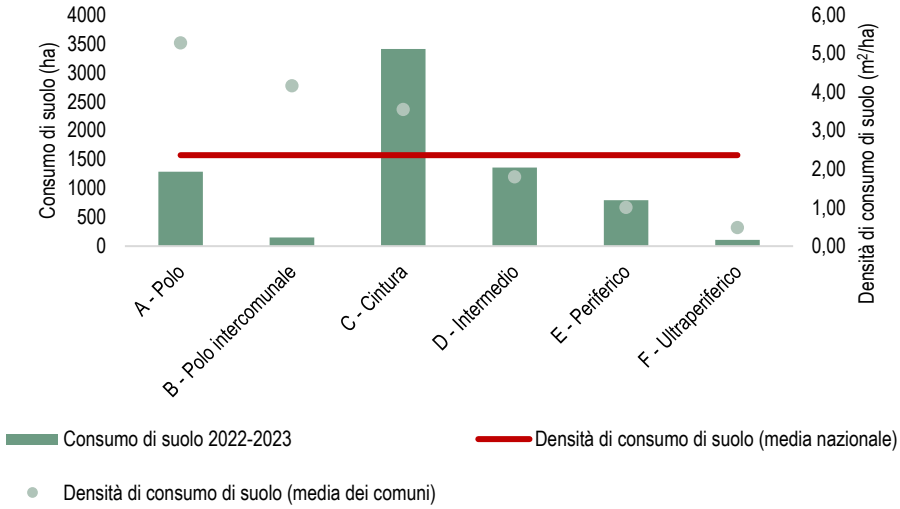


Figura 34. Consumo di suolo tra il 2022 e il 2023 in ettari complessivi (barre in verde) e in metri quadrati per ettaro (pallini in nero) per tipologia dei comuni. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Agenzia per la Coesione Territoriale e cartografia SNPA

Un'ultima categorizzazione dei comuni è stata fatta considerando la variazione demografica fra la popolazione residente relativa al 1° gennaio 2022 e quella al 1° gennaio 2023. Le variazioni percentuali sono state raggruppate in 5 classi, la classe che rappresenta la stabilità demografica, con variazioni relativamente contenute (-0,5≤p<0,5) contiene l'apporto maggiore di consumo di suolo con oltre 2,7 mila ettari (Tabella 24).

Tabella 24. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale netto (ettari 2022-2023), densità di consumo di suolo annuale netto (m^2/ha 2022-2023) e consumo marginale (m^2/nuovi abitanti 2022-2023) per classe di variazioni demografiche

Classi di variazione demografica (%)	Numero di comuni	Suolo consumato (km^2)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m^2/ha)	Consumo marginale (m^2/ab)
p < -1%	2.159	2.791	783	0,99	-114
-1% ≤ p < -0,5%	1.217	3.570	1.090	1,92	-179
-0,5% ≤ p < 0,5%	2.745	11.015	3.592	3,10	-8.158
0,5% ≤ p < 1%	808	2.595	934	3,54	174
p ≥ 1%	970	1.607	709	3,01	151

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati Istat e cartografia SNPA

I "comuni risparmia suolo"

Sulla base dei dati storici relativi al monitoraggio del consumo di suolo a cura del SNPA (2006-2023), viene proposta una valutazione delle dinamiche insediative a livello comunale, con l'obiettivo di individuare i comuni in cui le trasformazioni della copertura del suolo legate alla nuova artificializzazione sono limitate[11] o assenti.

È stata condotta una prima fase di selezione volta ad escludere dalla selezione i comuni in cui le dinamiche insediative sono condizionate da variabili demografiche (significativo calo demografico) o dalla composizione del territorio (presenza di ampie porzioni del territorio comunale già artificializzate); in questo senso è stato definito il set di parametri e soglie riportato nella Tabella 25.

Tabella 25. Parametri e soglie considerati per la selezione dei comuni inclusi nella classifica dei "comuni risparmia suolo". I comuni nei quali le cinque condizioni risultano verificate sono stati considerati per l'elaborazione della graduatoria finale

	Parametro	Soglia
1	Consumo di suolo annuale (2022-2023)	
	Comuni grandi	≤ 1,0 ha
	Comuni medi	≤ 0,5 ha
	Comuni piccoli	≤ 0,0 ha
2	Consumo di suolo annuale medio (2006-2023)	≤ 3 ha
3	Suolo consumato al netto dei corpi idrici (2023)	≤ 50%
4	Suolo consumato nelle aree pianeggianti (<10% di pendenza) (2023)	≤ 50%
5	Variazione di popolazione (2006-2023)	≥-10%
6	SDG 11.3.1	≤ 1

L'analisi è stata svolta suddividendo i comuni in tre categorie sulla base della dimensione demografica e selezionando, per ciascuna categoria, quello con il minore consumo di suolo lordo per il periodo 2020-2023, ottenendo i risultati mostrati in Tabella 26.

[11] Non più di un ettaro per i grandi comuni, non più di mezzo ettaro per i comuni medi, pari a zero (o negative) per i piccoli.

Tabella 26. Comuni "risparmia suolo" 2024, individuati sulla base dei valori di consumo di suolo lordo per il periodo 2020-2023

Categoria	Comune
Comuni grandi (>100.000 ab.)	Trieste
Comuni medi (10.000≤ ab. ≤100.000)	Bareggio *(Provincia di Milano)*
Comuni piccoli (<10.000 ab.)	Massa Fermana *(Provincia di Fermo)*

Trieste (TS)

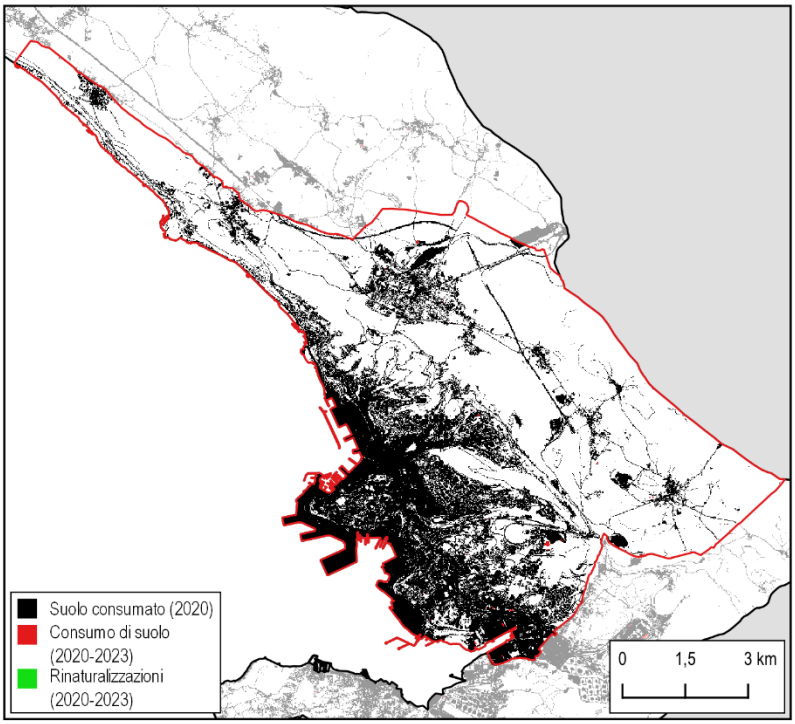
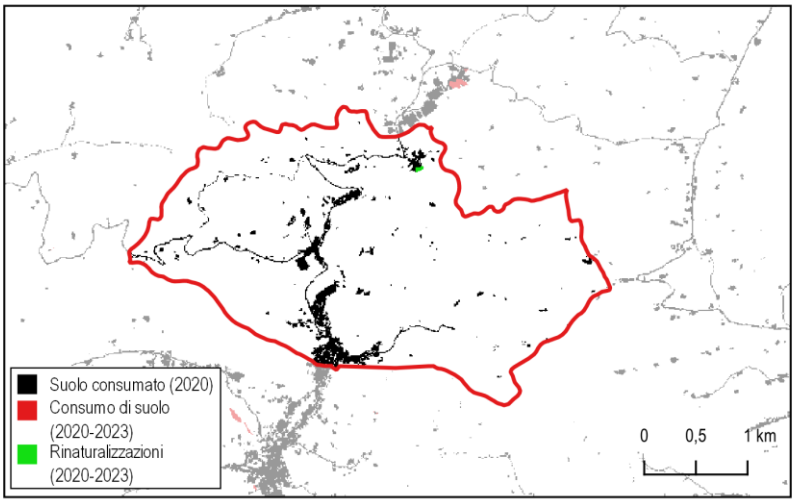


Figura 35. Suolo consumato al 2020 e cambiamenti tra 2020 e 2023 nel comune di Trieste, che ha registrato il minore consumo di suolo lordo per il periodo 2020-2023 tra i grandi comuni

Massa Fermana (FM)



Bareggio (MI)

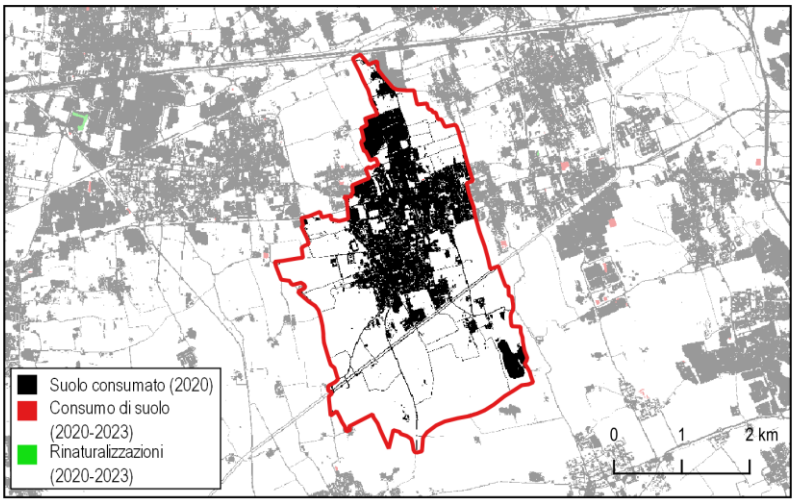


Figura 36. Suolo consumato al 2020 e cambiamenti tra 2020 e 2023 nel comune di Massa Fermana e Bareggio, che hanno registrato il minore consumo di suolo lordo per il periodo 2020-2023 tra i comuni piccoli e medi

GLI SCENARI FUTURI

Considerando il complesso e articolato sistema di obiettivi, politiche e azioni esistenti a diverso livello, è difficile realizzare una valutazione realistica degli scenari di trasformazione del territorio italiano. Di certo, nel caso in cui la velocità di trasformazione dovesse confermarsi pari a quella attuale anche nei prossimi anni, si potrebbe stimare il nuovo consumo di suolo, che sarebbe pari a 1.739 km² tra il 2023 e il 2050 e a 451 km² se l'azzeramento fosse anticipato al 2030 (Figura 37). Se invece si dovesse tornare alla velocità media registrata nel periodo 2006-2012, si sfiorerebbero i 3.000 km². Nel caso in cui si attuasse una progressiva riduzione della velocità di trasformazione, ipotizzata nel 15% ogni triennio, si avrebbe un incremento delle aree artificiali di 371 km², prima dell'azzeramento al 2030, o di 910 km², prima dell'azzeramento al 2050. Sono tutti valori molto lontani dagli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 che, sulla base delle attuali previsioni demografiche, imporrebbero addirittura un saldo negativo del consumo di suolo. Ciò significa che, a partire dal 2030, la "sostenibilità" dello sviluppo richiederebbe un aumento netto delle aree naturali di 362 km² o addirittura di 888 km² che andrebbero recuperati nel caso in cui si volesse anticipare tale obiettivo a partire da subito.
Considerando i costi annuali medi dovuti alla perdita di servizi ecosistemici, sia per la componente legata ai flussi, sia per la componente legata allo stock (cfr. § *La perdita di servizi ecosistemici del suolo*), si può stimare, se fosse confermata la velocità media 2006-2023 anche nei prossimi 7 anni e quindi la crescita dei valori economici dei servizi ecosistemici persi, un costo cumulato complessivo, tra il 2006 e il 2030, compreso tra 173 e 212 miliardi di euro.

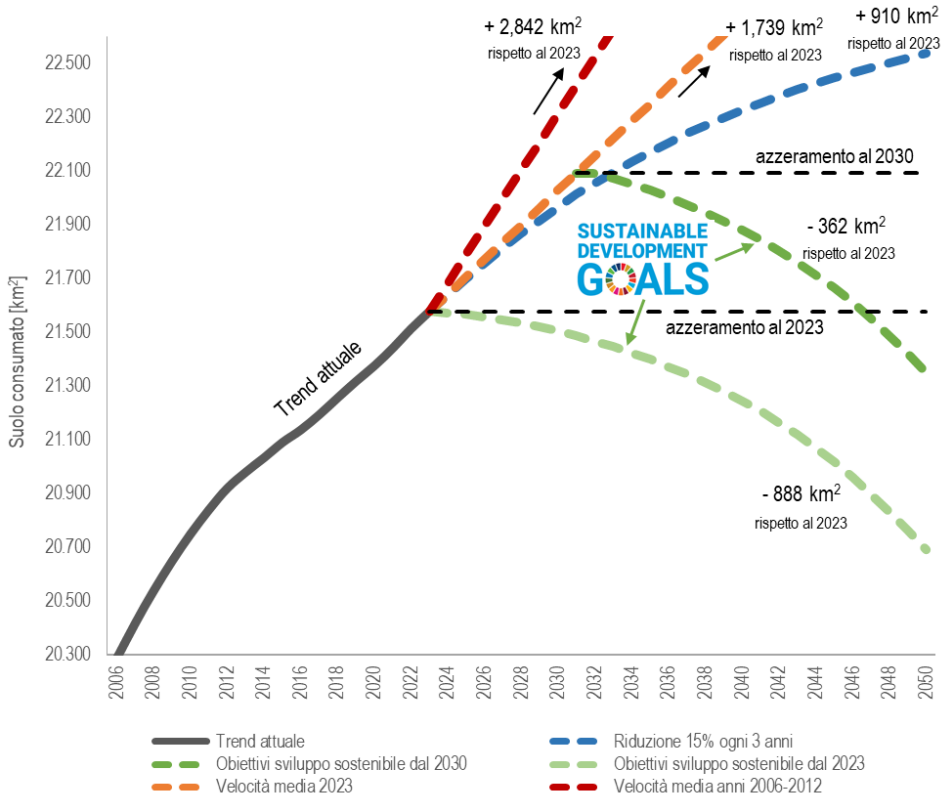


Figura 37. Scenari di consumo di suolo in Italia (km² di suolo consumato a livello nazionale al 2050). Fonte: elaborazione ISPRA

ACCESSO AI DATI DI USO, COPERTURA E CONSUMO DI SUOLO A LIVELLO NAZIONALE

Allo scopo di rendere i dati fruibili e accessibili da parte di una platea sempre più ampia di soggetti, accanto al consueto rapporto annuale, ISPRA ha introdotto l'EcoAtl@nte[12],uno strumento di divulgazione che, attraverso una rappresentazione cartografica dei dati, integrata da testi sintetici e altre informazioni grafiche, permette di accedere alle principali informazioni ambientali raccolte nel Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA), garantendo una consultazione immediata e interattiva (Figura 38).

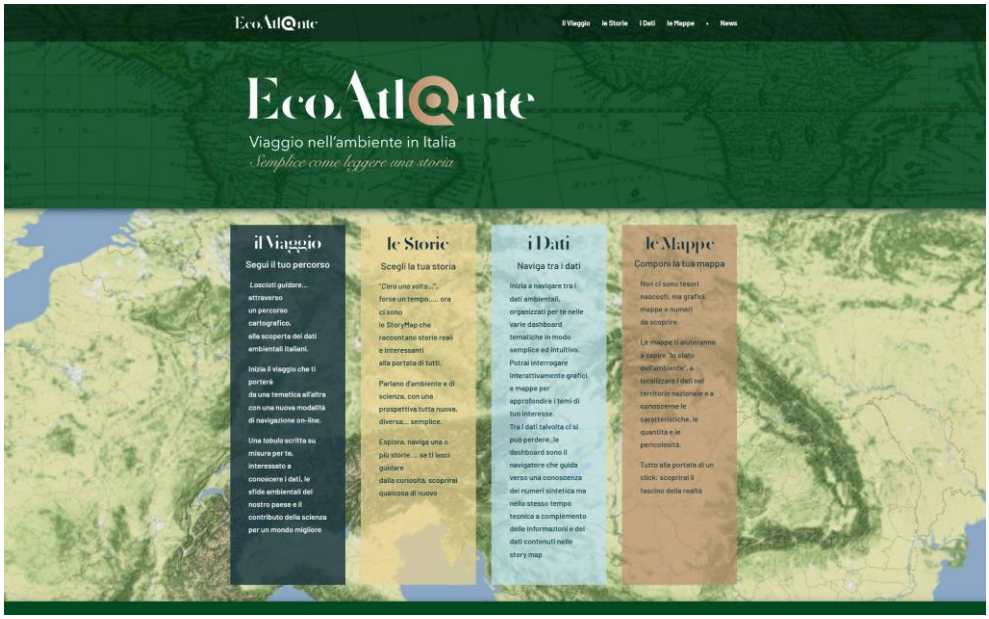


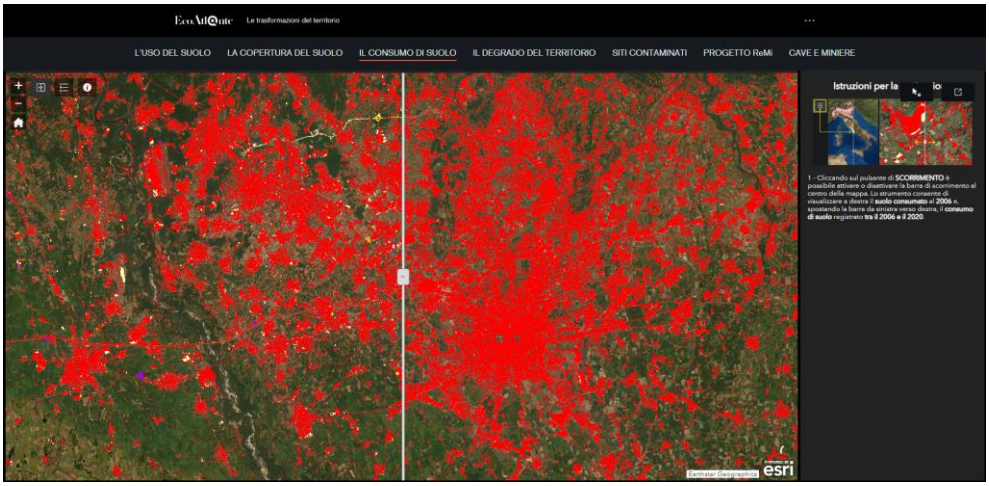
Figura 38. Pagina di accesso all' all'EcoAtl@nte

L'EcoAtl@nte offre l'accesso alle banche dati ambientali di ISPRA e del SNPA attraverso le *Storymap* (Figura 39, Figura 40), che offrono una panoramica sui principali temi ambientali per mezzo di mappe, testi, filmati e *dashboard,* consentendo anche la consultazione di dettaglio del dato, a scala nazionale o rispetto ad ambiti territoriali specifici (comune, provincia, regione). La piattaforma offre, inoltre, la possibilità di mettere in relazione e combinare dati diversi per produrre mappe personalizzate condivisibili su piattaforme esterne e piattaforme *social*.

Gran parte dei dati, delle cartografie e degli indicatori presentati nell'ambito di questo rapporto sono inoltre consultabili sul portale del consumo di suolo del SNPA realizzato da ARPA Piemonte in collaborazione con ISPRA (Figura 41). Il download dei dati completi, resi disponibili sia in forma tabellare (indicatori a livello nazionale, regionale, provinciale e comunale) che in forma di dataset geografico utilizzabile da qualsiasi software GIS (*Geographic Information System*), può essere effettuato dalla sezione del *groupware* del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA) dedicata ai dati di monitoraggio del territorio (Figura 42).

[12] https://ecoatlante.isprambiente.it/

Figura 39. Codice QR da inquadrare con smartphone o tablet per accedere all'EcoAtl@nte



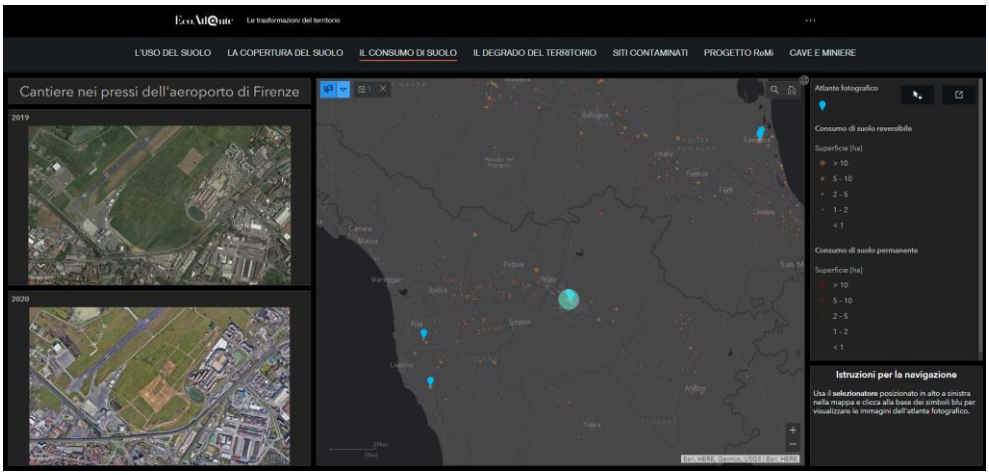


Figura 40. Esempi di web-app consultabile all'interno delle storymap contenute nell'EcoAtl@nte

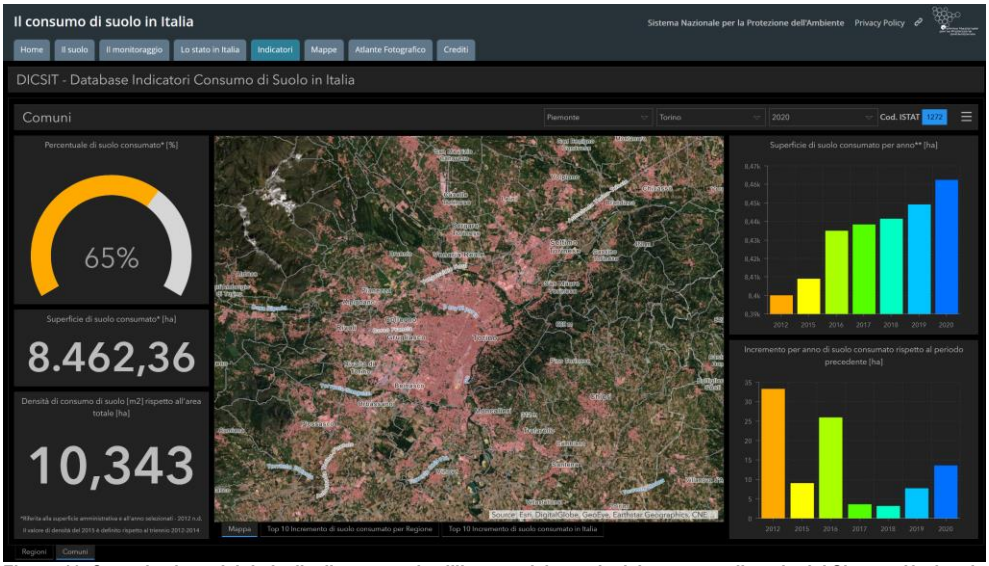


Figura 41. Consultazione dei dati a livello comunale all'interno del portale del consumo di suolo del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)

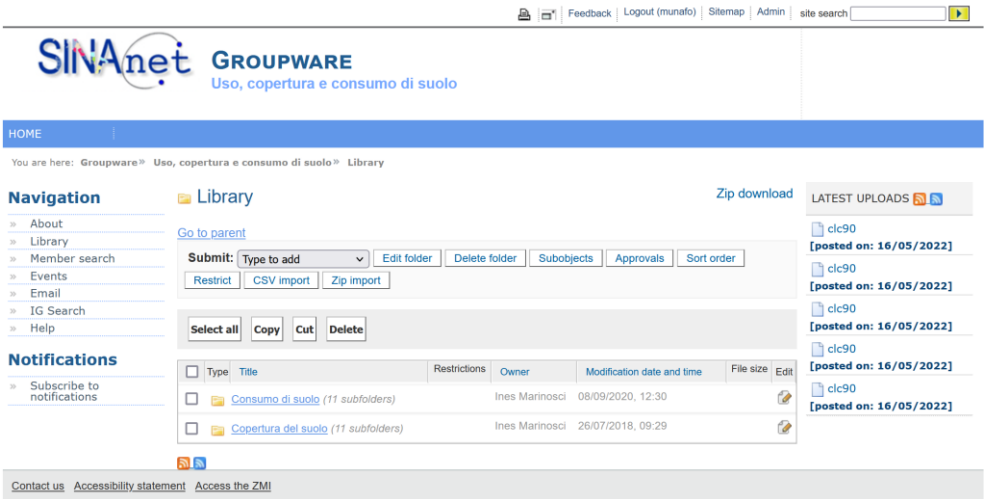


Figura 42. Download dei dati tramite il groupware del Sistema Informativo Nazionale Ambientale (SINA)

UN RACCONTO FOTOGRAFICO SUL CONSUMO DI SUOLO: "UNO SCATTO PER RACCONTARE IL CAMBIAMENTO"

In occasione della presentazione dei nuovi dati sul consumo di suolo, ISPRA ha voluto coinvolgere professionisti e amatori del mondo della fotografia del paesaggio con il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento", per testimoniare, attraverso gli occhi di chi vive il territorio, di come i nuovi cantieri, i processi di urbanizzazione, la realizzazione di edifici, di infrastrutture, di aree estrattive, di poli produttivi, della logistica e della grande distribuzione abbiano modificato e continuino a modificare profondamente l'assetto del paesaggio e la quotidianità dei cittadini.

Tra le pagine del rapporto sono presenti alcuni degli scatti proposti dai partecipanti, inseriti nei paragrafi che trattano temi affini ai soggetti delle foto e che descrivono il consumo di suolo da diverse prospettive, fornendo un punto di vista nuovo e importante nella caratterizzazione e nella comprensione del fenomeno. Infatti, accanto all'attività di monitoraggio del consumo di suolo, essenziale e imprescindibile per fornire l'adeguata base conoscitiva, è importante che venga riconosciuta la giusta attenzione anche a come i cambiamenti nell'assetto del tessuto insediativo, produttivo e infrastrutturale condizionano la quotidianità e la percezione del contesto da parte di chi vive il territorio.

STATO E TRASFORMAZIONI DEL TERRITORIO

USO E COPERTURA DEL SUOLO

Uso e copertura del suolo sono due ambiti estremamente correlati nell'analisi dei fenomeni e dei processi che caratterizzano l'evoluzione del territorio. Queste trasformazioni hanno conseguenze sostanziali sul benessere dell'uomo e sullo stato dell'ambiente a livello globale, regionale e locale, è quindi necessario lo sviluppo di opportuni strumenti di monitoraggio in grado di sostenere in modo organico la definizione e l'implementazione di adeguate politiche di governo e gestione sostenibile del territorio. Questo paragrafo descrive le principali attività e di mappatura e analisi dell'uso e della copertura del suolo svolte da ISPRA[13], offrendo, inoltre, una panoramica sui principali strumenti disponibili per l'Italia nell'ambito del servizio di monitoraggio del territorio del Programma Copernicus (Tabella 27).

Il servizio di monitoraggio del territorio del Programma Copernicus

Il Servizio di monitoraggio del territorio del Programma Copernicus[14] (*Copernicus Land Monitoring Service* - CLMS) offre informazioni geografiche sul suolo e su numerose variabili ad esso correlate, raccolte e organizzate secondo sei componenti.
La componente di *Land Cover and Land Use Mapping* include gli *High Resolution Layers* (HRL), che descrivono con dettaglio di 10 metri (20 metri nelle prime versioni) un limitato numero di macro classi di copertura del suolo[15] (Congedo *et al.,* 2016) e il CORINE *Land Cover* (Munafò e Marinosci, 2018), uno strato vettoriale con minima unità mappabile di 25 ettari, che mappa l'intero territorio europeo dal 1990 secondo 44 classi di uso e copertura del suolo; più di recente è stato introdotto il CLC *Plus Backbone*, un *raster* a 10 metri con sistema di classificazione a 12 classi[16] di copertura del suolo coerenti con le indicazioni in materia di sistemi di classificazione fornite in ambito europeo dal Gruppo EAGLE. A questa componente afferisce, inoltre, lo strato di uso-copertura del suolo a scala globale *Dynamic Land Cover* (Buchhorn, *et al*., 2020).
Alla componente di *Priority Area Monitoring* del CLMS (in precedenza denominata *Local component*) fanno capo dati di uso e copertura del suolo ad alta risoluzione specifici per la descrizione di dettaglio di quattro ambiti critici dal punto di vista ambientale, territoriale e ecosistemico: *Urban Atlas* mappa le 84 *functional urban area* sul territorio nazionale secondo un sistema di classificazione di derivazione CORINE *Land Cover*, mentre i dati *Riparian Zones*, *Coastal Zones* e *Natura 2000* utilizzano un sistema di classificazione basato sul *Mapping Assessment of Ecosystems and their Services* (MAES, anch'esso di derivazione CORINE *Land Cover*) per la mappatura ad alta risoluzione delle zone ripariali, della fascia costiera e delle aree protette Natura 2000.

[13] Per un'analisi più approfondita delle tematiche inerenti alle attività di monitoraggio dell'uso e la copertura del suolo svolte da ISPRA, si rimanda all'edizione 2023 del rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", dove vengono descritti nel dettaglio i principali dati Copernicus e analizzate le cartografie di uso e copertura prodotte da ISPRA, sia in termini di sistemi di classificazione che di metodologia di realizzazione e di statistiche di superficie.
[14] https://land.copernicus.eu/en
[15] Al 2018, sono disponibili 4 strati HRL, relativi a superfici impermeabili, foreste, prati, corpi idrici e zone umide, cui si aggiunge lo strato *small woody features.*
[16] È prevista la pubblicazione anche di una versione vettoriale del dato, con legenda a 18 classi di copertura del suolo.

Tabella 27. Dati di uso e copertura del suolo afferenti al servizio di monitoraggio del territorio del Programma *Copernicus*. Gli *High Resolution Layers* sono disponibili al 2015 e al 2018 per i 4 tematismi, rispetto al 2012 per foreste e grado di impermeabilizzazione e rispetto al 2006 per il solo grado di impermeabilizzazione

Componente CLMS	Estensione	Prodotto	Risoluzione spaziale	Sistema di classificazione	Aggiornamenti	Anno di riferimento
Land Cover and Land Use Mapping	Globale	*Dynamic Land Cover*	100 m	Uso-copertura 23 classi	Annuale	2015-2019
	Pan-Europea	*CORINE Land* Cover	25 ha (stato) 5 ha (variazioni)	Uso-copertura 44 classi	6 anni	1990, 2000, 2006, 2012, 2018
		High Resolution Layers	10 m	Copertura 4 classi	3 anni	2006, 2009, 2012, 2015, 2018
		CLC Plus Backbone	10 m (raster)	Copertura 12 classi	3-6 anni	2018, 2021
Priority Area Monitoring	*Functional urban area* (84 in Italia)	*Urban Atlas*	0,25 ha (urbano) 1 ha (naturale)	Uso-copertura 27 classi	6 anni	2006, 2012, 2018
	Aree ripariali dei fiumi con numero di Strahler tra 2 e 8	*Riparian Zones*	0,5 ha	Uso-copertura 55 classi	6 anni	2012, 2018
	Buffer delle aree della Direttiva Habitat e Uccelli	*Natura 2000*				2006, 2012, 2018
	Buffer di 10 km della linea di costa	*Coastal Zones*		Uso-copertura 71 classi		2012, 2018

Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati *Copernicus* CLMS

IL NUOVO DATO CLC PLUS BACKBONE 2021

IL CLC Plus *Backbone* (BB), le cui caratteristiche tecniche sono riassunte in Tabella 27, è il primo, tra i dati CLMS che mappano uso e/o copertura del suolo, ad aver ricevuto l'aggiornamento 2021, offrendo informazioni nuove e aggiornate sullo stato della copertura del suolo, rispetto ai già noti strati aggiornati al 2018 descritti in precedenza (Tabella 28).

L'analisi delle statistiche di superfice a scala nazionale per il 2021 conferma la prevalenza di vegetazione legnosa (vegetazione arbustiva e arborea), che occupa quasi il 45% del territorio nazionale (le latifoglie caducifoglie, in particolare, coprono poco meno del 25% della superficie totale), mentre l'erbaceo permanente è la classe più estesa (quasi 76.000 km^2, pari al 25,2%). Le aree artificiali coprono il 5,5% della superficie totale, un valore inferiore a quello rilevato dalla carta nazionale del consumo di suolo per via, di alcune omissioni e, in parte, della diversa accezione che assumono determinate classi nei sistemi di classificazione dei due dati. Oltre il 70% del suolo consumato permanente è mappato come artificializzato da BB (la restante parte è in larga parte ascrivibile a omissioni da parte di BB nella mappatura della rete stradale mappate dal suolo consumato), mentre parte consistente del suolo consumato reversibile ricade nelle classi BB di vegetazione erbacea permanente o periodica o di "vegetazione rada o assente".

Il modello EAGLE associa cave e siti di estrazione nella classe di roccia nuda 1.2.1.1, ma le caratteristiche fisiche di queste aree, fortemente modificate dalla compattazione e dai cambia-

menti morfologici causati dalla rimozione del materiale, sono più simili a quelle della classe EAGLE 1.1.2 "Superfici artificiali non sigillate" (che include qualsiasi area aperta in cui il materiale di superficie naturale è stato sostituito da materiale artificiale o rimosso dal suo luogo di origine a seguito di attività umana formando una superficie non sigillata e non edificata). In questo senso, la definizione ISPRA di consumo di suolo reversibile include tutte le aree in cui la copertura superficiale naturale è stata rimossa o alterata (compattazione, scavo o posa di coperture impermeabili temporanee).

Tabella 28. Composizione del territorio nazionale rispetto alle classi di copertura del suolo del nuovo dato CLC *Plus Backbone* relativo al 2021, in ettari e in percentuale rispetto alla superficie totale

Classe		Superficie (2021)		Suolo consumato	
				Permanente	Reversibile
		(ha)	(%)	(%)	(%)
1	*Sealed*	16.660	5,5	69,3	14,8
2	*Woody – needle leaved trees*	15.610	5,2	0,8	0,6
3	*Woody – Broadleaved deciduous trees*	74.659	24,8	5,9	7,2
4	*Woody – Broadleaved evergreen trees*	27.869	9,2	3,5	3,9
5	*Low-growing woody plants (shrubs)*	16.831	5,6	1,5	3,4
6	*Permanent herbaceous*	75.917	25,2	14,6	35,3
7	*Periodically herbaceous*	60.019	19,9	2,8	13,7
9	*Non- and sparsely-vegetated*	9.291	3,1	1,2	18,5
10	*Water*	4.291	1,4	0,3	2,5
11	*Snow and ice*	245	0,1	0	0

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e CLMS

Le cartografie ISPRA di uso del suolo, copertura del suolo e tipologie di ecosistemi

ISPRA ha sviluppato una metodologia per la produzione di carte di uso e copertura del suolo a partire dall'integrazione della carta nazionale del suolo consumato e dei principali dati CLMS, con l'obiettivo di valorizzare i punti di forza dei principali prodotti disponibili nell'ambito di *Copernicus* massimizzandone la coerenza geometrica e l'omogeneità tematica.
Lo studio (De Fioravante *et al.*, 2022; De Fioravante *et al.*, 2023) è stato orientato alla realizzazione di prodotti cartografici di uso e copertura del suolo a copertura nazionale, superando il più possibile i limiti di risoluzione spaziale del CORINE *Land Cover*. In questo senso, sono stati analizzati, riclassificati, convertiti in raster e infine mosaicati, i dati locali afferenti alla componente di *Priority Area Monitoring* del CLMS (*Urban Atlas*, *Coastal Zones*, *Riparian Zones* e *Natura 2000*), mantenendo il CORINE *Land Cover* nelle aree restanti e introducendo la Carta nazionale del suolo consumato di ISPRA-SNPA per la mappatura delle aree artificiali al fine di ridurre le omissioni presenti nei prodotti europei. Il CLC+ *Backbone* ha permesso la disambiguazione delle componenti di copertura del suolo (arborea, erbacea e arbustiva) presenti nelle classi miste dei sistemi di classificazione dei dati di input CLMS, mentre per l'uso del suolo si è fatto riferimento alla legenda proposta dall'EEA per l'inventario dei dati di uso.
Data l'importanza della gestione del territorio per la conservazione del capitale naturale e la necessità di monitorare nel tempo gli ecosistemi, a partire dalla medesima metodologia è stata derivata anche una mappatura delle principali tipologie di ecosistemi, basata sulle classi riportate in Tabella 31 e coerenti con il *Mapping Assessment of Ecosystem Services* (MAES; Figura 43) (Maes *et al.*, 2018).

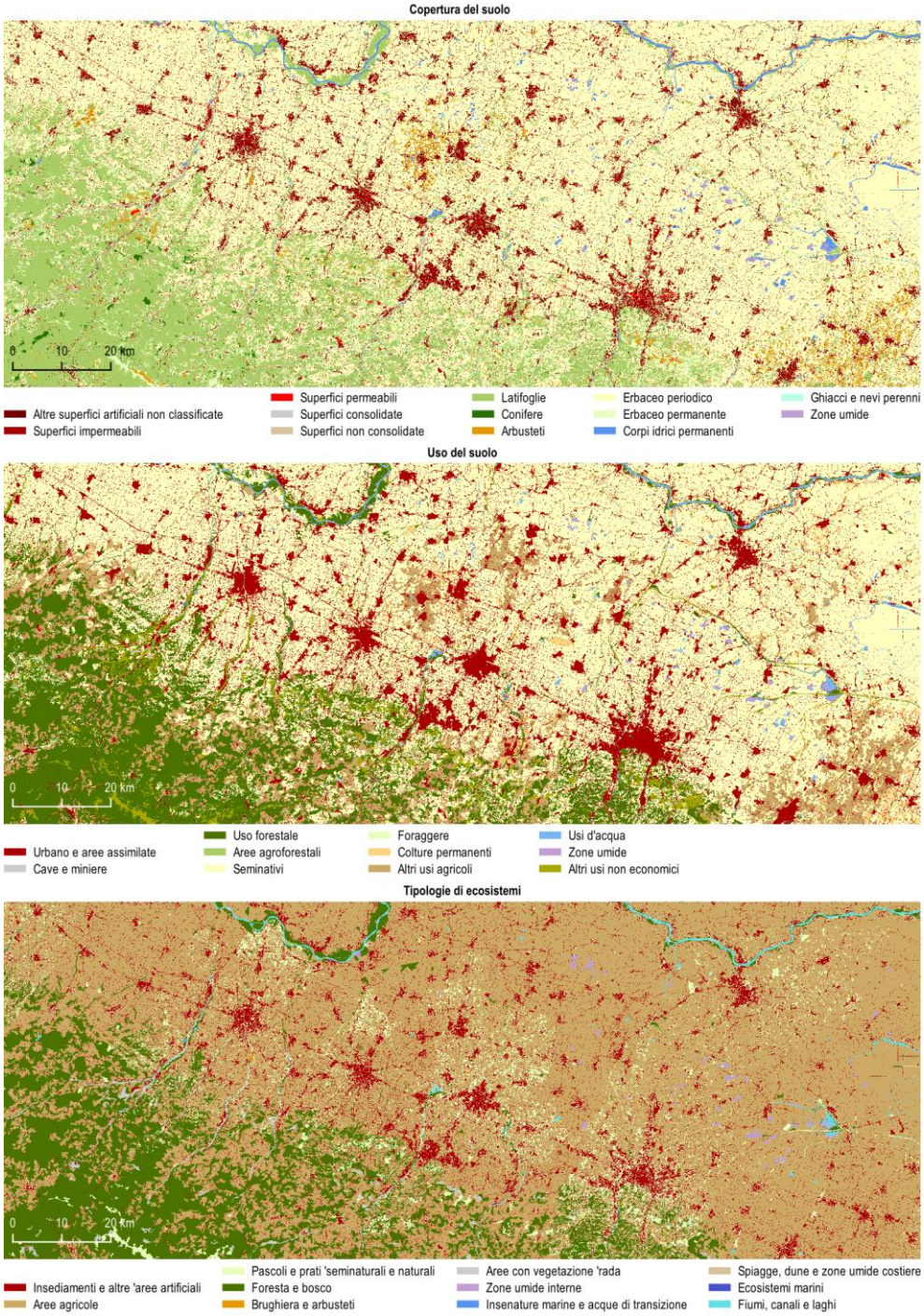


Figura 43. Dettaglio delle carte di copertura del suolo, uso del suolo e tipologie di ecosistemi (2018) da integrazione della Carta nazionale del consumo di suolo e dati CLMS. Fonte: Elaborazioni ISPRA su dati *Copernicus* CLMS

I sistemi di classificazione adottati da ISPRA per la carta di copertura del suolo (Tabella 29) e la carta di uso del suolo (Tabella 30) sono stati concepiti in linea con il modello proposto in ambito europeo dal Gruppo EAGLE per la classificazione e l'archiviazione delle informazioni spaziali secondo un modello dati consistente, distinguendo componenti di copertura del suolo, attributi di uso del suolo e altre caratteristiche. Il primo livello di classificazione della copertura del suolo presenta tre classi direttamente riconducibili alle componenti di copertura del suolo della matrice EAGLE (superfici non vegetate, superfici vegetate e corpi idrici e ghiacci), cui si aggiunge la classe per la descrizione delle zone umide.

Tabella 29. Sistema di classificazione adottato per la carta di copertura del suolo ISPRA basata su dati Copernicus

Copertura del suolo							
1	Superfici abiotiche – non vegetate	1.1	Superfici artificiali ed edifici	1.1.1	Superfici impermeabilizzate		
				1.1.2	Superfici non impermeabilizzate		
		1.2	Superfici abiotiche naturali	1.2.1	Superfici abiotiche consolidate		
				1.2.2	Superfici abiotiche non consolidate		
2	Superfici vegetate	2.1	Vegetazione legnosa	2.1.1	Vegetazione arborea	2.1.1.1	Latifoglie
						2.1.1.2	Conifere
				2.1.2	Vegetazione arbustiva		
		2.2	Vegetazione erbacea	2.2.1	Erbaceo periodico		
				2.2.2	Erbaceo permanente		
3	Corpi idrici	3.1	Corpi idrici permanenti				
		3.2	Ghiacci e nevi perenni				
4	Zone umide						

Fonte: ISPRA

Tabella 30. Sistema di classificazione adottato per la carta di uso del suolo ISPRA basata su dati Copernicus

Uso del suolo			
1	Agricolo	1.1	Seminativi
		1.2	Foraggere
		1.3	Colture permanenti
		1.4	Aree agroforestali
		1.5	Altre aree agricole
2	Foreste e arboricoltura da legno		
3	Cave e miniere		
4	Urbano e aree assimilate		
5	Usi d'acqua		
6	Usi non economici	6.1	Zone umide
		6.2	Altri usi non economici

Fonte: ISPRA

Tabella 31. Sistema di classificazione adottato per la mappatura delle tipologie di ecosistemi

Tipologie di ecosistemi	
1	Insediamenti e altre aree artificiali
2	Aree agricole
3	Pascoli e prati seminaturali e naturali)
4	Foresta e bosco
5	Brughiera e arbusteti
6	Aree con vegetazione rada
7	Zone umide interne
8	Insenature marine e acque di transizione
9	Spiagge costiere, dune e zone umide
10	Ecosistemi marini
11	Fiumi, canali e laghi

Fonte: ISPRA

Dall'applicazione della metodologia sono state generate delle carte *raster* a 10 metri a copertura nazionale e relative agli anni 2012 e 2018, in grado di garantire coerenza geometrica e comparabilità tra informazioni di copertura d suolo, uso del suolo e tipologie di ecosistemi. Tali prodotti garantiscono un miglioramento nella rappresentazione del territorio rispetto ai dati preesistenti, in primo luogo il CORINE *Land Cover*, sia nella descrizione dello stato che nell'individuazione delle variazioni, rappresentando un passo in avanti per quanto riguarda l'allineamento tematico con quadro europeo proposto da EAGLE e costituendo un elemento di transizione e di congiunzione tra i vecchi dati di uso e copertura del suolo e il nuovo quadro nazionale ed europeo, caratterizzato da iniziative quali CLC+.
La Tabella 32 mostra la composizione del territorio italiano rispetto a uso e copertura del suolo al 2018. In termini di copertura del suolo, le aree vegetate occupano quasi l'89% della superficie nazionale; la vegetazione erbacea, in particolare, ricopre oltre il 44% del territorio, con una prevalenza della componente periodica, mentre la vegetazione arborea poco meno del 38%. Le superfici abiotiche si fermano a poco meno del 10% della superficie nazionale (9,63%) con una prevalenza dell'abiotico artificiale.
Con riferimento all'uso del suolo, oltre tre quarti del territorio nazionale sono destinati a foreste e arboricoltura da legno (30,68%) o agricolo (43,26%, quasi per metà occupati da seminativi). Gli usi urbani e aree assimilate coprono poco meno del 10% del territorio nazionale, gli "altri usi non economici" poco meno del 15%.
Analizzando la ripartizione delle classi di copertura tra le tipologie di uso, le superfici abiotiche artificiali sono collocate prevalentemente in corrispondenza delle "aree a uso urbano o assimilate" e in piccola parte associate a "attività estrattive" e "altre aree agricole" (le "serre pavimentate" della carta del suolo consumato). Alle aree a uso urbano afferiscono anche porzioni di territorio a copertura naturale concentrati nelle aree verdi in ambito urbano. Le conifere si concentrano nella classe di "foreste e arboricoltura da legno", mentre parte delle latifoglie afferisce alle colture permanenti in area agricola e in misura minore di alberi in aree urbane. I vigneti vengono assimilati dal punto di vista della pura copertura del suolo alla vegetazione arbustiva, di cui costituiscono circa un quarto, mentre i restanti arbusteti ricadono principalmente nelle aree di macchia mediterranea, ai confini delle aree boscate e nelle aree interessate da ricrescita della vegetazione. Nelle aree con vegetazione erbacea periodica prevalgono gli usi agricoli, principalmente assimilabili a seminativi, mentre l'erbaceo permanente include per quasi un quinto aree verdi in ambito urbano e per poco meno di un quinto prati stabili.

Tabella 32. Composizione del territorio nazionale al 2018, in termini di uso (colonne) e copertura (righe) del suolo. I dati sono espressi in km² e, quelli relativi al totale delle classi, in percentuale sul totale nazionale

	Aree agricole	Foreste e arboricoltura da legno	Cave e miniere	Urbano e aree assimilate	Usi d'acqua	Usi non economici	km²	%
Sup. abiotiche artificiali	4	0	384	20.868	0	0	**21.256**	**7,1**
Sup. abiotiche naturali	-	-	-	-	-	7.294	**7.294**	**2,4**
Vegetazione arborea	21.872	89.622	18	2.458	0	33	**114.004**	**37,8**
Vegetazione arbustiva	5.880	534	0	19	0	13.419	**19.851**	**6,6**
Vegetazione erbacea	102.563	2.245	75	6.692	0	22.181	**133.756**	**44,4**
Corpi idrici e zone umide	-	-	-	-	4.732	-	**4.732**	**1,6**
Ghiacci e nevi perenni	-	-	-	-	-	548	**548**	**0,2**
km²	**130.413**	**92.478**	**498**	**30.062**	**4.162**	**43.828**		
%	**43,3**	**30,7**	**0,2**	**10,0**	**1,4**	**14,5**		

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA

Figura 44. "Cicatrici" - Pievescola, in provincia di Siena, 6 settembre 2024. Foto di Giulio Cibecchini per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Altre iniziative di ISPRA nella mappatura della copertura del suolo

Le carte basate sull'integrazione di dati CLMS portano con sé alcuni dei limiti legati ai dati di *input*, come la ridotta frequenza di aggiornamento, la presenza di classi miste o la copertura solo parziale del territorio nazionale da parte dei dati ad altissima risoluzione CLMS. Alla luce di tali criticità, ISPRA porta avanti diverse attività orientate allo sviluppo di metodologie per la classificazione della copertura del suolo svincolate dai dati esistenti e basate sul processamento di immagini satellitari. L'obiettivo primario è quello di ottenere strati di copertura del suolo con elevata frequenza di aggiornamento e alta risoluzione spaziale, che possano essere un riferimento nazionale per la conduzione di analisi sullo stato del territorio e del paesaggio e per lo studio di processi naturali e antropogenici.
Una prima metodologia sviluppata in questo senso prevede la classificazione di immagini *Sentinel*-1 e *Sentinel*-2 tramite calcolo di indici multi-temporali e definizione di regole decisionali basate sulle caratteristiche spettrali e di *backscatter* dei *pixel*; tale metodologia è stata concepita nell'ottica di supportare il rapido processamento di una grande mole di dati, risultando versatile ed economicamente sostenibile (De Fioravante *et al.*, 2021), consentendo la produzione di dati ad alta risoluzione spaziale ed elevata frequenza di aggiornamento per l'intero territorio nazionale. In particolare, sono stati sviluppati dei set di regole decisionali per la mappatura della copertura del suolo (in termini di superfici abiotiche, superfici vegetate, corpi idrici permanenti e ghiacci e nevi perenni) e uno specifico per l'individuazione dei disturbi forestali. Questa metodologia è tutt'ora oggetto di studi e aggiornamenti, nell'ottica di migliorarne la capacità di individuazione dei cambiamenti di copertura del suolo, anche sfruttando le opportunità offerte dal continuo ampliarsi della serie storica di dati *Sentinel*.
Un ulteriore filone di attività riguarda l'integrazione di geo-data e strumenti di *Machine Learning* (Cecili *et al.* 2022; Cecili *et al.*, 2023) per la classificazione automatica della copertura del suolo a partire da immagini multispettrali *Sentinel-2*. Tale attività è stata svolta in via sperimentale sui comuni di Roma e

Pescara, testando l'efficacia di alcuni algoritmi di *Deep Learning*[17] su diversi set di dati di input, e ha mostrato risultati incoraggianti per quanto riguarda la capacità di tali strumenti di produrre mappature in tempi ridotti con buona accuratezza.

LE AREE URBANE

Le aree urbane rivestono un ruolo centrale nell'analisi delle dinamiche evolutive e nello studio delle alterazioni degli equilibri territoriali; i processi di urbanizzazione sono, infatti, tra le principali cause dell'aumento del degrado di suolo e habitat e dell'incremento del grado di frammentazione delle aree naturali con conseguenze sullo stato della copertura del suolo, sugli ecosistemi, sul ciclo idrologico e sulla capacità dei territori di rispondere positivamente ai rischi connessi ai cambiamenti climatici.
Negli ultimi decenni, l'evoluzione delle aree urbane è stata caratterizzata da una progressiva accelerazione e da una significativa evoluzione, che hanno portato a una nuova era dei processi urbani. Le città sono più estese di quanto non lo siano mai state nella storia dell'uomo e mostrano una tendenza inedita, da un lato, all'espansione al di fuori dei margini del centro urbano su terreni agricoli e aree naturali e, dall'altro, alla densificazione e alla saturazione degli spazi naturali all'interno del tessuto già urbanizzato, indipendentemente dalla crescita demografica, con effetti significativi sulle emissioni globali di gas serra, sull'accessibilità ai servizi pubblici (cfr. § *L'accessibilità alle aree verdi pubbliche*) e sull'aumento delle temperature (cfr. § *L'isola di calore urbana*).

Figura 45. Esempio di dispersione insediativa (*sprinkling*[18]) nelle aree rurali del basso Lazio

La crescita di questa consapevolezza e la rilevanza che tali dinamiche hanno sull'ambiente e sulla salute umana hanno influenzato la stesura di numerose azioni politiche, come le strategie del *Green Deal* Europeo, la *New Urban Agenda*, il progetto *Uforest* e la sua applicazione in ambito nazionale con la misura 2 del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, volta a tutelare il verde urbano ed extraurbano tramite interventi di forestazione urbana. Il monitoraggio della sostenibilità ambientale e sociale delle città, oltre a essere il tema dell'obiettivo di sviluppo sostenibile numero 11 delle Nazioni Unite, è considerato all'interno del recente regolamento europeo sul ripristino della natura (*Nature Restoration Law*), con particolare riferimento agli articoli 3, 8 e 14. La norma obbliga gli Stati membri ad azzerare la perdita netta di spazi verdi e di copertura arborea in ambito urbano tra il 2024 e il 2030 e a incrementare la superficie vegetata a partire dal 2031, secondo quanto stabilito nei piani di ripristino. Questi ultimi devono essere messi a punto dagli Stati sulla base di evidenze scientifiche, derivabili dagli strumenti disponibili nell'ambito del Programma europeo *Copernicus* o prodotti direttamente dagli Stati stessi, come quelli che, ai sensi della L. 132/2016, sono assicurati in Italia dal Sistema Nazionale a

[17] Il *Deep Learning* è un sottoinsieme del *Machine Learning* che opera su reti neurali artificiali, ossia algoritmi con struttura gerarchica e multistrato, progettati per simulare il funzionamento del cervello umano.
[18] Romano *et al.*, 2017; Romano *et al.*, 2019

rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). A tal fine, nei paragrafi seguenti, sono presentati e descritti i principali strumenti sviluppati da ISPRA e dal SNPA per il monitoraggio delle aree urbane e delle relative dinamiche di trasformazione, concepiti secondo specifiche che li rendono idonei a supportare l'adempimento degli obblighi giuridicamente vincolanti stabiliti dalla norma, inclusa la redazione dei piani di ripristino.

Strumenti per la rappresentazione delle aree urbane

I fenomeni di urbanizzazione avvengono con sempre maggiore intensità ai margini della città consolidata e in contesti agricoli e naturali a elevata valenza ecologica. Alla tendenza all'addizione successiva dei nuclei urbani consolidati, si associano nuove forme urbane discontinue, eterogenee e frammentate, che generano aree ibride e disperse non definibili propriamente né in termini di area urbana né di area rurale. Tale sfrangiamento dei margini delle aree urbane ne rende più complessa la delimitazione e pone dei limiti alla definizione di un criterio univoco per circoscriverle. In questo senso, sono state portate avanti numerose esperienze nella definizione di criteri per individuare la dimensione spaziale delle aree urbane, sia in ambito nazionale che livello europeo e globale (Tabella 33).

Tabella 33. Caratteristiche dei principali dati disponibili per il territorio italiano per la rappresentazione delle aree urbane

Produttore	Dato	Estensione	Risoluzione spaziale	Classi	Aggiornamento	Anni
Joint Research Center	GHS - *Built - Surface*	Globale	10 m 100 m 1km	1 o 2	5 anni	1975 - 2030
	GHS - SMOD	Globale	1 km	8 -	5 anni	1975 - 2030
	GHS - *Built - Characteristics*	Globale	10 m	15	-	2018
	GHS - FUA	Globale	1 km	-	-	2018
	European Settlement Map	Europea	2 m 10 m	3 3	3 anni	2012 - 2015
Open Street Map	*OSM built-up features*	Globale	-	Key e Value	48 ore	2004
Google	*Dynamic World*	Globale	10 m	9	Near real-time	2021
Copernicus	*Corine Land Cover*	Europea	25 ha	44	6 anni	2000 - 2018
	Urban Atlas	800 città Europee	Da 0,25 ha a 1 ha	27	6 anni	2006 - 2018
	Imperviousness (Built - up)	Europea	10 m - 100 m	2	-	2018
	CLC+ Backbone	Europea	10 m 0,5 ha	11 18	2 anni	2018
Istat	Sezioni di censimento	Nazionale	da 1:5.000 a 1: 25.000	-	10 anni	1991 - 2011
Agenzia delle Entrate	Osservatorio del Mercato Immobiliare	Nazionale	1:5.000	5	6 mesi	2006 - 2022
ISPRA	*Corine Land Cover* - IV livello	Nazionale	25 ha	66	6 anni	2000 - 2018
	Carta nazionale del consumo di suolo	Nazionale	10 m	22	1 anno	2006 - 2022
	Grado di artificializzazione	Nazionale	10 m	3	1 anno	2006 - 2022
	Grado di urbanizzazione	Nazionale	10 m	4	1 anno	2012 - 2021
	Continuum urbano-rurale	Nazionale	10 m	8	1 anno	2012 - 2021

Fonte: ISPRA su dati Joint Research Center, Open Street Map, Google, Copernicus Land Monitoring Service, Istat, Agenzia delle Entrate, ISPRA

Le diverse metodologie differiscono tra loro in primo luogo per l'approccio utilizzato, in alcuni casi riferito a una caratterizzazione basata sull'osservazione della sola presenza di superfici artificiali, mentre in altri casi vengono utilizzate informazioni sull'uso e copertura del suolo, anche integrate con dati demografici o con informazioni di carattere economico.
A livello internazionale ed europeo, i principali prodotti per la rappresentazione delle aree urbane fanno capo al *Joint Research Centre* (JRC), a cui si deve lo sviluppo del concetto di *Global Human Settlement Layer* (GHSL), un insieme di strati introdotti con l'obiettivo di fornire una rappresentazione dettagliata e a scala globale di supporto alla comprensione della struttura urbana. In dettaglio, i dati GHSL mappano la distribuzione delle superfici artificiali e della loro evoluzione (dato GHS-BUILT-S, ovvero *built-up surface*), l'estensione delle *Functional Urban Area* (dato GHSL-OECD-FUAs, realizzato con OCSE su griglia di 1 km), le caratteristiche morfologiche e di uso degli insediamenti (dato GHS-BUILT-C, ossia *Settlement Characteristics*); a questi dati si aggiunge il GHS-SMOD (*Settlement Model grid*) (Florczyk *et al.*, 2019) che rappresenta grado di urbanizzazione (DEGURBA) in coerenza con la metodologia proposta da Eurostat e adottata dalle Nazioni Unite e dalla *Nature Restoration Law* per il monitoraggio delle aree urbane.
L'*European Settlement Map* (ESM) è un prodotto offerto della Commissione Europea per la mappatura dell'edificato, distinto, al secondo livello, rispetto all'uso residenziale e non residenziale.
Tra le iniziative di livello internazionale di supporto alla rappresentazione delle aree urbane, meritano, inoltre, una menzione *Open Street Map* (OSM), iniziativa di *Volunteered Geographical Information* internazionale, che offre una mappatura *open source* ad altissima risoluzione dell'uso e della copertura del suolo a scala globale, e lo strumento *Dynamic world*, sviluppato da *Google* e dal *World Resources Institute*, che classifica uso e della copertura del suolo a scala globale in *Near Real-Time*, con risoluzione spaziale di 10 metri.
Tra i dati afferenti al servizio di monitoraggio del territorio del Programma *Copernicus* (CLMS) a cura dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (cfr. § Uso e copertura del suolo), *Urban Atlas* e CORINE *Land Cover* adottano una definizione di area urbana che considera le aree stabilmente popolate e le superfici dominate dall'influenza delle attività umane, escludendo quelle a uso agricolo. Queste aree comprendono tutte le strutture artificiali (edifici, strade, tutte le infrastrutture e le altre aree pavimentate) e le superfici non impermeabilizzate e vegetate ad esse associate. Nell'ambito del CLMS sono presenti anche i dati *High Resolution Layers* (in particolare l'*Imperviosness Density*, che descrive il grado di impermeabilizzazione, e l'*Imperviosness Built-up*, che individua le aree edificate) e il nuovo CLC+ *Backbone*, che fornisce una mappatura delle superfici artificiali con dettaglio a 10 metri.
A livello nazionale, oltre ai dati di ISPRA e del SNPA, l'Istat produce dal 1991 e aggiorna con cadenza decennale i dati geografici del sistema delle basi territoriali relativo alle sezioni di censimento, che offrono informazioni, in formato vettoriale, relativamente a centri abitati, nuclei abitati, località produttive e case sparse. L'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate, invece, ripartisce gli ambiti amministrativi comunali in insiemi omogenei in termini di comportamento del mercato immobiliare, distinti in cinque fasce (centrale, semicentrale, periferica, suburbana, extraurbana).

Le proposte di ISPRA per la mappatura delle aree urbane

ISPRA propone tre diverse metodologie per la rappresentazione delle aree urbane basate sulla Carta nazionale del consumo di suolo (grado di artificializzazione), anche integrata con informazioni sulla popolazione (grado di urbanizzazione e *Continuum* urbano-rurale) (Figura 46).

SPAZIALIZZAZIONE DELLA POPOLAZIONE

Istat pubblica annualmente i dati di popolazione a scala comunale, mentre le sezioni di censimento[19], di dettaglio sub comunale, vengono aggiornate ogni 10 anni, a partire dal 1991.
Secondo la metodologia Eurostat, in assenza di dati di censimento geo codificati o registri di popolazione, è possibile disaggregare le informazioni di popolazione rispetto a una griglia regolare, combinando la più piccola unità di censimento disponibile con dati di uso del suolo di elevato dettaglio prodotti in ambito nazionale o globale.
ISPRA ha realizzato un *layer* di popolazione a elevato dettaglio spaziale coerente con la metodologia messa a punto dalla Commissione Europea (Eurostat, 2021) e relativo agli anni 2011 e 2021, ottenuto combinando i dati ISTAT sulle sezioni di censimento con la Carta nazionale del consumo di suolo e altri dati ancillari.
Sono state estratte le aree classificate dalla carta nazionale del suolo consumato come edifici e fabbricati (classe 111) e le aree ancora al primo e secondo livello di classificazione (con codici 1 – suolo consumato e 11 – suolo consumato permanente), con l'obiettivo di distinguere le aree edificate a uso residenziale (su cui collocare la popolazione) da quelle non residenziali. A tale scopo, sono stati utilizzati i dati di *priority area monitoring* del CLMS e il CLC (Il servizio di monitoraggio del territorio del Programma Copernicus), lo strato *European Settlement Map* (ESM) e le informazioni di uso del suolo relative alla localizzazione dei poli logistici (cfr. § Lo sviluppo dei poli logistici).
Il 78% delle superfici costruite al 2012 e il 77% al 2021 risulta a uso residenziale (Tabella 34).

Per ogni sezione di censimento, il dato di popolazione 2011 e 2021 è stato distribuito uniformemente sui pixel di edificato a uso residenziale; nelle sezioni prive di aree ad uso residenziale, la popolazione è stata distribuita uniformemente su tutto l'edificato e, in assenza anche di edificato, su tutto il suolo consumato presente nella sezione. Il dato di popolazione relativo alle sezioni fittizie[20] è stato distribuito uniformemente sull'edificato residenziale del comune.

Tabella 34. Superficie delle aree edificate a uso residenziale per il 2012 e il 2021, in ettari e in percentuale sul totale dell'edificato (classe 111 e le due classi assimilate 11 e 1)

Maschera	Residenziale		Non residenziale		Suolo consumato
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)
2012	994.327	77,95	281.334	22,05	2.091.995
2021	983.708	76,55	301.320	23,45	2.144.097

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e CLMS

[19] Istat produce ogni 10 anni a partire dal 1991, il censimento della popolazione con il massimo livello di dettaglio sub-comunale, per sezioni di censimento. A febbraio 2024 sono state rilasciate le variabili censuarie 2021 e le basi territoriali provvisorie. Queste ultime verranno rilasciate in via definitiva entro il 2024.
[20] Si tratta di sezioni utilizzate per collocare le persone senza tetto e senza fissa dimora iscritte in anagrafe (codice identificativo 888888x) oppure le zone di contestazione tra comuni (codice identificativo 999999x).

Grado di artificializzazione

Il primo approccio adottato da ISPRA per la rappresentazione delle aree urbane considera la densità media delle superfici artificiali in un raggio di 300 metri (Tabella 35), suddividendo il territorio nazionale in artificiale compatto, artificiale a media/bassa densità e artificiale assente o rado. Le tre classi occupano, rispettivamente, il 2,61%, il 14,54% e l'82,84% della superficie nazionale.

Tabella 35. Soglie di densità delle superfici artificiali adottate per la definizione delle classi del grado di artificializzazione e superficie delle classi al 2023, in ettari e percentuale sulla superficie nazionale

Sistema di classificazione			Superficie	
Classe		Densità di superfici artificiali (%)	(ha)	(%)
3	Urbano	> 50	7.882	2,61
2	Suburbano	10 - 50	43.835	14,54
1	Rurale	< 10	249.723	82,84
Totale		**-**	**301.440**	**100,00**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Grado di urbanizzazione

Mettendo in relazione l'informazione sulla densità di superfici artificiali con la distribuzione della popolazione (spazializzata secondo la metodologia riportata in alto), è possibile ottenere una prima rappresentazione semplificata delle aree urbane, rispetto al sistema di classificazione del DEGURBA proposto da Eurostat.
In particolare, sono state considerate tre classi riconducibili a quelle descritte dallo studio del JRC, più una quarta relativa ad aree con elevata densità di costruito e bassa densità demografica (Tabella 36). Rispetto al grado di artificializzazione, l'introduzione dell'informazione sulla densità di popolazione consente, in primo luogo, di distinguere le aree ad alta densità di costruito nelle classi 1 (tessuto urbano denso densamente popolato, a uso prevalentemente residenziale, 5.884 km^2) e 4 (aree industriali, produttive, per infrastrutture o servizi o aree di recente costruzione non ancora abitate, 1.450 km^2).
Si nota una decisa riduzione della superficie interessata dalle aree a media densità rispetto al grado di urbanizzazione, grazie all'introduzione del dato di popolazione, che consente di filtrare le aree dove alla presenza di copertura artificiale non corrispondono valori significativi di densità di popolazione.

Tabella 36. Soglie di densità delle superfici artificiali e della popolazione adottate per la definizione delle classi del grado di urbanizzazione e estensione delle classi in km^2 e percentuale sul territorio nazionale

Classe		Soglie di densità		Superficie	
		Sup. artificiali	Popolazione		
		(%)	(ab/km^2)	(km^2)	(%)
1	Aree urbane ad alta densità	> 50	>1.500	5.884	1,95
2	Aree urbane a media densità	10 - 50	300 - 1.500	22.957	7,62
3	Zone rurali	< 10	< 300	271.149	89,95
4	Zone ad alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione	> 50	< 300	1.450	0,48

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

Continuum urbano-rurale

La metodologia adottata da Eurostat e applicata dal JRC per la realizzazione del GHS-SMOD è stata ripresa e adattata alla carta nazionale del consumo di suolo e ai dati di popolazione spazializzati da ISPRA, con l'obiettivo di ottenere un prodotto in grado di cogliere le specificità territoriali del sistema insediativo italiano e di supportare il monitoraggio degli obiettivi di legge della *Nature Restoration Law* e dei target afferenti all'SDG 11 (Cimini *et al.*, 2023). A partire dalla griglia di popolazione ISPRA a 10m è stata valutata la densità di popolazione in un intorno di raggio 600m (equivalente ad una superficie

di circa 1km²), tramite statistiche focali, successivamente ricondotta alle quattro classi stabilite nel sistema di classificazione Eurostat per la rappresentazione del DEGURBA (Tabella 37 e Tabella 38). Questo strato ha permesso di individuare patch sulle quali valutare la contiguità spaziale e la dimensione in termini di popolazione totale; entrambe queste informazioni sono necessarie per attribuire alle celle della griglia una delle sette classi del grado di urbanizzazione. Inoltre, il dettaglio tematico e spaziale dei dati di input ha permesso di introdurre un'ulteriore classe in grado di discriminare le aree industriali, commerciali e per servizi sul territorio nazionale (con densità di aree edificate > 50% e densità di popolazione < 300 ab/km²).

Tabella 37. Sistema di classificazione Eurostat per la produzione dello strato DEGURBA

		Popolazione totale (n° abitanti)			Esenti da criteri dimensionali
		≥ 50.000	5.000 - 50.000	500 - 5.000	
Densità di popolazione (n° ab/km²)	≥ 1.500	Grandi centri urbani	Nuclei urbani densi		
	≥ 300		Nuclei urbani semi-densi	Centri rurali	Periurbano o suburbano
	≥ 50				Rurale a bassa densità
	< 50				Rurale a densità molto bassa

Fonte: Eurostat

Tabella 38. Sistema di classificazione per l'applicazione delle tipologie territoriali basate sulla griglia Eurostat. Sono evidenziate le celle che si riferiscono alle classi soggette agli obblighi della *Nature Restoration Law*. I "Centri urbani" o "Agglomerati urbani" si riferiscono alle classi "Grandi centri urbani" e "Nuclei urbani densi" del sistema di classificazione Eurostat; mentre per "Agglomerati urbani" o "Agglomerati urbani a moderata densità" si fa riferimento alle classi "Nuclei urbani semi-densi", e "Periurbano o suburbano", come indicato nella tabella 37

Elemento stabilito nel regolamento (CE) n. 1059/2003	Denominazione	Condizioni
Tipologia basata sulla griglia	"Celle rurali della griglia" o "Celle della griglia a bassa densità"	Celle della griglia di 1 km² con una densità inferiore a 300 abitanti/km² e altre celle al di fuori degli agglomerati urbani.
	"Agglomerati urbani" o "Agglomerati a moderata densità"	Celle della griglia contigue (diagonali comprese) di 1 km² con una densità di almeno 300 abitanti/km² e un minimo di 5.000 abitanti nell'agglomerato.
	"Centri urbani o "Agglomerati ad alta densità"	Celle della griglia contigue (senza diagonali) di 1 km² all'interno di un «agglomerato urbano» con una densità di almeno 1.500 abitanti/km² e un minimo di 50.000 abitanti nell'agglomerato una volta colmate le lacune nei dati.

Fonte: Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea L 154 Regolamento di esecuzione (UE) 2019/1130 della Commissione

Al 2021 quasi il 90% del territorio nazionale è classificato come rurale a densità molto bassa (72,3%) e a bassa densità (15,9%) e meno del 3% è occupato da grandi centri urbani e nuclei urbani densi (entrambi 1,4% della superficie nazionale), che però ospitano oltre il 60% della popolazione totale (oltre un terzo, il 36%, risiede nei grandi centri urbani). Significativa anche la concentrazione di popolazione in aree periurbane o suburbane che, a fronte di un'estensione di poco meno del 4% della superficie nazionale, ospitano l'11% della popolazione nazionale (Tabella 39).

Tabella 39. Superficie delle classi di continuum urbano-rurale al 2021 (in ettari e in termini di percentuale sul totale) e popolazione presente nelle classi (in abitanti e in termini di ripartizione percentuale tra le classi). 11= rurale a densità molto bassa, 12= rurale a bassa densità, 13= nuclei rurali, 21= suburbano o periurbano, 22= nuclei urbani semi-densi, 23= nuclei urbani densi, 30= grandi centri urbani, 50= aree industriali, commerciali e per servizi, 60= corpi idrici

	Classi del Continuum urbano rurale 2021									
	11	12	13	21	22	23	30	50	60	Totale
Superficie (ha)	21.799.369	4.805.896	1.052.611	1.101.660	237.315	426.270	412.788	134.630	173.559	**30.144.099**
Superficie (%)	72,3	15,9	3,5	3,7	0,8	1,4	1,4	0,4	0,6	**100**
Popolazione (n° ab)	1.134.907	4.861.262	7.934.177	6.503.118	2.220.232	14.719.143	21.267.838	380.927	4.494	**59.026.098**
Popolazione (%)	1,9	8,2	13,4	11,0	3,8	24,9	36,0	0,6	0,0	**100**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

A partire dalla mappatura del *continuum* urbano-rurale (Figura 47) e dalle informazioni sulla distribuzione della popolazione residente nelle classi, è stata prodotta una classificazione dei comuni italiani[21], in linea con le indicazioni fornite da Eurostat (2021) e riprese dalla *Nature Restoration Law*. In dettaglio, ai sensi dell'articolo 3, potrebbero essere interessati dagli obblighi della *Nature Restoration Law* i comuni classificati come "grandi centri urbani" (classe 30), "centri urbani densi" (classe 23), "nuclei urbani semi-densi" (classe 22) e, se ritenuto opportuno, anche quelli "suburbani o periurbani" (classe 21).
Con riferimento ai dati 2021 (Tabella 40, Figura 48), tali obblighi potrebbero interessare 3.178 comuni (il 40,2% del totale), nelle cui aree urbane[22] è previsto l'azzeramento della perdita netta di superfici verdi e di copertura arborea a partire dall'entrata in vigore della legge (agosto 2024) fino al 2030.

Tabella 40. Ripartizione dei comuni italiani tra le 8 classi di continuum urbano-rurale. 11= rurale a densità molto bassa, 12= rurale a bassa densità, 13= nuclei rurali, 21= suburbano o periurbano, 22= nuclei urbani semi-densi, 23= nuclei urbani densi, 30= grandi centri urbani, 50= aree industriali, commerciali e per servizi, 60= corpi idrici

	Classi del Continuum urbano rurale 2021									
	11	12	13	21	22	23	30	50	60	Totale
n° comuni	120	1.673	2.933	916	562	1.184	516	0	0	**7.904**
% comuni	1,5	21,2	37,1	11,6	7,1	15,0	6,5	0,0	0,0	**100**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

I dati rilevati tra il 2022 e il 2023 nell'area urbana dei 3.178 comuni mostrano un incremento di consumo di suolo netto in più dell'80% dei "grandi centri urbani" e in più di tre quarti dei "nuclei urbani densi", il valore sale al 94% e 89,2% se si considera il periodo 2021-2023 (Tabella 41).

Tabella 41. La tabella mostra il numero di comuni, divisi per classi, oggetto di monitoraggio ai sensi della *Nature Restoration Law*, distinti tra quelli che non hanno fatto registrare aumenti di consumo di suolo netto (stabile o riduzione) e quelli in cui è stato registrato un aumento del consumo di suolo (aumento), con riferimento all'ultimo anno (2022-2023) e al periodo 2021-2023

		2022 - 2023				2021 - 2023			
	Totale	stabile o riduzione		Aumento		stabile o riduzione		Aumento	
	(n°)	(n°)	(%)	(n°)	(%)	(n°)	(%)	(n°)	(%)
30	516	84	16,3	432	83,7	31	6,0	485	94,0
23	1.184	289	24,4	895	75,6	128	10,8	1.056	89,2
22	562	267	47,5	295	52,5	184	32,7	378	67,3
21	916	492	53,7	424	46,3	317	34,6	599	65,4

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

[21] Tale operazione permette la caratterizzazione delle unità amministrative comunali a partire dall'aggregazione, secondo specifici criteri, delle informazioni inizialmente offerte secondo una griglia quadrata di lato 10 metri.
[22] Per area urbana si intende la somma delle porzioni di territorio comunale classificate come "grandi centri urbani" (classe 30), "centri urbani densi" (classe 23), "nuclei urbani semi-densi" (classe 22) e "aree suburbane o periurbane" (classe 21). Spetta agli Stati stabilire se il monitoraggio degli obiettivi di Legge è da effettuare con riferimento all'intero territorio comunale o alla porzione afferente alle classi sopra citate.

Il 70% del consumo di suolo registrato tra il 2022 e il 2023 è stato prodotto all'interno dei comuni urbani; se consideriamo anche quelli "suburbani o periurbani", quasi l'80% degli oltre 6.000 ettari di suoli naturali persi nell'ultimo anno si localizzano negli ambiti amministrativi potenzialmente soggetti agli obblighi della NRL. Con riferimento al dettaglio sub-comunale, negli ecosistemi urbani dei comuni classificati come "grandi centri urbani", "Nuclei urbani densi" e "Nuclei urbani semi-densi", si localizza il 20% del consumo di suolo registrato tra il 2022 e il 2023. Se a questi ultimi aggiungiamo il consumo di suolo registrato negli ecosistemi suburbani/periurbani e quello realizzato negli stessi ambiti, nei comuni classificati come "Suburbani o periurbani" la percentuale sale al 30% (Tabella 42).

Tabella 42. Consumo di suolo registrato nell'ultimo anno (2022-2023) e tra il 2021 e il 2023 all'interno dei comuni classificati come urbani e suburbani, nel continuum urbano-rurale, e rispetto ai relativi ecosistemi urbani e suburbani. (*) indica che la percentuale è calcolata rispetto al consumo di suolo nei comuni urbani. (**) indica che la percentuale è calcolata rispetto al consumo di suolo complessivo registrato nei comuni urbani e suburbani

		Consumo di suolo 2022 - 2023		Consumo di suolo 2021 - 2023	
		(ha)	(%)	(ha)	(%)
Comuni	Urbani	4.493	69,8	9.254	67,7
	Urbani e suburbani	4.974	77,2	10.331	75,6
Ecosistemi	Urbani	877	19,5(*)	1.928	20,8(*)
	Urbani e suburbani	1.628	32,7(**)	3.533	34,2(**)

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Come mostrato in Tabella 43 il consumo di suolo registrato all'interno degli ecosistemi urbani degli oltre 2.200 comuni classificati come "grandi centri urbani", "nuclei urbani densi" e "nuclei urbani semi-densi" è attribuibile principalmente alla realizzazione di nuovi cantieri (+663 ettari), edifici (+146 ettari) e piazzali asfaltati (+97 ettari). Degli oltre 6.000 ettari di cantieri (classe 122) che insistono in queste aree, solo l'1% è stato ripristinato, mentre oltre 250 ettari sono stati convertiti, nell'ultimo anno, in suoli impermeabilizzati. Di questi ultimi, quasi la metà sono stati destinati a nuovi piazzali asfaltati e sul 37% sono stati realizzati nuovi edifici.

Tabella 43. Matrice dei cambiamenti registrati tra il 2022 e il 2023 all'interno degli ecosistemi urbani dei comuni classificati come "grandi centri urbani", "nuclei urbani densi" e "nuclei urbani semi-densi" (in ettari)

		2023																		
		1	11	111	112	113	114	115	116	117	118	12	121	122	123	124	125	126	2	Totale
2022	1	182.780																		182.780
	11		15.372											1					0	15.373
	111			194.578					1				0	12					0	194.592
	112			0	100.971				0				0	0					0	100.972
	113					6.454													0	6.454
	114						95												0	95
	115							1.335											0	1.335
	116			4	1			0	22.060	0				5					1	22.071
	117									29									0	29
	118										76								0	76
	12											197							0	197
	121				3				0				1.421						0	1.424
	122			94	34	6			119	0			0	6.105	0		4	5	80	6.447
	123								0						593				0	593
	124															105			0	105
	125																92		0	92
	126								0									141	0	142
	2		0	147	14	0	0	0	97	3	0	0	20	664	6	0	5	6	524.348	525.308
	Totale	182.780	15.372	194.823	101.023	6.460	95	1.335	22.277	32	76	197	1.441	6.787	599	105	100	151	524.431	1.058.085

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

DEGURBA

La metodologia descritta nel paragrafo precedente è stata replicata anche con riferimento alla griglia a 1km di EUROSTAT adottata dalla NRL per l'individuazione dei comuni soggetti agli obblighi di legge. Per classificare la griglia di popolazione e gli ambiti amministrativi comunali in classi del grado di urbanizzazione, è stato utilizzato il *toolkit* messo a punto dal *Joint Research Centre* (JRC). In particolare, il tool GHS-POPWARP – *Population Warping* (v3.3) ha permesso di convertire e allineare il dato di popolazione dell'ISPRA alla griglia a 1km di EUROSTAT, mentre i *tool* GHS-DUG - *Degree of Urbanisation Grid* (v6.4) e GHS-DU-TUC – *Degree of Urbanisation – Territorial Units Classifier* (v3.5) di classificare, rispettivamente, la griglia di popolazione e i limiti amministrativi comunali. Per la classificazione della griglia di popolazione, lo strumento permette di introdurre in via opzionale un dato relativo alla copertura artificiale, utile a ridurre la frammentazione dei centri urbani, e uno strato di copertura del suolo per discriminare i corpi idrici. Nel caso specifico, si è fatto riferimento allo strato di edificato residenziale (cfr.§ Spazializzazione della popolazione) e alla carta di copertura del suolo di ISPRA ottenuta tramite integrazione di dati *Copernicus* (cfr. § *Le cartografie ISPRA di uso del suolo, copertura del suolo e tipologie di ecosistemi*).
Osservando i risultati ottenuti con la classificazione della griglia di popolazione, oltre il 90% del territorio nazionale è classificato come rurale (92%) e il 4,5% in suburbano o periurbano; mentre le classi relative ai centri urbani (*Urban centre*) e agli agglomerati urbani (*Dense urban cluster* e *Semi-dense urban cluster*) rappresentano il 3,1% della superficie nazionale (Tabella 44).

Tabella 44. Superficie delle classi del DEGURBA al 2021 in ettari e in termini di percentuale sul totale. 10 = *Water bodies*, 11 = *Very low-density grid cell*, 12 = *Low density grid cell*, 13 = *Rural cluster*, 21 = *Suburban or periurban grid cell*, 22 = *Semi-dense urban cluster*, 23 = *Dense urban cluster*, 30 = *Urban centre*

	DEGURBA 2021								
	10	11	12	13	21	22	23	30	Totale
Superficie (ha)	216.743	22.097.959	4.639.183	790.635	1.361.767	158.790	368.489	417.133	**30.050.699**
Superficie (%)	0,7	73,5	15,4	2,6	4,5	0,5	1,2	1,4	

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati ISTAT e CLMS

Confrontando il DEGURBA con il *Continuum* urbano-rurale le differenze si concentrano soprattutto nelle classi "suburbano o periurbano" e "nuclei urbani semi-densi" (*semi-dense urban cluster* nel DEGURBA) (Tabella 45). I nuclei urbani semi-densi si collocano a metà tra la definizione dei nuclei urbani-densi e delle celle suburbane o periurbane per cui la differenza è riconducibile sia alla risoluzione spaziale della griglia di popolazione che all'interpretazione della classe suburbano o periurbano nel *Continuum* urbano rurale, connessa con la presenza di un centro urbano o di un nucleo urbano denso.

Tabella 45. Variazioni tra le classi del *Continuum* urbano rurale 2021 e il dato DEGURBA 2021 espresse in percentuale rispetto alla dimensione totale della classe mappata dal DEGURBA

		Continuum urbano-rurale 2021								
		10	11	12	13	21	22	23	30	50
DEGURBA 2021	10	40,5	58,1	0,6	0,1	0,1	-	-	-	0,4
	11	0,2	93,1	5,8	0,4	0,2	-	-	-	0,2
	12	0,4	19,6	66,3	6,6	4,9	1,1	0,3	0,1	0,7
	13	0,6	5,4	22,4	68,7	0,5	1,7	-	-	0,7
	21	0,9	3,0	17,6	8,1	48,9	8,1	7,7	3,1	2,6
	22	0,9	0,9	4,4	5,3	32,5	32,9	21,3	0,2	1,7
	23	0,5	0,4	1,7	-	16,7	0,4	72,2	6,8	1,3
	30	0,1	1,3	2,5	0,1	10,5	-	1,0	81,4	3,2
	Totale	0,6	72,2	16,0	3,5	3,7	0,8	1,4	1,4	0,4

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati ISTAT e CLMS

I due dati risultano allineati anche a livello comunale a meno di alcune differenze legate al diverso livello di dettaglio della griglia di popolazione e di aggregazione delle classi "suburbano o periurbano" e "nuclei urbani semi-densi". I comuni classificati come "Centri urbani" o "Agglomerati ad alta densità" e "Agglomerati urbani" o "Agglomerati urbani a modesta densità" secondo la definizione stabilita nel regolamento (CE) n.1059/2003 sono 3.011 pari al 38% del totale. Escludendo gli "Agglomerati urbani a modesta densità" (corrispondenti alla classe Suburbano o periurbano) la percentuale scende al 21% (1.621 comuni). Come mostrato in Tabella 46, il 56% dei comuni classificati come "centri urbani" (Urban centre) si trovano in Lombardia e in Campania, mentre il 53% degli "Agglomerati ad alta densità" (*Dense urban cluster*) si concentra in Lombardia, Puglia e Sicilia. Poco meno della metà (48%) degli "Agglomerati urbani" (*Semi-dense urban cluster*) si trovano in Lombardia, Piemonte e Veneto. Nelle stesse regioni si concentra anche il 56% dei comuni classificati come "Agglomerati a modesta densità".

Tabella 46. Numero di comuni per classi del grado di urbanizzazione a livello regionale

Regioni	DEGURBA 2021							Totale
	11	12	13	21	22	23	30	
Piemonte	104	532	283	147	43	59	13	1.181
Valle d'Aosta	7	39	12	14	1	1	-	74
Lombardia	19	242	344	417	112	241	131	1.506
Trentino Alto-Adige	-	97	120	43	8	12	2	282
Veneto	2	127	141	210	42	32	9	563
Friuli-Venezia Giulia	9	80	64	42	8	7	5	215
Liguria	9	109	30	56	5	20	5	234
Emilia-Romagna	12	87	100	55	22	41	13	330
Toscana	1	88	70	59	15	29	11	273
Umbria	4	37	32	13	2	3	1	92
Marche	9	85	69	26	12	22	2	225
Lazio	5	135	123	49	23	36	7	378
Abruzzo	5	177	74	26	8	12	3	305
Molise	1	81	46	2	2	4	-	136
Campania	1	138	152	87	21	52	99	550
Puglia	-	5	61	38	25	118	10	257
Basilicata	-	36	76	4	6	8	1	131
Calabria	-	103	206	46	15	30	4	404
Sicilia	-	35	160	40	29	100	27	391
Sardegna	1	93	215	16	16	30	6	377
Totale	**189**	**2.326**	**2.378**	**1.390**	**415**	**857**	**349**	**7.904**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati ISTAT e CLMS

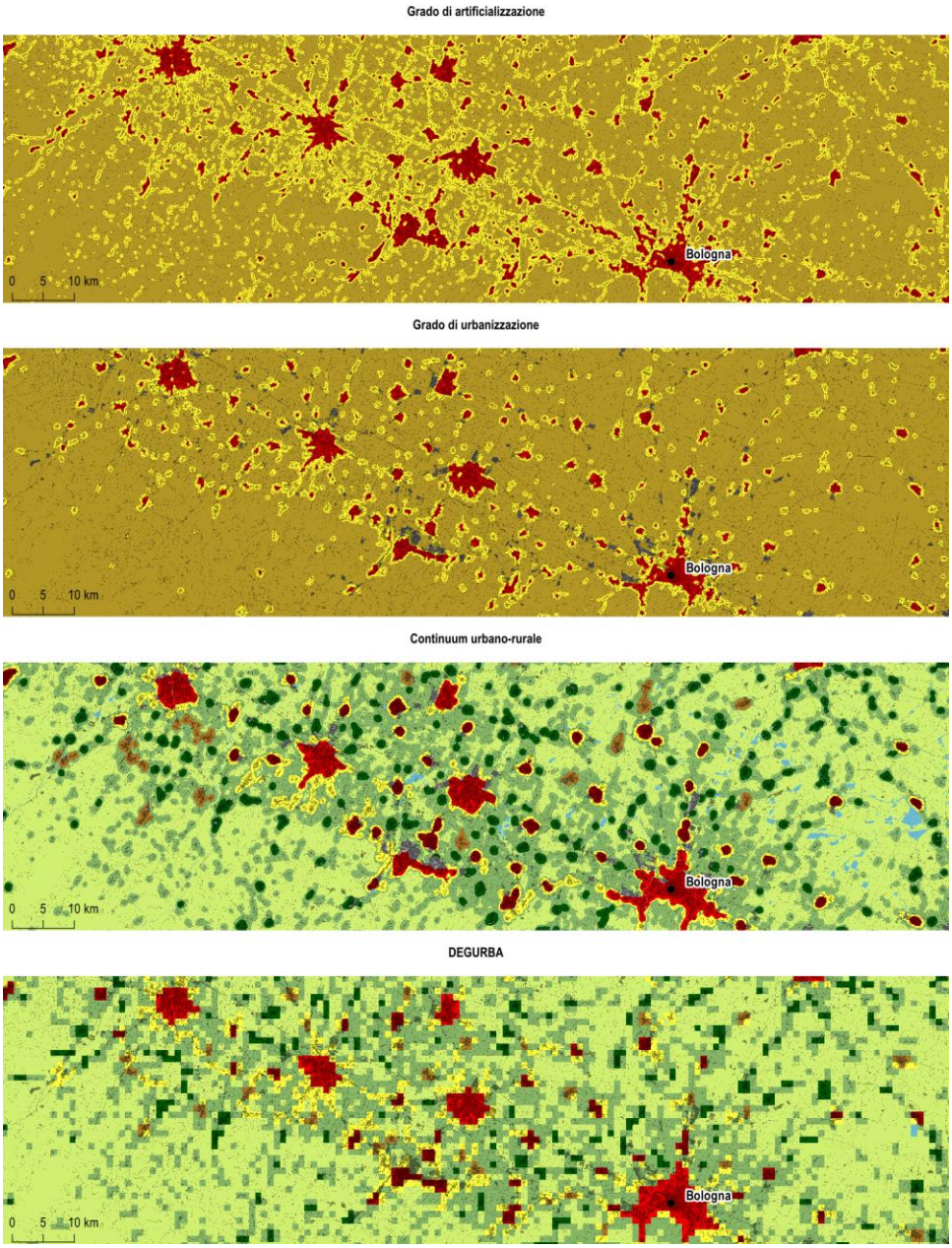


Figura 46. Confronto tra i diversi strumenti sviluppati da ISPRA per la descrizione delle aree urbane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

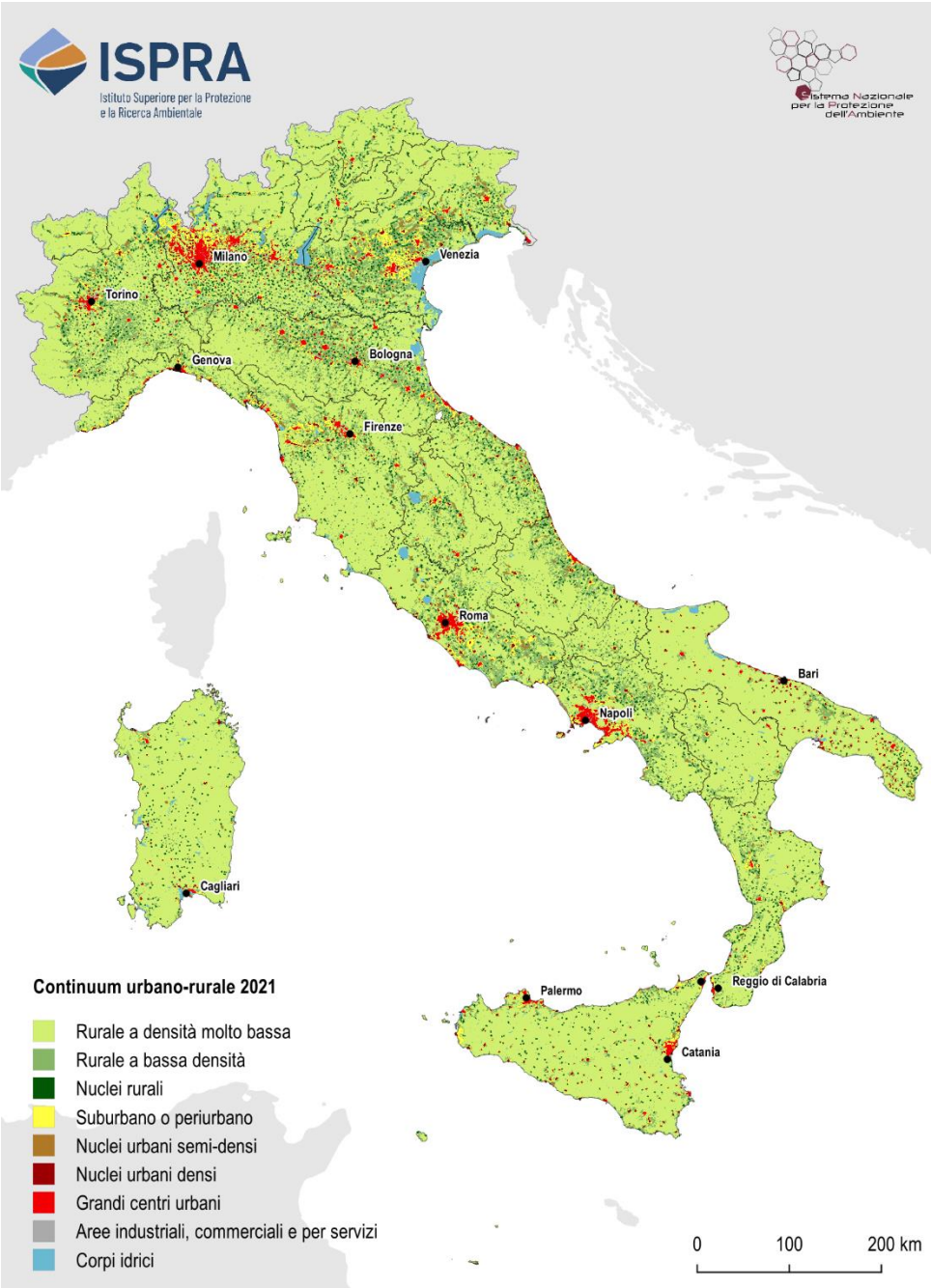


Figura 47. Mappa del *continuum* urbano-rurale ottenuto a partire dalla spazializzazione della popolazione 2021 sulla carta nazionale del consumo di suolo. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

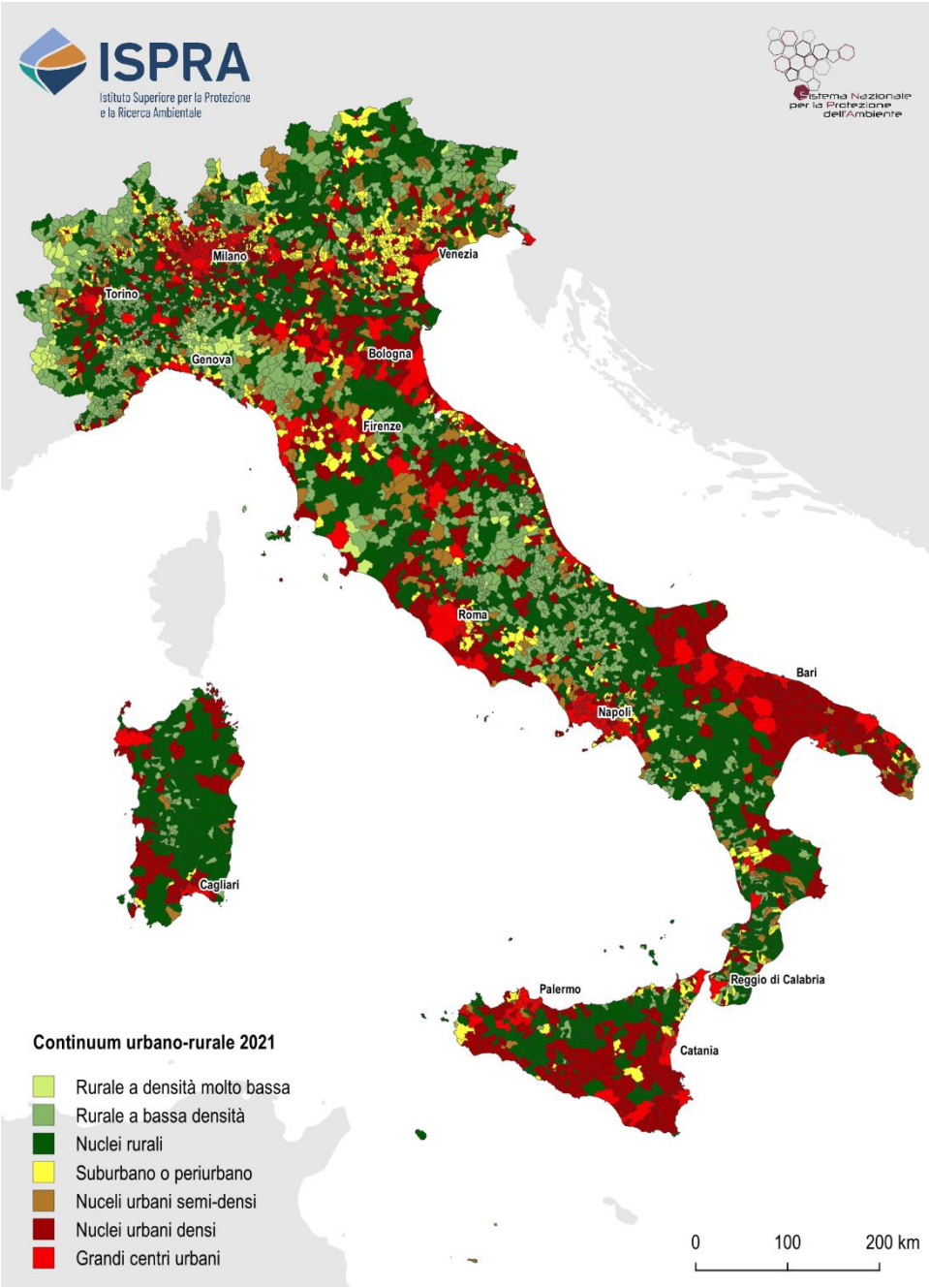


Figura 48. Classificazione dei comuni italiani secondo con le indicazioni fornite da Eurostat (2021) e riprese dalla *Nature Restoration Law*. Potrebbero essere interessati dagli obblighi della legge i comuni classificati come "grandi centri urbani", "centri urbani densi", "nuclei urbani semi-densi" e "suburbano o periurbano". Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

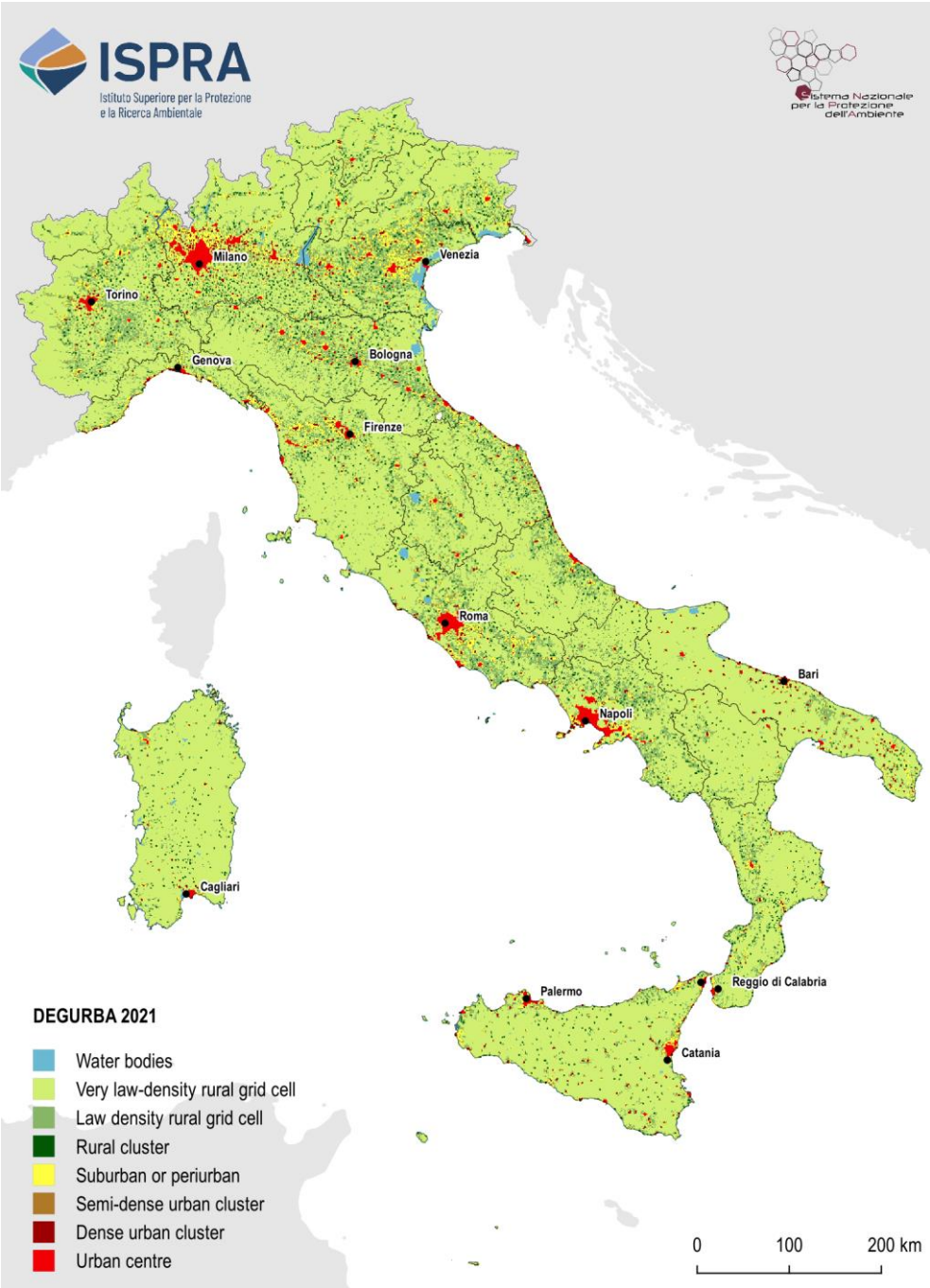


Figura 49. Mappa del DEGURBA ottenuta a partire dalla spazializzazione della popolazione ISTAT 2021 sulla carta nazionale del consumo di suolo, successivamente convertita e allineata alla griglia a 1 km di EUROSTAT. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

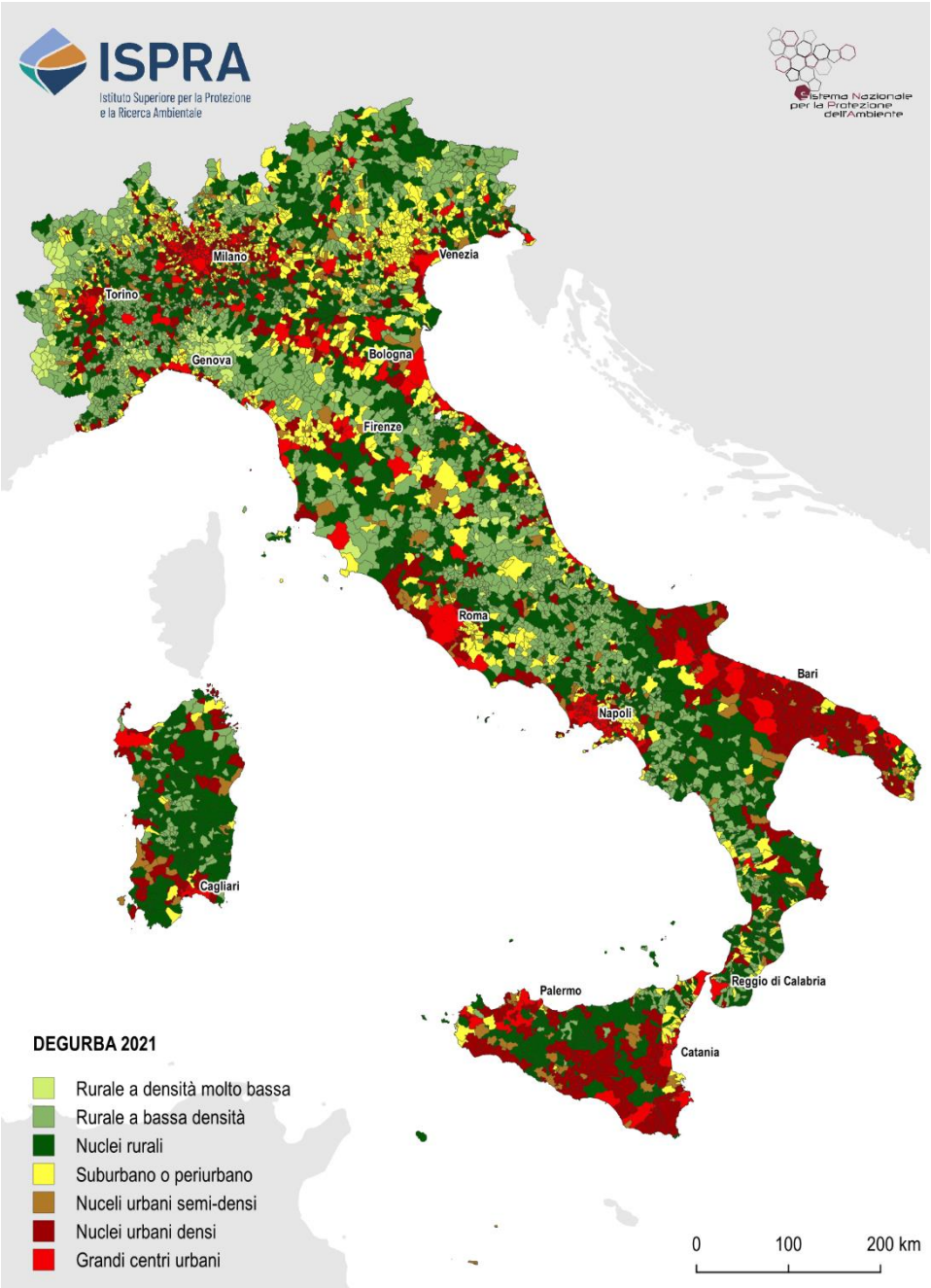


Figura 50. Classificazione dei comuni italiani secondo la metodologia EUROSTAT (2021) e l'applicazione dei *tool* JRC. Sono soggetti a obblighi di legge della NRL i comuni classificati come "*Urban centre*", "*Dense urban cluster*", "*Semi-dense urban cluster*" e, se necessario, i comuni classificati come "*Suburban or periurban*". Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati ISTAT e CLMS

Land use efficiency secondo l'indicatore 11.3.1 degli SDG delle Nazioni Unite

La classificazione del *continuum* urbano-rurale è alla base del calcolo dell'indicatore 11.3.1 afferente all'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile numero 11 delle Nazioni Unite. In dettaglio, l'indicatore confronta il tasso di variazione del consumo di suolo con il tasso di variazione della popolazione in un dato intervallo di tempo, secondo la formula:

$$LCRPGR = \left(\frac{\left(\frac{SC_{t+n} - SC_t}{SC_t}\right) * \frac{1}{T}}{\frac{LN\left(\frac{Pop_{t+n}}{Pop_t}\right)}{T}} \right)$$ [23]

L'aggiornamento al 2021 dei dati di popolazione relativi alle sezioni di censimento Istat, e la conseguente spazializzazione rispetto alle aree edificate condotta da ISPRA, permettono per la prima volta di sviluppare il calcolo a livello nazionale con un dettaglio superiore a quello comunale.
In dettaglio, il calcolo dell'indicatore ha riguardato le aree classificate come "grandi centri urbani" e "nuclei urbani densi" dalla mappa del *continuum* urbano-rurale elaborata su dati 2011 (sempre aggregati a scala di sezioni di censimento) e all'interno di tale ambito sono state osservate e correlate e variazioni di popolazione e di consumo di suolo tra il 2011 e il 2021.
Se si escludono i 18 comuni con variazioni negative di consumo di suolo, il 56% dei comuni presenta una riduzione della popolazione, a fronte di un aumento del consumo di suolo; tale tendenza è particolarmente accentuata negli 823 comuni in cui la contrazione della popolazione è molto maggiore dell'aumento del consumo di suolo (Tabella 47, Figura 51). In quasi un quarto dei 747 comuni nei quali si ha un aumento sia di consumo di suolo che di popolazione, quest'ultima aumenta meno delle nuove coperture artificiali, mentre solo in un terzo dei casi si assiste a una crescita della popolazione paragonabile a quella del nuovo consumo di suolo.

Tabella 47. Ripartizione dei comuni italiani (con consumo di suolo in aumento) per i diversi intervalli di valori dell'indicatore SDG Ratio of *Land Consumption Rate to Population Growth Rate* (RLCRPGR). Assumendo il consumo di suolo in crescita, per valori di RLCRPGR tra 0 e 1 la popolazione aumenta più (↑↑) del consumo di suolo (↑), per valori >1 il consumo di suolo aumenta più (↑↑) della popolazione (↑), per valori tra 0 e -1 la popolazione diminuisce più (↓↓) di quanto aumenta il consumo di suolo (↑) e per valori inferiori a -1 il consumo di suolo aumenta più (↑↑) di quanto diminuisce la popolazione (↓)

LCRPGR	Incremento del consumo di suolo	Variazione della popolazione	n° comuni	% comuni
0 - 1	↑	↑↑	574	33,5
> 1	↑↑	↑	173	10,1
< -1	↑↑	↓	145	8,5
-1 - 0	↑	↓↓	823	48,0

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

[23] Dove: SC_{t+n} = Suolo consumato all'ultimo anno di monitoraggio; SC_t = Suolo consumato al primo anno di monitoraggio; T = Numero di anni tra i due periodi di monitoraggio; Pop_{t+n} = Popolazione all'ultimo anno di monitoraggio; Pop_t = Popolazione al primo anno di monitoraggio

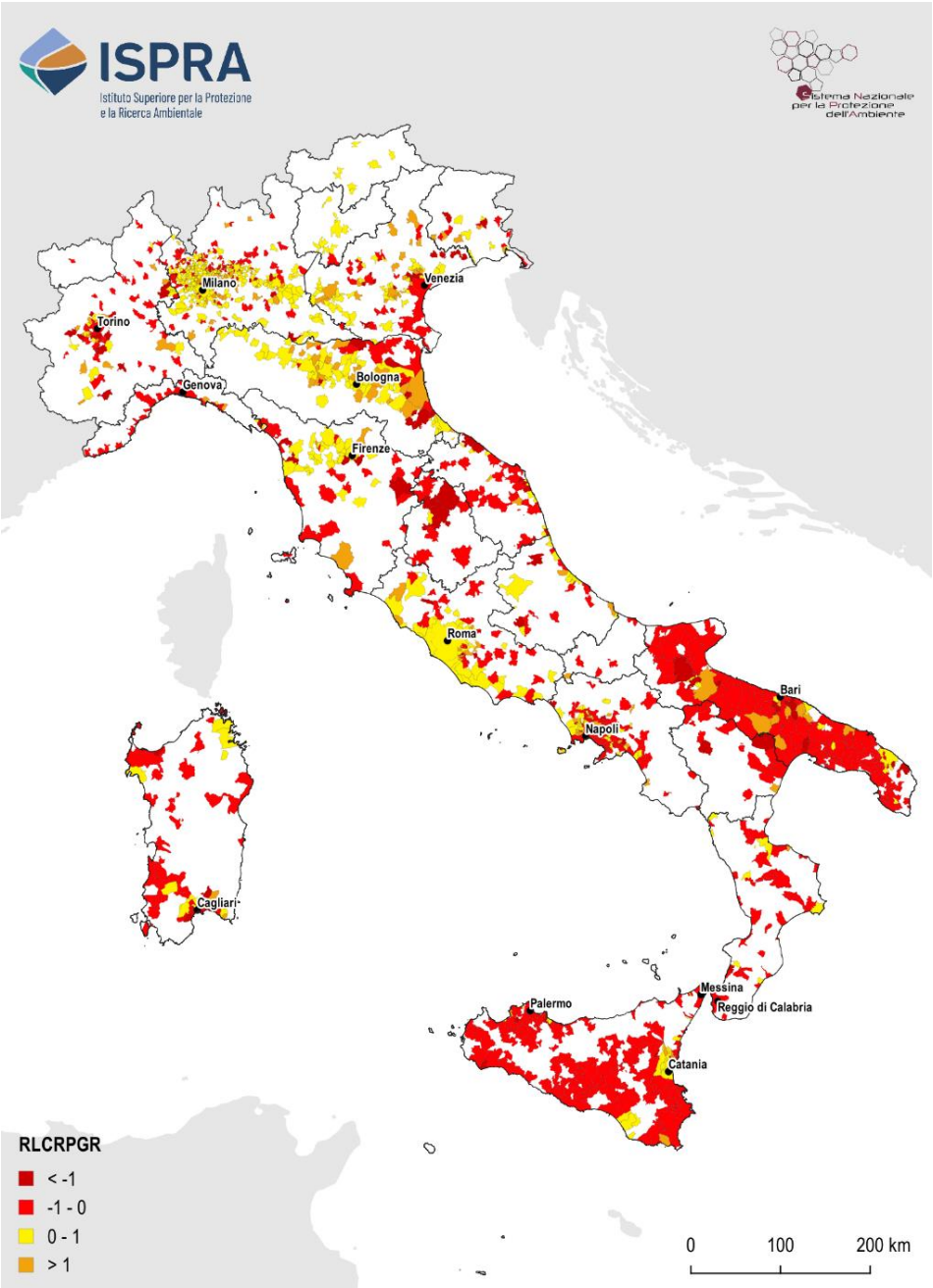


Figura 51. Valori dell'indicatore SDG 11.3.1 per il periodo 2012-2021 nei comuni classificati come "grandi centri urbani" e "nuclei urbani densi" dalla mappa del continuum urbano-rurale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat e CLMS

FORME URBANE E TIPOLOGIE INSEDIATIVE

Attraverso le metriche della *Landscape Ecology* è possibile analizzare la morfologia delle aree urbane. L'*Edge Density* – ED (ISPRA, 2015) valuta complessità e grado di frammentazione dei margini urbani come rapporto tra il perimetro e la superficie del costruito, mentre compattezza e diffusione del costruito possono essere derivate dal *Largest Class Patch Index* (LCPI, che indica percentuale della superficie urbana occupata dalla *patch* continua più estesa) e dal *Residual Mean Patch Size* (RMPS, che indica, la dimensione media dei poligoni di costruito, escludendo quello più grande). I capoluoghi di regione (Tabella 48) mostrano una tendenza alla riduzione dell'ED e, quindi, alla densificazione dei nuclei urbani, con un massimo a Catanzaro e L'Aquila. L'analisi congiunta di LCPI e RMPS mostra risultati variabili nel periodo 2006-2023, con molti casi di bruschi aumenti o lievi decrementi. Gli aumenti più significativi di LCPI riguardano Catanzaro (dove aumenta anche RMPS, suggerendo una tendenza del tessuto urbano a processi di monocentrismo accompagnati da dispersione e frammentazione), Bologna (dove, invece, RMPS diminuisce), Potenza e Venezia. Negli altri capoluoghi la diminuzione di dimensione del nucleo urbano principale è marginale e a Bari, Roma, Napoli e Bolzano è accompagnata dall'aumento del valore di RMPS, indice di una tendenza alla dispersione e diffusione nelle aree suburbane e rurali.

Tabella 48. Valori di *Edge Density* (ED), *Largest Class Patch Index* (LCPI) e *Residual Mean Patch Area* (RMPS) per i 19 capoluoghi di regione e i due capoluoghi delle province autonome, per il 2006 e il 2023

Comune	ED (m/ha)		LCPI (%)		RMPS (ha)	
	2006	2023	2006	2023	2006	2023
Torino	199,3	196,0	81,6	81,2	5,7	6,0
Aosta	655,2	652,4	89,2	88,5	1,6	1,4
Genova	591,5	585,3	84,0	83,9	2,1	2,1
Milano	425,1	410,4	95,6	96,3	1,9	1,6
Bolzano	589,4	566,9	38,6	38,3	7,8	8,2
Trento	742,7	724,3	68,3	68,4	3,0	3,2
Venezia	441,3	422,2	61,9	66,3	4,6	4,6
Trieste	689,3	682,9	79,2	79,3	2,4	2,6
Bologna	737,0	719,2	85,9	92,6	2,3	1,3
Ancona	736,6	726,2	50,6	49,0	3,6	3,6
Firenze	607,4	601,1	63,6	63,6	3,8	4,0
Perugia	1.158,1	1.113,4	26,7	25,1	2,4	2,7
Roma	740,5	723,7	34,2	33,4	5,5	6,0
Napoli	382,8	374,3	89,4	89,3	3,5	4,2
L'Aquila	1.256,9	1.191,3	42,0	41,2	1,9	2,0
Campobasso	1.118,8	1.098,0	60,9	59,4	1,2	1,2
Bari	583,9	546,4	51,5	50,4	6,6	7,9
Potenza	1.184,4	1.145,3	68,5	73,2	0,8	0,7
Catanzaro	842,9	748,0	24,7	34,3	3,7	4,0
Palermo	474,3	457,6	90,7	90,8	1,5	1,7
Cagliari	680,3	664,6	87,8	86,8	2,3	2,9

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Un'ulteriore variabile utile per caratterizzare il contesto urbano è l'Indice di dispersione (ID), che valuta la densità del costruito come rapporto tra l'estensione delle aree costruite a media/bassa densità (suburbane) sul totale di quelle ad alta (urbane) e media/bassa densità (suburbane). Valori elevati dell'indice si riscontrano in aree urbane con prevalenza di tessuti urbani a bassa densità, mentre valori più bassi denotano superfici urbanizzate più dense e compatte (Tabella 49). A livello regionale l'indice si mantiene su valori elevati (tra il 94,22% del Molise e il 76,03% della Lombardia), con una tendenza alla diminuzione tra il 2006 e il 2023 in 18 delle 20 regioni, mostrando una tendenza generale alla saturazione delle aree urbanizzate a bassa e media densità.

Tabella 49. Indice di dispersione (ID) nel 2006 e nel 2023

Regione	ID 2006 (%)	ID 2023 (%)	Variazione 2006 – 2023 (%)
Piemonte	86,36	85,50	-0,86
Valle d'Aosta	93,34	93,28	-0,05
Lombardia	77,23	76,03	-1,21
Trentino-Alto Adige	91,12	90,59	-0,53
Veneto	85,71	84,38	-1,33
Friuli-Venezia Giulia	85,59	84,70	-0,89
Liguria	85,86	85,40	-0,46
Emilia-Romagna	84,59	83,73	-0,85
Toscana	85,58	84,92	-0,66
Umbria	90,97	90,07	-0,89
Marche	87,63	87,63	0,01
Lazio	86,84	85,84	-1,01
Abruzzo	90,03	89,63	-0,40
Molise	94,45	94,22	-0,23
Campania	82,71	81,75	-0,96
Puglia	82,21	82,52	0,31
Basilicata	92,43	92,16	-0,26
Calabria	89,73	89,09	-0,64
Sicilia	84,72	84,18	-0,54
Sardegna	86,03	85,64	-0,39
Italia	**84,76**	**84,01**	**-0,75**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

LE INFRASTRUTTURE VERDI

Il tema delle infrastrutture verdi (IV) è affrontato, a livello europeo, da diversi anni. Nel 2011, fu pubblicato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente il rapporto *Green infrastructure and territorial cohesion* (EEA, 2011) e nel 2013 venne diffusa la Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni (Commissione Europea, 2013b) relativa alle infrastrutture verdi. Il panorama di definizioni che le caratterizzano è molto ampio, ma la stessa Comunicazione europea le definisce come "una rete di aree naturali e seminaturali pianificata a livello strategico con altri elementi ambientali, progettata e gestita in maniera da fornire un ampio spettro di servizi ecosistemici. Ne fanno parte gli spazi verdi (o blu, nel caso degli ecosistemi acquatici) e altri elementi fisici in aree sulla terraferma (incluse le aree costiere) e marine. Sulla terraferma, le infrastrutture verdi sono presenti in un contesto rurale e urbano".
In aggiunta, il programma ESPON dell'Unione Europea, nell'ambito del progetto GRETA[24], ha messo in atto un modello territoriale delle potenziali infrastrutture verdi nelle città europee, effettuando una valutazione delle infrastrutture verdi urbane, incluse tutte le aree verdi e blu disponibili[25].
La Tabella 50 riporta l'indicatore di incidenza di aree verdi in aree urbane e suburbane e l'indicatore di superficie vegetata su superficie urbanizzata, elaborati per gli anni dal 2016 al 2023[26] .

[24] *GReen infra-structure: Enhancing biodiversity and ecosysTem services for territoriAl development*
[25] Per maggiori dettagli si consulti https://www.espon.eu/participate/espon-your-country/italy/infrastrutture-verdi-nelle-aree-urbane
[26] Per una facilità di lettura, poiché non ci sono grandi variazioni nei valori di entrambi gli indicatori, vengono riportati solo gli anni 2016 e 2023.

Tabella 50. Indicatori di infrastrutture verdi per i 21 capoluoghi di regione e delle province autonome, anno di riferimento 2023

Comune	Incidenza di aree verdi (%)		Superficie vegetata su urbanizzata (%)	
	2016	2023	2016	2023
Torino	33,15	32,76	28,67	28,31
Aosta	59,63	58,41	50,38	50,24
Genova	70,33	70,41	53,65	53,89
Milano	38,75	38,76	33,31	33,45
Bolzano	65,83	65,16	50,25	49,35
Trento	74,51	74,18	57,44	57,11
Venezia	38,32	37,45	39,18	38,44
Trieste	68,99	68,94	54,44	54,29
Bologna	60,00	59,98	48,17	48,44
Ancona	79,83	80,38	60,51	61,67
Firenze	55,31	55,29	50,15	50,24
Perugia	83,00	82,92	69,21	69,25
Roma	69,27	68,79	54,28	54,27
Napoli	35,67	35,58	33,54	33,49
L'Aquila	82,67	83,19	64,52	67,18
Campobasso	77,12	76,63	66,89	66,75
Bari	56,00	56,96	47,95	49,24
Potenza	84,48	84,30	70,12	69,98
Catanzaro	77,16	77,56	64,07	64,50
Palermo	53,86	54,27	41,93	42,24
Cagliari	24,98	30,63	28,47	34,18

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati Istat, CLMS e OSM

L'indicatore di incidenza di aree verdi rappresenta la quota di verde (aree vegetate) sia pubblico che privato che si trova nell'area urbana, suburbana e all'interno di una fascia di 500 metri dall'area urbana rispetto all'area totale analizzata[27], ed è espresso in termini percentuali. L'indicatore di superficie vegetata su superficie urbanizzata esprime la percentuale tra la superficie di aree vegetate in aree urbane e suburbane rispetto alla superficie urbanizzata.

Per entrambi gli indicatori sono state considerate le classi di urbano e suburbano del grado di artificializzazione, più un buffer di ulteriori 500 metri (per dare conto anche di quelle aree verdi che, pur non trovandosi nelle zone più urbanizzate e popolate, possono comunque essere fruite dalla popolazione e contribuire alla qualità della vita dei cittadini e dell'ambiente) (cfr. § *Le aree urbane*). Le aree vegetate sono state, invece, ricavate a partire dal calcolo del *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) su immagini Sentinel-2[28] su un biennio (anno di riferimento + anno precedente) per tutta la serie storica e, successivamente, è stato estratto per ogni pixel dell'immagine il 95° percentile di NDVI, in modo da escludere valori estremi causati da anomalie nei dati e fluttuazioni vegetazionali stagionali. All'NDVI ottenuto sono stati applicati due valori soglia, 0,3 e 0,4, considerando vegetate le aree con valori superiori ad essi. Quindi è stata calcolata la media tra le due superfici vegetate così individuate per evitare di utilizzare rigidamente una singola soglia considerando la variabilità che la vegetazione può assumere e, in particolare, l'incertezza del valore di NDVI nelle zone in ombra.

Potenza, Perugia e L'Aquila sono i capoluoghi di regione in cui l'indicatore di incidenza di aree verdi nel 2023 presenta valori superiori all'80% e la situazione è simile anche negli anni precedenti, con un *trend* dal 2016 ad oggi leggermente negativo. Valori inferiori al 40% si osservano a Torino, Cagliari, Napoli, Venezia e Milano e anche qui la situazione rispetto agli anni precedenti è simile. Si evidenzia

[27] Per area totale qui si intende la somma delle superfici di area urbana, area suburbana e superficie della fascia di 500 m considerata.

[28] Le immagini *Sentinel*-2 del programma *Copernicus* sono disponibili dalla fine del 2015. Per tale motivo gli indicatori che prevedono le aree vegetate da NDVI possono essere elaborati dal 2016 in poi.

il comune di Cagliari che dal 2016 ad oggi vede l'indicatore aumentare di circa 6 punti in percentuale. Anche per il secondo indicatore Potenza, Perugia e L'Aquila mostrano i valori più alti nel 2023, superiori al 65% e la situazione è simile, a meno di leggere fluttuazioni, negli anni precedenti. Cagliari, Milano, Napoli e Torino presentano invece i valori più bassi, inferiori al 35%, con Cagliari che vede aumentare il valore anche per questo indicatore dal 2016 ad oggi di circa 6 punti percentuali.
Sulla totalità dei comuni, circa l'80% ha valori dell'indicatore di incidenza superiore all'80%, mentre il 63% di essi ha valori superiori al 70% dell'indicatore relativo alla superficie vegetata.

L'ACCESSIBILITÀ ALLE AREE VERDI PUBBLICHE

Tra gli impatti più rilevanti legati alla diffusione insediativa e alla densificazione delle aree urbane, la riduzione della disponibilità di spazi verdi pubblici assume un ruolo centrale nella definizione di città vivibili, non solo in termini ambientali ma anche di coesione, interazione e uguaglianza sociale. In Europa, con la recente approvazione della *Nature Restoration Law,* si obbligano gli stati membri a definire un piano di monitoraggio delle aree verdi urbane, con particolare riferimento a tutta la copertura vegetale in area urbana (cfr.§ *Le aree urbane*) ad esclusione dei seminativi per i quali vengono attuate le misure previste per gli ecosistemi agricoli (art.11).
A livello internazionale, le Nazioni Unite hanno stabilito l'obiettivo di garantire entro il 2030 l'accesso universale, sicuro e inclusivo agli spazi verdi pubblici, in particolare per donne, bambini, anziani e persone con disabilità. In tal senso, è stato proposta la valutazione della "Quota di popolazione priva di aree verdi urbane di quartiere" afferente al quadro di indicatori 11.7.1 dell'SDG 11, che pone l'accento sulla disponibilità di aree verdi pubbliche in ambiente urbano e permette di individuare le aree critiche in termini di densità di popolazione residente con particolare riferimento alle fasce più vulnerabili. In questo studio il concetto di accessibilità assume un'accezione spaziale, legata alla definizione adottata dalle Nazioni Unite per la valutazione dell'SDG 11.7.1 (UN, 2021) e alla regola 3-30-300 dell'IUCN (Konijnendijk, 2023).
Nel seguito è esposta una valutazione dell'accessibilità delle aree verdi[29] svolta in collaborazione con l'azienda Deda Next (Olivari *et.al*, 2023). La prima analisi è stata condotta sulle porzioni di territorio delle 14 città metropolitane italiane classificate come "grandi centri urbani" e "nuclei urbani densi" dalla mappatura del *continuum* urbano-rurale relativa al 2021 (cfr.§ *Le aree urbane*). Il secondo indicatore sviluppato dall'azienda Deda Next valuta la prossimità alle aree verdi pubbliche di dimensioni di almeno mezzo ettaro mappate da Urban Atlas per l'intero territorio metropolitano delle 14 città metropolitane in termini di tempi di percorrenza (Figura 55). Nell'ambito del progetto europeo USAGE (www.usage-project.eu/), Deda Next ha pubblicato le mappe interattive all'indirizzo web https://www.deda-next.it/aree-verdi-pubbliche-urbane.
In entrambi i casi l'analisi ha richiesto l'individuazione degli spazi verdi pubblici urbani (estratti dai database *Open Street Map*[30] e *Urban Atlas*[31]), i punti di partenza (i centri delle celle di una griglia regolare a maglia esagonale di lato 100 metri) e la rete stradale per individuare il tragitto più breve percorribile a piedi dal punto di partenza a quello di interesse (anche questa ricavata da *Open Street Map*).

[29] I dati preliminari di alcune città sono stati presentati al convegno "Il buon uso degli spazi Verdi e Blu per la promozione della Salute e del benessere" nell'ambito del progetto PNC VeBS che si è tenuto lo scorso 10 maggio a L'Aquila.
[30] Si è fatto riferimento ai poligoni caratterizzati con la "*key*" *leisure* e dai "*tag*" *park* e *garden* con una superficie ≥ 0,5 ha. La soglia dimensionale è stata scelta per non utilizzare rigidamente quella di 1ha proposta dalla regola 3-30-300 secondo la quale sarebbero state escluse aree in grado di garantire la fornitura di molteplici servizi ecosistemici alla popolazione urbana.
[31] In questo primo test sono stati selezionati solo i poligoni con una superficie ≥ 0,5 ha e una percentuale di suolo consumato inferiore al 20%, per escludere aree verdi assimilabili a piazze alberate o cimiteri o che negli ultimi anni sono state interessate da una conversione in suoli artifcializzati o impermeabilizzati.

A ciascun esagono è associata la popolazione residente all'interno del territorio sotteso (individuata utilizzando il dato spazializzato di popolazione descritto nel box "Spazializzazione della popolazione" a inizio paragrafo).
Si assume che la popolazione ha accesso a un'area verde se il percorso più breve per raggiungerla è inferiore a 300 o a 400 metri; tali soglie fanno riferimento rispettivamente alla regola IUCN 3-30-300 (Konijnendijk, 2023) e al metadato dell'indicatore SDG 11.7.1 (UN, 2021).
Con riferimento ai dati *Open Street Map* (OSM), meno di un terzo della popolazione che vive nelle aree in area urbana risulta avere accesso ad un'area verde pubblica, con valori al di sotto della media nazionale a Genova e nelle città metropolitane del Sud e delle Isole (Tabella 51). La percentuale sale di circa il 10% se si considera una distanza massima di 400 m. Milano e Bologna sono le uniche città metropolitane che garantiscono a più della metà della popolazione l'accesso ad un'area verde pubblica entro 300 m a piedi, ad esse si aggiungono Torino e Firenze considerando la soglia di 400 m.
Urban Atlas (UA) mostra valori significativamente più bassi: meno di un quinto della popolazione ha accesso a un'area verde pubblica entro 300 metri e poco meno di un terzo entro 400 metri; anche in questo caso i valori più bassi riguardano Genova e le città metropolitane del Sud.

Tabella 51. Abitanti (numero e percentuale sul totale dell'area urbana della città metropolitana) con possibilità di accedere ad un'area verde pubblica tramite un percorso a piedi di 300 o 400 metri, con riferimento al database *Open Street Map* e *Urban Atlas*

Città Metropolitane	Popolazione con accesso a un'area verde pubblica							
	Open Street Map (OSM)				Urban Atlas (UA)			
	≤ 300m		≤ 400m		≤ 300m		≤ 400m	
	(n° ab)	(%)	(n° ab)	(%)	(n° ab)	(%)	(n° ab)	(%)
Torino	590.640	37,9	839.799	53,9	279.268	17,9	420.090	27,0
Genova	124.725	19,1	192.809	29,5	103.234	15,8	159.562	24,4
Milano	1.484.951	49,8	1.978.162	66,4	891.384	29,9	1.283.206	43,1
Venezia	104.030	28,3	155.779	42,3	75.664	20,6	114.489	31,1
Bologna	318.255	56,6	411.987	73,2	217.860	38,7	289.490	51,4
Firenze	247.748	39,6	347.600	55,5	163.729	26,2	239.398	38,2
Roma	994.934	29,4	1.427.518	42,2	738.062	21,8	1.031.376	30,5
Napoli	333.286	12,3	514.773	19,0	469.901	17,3	677.108	25,0
Bari	193.773	18,8	308.033	29,9	56.421	5,5	86.897	8,4
Reggio Calabria	15.958	6,3	25.114	10,0	6.830	2,7	10.101	4,0
Palermo	85.910	9,9	133.860	15,4	108.735	12,5	166.965	19,2
Messina	19.836	7,0	32.444	11,4	-	-	-	-
Catania	58.901	7,3	99.027	12,3	33.929	4,2	54.310	6,8
Cagliari	67.043	19,1	107.180	30,6	77.038	22,0	117.162	33,4
Totale	**4.639.989**	**28,2**	**6.574.084**	**40,0**	**3.222.055**	**19,6**	**4.650.153**	**28,3**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati Istat, CLMS e OSM

Confrontando il verde totale presente all'interno dell'area urbana[32] con la porzione di verde urbano accessibile da parte della popolazione (Tabella 52), quest'ultima occupa meno del 10% del totale in quasi tutte le città metropolitane, con l'eccezione di Bologna e Milano (se si considera il dato UA, cui si aggiungono Roma, Firenze e Torino se si valutano i valori di OSM). Analizzando il verde pubblico pro capite, nelle città del Nord è maggiore la disponibilità di aree verdi pubbliche per abitanti, con un massimo a Bologna per entrambi i *dataset*, mentre le città metropolitane con più copertura vegetale in abito urbano sono localizzate a Sud (Messina, con 95,3 m^2 per abitante e Catania, con 86 m^2/abitante).

[32] Il verde pubblico complessivamente presente nell'area urbana è stato valutato a partire dalle classi CLC Plus *backbone* 2021 relative alla copertura vegetale del suolo (Vegetazione arborea – latifoglie caducifoglie, vegetazione arborea – latifoglie sempreverdi, vegetazione arborea – conifere, vegetazione arbustiva, vegetazione erbacea periodica, vegetazione erbacea permanente).

Tabella 52. Verde pro capite e estensione in ettari delle aree verdi pubbliche (da OSM e UA) e della copertura vegetale totale (da CLC *Plus Backbone*) nelle aree urbane delle 14 città metropolitane. Il dato UA non è disponibile per la città metropolitana di Messina

Città metropolitana	Aree verdi pubbliche OSM		Aree verdi pubbliche UA		Superfici naturali Backbone	
	(ha)	(m²/ab)	(ha)	(m²/ab)	(ha)	(m²/ab)
Torino	1.149	7,4	813,1	5,2	8.288	53,2
Genova	201	3,1	129,9	2,0	5.185	79,3
Milano	3.221	10,8	2301,4	7,7	18.534	62,2
Venezia	256	6,9	151,1	4,1	3.035	82,4
Bologna	1.022	18,2	571,7	10,2	3.862	68,6
Firenze	586	9,4	377,3	6,0	5.108	81,6
Roma	3.980	11,8	2449,7	7,2	31.110	91,9
Napoli	860	3,2	807,5	3,0	21.808	80,4
Bari	171	1,7	55,4	0,5	5.117	49,6
Reggio di Calabria	21	0,8	14,3	0,6	2.091	83,0
Palermo	227	2,6	178,9	2,1	5.882	67,7
Messina	25	0,9	ND	ND	2.709	95,3
Catania	83	1,0	58,1	0,7	6.916	86,0
Cagliari	192	5,5	141,9	4,0	2.441	69,6
Totale	**11.992**	**7,3**	**8.050**	**4,9**	**122.087**	**74,3**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati Istat, CLMS e OSM

Figura 52. Parco Industria Alfa Romeo-Portello - Milano. Foto di Andrei Domanin per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

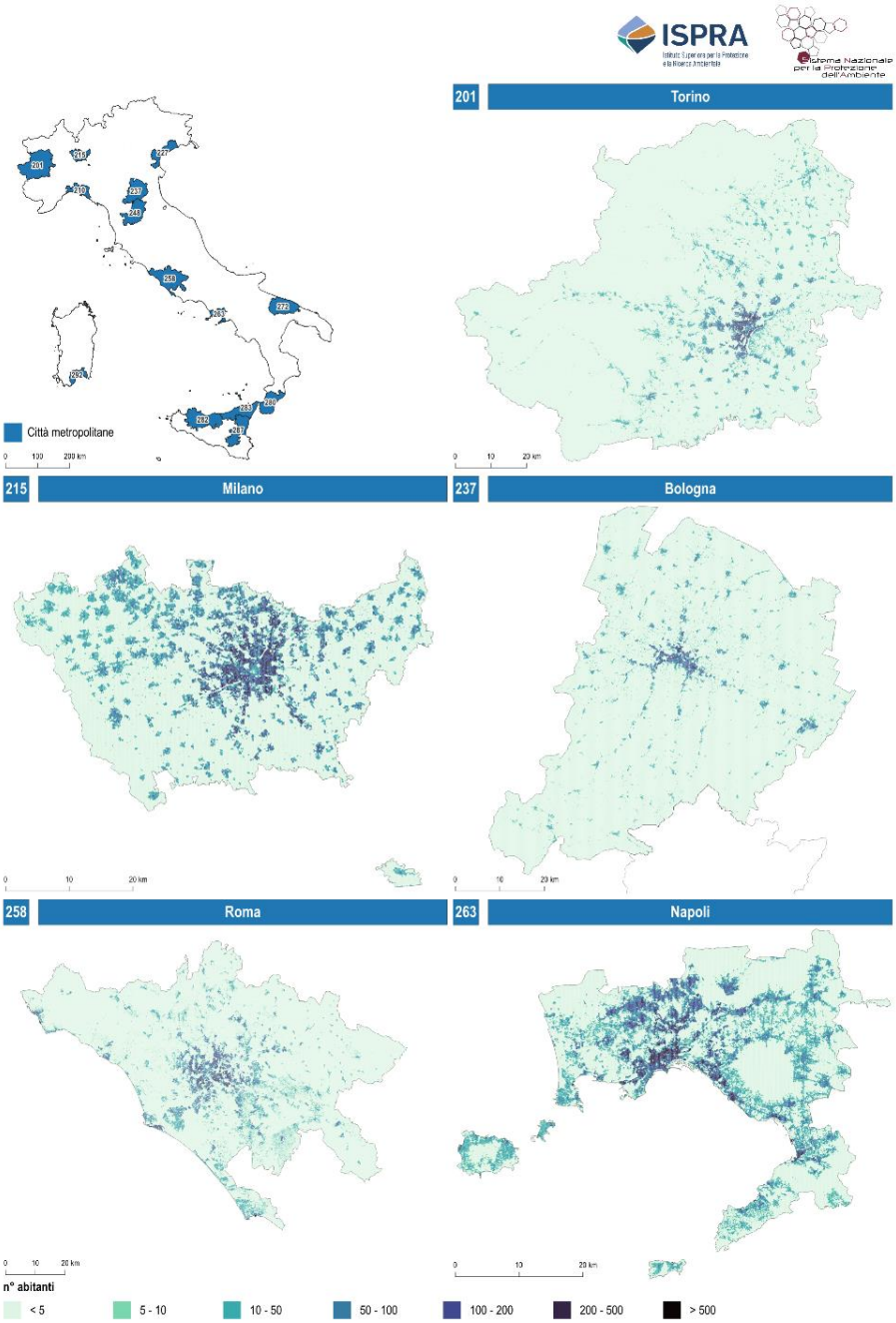


Figura 53. Esempio di spazializzazione del dato di popolazione Istat (relativo alle sezioni di censimento per il 2021) per 5 città metropolitane. Il dato è stato realizzato anche per la restante parte del territorio nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati Istat, CLMS e OSM

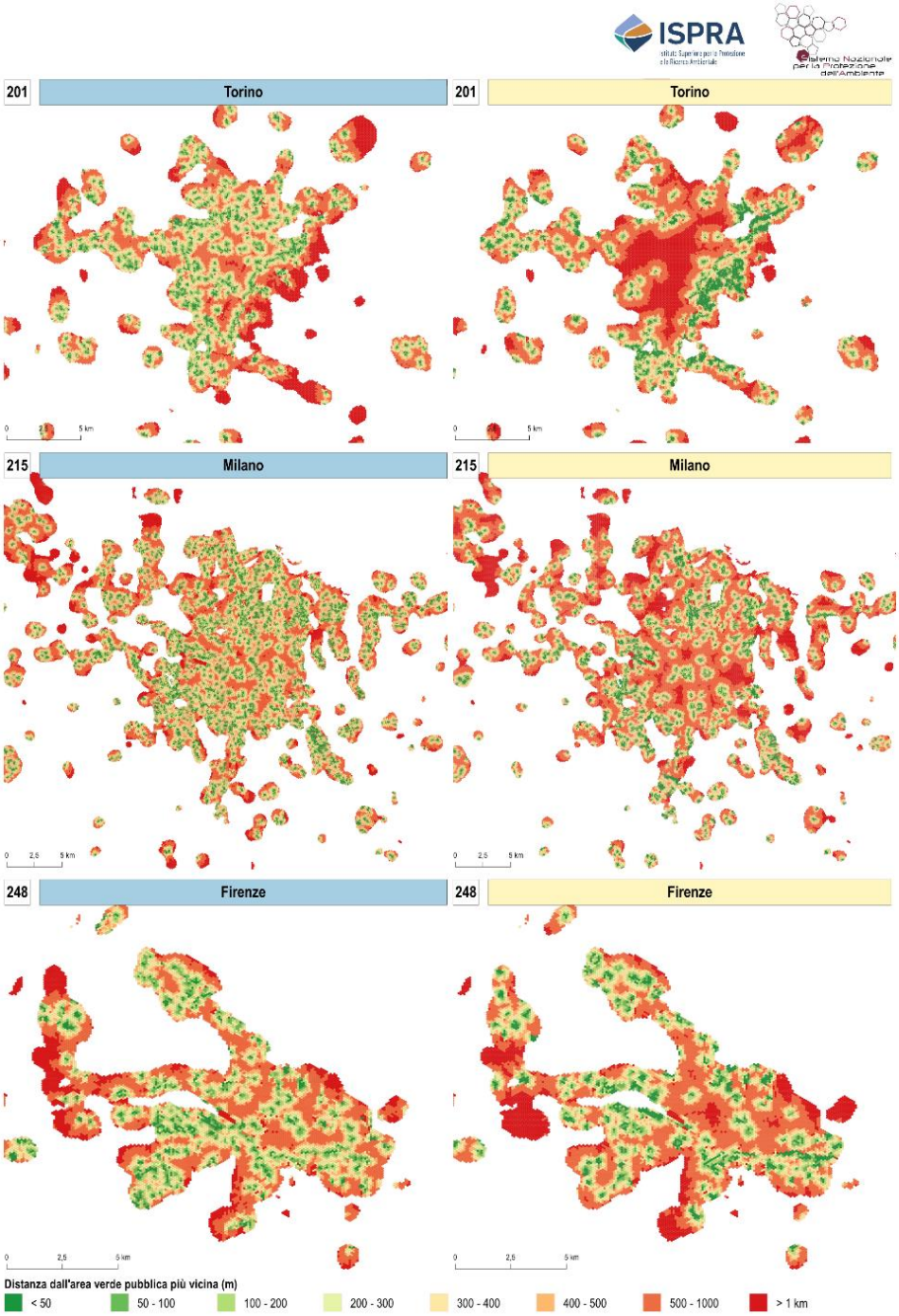


Figura 54. Accessibilità alle aree verdi pubbliche in area urbana per le città di Torino, Milano e Firenze, con riferimento ai dati Open Street Map (a sinistra) e Urban Atlas (a destra). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA, dati Istat, CLMS e OSM

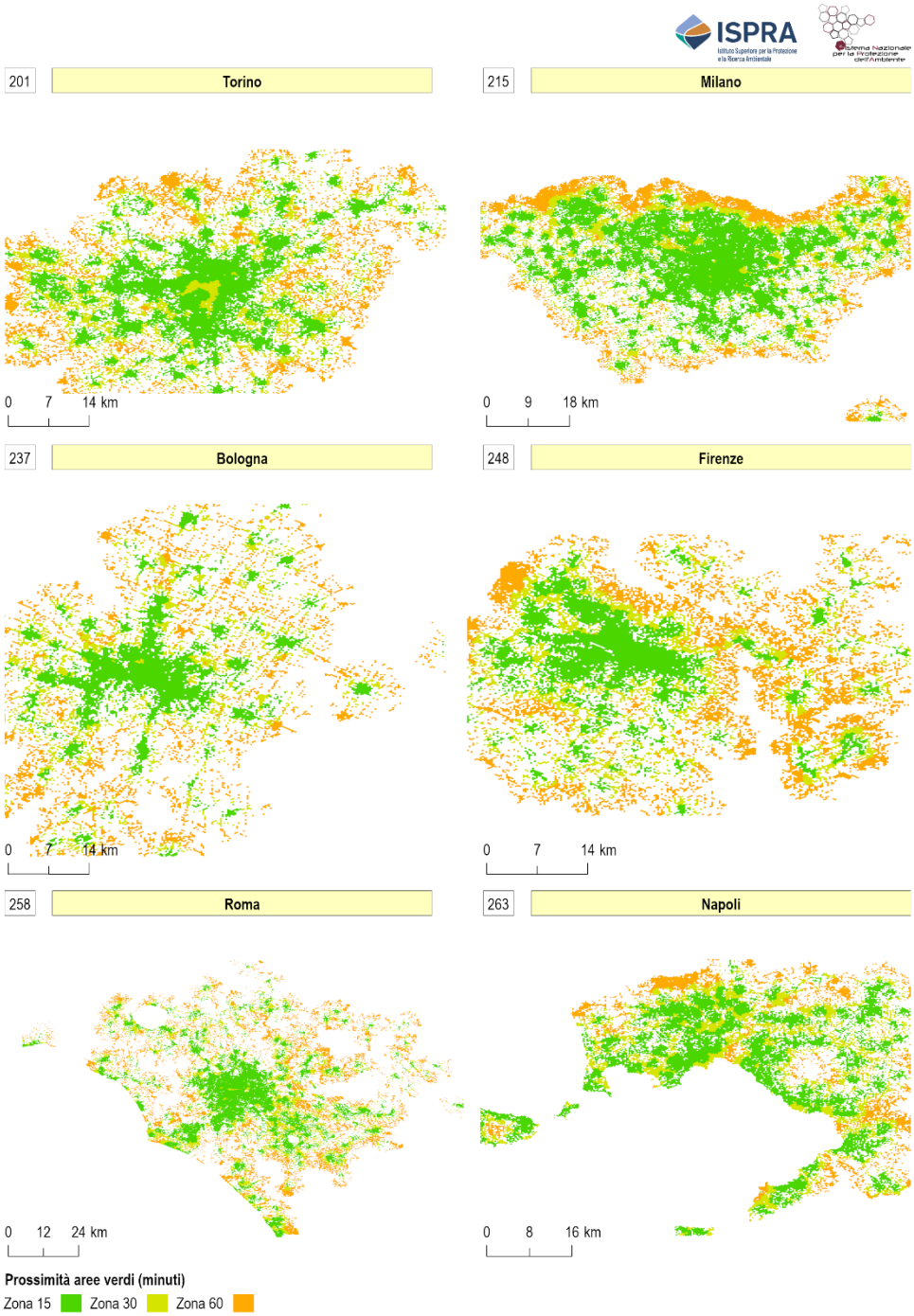


Figura 55 Prossimità alle aree verdi pubbliche per le città metropolitane di Torino, Milano, Bologna, Firenze, Roma e Napoli con riferimento ai Urban Atlas. Fonte: elaborazioni Deda Next su dati Urban Atlas e Open Street Map

LE AREE BOSCATE

Definizione

L'Organizzazione per l'Alimentazione e l'Agricoltura (FAO,2001) definisce la superficie forestale come territorio con copertura arborea superiore al 10% rispetto a un'estensione superiore a 0,5 ettari, dove gli alberi raggiungono un'altezza minima di 5 metri a maturità e una larghezza minima di 20 metri.
In Italia, il Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali, TUFF (D.lgs. 34/2018) stabilisce che bosco è un'area di vegetazione arborea, naturale o artificiale, che può includere anche arbusti, con una superficie di almeno 2.000 metri quadri, una larghezza media di almeno 20 metri e una copertura arborea superiore al 20%. Per una sua gestione sostenibile del patrimonio boschivo italiano, particolarmente significativo per la sua estensione, biodiversità e stato di conservazione è cruciale ottenere informazioni dettagliate, anche a livello locale, sullo stato e sulle caratteristiche delle sue foreste. È inoltre essenziale monitorare i processi di riduzione ed espansione della superficie forestale, in quanto esercitano un impatto profondo sulle politiche per la salvaguardia delle risorse forestali e dei servizi ecosistemici (FAO,2020). Alla luce di queste premesse è evidente l'importanza delle risorse cartografiche per il monitoraggio forestale in Italia, come la Carta di Uso e Copertura del Suolo di ISPRA, la Carta dei Disturbi Forestali, e la Carta delle Aree di Espansione Forestale. Inoltre, l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC 2015) (Arma dei Carabinieri, CREA, 2021) e l'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI) forniscono dati dettagliati sullo stato delle foreste e sul carbonio immagazzinato. Il *Copernicus Land Monitoring Service* tramite la carta di copertura e uso del suolo *Global Land Cover* (GLC) e gli strati *Forest* degli *High Resolution Layer* (HRL), e la Carta Forestale Italiana (CFI2020) offrono ulteriori strumenti per la gestione sostenibile e la pianificazione delle risorse forestale forestali.

Superficie forestale

L'analisi della superficie forestale in Italia mostra che circa il 40% (circa 11.900.000 ettari) del territorio nazionale è coperto da foreste (Figura 56). Tuttavia, le stime variano tra 9,2 e 13,6 milioni di ettari a causa delle diverse metodologie e definizioni utilizzate per identificare la superficie forestale. Secondo la carta di copertura del suolo ISPRA, la superficie coperta da vegetazione arborea è di circa 13 milioni di ettari, in linea quindi con l'estensione forestale degli altri dati analizzati. La distribuzione regionale delle aree forestali, come indicato dai dati INFC 2015, evidenzia che la maggior parte delle foreste si trova sotto i 1.000 metri sul livello del mare, rappresentando il 73% della superficie forestale totale[33].

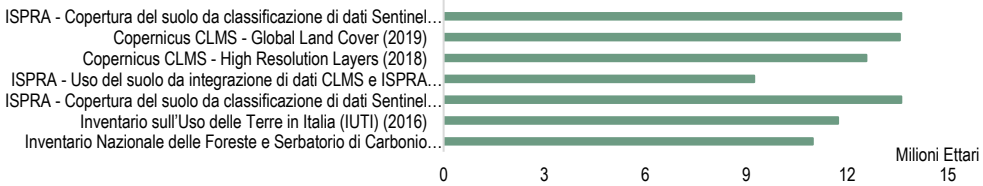


Figura 56. Superficie forestale identificata dai diversi strati informativi all'ultimo anno disponibile. Fonte: elaborazioni ISPRA

Un aspetto fondamentale del monitoraggio forestale è l'analisi dei fenomeni di espansione e riduzione della superficie forestale, la quale fornisce dati fondamentali sui cambiamenti nella copertura boschiva, che a loro volta influenzano le strategie e le politiche di conservazione e gestione delle risorse forestali.

[33] Per maggiori dettagli sulla distribuzione delle aree forestali distinte per regioni si rimanda all'edizione 2023 del rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici".

Queste informazioni aiutano a definire le linee guida per le politiche di gestione sostenibile, promuovendo al contempo la biodiversità e la salute degli ecosistemi. Alla luce di questo è necessario analizzare i disturbi forestali, ad esempio incendi, tempeste o tagli boschivi, ossia quegli eventi che con il loro verificarsi modificano la struttura e la composizione dell'ambiente forestale, portando anche alla perdita degli individui. Dall'analisi dei dati è emerso che il 12,4% dei disturbi è dovuto ad aree incendiate, mentre l'87,4% è causato da altri eventi; quest'ultimo dato è stato ulteriormente verificato e ha mostrato che più della metà delle aree individuate sono soggette a taglio (De Fioravante *et al.*, 2021). Dal censimento delle aree incendiate risulta che tra il 2004 e il 2020 circa 660.000 ettari sono stati interessati da incendi, con i valori più alti raggiunti nel 2007 e nel 2017 con più di 100.000 ettari contro una superficie media annuale di circa 40.000 ettari. Una stima più specifica dei disturbi e delle loro cause è stata calcolata per il 2018, in cui sono stati individuati complessivamente 57.717 ettari di disturbi forestali, classificate in tagliate a raso (46.604 ettari), incendi (11.002 ettari) e danni da vento (110 ettari). La riduzione della superficie forestale è stata quantificata utilizzando i dati IUTI, HRL GLC e della carta di uso del suolo ISPRA, che, a differenza dei dati INFC, che confronta le superfici boschive al 2005 e al 2015, e alla carta di espansione forestale, che individua invece solo le aree di espansione, permettono di individuare i passaggi di classe di copertura, individuando quindi anche la perdita di superficie forestale. Si può notare che i risultati di IUTI e HRL hanno un valore annuale di decrescita a livello nazionale simile (circa 12-14.000 ettari), mentre a causa della risoluzione spaziale inferiore (100x100 m) il tasso annuale di decrescita della carta GLC è circa 6.000 ettari e quello della carta di uso del suolo ISPRA è 2.367 ettari. I dati analizzati a scala nazionale (Tabella 53) mostrano in generale una tendenza complessiva all'espansione forestale, in particolare per i dati che analizzano le dinamiche forestali su un periodo più lungo (IUTI, INFC, carta di espansione forestale). Una tendenza opposta si registra per i dati che si riferiscono a un periodo di analisi breve in cui non sono rilevabili i processi di accrescimento forestale naturale (HRL, GLC, carta dell'uso del suolo ISPRA).

Tabella 53. Confronto a scala nazionale tra i dati dei cambiamenti e dei disturbi forestali

Fonte (con primo e ultimo anno considerato)	Copertura arborea/ forestale						
	Superficie[34]	Espansione[35]		Riduzione		Disturbi	
	(ha)	(ha)	(ha/anno)	(ha)	(ha/anno)	(ha)	(ha/anno)
Uso suolo ISPRA (2012-2021)	9.238.783	8.549	949	21.303	2.367	-	-
Copertura del suolo ISPRA (2012-2021)	13.382.077	10.555	1.759	37.066	6.177	-	-
HRL (2015-2018)	12.576.461	3.461	1.154	43.559	14.519	-	-
IUTI (1990-2016)	11.732.622	1.334.398	43.176	399.453	12.525	-	12.525
Carta espansione forestale (1985-2019) (Cavalli *et al.*, 2022)	ND	2.801.050	82.384	ND	-	ND	-
INFC (2005-2015)	11.054.458	586.925	58.693	ND	-	ND	-
GLC (2015-2019)	13.571.531	8.500	2.125	27.000	6.750	-	-
Carta Sentinel 1-2 (2017-2018)	13.614.082	ND	-	89.596	89.596	-	-
Censimento aree incendiate (2004-2020)	ND	ND	-	-	-	676.254	42.266
Carta disturbi forestali (1985-2019), 30 m (Francini *et al.* 2022)	ND	ND	-	-	-	-	261.733 (1985) - 27.923 (2014)
Carta disturbi forestali (2023) 10 m (Francini et al. 2022)	ND	ND	-	-	-	57.717	57.717

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati vari

[34] La superficie fa riferimento all'ultimo anno disponibile per ogni fonte.
[35] Le variazioni (in espansione o in riduzione) fanno riferimento al periodo tra il primo e l'ultimo anno disponibili per ogni fonte.

CAUSE DEL CONSUMO DI SUOLO

LE NUOVE COPERTURE ARTIFICIALI

Tra il 2006 e il 2023 in Italia sono stati consumati 1.332 km² di suolo naturale o seminaturale (1.289 km² al netto dei ripristini) a causa dell'espansione urbana e delle sue trasformazioni collaterali (Tabella 54), con una tendenza all'accelerazione negli ultimi sei anni rispetto al resto del periodo di rilevazione, che obbliga a una riflessione circa l'efficacia delle misure intraprese per il contenimento di questo fenomeno e sull'urgenza di un quadro normativo di riferimento che riesca a porre freno in maniera decisa alla grave e prolungata perdita di suoli naturali. Dai numeri si rileva che la densità del consumo di suolo netto in questi anni ha portato a consumare, per ogni ettaro del nostro territorio, 42,77 m² di suolo, con una media annuale che è stata di 2,52 m²/ha (cfr. § *Il consumo di suolo in Italia*).

Tabella 54**. Consumo di suolo tra il 2006 e il 2023**

2006-2023	
Consumo di suolo netto (km²)	1.289
Consumo di suolo permanente (km²)	465
Densità del consumo di suolo (m²/ha)	42,77
Densità media annuale del consumo di suolo netto (m²/ha)	2,52

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 55. Classi di consumo di suolo netto tra il 2006 e il 2023

Sistema di classificazione del consumo di suolo		Consumo di suolo 2006-2023 (ha)	Ripartizione consumo di suolo per classe 2006-2023 (%)
1	**Consumo di suolo**	**128.934**	**100,0**
1xx	**(non classificato)**	**29.891**	**23,2**
11	**Consumo di suolo permanente**	**46.509**	**36,1**
111	Edifici, fabbricati	20.667	16,0
112	Strade pavimentate	10.368	8,0
113	Sede ferroviaria	280	0,2
114	Aeroporti	150	0,1
115	Porti	54	0,0
116	Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate	11.381	8,8
117	Serre permanenti pavimentate	155	0,1
118	Discariche	893	0,7
11x	(altro consumo permanente non classificato)	2.559	2,0
12	**Consumo di suolo reversibile**	**52.534**	**40,7**
121	Strade non pavimentate	1.482	1,1
122	Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale, etc.)	27.895	21,6
123	Aree estrattive non rinaturalizzate	5.262	4,1
124	Cave in falda	512	0,4
125	Impianti fotovoltaici terra	16.147	12,5
126	Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali	214	0,2
12x	(altro consumo reversibile non classificato)	1.022	0,8

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Analizzando le singole classi sul periodo 2006-2023 (Tabella 55, **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), il consumo permanente rappresenta il 36,1% del totale, con una prevalenza di edifici (16%, classe 111), strade e piazzali in asfalto e cemento (classi 112 e 116), che superano, nel complesso, di circa 11 km² le superfici impegnate per la costruzione di nuovi edifici. I pannelli fotovoltaici a

terra (+161 km²), se si escludono le nuove aree di cantiere (classe 122) che rappresentano generalmente situazioni in evoluzione, rappresentano una porzione importante del nuovo suolo consumato reversibile, seppure con impatti diversi a seconda del tipo di impianto (cfr. § *Impianti fotovoltaici*).

Tabella 56. Matrice dei cambiamenti (in ettari) 2006-2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

		2023																		
		1	11	111	112	113	114	115	116	117	118	12	121	122	123	124	125	126	2	Totale
2006	1		119	15	2.396	1.210	38	98	13	2.193	9	29	230	1.493	1.247	323	489	68	288	10.261
	11			9	15	5				12				14			1		23	80
	111		5		10	9				14			4	20	1	4			84	154
	112	7	1	2		9				60	11		1	191	2		9		122	414
	113	3	2	1	15		1			44			31	58	2				90	247
	114	4			8	1				7				20					5	47
	115				1														1	2
	116				4					2				3						9
	117	3			111	7					3			122	2		11		76	337
	118									2				1					14	18
	12					1				5			1	9	1		3		14	34
	121	1		1	2	126				8				14	2	0			51	206
	122	16	8	10	404	634	4		11	849	1	33	8		20	4	42	7	2.101	4.153
	123				16	9				24		8	2	43		40	3		1.257	1.402
	124				1									4	8		1		70	85
	125																		2	2
	126	1		3	5	1				9				11	1				23	54
	2	30.180	2.582	1.106	20.789	10.458	286	152	54	11.457	169	907	1.533	29.996	6.519	582	16.149	236		133.157
	Totale	30.214	2.718	1.146	23.779	12.471	330	250	79	14.688	195	978	1.810	32.000	7.806	954	16.710	313	4.223	

1. Consumo di suolo non classificato; 11. Consumo di suolo permanente non classificato al terzo livello; 111. Edifici, fabbricati; 112. Strade pavimentate; 113. Sede ferroviaria; 114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate); 115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate; 116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (Piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi); 117. Serre permanenti pavimentate; 118. Discariche; 12. Consumo di suolo reversibile non classificato al terzo livello; 121. Strade non pavimentate; 122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale); 123. Aree estrattive non rinaturalizzate; 124. Cave in falda; 125. Impianti fotovoltaici a terra; 126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo; 2. Suolo non consumato.
I valori riferiti ai cambiamenti al di sotto della soglia di 0,5 ha non appaiono nella matrice ma concorrono nei conteggi per i totali di classe.
Con sfondo e bordo grigio vengono evidenziate le superfici dove è avvenuta una nuova impermeabilizzazione del suolo.
Con bordo e sfondo rosso vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto nuovo consumo di suolo permanente, con sfondo e carattere arancione consumo di suolo reversibile. Con sfondo e bordo verde scuro vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto un ripristino o una rinaturalizzazione.

Approfondendo l'analisi delle classi di consumo 2006-2023 più rappresentative (edifici, strade, altre aree impermeabilizzate e cantieri), il fenomeno mostra un andamento caratteristico nelle aree urbane più grandi (Figura 57).

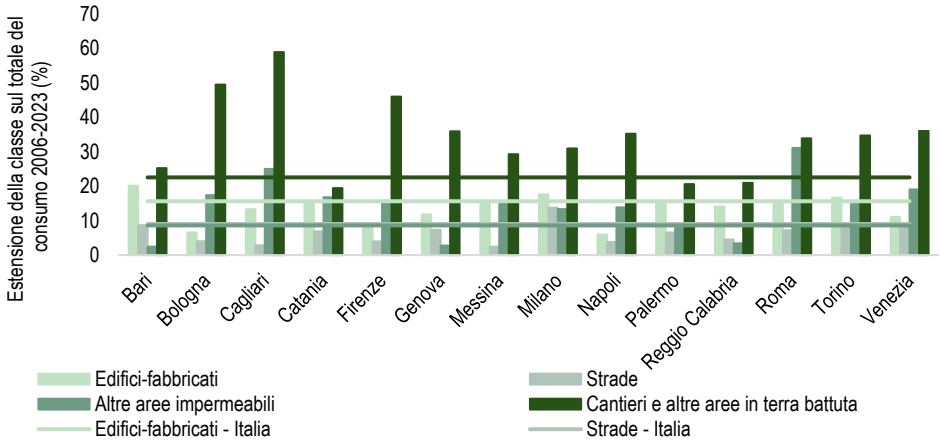


Figura 57. Distribuzione percentuale delle principali classi di consumo di suolo, per il periodo 2006-2023, nelle principali città italiane

Prendendo in considerazione le principali città italiane (comuni capoluogo delle città metropolitane), la percentuale, rispetto al totale del consumo 2006-2023, dei nuovi cantieri e dei nuovi parcheggi o piazzali impermeabilizzati, risulta complessivamente superiore alla media nazionale, evidenziando il maggiore dinamismo di queste aree, mentre le nuove strade rimangono sotto la media, con la sola eccezione di Milano.
Considerando il rapporto tra i nuovi edifici e la somma delle altre due tipologie di cambiamenti più frequenti (nuovi cantieri, classe 122, e nuovi parcheggi o piazzali impermeabilizzati, classe 116), a livello nazionale gli edifici hanno un'estensione che è circa la metà di quella delle aree occupate da nuovi cantieri e da altre aree impermeabilizzate. Solo in poco meno di un quarto dei comuni (il 24%), gli edifici occupano più superficie delle altre due classi, mentre, nelle città principali, gli edifici sono in un rapporto 1:3 rispetto alle classi 116 e 122, inferiore alla media nazionale. Alcune città presentano valori molto bassi con gli edifici che in alcuni casi occupano il 10% dello spazio occupato da cantieri e parcheggi o piazzali. Analizzando i dati del comune di Roma, il cui valore del rapporto è pari a 0,24, si può evidenziare una situazione in cui le percentuali dei nuovi edifici e delle nuove strade sono in linea con quelle nazionali, mentre i valori relativi ai cantieri e alle altre aree impermeabilizzate sono entrambi superiori alla media italiana. In particolare, quest'ultima classe (rappresentata per esempio da parcheggi e piazzali) presenta un valore 3,6 volte superiore rispetto a quello medio nazionale.
Rispetto al monitoraggio dello scorso anno (Tabella 57), si rileva una lieve flessione in termini di ettari di cambiamenti e un aumento dello 0,3% della componente reversibile rispetto a quella permanente. Si tratta nella maggior parte dei casi di aree di cantiere (4.756 ettari), che rappresentano quasi il 66% dei cambiamenti totali e che sono destinati prevalentemente alla realizzazione di nuovi edifici e infrastrutture, dunque a divenire, in buona parte, nuovo consumo permanente in futuro. Il consumo di suolo permanente è, invece, aumentato di 1.379 ettari, con una prevalenza della classe di edifici e fabbricati.
Analizzando i flussi di cambiamento tra le classi al terzo livello per il periodo 2022-2023 (Tabella 58), la trasformazione prevalente riguarda il passaggio da suolo naturale o seminaturale (classe 2) a cantieri e altre aree in terra battuta (122) e edifici e fabbricati (111) con incrementi, rispettivamente, di 4.756 ettari e di 674 ettari. Interessante isolare le trasformazioni nell'ultimo anno dalla classe 122, principalmente dovute ad aree di cantiere: dei complessivi 2.047 ettari trasformati, 764 ettari sono stati ripristinati a suolo non consumato, mentre la maggior parte sono diventati altre aree impermeabili/pavimentate (566 ettari), edifici e fabbricati (493 ettari) e strade pavimentate (145 ettari).

Tabella 57. Flussi di consumo di suolo al II e III livello per i cambiamenti del 2022-2023 e 2021-2022

		2021-2022	2022-2023	Classi		2021-2022	2022-2023
Consumo di suolo permanente	(ha)	1.485	1.379	Edifici	(ha)	724	674
				Infrastrutture		77	75
				Altro		684	630
	(%)	19,2	19,0	Edifici	(%)	9,4	9,3
				Infrastrutture		1,0	1,0
				Altro		8,9	8,7
Consumo di suolo reversibile	(ha)	6.192	5.875	Cantieri	(ha)	5.346	4.756
				Altro		846	1.119
	(%)	80,7	81,0	Cantieri	(%)	69,6	65,6
				Altro		11,0	15,4

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 58. Matrice dei cambiamenti (in ettari) 2022-2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

		2023																		
		1	11	111	112	113	114	115	116	117	118	12	121	122	123	124	125	126	2	Totale
2022	1													7						7
	11													1						1
	111								1					33					1	36
	112								1				1	12					1	15
	113																			0
	114																			0
	115																			0
	116			15	2									19					4	40
	117													1						1
	118																		2	2
	12																			0
	121				18														1	19
	122			493	145	6	1		566	12			5		10		37	8	764	2.047
	123			1												11			39	52
	124			1											1		1			3
	125																		2	2
	126								1										2	3
	2			674	75	2	3		604	7	14		280	4.756	352	45	421	20		7.254
	Totale			1.184	239	7	4	1	1.174	19	14		287	4.829	363	56	460	28	815	

1. Consumo di suolo non classificato; 11. Consumo di suolo permanente non classificato al terzo livello; 111. Edifici, fabbricati; 112. Strade pavimentate; 113. Sede ferroviaria; 114. Aeroporti (piste e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate); 115. Porti (banchine e aree di movimentazione impermeabili/pavimentate; 116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate (Piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi); 117. Serre permanenti pavimentate; 118. Discariche; 12. Consumo di suolo reversibile non classificato al terzo livello; 121. Strade non pavimentate; 122. Cantieri e altre aree in terra battuta (piazzali, parcheggi, cortili, campi sportivi, depositi permanenti di materiale); 123. Aree estrattive non rinaturalizzate; 124. Cave in falda; 125. Impianti fotovoltaici a terra; 126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo; 2. Suolo non consumato.
I valori riferiti ai cambiamenti al di sotto della soglia di 0,5 ha non appaiono nella matrice ma concorrono nei conteggi per i totali di classe.
Con sfondo e bordo grigio vengono evidenziate le superfici dove è avvenuta una nuova impermeabilizzazione del suolo.
Con bordo e sfondo rosso vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto nuovo consumo di suolo permanente, con sfondo e carattere arancione consumo di suolo reversibile. Con sfondo e bordo verde scuro vengono evidenziate le superfici dove è avvenuto un ripristino o una rinaturalizzazione.

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 58. "Rinascita" - Canale Candiano, darsena di Ravenna. Foto di Emma Graziani per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

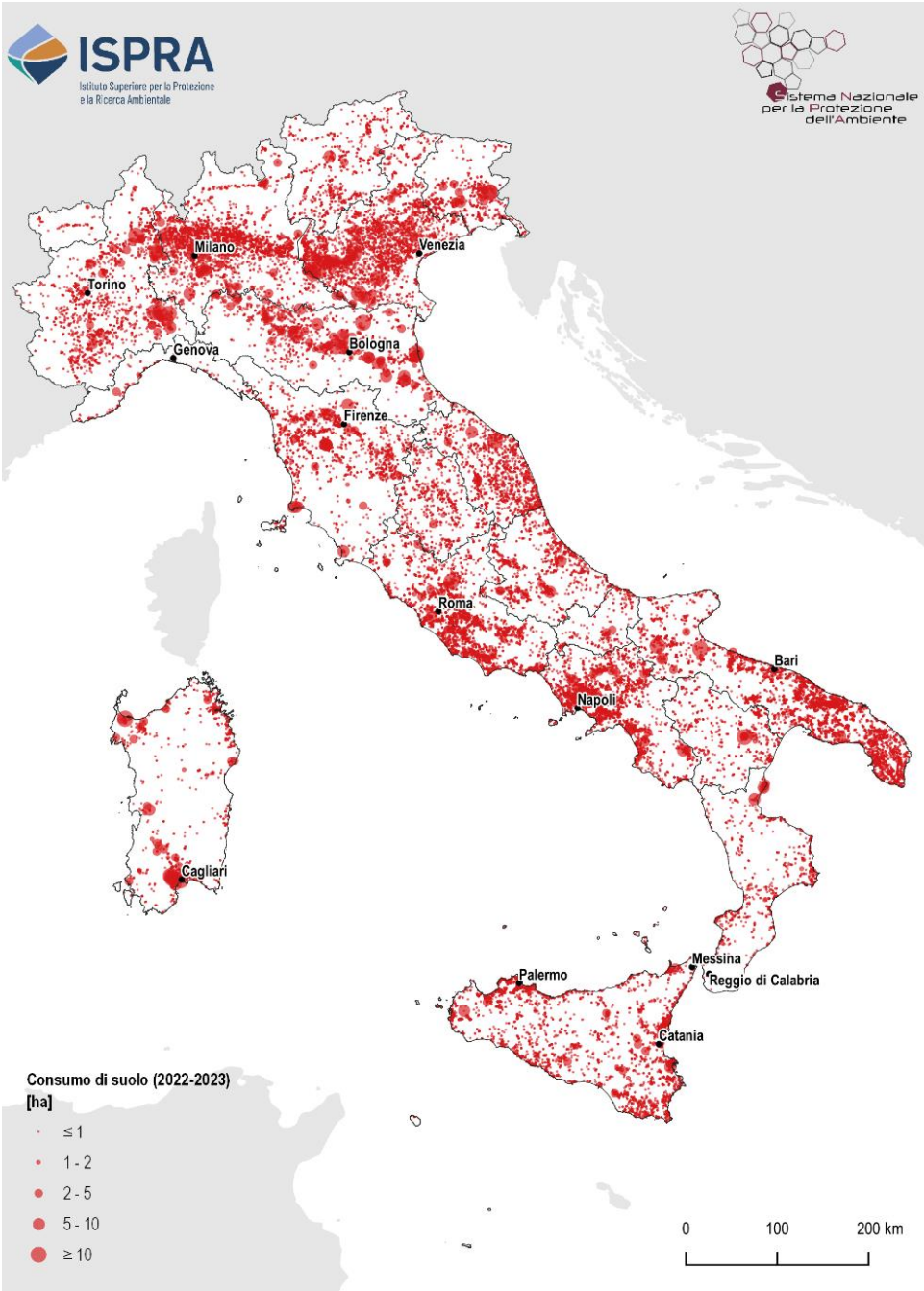


Figura 59. Localizzazione dei cambiamenti relativi al consumo di suolo rilevato tra il 2022 e il 2023. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

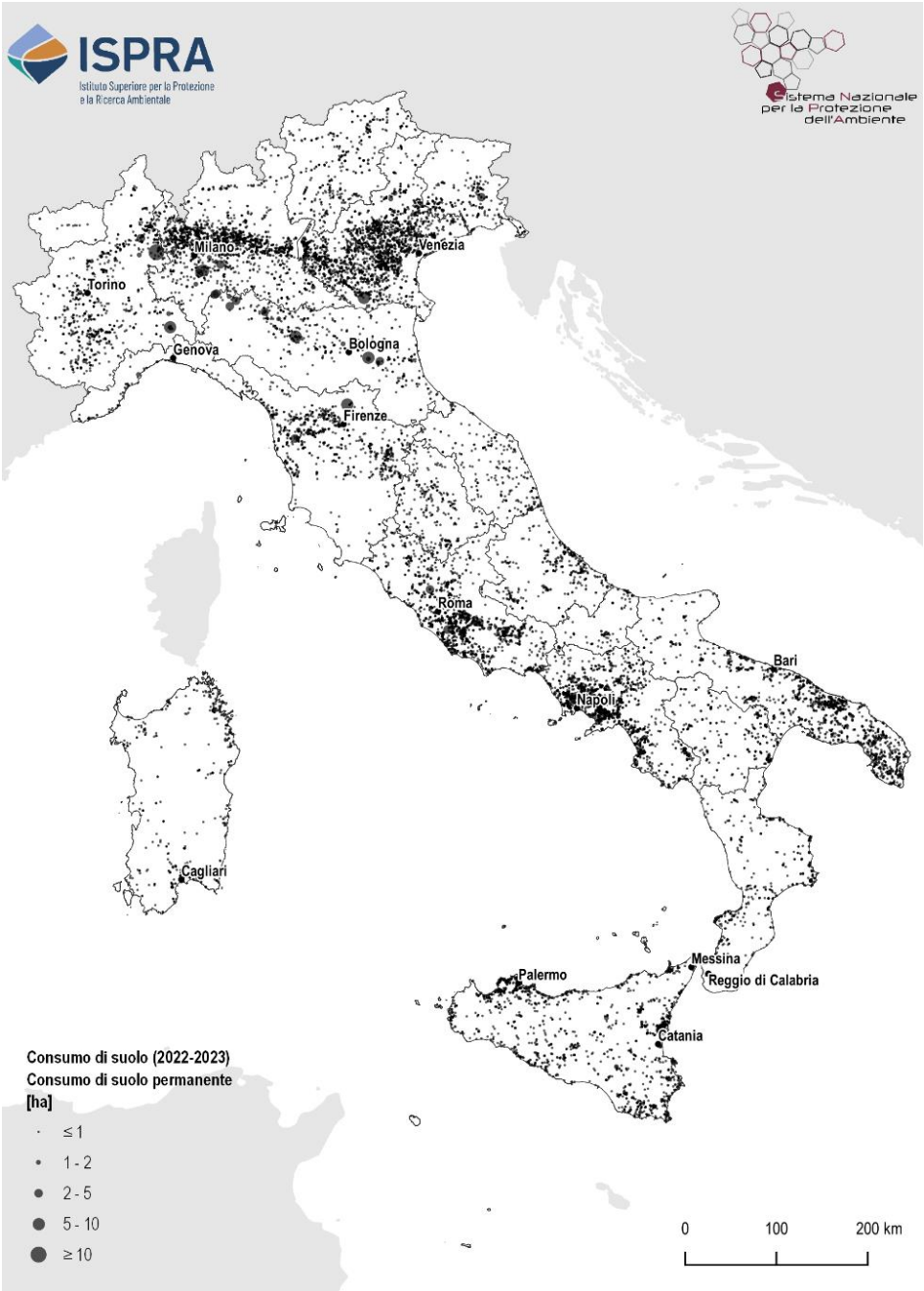


Figura 60. Localizzazione dei cambiamenti relativi al consumo di suolo permanente. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

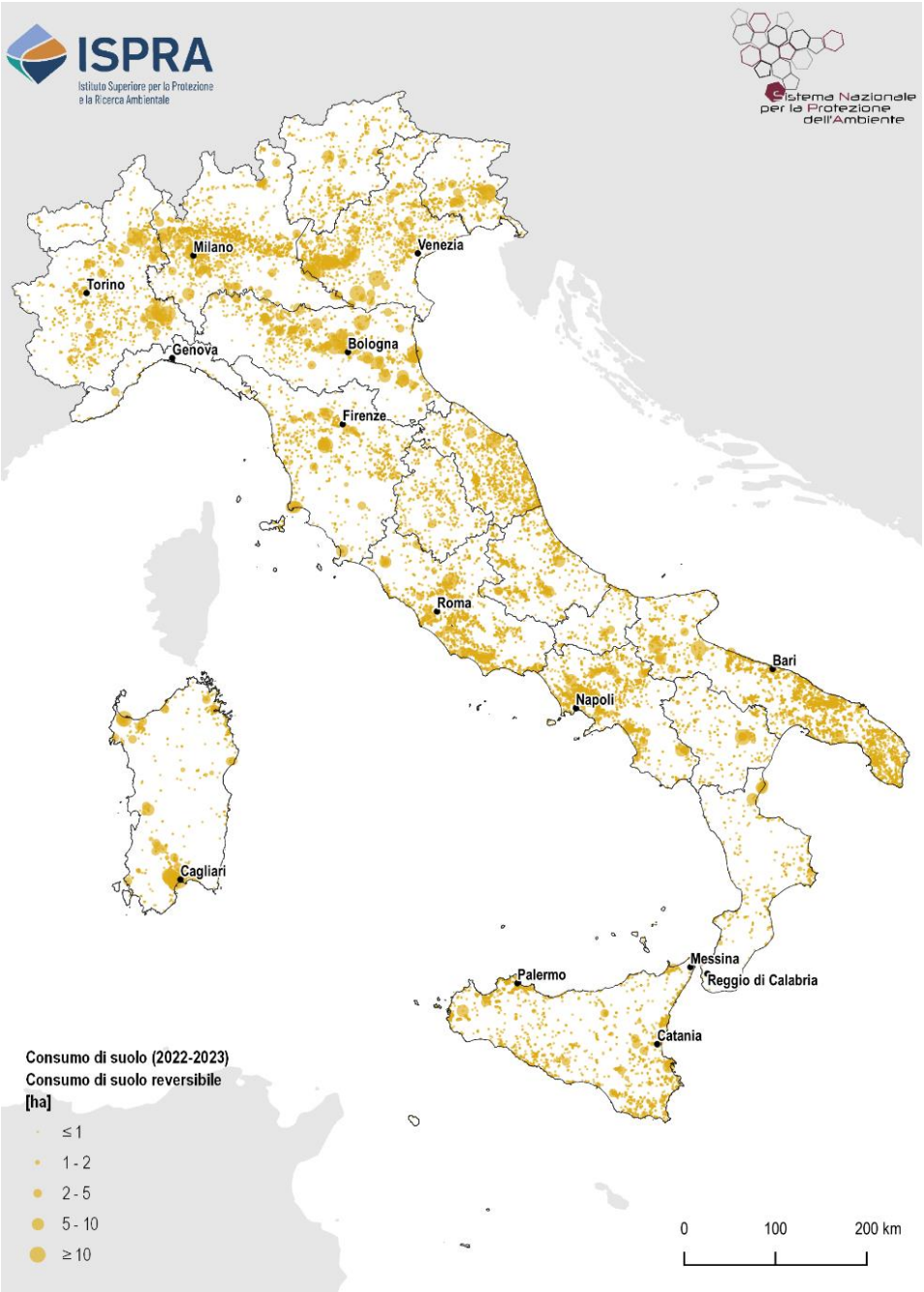


Figura 61. Localizzazione dei cambiamenti relativi al consumo di suolo reversibile. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

LE AREE EDIFICATE

Il consumo di suolo associato agli edifici

Le aree edificate comprendono tutte le superfici coperte da edifici e fabbricati identificate dalla classe 111 del sistema di monitoraggio nazionale del consumo di suolo.
Analizzando i dati della cartografia SNPA risultano circa 5.425 km^2 di aree edificate (un territorio grande quanto tutta la Liguria), equivalente all'1,8% del territorio nazionale e oltre il 25% dell'intero suolo consumato. Nell'ultimo anno, l'aumento netto delle aree edificate è stato di circa 1.148 ettari (Tabella 59).
A livello regionale, la Lombardia presenta la massima superficie coperta da edifici (circa 842 km^2 al 2023) e il massimo incremento di consumo di suolo ascrivibile a tale classe (+249,3 ettari tra 2022 e 2023), mentre il Veneto è la regione in cui gli edifici occupano massima estensione in termini percentuali, sia rispetto alla superficie regionale (3,56%) che rispetto al totale del consumato regionale (33,22%). Nel complesso, le percentuali di suolo consumato associato a edifici diminuiscono spostandosi verso il Sud e le Isole.

Tabella 59. Suolo consumato 2023 e consumo di suolo netto 2022-2023 per aree edificate

Regione	Suolo consumato per edifici e fabbricati				Consumo di suolo per edifici e fabbricati (ha)
	(ha)	(% sulla superficie totale)	Pro capite (m^2/ab)	(% sul suolo consumato)	
Piemonte	50.847	2,00	119,6	29,78	110
Valle d'Aosta	1.192	0,37	96,8	16,93	1
Lombardia	84.201	3,53	84,4	28,94	249
Trentino-Alto Adige	7.995	0,59	74,2	19,44	22
Veneto	72.263	3,94	149,0	33,22	224
Friuli-Venezia Giulia	15.713	1,98	131,6	24,70	23
Liguria	8.933	1,65	59,3	22,58	4
Emilia-Romagna	52.971	2,35	119,4	26,41	109
Toscana	33.144	1,44	90,5	23,29	40
Umbria	8.906	1,05	104,0	19,99	18
Marche	14.841	1,59	100,0	22,78	15
Lazio	31.812	1,85	55,6	22,57	75
Abruzzo	11.849	1,10	93,1	21,82	13
Molise	3.136	0,71	107,9	17,91	5
Campania	36.914	2,71	65,8	25,66	93
Puglia	34.434	1,78	88,1	21,52	55
Basilicata	4.361	0,44	81,1	13,62	12
Calabria	15.354	1,02	83,1	20,02	20
Sicilia	38.024	1,48	79,0	22,63	36
Sardegna	15.567	0,65	98,6	19,16	25
Italia	**542.458**	**1,80**	**91,9**	**25,14**	**1.148**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 62. Edifici in costruzione

Il Veneto è la regione con i più alti valori di superficie edificata rapportata al numero di abitanti (149 m²/ab), mentre i valori più bassi si registrano in Lazio, Liguria e Campania, rispettivamente con 56, 59 e 65 m²/ab (Figura 63).

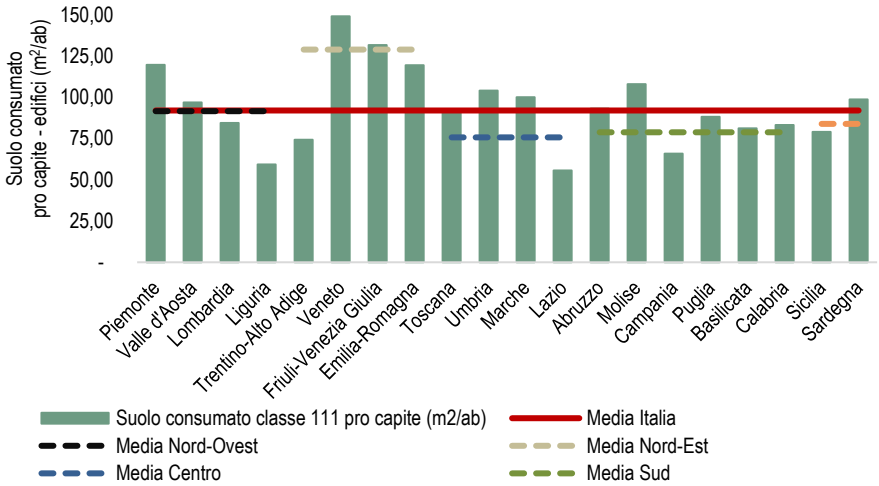


Figura 63. Suolo consumato pro capite (2023) per la classe degli edifici e fabbricati a livello regionale e di ripartizione geografica (m²/ab). In rosso la percentuale nazionale, in tratteggiato le medie per ripartizione. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

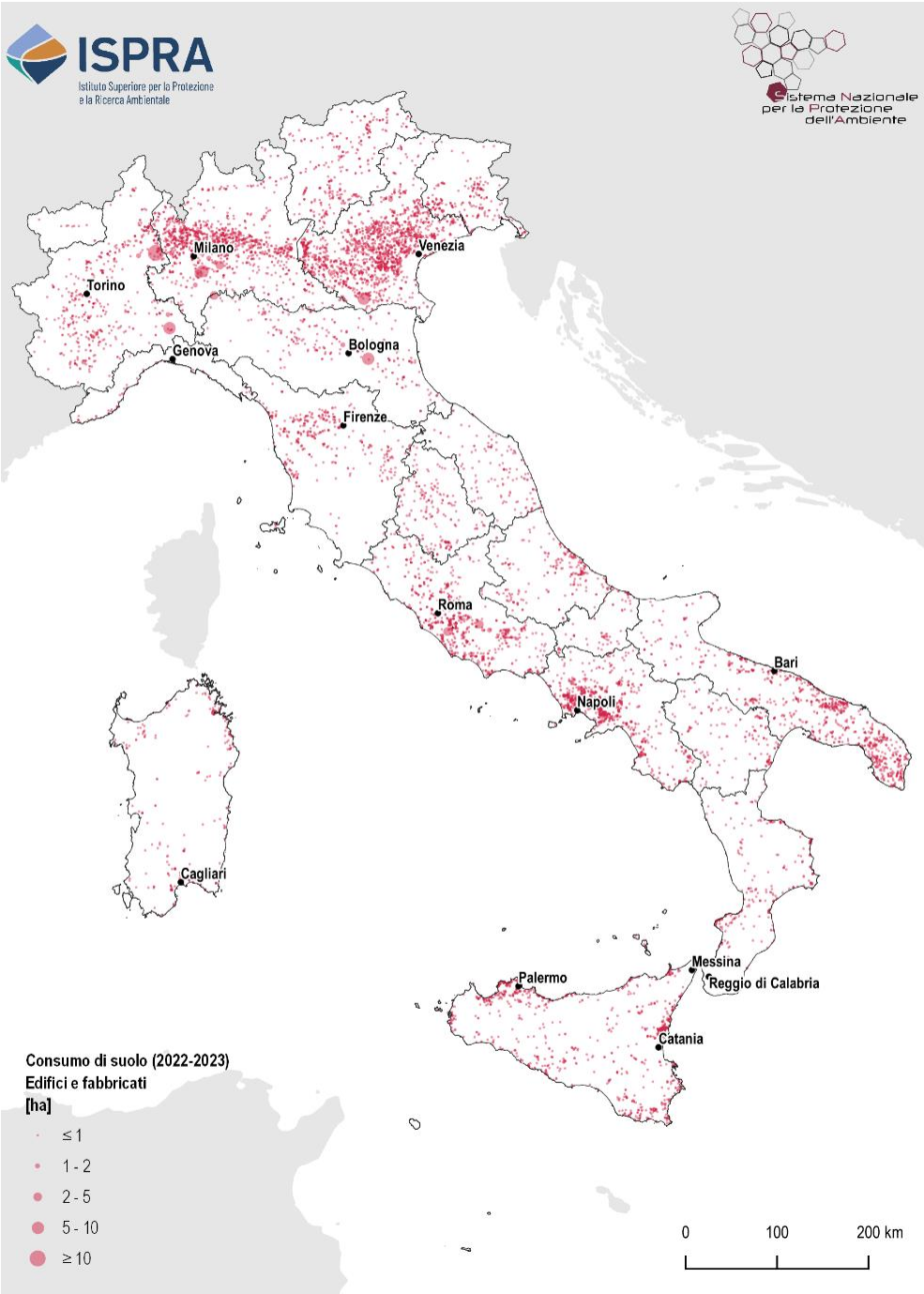


Figura 64. Localizzazione dei cambiamenti relativi al consumo di suolo per edifici e fabbricati. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Figura 65. "Progresso o distruzione?" - Costermano sul Garda, in provincia di Verona, 20 ottobre 2024. Foto di Silvia Morati per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Figura 66. "La gru e la volpe" – località Bufalotta, Roma. Foto di Oliver Vasintoni Cortês, della classe III A della Scuola Primaria A. Baccarini di Roma per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Gli edifici in aree a pericolosità

Il 36,2% (196.234 ettari) della superficie edificata nazionale ricade in aree a pericolosità sismica (Tabella 60); i valori più alti si raggiungono nelle Marche (dove l'intero territorio regionale è a pericolosità sismica) e in Calabria e Umbria (in entrambe la pericolosità sismica interessa oltre il 90% del territorio

regionale), dove risultano esposti, rispettivamente, il 100% (14.841 ettari), il 95% (14.564 ettari) e il 92% (8.196 ettari) degli edifici. Emilia-Romagna e Veneto sono, invece, le regioni in cui è maggiore l'estensione delle aree edificate in zone a pericolosità sismica (rispettivamente, 36.226 ettari e 26.975 ettari).
L'8,6% della superficie edificata nazionale (46.436 ettari) ricade in area a pericolosità da frana (P4+P3+P2+P1+AA), con un massimo in Valle d'Aosta (55,29%) e Liguria (49,4%) dove circa la metà degli edifici sono in aree a pericolosità da frana, mentre la Toscana è la regione con più ettari di superficie edificata esposta (10.518 ettari, il 32% delle aree edificate della regione).
Il 12,9% delle aree edificate (69.743 ettari) ricade in aree a pericolosità idraulica media, con un massimo del 63% (33.261 ettari) in Emilia-Romagna.

Tabella 60. Distribuzione degli edifici (2023), a livello regionale, in ettari e percentuali, all'interno di aree a pericolosità sismica, a pericolosità da frana e a pericolosità idraulica (classe media)

Regioni	Pericolosità sismica		Pericolosità da frana		Pericolosità idraulica media	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Piemonte	1	-	1.929	3,79	2.537	4,99
Valle d'Aosta	-	-	659	55,29	104	8,72
Lombardia	3.509	4,17	2.893	3,44	3.960	4,70
Trentino-Alto Adige	106	1,33	931	11,64	1.410	17,64
Veneto	26.975	37,33	329	0,46	7.087	9,81
Friuli-Venezia Giulia	11.150	70,96	93	0,59	1.660	10,56
Liguria	418	4,68	4.408	49,34	1.360	15,22
Emilia-Romagna	36.226	68,39	3.068	5,79	33.261	62,79
Toscana	6.460	19,49	10.530	31,77	7.901	23,84
Umbria	8.196	92,03	1.595	17,91	552	6,20
Marche	14.841	100	679	4,58	919	6,19
Lazio	10.647	33,47	1.677	5,27	1.301	4,09
Abruzzo	8.633	72,86	701	5,92	702	5,92
Molise	2.629	83,84	331	10,54	136	4,33
Campania	21.045	57,01	9.570	25,92	1.991	5,39
Puglia	5.091	14,78	1.002	2,91	1.118	3,25
Basilicata	2.917	66,89	622	14,27	65	1,48
Calabria	14.564	94,85	752	4,9	1.675	10,91
Sicilia	22.825	60,03	1.453	3,82	1.062	2,79
Sardegna	-	-	3.214	20,65	945	6,07
Italia	**196.234**	**36,17**	**46.436**	**8,56**	**69.743**	**12,86**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Gli edifici rispetto alle tipologie di tessuto urbano

Analizzando la distribuzione degli edifici rispetto alle quattro diverse tipologie di tessuto urbano (cfr. § Il consumo di suolo all'interno delle aree urbane), più di due terzi degli edifici ricadono in aree urbane a media densità (1.877 km^2, pari al 34,6%) e ad alta densità (1.776 km^2, pari al 32,8%); il 27,2% degli edifici (1.474 km^2) è in zone rurali, malgrado la classe occupi oltre il 90% del territorio nazionale. Le zone ad alta densità di consumato e bassa densità di popolazione (assimilabili a zone produttive), pur interessando solo lo 0,5% della superficie italiana, ospitano il 5,5% degli edifici (296 km^2; Tabella 61).
La Lombardia ha la maggiore estensione di superficie coperta da edifici in zone urbane ad alta densità (circa 366 km^2, un quinto di tutti gli edifici che ricadono nella fascia) e il Veneto nelle zone urbane a media densità (307 km^2) e in quelle produttive (circa 54 km^2, il 7,4% di tutti gli edifici regionali). La maggiore superficie coperta da edifici in zone rurali si rileva in Emilia-Romagna ed è di oltre 188 km^2.
Le differenze di dimensione delle diverse classi urbane a livello regionale genera una distribuzione molto eterogenea delle superfici edificate (Figura 101). In alcune regioni è possibile notare percentuali decrescenti di presenza di edifici man mano che si passa dalla classe 1 alla 4 (Lombardia, Campania,

Sardegna), mentre in altre la presenza di edifici è maggiore nelle classi rurali e si abbassa passando alle zone urbane mediamente dense e poi a quelle con densità alta (Piemonte, Emilia-Romagna, Marche, Molise, Basilicata).

Tabella 61. Distribuzione degli edifici (2023), a livello regionale, in ettari e percentuali, all'interno di aree urbane ad alta densità (Classe 1), di aree urbane a media densità (Classe 2), nelle zone rurali (Classe 3) e in zone ad alta densità di suolo consumato e basse densità di popolazione (Classe 4)

Regioni	Edifici in Classe 1		Edifici in Classe 2		Edifici in Classe 3		Edifici in Classe 4	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Piemonte	12.915	25,40	17.448	34,31	17.641	34,70	2.843	5,59
Valle d'Aosta	204	17,07	545	45,68	414	34,76	30	2,48
Lombardia	36.599	43,47	29.631	35,19	13.789	16,38	4.183	4,97
Trentino-Alto Adige	1.673	20,93	3.877	48,49	2.157	26,98	289	3,61
Veneto	18.342	25,38	30.770	42,58	17.785	24,61	5.368	7,43
Friuli-Venezia Giulia	3.561	22,66	6.968	44,35	3.749	23,86	1.436	9,14
Liguria	3.341	37,40	3.492	39,09	2.024	22,66	75	0,84
Emilia-Romagna	15.261	28,81	14.913	28,15	18.828	35,54	3.969	7,49
Toscana	10.292	31,05	12.025	36,28	9.446	28,50	1.381	4,17
Umbria	1.658	18,61	3.409	38,27	3.350	37,61	490	5,50
Marche	3.446	23,22	4.811	32,41	5.543	37,35	1.041	7,02
Lazio	10.171	31,97	12.013	37,76	8.180	25,71	1.448	4,55
Abruzzo	2.766	23,35	4.348	36,70	3.983	33,62	751	6,34
Molise	471	15,01	1.225	39,06	1.348	43,00	92	2,93
Campania	15.455	41,87	12.344	33,44	7.759	21,02	1.356	3,67
Puglia	16.094	46,74	5.881	17,08	10.132	29,43	2.327	6,76
Basilicata	916	21,01	1.582	36,28	1.616	37,04	247	5,66
Calabria	4.033	26,27	6.758	44,01	4.249	27,67	315	2,05
Sicilia	15.306	40,25	10.664	28,04	10.790	28,38	1.264	3,32
Sardegna	5.140	33,02	5.041	32,38	4.647	29,85	739	4,75
Italia	**177.643**	**32,75**	**187.744**	**34,61**	**147.431**	**27,18**	**29.641**	**5,46**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'epoca di costruzione prevalente degli edifici

L'epoca di costruzione prevalente degli edifici residenziali[36] può essere analizzata dal censimento Istat del 2011, che riporta le date di realizzazione dei gruppi di edifici suddivisi in 9 classi. A ciascuna sezione è stata associata un'epoca prevalente[37] sulla base degli edifici residenziali censiti e rispetto ad esse è stata valutata la distribuzione spaziale dei nuovi edifici sorti tra 2022 e 2023. A livello nazionale, gli edifici realizzati nell'ultimo anno si concentrano in aree realizzate in media nel ventennio 1961–1980, con un picco tra il 1971 e il 1980, dove si colloca circa il 28% delle nuove costruzioni in termini di superficie (Figura 68). In termini di densità delle trasformazioni, i valori più elevati si rilevano nelle aree urbanizzate più recenti (dopo il 2001), dove raggiungono i valori massimi di densità sia il consumo di suolo complessivo (con un picco di 10,6 m^2/ha tra 2001 e 2005), che la componente dovuta all'edilizia (con un picco negli anni recenti, successivi al 2005).

[36] L'edificio residenziale è inteso da Istat come: "edificio progettato, costruito ed utilizzato solo a fini abitativi: case unifamiliari, ville, villette, case a schiera, palazzine in complessi residenziali, condomini o palazzine con negozi (o sedi di attività economiche in genere) a piano strada, oppure, se progettato e costruito non a fini abitativi, nel corso del tempo ha subito una variazione d'uso diventandolo".

[37] Per evitare di considerare sezioni non residenziali o con una bassa densità di edifici residenziali in cui l'epoca sarebbe determinata da pochi edifici, l'analisi si è limitata alle sezioni con densità maggiore di un edificio per ettaro.

Figura 67. Nuova costruzione nel comune di Ozzano dell'Emilia, in provincia di Bologna, 28 ottobre 2024. Foto di Gianni Innocenti per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

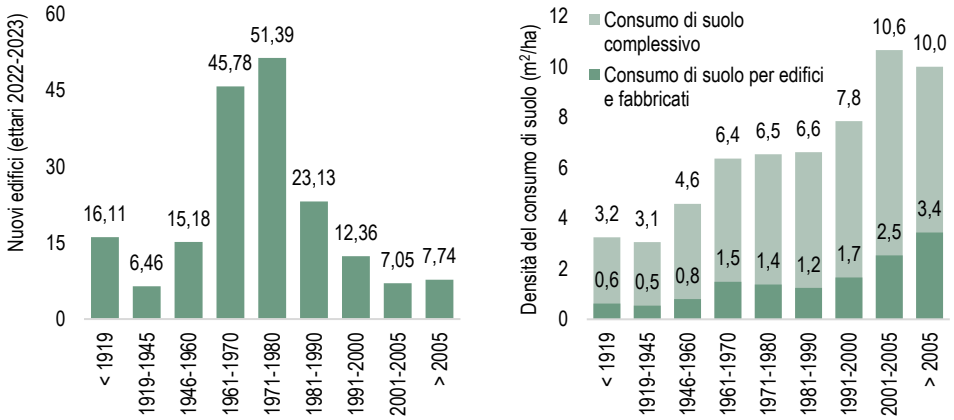


Figura 68. A sinistra il consumo di suolo annuale netto per nuovi edifici (2022-2023) rispetto all'epoca di costruzione degli edifici residenziali già esistenti nei dintorni. A destra la densità del consumo di suolo annuale totale e per edifici e fabbricati (2022-2023) rispetto all'epoca di costruzione degli edifici residenziali già esistenti nell'area. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Istat

IL CONSUMO DI SUOLO ALL'INTERNO DELLE AREE URBANE

Grado di artificializzazione e Indice Normalizzato del Consumo di Suolo in aree urbane

L'analisi del consumo di suolo registrato tra il 2006 e il 2023 (Tabella 62), rispetto alle classi del grado di artificializzazione (artificiale compatto, artificiale a media/bassa densità, artificiale assente o rado) (cfr. § Le aree urbane) mostra una tendenza del nuovo consumo di suolo a manifestarsi in termini di saturazione degli spazi liberi interclusi nelle aree già artificializzate, di addizione a nuclei consolidati o di dispersione nei contesti prevalentemente naturali. Oltre la metà del nuovo consumo di suolo (54%) avviene nelle aree suburbane e più di un terzo si concentra nelle aree rurali, mentre i processi di densificazione delle aree urbane compatte riguardano poco meno del 10% dei cambiamenti totali e si concentrano nelle regioni del Nord, in Toscana e in Campania. In tutte le regioni del Centro-Nord, del Nord e nelle regioni tirreniche, alle dinamiche di densificazione dei nuclei urbani consolidati si associa la diffusione di superfici artificiali in prossimità dei margini che tende ad alimentare lo sviluppo spaziale del tessuto insediativo, mentre nelle regioni del Sud, prevale la tendenza alla dispersione insediativa. L'**Indice Normalizzato del Consumo di Suolo in aree urbane**[38] (INCS; Cimini *et al.*, 2023) consente di comprendere le principali dinamiche insediative in termini di densificazione del tessuto urbano compatto e a media/bassa densità o dispersione insediativa nelle aree rurali (Tabella 62).

Tabella 62. Consumo di suolo e Indice Normalizzato del Consumo di Suolo (INCS) a livello regionale e nazionale tra il 2006 e il 2023 per densità delle coperture artificiali

Regione	Consumo di suolo per contesto prevalente (2006 – 2023)						Indice Normalizzato del Consumo di Suolo (2006 – 2023)		
	Area urbana		Area suburbana		Area rurale		Area urbana	Area suburbana	Area rurale
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)			
Piemonte	886	8,8	5.613	55,96	3.522	35,2	-0,82	0,12	-0,30
Valle d'Aosta	15	6,1	113	46,5	115	47,4	-0,88	-0,07	-0,05
Lombardia	2.456	15,9	9.777	63,4	3.194	20,7	-0,68	0,27	-0,59
Liguria	158	8,0	1.197	60,9	610	31,1	-0,84	0,22	-0,38
Friuli-Venezia Giulia	1.675	12,5	8.614	64,1	3.159	23,5	-0,75	0,28	-0,53
Trentino-Alto Adige	353	11,9	1.798	60,5	823	27,7	-0,76	0,21	-0,45
Emilia-Romagna	102	11,9	623	73,1	128	15,0	-0,76	0,46	-0,70
Veneto	1.271	10,2	7.065	56,6	4.142	33,2	-0,80	0,13	-0,34
Umbria	546	11,2	2.634	53,8	1.716	35,1	-0,78	0,08	-0,30
Marche	165	6,1	1.563	58,1	965	35,8	-0,88	0,16	-0,28
Toscana	245	5,9	1.861	44,7	2.055	49,4	-0,88	-0,11	-0,01
Lazio	576	6,0	5.252	55,1	3.709	38,9	-0,88	0,10	-0,22
Basilicata	242	6,7	1.765	49,1	1.585	44,1	-0,87	-0,02	-0,12
Molise	29	3,6	315	38,6	473	57,9	-0,93	-0,23	0,16
Abruzzo	1.125	13,4	4.867	58,1	2.379	28,4	-0,73	0,16	-0,43
Calabria	1.090	7,4	5.663	38,4	7.999	54,2	-0,85	-0,23	0,08
Puglia	59	2,4	852	34,2	1.578	63,4	-0,95	-0,32	0,27
Campania	276	5,7	2.539	52,8	1.995	41,5	-0,89	0,06	-0,17
Sardegna	833	7,7	5.638	52,0	4.382	40,4	-0,85	0,04	-0,19
Sicilia	187	4,1	1.864	40,9	2.511	55,1	-0,92	-0,18	0,10
Italia	**12.287**	**9,5**	**69.610**	**54,0**	**47.038**	**36,5**	**-0,81**	**0,08**	**-0,27**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

[38] I tre indicatori mettono in relazione la differenza tra il consumo di suolo registrato nella classe analizzata e negli altri contesti insediativi, con il consumo totale e possono assumere valori compresi tra -1 e 1; i valori più elevati indicano la tendenza a consumare suolo in aree urbane ($INCS_u$) e suburbane ($INCS_s$) per densificazione, e in aree rurali ($INCS_r$) per dispersione:
$INCS_u = \frac{CS_u-(CS_s+CS_r)}{CS_t}$; $INCS_s = \frac{CS_s-(CS_u+CS_r)}{CS_t}$; $INCS_r = \frac{CS_r-(CS_u+CS_s)}{CS_t}$.
Dove: CS è il consumo di suolo tra 2006 e 2023 a livello nazionale in aree urbane (*u*), suburbane (*s*), rurali (*r*) e totale (*t*).

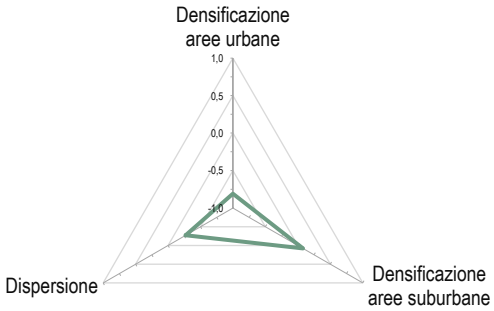


Figura 69. Tendenza alla densificazione e dispersione insediativa tra il 2006 e il 2023 a livello nazionale. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

A livello nazionale prevale la tendenza alla densificazione delle aree suburbane e alla dispersione insediativa nelle aree prevalentemente agricole e naturali. Sebbene l'indicatore assuma valori meno significativi nelle aree urbane, è utile osservare che al 2006 oltre tre quarti della classe risultavano già consumati, con un aumento di circa due punti percentuali al 2023, confermando la tendenza alla densificazione urbana e l'artificializzazione dei residui di naturalità rimasti interclusi nel tessuto insediativo consolidato.
A livello regionale, la Basilicata, il Molise e la Sardegna mostrano i valori massimi nelle aree prevalentemente agricole o naturali, anche a causa della composizione per lo più rurale del territorio regionale, con meno del 10% occupato da aree urbane e suburbane. La Liguria è la regione che mostra il valore più elevato dell'indicatore nelle aree suburbane, pari a 0,46, mentre la massima tendenza alla densificazione nell'urbano consolidato si osserva in Lombardia.

Grado di urbanizzazione

Le aree urbane, individuate dalle classi con alte e medie densità di popolazione e di suolo consumato (Classe 1 e Classe 2) mostrano valori simili di incremento, con densità più elevate rispetto alla media nazionale e superiori ai 7 m^2 per ogni ettaro di superficie. Per quanto riguarda invece la quantità di suolo consumato pro-capite è la Classe 1 a far registrare il valore più basso, 129 m^2 per abitante.
L'analisi del consumo di suolo registrato nell'ultimo anno rispetto al grado di urbanizzazione (Tabella 63) mostra che, sebbene la metà dei nuovi cambiamenti avvenga in zone rurali (che, comunque, occupano quasi il 90% del territorio nazionale), la massima densità di consumo di suolo si riscontra in aree già densamente edificate (classi 1 e 4); la classe 4, in particolare, risulta molto dinamica, con un massimo di quasi 50 m^2/ha.

Tabella 63. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo per tipologia di area urbana

Classe		Soglie di densità		Suolo consumato			Consumo di suolo	
		Sup. artificiali	Popolazione					
		(%)	(ab/km²)	(ha)	(%)	(m²/ab)	(ha)	(m²/ha)
1	Aree urbane ad alta densità	> 50	>1.500	443.749	75,41	129	465,1	7,90
2	Aree urbane a media densità	10 - 50	300 - 1.500	644.011	28,05	336	1.677,3	7,31
3	Zone rurali	< 10	< 300	953.784	3,52	1.735	3.445,9	1,27
4	Zone ad alta densità di suolo consumato e bassa densità di popolazione	> 50	< 300	116.221	80,14	13.887	849,9	58,61

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 70. "Fiumi alpini e sviluppo urbano: un fragile equilibrio" – Caneva, in provincia di Udine, 08 luglio 2023. Foto di Chiara Scaini per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

IL CONSUMO DI SUOLO AI MARGINI DEI CENTRI URBANI PRINCIPALI

Per valutare la relazione tra diffusione urbana, consumo di suolo e vicinanza tra i centri urbani, è stata svolta un'analisi su 182 città, classificate come "poli" nella Mappa Aree Interne 2020, prodotto dell'Agenzia per la Coesione Sociale (ex Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione Economica).
In particolare, è stata considerata l'area circolare di 15 km di raggio presente attorno ai poli e la densità di consumo di suolo ricadente nell'area nei periodi 2006-2023 e 2022-2023. Assunti come trascurabili nella configurazione di un pattern nell'analisi distanza-consumo di suolo gli apporti dei centri minori, è stato poi distinto il comportamento medio delle 14 Città metropolitane italiane da quello del resto dei poli.
Confrontando i dati riferiti all'andamento medio annuale dal 2006 al 2023 con quelli dell'ultima annualità (Figura 71) è evidente come la più elevata densità di cambiamenti è in entrambi i casi localizzata entro i primi 3 km dai centri città. Il discostamento positivo dalla media più elevato si registra nello stesso intervallo, in particolare nella fascia che va dagli 1,2 ai 2,3 km di distanza dal centro, dove nell'ultimo anno sono stati raggiunti 12,47 m²/ha di densità di consumo di suolo. Inoltre, a partire dai 3 km di distanza dal centro, si nota come i valori di densità di consumo di suolo annuo registrati tra il 2022 e il 2023 siano generalmente superiori a quelli osservati a partire dal 2006.
Osservando poi l'andamento delle 14 aree metropolitane rispetto a quello della totalità dei poli (Figura 72), si nota un disallineamento generale degli andamenti e valori simili della densità di consumo di suolo solo nella fascia che va dai 4 ai 5 km di distanza dal centro. Il picco più elevato tra i due andamenti

è ottenuto dalle città metropolitane che a 6,3 km di distanza dal centro presentano un valore di densità di consumo di suolo prossimo ai 8,97 m²/ha.
Nell'analisi dell'andamento delle sole città metropolitane è evidente l'apporto generato dai modelli di espansione che le caratterizzano. Peri-urbanizzazione e polarizzazione, infatti, sono la causa dell'aumentare della densità di consumo di suolo all'allontanarsi dal centro urbano.

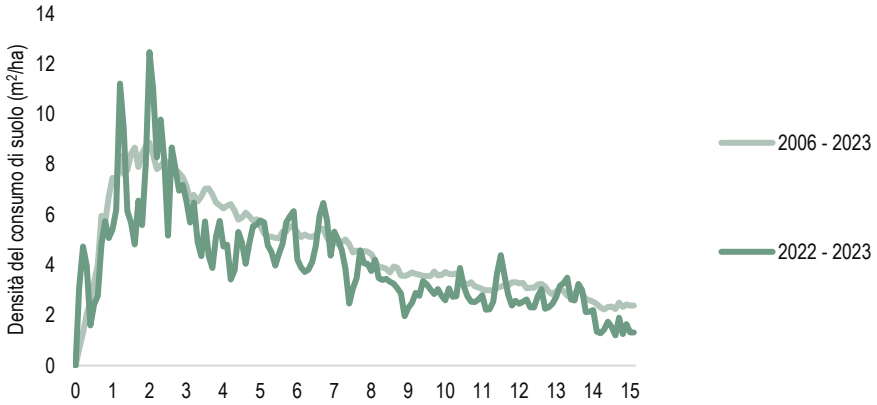


Figura 71. Confronto tra la densità del consumo di suolo annuale tra il 2006 e il 2023 e la densità di consumo di suolo tra il 2022 e il 2023 in relazione alla distanza dai centri urbani principali. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

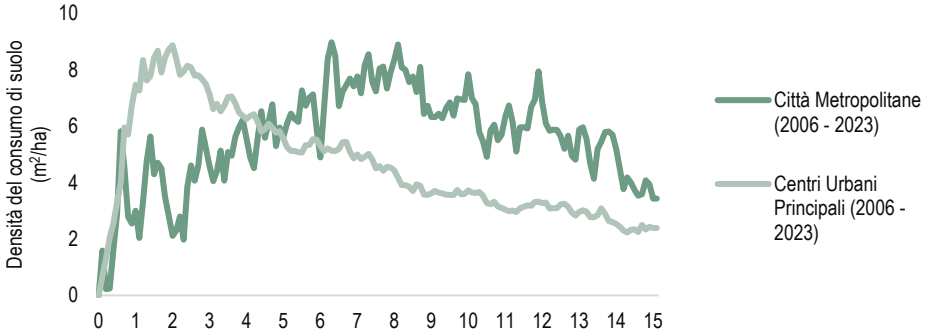


Figura 72. Densità del consumo di suolo netto annuale tra il 2006 e il 2023 in relazione alla distanza dai centri urbani principali e dalle Città metropolitane. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

I VALORI DEL MERCATO IMMOBILIARE

Il territorio italiano è caratterizzato da forti disomogeneità dovute a diversi fattori, che si ripercuotono sul valore economico dei terreni e degli immobili. Un'analisi della distribuzione del consumo di suolo in base ai valori economici è possibile utilizzando come indicatore la zonizzazione fornita dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI)[39] dell'Agenzia delle Entrate, che associa alle diverse aree urbane e periurbane valori economici delle superfici edificate sulla base dei prezzi di compravendita.
L'analisi del consumo di suolo è stata eseguita in relazione ai dati OMI 2023 (secondo semestre). In particolare, è stato utilizzato il valore medio dell'intervallo delle quotazioni di riferimento (€/m^2) delle unità immobiliari aggregato per fasce[40].
L'analisi è condotta per evidenziare la distribuzione spaziale del consumo di suolo nelle diverse fasce OMI (Tabella 64). Il consumo di suolo è calcolato al netto delle rinaturalizzazioni.

Tabella 64. Suolo consumato (2023, in ettari e percentuale sull'area della fascia) e consumo di suolo (2022-2023, in ettari, densità dei cambiamenti rispetto alla superficie della fascia e densità di cambiamenti al netto delle aree già consumate) nelle fasce OMI

Fascia	Suolo consumato		Consumo di suolo	Densità di consumo di suolo	
Extraurbana	924.126	3,53	3.659	1,40	1,45
Suburbana	266.116	22,62	819	6,96	8,98
Periferica	436.460	31,33	1.242	8,91	12,96
Semicentrale	123.990	49,59	194	7,76	15,38
Centrale	401.385	42,51	519	5,50	9,55

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati OMI

La fascia periferica è quella con la maggiore densità di nuovo consumo di suolo rispetto all'estensione della fascia (la maggiore superficie interessata da cambiamenti riguarda la fascia extraurbana che, però, è anche la più estesa). La fascia semicentrale è quella più consumata al 2023, risultando artificializzata per quasi il 50%; sebbene il nuovo consumo di suolo in questa fascia sia relativamente basso (+194 ha), la densità di consumo risulta elevata, in particolare al netto delle aree già urbanizzate (15,4 m²/ha), indice di un forte sviluppo urbano in queste aree, che si riflette anche nei valori medi di compravendita aggregati per fascia, superiori a quelli di tutte le altre aree[41].
Considerando tutti gli immobili valutati dall'Osservatorio del Mercato Immobiliare e tutte le fasce, e suddividendo i prezzi medi di compravendita in cinque classi (Tabella 65), si nota che le classi con la

[39] La Banca Dati delle quotazioni immobiliari (BDQ OMI) fornisce un intervallo minimo e massimo dei valori di mercato e di locazione in funzione della tipologia, dello stato di manutenzione e di conservazione degli immobili. I dati sono elaborati con cadenza semestrale per ogni zona territoriale.

[40] La fascia è un'aggregazione di zone omogenee contigue. È un'area territoriale con una precisa collocazione geografica nel comune e rispecchia una collocazione urbanistica consolidata. Esistono cinque fasce che suddividono l'intero territorio:
- B - centrale, coincide con il centro urbano del comune, ovvero un aggregato edilizio perimetrabile e distinguibile, in grado di esercitare attrazione nei confronti di un insediamento più ampio;
- C - semicentrale, porzione di territorio in posizione immediatamente contigua al centro urbano, a cui è direttamente connessa per i servizi, i trasporti e le infrastrutture; si colloca tra la fascia centrale e quella periferica;
- D - periferica, area contigua alla fascia centrale o semicentrale, delimitata dal margine esterno dell'insediamento edificato;
- E - suburbana, individua le aree urbanizzare separate dall'agglomerato urbano del comune da un territorio non edificato attraverso una barriera naturale o artificiale;
- R - extraurbana, area del territorio comunale in cui l'attività prevalente è quella agricola, con edificazione di carattere rurale o assente, è una fascia residuale, delimitata dal confine amministrativo del comune.

I dati OMI al 2023 non coprono la totalità della superficie nazionale; pertanto, le aree che non rientrano nella copertura non sono state considerate nelle analisi.

[41] Prendendo in considerazione esclusivamente i fabbricati in condizioni di conservazione "normale".

densità di consumo di suolo più bassa sono la prima e l'ultima. Tuttavia, mentre per la prima classe (<1.000 €/m²) questo è giustificato dall'enorme estensione territoriale, che copre quasi l'intero territorio nazionale, per l'ultima possiamo affermare che effettivamente si tratta di una classe in cui il consumo di suolo è stato meno intenso nell'ultimo anno.
In termini percentuali, la porzione più grande di suolo artificializzato ricade nella classe 2.000-2.500, seguita dalle classi >2.500 e 1.000-1.500. Quest'ultima continua a registrare un consumo di suolo significativo, se si considera che presenta anche una densità di cambiamento elevata, nonostante sia la seconda per estensione territoriale.

Tabella 65. Suolo consumato (2023, in ettari e percentuale) e consumo di suolo (2022-2023, in ettari, densità dei cambiamenti rispetto alla superficie della fascia e densità di cambiamenti al netto delle aree già consumate) rispetto ai prezzi medi di compravendita

Classi prezzi medi di compravendita (€/m²)	Superficie della classe (ha)	Suolo consumato 2023 (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
<1.000	18.856.782	1.323.333	7,02	3.948	2,09
1.000-1.500	2.448.774	400.489	16,35	961	3,92
1.500-2.000	741.021	105.590	14,25	249	3,36
2.000-2.500	158.706	33.480	21,10	68	4,29
>2.500	167.456	29.074	17,36	36	2,14
Non classificato	7.606.695	-	-	-	-

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati OMI

CANTIERI E INFRASTRUTTURE

L'analisi del consumo di suolo associato a nuovi cantieri e infrastrutture può essere effettuata a partire dalle variazioni delle classi 12, 121 e 122 (per quanto riguarda cantieri, superfici in terra battuta e alle strade non pavimentate) e 112, 113, 114 e 115 (relativamente a strade pavimentate, alle ferrovie, agli aeroporti e ai porti).

Figura 73. "Collabenti" - Cavallara di Maiolo, in provincia di Rimini, 13 marzo 2023. Foto di Maurizio Menghini per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Considerando cantieri e aree in terra battuta, l'Emilia-Romagna presenta i valori più alti rispetto a tutti gli indicatori considerati in Tabella 66, sia in termini di suolo consumato (quasi 19.000 ettari) che rispetto al nuovo consumo 2022-2023 (+361 ettari); seguono il Piemonte (14.251 ettari) per il consumato totale e la Sardegna (+353 ettari) per il nuovo consumo dell'ultimo anno. A livello di metri quadri di nuovi cantieri e infrastrutture per abitante, si raggiunge un massimo di 55 m²/ab in Basilicata.

Tabella 66. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo (2022-2023) delle aree di suolo consumato reversibile riconducibili a cantieri e strade sterrate (classi: 12,121, 122)

Regione	Cantieri e strade sterrate				
	Suolo consumato			Consumo di suolo	
	(ha)	(%) su sup. nazionale	(%) su consumato	(ha)	pro capite (m²/ab)
Piemonte	14.251	0,60	8,35	218	33
Valle d'Aosta	621	0,19	8,83	12	50
Lombardia	12.994	0,62	4,47	253	13
Trentino-Alto Adige	2.102	0,16	5,11	79	19
Veneto	9.628	0,59	4,43	-10	20
Friuli-Venezia Giulia	4.527	0,62	7,12	39	38
Liguria	898	0,18	2,27	12	6
Emilia-Romagna	18.766	0,91	9,36	361	41
Toscana	8.729	0,40	6,13	194	23
Umbria	2.072	0,26	4,65	56	24
Marche	2.446	0,28	3,75	180	15
Lazio	6.247	0,40	4,43	165	11
Abruzzo	1.987	0,19	3,66	102	15
Molise	1.050	0,25	6,00	-21	37
Campania	4.760	0,39	3,31	298	8
Puglia	8.022	0,45	5,01	336	20
Basilicata	2.994	0,31	9,35	58	55
Calabria	2.396	0,17	3,12	97	12
Sicilia	6.193	0,26	3,69	268	12
Sardegna	5.683	0,24	6,99	353	34
Italia	**116.365**	**0,42**	**5,39**	**3.049**	**19**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Analizzando le classi 112, 113, 114 e 115, riconducibili alle infrastrutture (Tabella 67), la Lombardia è la regione con i maggiori valori di suolo consumato, sia in termini assoluti (76.325 ettari) che in percentuale sulla superficie (3,52%), mentre il Molise, Basilicata e Valle d'Aosta sono le regioni dove le classi considerate occupano la maggiore percentuale sul consumato totale (oltre il 45%). La Lombardia è anche la seconda regione, dopo il Veneto (67,3 ettari), con più nuovi cambiamenti nelle classi considerate (32,8 ettari).

In Tabella 68 è illustrata la ripartizione percentuale dei flussi di cambiamento che hanno interessato le classi 12, 121 e 122 tra il 2022 e il 2023, in termini di rinaturalizzazione (passaggio alla classe 2, che interessa poco più di un terzo dei cambiamenti, con un massimo del 95% in Molise[42]), impermeabilizzazione (conversione verso consumato permanente, il flusso prevalente, che coinvolge poco meno del 60% dei cambiamenti con un massimo del 100% in Liguria), passaggio verso altra classe di consumato reversibile (inferiore al 5% in tutte le regioni, tranne in Piemonte dove raggiunge il 47,59%) o passaggio verso altra classe di suolo non consumato.

[42] Il cambiamento è prevalentemente dovuto alla rinaturalizzazione del cantiere associato alla realizzazione di un metanodotto

Tabella 67. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo (2022-2023) delle classi di suolo consumato permanente riconducibili a strade pavimentate, ferrovie, aeroporti e porti (classi: 112, 113, 114, 115)

Regione	Infrastrutture				
	Suolo consumato			Consumo di suolo	
	(ha)	(%) su sup. nazionale	(%) su consumato	(ha)	pro capite (m²/ab)
Piemonte	35.028	1,46	20,51	32,62	82
Valle d'Aosta	3.175	0,99	45,10	-	258
Lombardia	76.325	3,52	26,23	32,80	77
Trentino-Alto Adige	17.264	1,29	41,99	1,22	160
Veneto	54.816	3,29	25,20	67,27	113
Friuli-Venezia Giulia	15.704	2,11	24,68	1,54	131
Liguria	16.094	3,11	40,67	0,40	107
Emilia-Romagna	54.946	2,61	27,40	22,15	124
Toscana	46.493	2,11	32,67	12,22	127
Umbria	16.814	2,06	37,75	0,78	196
Marche	20.276	2,28	31,13	0,84	137
Lazio	38.347	2,38	27,21	18,05	67
Abruzzo	20.297	1,94	37,37	2,23	159
Molise	8.155	1,88	46,58	0,61	281
Campania	34.619	2,80	24,06	10,87	62
Puglia	42.722	2,35	26,70	2,55	109
Basilicata	14.403	1,47	44,97	0,10	268
Calabria	27.258	1,87	35,55	2,61	148
Sicilia	48.607	1,99	28,93	14,50	101
Sardegna	29.340	1,24	36,11	13,22	186
Italia	**620.683**	**2,17**	**28,77**	**236,58**	**105**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 68. Ripartizione percentuale dei flussi di cambiamento (2022-2023) dalle classi riconducibili a cantieri/strade sterrate (12, 121 e 122) verso la classe 2 (suolo non consumato), verso altre classi di consumato reversibile, verso classi di consumato permanente (impermeabilizzazione)

Regione	Rinaturalizzazione (%)	A consumato reversibile (%)	A consumato permanente (%)	Ad altro suolo non consumato (%)
Piemonte	7,57	47,59	44,75	0,08
Valle d'Aosta	72,36	-	27,64	-
Lombardia	18,30	0,82	80,41	0,47
Trentino-Alto Adige	55,43	-	44,57	-
Veneto	48,05	0,01	49,43	2,51
Friuli-Venezia Giulia	41,61	4,41	50,04	3,94
Liguria	-	-	100,00	-
Emilia-Romagna	31,21	1,58	67,01	0,20
Toscana	23,79	0,79	75,25	0,17
Umbria	47,11	3,14	47,66	2,09
Marche	70,35	0,83	28,81	-
Lazio	32,75	-	66,88	0,37
Abruzzo	66,80	2,08	31,12	-
Molise	95,43	-	4,57	-
Campania	13,12	0,39	85,86	0,64
Puglia	72,67	0,34	26,99	-
Basilicata	38,34	2,07	59,59	-
Calabria	14,30	0,77	84,93	-
Sicilia	38,33	4,75	55,42	1,50
Sardegna	3,97	2,87	93,16	-
Italia	**34,72**	**6,39**	**57,92**	**0,96**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 74. Agglomerato industriale di Passo Corese, in provincia di Rieti, aprile 2024. Veduta da Via dei Cavalli, aprile 2024. Foto di Giacomo Daniele Fragapane per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Figura 75. Cambiamenti relativi al consumo di suolo associato a nuovi cantieri e aree in terra battuta. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

IMPIANTI FOTOVOLTAICI

A livello nazionale, dai dati SNPA, risultano occupati da impianti fotovoltaici a terra circa 17.907 ettari, equivalenti a circa 9.950 MW[43] di potenza. I dati differiscono di circa il 9% da quelli pubblicati nel rapporto statistico del GSE[44] che riporta una superficie di 16.384 ettari e una potenza totale pari a circa 9.100 MW. Le differenze tra i due valori possono essere attribuite alla differente risoluzione dei dati (i valori del GSE sono ricavati dalla documentazione di ogni singolo impianto[45] mentre i dati SNPA derivano da fotointerpretazione di immagini telerilevate, con una risoluzione di 10 metri e possono includere anche le aree di pertinenza degli impianti).
La distribuzione dei pannelli fotovoltaici installati a terra a livello regionale è eterogenea, con un massimo in Puglia (con 6.130 ettari, circa il 34% di tutti gli impianti nazionali), seguita da Emilia-Romagna (1.707 ha) e Lazio (1.596 ha). Le regioni su cui risulta installato il numero più basso di impianti a terra sono il Trentino-Alto Adige (11 ha), la Valle d'Aosta (1,3 ha) e la Liguria (0,2 ha). Anche in questo caso i dati possono considerarsi in linea con quelli del GSE pur con alcune differenze (Tabella 69).
Tra il 2022 e il 2023 sono stati rilevati 421 ettari di consumo di suolo associato a nuovi impianti fotovoltaici a terra[46] (corrispondenti a una potenza di circa 234 MW), in forte aumento rispetto ai 265 ettari mappati nel 2022 e ai 76 del 2021. Le regioni in cui nell'ultimo anno si è destinato più territorio al fotovoltaico a terra sono Veneto (75,9 ettari), Piemonte (63,9 ettari) e Sicilia (55 ettari).
I rapporti statistici "Solare Fotovoltaico" redatti dal GSE confermano l'aumento del numero di grandi impianti (superiori a 5 MW) entrati in servizio nell'ultimo anno, con una potenza installata di 664 MW (circa il 13% della potenza totale installata nell'ultimo anno), a fronte dei 353 MW del 2022 e dei soli 29 MW registrati nel 2021[47]. Gli stessi dati del GSE indicano anche un incremento nelle altre categorie di grandezza degli impianti, con un massimo nella classe 3-20 KW, che copre da sola il 42% della potenza totale installata nell'ultimo anno. Lo scorso anno questa classe copriva quasi la metà di tutta la potenza installata. Nonostante questo piccolo calo nell'andamento, la tendenza a progettare i nuovi impianti con dimensioni compatibili con una localizzazione non a terra è senza dubbio un aspetto positivo da evidenziare, in ottica dello sfruttamento dei tetti degli edifici e dei fabbricati più grandi o di altre superfici già consumate.
La metodologia di monitoraggio del consumo di suolo considera consumate le superfici su cui l'antropizzazione copre più del 50% della cella della griglia di rilevazione (porzione di territorio di 10x10 metri). Molti dei nuovi impianti rilevati mostrano una percentuale di superficie coperta dai moduli fotovoltaici inferiore alla soglia metodologica. Pur non considerando suolo consumato queste aree, si è ritenuto opportuno tenere comunque traccia di questo tipo di evoluzione della copertura del suolo con il codice 205 - impianti fotovoltaici "a bassa densità", appartenente alle classi dei suoli non consumati. Nell'ultimo anno sono stati associati a questa classe oltre 230 ettari, circa il 47% dei quali situati nel Lazio (110 ettari). Sommando le due tipologie di impianti fotovoltaici, il Lazio diventa la regione con la crescita maggiore degli impianti nell'ultimo anno (154 ha), seguita da Sicilia (96 ha), Piemonte (93 ha), Veneto (77 ha) e Sardegna (72 ha).

---

[43] La stima dei MW installati è stata fatta considerando un parametro del GSE che pone a 1,8 ettari la superficie lorda occupata da ogni MW installato a terra (GSE, Rapporto Statistico 2022, Solare Fotovoltaico).
[44] Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2023, Gestore dei Servizi Energetici S.p.A.
[45] I dati di superficie lorda riportati sul rapporto statistico fotovoltaico 2023 derivano dell'elaborazione di informazioni provenienti dagli archivi amministrativi GSE relativi ai meccanismi di incentivazione e da rivelazioni puntuali ad hoc, nonché di stime parametriche laddove il dato non fosse disponibile.
[46] I dati dei nuovi impianti fotovoltaici rilevati dal monitoraggio ISPRA/SNPA si riferiscono a nuovi impianti individuati tramite dati satellitari e/o servizi immagini ad alta risoluzione e non danno informazioni relative alla loro entrata in esercizio.
[47] Il periodo di monitoraggio del SNPA si conclude a maggio di ogni anno (+ o – 2 mesi), i valori riportati dal GSE si riferiscono all'intero anno solare.

In un'ottica del raggiungimento della "neutralità climatica" al 2050[48] e dell'obiettivo intermedio della riduzione del 55% delle emissioni di gas serra al 2030 rispetto ai livelli del 1990 (pacchetto "Fit-for-55"), alla luce anche dell'attuale situazione internazionale, sono state imposte delle accelerazioni alle misure di mitigazione delle emissioni. Per accelerare la fine della dipendenza dai combustibili fossili russi, l'Unione Europea ha messo in atto il piano "*REPowerEU*", un'iniziativa che prevede di incrementare in modo più rapido gli obiettivi del pacchetto Fit-for-55 spingendo su eolico e fotovoltaico, anche attraverso la semplificazione delle procedure di progettazione e autorizzative.
Il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), nel suo aggiornamento di giugno 2024, prevede che al 2030 siano installati 131 GW di impianti a fonti rinnovabili (di cui circa 80 GW fotovoltaici e circa 28 GW eolici), con un incremento di capacità di circa 74 GW rispetto al 2021. Di questo incremento, 57 GW è previsto che siano prodotti tramite il fotovoltaico e 17 tramite l'eolico.
Secondo quanto cita il Piano per la Transizione Ecologica (PTE), per far fronte alle esigenze della domanda di produzione elettrica al 2050, "*il compito principale sarà affidato alla tecnologia del solare fotovoltaico*". In questo contesto si sottolinea positivamente l'intenzione dello stesso legislatore di *"individuare le aree e le superfici idonee […] coerentemente con le esigenze di tutela del suolo, delle aree agricole e forestali e del patrimonio culturale e paesaggistico, in conformità ai principi di minimizzazione degli impatti sull'ambiente, sul territorio e sul paesaggio*". Lo stesso Piano individua come soluzione migliore lo "*sfruttamento prioritario delle superfici di strutture edificate (tetti e in particolare quelli degli edifici pubblici, capannoni industriali e parcheggi), aree e siti oggetto di bonifica, cave e miniere cessate*". Anche l'ultimo aggiornamento del PNIEC conferma che "*si seguirà un simile approccio, ispirato alla riduzione del consumo di territorio, per indirizzare la diffusione della significativa capacità incrementale di fotovoltaico prevista per il 2030, promuovendone l'installazione innanzitutto su edificato, tettoie, parcheggi, aree di servizio, etc.*". Per quanto riguarda i grandi impianti fotovoltaici il cui posizionamento è previsto a terra, il PNIEC indica come prioritario l'utilizzo di "*zone improduttive, non destinate ad altri usi, quali le superfici non utilizzabili a uso agricolo.*" La semplificazione delle procedure di progettazione e autorizzative è stata messa in atto nel 2024 attraverso il decreto del 21 giugno[49] che disciplina l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili. Nello stesso decreto si ribadisce l'esigenza di "*privilegiare l'utilizzo di strutture edificate, quali capannoni industriali e parcheggi, nonché di aree a destinazione industriale, artigianale, per servizi e logistica"* e si vieta l'installazione di impianti fotovoltaici con moduli collocati a terra nelle aree agricole individuate dai piani urbanistici vigenti (con alcune eccezioni).
Una tipologia di impianti fotovoltaici che viene incentivata, sia a livello nazionale che europeo, è l'agrivoltaico. Essa viene prevista nel nostro Paese all'interno del PNIEC e inclusa in misure incentivanti contenute nel PNRR, in modo particolare in riferimento agli impianti agrivoltaici avanzati[50]. La possibilità di far convivere sullo stesso suolo un doppio uso produttivo, agricolo ed energetico, attraverso l'installazione di impianti agrivoltaici sostenibili, viene spesso ritenuta una strada per coniugare la tutela del suolo e la spinta sulle rinnovabili, preservando entrambe le funzioni produttive di energia e cibo (Toledo e Scognamiglio, 2021). Il decreto attuativo che reca i criteri e le modalità per incentivare la realizzazione (entro giugno 2026) di sistemi agrivoltaici avanzati è il numero 436 del 22 dicembre 2023, entrato in vigore il 14 febbraio 2024, che prevede l'incentivazione di una potenza di almeno 1,04 GW.

[48] Piano per la Transizione Ecologica, Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022, n. 138
[49] Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.153 del 02 luglio 2024
[50] Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, MASE

Tabella 69. Distribuzione del suolo consumato (2023) e del consumo di suolo (2022-2023) dovuto a impianti fotovoltaici a terra (classe 125)

Regione	Consumo di suolo (ha)	Suolo consumato 2023 SNPA (ha)	Suolo consumato 2023 GSE (ha)
Piemonte	63,93	1.227	1.268
Valle d'Aosta	-	1	2
Lombardia	11,31	331	474
Trentino-Alto Adige	-	11	11
Veneto	75,92	863	905
Friuli-Venezia Giulia	44,02	288	334
Liguria	-	-	4
Emilia-Romagna	7,32	1.707	1.351
Toscana	1,63	448	440
Umbria	3,68	136	319
Marche	2,06	1.038	962
Lazio	44,82	1.596	1.527
Abruzzo	17,62	650	704
Molise	-	185	204
Campania	0,62	417	406
Puglia	14,49	6.130	4.244
Basilicata	32,46	556	592
Calabria	1,01	271	223
Sicilia	55,31	1.186	1.681
Sardegna	44,83	867	733
Italia	**421,03**	**17.907**	**16.384**

Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2023 del GSE

Sfruttando la classe 111, rappresentata da edifici e fabbricati della carta del suolo consumato 2023, è stata stimata la superficie potenzialmente disponibile per l'installazione di impianti fotovoltaici sui tetti e relative ipotesi sulla potenza fotovoltaica installabile (Figura 77). Diversi fattori possono incidere sulla superficie effettivamente disponibile all'installazione di nuovi impianti, tra i principali ci sono i comignoli, gli impianti di condizionamento, l'ombreggiamento da elementi costruttivi o edifici vicini, etc. È stato stimato, coerentemente con le valutazioni del Centro Comune di Ricerca della Commissione Europea, che la percentuale dei tetti adatti a ospitare impianti può variare, a livello europeo, tra il 49 e il 64% (Bòdis *et al.*, 2019). Un'ulteriore riduzione del 60% di superficie da non considerare è dovuta alla distanza necessaria tra i pannelli per permetterne la manutenzione (*ibidem*). Dall'analisi sono stati anche esclusi i centri storici dei principali comuni e tutti i centri e agglomerati urbani minori, in cui l'installazione dei pannelli può essere inopportuna o soggetta a vincoli di natura storico-paesaggistica. Per fare questo sono stati utilizzati i dati dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare e Servizi Estimativi dell'Agenzia delle Entrate, che identificano le zone centrali dei comuni[51]. La superficie totale degli edifici ricavabile dalla carta del suolo consumato 2023, al netto di quelli ricadenti nelle zone centrali, ammonta a 3.875 km^2. A questo valore, per ricavare l'area netta disponibile, sono stati applicati sia il fattore massimo (49%) che il fattore minimo di riduzione (64%) e successivamente è stato sottratto l'ulteriore 60% dell'area. I risultati mostrano che la superficie netta disponibile può variare da 760 a 992 km^2. Ipotizzando tetti piani e la necessità di disporre di 10,3 m^2 per ogni kW installato[52], si stima una potenza variabile dai 74 ai 96 GW che sarebbe possibile installare su fabbricati esistenti.

[51] La fascia centrale individua quella porzione di territorio comunale che coincide con il centro urbano del comune, inteso come aggregato edilizio perimetrabile e distinguibile, in grado di esercitare attrazione nei confronti di un insediamento più ampio (Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare, Istruzioni tecniche per la formazione della Banca Dati Quotazioni OMI, Agenzia delle Entrate 2018).

[52] Parametro ricavato dal simulatore GSE per i tetti in piano (www.autoconsumo.gse.it).

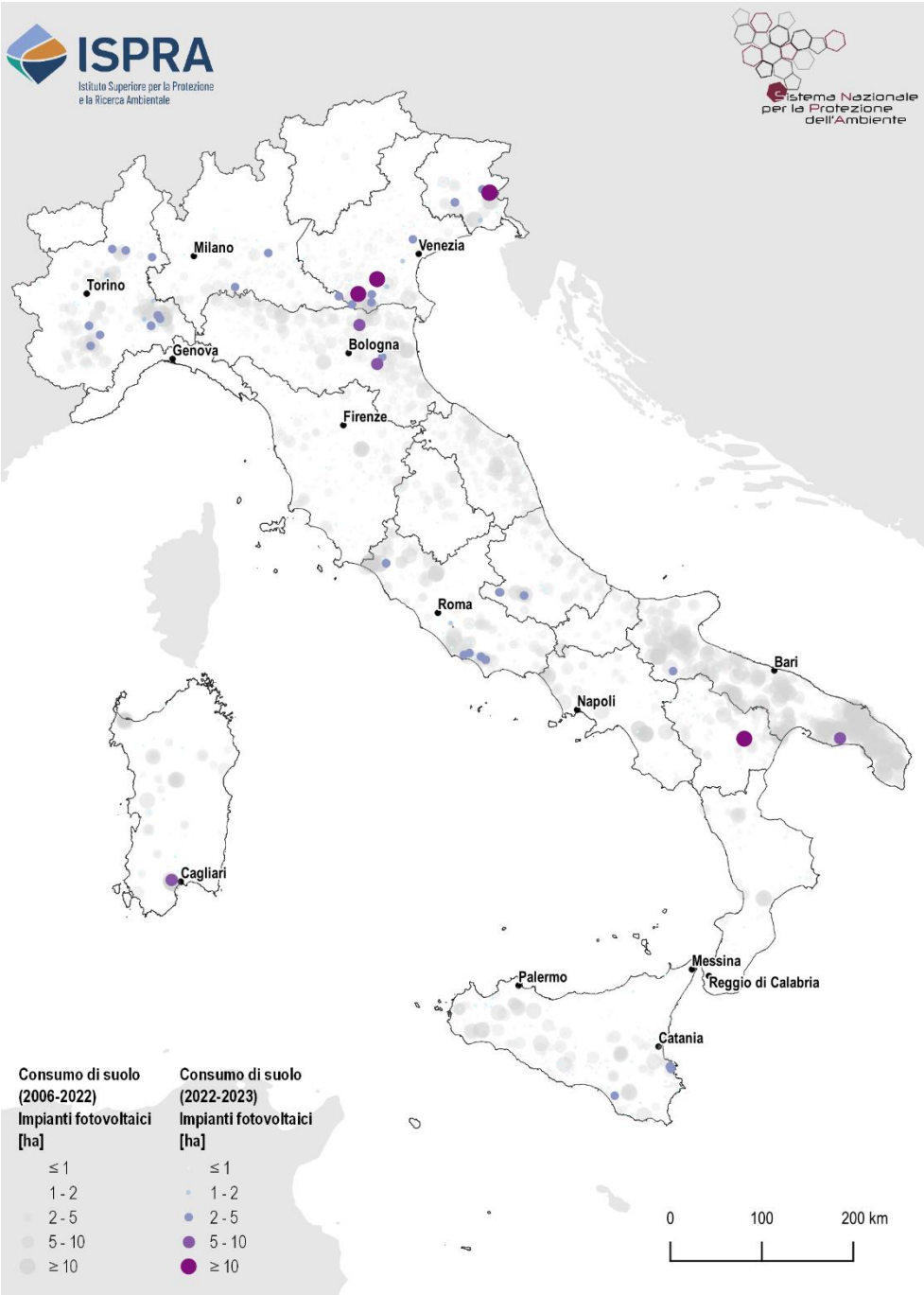


Figura 76. Cambiamenti relativi al consumo di suolo associato a nuovi impianti fotovoltaici a terra. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

A questa potenza si potrebbe aggiungere quella installabile in aree di parcheggio, in corrispondenza di alcune infrastrutture, in aree dismesse o in altre aree impermeabilizzate, senza aumentare il consumo di suolo. Ipotizzando che su oltre il 5% dei tetti[53] sia già installato un impianto, si può concludere che, sfruttando gli edifici disponibili, ci sarebbe posto per una potenza fotovoltaica compresa fra 70 e 91 GW, un quantitativo sufficiente a coprire l'aumento di energia rinnovabile complessiva previsto dal PNIEC al 2030. In generale, data la vasta disponibilità di superfici a minore impatto ambientale, si potrebbe formulare un mix di localizzazioni che risponde alle esigenze energetiche e minimizza il consumo di suolo.
Volendo fare una previsione di quanto suolo verrebbe consumato a causa dei nuovi impianti fotovoltaici, le superfici coinvolte dipendono dalla quota della nuova energia da produrre che verrà realmente affidata al solare fotovoltaico e dal rapporto tra impianti che saranno realizzati a terra e impianti che saranno realizzati su coperture. Al 2023, come risultato della storia della diffusione di questa tecnologia nel nostro Paese, la ripartizione risulta pari al 31% circa a terra e al 69% non a terra. Considerando i quantitativi di energia da produrre nei prossimi anni previsti dal decreto *"aree idonee"* del 21 giugno 2024, dal 2024 al 2030 bisognerà installare una potenza pari a circa 74 GW utilizzando fonti rinnovabili. Ipotizzando una ripartizione analoga ad oggi tra terra e non a terra e utilizzando come coefficienti medi di occupazione valori non molto dissimili da quelli attuali, si potrebbe calcolare, in via teorica, una superficie di circa 400 km^2 di nuovo suolo consumato (per circa 22 GW). Si tratta, tuttavia, di un calcolo teorico soggetto a enorme variabilità al variare degli scenari. Nell'ipotesi estrema in cui tutta la nuova potenza prevista venisse installata a terra, per esempio, si potrebbero consumare fino a oltre 1.300 km^2 di suolo. La regione che perderebbe più suolo sarebbe la Sicilia, da 53 km^2 nel caso in cui la percentuale del 30% venisse rispettata fino a 178 km^2 nel caso in cui tutta la potenza prevista fosse installata a terra. La seconda regione a perdere più superficie sarebbe la Lombardia (da 43 a 143 km^2). A seguire ci sarebbero Puglia, Sardegna ed Emilia-Romagna che perderebbero da più di 30 km^2 nella prima ipotesi fino a più di 100 km^2 nel caso estremo della collocazione dei pannelli solo a terra. Un aspetto da considerare in queste previsioni è la progressione nel miglioramento dell'efficienza dei pannelli fotovoltaici che potrebbe avere implicazioni dirette sulla superficie necessaria per generare un determinato quantitativo di energia, facendo rivedere al ribasso delle stime (Becchetti *et al.*, 2022).

Figura 77. Esempi di tetti fotovoltaici (circa 5 ettari), comune di Tivoli (Roma). Impianto da oltre 4,2 MW

[53] Valore derivante dall'ipotesi che tutta la potenza installata non a terra sia sui tetti.

LO SVILUPPO DEI POLI LOGISTICI

Le trasformazioni sul territorio nazionale riconducibili alla logistica e alla grande distribuzione figurano tra le cause principali dell'incremento di superficie consumata in Italia. Solo nell'ultimo anno sono 504 gli ettari consumati con questa destinazione d'uso, quantità pressoché identica a quella dell'anno precedente (505 ha), che si aggiunge a un consumo cumulato dal 2006 di circa 5.606 ettari. Le elaborazioni, condotte sul periodo 2006-2023, mostrano una concentrazione di questa tipologia di cambiamenti nel Nord-Est del Paese (+1.852 ettari, corrispondenti al 6% del totale del consumo di suolo per il periodo 2006-2023), seguito dal Nord-Ovest (+1.703 ettari) e dal Centro (+1.011 ettari). A livello regionale (Tabella 70), il consumo di suolo dovuto alla logistica si concentra prevalentemente nelle regioni del Nord-Italia, con un massimo in Lombardia (1.085 ettari) ed Emila Romagna (944 ettari), che sono anche le regioni con la maggiore percentuale di consumato associato a logistica (7,03% e 7,56% rispettivamente).
Questo incremento è da attribuirsi principalmente (quasi due terzi) all'espansione dell'indotto produttivo/industriale, mentre grande distribuzione/commerciale[54] e strutture legate all'*E-commerce* contribuiscono entrambe per circa un quinto.

Figura 78. Ripartizione dei cambiamenti dovuti alla logistica. Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 70. Consumo di suolo legato ad attività di logistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Consumo di suolo da logistica												
Regione	2006-2012 (ha)	2012-2015 (ha)	2015-2016 (ha)	2016-2017 (ha)	2017-2018 (ha)	2018-2019 (ha)	2019-2020 (ha)	2020-2021 (ha)	2021-2022 (ha)	2022-2023 (ha)	2006-2023 (ha)	Densità (m^2/ha)
Piemonte	171	43	11	63	29	12	84	43	60	91	605	2,38
Valle d'Aosta	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,02
Lombardia	460	92	48	45	71	57	106	52	81	72	1.085	4,54
Liguria	6	-	-	-	2	1	2	-	-	-	12	0,22
Friuli-Venezia Giulia	10	3	-	18	2	-	1	-	-	1	36	0,45
Trentino-Alto Adige	3	2	-	4	-	2	2	1	6	-	21	0,15
Emilia-Romagna	290	48	39	37	98	91	50	63	126	101	944	4,19
Veneto	244	48	25	73	108	73	47	37	116	80	852	4,64
Umbria	20	24	-	3	6	6	2	5	4	1	70	0,83
Marche	38	5	2	1	9	8	6	4	5	22	100	1,07
Toscana	99	31	14	4	9	21	9	7	7	5	206	0,90
Lazio	257	82	18	17	79	36	39	43	20	44	635	3,69
Basilicata	14	5	-	1	2	2	4	-	-	-	29	0,29
Molise	1	-	-	-	8	1	1	1	1	1	13	0,30
Abruzzo	27	7	-	5	3	3	3	6	9	1	65	0,60
Calabria	31	4	1	-	2	1	2	-	18	1	59	0,39
Puglia	143	18	1	7	9	7	12	14	12	8	232	1,20
Campania	113	20	12	12	35	31	15	31	26	46	342	2,51
Sardegna	11	1	2	1	2	-	1	8	3	15	45	0,19

[54] Alla classe afferiscono i nuovi centri per la distribuzione di generi alimentari e agroalimentari, centri commerciali, outlet, etc

Sicilia	114	29	3	3	25	26	20	10	11	14	255	0,99
Italia	**2.051**	**464**	**176**	**295**	**500**	**379**	**405**	**326**	**505**	**504**	**5.606**	**1,86**

Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 79. "Produci, consuma, crepa" – Ravenna, 17 febbraio 2024. Foto di Adriano Zanni per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Figura 80. Cantiere nei pressi dell'area industriale di Colleferro (Roma). Foto di Isabella Renzi

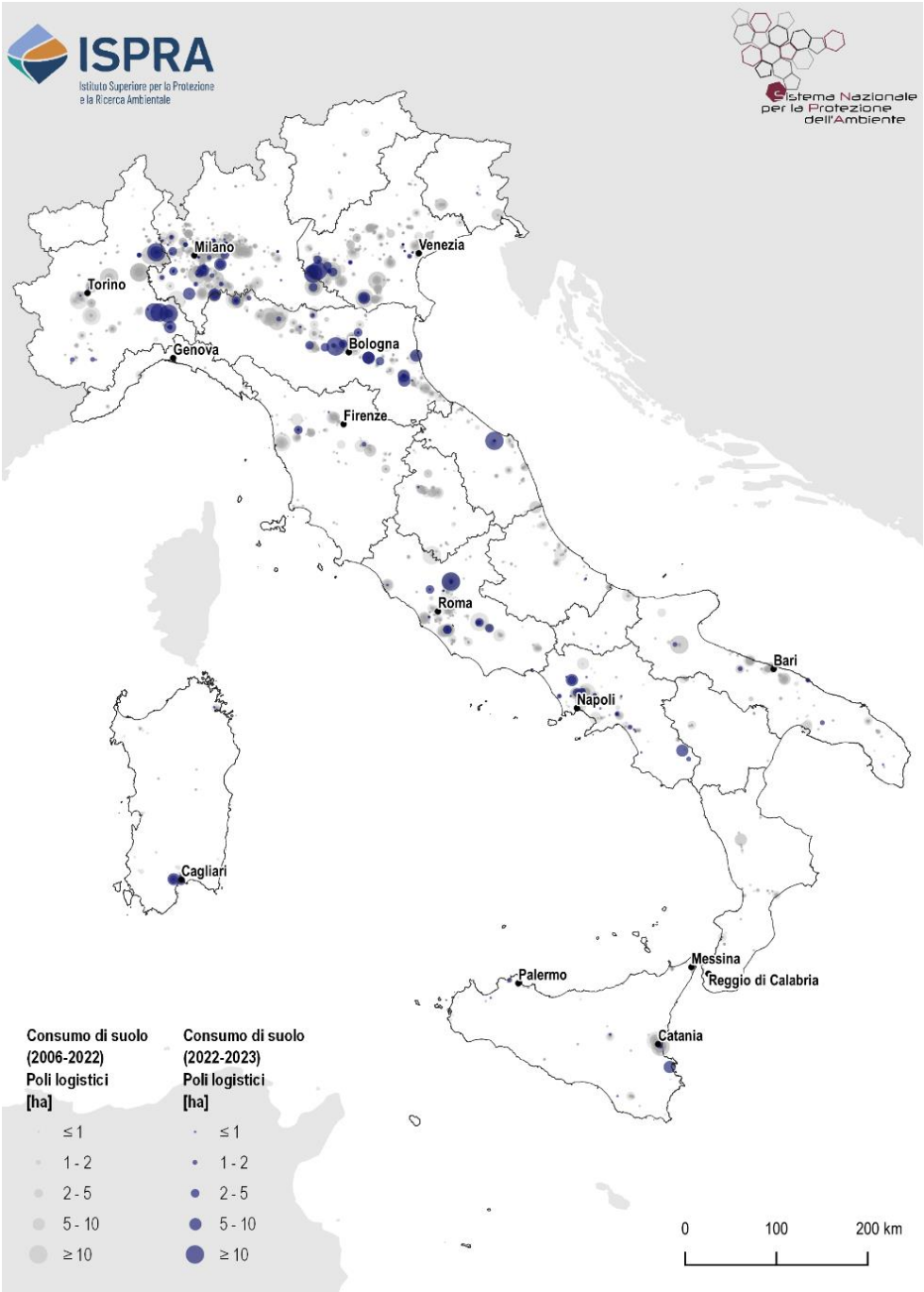


Figura 81. Cambiamenti relativi al consumo di suolo associato a nuovi poli logistici. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Analizzando la densità di suolo consumato da logistica rispetto alle classi di urbanizzazione (cfr. § Le aree urbane) nei diversi intervalli temporali (Tabella 71), la maggior parte dell'impatto della logistica, in termini di suolo consumato, riguarda le superfici ad alta densità di edificato e bassa densità di popolazione (assimilabili a aree produttive e industriali). I dati dell'ultimo anno evidenziano un ulteriore incremento delle superfici destinate alla logistica, con nuove importanti realizzazioni.

Tabella 71. Densità di suolo consumato da logistica rispetto alle classi di urbanizzazione. Classe 1= urbano ad alta densità, classe 2= urbano a media densità, classe 3= zone rurali, classe 4= zone ad alta densità di consumato e bassa densità di popolazione

Classi di urbanizzazione	Densità di suolo consumato da logistica (m^2/ha)									
	2006-2012	2012-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023
Classe 1	2,27	0,71	0,40	0,27	0,53	0,37	0,44	0,44	0,32	0,27
Classe 2	1,93	0,45	0,17	0,19	0,30	0,26	0,26	0,28	0,40	0,28
Classe 3	0,17	0,04	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05	0,06
Classe 4	61,27	12,06	4,03	9,98	18,76	12,41	13,38	10,02	14,99	16,12

Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

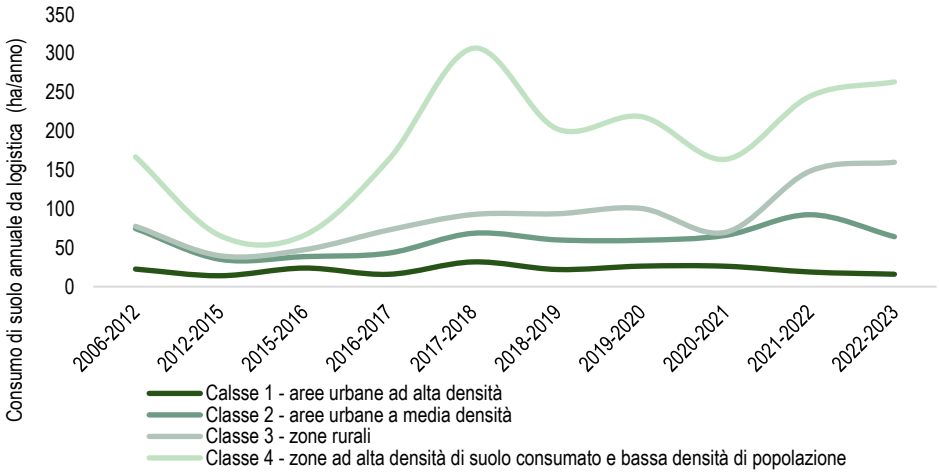


Figura 82. Consumo di suolo annuale da logistica nelle classi di urbanizzazione 3 e 4. Fonti: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 83. Realizzazione di un polo logistico di 28 ettari a Spinetta Marengo (Alessandria) tra 2021 e 2023

Figura 84. Ampliamento di Hub logistico di 16 ettari nei pressi di Vigasio (Verona) (immagini 2018 e 2023)

GLI USI DEL SUOLO DEI NUOVI CAMBIAMENTI

Nell'ambito dell'attività di monitoraggio 2022-2023 è stata introdotta, in via sperimentale, una codifica di uso del suolo per la caratterizzazione dei nuovi poligoni di consumo di suolo, la cui conduzione è subordinata alla disponibilità di informazioni che rendano possibile la determinazione della destinazione d'uso dell'area di cambiamento. Per la descrizione dell'uso del suolo è stato definito un sistema di classificazione in linea con i *Land Use Attributes* (LUA) di EAGLE che al primo livello di classificazione consente di distinguere uso residenziale, uso non residenziale e infrastrutture.
Analizzando le classi di uso attribuite ai nuovi cambiamenti rilevati tra il 2022 e il 2023, l'uso residenziale riguarda circa un terzo dei nuovi edifici (classe 111, i restanti sono adibiti ad attività produttive e per la logistica), circa il 10% dei nuovi piazzali pavimentati (classe 116) e alcuni cantieri (classe 122),

mentre l'80% delle aree totali di cambiamento sono legate all'uso non residenziale. A tale classe vengono ricondotte tutte le classi di suolo consumato reversibile (ad esclusione della classe 121 – Strade non pavimentate) e le discariche (classe 118); prevale l'uso non residenziale nelle nuove aree di cantieri e nei piazzali in terra battuta (classe 122) e pavimentati (classe 116).

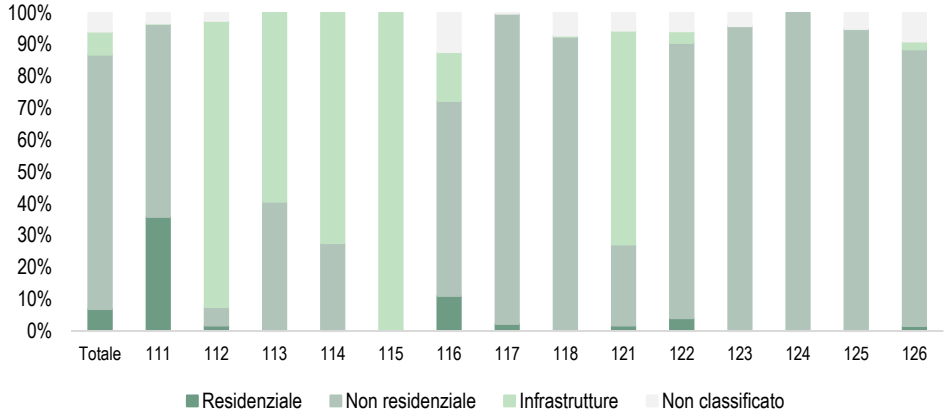


Figura 85. Uso del suolo del nuovo consumo di suolo rilevato tra il 2022 e il 2023 a livello nazionale, espressa in termini di ripartizione percentuale dei cambiamenti afferenti a ciascuna classe rispetto a uso residenziale, non residenziale e infrastrutture. Per le classi di consumo di suolo si considera la seguente codifica, introdotta in Tabella 1: 111. Edifici, fabbricati; 112. Strade pavimentate; 113. Sede ferroviaria; 114. Aeroporti; 115. Porti; 116. Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate; 117. Serre permanenti pavimentate; 118. Discariche; 121. Strade non pavimentate; 122. Cantieri e altre aree in terra battuta; 123. Aree estrattive non rinaturalizzate; 124. Cave in falda; 125. Impianti fotovoltaici a terra; 126. Altre coperture artificiali non connesse alle attività agricole la cui rimozione ripristini le condizioni iniziali del suolo. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

A livello regionale, al netto della porzione di cambiamenti ai quali non è stata associata la codifica di uso, nel complesso il non residenziale prevale in tutte le regioni, superando il 90% del totale in Sardegna, Basilicata e Friuli-Venezia Giulia, mentre l'uso residenziale è il meno presente.

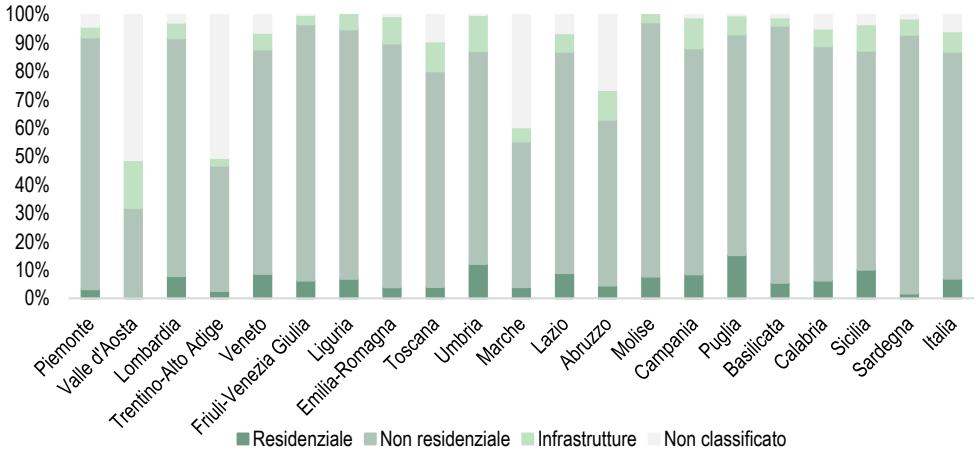


Figura 86. Uso del suolo del nuovo consumo di suolo rilevato tra il 2022 e il 2023 a livello regionale, espressa in termini di uso residenziale, non residenziale e infrastrutture. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DEL CONSUMO DI SUOLO

DISTRIBUZIONE DEI CAMBIAMENTI

La conformazione territoriale del nostro Paese, considerate le sue peculiarità geologiche, morfologiche e idrografiche, così come la sua biodiversità, la capacità di supportare una produzione agricola di qualità, il paesaggio e gli aspetti storici, sociali e culturali, rende la tutela del suolo una chiave fondamentale per la sostenibilità del nostro territorio. Ciononostante, il consumo di suolo[55] negli ultimi anni è intervenuto anche nelle fasce di pericolosità per frane e alluvioni, in zone a rischio sismico di varia natura, così come in altre aree vincolate, nelle aree protette, lungo la costa e le sponde dei corpi idrici, nelle pianure e nelle valli dove il suolo è più fertile o in corrispondenza di aree agricole e di preziosi ambienti naturali.

L'evoluzione recente del nostro territorio a causa delle nuove coperture artificiali è stata analizzata nel dettaglio dei diversi usi e coperture del suolo oltre che nelle diverse conformazioni di altitudine, pendenza e distanza dalla costa. Comprendere la distribuzione delle trasformazioni del suolo consumato e la loro variazione nel tempo è uno sforzo che si rende necessario per fornire una caratterizzazione efficace del fenomeno, in grado di essere, al contempo, base conoscitiva, supporto e riscontro analitico per le politiche sul territorio e per la tutela delle aree più fragili del nostro Paese.

Da una prima lettura dei dati in Tabella 72, che saranno discussi nel dettaglio nei paragrafi seguenti, si conferma la tendenza a consumare sui suoli maggiormente accessibili (fascia costiera, pianure e fondi valle) e nelle aree a vocazione agricola in prossimità della frangia insediata dei grandi poli urbani. Si accentua anche la tendenza alla perdita delle aree naturali in ambiente urbano, preziose per assicurare la qualità della vita e una maggiore capacità di adattamento ai cambiamenti climatici in corso.

L'analisi considera anche parametri socioeconomici per evidenziare la connessione del fenomeno con le caratteristiche delle aree urbane e territoriali, confermando che la copertura artificiale del suolo prosegue nel nostro Paese, come già illustrato nelle precedenti edizioni e come conferma il rapporto di quest'anno, ed è ancora slegata da esigenze abitative e necessità di rigenerazione sia urbanistica che sociale. Al contrario, si consuma molto suolo anche dove la popolazione ristagna, in un contesto nazionale di recessione demografica e nei comuni di cintura metropolitana e nelle zone intermedie, divenute spesso vere e proprie terre di mezzo raggiunte a fatica dai servizi e con i problemi di inclusione sociale e identità già noti.

La correlazione con i valori immobiliari, con lo scopo di osservare i pattern di concentrazione delle trasformazioni del suolo nelle aree già densamente urbanizzate, rende evidente come il valore immobiliare e la rendita rappresentino ancora un significativo driver in quelle aree libere delle nostre città che, peraltro, rappresentano una risorsa preziosa per la sostenibilità ambientale e sociale.

[55] Quando non diversamente specificato, nelle pagine successive, i dati del consumo di suolo si riferiscono al consumo di suolo annuale netto, ovvero la differenza tra il nuovo consumo di suolo e le aree che sono state ripristinate nello stesso periodo.

Tabella 72. Distribuzione del suolo consumato (ettari e percentuale sulla superficie di ciascuna classe), del consumo di suolo (ettari di nuovo consumo ed ettari consumo al netto delle rinaturalizzazioni) e densità di consumo di suolo (metri quadrati di consumo per ettaro di superficie della fascia e per ettaro di superficie della fascia al netto delle superfici già consumate)

Distribuzione territoriale del consumo di suolo		Suolo consumato		Consumo di suolo		Densità consumo di suolo	
		(ha)	(%)	(ha)	(ha) netto	(m²/ha)	(m²/ha) al netto del già consumato
Aree Protette EUAP	all'interno	58.601	1,9	79	70	0,2	0,2
	all'esterno	2.099.164	7,8	7.175	6.370	2,4	2,6
Aree vincolate per la tutela paesaggistica	all'interno	563.078	5,4	1.606	1.399	1,3	1,4
	all'esterno	1.594.687	8,1	5.648	5.040	2,5	2,8
Valore Ecologico	molto alto	22.307	1,2	59	50	0,3	0,3
	alto	100.024	1,9	351	328	0,6	0,6
	medio	92.402	2,3	345	316	0,8	0,8
	bassa	356.691	5,2	2.186	1.952	2,9	3,0
	molto bassa	211.216	5,5	1.591	1.289	3,3	3,5
	non valutata	852.238	60,2	1.225	1.093	7,7	19,4
Fragilità ambientale	molto alto	2.387	5,3	34	34	7,5	8,0
	alto	25.430	3,8	119	106	1,6	1,6
	medio	68.236	3,0	552	518	2,3	2,4
	bassa	266.164	3,3	1.444	1.272	1,6	1,6
	molto bassa	420.423	3,8	2.381	2.005	1,8	1,9
	non valutata	852.238	60,2	1.225	1.093	7,7	19,4
Aree a pericolosità idraulica	elevata	103.576	6,4	519	439	2,7	2,9
	media	281.610	9,3	1.261	1.108	3,7	4,0
	bassa	472.816	11,2	1.848	1.613	3,8	4,3
	altro	1.684.950	6,5	5.406	4.827	1,9	2,0
Aree a pericolosità da frana	P4	22.472	2,4	42	38	0,4	0,4
	P3	42.763	2,5	90	79	0,5	0,5
	P2	68.852	4,7	170	146	1,0	1,1
	P1	72.406	5,8	200	192	1,5	1,6
	AA	29.533	4,2	78	74	1,1	1,1
	altro	1.921.738	8,0	6.674	5.910	2,5	2,7
Aree a pericolosità sismica	molto alta	85.709	4.6	230	217	1,2	1,2
	alta	737.167	7,0	2.442	2.073	2,0	2,1
	altro	1.334.889	7,5	4.582	4.149	2,3	2,5
Aree percorse dal fuoco*	all'interno	4.000	1,1	16	11	0,5	0,5
	all'esterno	1.792.727	8,0	5.938	5.214	2,7	3,0
Siti contaminati di interesse nazionale	all'interno	23.043	13,5	236	235	13,8	15,9
	all'esterno	2.134.722	7,1	7.018	6.204	2,1	2,2
Corpi idrici	0-150m	256.913	8,6	771	771	2,6	2,8
	>150m	1.900.850	7,0	5.989	5.669	2,1	2,2
Fascia costiera	0-300m	64.588	22,6	126	120	4,2	5,4
	300-1.000m	88.310	19,1	269	260	5,6	7,0
	1.000-10.000m	371.531	8,7	1.361	1.259	3,0	3,2
	>10.000m	1.633.336	6,5	5.499	4.801	1,9	2,0
Classi altimetriche	Pianura	1.601.772	11,4	5.967	5.281	3,8	4,2
	Collina	361.524	5,4	824	760	1,1	1,2
	Montagna	194.468	2,1	463	398	0,4	0,4
Classi di pendenza	0-10%	1.557.056	13,3	5.965	5.305	4,5	5,2
	>10%	599.894	3,3	1.289	1.134	0,6	0,6
Copertura del suolo	Superfici consolidate	-	-	2	2	0,1	-
	Sup. non consolidate	-	-	4	4	0,1	-

Distribuzione territoriale del consumo di suolo		Suolo consumato		Consumo di suolo		Densità consumo di suolo	
		(ha)	(%)	(ha)	(ha) netto	(m²/ha)	(m²/ha) al netto del già consumato
	Latifoglie	-	-	875	821	0,8	-
	Conifere	-	-	76	71	0,4	-
	Arbusteti	-	-	258	227	1,1	-
	Erb. Periodico	-	-	3.450	2.996	3,3	-
	Erb. Permanente	-	-	2.537	2.268	3,7	-
	Corpi idrici permanenti	-	-	34	32	0,7	-
	Ghiacci e nevi perenni	-	-	0	0	0,0	-
	Zone umide	-	-	17	17	3,0	-
Uso del suolo	Seminativi	-	-	3.079	2.658	3,3	-
	Foraggere	-	-	427	396	4,3	-
	Colture permanenti	-	-	574	518	2,2	-
	Aree agroforestali	-	-	7	7	0,4	-
	Altre aree agricole	-	-	538	497	2,3	-
	Foreste e arboricoltura da legno	-	-	373	346	0,4	-
	Cave e miniere	-	-	51	44	17,8	-
	Uso urbano e assimilati	-	-	1.733	1.545	6,6	-
	Usi d'acqua	-	-	30	29	0,7	-
	Zone umide	-	-	17	17	3,0	-
	Altri usi non economici	-	-	426	382	0,9	-
Tipologie di comuni – perifericità	A - Polo	414.619	17,0	1.329	1.199	4,9	5,9
	B – Polo intercomunale	43.847	12,1	150	142	3,9	4,5
	C – Cintura	941.822	9,8	3.463	3.057	3,2	3,5
	D – Intermedio	420.952	5,6	1.390	1.265	1,7	1,8
	E – Periferico	277.961	3,5	809	693	0,9	0,9
	F – Ultraperiferico	50.785	2,3	109	80	0,4	0,4
	Non disponibile	1.206	0,8	-	-	-	-
Densità demografica	0 (ab/km²)	38.077	0,6	135	105	0,2	0,2
	0 – 1 (ab/km²)	71.639	1,6	410	336	0,8	0,8
	1 – 20 (ab/km²)	272.242	3,5	1.517	1.381	1,8	1,8
	20 – 100 (ab/km²)	363.638	6,9	1.670	1.473	2,8	3,0
	100 – 150 (ab/km²)	106.340	9,9	419	362	3,4	3,8
	150 – 200 (ab/km²)	79.739	11,5	294	264	3,8	4,3
	200 – 500 (ab/km²)	274.435	15,0	876	776	4,2	5,0
	500 – 1.000 (ab/km²)	233.077	22,9	652	580	5,7	7,4
	1.000 – 5.000 (ab/km²)	538.445	43,4	1.123	1.016	8,2	14,4
	5.000 – 10.000 (ab/km²)	128.204	73,1	140	128	7,3	26,9
	> 10.000 (ab/km²)	51.928	84,9	18	17	2,8	18,4
Caratteri demografici – indice di dipendenza	0	279.250	2,5	338	1.147	1,0	1,1
	0 -25	70.807	6	2.859	309	2,6	2,8
	25 – 50	772.666	10,3	2.070	2.585	3,4	3,8
	50 - 75	823.404	11,4	380	1.792	2,5	2,8
	75 – 100	122.089	8,6	246	338	2,4	2,6
	100 – 125	64.381	5,3	24	209	1,7	1,8
	125 – 150	10.367	4,9	51	15	0,7	0,7
	> 150	14.075	4,7	1.285	44	1,5	1,6
Aree urbane e tipologia di tessuto urbano	Centri urbani ad alta densità	443.749	75,4	516	465	7,9	32,0
	Aree urbane a media densità	644.011	28,1	1.860	1.677	7,3	10,1
	Zone rurali	953.784	3,5	4.004	3.446	1,3	1,3

Distribuzione territoriale del consumo di suolo		Suolo consumato		Consumo di suolo		Densità consumo di suolo	
		(ha)	(%)	(ha)	(ha) netto	(m²/ha)	(m²/ha) al netto del già consumato
	Alta artificializzazione e bassa popolazione	116.221	80,1	875	850	58,6	286,7
Densità delle coperture artificiali	Rurale	538.858	2,1	1.699	2.290	0,9	0,9
	Suburbano	1.011.668	23,1	4.654	3.527	8,0	10,5
	Urbano	607.239	77,0	901	623	7,9	34,4
Distanza dai centri urbani principali	< 2 km	109.314	47,8	180	157	6,9	14,6
	2 km – 5 km	237.397	19,9	769	671	5,6	8,0
	5 km – 10 km	446.979	11,3	1.699	1517	3,8	5,0
	10 km – 50 km	1.305.302	3,5	4.358	3.871	1,0	1,8
Fasce OMI	Extraurbana	924.126	3,5	3.659	4.220	1,4	1,4
	Suburbana	266.114	22,6	818	877	7,0	9,0
	Periferica	436.460	31,3	1.241	1.345	8,9	13,0
	Semicentrale	123.989	49,6	194	212	7,8	15,4
	Centrale	401.385	42,5	519	592	5,5	9,6

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

FASCIA COSTIERA, CORPI IDRICI, CLASSI ALTIMETRICHE E DI PENDENZA

Fascia costiera

Il suolo consumato nei primi 300 metri dalla linea di costa è più del triplo del valore medio nazionale (Figura 88), occupando un terzo della superficie della fascia in 5 delle 15 regioni bagnate dal mare, con un massimo in Liguria (48,21%) e nelle Marche (44,44%); il valore rimane al di sopra della media nazionale per 14 regioni su 15 nella fascia tra 300 e 1.000 metri dalla linea di costa (con l'eccezione della Basilicata) e per 11 regioni su 15 tra i 1.000 e i 10.000 metri (Tabella 73).

Tabella 73. Percentuale di suolo consumato al 2023, incremento in ettari e in percentuale del suolo consumato tra il 2022 e il 2023 e densità di consumo di suolo rispetto alla linea di costa, con riferimento ai primi 300 metri e alle fasce con distanza compresa tra 300 e 1.000 metri e tra 1.000 e 10.000 metri

Regione	Suolo consumato (%)			Consumo di suolo (incremento ha)			Consumo di suolo (incremento %)			Densità di consumo di suolo (m²/ha)		
	entro 300m	tra 300 e 1.000m	tra 1 e 10km	entro 300m	tra 300 e 1.000m	tra 1 e 10km	entro 300m	tra 300 e 1.000m	tra 1 e 10km	entro 300m	tra 300 e 1.000m	tra 1 e 10km
Veneto	9,86	10,23	12,81	4	11	37	0,10	0,30	0,17	0,94	3,07	2,15
Friuli-Venezia Giulia	13,47	14,88	12,02	3	9	-2	0,17	0,39	-0,02	2,35	5,72	-0,23
Liguria	48,21	29,36	8,02	2	7	16	0,04	0,10	0,09	2,01	3,06	0,71
Emilia-Romagna	37,62	35,41	11,05	39	26	44	1,46	0,66	0,31	54,23	23,06	3,41
Toscana	22,40	16,44	8,25	7	16	42	0,16	0,30	0,21	3,63	4,93	1,70
Marche	44,44	30,80	12,05	4	6	77	0,16	0,16	0,45	7,27	4,97	5,37
Lazio	28,71	21,44	10,72	2	6	82	0,07	0,14	0,32	1,89	3,02	3,42
Abruzzo	37,61	32,73	11,22	3	6	17	0,16	0,22	0,13	6,20	7,04	1,44
Molise	20,27	17,21	5,55	1	3	6	0,29	0,58	0,32	5,96	9,92	1,77
Campania	34,66	30,31	16,59	5	13	125	0,10	0,17	0,31	3,58	5,06	5,18
Puglia	29,93	21,89	10,09	16	34	195	0,21	0,30	0,33	6,27	6,64	3,37
Basilicata	6,79	4,83	3,87	0	1	10	0,00	0,63	0,49	0,00	3,04	1,90
Calabria	29,11	19,80	5,03	7	30	77	0,10	0,31	0,27	2,90	6,19	1,33
Sicilia	28,89	22,91	9,43	14	38	223	0,11	0,21	0,32	3,11	4,71	3,03
Sardegna	9,56	8,43	4,48	12	52	311	0,22	0,71	1,01	2,07	5,93	4,50
Italia	**22,63**	**19,10**	**8,72**	**120**	**260**	**1.259**	**0,19**	**0,30**	**0,34**	**4,20**	**5,62**	**2,95**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

La Figura 87 mostra come il massimo valore di suolo consumato si registri a circa 110 metri di distanza dalla linea di costa, per poi decrescere con andamento parabolico fino a raggiungere, dopo i 4 km, un valore per lo più costante (Riitano *et al.*, 2020). Circa un quarto del nuovo suolo consumato in Italia tra il 2022 e il 2023 è localizzato entro 10 km dalla costa; l'Emilia-Romagna presenta il massimo aumento di suolo consumato nella fascia 0-300 metri, sia in termini di superficie (+39,2 ettari) che di incremento percentuale rispetto all'anno precedente (+1,46% rispetto al 2022), seguita dalla Sardegna, con 59,3 ettari (+0,71%) nella fascia 300-1.000 e 311,25 ettari (+1,01%) in quella 1.000-10.000. L'Emilia-Romagna è anche la regione con i valori più alti di densità di consumo di suolo nelle fasce 0-300 metri e 300-1.000 metri, con, rispettivamente, 54,23 e 23,06 metri quadrati di nuovo suolo consumato per ogni ettaro di estensione delle fasce; tra i 1.000 e i 10.000 metri il valore più elevato si ha nelle Marche, con 5,37 m^2/ha (Tabella 73).

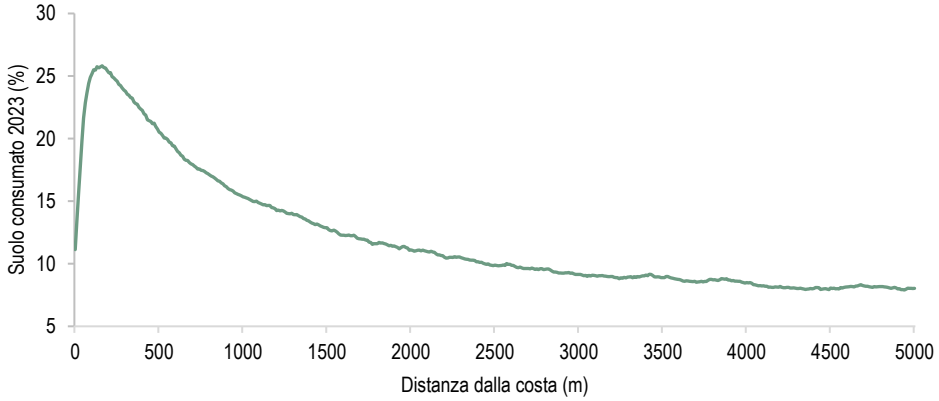


Figura 87. Percentuale di suolo consumato (2023) rispetto alla distanza dalla linea di costa, elaborato su fasce di ampiezza 10 metri e al netto di corpi idrici permanenti interni e zone umide. Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 88. "La trasformazione della costa da Terracina al Circeo" - Tempio di Giove Anxur, Terracina, in provincia di Latina, settembre 2024. Foto di Paola Giorgioli per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Corpi idrici

Entro un intorno di 150 metri dai principali corpi idrici si rileva una presenza di superfici artificializzate superiore al valore medio nazionale (8,6%), con un incremento di 770,7 ettari nell'ultimo anno, concentrati per quasi il 40% lungo i corpi idrici di Emilia-Romagna (123,4 ettari), Lombardia (90,3 ettari) e Piemonte (87,1 ettari), mentre la Campania è la regione con la maggiore densità di cambiamenti (5,8 metri quadrati di consumo di suolo per ettaro di superficie della fascia nella regione) (Tabella 74).

Tabella 74. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo (2022-2023) entro i 150 metri dai corpi idrici permanenti

Regione	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Consumo di suolo (%)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
Piemonte	8,0	87,1	0,3	2,8
Valle d'Aosta	10,8	3,5	0,2	1,7
Lombardia	9,7	90,3	0,3	2,5
Trentino-Alto Adige	9,7	24,2	0,2	2,4
Veneto	11,3	79,7	0,2	2,3
Friuli-Venezia Giulia	7,8	14,2	0,2	1,5
Liguria	20,4	5,2	0,1	1,3
Emilia-Romagna	8,3	123,4	0,4	3,7
Toscana	8,6	86,2	0,5	4,1
Umbria	6,0	10,3	0,2	1,3
Marche	11,3	23,7	0,3	3,8
Lazio	9,0	33,9	0,3	2,8
Abruzzo	8,3	23,3	0,4	3,6
Molise	5,4	0,0	0,0	0,0
Campania	12,0	50,6	0,5	5,8
Puglia	8,4	22	0,3	2,3
Basilicata	3,7	5	0,2	0,8
Calabria	7,1	12,2	0,1	1
Sicilia	6,3	44,8	0,3	1,9
Sardegna	4,6	31,2	0,3	1,6
Italia	**8,6**	**770,7**	**0,3**	**2,6**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Classi altimetriche

Confrontando la carta nazionale del consumo di suolo con i dati relativi all'**altitudine**[56], il suolo consumato occupa l'11,41% delle aree di pianura (con un massimo del 22,43% in Trentino-Alto Adige), rimanendo al di sotto della media nazionale in collina (5,41%, ma con un massimo del 26,28% in Valle d'Aosta) e in montagna (2,06%) (Tabella 75). La tendenza dei nuovi cambiamenti a concentrarsi nelle aree con quota prossima al livello del mare è visibile anche in Figura 17.

Tra il 2022 e il 2023, nelle aree di pianura si è concentrato oltre l'80% del nuovo consumo di suolo (5.280,7 ettari, con un aumento dello 0,33% rispetto all'anno precedente, localizzati per oltre il 13% in Emilia-Romagna) (Tabella 75). Le aree di pianura sono anche quelle con la maggiore densità di consumo di suolo rispetto all'estensione della fascia (3,76 m²/ha, tripla rispetto alle aree collinari e nove volte maggiore di quella delle aree montane, con un massimo di 8,52 m²/ha in Campania).

In area collinare, il 40% dei 759,7 ettari di nuovi cambiamenti sono stati rilevati in Piemonte, in Sicilia e in Campania (con, rispettivamente, 117,8, 102,9 e 85,0 ettari), mentre in montagna la regione con il maggiore aumento è il Trentino-Alto Adige (70,4 ettari). Marche (in collina) e Abruzzo (in montagna) hanno il maggiore aumento percentuale rispetto al 2022, con +0,44% e +0,41% rispettivamente.

[56] I dati sono derivati da un'elaborazione della cartografia Tinitaly 1.1 aggiornata nel 2023 dall'INGV (Tarquini *et al.*, 2023).

Tabella 75. Percentuale di suolo consumato al 2023, incremento in ettari e in percentuale del suolo consumato tra il 2022 e il 2023 e densità di consumo di suolo rispetto all'altimetria

Regione	Suolo consumato (%)			Consumo di suolo (incremento ha)			Consumo di suolo (incremento %)			Densità di consumo di suolo (m²/ha)		
	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna	Pianura	Collina	Montagna
Piemonte	10,97	9,54	1,47	398	118	18	0,38	0,23	0,11	4,16	2,23	0,17
Valle d'Aosta	0,12	26,28	1,50	0	4	9	0,00	0,17	0,19	0,00	4,33	0,29
Lombardia	17,84	14,07	1,64	634	76	17	0,26	0,24	0,14	4,59	3,41	0,22
Trentino-Alto Adige	22,43	10,81	1,87	26	23	70	0,26	0,30	0,30	5,72	3,21	0,57
Veneto	15,88	7,49	1,99	556	17	36	0,28	0,19	0,39	4,43	1,44	0,78
Friuli-Venezia Giulia	13,77	4,99	1,00	133	3	3	0,23	0,09	0,09	3,22	0,44	0,09
Liguria	18,02	4,42	1,69	23	4	1	0,08	0,05	0,03	1,48	0,22	0,05
Emilia-Romagna	11,93	4,42	3,27	707	15	12	0,42	0,09	0,08	4,99	0,40	0,27
Toscana	8,96	3,76	1,98	309	24	4	0,28	0,10	0,05	2,54	0,37	0,09
Umbria	9,56	4,48	1,72	58	35	11	0,24	0,22	0,28	2,28	0,97	0,48
Marche	10,51	5,01	1,61	149	60	7	0,31	0,44	0,22	3,26	2,18	0,35
Lazio	11,92	6,08	1,60	389	32	7	0,35	0,13	0,11	4,21	0,80	0,18
Abruzzo	10,35	5,75	2,51	53	40	65	0,18	0,41	0,41	1,89	2,37	1,02
Molise	4,73	4,00	3,50	-23	5	15	-0,47	0,09	0,21	-2,22	0,37	0,74
Campania	18,09	7,37	3,00	485	85	46	0,47	0,29	0,39	8,52	2,17	1,16
Puglia	9,69	5,15	2,21	404	60	5	0,30	0,26	0,26	2,91	1,32	0,56
Basilicata	2,99	3,48	3,14	73	28	27	0,93	0,27	0,20	2,77	0,92	0,63
Calabria	7,81	5,04	2,07	122	10	6	0,25	0,06	0,05	1,98	0,32	0,10
Sicilia	9,93	4,89	3,05	342	103	38	0,32	0,24	0,20	3,21	1,17	0,60
Sardegna	4,88	2,01	1,17	443	15	2	0,72	0,11	0,04	3,50	0,21	0,04
Italia	**11,41**	**5,41**	**2,06**	**5.281**	**760**	**398**	**0,33**	**0,21**	**0,21**	**3,76**	**1,14**	**0,42**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

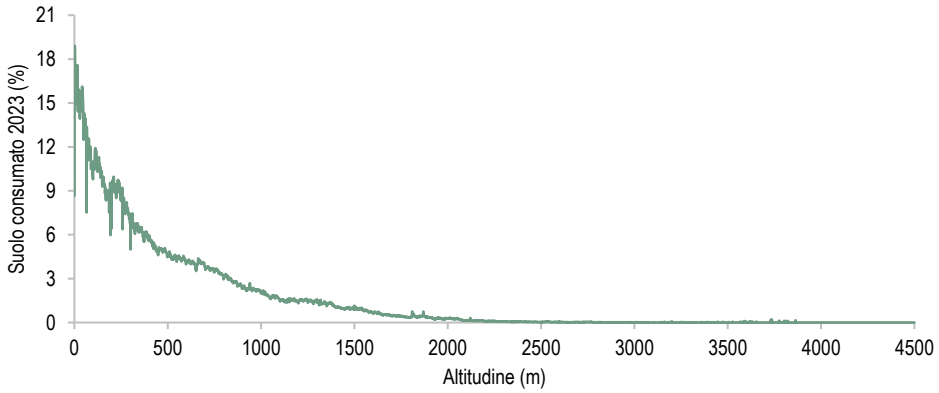


Figura 89. Andamento della percentuale di suolo consumato al 2023 rispetto all'altimetria, elaborato rispetto a fasce di ampiezza 10 metri e al netto dei corpi idrici permanenti interni e dalle zone umide

Classi di pendenza

Nelle aree con pendenza minore del 10%, il 13,27% del suolo risulta consumato, con un massimo del 38,71% in Liguria e restando al di sopra della media nazionale in 18 delle 20 regioni (Tabella 76).
Oltre un terzo dei cambiamenti rilevati tra 2022 e 2023 ricade nell'area della Pianura Padana, in particolare in Emilia-Romagna (+692,0 ettari), Lombardia (+662,9 ettari) e Veneto (+538,0 ettari), mentre il maggiore aumento percentuale rispetto al 2022 si è avuto in Sardegna (+0,73%) (tutte le altre regioni rimangono al di sotto del mezzo punto percentuale, con l'eccezione di Basilicata e Campania) (Tabella 76).

La Campania è la regione con la più alta densità di cambiamenti (11,61 metri quadrati di nuovo consumo di suolo per ettaro di territorio a bassa pendenza), mentre le aree con pendenza superiore al 10% risultano meno interessate da consumo di suolo, in primo luogo per via della minore accessibilità di tali aree, che ne limita la fruibilità.

Tabella 76. Percentuale di suolo consumato al 2023, incremento in ettari e in percentuale del suolo consumato tra il 2022 e il 2023 e densità di consumo di suolo rispetto alla pendenza. La pendenza è espressa in percentuale, distinguendo aree con pendenza inferiore o pari al 10% e aree ad elevata pendenza (>10%)

Regione	Suolo consumato (%)		Consumo di suolo (incremento ha)		Consumo di suolo (incremento %)		Densità di consumo di suolo (m²/ha)	
	≤ 10%	> 10%	≤ 10%	> 10%	≤ 10%	> 10%	≤ 10%	> 10%
Piemonte	12,97	2,65	494	39	0,38	0,10	4,92	0,25
Valle d'Aosta	18,97	1,56	4	9	0,17	0,19	3,15	0,29
Lombardia	18,31	3,73	663	65	0,26	0,17	4,79	0,64
Trentino-Alto Adige	18,12	1,84	63	56	0,35	0,24	6,36	0,45
Veneto	16,36	3,66	538	71	0,28	0,30	4,54	1,09
Friuli-Venezia Giulia	14,20	2,18	129	10	0,24	0,11	3,36	0,24
Liguria	38,71	5,21	14	14	0,10	0,05	4,03	0,28
Emilia-Romagna	13,08	4,08	692	43	0,44	0,10	5,72	0,41
Toscana	14,12	3,13	258	79	0,29	0,15	4,04	0,48
Umbria	11,66	3,05	62	43	0,24	0,22	2,83	0,68
Marche	18,82	4,08	130	86	0,38	0,28	7,11	1,15
Lazio	13,49	4,32	337	91	0,35	0,21	4,65	0,92
Abruzzo	13,93	2,91	110	47	0,38	0,19	5,27	0,54
Molise	7,70	2,96	-11	8	-0,16	0,08	-1,20	0,23
Campania	21,42	5,59	497	119	0,55	0,23	11,62	1,27
Puglia	9,27	3,53	437	32	0,30	0,27	2,74	0,96
Basilicata	5,49	2,52	72	56	0,57	0,29	3,10	0,73
Calabria	11,58	3,28	90	49	0,24	0,13	2,74	0,41
Sicilia	12,04	3,76	321	162	0,31	0,25	3,73	0,95
Sardegna	6,13	1,69	406	54	0,73	0,21	4,45	0,36
Italia	**13,27**	**3,26**	**5.305**	**1.134**	**0,34**	**0,19**	**4,52**	**0,62**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

CLASSI DI COPERTURA E AMBITI DI USO DEL SUOLO

La distribuzione territoriale del consumo di suolo rispetto alle classi di copertura del suolo e agli ambiti di uso del suolo è stata valutata utilizzando le mappe di uso e copertura del suolo realizzate da ISPRA e basate sull'integrazione della carta nazionale del consumo di suolo con i principali dati CLMS.

Classi di copertura del suolo

Dal punto di vista della copertura del suolo, il consumo di suolo si è concentrato prevalentemente nelle aree vegetate, in particolare nelle aree a copertura erbacea, dove ricade oltre l'80% dei cambiamenti totali (dei quali 2.996,3 ettari nell'erbaceo periodico e 2.268,3 in quello permanente). Le aree con vegetazione erbacea sono anche quelle con i più alti valori di densità di cambiamenti, con quasi 4 metri quadrati di consumo di suolo per ogni ettaro di territorio nelle aree con vegetazione erbacea permanente e poco meno (3,32 m²/ha) nelle aree coperte da vegetazione erbacea periodica (Tabella 77).

Tabella 77. Indicatori di consumo di suolo nelle classi di copertura per il periodo 2022-2023

Copertura del suolo	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
Superfici consolidate	2,3	0,05
Superfici non consolidate	4,1	0,13
Latifoglie	821,5	0,84
Conifere	71,0	0,37
Arbusteti	227,3	1,13
Erbaceo periodico	2.996,3	3,32
Erbaceo permanente	2.268,3	3,67
Corpi idrici permanenti	31,9	0,71
Ghiacci e nevi perenni	0,0	0,00
Zone umide	16,7	3,02

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

Ambiti di uso del suolo

Dal punto di vista dell'uso del suolo, quasi un terzo dei cambiamenti avvenuti tra il 2022 e il 2023 a livello nazionale hanno interessato le aree agricole, con particolare riferimento ai seminativi, dove si sono concentrano 2.658,2 ettari di nuovo consumo di suolo. Importante anche il nuovo consumo di suolo nelle aree già a uso urbano e aree assimilate, ivi ricade circa il 15%dei cambiamenti e i valori di densità più alti dopo quelli delle aree destinate ad attività estrattive (Tabella 78).

Tabella 78. Indicatori di consumo di suolo nelle classi di uso per il periodo 2022-2023

Uso del suolo	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
Seminativi	2.658,2	3,31
Foraggere	395,9	4,28
Colture permanenti	518,2	2,22
Aree agroforestali	6,6	0,40
Altre aree agricole	497,3	2,35
Forestale	346,4	0,37
Cave e miniere	44,1	17,78
Urbano e aree assimilate	1.544,8	6,59
Usi d'acqua	29,4	0,70
Zone umide	16,7	3,00
Altri usi non economici	381,7	0,87

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA/SNPA

AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA, DA FRANA E SISMICA

Aree a pericolosità idraulica

L'analisi delle superfici artificiali soggette a rischio idrogeologico in Italia è fornita dal confronto tra la cartografia del consumo di suolo e le mosaicature nazionali ISPRA[57] 2021 realizzate sulla base dei Piani di Assetto Idrogeologico – PAI Frane (v. 4.0 – 2020-2021) e delle mappe di pericolosità idraulica redatte dalle Autorità di bacino distrettuali, nell'ambito del II ciclo di gestione, secondo gli scenari previsti dal D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva Alluvioni (2007/60/CE). Nelle aree a pericolosità

[57] Rimangono comunque significative disomogeneità di mappatura e classificazione, dovute principalmente alle differenti metodologie utilizzate per la valutazione della pericolosità (Trigila *et al.*, 2021). Le perimetrazioni delle aree a pericolosità da frana e idraulica potrebbero comunque essere state riviste dalle autorità competenti, successivamente alla mosaicatura ISPRA e prima della data in cui è stato rilevato il consumo di suolo recente rappresentato in questo rapporto e negli esempi che seguono.

idraulica media[58] (MPH – *Medium Probability Hazard*, allagabili in caso di eventi con tempo di ritorno tra 100 e 200 anni) ricade il 13,10% del suolo consumato totale, che va a coprire il 9,30% della superficie della classe (Tabella 79), un valore sensibilmente superiore alla media nazionale. La Liguria è la regione con le percentuali maggiori di suolo consumato in aree a pericolosità idraulica, mentre valori superiori al 9% in aree a pericolosità media si registrano in Trentino-Alto Adige, Veneto, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Lazio, Abruzzo, Campania e Sicilia.
Nelle aree a pericolosità idraulica media, il nuovo consumo di suolo ha interessato 1.107,5 ettari tra il 2022 e il 2023, dei quali quasi due terzi tra Emilia-Romagna (577,4 ettari) e Toscana (148,4 ettari) (Tabella 79), mentre il maggior incremento percentuale si è avuto in Sicilia (+0,67%), Abruzzo (+0,66%) e Sardegna (+0,64%), a fronte di un incremento medio nazionale di poco inferiore allo 0,4%.

Tabella 79. Percentuale di suolo consumato al 2023 e incremento in ettari e in percentuale di consumo di suolo tra 2022 e 2023 nelle aree a pericolosità idraulica[59]

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità idraulica (%)			Consumo di suolo in aree a pericolosità idraulica					
				Incremento (ha)			Incremento (%)		
	Elevata (HPH)	Media (MPH)	Bassa (LPH)	Elevata (HPH)	Media (MPH)	Bassa (LPH)	Elevata (HPH)	Media (MPH)	Bassa (LPH)
Piemonte	3,60	5,90	9,50	32	51	123	0,69	0,41	0,39
Valle d'Aosta	3,10	4,70	9,50	1	2	6	0,16	0,21	0,22
Lombardia	4,50	6,70	11,00	27	40	127	0,32	0,25	0,24
Trentino-Alto Adige	4,20	17,50	17,50	0	17	17	0,00	0,28	0,28
Veneto	9,50	10,00	12,20	41	53	178	0,24	0,22	0,25
Friuli-Venezia Giulia	5,80	7,40	10,00	3	5	17	0,07	0,06	0,10
Liguria	23,40	29,30	33,20	3	4	6	0,10	0,10	0,10
Emilia-Romagna	8,10	11,90	12,30	133	577	589	0,64	0,48	0,45
Toscana	7,20	11,10	14,40	75	148	218	0,74	0,48	0,31
Umbria	6,10	7,40	9,30	4	6	13	0,28	0,22	0,29
Marche	38,90	15,80	17,80	2	12	14	0,41	0,29	0,22
Lazio	8,60	10,20	13,40	13	17	50	0,34	0,27	0,38
Abruzzo	8,90	10,90	15,80	11	17	23	0,89	0,66	0,34
Molise	2,80	4,10	4,30	-4	-4	-4	-1,71	-0,44	-0,32
Campania	8,80	11,20	11,90	10	41	53	0,33	0,47	0,53
Puglia	5,60	5,70	6,40	13	23	28	0,29	0,30	0,28
Basilicata	2,10	2,50	2,60	1	1	1	0,14	0,11	0,14
Calabria	4,40	4,50	4,90	28	31	32	0,25	0,26	0,24
Sicilia	10,60	10,40	10,00	30	35	37	0,71	0,67	0,64
Sardegna	4,20	5,10	6,10	17	31	82	0,50	0,64	0,82
Italia	**6,40**	**9,30**	**11,20**	**439**	**1.108**	**1.613**	**0,43**	**0,39**	**0,34**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

[58] La copertura delle aree allagabili nei vari scenari di pericolosità di alluvione, nelle diverse Unità di Gestione - UoM (gli ambiti territoriali di riferimento ai fini dell'implementazione della Dir. 2007/60/CE) in cui si articolano i Distretti Idrografici in cui è suddiviso il territorio nazionale, non è uniforme (ad es. copertura assente per lo scenario HPH nella UoM Bacini regionali Marche, copertura parziale per lo scenario HPH nella UoM Adige).
[59] Le aree allagabili associate a ciascuno scenario di probabilità sono interamente ricomprese nelle aree associate allo scenario di probabilità inferiore. Per tale motivo, a differenza delle aree a pericolosità da frana o sismica, gli incrementi del consumo di suolo nello scenario LPH comprendono anche gli incrementi negli scenari MPH e HPH e gli incrementi dello scenario MPH comprende anche gli incrementi dello scenario LPH.

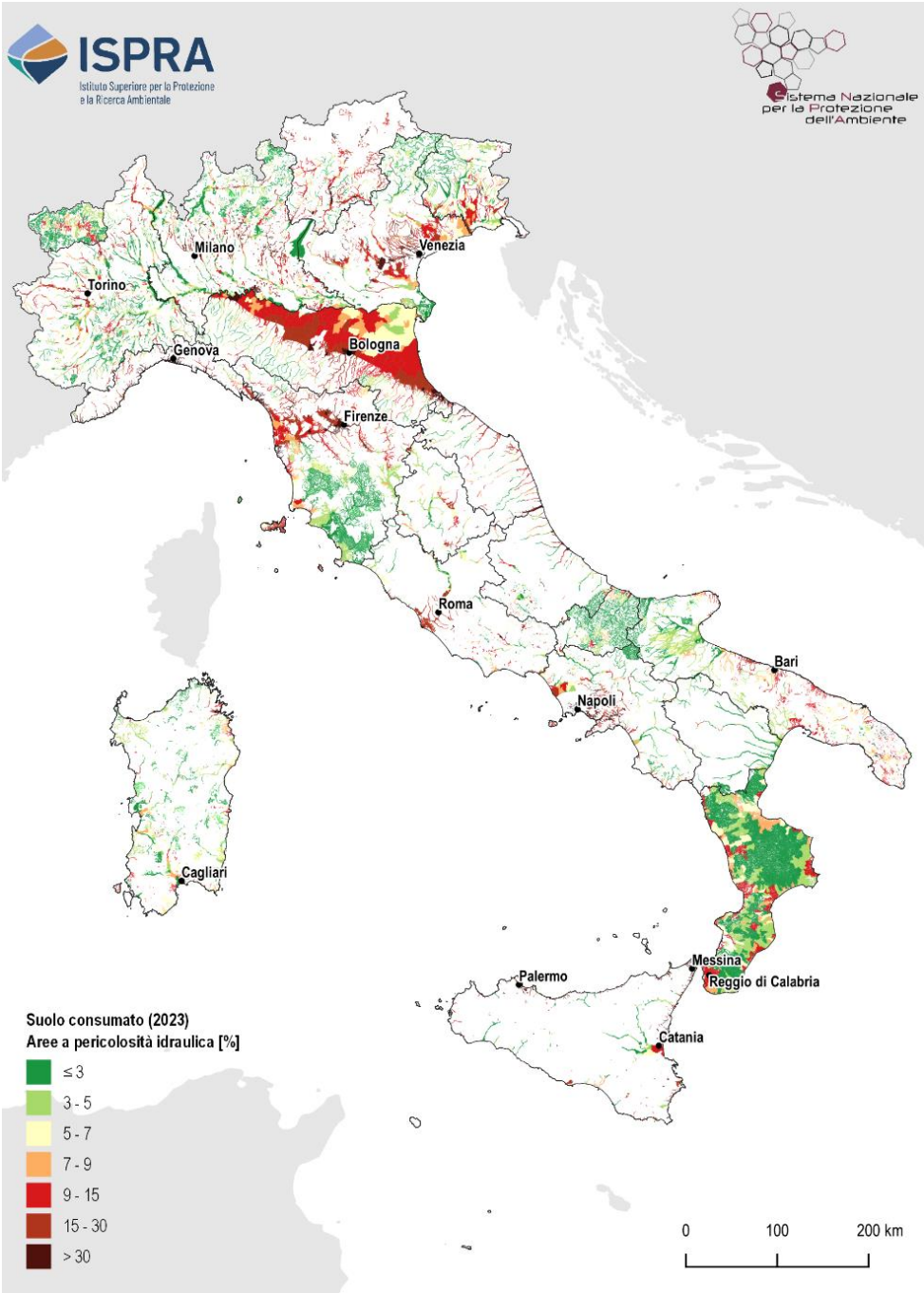


Figura 90. Suolo consumato (2023) in aree a pericolosità idraulica media. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Figura 91. "Gli anni dell'acqua" – Faenza, 18 maggio 2023.Foto di Francesco Donati per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

Aree a pericolosità da frana

Nelle aree a pericolosità da frana ricade circa l'11% del suolo consumato nazionale totale (Tabella 80).

Tabella 80. Percentuale di suolo consumato rispetto alla superficie totale nelle aree a pericolosità da frana

Regione	Aree a pericolosità da frana (%)				Aree di attenzione AA (%)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	2,74	2,70	15,43	1,89	0,00
Valle d'Aosta	0,41	1,03	6,67	0,00	0,00
Lombardia	1,10	2,07	15,53	0,14	0,00
Trentino-Alto Adige	2,00	0,81	1,57	2,41	0,79
Veneto	2,93	3,85	9,19	6,26	2,04
Friuli-Venezia Giulia	2,64	5,60	12,86	8,55	1,33
Liguria	4,55	4,74	6,06	9,42	8,95
Emilia-Romagna	2,49	3,63	4,78	8,35	4,90
Toscana	2,69	2,61	6,58	5,50	4,23
Umbria	7,40	1,86	8,52	9,25	0,00
Marche	2,68	2,03	3,21	2,10	0,00
Lazio	3,51	2,82	3,66	5,65	4,03
Abruzzo	1,92	2,00	4,41	2,28	1,29
Molise	1,72	1,82	2,19	2,10	2,40
Campania	3,66	3,94	7,37	10,47	4,55
Puglia	4,77	3,20	3,30	1,55	7,47
Basilicata	2,56	2,26	1,68	2,89	3,42
Calabria	5,53	4,73	6,80	10,62	5,09
Sicilia	3,50	4,83	1,41	3,34	11,84
Sardegna	1,68	1,38	1,78	5,24	0,00
Italia	**2,37**	**2,53**	**4,74**	**5,77**	**4,24**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Nel complesso risulta consumato quasi il 5% delle aree P1 (a pericolosità moderata) e circa il 2,5% di quelle a pericolosità elevata e molto elevata; a livello regionale, i valori più elevati riguardano la pericolosità media in Lombardia (15,53%), Piemonte (15,43%) e Friuli-Venezia Giulia (12,86%)

All'interno delle aree a pericolosità da frana, il suolo consumato è aumentato di 529,8 ettari tra il 2022 e il 2023, di cui 37,7 in aree a pericolosità molto elevata (dei quali, 7,5 ettari in Emilia-Romagna) e 79,2 in aree a pericolosità elevata (dei quali 28,2 in Campania) (Tabella 81).
L'incremento percentuale a livello nazionale è compreso tra lo 0,17% (pericolosità molto elevata, con un massimo di +0,58% in Lombardia) e lo 0,27% (pericolosità moderata, con un massimo di +1,29% in Lombardia, che è anche il massimo aumento percentuale regionale registrato nelle varie fasce).

Tabella 81. Incremento in ettari e in percentuale di consumo di suolo tra 2022 e 2023 nelle aree a pericolosità da frana

Regione	Aree a pericolosità da frana (ha)				Aree di attenzione AA (ha)	Aree a pericolosità da frana (%)				Aree di attenzione AA (%)
	Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1		Molto elevata P4	Elevata P3	Media P2	Moderata P1	
Piemonte	2,0	2,8	2,5	0,0	0,0	0,10	0,12	0,12	0,00	0,00
Valle d'Aosta	3,3	4,5	2,8	0,0	0,0	0,56	0,36	0,10	0,00	0,00
Lombardia	5,5	1,7	18,7	0,0	0,0	0,58	0,12	0,22	0,00	0,00
Trentino-Alto Adige	0,3	2,2	2,4	5,6	0,0	0,09	0,20	0,09	0,19	0,00
Veneto	0,1	-0,1	-0,1	2,4	3,6	0,05	-0,02	-0,03	1,29	0,68
Friuli-Venezia Giulia	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,00	0,14	0,06	0,00	0,00
Liguria	0,0	0,3	3,8	5,8	0,0	0,00	0,01	0,04	0,06	0,00
Emilia-Romagna	7,5	6,6	0,2	0,2	1,8	0,27	0,08	0,01	0,02	0,06
Toscana	3,8	13,9	33,6	57,5	0,1	0,19	0,18	0,22	0,22	0,02
Umbria	0,0	0,8	12,4	8,1	0,0	0,00	0,09	0,36	0,30	0,00
Marche	0,2	4,1	4,6	4,9	0,0	0,13	0,32	0,25	0,73	0,00
Lazio	1,5	1,0	0,3	0,4	11,1	0,06	0,16	0,07	0,12	0,20
Abruzzo	3,0	2,2	0,3	1,5	1,3	0,25	0,11	0,56	0,14	0,30
Molise	1,8	3,2	0,0	0,9	2,3	0,46	0,36	0,00	0,19	0,30
Campania	4,6	28,2	21,5	52,4	45,3	0,10	0,53	0,25	0,36	0,34
Puglia	1,7	3,9	26,0	0,0	0,0	0,30	0,26	0,71	0,15	0,00
Basilicata	1,0	0,8	3,0	1,3	5,4	0,15	0,11	0,33	0,22	0,27
Calabria	0,3	0,8	1,7	0,4	0,6	0,04	0,08	0,09	0,28	0,26
Sicilia	0,4	0,9	5,3	1,3	2,9	0,03	0,10	0,47	0,18	0,12
Sardegna	0,6	1,1	7,2	49,4	0,0	0,11	0,06	0,15	0,43	0,00
Italia	**37,7**	**79,2**	**146,3**	**192,1**	**74,5**	**0,17**	**0,19**	**0,21**	**0,27**	**0,25**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Aree a pericolosità sismica

Per le aree a pericolosità sismica[60] i dati SNPA sono confrontati con quelli di riferimento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. Al 2023 risulta consumato il 7,04 delle aree a pericolosità sismica alta e il 4,63% di quelle a pericolosità molto alta (Tabella 82), con una crescita, tra il 2022 e il 2023 di ulteriori 2.289,8 ettari (216,5 dei quali in aree a pericolosità molto alta). Poco meno della metà dei cambiamenti in aree a pericolosità alta si concentra in Emilia-Romagna, Campania e Sicilia (rispettivamente, 466,4, 268,8 e 273,3 ettari) e quasi tre quarti di quelli in area a pericolosità molto alta in Abruzzo, Campania e Sicilia (rispettivamente, 68,0, 63,4 e 26,6 ettari). In termini di incremento percentuale rispetto al suolo consumato al 2022, i valori più alti si hanno in Lombardia e Campania (entrambi +0,4%) per le aree a pericolosità alta e in Abruzzo (+0,6%) nelle aree a pericolosità molto alta.

[60] La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

Tabella 82. Percentuale di suolo consumato al 2023 e incremento in ettari e in percentuale di consumo di suolo tra 2022 e 2023 nelle aree a pericolosità sismica

Regione	Suolo consumato in aree a pericolosità sismica (%)		Consumo di suolo in aree a pericolosità sismica			
			Incremento (ha)		Incremento (%)	
	alta	molto alta	alta	molto alta	alta	molto alta
Piemonte	0,11	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00
Valle d'Aosta	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00
Lombardia	13,60	0,00	51,2	0,0	0,36	0,00
Trentino-Alto Adige	2,42	0,00	1,0	0,0	0,16	0,00
Veneto	12,24	2,87	165,8	0,9	0,21	0,17
Friuli-Venezia Giulia	7,95	4,02	125,3	2,8	0,31	0,06
Liguria	3,54	0,00	0,1	0,0	0,00	0,00
Emilia-Romagna	8,84	0,00	466,4	0,0	0,34	0,00
Toscana	4,65	0,00	48,4	0,0	0,15	0,00
Umbria	5,74	2,11	87,0	4,7	0,22	0,38
Marche	7,01	1,93	216,1	0,3	0,33	0,33
Lazio	7,73	2,24	117,5	3,9	0,25	0,17
Abruzzo	5,36	3,00	77,8	68,0	0,27	0,60
Molise	3,61	3,87	-0,8	11,0	-0,01	0,24
Campania	10,73	7,01	268,8	63,4	0,40	0,47
Puglia	4,20	0,00	69,3	0,0	0,23	0,00
Basilicata	3,40	3,55	36,7	9,7	0,21	0,23
Calabria	4,49	5,86	69,0	25,3	0,19	0,07
Sicilia	7,89	5,77	273,7	26,6	0,31	0,34
Sardegna	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00
Italia	**7,04**	**4,63**	**2.073,3**	**216,5**	**0,28**	**0,25**

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Figura 92. "Gli anni dell'acqua" - Provincia di Ravenna, 25 maggio 2023. Foto di Francesco Donati per il concorso fotografico "uno scatto per raccontare il cambiamento"

AREE PROTETTE E AREE VINCOLATE PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

Aree protette

Il suolo consumato relativo alla porzione a terra delle aree protette italiane che rientrano nell'Elenco Ufficiale Aree Protette (EUAP) è valutato con riferimento ai Parchi nazionali, alle Riserve naturali (statali e regionali), ai Parchi naturali regionali e alle altre tipologie di aree naturali protette nazionali e regionali. Al 2023 risulta consumato l'1,87% degli oltre tre milioni di ettari di aree EUAP terrestri italiane (58.601 ettari) con un massimo in Campania (3,82%) e un minimo nelle regioni alpine (Valle d'Aosta, Trentino-Alto Adige, Friuli-Venezia Giulia; Tabella 83).
Tra il 2022 e il 2023, le aree protette italiane hanno registrato un incremento del consumo di suolo inferiore alla media nazionale (0,2 m^2 di cambiamenti per ettaro di estensione, contro un valore nazionale di 2,14 m^2/ha), con complessivi 69,7 ettari di nuovo suolo consumato, concentrati per quasi il 40% in Campania e Marche.

Tabella 83. Distribuzione del suolo consumato (2023) e del consumo di suolo annuale netto (2022-2023) nelle aree protette, per regione

Regione	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m^2/ha)
Piemonte	2.031	1,16	0,83	0,05
Valle d'Aosta	83	0,19	0	0
Lombardia	1.873	1,39	1,45	0,11
Trentino-Alto Adige	753	0,28	0	0
Veneto	2.732	3,16	0,74	0,09
Friuli-Venezia Giulia	164	0,31	0	0
Liguria	646	2,28	0,09	0,03
Emilia-Romagna	1.836	2,02	4,35	0,48
Toscana	2.333	1,64	2,23	0,16
Umbria	1.675	2,66	1,59	0,25
Marche	2.304	2,66	9,61	1,11
Lazio	6.185	2,87	4,41	0,20
Abruzzo	3.536	1,16	5,22	0,17
Molise	22	0,33	0	0
Campania	13.407	3,82	19,00	0,54
Puglia	6.695	2,49	7,49	0,28
Basilicata	3.677	1,87	6,43	0,33
Calabria	3.326	1,30	0,40	0,02
Sicilia	4.214	1,55	5,67	0,21
Sardegna	1.110	1,18	0,16	0,02
Italia	**58.601**	**1,87**	**69,67**	**0,22**

Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Oltre il 90% del nuovo consumo di suolo delle aree protette si concentra nei Parchi naturali nazionali (29,63 ettari) e regionali (34,11 ettari); questi ultimi sono anche quelli a più densità di consumo di suolo, pari a 0,27 metri quadri di nuovo consumo per ettaro di estensione. Le altre aree naturali protette regionali, pur avendo la percentuale più alta di suolo consumato rispetto all'estensione totale, fanno registrare un lieve decremento di consumo tra 2022 e 2023, dovuti alla rinaturalizzazione di circa 300 m^2 nell'area circostante il cantiere per la realizzazione di un nuovo edificio nel Parco metropolitano delle colline di Napoli.
Tra i Parchi naturali nazionali (Tabella 84), il parco del Vesuvio rimane quello con la maggiore percentuale di suolo consumato (8,7%) e mostra anche la più alta densità di nuovi cambiamenti rispetto alla superficie, con 2,2 m^2/ha, mentre oltre il 50% del nuovo consumo di suolo si concentra nel Parco del Cilento e Vallo di Diano (10,5 ettari nell'ultimo anno) e dei Monti Sibillini (5,6 ha).

Tabella 84. Distribuzione del suolo consumato (2023) e del consumo di suolo annuale netto (2022-2023) nelle aree protette, per tipologia di aree EUAP

Regione	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
Altre Aree Naturali Protette Regionali	1.331	3,1	-0,03	-0,01
Parchi Naturali Regionali	25.662	2,03	34,11	0,27
Parchi Naturali Nazionali	24.921	1,62	29,63	0,19
Riserve Naturali Regionali	4.955	2,11	3,29	0,14
Riserve Naturali Nazionali	2.085	1,62	2,71	0,21

Fonte: elaborazione ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

Riguardo le aree protette Natura 2000[61],Tabella 85) oltre il l'81% dei 102.900 ettari di suolo consumato al 2023 si concentra nelle aree ZSC (Zone Speciali di Conservazione, 41%) e ZPS (Zone di Protezione Speciale, 40%); queste ultime sono anche quelle in cui ricade quasi il 40% del nuovo consumo in aree Natura 2000, con 66,5 ettari.

Tabella 85. Distribuzione del suolo consumato (2023) e del consumo di suolo annuale netto (2022-2023) nelle aree Natura 2000

Regione	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
SIC	483	0,94	3,0	0,58
ZPS	41.391	1,47	66,5	0,24
ZSC	42.314	1,39	57,5	0,19
ZSC+ZPS	18.657	1,44	41,5	0,32
SIC+ZPS	30	0,79	0	0,03

Fonte: elaborazione ISPRA su dati NATURA 2000 e cartografia SNPA

Aree vincolate per la tutela paesaggistica

Il D.lgs. 42/2004 (codice Urbani) è il principale riferimento normativo per la tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale (beni culturali e paesaggio). Esso, sulla scorta del precedente ordinamento (Legge 1497/39 e Legge 431/85), definisce un rinnovato quadro di vincoli cui sono assoggettati una serie di contesti territoriali. L'art. 142 individua beni paesaggistici per i quali non è più necessario uno specifico provvedimento poiché la loro natura di beni paesaggistici è stabilita dalla legge. L'uso dei beni vincolati è dettato da precise prescrizioni individuate nella "specifica normativa d'uso e di valorizzazione ambientale" (piani paesistici). È stato, pertanto, analizzato il suolo consumato e i suoi cambiamenti nell'ambito dei seguenti beni vincolati limitatamente a quelli areali (fonte SITAP[62]): coste, laghi, fiumi, montagne, vulcani e immobili e aree di notevole interesse pubblico.
Le aree vincolate (Tabella 86) presentano una percentuale di superficie consumata al 2023 inferiore alla media nazionale (5,43%), con un aumento nell'ultimo anno di poco inferiore a 1.400 ettari. La Campania è la regione con la più alta percentuale di suolo consumato in aree vincolate (11,04%) e con il maggiore aumento, sia in termini assoluti (+135,3 ettari), che di densità di cambiamenti (3,53 m²/ha).

[61] Natura 2000 è costituita dai Siti di Interesse Comunitario (SIC) istituiti ai sensi della Direttiva "Habitat" (92/43/CEE) che vengono successivamente designati quali Zone Speciali di Conservazione (ZSC), e dalle Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva "Uccelli" (2009/147/CEE).
[62] Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico della Direzione generale per il paesaggio, le belle arti, l'architettura e l'arte contemporanee del MiBACT. I dati relativi alle zone montuose per Lazio, Molise, Campania non sono disponibili.

Tabella 86. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale netto (2022-2023) nelle aree vincolate

Regione	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Consumo di suolo (%)	Densità di consumo di suolo (m^2/ha)
Piemonte	3,70	80	0,21	0,79
Valle d'Aosta	1,03	6	0,20	0,21
Lombardia	7,21	122	0,23	1,62
Trentino-Alto Adige	2,50	94	0,33	0,82
Veneto	8,23	114	0,20	1,66
Friuli-Venezia Giulia	5,82	16	0,13	0,76
Liguria	6,03	11	0,07	0,40
Emilia-Romagna	7,33	122	0,31	2,25
Toscana	6,67	112	0,28	1,87
Umbria	6,63	21	0,16	1,08
Marche	5,87	103	0,49	2,87
Lazio	6,56	66	0,17	1,14
Abruzzo	2,88	55	0,32	0,93
Molise	3,82	6	0,06	0,24
Campania	11,04	135	0,32	3,53
Puglia	8,74	59	0,23	1,98
Basilicata	2,84	35	0,35	1,00
Calabria	5,53	59	0,25	1,39
Sicilia	6,49	90	0,18	1,14
Sardegna	3,58	93	0,40	1,43
Italia	**5,43**	**1.399**	**0,25**	**1,35**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

Con riferimento alle singole tipologie di aree vincolate, la percentuale di suolo consumato è superiore alla media nazionale nelle aree di cui all'art. 142 comma 1 lett. a, b, c (coste, laghi, fiumi, con 7,36% e un massimo del 12,35% in Veneto) e nei pressi dei vulcani (13,78%, con un massimo del 27,55% in Campania); tali ambiti sono anche quelli che hanno subito più cambiamenti nell'ultimo anno, sia in termini assoluti (+766,4 ettari e +753,7 ettari rispettivamente) che di densità di cambiamenti (1,72 e 1,34 metri quadrati di nuovo suolo consumato per ettaro di estensione dell'area vincolata). Quasi un terzo dei nuovi cambiamenti nei pressi di coste, laghi e fiumi si concentrano in Emilia-Romagna (+95,4 ettari), Veneto (+86,3 ettari) e Lombardia (+82,7 ettari), mentre il Molise è stata l'unica regione in cui il ripristino di un metanodotto e la dismissione di diversi cantieri hanno portato un incremento negativo (-9,4 ettari). Il suolo consumato e la sua variazione in aree di montagna risultano marginali (0,37% di suolo consumato con un aumento di 0,09 m^2/ha ettari nell'ultimo anno).

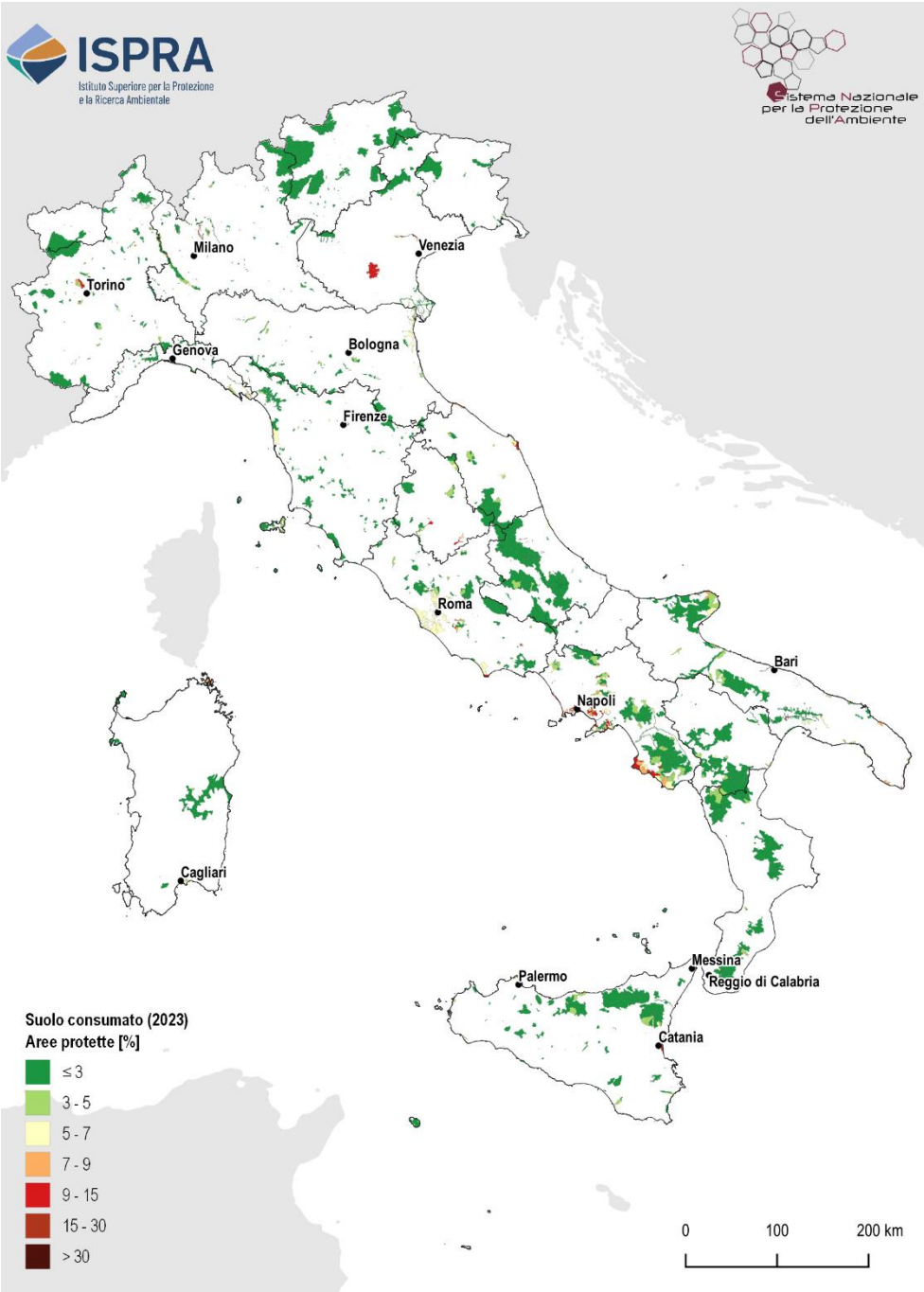


Figura 93. Suolo consumato in percentuale nelle aree protette. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati EUAP e cartografia SNPA

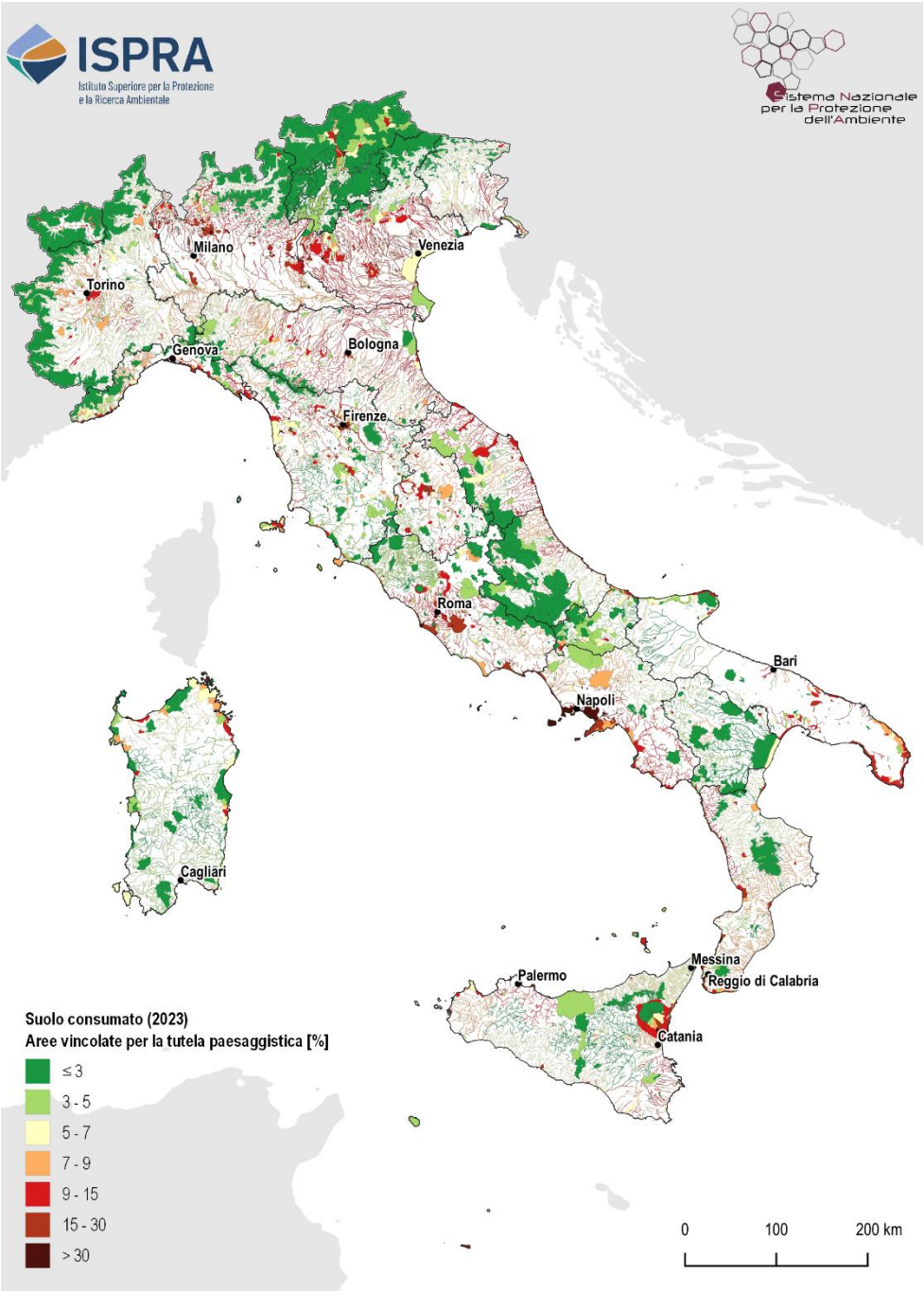


Figura 94. Suolo consumato in percentuale nelle aree vincolate per la tutela paesaggistica. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SITAP e SNPA

SITI CONTAMINATI DI INTERESSE NAZIONALE

I siti di interesse nazionale (SIN), ai fini della bonifica, sono individuabili in relazione alle caratteristiche del sito, alle quantità e pericolosità degli inquinanti presenti, al rilievo dell'impatto sull'ambiente circostante in termini di rischio sanitario ed ecologico, nonché di pregiudizio per i beni culturali ed ambientali[63] (Tabella 87).

Tabella 87. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale (2022-2023) nei SIN

Siti di interesse nazionale (SIN)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Consumo di suolo (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
Aree industriali della Val Basento	220	6,61	0,1	0,36
Aree industriali di Porto Torres	776	41,55	27,6	147,69
Bacino del fiume Sacco	1.658	22,91	5,9	8,1
Balangero	157	49,9	0	0
Bari - Fibronit	4	26,16	0	0
Biancavilla	224	67,76	0,2	5,15
Brescia - Caffaro	150	57,46	0	0
Brindisi	1.236	21,67	0,9	1,63
Broni	12	83,02	0	0
Bussi sul Tirino	63	26,49	0	0
Caffaro di Torviscosa	56	27,86	0,1	5,47
Casale Monferrato	5.220	7,07	6,9	0,94
Cengio e Saliceto	1.141	5,13	1,2	0,54
Cogoleto - Stoppani	14	32,26	0	0
Crotone - Cassano - Cerchiara	241	27,33	1,8	19,99
Emarese	5	23,39	1,1	483,38
Falconara Marittima	87	80,58	0	0
Fidenza	10	37,81	0	0
Gela	355	44,8	0,6	8,07
Laghi di Mantova e Polo chimico	244	23,71	0	0
Livorno	189	91,71	0	0
Manfredonia	124	40,77	1,3	43,18
Massa e Carrara	88	76,07	0,1	6,04
Milazzo	383	69,76	0,1	1,09
Napoli Bagnoli - Coroglio	156	62,89	0	0
Napoli Orientale	746	89,14	0	0,36
Officina Grande Riparazione ETR Bologna	13	96,85	0	0
Orbetello Area ex-Sitoco	18	8,67	0	0
Pieve Vergonte	244	1,55	0,1	0,07
Pioltello - Rodano	57	67,08	0	0
Piombino	581	62,7	13,8	149,27
Priolo	1.896	32,68	15,9	27,42
Serravalle Scrivia	28	37,94	0	0
Sesto San Giovanni	173	67,74	1,4	53,76
Sulcis - Iglesiente - Guspinese	2.688	13,69	151,7	77,26
Taranto	1.979	45,64	1	2,33
Terni Papigno	259	39,5	0	0
Tito	25	44,03	0	0
Trento nord	10	41,74	0	0
Trieste	136	68,22	0	0
Venezia (Porto Marghera)	1.378	85,18	2,9	17,8
Totale SIN	**23.043**	**13,52**	**234,8**	**13,78**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e SITAP

[63] Art. 252, comma 1 del D.lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

A livello nazionale sono individuati 42 SIN[64], al cui interno risultano artificializzati oltre 23.043 ettari di territorio, con percentuali che superano il 90% della superficie nei SIN di Officina Grande Riparazione ETR di Bologna (96,9%) e Livorno (91,7).

La percentuale di suolo consumato all'interno di questa tipologia di area (13,5%) è decisamente più alta rispetto alla media nazionale (7,16%) così come la densità di consumo di suolo che risulta di 13,8 metri quadrati per ogni ettaro di territorio, rispetto ad una media nazionale di 2,14 m^2/ha.

Tra il 2022 e il 2023 sono stati individuati 234,8 ettari di nuove coperture artificiali distribuiti su 22 SIN, quasi due terzi dei quali concentrati nel Sulcis-Iglesiente-Guspinese (152,72 ettari) e associati alla realizzazione di un grande impianto fotovoltaico a terra.

AREE PERCORSE DAL FUOCO

Il confronto tra i dati SNPA e i censimenti del Comando Carabinieri Tutela Forestale ha permesso di valutare la comparsa di nuovo consumo di suolo nelle aree percorse dal fuoco[65] negli ultimi dieci anni[66](2012-2021). 15,7 dei 16,34 ettari di cambiamento rilevati tra il 2022 e il 2023 in aree percorse dal fuoco è classificato come suolo consumato reversibile e, in particolare, alla classe di "cantieri e altre aree in terra battuta" (9,18 ettari).
Analizzando, tramite il dato *CORINE Land Cover* al secondo livello di classificazione, la tipologia di uso del suolo presente nelle aree percorse dal fuoco e interessate da consumo di suolo nell'ultimo anno, 4,17 ettari di superficie consumata ricadono nella classe CLC "1.3 - Zone estrattive, discariche", seguito da "3.2 - Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea" (3,55 ettari) e "2.4 - Zone agricole eterogenee" (3,52 ettari). Alcuni dei principali cambiamenti 2022-2023 localizzati all'interno delle aree incendiate sono riportate in Figura 95 e in Figura 96.

Tabella 88. Consumo di suolo annuale (2022-2023) in aree percorse dal fuoco per il periodo 2012-2021, espresso in ettari rispetto alle classi CORINE Land Cover (al secondo livello di classificazione) e rispetto al terzo livello di classificazione della carta nazionale del consumo di suolo

Consumo di suolo annuale (2022-2023)	Corine Land Cover 2018 (II livello)										
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	Tot.
Edifici, fabbricati	0,18	-	-	-	-	0,01	-	-	0,08	0,07	0,34
Strade pavimentate	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-	-	0,18
Altre aree impermeabili/pavimentate non edificate	-	-	-	0,04	-	-	-	0,08	-	-	0,12
Strade non pavimentate	-	-	-	0,23	0,05	-	0,94	0,05	1,27	0,02	2,56
Cantieri	0,37	0,3	0,38	1,34	0,62	0,37	2,39	0,59	2,11	0,71	9,18
Aree estrattive	-	-	3,79	-	-	-	-	0,07	0,09	-	3,95
Altro reversibile	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-	0,01
Totale (ha)	**0,55**	**0,30**	**4,17**	**1,61**	**0,67**	**0,38**	**3,52**	**0,79**	**3,55**	**0,80**	**16,34**

Classi Corine Land Cover: 1.1 Zone urbanizzate di tipo residenziale; 1.2 Zone industriali, commerciali ed infrastrutturali; 1.3 Zone estrattive, discariche; 2.1 Seminativi; 2.2 Colture permanenti; 2.3 Prati stabili; 2.4 Zone agricole eterogenee; 3.1 Zone boscate; 3.2 Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea; 3.3 Zone aperte con vegetazione rada o assente.

Fonte: elaborazioni ISPRA su dati CUTFFA e cartografia SNPA

[64] Non è stato considerato per questa analisi il SIN Area vasta di Giugliano a causa della non disponibilità dei dati cartografici.
[65] La legge quadro in materia di incendi boschivi n. 353/2000 definisce un incendio boschivo "un fuoco con suscettività ad espandersi su aree boscate, cespugliate o arborate, comprese eventuali strutture ed infrastrutture antropizzate poste all'interno delle predette aree, oppure su terreni coltivati o incolti e pascoli limitrofi a dette aree". La stessa normativa riporta i divieti, le prescrizioni e le sanzioni che insistono sulle aree percorse dal fuoco. La legge determina che siano gli stessi Comuni a occuparsi del censimento di queste aree, avvalendosi dei rilievi effettuati dall'Arma dei Carabinieri - Comando Unità per la Tutela Forestale, Ambientale e Agroalimentare, la quale gestisce la banca dati riferita alle aree percorse dal fuoco.
[66] La banca dati copre il territorio nazionale, ad esclusione delle regioni a statuto speciale.

Figura 95. In alto l'area incendiata (2015), in basso il consumo di suolo (2022-2023) nel comune di Villapiana in provincia di Cosenza (Calabria)

Figura 96. In alto l'area incendiata (2017), in basso il consumo di suolo (2022-2023) nel comune di Navacchio in provincia di Pisa (Toscana)

TIPOLOGIE DI SUOLO

I suoli sono corpi naturali che, essendo il risultato dell'interazione nel tempo di diversi fattori ambientali (morfologia, substrato, copertura del suolo, organismi, clima, vegetazione), risultano estremamente variabili nello spazio (e nel tempo). Il primo elaborato pubblicato a scala nazionale è stata la carta Ecopedologica d'Italia, realizzata con un progetto del Ministero dell'Ambiente (MATTM) con la collaborazione del *Joint Research Centre* e di alcune regioni (Rusco *et al.*, 2003). Successivamente è stata

elaborata dal CREA la Carta dei Suoli d'Italia[67] (Costantini *et al.*, 2012), nella quale vengono rappresentati i principali paesaggi pedologici italiani. Nella Carta dei Suoli d'Italia le 10 regioni pedologiche[68] (**RP**) rappresentano il primo livello della gerarchia dei pedopaesaggi nazionali.
Come mostrato in Tabella 89, nelle regioni pedologiche **D** ("Suoli della pianura padana e colline associate") ed **L** ("Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia") ricade poco meno della metà del suolo consumato presente all'interno delle 10 regioni (in particolare, nella pianura lombarda vicino a Milano e nelle zone di alta pianura piemontese, veneta e friulana); le due regioni presentano anche i valori massimi per gli altri indicatori considerati (percentuale di superficie consumata, ettari di consumo di suolo e di densità di cambiamenti rispetto alla superficie della classe). In queste regioni ricadono la quasi totalità delle aree pianeggianti e alcuni tra i terreni più fertili d'Italia; in questo senso, il consumo si concentra sui suoli migliori per l'agricoltura: il Campidano in Sardegna, la pianura di Metaponto in Basilicata, la piana di Catania, la zona del Tavoliere della Puglia.

Tabella 89. Consumo di suolo (2022-2023) e suolo consumato rispetto alle 10 regioni pedologiche

Regioni pedologiche		Suoli: gruppi principali	Suolo consumato (2023)		Consumo di suolo (2022-2023)	
			(ha)	(%)	(ha)	(m²/ha)
A	Suoli delle Alpi e Prealpi	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Podzol	154.491	3,09	346	0,69
B	Suoli degli Appennini a clima temperato	Cambisol, Leptosol, Phaeozem, Luvisol, Calcisol	126.427	3,60	269	0,76
C	Suoli delle colline del nord Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Luvisol, Calcisol	63.009	5,86	74	0,68
D	Suoli della pianura padana e colline associate	Cambisol, Calcisol, Luvisol, Vertisol, Fluvisol	692.318	14,51	2.345	4,92
E	Suoli degli Appennini centrali e meridionali	Cambisol, Regosol, Calcisol, Luvisol, Umbrisol	109.020	3,65	194	0,65
F	Suoli delle montagne della Sardegna e Sicilia su rocce ignee e metamorfiche	Leptosol, Cambisol, Umbrisol, Andosols, Luvisol	34.932	2,67	95	0,73
G	Suoli delle colline del centro e sud Italia su sedimenti marini neogenici e su calcari	Cambisol, Regosol, Calcisol, Phaeozem, Luvisol	237.032	4,99	635	1,34
H	Suoli delle colline del centro e sud Italia su depositi vulcanici e su calcari	Cambisol, Regosol, Andosol, Leptosol, Luvisol	108.797	6,86	535	3,37
I	Suoli delle colline e dei terrazzi marini del sud Italia su sedimenti calcarei	Luvisol, Cambisol, Regosol, Phaeozem, Vertisol	117.791	6,76	373	2,14
L	Suoli delle pianure e basse colline del centro e sud Italia	Cambisol, Luvisol, Calcisol, Vertisol, Regosol	250.376	9,31	1.052	3,91

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia MIPAAFT e SNPA

UNITÀ FISIOGRAFICHE DEL PAESAGGIO

I dati del Progetto della Carta della Natura[69] possono essere utilizzati come riferimento per analizzare la distribuzione del consumo di suolo avvenuto tra il 2022 e il 2023 all'interno delle diverse tipologie di paesaggio presenti in Italia.

[67] La carta deriva dal progetto "Carta dei Suoli d'Italia a scala 1:250.000" (finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole negli anni 1999-2006), che ha definito degli standard di riferimento dal punto di vista delle scale e dei relativi contenuti informativi, supportando la produzione delle carte dei suoli in scala 1: 250.000 di diverse regioni italiane.
[68] I fattori per la determinazione delle regioni sono le condizioni climatiche e quelle geologiche; all'interno delle regioni pedologiche sono state individuate 47 province pedologiche che si differenziano per fisiografia e caratteristiche geomorfologiche.
[69] Il Progetto Carta Natura, coordinato dall'ISPRA e realizzato con la partecipazione di altri soggetti (Regioni, ARPA/APPA, Enti Parco, Università) ha l'obiettivo di "individuare lo stato dell'ambiente naturale in Italia, evidenziando i valori naturali ed i profili di

Come mostrato in Tabella 90, le unità fisiografiche descrittive di paesaggi di pianura e collina, tipicamente interessate da attività agricola e presenza di zone urbanizzate, sono gli ambiti paesaggistici con maggiore percentuale di suolo consumato e la maggiore presenza di nuovi cambiamenti. Un terzo dei nuovi cambiamenti interessa l'unità fisiografica della Pianura aperta (+ 2.165 ettari), mentre alla pianura costiera corrispondono i massimi valori di suolo consumato (18,9%) e di densità di cambiamenti (7,94 metri quadri di nuovo suolo consumato per ettaro di superficie).

Tabella 90. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale (2022-2023) per unità fisiografica del paesaggio

Unità fisiografiche del paesaggio	Suolo consumato 2023 (%)	Consumo di suolo 2022-2023 (ha)	Consumo di suolo 2022 – 2023 (%)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
Paesaggio glaciale di alta quota	0,26	6	0,20	0,05
Valle montana	2,24	46	0,22	0,49
Pianura di fondovalle	14,15	705	0,36	5,04
Montagne metamorfiche e cristalline	3,17	56	0,11	0,36
Montagne carbonatiche	2,58	130	0,20	0,52
Conca intermontana	9,90	95	0,51	4,98
Montagne terrigene	3,60	121	0,12	0,43
Paesaggio dolomitico rupestre	0,05	1	1,80	0,09
Montagne porfiriche	4,18	10	0,18	0,74
Montagne dolomitiche	2,71	25	0,13	0,36
Altopiano intramontano	3,01	11	0,40	1,19
Lago	0,76	1	0,05	0,04
Colline carbonatiche	6,39	108	0,26	1,69
Pianura aperta	14,73	2.166	0,34	5,03
Colline terrigene	6,04	337	0,20	1,21
Colline moreniche	18,21	102	0,22	4,06
Pianura golenale	7,51	49	0,26	1,94
Tavolato carbonatico	11,81	363	0,33	3,93
Lagune	2,94	22	0,61	1,79
Paesaggio collinare vulcanico con tavolati	8,78	265	0,28	2,48
Paesaggio collinare terrigeno con tavolati	7,16	236	0,24	1,73
Pianura costiera	18,96	904	0,42	7,94
Piccole isole	9,61	3	0,07	0,66
Rilievo roccioso isolato	3,18	5	0,29	0,93
Colline argillose	5,43	338	0,35	1,88
Piccole Isole	5,17	0	0,00	0,00
Paesaggio collinare eterogeneo	3,33	51	0,17	0,56
Rilievo costiero isolato	10,24	5	0,14	1,39
Montagne vulcaniche	2,49	0	0,04	0,09
Edificio montuoso vulcanico	6,15	6	0,10	0,63
Rilievi terrigeni con penne e spine rocciose	4,66	193	0,30	1,41
Paesaggio a colli isolati	6,65	11	0,22	1,49
Colline granitiche	2,61	38	0,34	0,89
Colline metamorfiche e cristalline	2,14	12	0,17	0,36
Montagne granitiche	1,34	1	0,08	0,11
Tavolato lavico	3,08	6	0,15	0,46
Paesaggio collinare eterogeneo con tavolati	7,80	10	0,16	1,23

Fonte: elaborazioni ISPRA su Carta della Natura e cartografia SNPA

vulnerabilità", come disciplinato dalla Legge quadro sulle aree protette (L. 394/91). L'esito del progetto è uno strumento cartografico realizzato con un approccio multiscalare dal quale vengono derivate anche alcune valutazioni sintetiche sullo stato dell'ambiente naturale. Allo stato attuale, i lavori di restituzione cartografica e valutazione sono stati conclusi per quasi tutto il territorio nazionale ad eccezione delle regioni Calabria, Lombardia, Piemonte e Trentino-Alto Adige.

DENSITÀ E CARATTERI DEMOGRAFICI

Per analizzare la distribuzione del consumo di suolo rispetto alla densità di popolazione, i dati ISPRA sul consumo di suolo sono stati messi in relazione con i dati sulla popolazione del censimento Istat spazializzati da ISPRA (cfr.§ Le aree urbane). I risultati (Tabella 91) evidenziano come all'aumentare della densità di popolazione aumenti il suolo consumato percentuale e diminuisca il suolo consumato pro capite. In dettaglio, la densità di consumo di suolo (Tabella 91) aumenta con la densità di popolazione fino alla Classe 8 (numero di abitanti compreso tra 1.000 e 5.000) dove si raggiunge il massimo di 8,18 m²/ha, mentre il valore nelle aree associate alle classi 9 e 10 risente della minore presenza di suolo utile residuo. Analizzando la tipologia di cambiamento, si conferma la tendenza nazionale, con una prevalenza in tutte le classi dei nuovi cantieri e aree in terra battuta, seguiti dai nuovi edifici.
L'analisi dell'indice di dipendenza[70] mostra, inoltre, una concentrazione dei cambiamenti in aree dove è maggiore la presenza di popolazione in età attiva (tra 15 e 64 anni), con un massimo di nuovo consumo (sia assoluto che in termini di densità di cambiamenti) in corrispondenza di valori dell'indice compresi tra 25 e 75 (Tabella 92).

Tabella 91. Suolo consumato (2023) e consumo di suolo annuale (2022-2023) per classe di densità di popolazione

Classi di densità di popolazione	Densità demografica (abitanti/km²)	Suolo consumato (ha)	Suolo consumato (%)	Suolo consumato (m²/abitante)	Densità consumo di suolo (m²/ha)	Consumo di suolo (ha)
Classe 0	0	38.077	0,58	-	0,16	105,1
Classe 1	0 - 1	71.639	1,63	16.311	0,77	336,3
Classe 2	1 - 20	272.242	3,47	3.850	1,76	1.381,0
Classe 3	20 - 100	363.638	6,88	1.147	2,79	1.473,4
Classe 4	100 - 150	106.340	9,94	795	3,38	361,8
Classe 5	150 - 200	79.739	11,51	658	3,82	264,4
Classe 6	200 - 500	274.435	14,98	428	4,23	775,7
Classe 7	500 - 1000	233.077	22,85	305	5,69	580,2
Classe 8	1.000 - 5.000	538.445	43,37	145	8,18	1.015,7
Classe 9	5.000 - 10.000	128.204	73,06	97	7,27	127,7
Classe 10	> 10.000	51.928	84,9	28	2,78	17,0

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 92. Consumo di suolo annuale netto (2022-2023) per classe di indice di dipendenza (elaborato sulle sezioni di censimento, escluse quelle prive di abitanti)

Indice di dipendenza	Consumo di suolo (ha)	Consumo di suolo - edifici (ha)	Densità di consumo di suolo (m²/ha)
0-25	309	43	2,64
25-50	2.585	485	3,44
50-75	1.792	360	2,48
75-100	338	57	2,39
100-125	209	30	1,73
125-150	15	4	0,68
>150	44	8	1,49

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

[70] L'indice di dipendenza rappresenta il rapporto tra la popolazione in età non attiva (0-14 anni e 65 anni e più) e popolazione in età attiva (15-64 anni), moltiplicato per 100.

IMPATTO DEL CONSUMO DI SUOLO

L'AREA DI IMPATTO POTENZIALE

La valutazione dell'area di impatto potenziale del consumo di suolo ha lo scopo di fornire una stima degli effetti indiretti sui servizi ecosistemici e la biodiversità anche in aree limitrofe a quelle costruite, cui si associano fenomeni di degrado collegati all'urbanizzazione e all'espansione delle aree artificiali, tra cui ad esempio: il disturbo acustico, la contaminazione locale, la diffusione di specie alloctone, con i relativi rischi della loro diffusione spontanea.
La stima è condotta tramite un criterio di influenza basato sulla distanza, considerando dei buffer di 60, 100 e 200 metri dal suolo consumato. I valori massimi in tutte e tre le fasce si osservano in Puglia (nel buffer di 60 metri l'impatto potenziale è del 45%, e sale all'82,9% per il buffer a 200 metri), e valori molti elevati in Campania (nel buffer di 60 metri l'impatto potenziale è del 44%) e Veneto (nel buffer di 60 metri l'impatto potenziale è del 42%). Complessivamente, oltre un terzo del territorio nazionale ricade entro 60 metri dal suolo consumato e circa due terzi entro 200 metri.

Tabella 93. Percentuale di superficie del territorio impattata direttamente o indirettamente (a distanza di 60, 100 e 200 metri) dal suolo consumato al 2023

Regione	Superficie impattata dal suolo consumato (%)		
	60 m	100 m	200 m
Piemonte	30,6	43,3	63,8
Valle d'Aosta	12,2	17,3	28,0
Lombardia	40,7	53,2	71,7
Trentino-Alto Adige	15,6	22,0	34,1
Veneto	41,7	54,0	71,3
Friuli-Venezia Giulia	32,6	43,4	59,4
Liguria	34,4	46,1	65,7
Emilia-Romagna	40,0	54,8	77,2
Toscana	32,1	45,0	66,9
Umbria	30,3	43,3	65,4
Marche	36,1	51,2	74,6
Lazio	37,5	49,5	67,3
Abruzzo	26,7	37,0	53,6
Molise	28,8	41,5	63,3
Campania	44,4	58,4	77,2
Puglia	45,1	61,9	82,9
Basilicata	24,4	36,0	56,9
Calabria	28,3	40,2	60,0
Sicilia	37,0	52,4	75,4
Sardegna	22,1	32,9	53,3
Italia	**33,6**	**46,3**	**66,1**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

L'IMPATTO VISIVO

L'impatto visivo del consumo di suolo ha un enorme effetto sulla percezione personale e collettiva della degradazione di un paesaggio. Dai molteplici studi condotti sull'argomento (ad es. Sun *et al.*, 2021; Ioannidis e Koutsoyiannis, 2020; Dupont *et al.*, 2016) si può evincere che l'impatto è costituito da un insieme di fattori che sono sia oggettivi che soggettivi. In particolare, tra i fattori soggettivi ha grande rilevanza la capacità visiva dell'individuo e la predisposizione personale ad accettare determinati interventi (ad es. Sward *et al.*, 2021) in individui che, pur essendo favorevoli ad alcuni tipi di consumo del suolo (ad esempio, quello connesso alla produzione di energie da fonti rinnovabili), preferirebbero che questi fossero realizzati ad una certa distanza dalle loro proprietà, lontano appunto dalla loro vista.

In questo paragrafo ci si propone di analizzare come varia la parte oggettiva dell'impatto visivo, definita visibilità di suolo consumato, quantificandola tramite l'indice di visibilità (*Non dimensional Index*, NI) proposto da Minelli *et al.* (2014) e calcolato come la percentuale di spazio occupato dal suolo consumato rispetto al campo visivo dinamico dell'osservatore.

$$NI = \frac{A_{obj}}{A_{fov}} * 100$$

Dove A_{obj} è l'area dell'oggetto osservato, ottenuta tramite calcoli di natura trigonometrica, in funzione della posizione dell'osservatore, mentre A_{fov} è l'area del campo visivo dinamico. L'area del campo visivo dinamico si definisce, come l'area interna del cilindro di rotazione del campo visivo umano (che ha la forma di un'ellisse irregolare). Il campo visivo si definisce dinamico in quanto è data all'osservatore la possibilità di ruotare lo sguardo lungo la linea che lo congiunge con l'oggetto osservato (Figura 97).

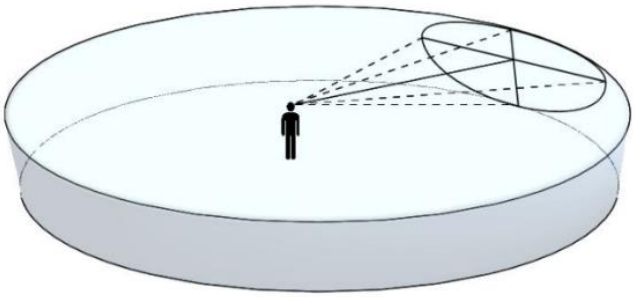


Figura 97. Le dimensioni del campo visivo dinamico

Dalla definizione stessa dell'indice di visibilità si intuisce che questo assume un valore, per quanto infinitesimo, in ogni punto in cui si ha intervisibilità teorica tra osservatore e oggetto osservato. Per questo studio si è deciso di calcolare l'indice in ogni pixel di un intorno di 30km da ogni elemento di consumo di suolo associato a pannelli fotovoltaici, strade, cantieri e edifici, utilizzando come dato di supporto un *Digital Surface Model*[71], con risoluzione di 10m.

Avendo a disposizione per ogni singolo impianto/cantiere/strada/edificio la sola impronta sul territorio, i valori riportati sono stati ottenuti sulla base di alcune assunzioni[72] relative all'elevazione da terra degli oggetti considerati.

Il calcolo dell'indice ha permesso di ottenere i risultati mostrati in Figura 98, Figura 99, Figura 100 e Figura 101 e sintetizzati in Tabella 94, Tabella 95, Tabella 96 e Tabella 97. Le mappe rappresentano l'indice rispetto a quattro classi[73], che fanno riferimento a valori crescenti di ostruzione del campo visivo causate della presenza dell'oggetto.

[71] Il dato è stato derivato dall'integrazione del *Digital Elevation Model* (DEM) dell'INGV con l'informazione sull'altezza media degli edifici e sull'altezza delle aree boschive, derivate, rispettivamente, dal dataset GHS *building height* (https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/85005901-3a49-48dd-9d19-6261354f56fe), e dal *Global Forest Canopy Height (*https://glad.umd.edu/dataset/gedi).

[72] Per quanto riguarda gli impianti fotovoltaici, data l'elevata disomogeneità delle tipologie di impianto esistenti, è stato considerato un impianto ad un'unica falda inclinata, con pannello delle dimensioni dell'area rilevata, quota del centro del pannello pari a 4m. Per i cantieri e le strade, data la grande irregolarità delle forme assunte dagli stessi, si è ricondotto il calcolo al minimo rettangolo orientato che circoscrive la forma irregolare in questione e un'altezza nulla rispetto alla superficie. Infine, per gli edifici si è considerata un'altezza media pari a 6m, in coerenza con quanto osservato dagli studi precedenti, e una forma rettangolare degli stessi, posta in posizione verticale rispetto al suolo (altezza del centro del rettangolo pari a 3m).

[73] Classe 1 per valori dell'indice tra 0 e il primo quartile, classe 2 tra il primo quartile e la mediana, classe 3 tra la mediana e il terzo quartile e, infine, classe 4 tra il terzo quartile e il massimo valore registrato.

La distribuzione dei valori assunta dall'indice di visibilità è di tipo logaritmico: pochi valori elevati vengono registrati nelle immediate vicinanze del suolo consumato e l'indice assume valori molto bassi a mano a mano che ci si allontana dallo stesso. Questo effetto è giustificato dal contemporaneo e consistente aumentare dell'area del campo visivo e diminuire dell'area dell'oggetto osservato con l'aumento della distanza tra osservatore e oggetto. Dai dati tabellari si può osservare che tra le classi considerate (fotovoltaico, strade, cantieri e edifici) i valori massimi dell'indice vengono registrati per strade e cantieri (con una punta dell'11% per i cantieri in Puglia), a seguire fotovoltaico ed edifici. Dalle mappe si può, poi, dedurre come per i nuovi impianti fotovoltaici si abbia una copertura disomogenea sul territorio nazionale, con regioni che non hanno registrato nuovi impianti rispetto al 2022, ma i valori assunti dall'indice ricadono principalmente in fascia 4. Per le strade, al contrario, osserviamo una copertura nazionale abbastanza omogenea, sebbene poco densa, con valori dell'indice ricadenti principalmente nelle classi di impatto bassa e media (1 e 2) con pochi picchi elevati. Per quanto riguarda i cantieri si può osservare una copertura densa e omogenea sul territorio nazionale, nonché la rappresentazione di tutte le fasce di impatto individuate. Infine, per gli edifici si registra una copertura omogenea e a media densità sul territorio con valori dell'indice di impatto contenuti, con valori elevati in alcune regioni. Complessivamente si può osservare quindi che, sebbene la maggior fonte di consumo suolo sia rappresentata sia da edifici che da strade, nonostante gli edifici abbiano una maggior densità ed una copertura più omogenea sul territorio nazionale, proporzionalmente i primi sono visibili molto meno rispetto alle seconde.

Tabella 94. Valori regionali dell'indice di impatto visivo calcolato rispetto ai nuovi cantieri

Regione	Minimo	Massimo	Mediana
Abruzzo	1,44E-26	4,22	5,76E-05
Basilicata	4,28E-17	5,51	2,20E-05
Calabria	4,95E-26	6,74	1,28E-05
Campania	7,13E-27	6,45	6,38E-05
Emilia-Romagna	1,07E-25	5,38	2,72E-06
Friuli-Venezia Giulia	2,07E-25	5,09	4,59E-06
Lazio	2,12E-23	4,91	2,44E-05
Liguria	8,51E-27	3,50	2,35E-05
Lombardia	7,49E-26	5,72	1,29E-05
Marche	1,90E-26	5,72	5,23E-05
Molise	1,26E-25	4,69	1,66E-05
Piemonte	1,07E-26	5,59	7,04E-06
Puglia	1,27E-26	11,58	4,64E-06
Sardegna	5,49E-26	4,84	7,14E-05
Sicilia	4,05E-27	7,76	2,43E-05
Toscana	1,64E-27	6,63	2,74E-05
Trentino-Alto Adige	1,85E-25	6,40	0,000159
Umbria	2,24E-26	5,09	2,25E-05
Valle d'Aosta	1,01E-24	3,36	0,000182
Veneto	5,69E-26	5,86	5,47E-06

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

Tabella 95. Valori regionali dell'indice di impatto visivo calcolato rispetto ai nuovi edifici

Regione	Minimo	Massimo	Mediana
Abruzzo	2,23E-23	1,29	4,68E-06
Basilicata	6,91E-19	1,40	2,57E-06
Calabria	1,19E-23	1,99	2,61E-06
Campania	2,33E-23	1,76	1,11E-05
Emilia-Romagna	2,51E-23	1,53	3,53E-06
Friuli-Venezia Giulia	1,75E-23	1,64	2,65E-06
Lazio	7,12E-23	2,25	4,63E-06
Liguria	1,58E-23	1,75	3,80E-06
Lombardia	2,66E-23	1,87	9,75E-06
Marche	1,23E-23	1,52	3,45E-06
Molise	2,01E-23	0,97	3,15E-06
Piemonte	1,22E-23	1,73	3,91E-06
Puglia	1,26E-23	1,86	3,46E-06
Sardegna	1,94E-23	2,32	2,34E-06
Sicilia	1,23E-23	1,91	3,01E-06
Toscana	2,31E-23	1,64	4,40E-06
Trentino-Alto Adige	1,72E-23	1,76	0,000009
Umbria	2,05E-23	1,96	6,72E-06
Valle d'Aosta	1,35E-23	0,89	0,000007
Veneto	1,65E-23	1,76	1,46E-05

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

Tabella 96. Valori regionali dell'indice di impatto visivo calcolato rispetto ai nuovi impianti fotovoltaici

Regione	Minimo	Massimo	Mediana
Abruzzo	2,42E-22	3,02	9,47E-05
Basilicata	1,14E-18	3,14	1,56E-05
Calabria	2,70E-21	1,87	4,43E-06
Campania	6,09E-18	2,67	7,63E-06
Emilia-Romagna	7,05E-20	2,40	3,04E-06
Friuli-Venezia Giulia	8,84E-23	3,42	2,94E-05
Lazio	2,84E-15	4,58	1,12E-05
Liguria	-	-	-
Lombardia	8,53E-19	1,41	5,11E-06
Marche	2,77E-20	1,29	1,82E-04
Molise	-	-	-
Piemonte	3,36E-22	3,36	2,67E-05
Puglia	4,70E-21	2,29	1,74E-05
Sardegna	2,68E-23	3,51	1,71E-05
Sicilia	1,64E-22	3,03	1,32E-05
Toscana	2,92E-20	2,66	1,03E-05
Trentino-Alto Adige	-	-	-
Umbria	2,21E-23	1,98	7,82E-06
Valle d'Aosta	-	-	-
Veneto	9,85E-22	2,49	1,22E-05

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

Tabella 97. Valori regionali dell'indice di impatto visivo calcolato rispetto alle nuove infrastrutture viarie

Regione	Minimo	Massimo	Mediana
Abruzzo	8,16E-27	4,27	8,63E-06
Basilicata	1,00E-15	2,22	1,38E-05
Calabria	1,97E-25	4,89	3,77E-06
Campania	7,55E-25	4,62	7,57E-06
Emilia-Romagna	8,35E-25	7,00	9,19E-07
Friuli-Venezia Giulia	6,19E-24	2,25	1,66E-06
Lazio	2,18E-17	3,31	8,09E-06
Liguria	1,53E-18	3,25	2,10E-06
Lombardia	5,73E-26	3,77	4,15E-07
Marche	2,76E-24	4,25	5,56E-06
Molise	7,96E-25	3,54	3,31E-06
Piemonte	4,29E-26	5,01	1,62E-06
Puglia	1,14E-26	4,66	5,24E-07
Sardegna	2,09E-24	3,94	1,73E-05
Sicilia	7,71E-27	5,34	3,22E-06
Toscana	3,97E-27	4,43	7,12E-06
Trentino-Alto Adige	2,82E-20	6,36	3,67E-05
Umbria	2,59E-27	5,01	3,58E-06
Valle d'Aosta	1,89E-20	3,64	1,92E-04
Veneto	2,41E-25	5,28	1,76E-06

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

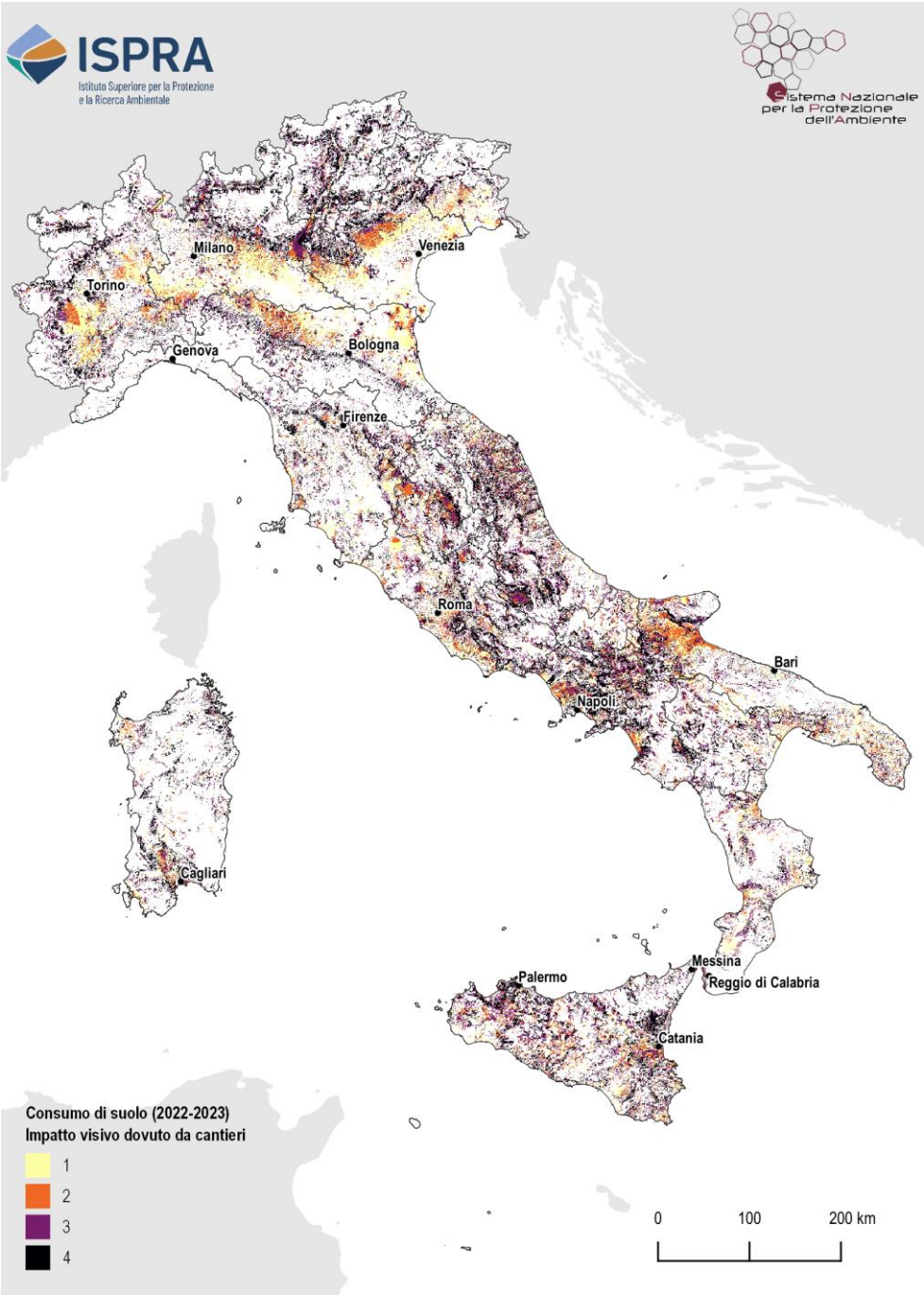


Figura 98. Mappa nazionale dell'indice di visibilità associato ai nuovi cantieri. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

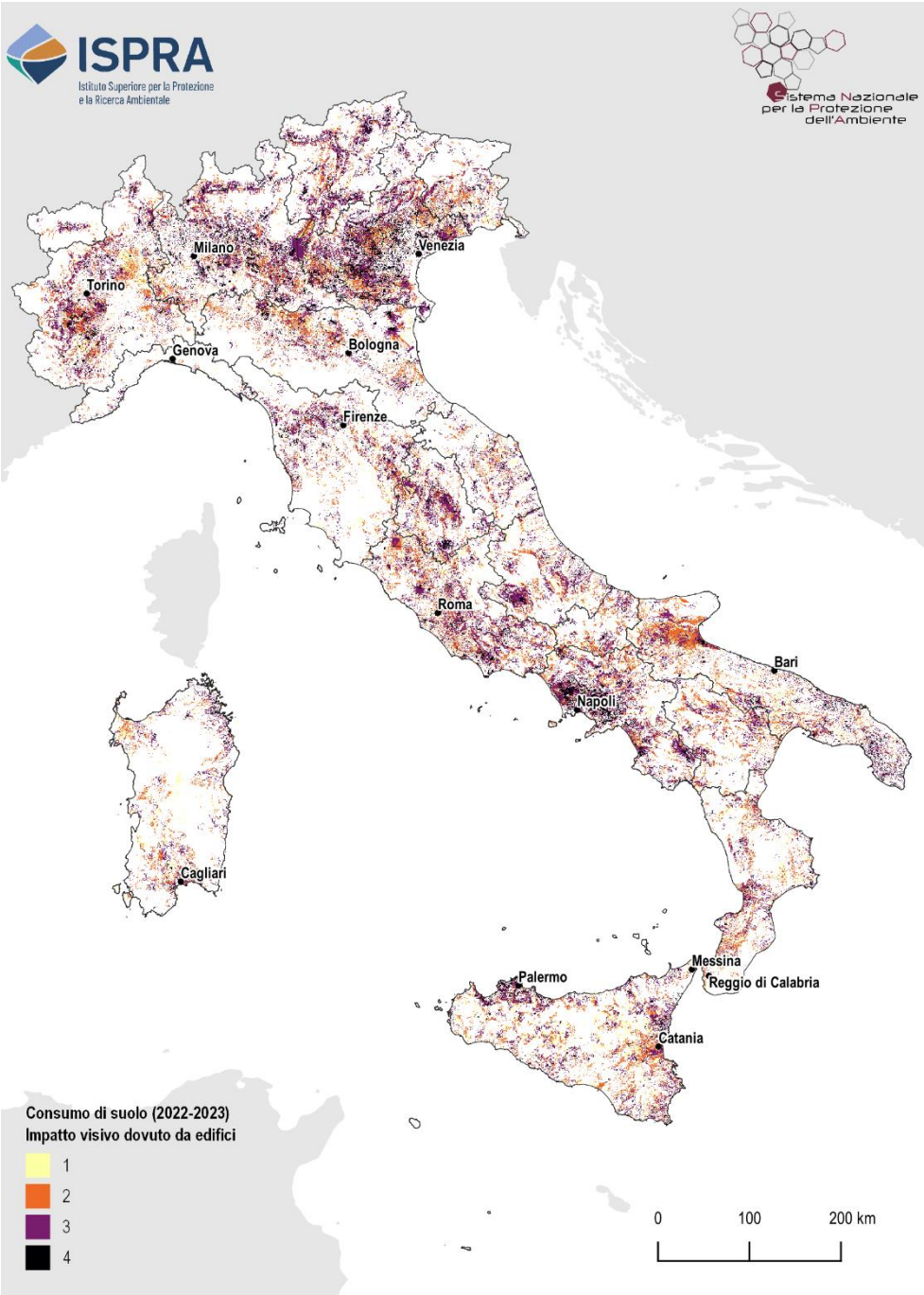


Figura 99. Mappa nazionale dell'indice di visibilità associato ai nuovi edifici. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

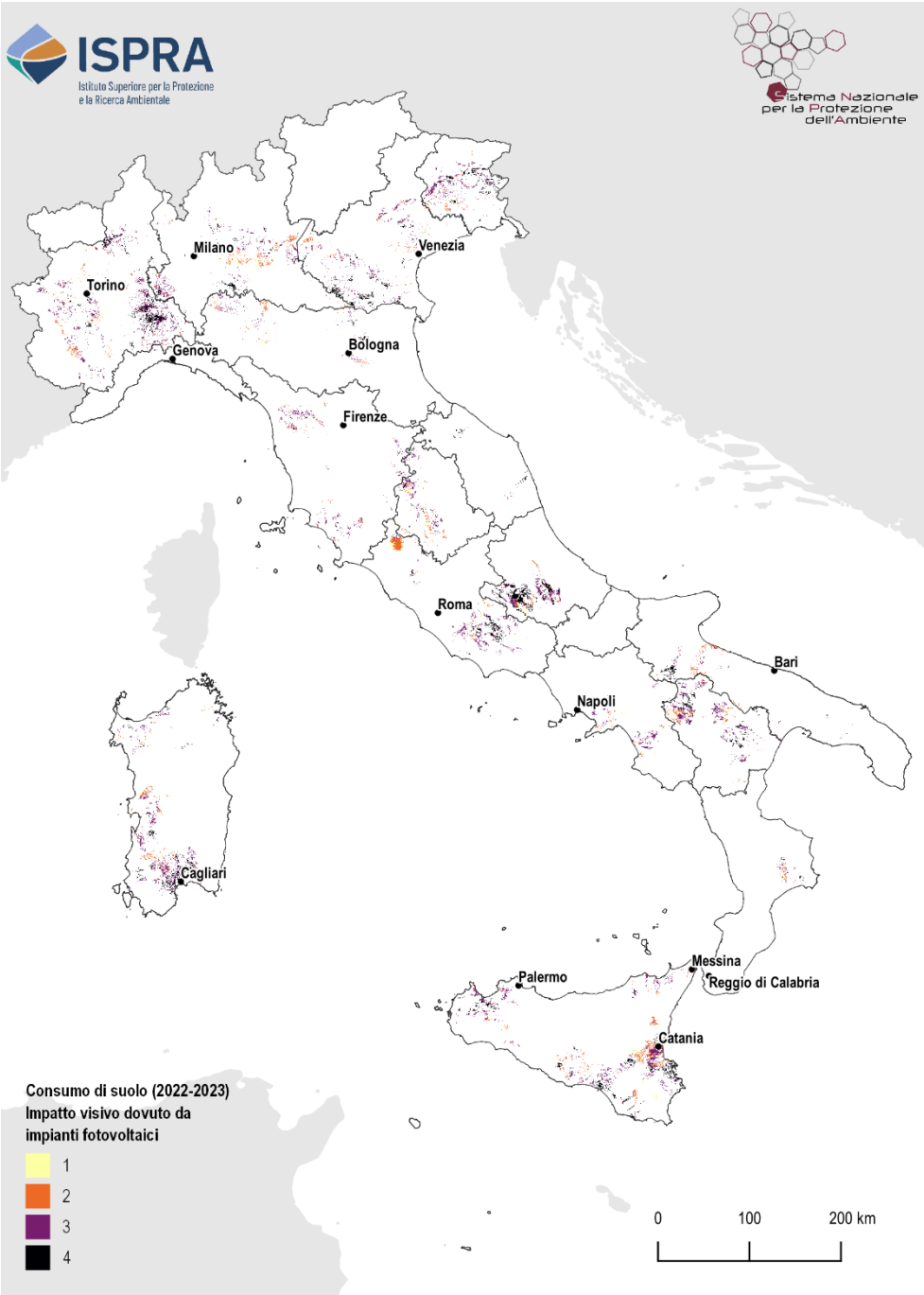


Figura 100. Mappa nazionale dell'indice di visibilità associato ai nuovi impianti fotovoltaici. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

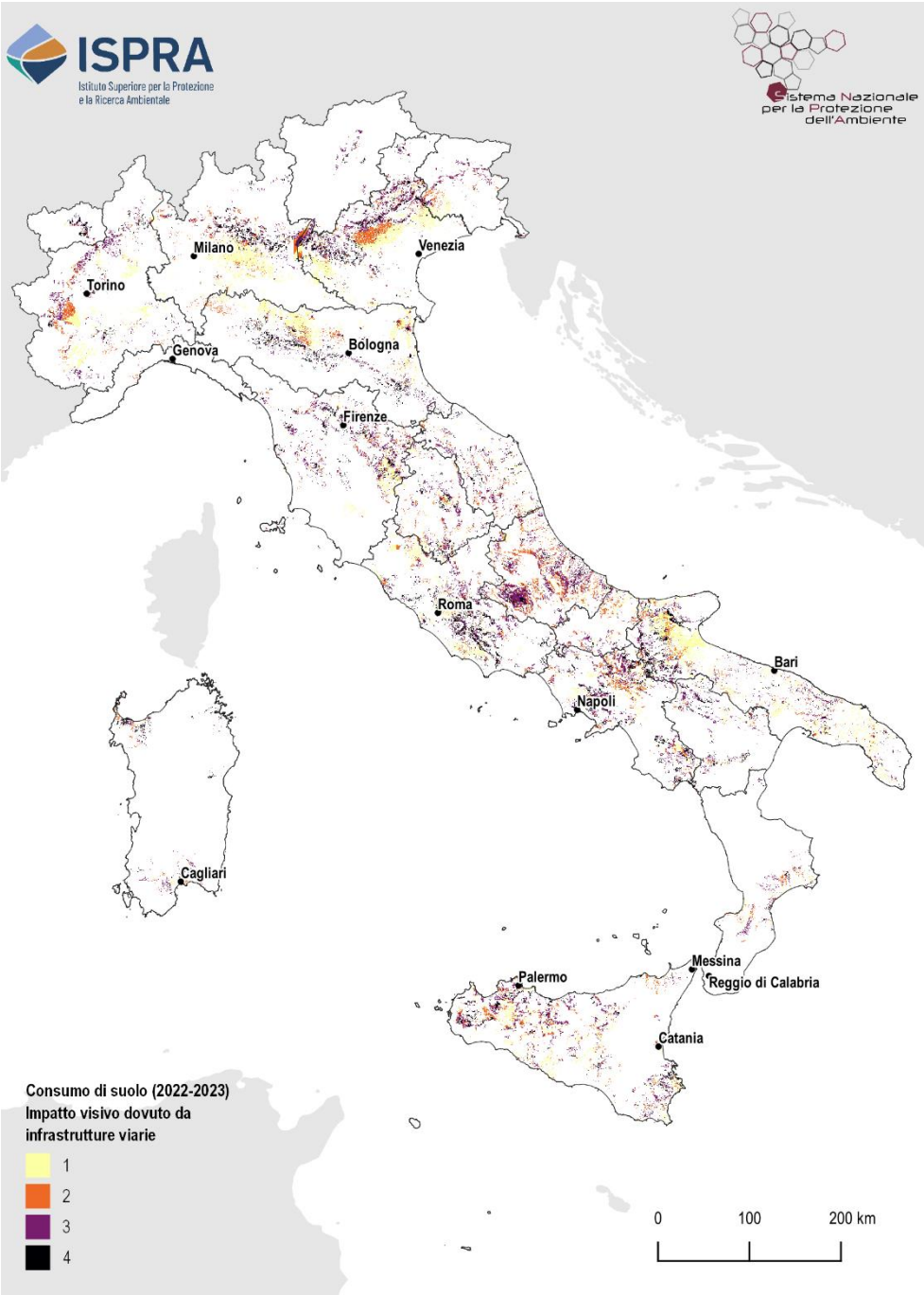


Figura 101. Mappa nazionale dell'indice di visibilità associato alle nuove infrastrutture viarie. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati INGV, JRC e GLAD

LA FRAMMENTAZIONE DEL TERRITORIO E DEL PAESAGGIO

Strumenti per il monitoraggio del grado di frammentazione del territorio

La frammentazione del territorio è il processo che genera una progressiva riduzione della superficie degli ambienti naturali e seminaturali e un aumento del loro isolamento (EEA, 2017C) a causa del verificarsi di fenomeni come l'espansione urbana e lo sviluppo della rete infrastrutturale. Ne deriva una riduzione della connettività ecologica, che influenza negativamente la resilienza e la capacità degli habitat di fornire servizi ecosistemici e aumenta l'isolamento delle specie, con conseguenze sulla qualità del paesaggio e sulle attività agricole.
A livello nazionale il grado di frammentazione è monitorato attraverso l'indice *effective mesh-density* (S_{eff})[74] che misura l'ostacolo al movimento dovuto alla presenza sul territorio di barriere, definite come "elementi frammentanti". Esso è calcolato con riferimento a una griglia regolare di 1 km^2 (*reporting unit*), considerando come elemento frammentante il suolo consumato, ed è rappresentato in Figura 103 rispetto alle 5 classi individuate dall'Agenzia Europea per l'Ambiente per la descrizione del *Landscape fragmentation indicator effective mesh density* (S_{eff}).

Grado di frammentazione a livello nazionale e regionale

Le aree a frammentazione molto bassa sono localizzate prevalentemente in corrispondenza degli ecosistemi a più alto grado di naturalità, in particolare nell'arco alpino e in limitate aree di alcune regioni meridionali e insulari, mentre le classi a maggiore grado di frammentazione si concentrano nelle aree costiere e di pianura e in corrispondenza delle aree più urbanizzate; nel complesso quasi un quarto del territorio nazionale (23,61%) è a frammentazione alta e il 18,74% a frammentazione molto alta (Tabella 98, Figura 103). Questa distribuzione spaziale del fenomeno è ravvisabile anche dall'analisi dei dati regionali: in Valle d'Aosta e Trentino Alto-Adige prevalgono la frammentazione bassa e molto bassa (per via dell'ampia presenza di aree montane, al centro-sud e nelle isole sono presenti soprattutto aree a media frammentazione, mentre nelle altre regioni del Nord la presenza in contemporanea dell'ambito padano e alpino porta una prevalenza delle classi estreme (frammentazione molto elevata e molto bassa). Lombardia e Veneto sono le regioni con la più alta percentuale del territorio a frammentazione molto elevata, a causa dell'alto tasso di urbanizzazione a bassa e media densità nelle aree più accessibili (Figura 102).

Tabella 98. Classi di frammentazione (2023) e variazioni rispetto al 2006

Grado di frammentazione	2023		Variazione 2006-2023	
	(km^2)	(%)	(km^2)	(%)
Molto bassa	40.365	13,39	-2.647	-6,15
Bassa	52.660	17,47	-1.088	-2,03
Media	80.742	26,79	-820	-1,00
Elevata	71.150	23,61	1.218	1,74
Molto elevata	56.483	18,74	3.337	6,28

Fonte: Elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

[74] L'indice rappresenta la densità delle patch territoriali (n° di meshes per 1.000 km^2) calcolate secondo la metodologia dell'*effective mesh-size-meff* (Jaeger, 2000) opportunamente modificata secondo la "*cross-boundary connections* (CBC) *procedure*" (Moser, *et al.*, 2007) che garantisce la continuità di territorio oltre i limiti della *reporting unit* (cella di 1 km^2).

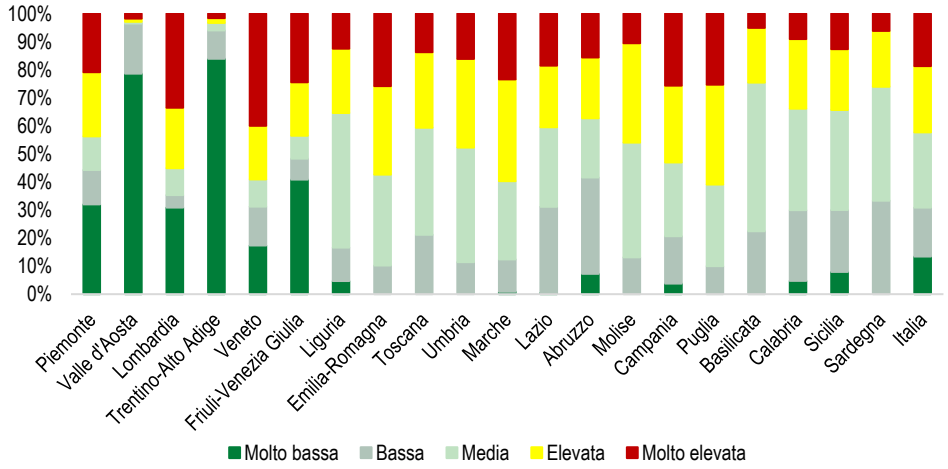


Figura 102. Composizione percentuale del territorio regionale rispetto alle cinque classi di frammentazione (2023). Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Le variazioni rispetto al 2006 (Tabella 99) mostrano un generale aumento del grado di frammentazione del territorio, con passaggi dalle classi meno frammentate a quelle più frammentate. La classe a frammentazione molto bassa subisce una riduzione di 264.679 ettari, distribuiti tra tutte le regioni e concentrati per la maggior parte in Sardegna, Toscana e Emilia-Romagna, mentre la riduzione delle aree a frammentazione bassa interessa 13 delle 20 regioni. Le aree a frammentazione molto elevata subiscono un'espansione in tutte le regioni, tranne in Valle d'Aosta.

Tabella 99. Variazione regionale in ettari dell'estensione delle classi di frammentazione per il periodo 2006-2023

Regione	Molto bassa	Bassa	Media	Elevata	Molto elevata
	(ha)				
Piemonte	-400	-1.900	-4.540	-5.695	12.534
Valle d'Aosta	-	-	-	-	-
Lombardia	-6.213	2.331	-13.251	-25.374	42.507
Trentino-Alto Adige	-10.492	5.874	2.918	900	800
Veneto	-5.996	3.169	-22.018	-17.431	42.277
Friuli-Venezia Giulia	-2.700	-758	-3.925	-413	7.796
Liguria	-	-47	-2.111	-895	3.053
Emilia-Romagna	-31.315	27.236	-30.034	6.385	27.728
Toscana	-59.885	27.810	20.789	1.900	9.386
Umbria	-	-20.049	11.396	2.131	6.522
Marche	-	-5.251	-652	-1.786	7.689
Lazio	-	-63.898	-23.096	33.356	53.638
Abruzzo	-	-1.300	-3.500	-1.319	6.119
Molise	-	-2.726	1.022	1.323	381
Campania	-200	-1.375	-27.416	3.701	25.290
Puglia	-	-8.000	-53.345	25.830	35.515
Basilicata	-	-40.700	28.627	8.773	3.300
Calabria	-43.577	10.699	-2.001	19.673	15.206
Sicilia	-8.790	-31.124	-8.529	27.407	21.035
Sardegna	-95.112	-8.837	47.711	43.292	12.945
Italia	**-264.679**	**-108.844**	**-81.955**	**121.756**	**333.721**

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

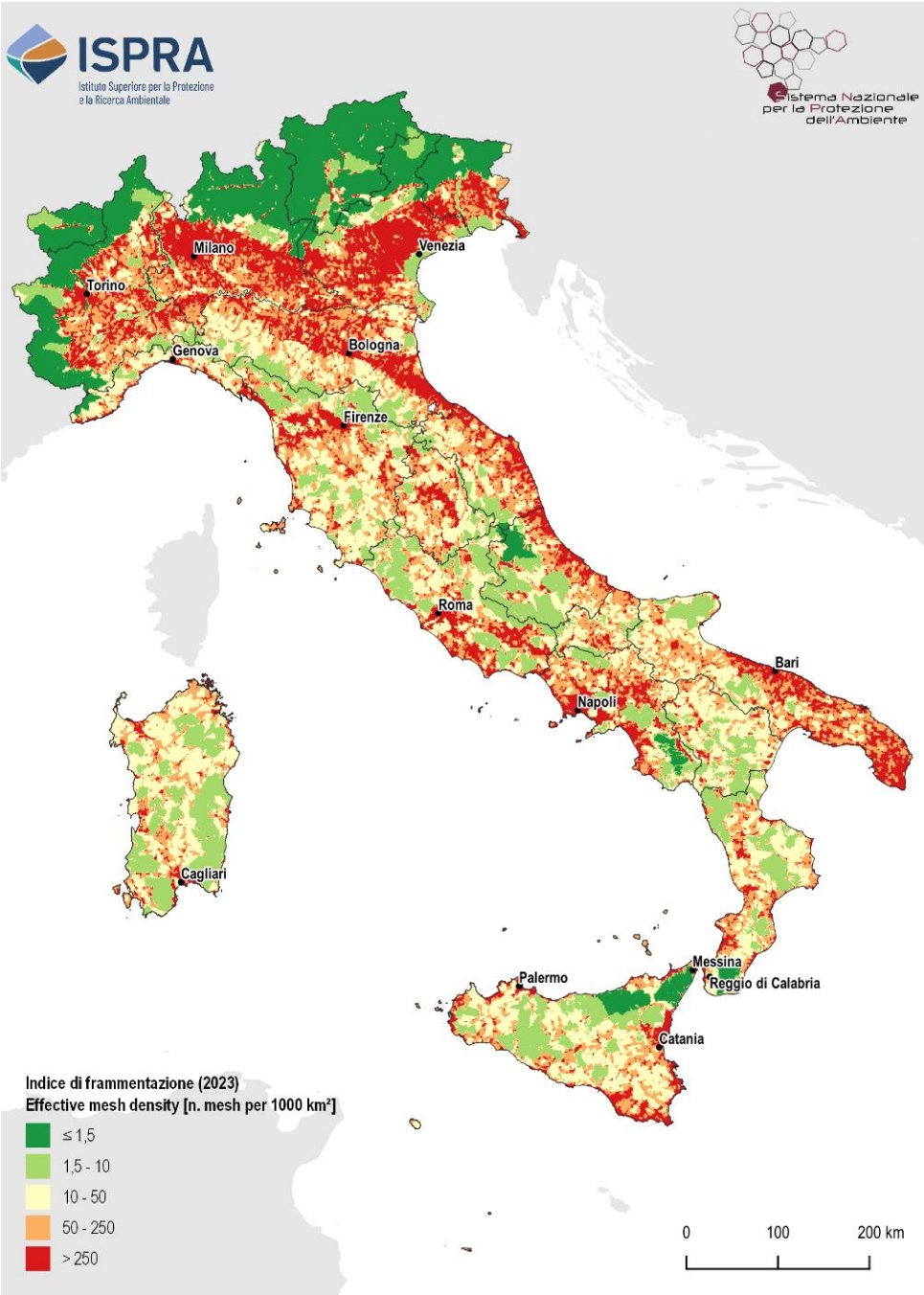


Figura 103. Indice di frammentazione (*effective mesh density*) su griglia regolare a 1km² nel 2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

Grado di frammentazione delle aree boscate

Gli impatti del consumo di suolo, in termini di perdita di superfici naturali e aumento del loro grado di frammentazione, sono stati analizzati con riferimento alle foreste italiane, individuate a partire dalle classi di copertura arborea della carta CLC+ *Backbone* 2021[75] (cfr. § *Uso e copertura del suolo).* In particolare, a partire dalla definizione di foresta data dal Testo Unico in materia di foreste e filiere forestali (TUFF), sono state selezionate le sole *patch* di superficie forestale di almeno 0,2 ettari e sono state confrontate con la carta nazionale del consumo di suolo per gli anni 2022 e 2023.
A fronte di 9,59 km^2 di superficie forestale persa tra il 2022 e il 2023 a causa del nuovo consumo di suolo (Tabella 100), il 4,62% ricade all'interno di aree protette EUAP. Considerando l'altimetria, quasi tre quarti delle perdite di superfici forestali si registra oltre i 600 metri s.l.m., mentre, con riferimento alla distanza dalle strade e dai centri urbani principali, la maggiore percentuale di superficie persa rientra nella fascia di distanza inferiore a 1,5 km dalle strade (88,90%) e oltre i 5 km dai centri urbani principali (86,51%).

Tabella 100. Distribuzione territoriale del consumo di suolo nelle classi forestali del CLC+ *Backbone* 2021

Consumo di suolo (2022-2023)			
Ambiti territoriali		(km^2)	(%)
Aree EUAP e Rete Natura 2000		0,44	4,62
Classi altimetriche	pianura	0,89	9,32
	collina	1,74	18,14
	montagna	6,96	72,54
Vicinanza a strade principali	< 1,5 km	8,53	88,9
	< 5 km	1,02	10,59
	< 15 km	0,05	0,51
Vicinanza a centri urbani principali	< 1,5 km	0,11	1,19
	< 5 km	1,18	12,31
	< 15 km	8,30	86,51
Superficie forestale totale persa		**9,59**	**100,00**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Per quanto riguarda la distribuzione della superficie boscata nelle cinque classi di frammentazione (Tabella 101) per gli anni 2022 e 2023, si osservano valori percentuali sostanzialmente stabili, ma un generale passaggio della superficie del bosco da classi di frammentazione medie e basse verso la "molto elevata".

Tabella 101. Classi di frammentazione dei boschi (2022 e 2023) e variazioni

Classi di frammentazione	2022		2023		Variazioni 2022-2023
	(km^2)	(%)	(km^2)	(%)	(km^2)
Molto bassa	20.717	17,9	20.716	17,9	-1,1
Bassa	27.973	24,2	27.970	24,2	-3,5
Media	34.961	30,2	34.950	30,2	-11,0
Elevata	21.944	19,0	21.940	19,0	-3,9
Molto elevata	10.188	8,8	10.198	8,8	+10,5

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

[75] In particolare, sono state considerate le classi di "*Woody - needle leaved trees*", "*Woody - Broadleaved deciduous trees*" e "*Woody - Broadleaved evergreen trees*".

L'ISOLA DI CALORE URBANA

L'isola di calore urbana è definita come la differenza tra la temperatura delle aree urbane (generalmente più elevata) e quella delle aree circostanti (generalmente più bassa), ed è spesso in relazione con le ondate di calore che si verificano nelle aree più urbanizzate, specialmente nei mesi estivi. L'isola di calore urbana superficiale è un fenomeno fortemente connesso con la densità, la configurazione spaziale delle aree urbane e la copertura del suolo. La temperatura superficiale al suolo (*Land Surface Temperature* - LST) è generalmente più elevata laddove la densità di suolo consumato è maggiore e la copertura arborea è scarsa e sicuramente ha ripercussioni sul fenomeno dell'isola di calore, anche se differisce dalla temperatura dell'aria, che è influenzata da altri fattori come il vento e il microclima locale. In questo paragrafo sono state correlate la LST, derivata da immagini satellitari Landsat 8, Landsat 9 e MODIS per il periodo 2018-2023 con la densità di suolo consumato, la densità di copertura arborea[76] e l'altimetria.

Confrontando le temperature medie diurne estive registrate nelle diverse classi di densità delle superfici artificiali (Tabella 102), si osserva un andamento crescente delle temperature passando dalle aree rurali alle aree urbane; nelle aree rurali si registra una temperatura media di 32,5 °C (con picchi di oltre 40°C in Puglia e minimi di 22°C in Trentino-Alto Adige), con una variazione rispetto alla temperatura delle aree urbane che supera in media i 9°C, raggiungendo oltre 16°C in Valle d'Aosta e Trentino-Alto Adige. Variazioni nulle o negative, ossia temperature più elevate nelle aree rurali rispetto alle aree urbane, si osservano solo in alcune città del centro e sud Italia dove la LST nei mesi estivi è influenzata dalla presenza di vaste aree agricole scarsamente vegetate e dalle particolari condizioni climatiche.

Tabella 102. Temperatura (LST) media diurna estiva in °C per il periodo 2018-2023 per classi di densità media delle superfici artificiali in un raggio di 300m e differenza di temperatura tra aree urbane e aree rurali

Regione	Temperatura e differenza di temperatura (°C)			
	Rurale	Suburbano	Urbano	Differenza Urbano - Rurale
Piemonte	29,0	34,8	40,9	11,8
Valle d'Aosta	22,9	31,5	40,6	17,6
Lombardia	30,0	37,1	42,7	12,7
Trentino-Alto Adige	22,0	30,6	38,3	16,3
Veneto	29,3	35,7	40,0	10,7
Friuli-Venezia Giulia	28,1	34,9	39,4	11,3
Liguria	27,5	32,7	38,9	11,4
Emilia-Romagna	32,5	36,7	41,7	9,2
Toscana	30,9	35,2	40,5	9,6
Umbria	31,7	36,7	41,2	9,5
Marche	32,3	35,8	39,5	7,2
Lazio	33,7	38,6	42,1	8,4
Abruzzo	31,3	36,1	40,4	9,1
Molise	33,3	36,0	40,4	7,1
Campania	32,3	37,2	41,6	9,3
Puglia	41,4	43,0	43,3	1,9
Basilicata	34,6	37,5	41,5	6,9
Calabria	32,3	36,6	38,6	6,3
Sicilia	39,8	41,3	42,1	2,3
Sardegna	35,6	38,9	41,3	5,7

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

[76] I valori di densità del suolo consumato e della copertura arborea sono stati ottenuti stimando il valore medio di densità in un intorno di 300 m da ciascun pixel e classificando il risultato in tre (urbano, rurale e suburbano) e due fasce (presenza/assenza di copertura arborea) di densità, rispettivamente. Per ulteriori dettagli sulle soglie si rimanda all'edizione 2023 del Rapporto "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici".

Come mostrato in Tabella 103, le aree con elevata densità di copertura arborea (>50%) agiscono positivamente nella regolazione del microclima; si registrano temperature più elevate in corrispondenza di aree scarsamente vegetate rispetto alle aree arborate e questa differenza tende a ridursi passando da aree rurali ad aree suburbane e urbane. La presenza di superfici caratterizzate da elevata densità di copertura arborea nelle aree urbane di pianura (a quota inferiore ai 200 m s.l.m.) è in grado di abbattere le temperature di oltre 1°C nel 60% delle regioni, e di oltre 2°C nelle aree urbane collinari (comprese tra 200 m e 600 m s.l.m.) della Toscana (-2,7°C), dell'Emilia-Romagna (-2,2 °C) e del Lazio (-2,1 °C).

Tabella 103. Differenza di temperatura (LST) media diurna estiva per il periodo 2018-2023 tra aree a copertura arborea e con copertura arborea scarsa o nulla nella fascia altimetrica entro i 200m s.l.m. e tra 200 e 600m s.l.m.

Regione	Differenza di temperatura (°C) tra aree con copertura arborea e aree con copertura arborea scarsa o nulla					
	Altitudine < 200 m			Altitudine 200 - 600 m		
	Rurale	Suburbano	Urbano	Rurale	Suburbano	Urbano
Piemonte	-3,2	-3,2	-0,9	-3,8	-3,1	-0,6
Valle d'Aosta	-	-	-	-3,3	-2,3	1,5
Lombardia	-2,6	-2,7	-0,8	-4,0	-3,5	-2,0
Trentino-Alto Adige	3,7	-0,5	0,6	-1,7	-1,8	-0,9
Veneto	-4,1	-3,4	-1,8	-2,6	-2,7	-1,5
Friuli-Venezia Giulia	-4,5	-3,5	-1,8	-4,5	-2,3	-0,5
Liguria	-2,8	-3,1	-1,3	-3,5	-2,5	-0,8
Emilia-Romagna	-4,3	-3,1	-1,4	-3,8	-3,4	-2,2
Toscana	-5,2	-3,4	-1,9	-5,5	-4,2	-2,7
Umbria	-3,9	-2,1	-0,6	-3,7	-2,6	-1,9
Marche	-3,6	-3,1	-1,3	-3,7	-3,0	-1,1
Lazio	-4,8	-3,1	-1,5	-3,9	-2,4	-2,1
Abruzzo	-1,4	-1,3	-1,2	-3,0	-1,0	-0,8
Molise	-3,8	-1,2	-0,2	-5,3	-1,9	0,0
Campania	-4,2	-3,0	-1,8	-4,1	-2,9	0,9
Puglia	0,4	-0,3	-0,3	-1,0	-0,2	-0,2
Basilicata	-3,2	-2,9	-1,6	-4,6	-3,6	-1,1
Calabria	-2,7	-1,0	0,6	-2,9	-1,6	-0,6
Sicilia	-1,6	-2,5	-1,0	-4,1	-2,7	-1,3
Sardegna	-3,6	-1,8	-1,4	-4,3	-3,5	-0,9

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia ISPRA, SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

Nelle successive figure (da Figura 104 a Figura 118) viene rappresentato l'andamento delle temperature nei pressi di alcune città italiane e la quota di popolazione esposta a temperature estreme durante il periodo estivo (Milano, Verona, Genova, Cagliari, Roma): in tutte le città analizzate, la temperatura cresce all'aumentare della densità di coperture artificiali, raggiungendo valori compresi tra 40 e 46 °C nelle aree più sature e seguendo andamenti diversi a seconda delle caratteristiche del territorio circostante. Nel caso di Cagliari e Roma la presenza di suolo nudo nelle aree agricole ai margini del tessuto urbano consolidato determina temperature più alte anche con bassa densità di superfici artificiali. Man mano che ci si sposta verso aree più densamente urbanizzate, non solo si osserva un aumento delle temperature, ma anche una crescente quota di popolazione esposta a condizioni climatiche estreme. Nelle cinque città analizzate la popolazione esposta a temperature superiori a 40°C sfiora, in media, il 70% del totale con picchi di quasi il 95% nella provincia di Milano.
I grafici di Figura 105, Figura 108, Figura 111, Figura 114 e Figura 117 rappresentano l'influenza della copertura del suolo sulla temperatura superficiale nell'area urbana e mostrano un forte abbassamento delle temperature in corrispondenza di un'area verde, si noti l'area boscata ai margini della città di Genova (Figura 105), quella nei pressi del centro polisportivo e del Parco delle Mura nella città di

Verona (Figura 108), Parco Sempione a Milano, Villa Borghese e la Riserva Naturale di Monte Mario a Roma (Figura 117), dove si osserva un picco della copertura arborea e un minimo di temperature e densità di costruito. La presenza di superficie vegetata a media densità di copertura arborea in un contesto altamente artificializzato esercita un'azione di mitigazione delle temperature più o meno rilevante (in funzione della dimensione dell'area e della composizione della copertura del suolo ai margini), mentre nel pieno centro cittadino, in aree ad alta densità di edificato, si raggiungono i valori di temperatura più alti.
Il consumo di suolo, che spesso comporta anche la rimozione di vegetazione, favorisce l'aumento della LST delle aree urbane e, di conseguenza, l'intensità dell'isola di calore urbano, con molteplici conseguenze sul microclima e sugli ecosistemi e con effetti che variano anche in relazione alla fascia altimetrica e alle caratteristiche ambientali e del paesaggio.

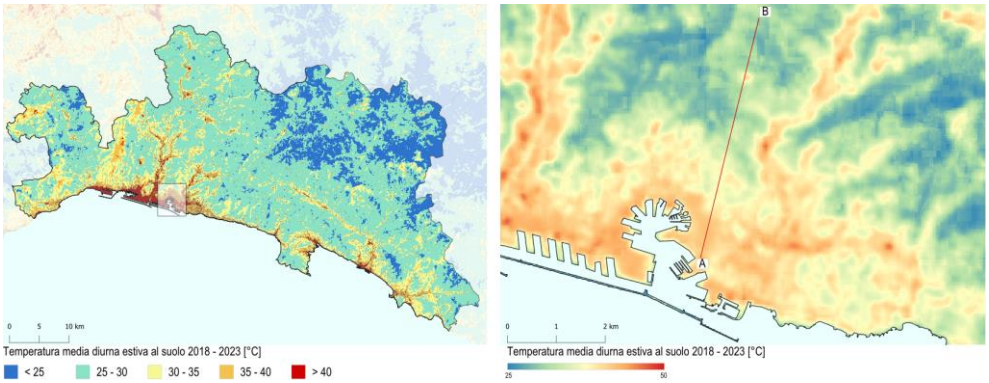


Figura 104. Temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 nella provincia di Genova

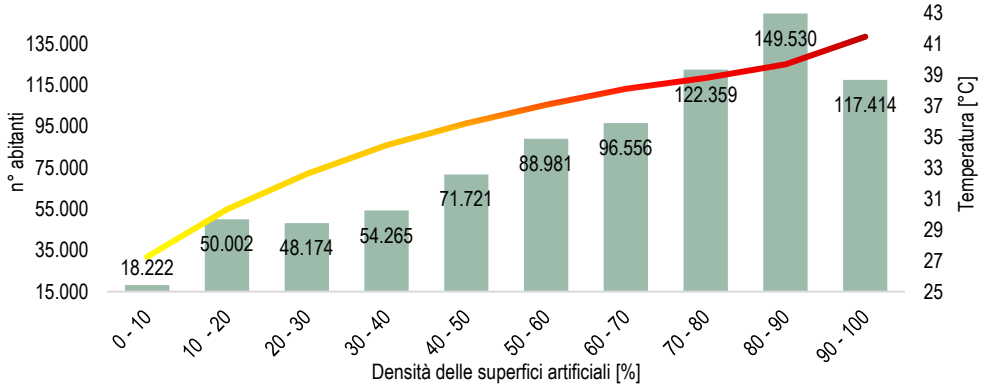


Figura 105. Andamento della temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 e numero di abitanti (2021) esposti per classi di densità delle superfici artificiali

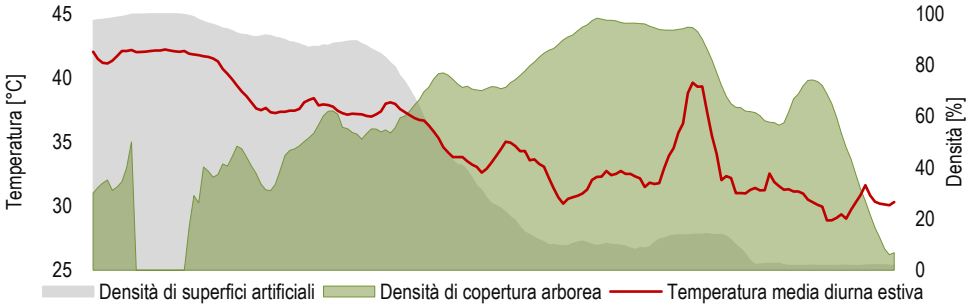


Figura 106 Profilo della temperatura valutato sulle classi di densità di superfici artificiali e copertura arborea lungo la sezione A-B nell'area della provincia di Genova. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

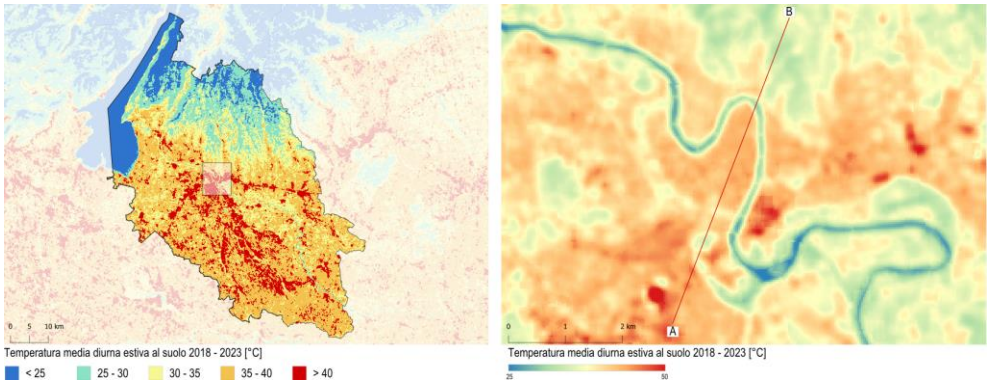


Figura 107. Temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 nella provincia di Verona

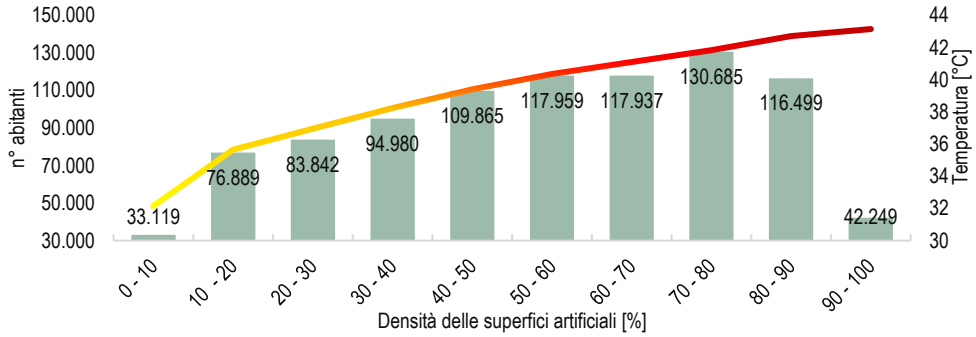


Figura 108. Andamento della temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 e numero di abitanti (2021) esposti per classi di densità delle superfici artificiali

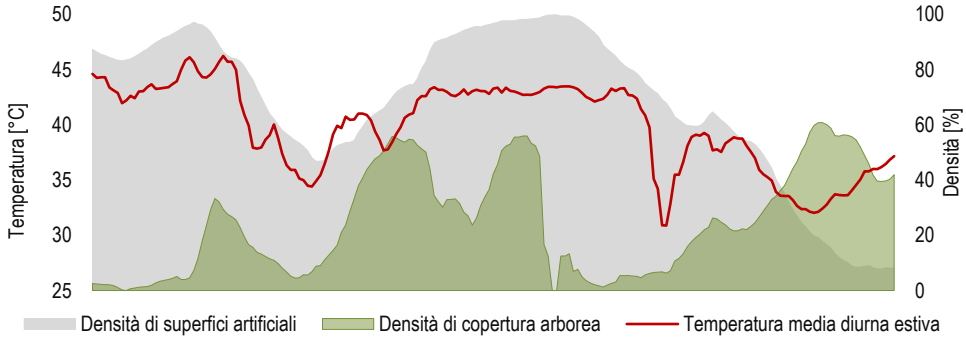


Figura 109. Profilo della temperatura valutato sulle classi di densità di superfici artificiali e copertura arborea lungo la sezione A-B nell'area della provincia di Verona Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

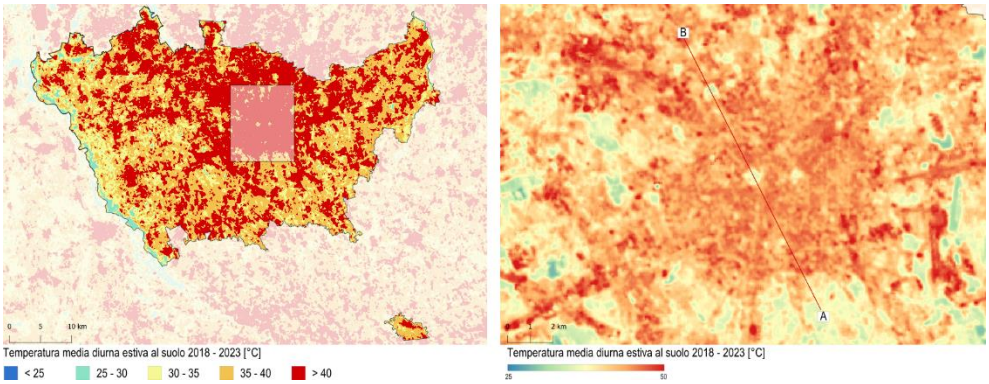


Figura 110. Temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 nella provincia di Milano

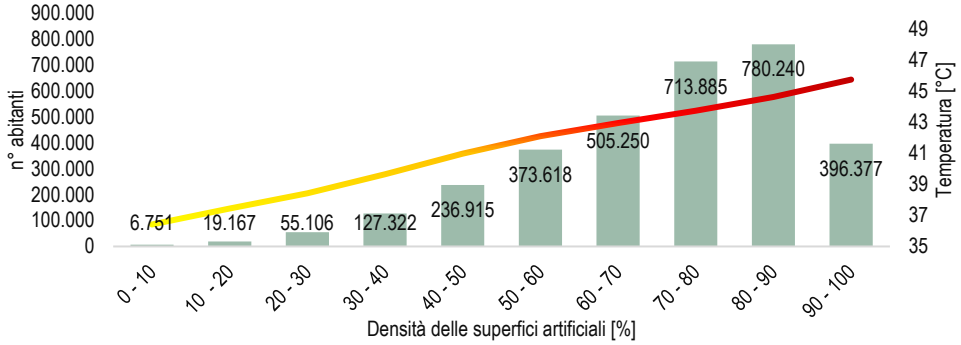


Figura 111. Andamento della temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 e numero di abitanti (2021) esposti per classi di densità delle superfici artificiali

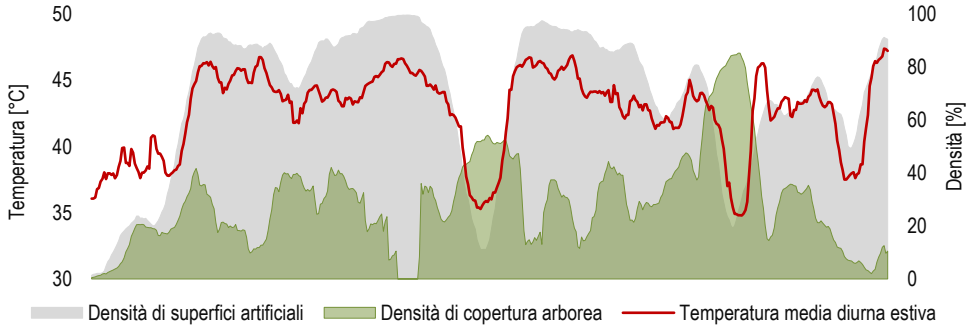


Figura 112. Profilo della temperatura valutato sulle classi di densità di superfici artificiali e copertura arborea lungo la sezione A-B nell'area della provincia di Milano. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

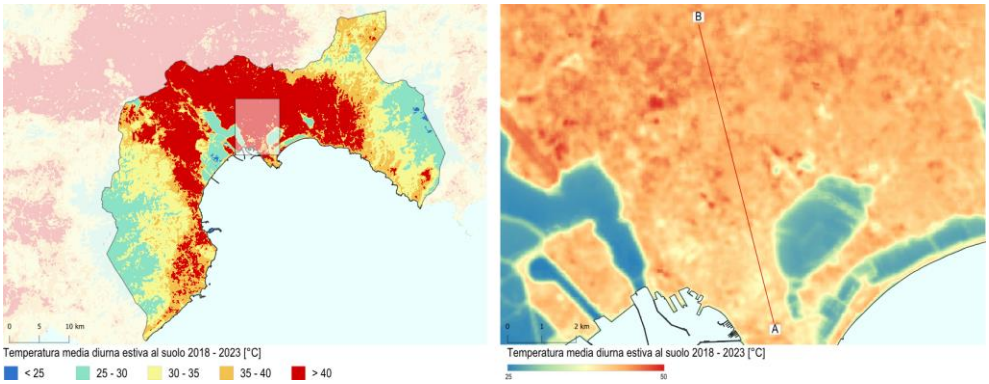


Figura 113. Temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 nella provincia di Cagliari

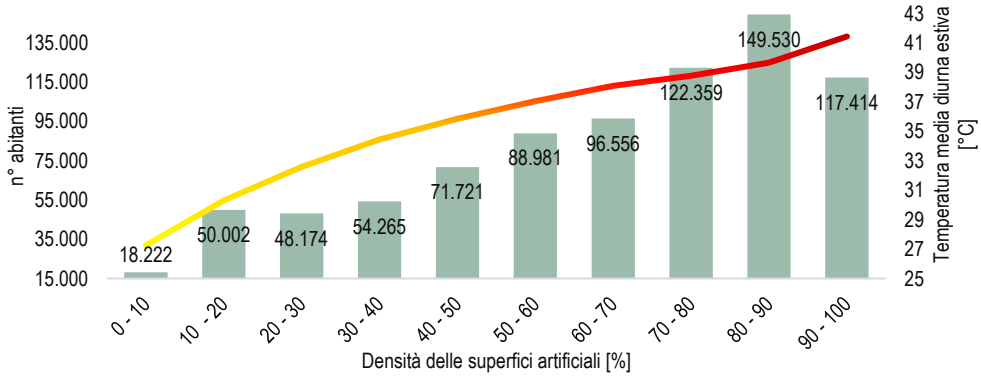


Figura 114. Andamento della temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 e numero di abitanti (2021) esposti per classi di densità delle superfici artificiali

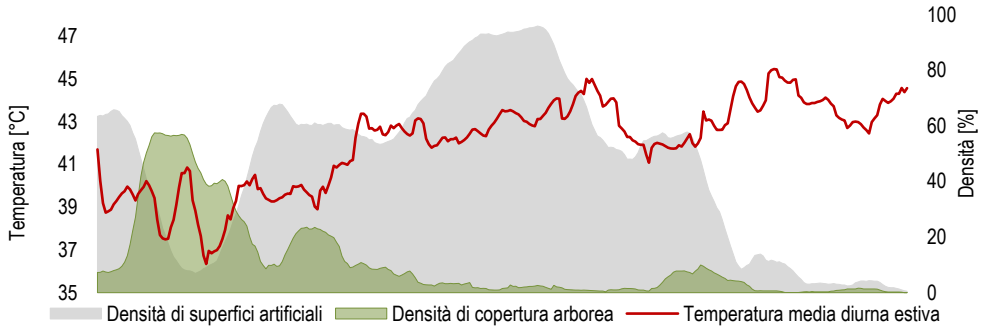


Figura 115. Profilo della temperatura valutato sulle classi di densità di superfici artificiali e copertura arborea lungo la sezione A-B nell'area della provincia di Cagliari. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

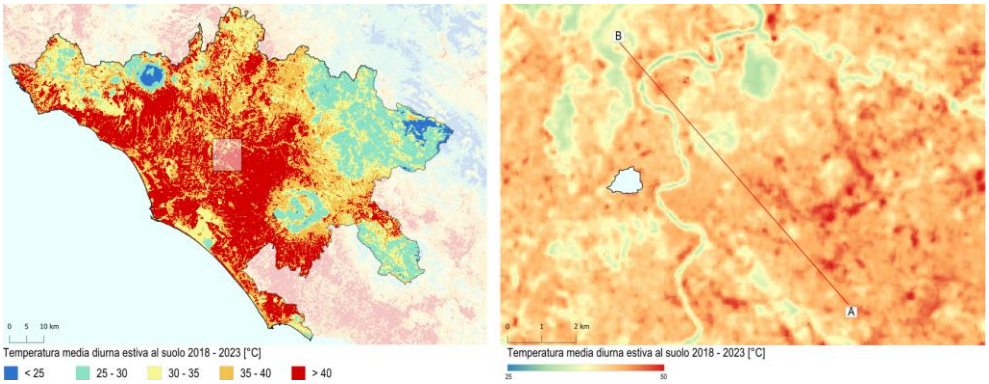


Figura 116. Temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 nella provincia di Roma

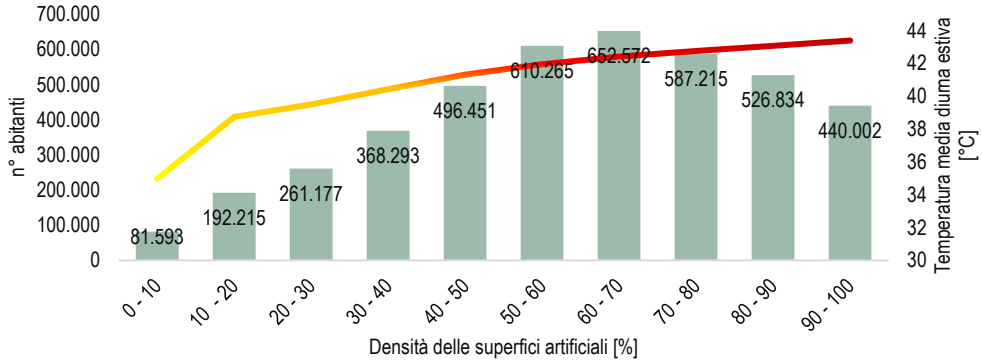


Figura 117. Andamento della temperatura media diurna estiva al suolo (LST) (°C) per gli anni dal 2018 al 2023 e numero di abitanti (2021) esposti per classi di densità delle superfici artificiali

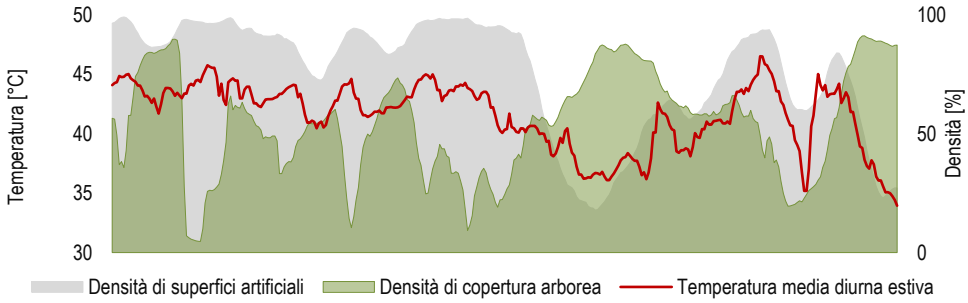


Figura 118. Profilo della temperatura valutato sulle classi di densità di superfici artificiali e copertura arborea lungo la sezione A-B nell'area della provincia di Roma. Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

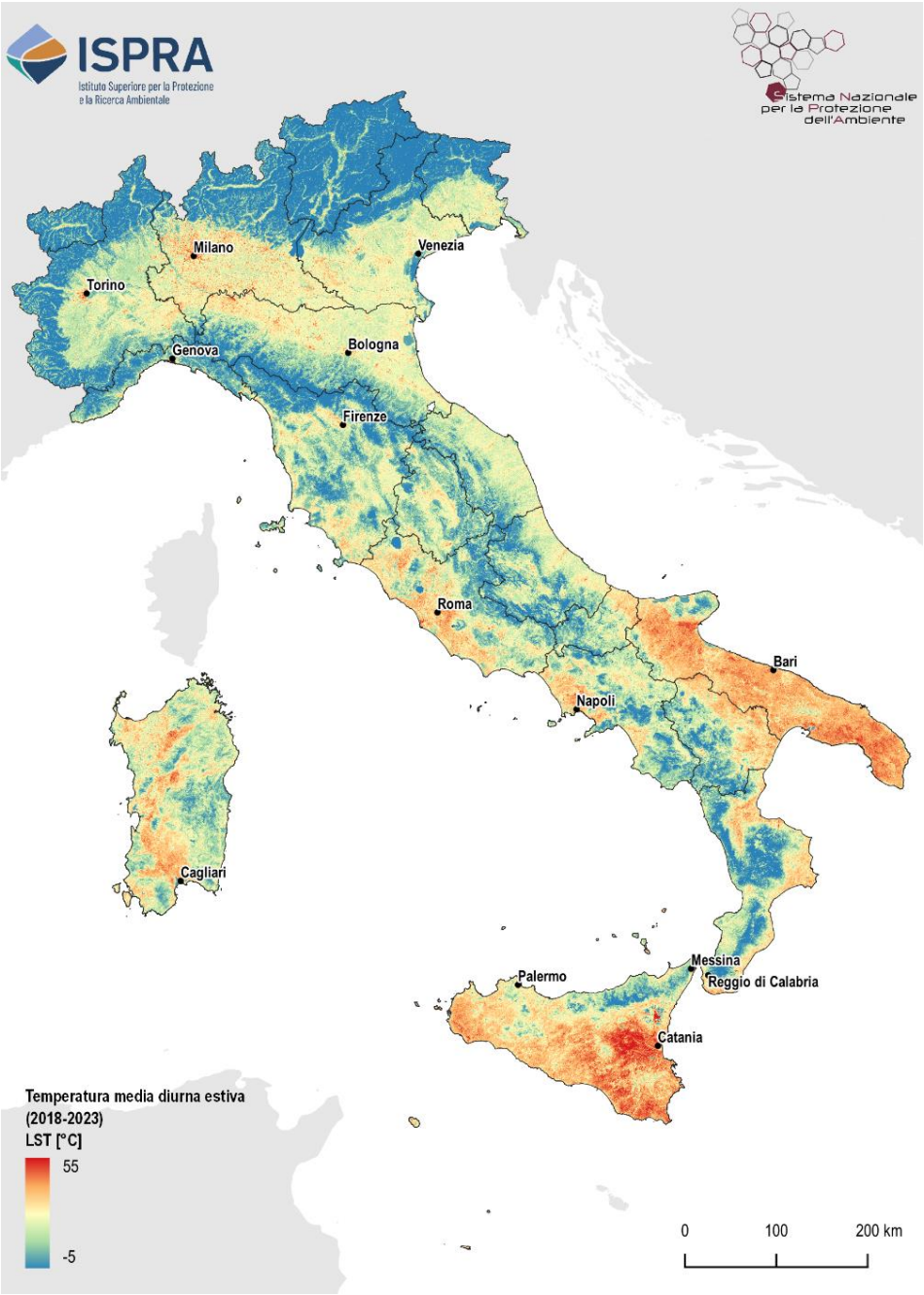


Figura 119. Temperatura (LST) media diurna estiva al suolo [°C] per gli anni dal 2018 al 2023. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

IMPATTO SU AREE AD ALTO VALORE ECOLOGICO E AD ALTA FRAGILITÀ AMBIENTALE E PERDITA DI ECOSISTEMI

Aree ad alto valore ecologico e ad alta fragilità ambientale

Gli indicatori derivati dalla Carta della Natura sintetizzano gli obiettivi della legge quadro in merito alla segnalazione dei "valori naturali" e dei "profili di vulnerabilità" e sono, rispettivamente, il "valore ecologico" e la "fragilità ambientale". L'indice di valore ecologico esprime il valore naturale di un biotopo dal punto di vista ambientale e mette in evidenza aree in cui sono presenti aspetti peculiari di naturalità del territorio; l'indice di fragilità ambientale, invece, esprime il livello di vulnerabilità ponendo in risalto i biotopi che, a causa della compresenza di determinati fattori naturali e disturbi antropici, risultano più sensibili. Entrambi vengono rappresentati a livello cartografico tramite una suddivisione del territorio in cinque classi: molto bassa, bassa, media, alta e molto alta. I valori di suolo consumato (Tabella 104 e Tabella 105) e di consumo di suolo (Tabella 106 e Tabella 107) mostrano una maggiore artificializzazione nelle aree a basso e molto basso valore ecologico (5,22% e 5,48% rispettivamente, con un massimo di oltre il 25% nelle aree a molto basso valore della Liguria), ma anche in quelle a alta e molto alta fragilità ambientale (3,79 e 5,29%). In tali aree si concentra anche la maggior parte dei nuovi cambiamenti, con un massimo di 420,8 ettari nelle aree a basso valore ecologico della Campania e 418,3 ettari nelle aree a molto bassa fragilità ambientale dell'Emilia-Romagna; i cambiamenti in aree a molto alto valore ecologico e molto alta fragilità ambientale sono limitati (50,5 ettari e 34,1 ettari rispettivamente). Pur tenendo conto di fattori di scala tra le carte, le analisi del consumo di suolo rispetto ai tipi di paesaggio, ma anche rispetto alle classi di valore ecologico e di fragilità ambientale, mostrano che il consumo di suolo insiste soprattutto su paesaggi, habitat ed ecosistemi accessibili, e dunque su pianure e aree collinari. Nelle aree a maggior disturbo antropico possono rimanere lembi residuali con un discreto livello di naturalità, alto livello di fragilità e alto rischio di artificializzazione.

Tabella 104. Suolo consumato per classi di valore ecologico, espresso in percentuale sulla superficie della classe, rispetto al livello nazionale e regionale (2023)

Regione	Suolo consumato 2023 (%)				
	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Piemonte	-	3,47	4,01	2,40	0,88
Valle d'Aosta	1,13	4,32	0,48	1,81	0,67
Lombardia	10,63	8,51	8,00	8,43	12,56
Trentino-Alto Adige	9,47	1,97	4,40	2,74	2,73
Veneto	8,32	9,37	6,07	3,02	0,95
Friuli-Venezia Giulia	4,17	10,64	2,56	1,46	0,82
Liguria	25,13	10,05	2,50	1,78	2,08
Emilia-Romagna	3,76	5,54	2,21	1,73	0,77
Toscana	3,96	5,31	1,72	1,49	1,85
Umbria	4,58	4,86	1,00	1,27	0,98
Marche	4,13	2,99	1,89	1,35	0,77
Lazio	7,49	6,02	2,15	1,32	0,90
Abruzzo	5,68	5,17	1,30	0,94	0,91
Molise	3,90	2,86	1,82	1,69	0,90
Campania	11,09	7,06	2,61	1,55	0,64
Puglia	6,05	5,11	3,41	3,33	1,30
Basilicata	2,31	3,19	2,06	1,30	0,77
Calabria	2,31	8,38	3,13	3,89	3,06
Sicilia	11,84	4,67	4,06	2,17	1,16
Sardegna	2,54	3,66	1,37	0,83	0,76
Italia	**5,48**	**5,22**	**2,29**	**1,86**	**1,16**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

Tabella 105. Suolo consumato per classi di fragilità ambientale, espresso in percentuale sulla superficie della classe, rispetto al livello nazionale e regionale (2023)

Regione	Suolo consumato 2023 (%)				
	Molto basso	Basso	Medio	Alto	Molto alto
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	0,11	1,69	3,83	5,95	9,29
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	5,29	6,97	3,47	2,92	8,41
Friuli-Venezia Giulia	1,60	3,54	4,15	3,24	3,01
Liguria	5,64	2,28	3,03	7,71	9,74
Emilia-Romagna	3,41	2,95	2,64	3,84	2,26
Toscana	3,30	2,72	2,86	4,07	6,22
Umbria	4,63	1,89	1,25	2,96	1,92
Marche	3,29	2,37	3,54	8,08	12,64
Lazio	4,16	4,33	4,21	5,87	9,53
Abruzzo	3,16	2,54	2,13	8,65	6,59
Molise	2,70	2,65	1,41	3,16	6,30
Campania	5,71	4,12	5,07	2,77	7,91
Puglia	4,84	3,43	2,78	5,17	3,58
Basilicata	2,66	1,76	1,97	2,25	5,93
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	4,60	3,63	2,15	4,64	6,02
Sardegna	1,88	1,75	2,81	2,28	2,86
Italia	**3,81**	**3,33**	**3,03**	**3,79**	**5,29**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

Tabella 106. Consumo di suolo (2022-2023) per classi di valore ecologico, espresso in ettari e in variazione percentuale sul suolo consumato al 2022, rispetto al livello nazionale e regionale

Regione	Consumo di suolo 2022 - 2023									
	Molto basso		Basso		Medio		Alto		Molto alto	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Piemonte	-	-	0	0,02	1	0,04	5	0,11	0	0,11
Valle d'Aosta	-	-	1	0,29	2	0,38	7	0,23	-	-
Lombardia	30	0,19	10	0,39	0	0,01	31	0,27	3	0,20
Trentino-Alto Adige	-	-	1	1,22	7	1,28	9	0,26	6	0,23
Veneto	351	0,52	50	0,65	9	0,24	35	0,37	7	0,20
Friuli-Venezia Giulia	68	0,82	17	0,27	1	0,11	15	0,39	4	0,27
Liguria	2	0,17	7	0,07	4	0,13	8	0,16	0	0,01
Emilia-Romagna	411	1,09	38	0,27	35	0,43	16	0,25	2	0,74
Toscana	41	0,60	154	0,4	23	0,35	48	0,40	2	0,15
Umbria	11	0,38	56	0,31	3	0,16	3	0,19	1	0,15
Marche	139	0,72	4	0,24	8	0,23	8	0,45	0	-0,19
Lazio	116	0,53	217	0,63	19	0,40	7	0,15	2	0,19
Abruzzo	35	0,36	82	0,58	8	0,28	9	0,32	3	0,38
Molise	-1	-0,07	-19	-0,39	2	0,13	3	0,18	-1	-0,23
Campania	36	0,82	421	0,89	16	0,41	17	0,44	1	0,16
Puglia	1	0,37	273	0,42	32	0,39	20	0,54	9	0,43
Basilicata	17	0,38	60	0,69	26	0,51	9	0,28	0	0,03
Calabria	0	0,15	-	-	-	-	1	0,04	-	-
Sicilia	4	0,14	309	0,53	89	0,42	36	0,35	6	0,29
Sardegna	28	0,64	271	1,22	32	0,30	42	0,94	5	0,28
Italia	**1.289**	**0,61**	**1.952**	**0,55**	**316**	**0,34**	**329**	**0,33**	**51**	**0,23**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

Tabella 107. Consumo di suolo (2022-2023) per classi di fragilità ambientale, espresso in ettari e in variazione percentuale sul suolo consumato al 2022, rispetto al livello nazionale e regionale

Regione	Consumo di suolo 2022 - 2023									
	Molto basso		Basso		Medio		Alto		Molto alto	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Piemonte	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Valle d'Aosta	2	0,88	4	0,2	3	0,24	1	0,17	-	-
Lombardia	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trentino-Alto Adige	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Veneto	216	0,59	220	0,46	13	0,26	2	0,08	0	0,22
Friuli-Venezia Giulia	34	0,77	41	0,45	15	0,36	14	0,53	0	0,16
Liguria	8	0,08	7	0,12	6	0,26	0	0,01	-	-
Emilia-Romagna	418	0,79	67	0,55	15	1,08	1	0,64	-	-
Toscana	112	0,41	97	0,38	35	0,37	22	0,73	1	0,50
Umbria	52	0,30	15	0,28	5	0,36	1	0,13	-	-
Marche	132	0,80	16	0,24	10	0,34	2	0,25	-	-
Lazio	196	0,47	147	0,71	10	0,27	7	0,60	1	0,47
Abruzzo	87	0,43	39	0,50	8	0,48	3	0,62	-	-
Molise	-31	-0,65	10	0,52	3	0,18	1	0,10	0	0,60
Campania	137	0,54	119	0,69	219	1,46	13	0,61	4	0,70
Puglia	252	0,40	51	0,42	15	0,45	17	1,05	2	0,57
Basilicata	35	0,32	58	0,93	12	0,36	7	0,63	1	0,69
Calabria	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Sicilia	193	0,49	205	0,46	30	0,51	11	0,25	6	1,33
Sardegna	102	0,55	134	0,65	120	3,39	3	0,39	20	16,10
Italia	**2.005**	**0,48**	**1.273**	**0,48**	**519**	**0,77**	**106**	**0,42**	**34**	**1,45**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA e dati Landsat 8, Landsat 9 e MODIS

Impatti sugli ecosistemi naturali e semi-naturali

La nuova "Carta degli Ecosistemi d'Italia V2.0" (Blasi *et al.*, 2017; Blasi *et al.*, 2023) ha consentito di valutare la distribuzione delle coperture artificiali e le pressioni esercitate dai nuovi cambiamenti sugli 85 ecosistemi naturali e semi-naturali individuati sul territorio italiano (44 forestali, 8 arbustivi, 8 prativi, 7 erbacei radi o privi di vegetazione, 11 acquatici e 7 igrofili). Su questi ecosistemi, tra l'altro, è stata applicata nel 2021 la valutazione di rischio che ha permesso di ottenere, secondo i criteri stabiliti dall'IUCN, la Lista Rossa degli ecosistemi d'Italia che rappresenta uno strumento complementare alle Liste Rosse compilate a livello di specie e di habitat. Il consumo di suolo è uno dei fattori di pressione considerati per la valutazione della degradazione ambientale (criterio C) e quindi dello stato di rischio degli ecosistemi nelle cinque province ecoregionali e di conseguenza a scala nazionale (Capotorti *et al.*, 2020); in questo senso, l'attività di mappatura annuale del consumo di suolo è un utile strumento per il monitoraggio dello stato di conservazione degli ecosistemi, supportando l'aggiornamento costante delle valutazioni già in essere.

Benché la percentuale di superficie interessata dalla presenza di suolo consumato sia limitata nella maggior parte degli ecosistemi naturali e semi-naturali (Tabella 108), analizzando i singoli ecosistemi si hanno valori superiori alla media nazionale negli ecosistemi psammofili nord adriatici (classe F1; 12,41%), peninsulari (classe F2; 15,21%), e delle Isole maggiori (classe F3; 8,52%) nonché negli ecosistemi idrofitici, dulcicoli e lentici, della Pianura Padana (classe G9; 15,83%) e negli ecosistemi idrofitici, dulcicoli, lotici e di sorgente alpini (G12; 7,49%). Da evidenziare che F1, F2 e F3 sono considerati a rischio nella Lista Rossa degli ecosistemi d'Italia; nello specifico, F1 e F2 sono valutati CR (*Critically Endangered* ovvero in pericolo critico) mentre F3 come EN (*Endangered* ovvero in pericolo).

Valori maggiori del 5% interessano le classi C34 riferibili alle pinete costiere nord adriatiche (5,56%) e G1 riferibili agli ecosistemi igrofili, ripariali (localmente glareicoli) e di torbiera, dulcicoli e alpini (5,12%).

Infine, superano la soglia del 3% i seguenti ecosistemi: C26 (ecosistemi forestali e arbustivi ripariali, alpini e prealpini; 3,52%), E3 (ecosistemi arbustivi, collinari delle Alpi e planiziali della Pianura Padana; 3,01%), G14 (ecosistemi idrofitici, dulcicoli, lotici, peninsulari; 3,27%), G15 (ecosistemi idrofitici, dulcicoli, lotici, delle Isole maggiori; 3,12%) e C30 (Ecosistemi forestali, alpini e prealpini, a latifoglie alloctone; 3,52%). Rispetto agli ecosistemi igrofili e acquatici (codici G) si tratta spesso di contesti ad elevato valore conservazionistico anche in ragione della loro scarsa estensione e che andrebbero attenzionati con strumenti di valutazione puntuali. La densità di cambiamenti conferma la maggiore pressione a cui sono sottoposti gli ecosistemi costieri sabbiosi e gli ecosistemi legati alle zone umide/ripariali.

Tabella 108. Sintesi dei dati su suolo consumato e consumo di suolo annuale per ecosistemi

Ecosistema	Suolo consumato 2023		Consumo di suolo 2022-2023 (ha)	Densità di consumo di suolo 2022-2023 (m²/ha)
	(ha)	(%)		
Ecosist. forestali di latifoglie sempreverdi (C1-C4)	6.709	0,88	6,9	0,09
Ecosist. forestali di latifoglie decidue (C5 – C33)	69.946	1,30	117,7	0,22
Ecosist. forestali di aghifoglie (C34 – C43)	16.572	0,95	51,3	0,29
Ecosist. erbacei (D1 – D8)	13.268	0,76	47,8	0,27
Ecosist. arbustivi (E1 – E8)	26.308	1,23	86,1	0,40
Ecosist. erbacei radi/privi di vegetazione (F1 – F7)	1.846	0,36	0,2	-
Ecosist. igrofili (G1 – G7)	3.610	2,18	36,3	2,20
Ecosist. acquatici (G8 – G18)	3.786	1,17	2,0	0,06
Totale	**142.045**	**1,11**	**348,3**	**0,27**

Fonte: elaborazione ISPRA su dati Blasi et al., 2023 e cartografia SNPA

PERDITA DI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO

La valutazione dell'impatto che i cambiamenti di uso e copertura del suolo hanno sulla capacità di un suolo naturale o agricolo di fornire servizi ecosistemici, in particolare quando si assiste alla variazione da una copertura naturale o agricola a una artificiale, è utile al fine del riconoscimento del valore del suolo per la regolazione dei principali processi ambientali, per la produzione di cibo e prodotti agricoli, per supportare la biodiversità e per il benessere della popolazione.

Considerando l'obiettivo dell'inserimento della protezione delle funzioni del suolo nella pianificazione territoriale, è necessario richiamare l'attenzione anche sull'importanza della quantificazione biofisica dei servizi (dallo scorso anno non riportata) e, in particolare, su quella di considerare una gerarchia nei servizi, individuando servizi prioritari come quelli di regolazione. Ciò perché troppo spesso, nella valutazione economica, ad esempio, i servizi di regolazione sono meno considerati a causa della difficoltà di valutazione. Si vuole richiamare infine, per una corretta interpretazione dei dati forniti, il fatto che la valutazione economica viene fornita come supporto alla comprensione della dimensione dell'impatto ambientale prodotto con il consumo di suolo e che questi valori rappresentano intrinsecamente una sottostima del valore delle risorse naturali. Di conseguenza, generare un modello di compensazione basato su tali valori deve essere considerato insufficiente dal punto di vista della protezione ambientale. Tali valutazioni, infatti, possono sicuramente aiutare ad aumentare l'attenzione sulle risorse naturali[77] attraverso una considerazione articolata dei valori in gioco, monetari e no, ma non devono portarci a ridurre il valore della Natura a un unico criterio monetario, che ha in sé delle buone ragioni come, ad

[77] È utile, comunque, ricordare che molti ritengono, per dirla con le parole di George Monbiot, che "illusoria è l'aspettativa che si possa difendere il mondo vivente applicando la stessa mentalità che lo sta distruggendo. Idee come quella che la natura esista per servire a noi; che il suo valore stia nei benefici strumentali che possiamo estrarne; che questo valore possa essere misurato in moneta contante; e che ciò che non può essere misurato non ha importanza, si sono dimostrate letali per il resto della vita sulla Terra" (Femia e Monbiot, 2018).

esempio, la capacità di mostrare il valore di una risorsa con un codice a tutti noto, ma rischia di alimentare un perverso e incancellabile retropensiero secondo il quale, in fondo, ogni risorsa è una merce con un prezzo e, quindi, con un possibile mercato di scambio che non può tenere in conto il vero valore e il concetto di incommensurabilità della Natura (Pileri *et al.*, 2018).
Al fine di valutare l'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici, sono stati analizzati i flussi annui e gli stock del capitale naturale perso a causa delle trasformazioni rilevate nel monitoraggio SNPA. Nei precedenti rapporti la valutazione economica dei servizi ecosistemici persi a causa del consumo di suolo è stata eseguita con analisi spaziali, utilizzando la cartografia ad alta risoluzione di copertura del suolo prodotta da ISPRA attraverso la mosaicatura degli strati ad alta risoluzione di Copernicus, integrati con la serie storica della carta nazionale del consumo di suolo, e utilizzando dei modelli spazialmente espliciti[78]. Da tali valutazioni si è individuata la perdita di servizi ecosistemici che mediamente è da attribuire a una singola unità di superficie a causa dell'intervento antropico. Il consumo di suolo 2022-2023 è stato, quindi, moltiplicato per il valore medio per ettaro[79] dei dati nazionali e i risultati sono stati sommati alla serie storica.
L'analisi del flusso di servizi ecosistemici evidenzia che l'impatto economico del consumo di suolo in Italia produce perdite annuali che si confermano molto elevate.
La stima dei costi totali della perdita del flusso annuale di servizi ecosistemici varia da un minimo di 8,22 a un massimo di 10,06 miliardi di euro, persi ogni anno a causa del consumo di suolo avvenuto tra il 2006 e il 2023 (Tabella 109). Il valore più alto di perdita è associato al servizio di regolazione del regime idrologico, ovvero all'aumento del deflusso superficiale prodotto dal consumo di suolo e a cui sono associati valori di perdita del flusso annuale tra il 2006 e il 2023 compresi tra da un minimo di 7,6 miliardi a un massimo di 8,9 miliardi di euro l'anno. Analogamente, a questo servizio è connesso anche il valore più alto di perdita tra il 2022 e il 2023 (Tabella 110), mentre complessivamente nell'ultimo anno si stima una perdita del flusso di servizi ecosistemici che varia da un minimo di 410 a un massimo di 501 milioni di euro l'anno.

Tabella 109. Valutazione economica della perdita di flussi di servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2023

Servizi ecosistemici	Valore minimo (€/anno)	Valore medio (€/anno)	Valore massimo (€/anno)
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-847.267	-2.660.603	-4.473.939
Qualità degli habitat	-50.976.780	-50.976.780	-50.976.780
Produzione agricola	-385.670.531	-385.670.531	-385.670.531
Produzione di legname	-113.522.368	-113.522.368	-113.522.368
Impollinazione*	-24.381.516	-28.467.749	-32.553.979
Regolazione del microclima	-11.966.702	-29.916.753	-47.866.807
Rimozione particolato e ozono	-5.280.943	-10.663.123	-16.045.301
Disponibilità di acqua	-7.693.417	-96.167.712	-184.642.007
Regolazione del regime idrologico	-7.618.723.584	-8.248.538.067	-8.878.352.550
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	-1.163.862	-166.594.655	-332.025.450
Totale	**-8.220.226.967**	**-9.133.178.340**	**-10.046.129.711**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

[78] Per approfondimenti sulla metodologia si rimanda all'edizione 2022 del rapporto (Munafò, 2022).
[79] La perdita economica del flusso annuale dei servizi ecosistemici è stimata in un valore medio di 70.835 €/ha, mentre la perdita di *stock* è stimata in un valore medio di 171.277 €/ha.

Tabella 110. Valutazione economica della perdita di flussi di servizi ecosistemici tra il 2022 e il 2023

Servizi ecosistemici	Valore minimo (€/anno)	Valore medio (€/anno)	Valore massimo (€/anno)
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-42.315	-132.878	-223.440
Qualità degli habitat	-2.545.915	-2.545.915	-2.545.915
Produzione agricola	-19.261.404	-19.261.404	-19.261.404
Produzione di legname	-5.669.606	-5.669.606	-5.669.606
Impollinazione*	-1.217.677	-1.421.754	-1.625.832
Regolazione del microclima	-597.649	-1.494.122	-2.390.595
Rimozione particolato e ozono	-263.744	-532.545	-801.345
Disponibilità di acqua	-384.230	-4.802.869	-9.221.509
Regolazione del regime idrologico	-380.499.153	-411.953.749	-443.408.346
Purificazione dell'acqua dai contaminanti	-58.126	-8.320.177	-16.582.227
Totale	**-410.539.818**	**-456.135.018**	**-501.730.218**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Il valore perso in stock nel periodo 2006-2023 varia tra 19,47 miliardi e 24,69 miliardi di euro, di cui quasi di un miliardo dovuto al consumo di suolo dell'ultimo anno (Tabella 111, Tabella 112). La perdita di stock più elevata è associata alla produzione agricola. Questa analisi conferma che il maggiore impatto del consumo di suolo avviene a discapito delle principali funzioni ovvero della regolazione dei cicli naturali (in particolare quello idrologico) e della produzione di beni e materie prime (che, in questo caso, assolvono bisogni primari come acqua e cibo).

Tabella 111. Valutazione economica della perdita di stock di servizi ecosistemici tra il 2006 e il 2023

Servizi ecosistemici	Valore minimo (€)	Valore medio (€)	Valore massimo (€)
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-187.103.203	-587.544.736	-987.986.267
Produzione agricola	-19.197.676.410	-21.405.979.368	-23.614.282.326
Produzione di legname	-90.187.183	-90.187.183	-85.088.687
Totale	**-19.474.966.796**	**-22.083.711.288**	**-24.692.455.776**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

Tabella 112. Valutazione economica della perdita di stock di servizi ecosistemici tra il 2022 e il 2023

Servizi ecosistemici	Valore minimo (€)	Valore medio (€)	Valore massimo (€)
Stoccaggio e sequestro di carbonio	-9.344.428	-29.343.534	-49.342.640
Produzione agricola	-958.782.600	-1.069.071.075	-1.179.359.550
Produzione di legname	-4.504.186	-4.504.186	-4.504.186
Totale	**-972.631.213**	**-1.102.918.794**	**-1.233.206.376**

Fonte: elaborazione ISPRA su cartografia SNPA

DEGRADO DEL SUOLO E DEL TERRITORIO

LAND DEGRADATION

Il progetto pilota sulla *Land Degradation Neutrality* (LDN), promosso dal Segretariato della Convenzione delle Nazioni Unite per la lotta alla desertificazione (UNCCD) e il programma LDN *Target Setting* lanciato dallo stesso Segretariato hanno lo scopo di aiutare e affiancare i Paesi nell'individuazione dei target volontari di LDN e nella definizione delle misure associate per il raggiungimento del target 15.3 degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG), da valutare attraverso l'evoluzione della "Percentuale di territorio degradato su superficie totale del territorio" (cfr. § *Consumo, copertura, uso e degrado del suolo*).

La complessità del degrado del suolo e del territorio implica la necessità di valutare molti fattori che siano rappresentativi di contesti pedogenetici estremamente eterogenei ed è per questi motivi che la metodologia di valutazione è ancora oggetto di dibattito scientifico. L'UNCCD (UNCCD, 2016; UNCCD, 2017; UNCCD, 2021) raccomanda l'utilizzo combinato di tre sub-indicatori: la copertura del suolo e suoi cambiamenti nel tempo, la produttività del suolo, il contenuto in carbonio organico (*Soil Organic Carbon*, SOC), suggerendo comunque la possibilità di integrare altri sotto indicatori specifici a livello di singolo Paese. La Commissione Statistica delle Nazioni Unite ha definito l'indicatore 15.3.1 per il monitoraggio del Target 15.3 degli SDGs come percentuale di aree degradate del territorio nazionale, basandosi sulla metodologia usata dalla UNCCD, organismo internazionale di riferimento per quanto riguarda il target 15.3.

Il degrado viene valutato analizzando la variazione dei sotto indicatori considerando come riferimento temporale una baseline (2000-2015) e un periodo di *reporting* (2004-2019). Il degrado complessivo viene derivato dall'integrazione dei diversi sotto indicatori con il criterio *One Out, All Out* (UNCCD, 2021). La valutazione è comunque da considerarsi parziale, in quanto non sono stati considerati altri importanti fenomeni di degrado del suolo, particolarmente evidenti e incisivi nel contesto italiano, quali la salinizzazione, la contaminazione, la compattazione, etc., che andrebbero quindi ad aumentare l'effettiva superficie degradata.

La mancanza di queste informazioni, legata anche all'assenza di una rete di monitoraggio nazionale sui suoli, rende dunque parziale e incompleta la valutazione effettuata. Tuttavia, l'approccio seguito in questo rapporto ricalca la metodologia proposta in ambito internazionale, cercando di utilizzare e valorizzare banche dati nazionali e comunitarie in sostituzione di *dataset* globali di minor dettaglio.

I risultati dell'indicatore di degrado sono stati ottenuti tramite elaborazioni raster tra i *dataset* di *input* di *Land Cover*, Produttività, Contenuto del Carbonio Organico nel Suolo e Carta del Consumo di Suolo (in diverse annualità) utilizzando per alcuni sottoindicatori l'estensione *Trends.Earth*, che permette di processare serie storiche di indici e variabili da immagini satellitari, utilizzando i servizi di elaborazione e il *database* in *cloud* di *Google Earth Engine*.

DEGRADO DOVUTO AI CAMBIAMENTI DI COPERTURA DEL SUOLO

Le carte nazionali delle aree in degrado a causa di cambiamenti di copertura del suolo sono state derivate nel periodo di *baseline* (2000-2015) e nel successivo periodo di *reporting* (2004-2019). Per entrambi i periodi di riferimento sono stati utilizzati gli strati informativi relativi ai cambiamenti di copertura/uso del suolo, ottenuti da *Corine Land Cover* 2000-2012 e 2012-2018 aggiornando rispettivamente al 2015 e al 2019 le superfici artificiali derivanti dalla carta a 10 metri del consumo SNPA e inserendo come ulteriore causa di degrado le transizioni da suolo non consumato a suolo consumato avvenute

nei rispettivi periodi. Le 44 classi della legenda al terzo livello del CLC sono state opportunamente ricondotte alle 7 categorie adottate dall'UNCCD nei processi di *reporting* ambientale (foreste, prati e pascolo, aree agricole, aree artificiali, suolo nudo, corpi idrici e zone umide). Si è preferito lavorare con i file dei cambiamenti per la migliore MMU rispetto all'aggiornamento sessennale proposto dal programma CLC (5 ha vs. 25 ha), adeguando la risoluzione al dettaglio spaziale di 10 metri della carta del consumo di suolo SNPA e sommando per il periodo di *baseline* i cambiamenti 2000-2006 con quelli 2006-2012. Per valutare i cambiamenti della copertura del suolo che potenzialmente causano degrado nei due periodi di riferimento è stata utilizzata una matrice di transizione tra classi di copertura modificata rispetto all'UNCCD (Tabella 113). Nella matrice di transizione viene definito il significato, in termini di degrado, di ogni transizione di copertura del suolo tra il periodo iniziale ed il periodo finale (2000-2015 e 2016-2019). Gli elementi indicati in rosso (segno -) sono identificati come degrado nell'output finale, quelli in bianco (zero) sono identificati come stabili, e in verde (segno +) sono indicati come miglioramento. Ad esempio, la transizione da foreste nel 2000, a qualsiasi altra classe di copertura nel 2015 viene considerata come causa di degrado.

Tabella 113. Matrice di transizione di copertura del suolo nei due periodi di riferimento (rosso = degrado, bianco = stabile, verde = miglioramento)

		Copertura del suolo finale						
		Foreste	Prati-pascolo	Aree agricole	Aree artificiali	Suolo nudo	Zone umide	Corpi Idrici
Copertura del suolo iniziale	Foreste	0	-	-	-	-	-	0
	Prati-pascolo	+	0	-	-	-	-	0
	Aree agricole	+	+	0	-	-	-	0
	Aree artificiali	+	+	+	0	+	+	0
	Suolo nudo	+	+	+	-	0	+	0
	Zone umide	-	-	-	-	-	0	0
	Corpi idrici	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: ISPRA

DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI PRODUTTIVITÀ

La produttività del suolo è definita come la capacità di trasformazione da parte degli organismi autotrofi (anche detti produttori primari) di carbonio organico atmosferico in biomassa. La produttività primaria netta (NPP) è la quantità netta di carbonio assimilata tramite fotosintesi in un determinato periodo di tempo (Clark *et al.*, 2001) ed è tipicamente rappresentata in unità come kg/ha/anno.
Lo standard internazionale per il calcolo della NPP (gC/m²/giorno) è stato stabilito nel 1999 dalla NASA in previsione del lancio del sensore MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) a partire da dati multitemporali di riflettanza delle superfici, tenendo conto delle varie tipologie climatiche e vegetazionali.
L'indicatore più comunemente usato come proxy per la NPP è l'Indice di vegetazione differenziale normalizzato (NDVI), calcolato utilizzando le informazioni spettrali dalle bande del rosso e del vicino infrarosso. I dati sono stati processati con l'ausilio del *plugin Trends.Earth* implementato all'interno del *software* QGIS, che utilizza prodotti MODIS e AVHRR per calcolare integrali annuali di NDVI, alla base del calcolo degli indicatori di produttività.

La variazione del potenziale degrado del suolo dovuto alla perdita di produttività è valutata utilizzando tre sotto indicatori derivati dai dati delle serie temporali MODIS per la valutazione dello stato di *baseline* (2000-2015) e per il successivo periodo di monitoraggio (2004-2019). Il metodo, ad oggi, che fornisce la rappresentazione più consistente della risposta della produttività alle variazioni di umidità del suolo è la *Water Use Efficiency* (WUE) (Ponce-Campos *et al.*, 2013;) che assumendo la precipitazione su un'area come totalmente assimilabile da suolo e vegetazione, tiene conto del bilancio idrico tra quest'ultima e *run-off* (ruscellamento superficiale), *groundwater recharge* (ricarica della falda, infiltrazione) evaporazione ed eventuali variazioni del contenuto d'acqua dovuto a prelievi o immissioni. Dal bilancio è ottenuta l'evapotraspirazione che concorre proporzionalmente al calcolo della produttività, avendo Ponce-Campos *et al.* (2013) dimostrato la dipendenza lineare tra produzione primaria e quest'ultima per pascoli, praterie e foreste, dipendenza in seguito estesa e dimostrata valida anche per le aree coltivate (Steduto *et. al*, 2012) Per lo studio dell'indicatore per l'Italia è stato utilizzato il dataset di MODIS di evapotraspirazione disponibile per l'intera serie temporale MODIS e utilizzabile tramite l'estensione *Trends.Earth* in connessione con *Google Earth Engine*.
Ad affiancare le statistiche di variazione della produttività secondo quanto appena detto, si è scelto di utilizzare indicatori di stato e performance secondo i valori medi annuali di NDVI sulle stesse immagini MODIS.
La *WUE,* come già detto, è utilizzata come indicatore *proxy* del tasso di variazione della produttività primaria nel tempo. In questo modo sono state identificate le aree in cui si sono verificati cambiamenti sostanziali della NPP per i due periodi di analisi: tendenze positive indicano un potenziale miglioramento delle condizioni del terreno, mentre tendenze negative un potenziale degrado. Nel presente studio si è utilizzata la serie storica MODIS (MOD16A2 v006) dal 2001 (dal 1° gennaio) al 2019 (31 dicembre) a risoluzione spaziale di 500m e temporale di 8 giorni.
Per la produttività, considerato l'apporto nullo in termini di degrado aggiuntivo e modesto nell'individuazione di zone di miglioramento, è stata considerata solamente la traiettoria valutata attraverso il sotto indicatore di WUE.

DEGRADO DOVUTO ALLA PERDITA DI CARBONIO ORGANICO DEL SUOLO

Il terzo sotto-indicatore per il monitoraggio del degrado del territorio quantifica le variazioni del carbonio organico nel suolo (SOC) in un periodo di riferimento[80]. I cambiamenti nel SOC sono particolarmente difficili da valutare per diversi motivi: l'elevata variabilità spaziale delle proprietà del suolo, la diversa frequenza dei monitoraggi nonché le differenti metodologie di indagine costituiscono i principali limiti nelle stime del SOC per la maggior parte del territorio. Per stimare i cambiamenti di carbonio organico nel suolo negli orizzonti più superficiali, sono stati utilizzati i dati di copertura del suolo del paragrafo precedente (*baseline*: 2000-2015 e periodo di *reporting*: 2016-2019) e la carta nazionale del carbonio organico realizzata nell'ambito delle attività della *Global Soil Partnership* (*Global Soil Organic Carbon Map* - FAO and ITPS, 2018), ottenuta dall'analisi di 6.748 profili stratigrafici collezionati dal 1990 al 2013 accompagnati da una serie di covariate (uso del suolo, dati pluviometrici, DTM, etc.).
Le elaborazioni relative all'indicatore di degrado dovuto alla perdita di carbonio organico nel suolo sono state realizzate tramite *Trends.earth*. utilizzando come strati informativi di riferimento per la copertura del suolo, gli stessi ottenuti per il sottoindicatore specifico.

[80] Rispetto alla valutazione della perdita di carbonio stoccato come servizio ecosistemico qui viene valutato esclusivamente il pool "suolo", e sono considerati gli effetti di tutte le variazioni di copertura del suolo, non solo quelle da non artificiale ad artificiale.

INDICATORE SDG 15.3.1

L'indicatore finale riassume le informazioni relative alla *baseline* e al periodo di *reporting* secondo la metodologia proposta dall'UNCCD per il calcolo dell'SDG 15.3.1 e tiene conto degli aggiornamenti ai metadati forniti da UNSD (2022) e aggiornati al 31 marzo 2022.
Per il periodo di *baseline* è prevista l'individuazione delle aree stabili o degradate, laddove solo uno dei tre subindicatori assume un valore in peggioramento (principio del "*One Out All Out*"). La percentuale di suolo degradato è legata, in questi casi, alla diminuzione della produttività e, in particolare, al valore assunto dal subindicatore della WUE. Il peso dell'indicatore risente, oltre che della risoluzione spaziale grossolana del dataset (500 m), del contributo distorsivo dei fattori climatici e dalle differenti risposte fenologiche, oltre che da fenomeni di disturbo di natura antropica a scala locale.
Nel calcolo della superficie degradata al 2019 (Tabella 116) è stata considerata come superficie complessiva la somma della superficie degradata al 2015 e quella degradata successivamente (periodo di *reporting* tra il 2004 e il 2019[81]). Nel computo totale sono considerate degradate anche le superfici consumate al 2019 e quelle degradate da baseline e non migliorate di condizione nel successivo periodo.
Nel confronto tra stime regionali è opportuno tener conto delle diverse condizioni geomorfologiche, climatiche e di uso del suolo che possono incidere nei tempi e nelle modalità di risposta alle cause di degrado. Nel periodo di *reporting*, la superficie nazionale considerata come degradata si attesta al 13,7%, è utile notare come nello stesso periodo la porzione di territorio nazionale che ha visto migliorare le sue condizioni in uno stato di non degradato ha raggiunto il 5,9%.
Tuttavia, le differenti stime regionali e di ripartizione rivelano comportamenti differenti, al centro migliorano le condizioni in maniera più decisa che nel resto del Paese.
Il calcolo finale dell'SDG 15.3.1 al 2019, considerando l'apporto del degrado di baseline e di periodo di *reporting* (o *progress*) combinati secondo schema di Tabella 114, stima la percentuale di territorio degradato per il livello nazionale al 21,2%. Considerato il bilancio secondo la formula indicata nelle linee guida dell'UNCCD, per il territorio nazionale il valore dell'indicatore SDG si attesta al 17,4%. La stima è stata revisionata nell'ultimo anno grazie alla correzione di alcuni valori nulli provenienti dalle elaborazioni sulle serie storiche MODIS. Valutando lo stesso indicatore al netto dei corpi idrici che possono incidere sulle superfici regionali anche con percentuali superiori al 5%, come nel caso del Veneto, le differenze, anche se di pochi punti percentuali consentono però di confrontare in maniera più coerente territori dalle diverse proporzioni tra suolo e acque interne.
In Tabella 114 sono inseriti i valori in ettari e in percentuale delle quote di territorio classificate come degradate, stabili e migliorate per il livello nazionale, in Tabella 116 quelli regionali. Limitandosi alla sola parte di degrado appare evidente la diversa condizione delle regioni centrali rispetto alle altre ripartizioni. Il Lazio e l'Umbria sono quelle che registrano la maggior parte del proprio territorio in condizioni di degrado (rispettivamente 35,4% e 33,8%), mentre la Sardegna è la Regione con la superficie degradata maggiore in termini assoluti con 641 mila ettari, di poco superiore al territorio degradato in Lazio (602 mila ettari). I valori dell'indicatore l'indicatore SDG 15.3.1 si ottengono sottraendo alla colonna degradato (Tabella 116), la componente di miglioramento del recente periodo con il valore massimo di quest'ultima frazione registrato per il Veneto (10,3%). Anche in questo caso, considerando il relativamente contenuto contributo del miglioramento, che per il territorio nazionale si attesta al +3,8%,

[81] L'intervallo temporale per la quantificazione del degrado "*baseline*" ha inizio il 1° gennaio 2000 e termine il 31 dicembre 2014. Il Periodo di monitoraggio analogamente inizia il 1° gennaio 2015 e termina il 31 dicembre 2019. Il *frame* annuale di rilevazione è quindi leggermente disallineato da quello adottato per il monitoraggio del consumo di suolo a cura di SNPA che ha come mese centrale di riferimento quello di maggio ±2 mesi, sulla base della disponibilità di immagini satellitari.

le regioni con la maggior porzione di territorio degradato sono Lazio (33,85%) e Umbria (32,75), seguite dalle Marche (28,32%)[82].

Tabella 114. Matrice di lettura delle transizioni tra i periodi di baseline e di reporting per l'assegnazione delle classi finali di degrado per il calcolo dell'indicatore SDG 15.3.1 secondo linee guida UNCCD e considerando le classi della carta nazionale del consumo di suolo e i cambiamenti intercorsi per gli anni relativi. In giallo le transizioni classificate come stabili, in verde il miglioramento e in rosso il degrado combinato. In bianco sono considerate le transizioni non verosimili

		Progress Period (*Reporting*) 2004-2019					
		Stabile	Degrado	Migliora-mento	Consumo suolo	Ripristino	Consumato
Baseline 2000-2015	Stabile						
	Degrado						
	Miglioramento						
	Consumo suolo						
	Ripristino						
	Consumato						

Tabella 115. SDG 15.3.1, risultati del calcolo dell'indicatore per il periodo di *Baseline*, del *progress period* e il valore combinato finale, come da linee guida di *reporting* UNCCD

	Degrado del suolo (ha)			Degrado del suolo (% sul territorio nazionale, esclusi i corpi idrici)		
	Baseline 2000-2015	*Progress Period* 2004-2019	Combinato 2019	*Baseline* 2000-2015	*Progress Period* 2004-2019	Combinato 2019
Italia	5.320.736	3.935.132	6.319.586	18,5	13,7	17,4

Tabella 116. Risultati calcolo indicatore SDG 15.3.1 per il livello nazionale e regionale

Regione	SDG 15.3.1 - 2019						
	Stabile	Degradato	Migliorato	Stabile	Degradato	Migliorato	SDG 15.3.1
	(ha)			(%)			
Piemonte	1.793.724	517.688	117.999	71,3	20,6	4,7	15,9
Valle d'Aosta	266.866	24.260	11.160	82,6	7,5	3,5	4,1
Lombardia	1.552.157	469.207	133.302	65,7	19,8	5,6	14,2
Liguria	388.000	115.993	12.984	72,3	21,6	2,4	19,2
Friuli-Venezia Giulia	585.588	100.081	45.893	74,7	12,8	5,9	6,9
Trentino-Alto Adige	1.152.037	87.021	67.125	85,5	6,5	5,0	1,5
Emilia-Romagna	1.448.202	581.009	126.495	65,0	26,1	5,7	20,4
Veneto	1.167.662	284.291	186.412	64,3	15,7	10,3	5,4
Umbria	525.237	283.050	8.965	62,8	33,8	1,1	32,7
Marche	620.280	276.090	14.659	67,2	29,9	1,6	28,3
Toscana	1.614.514	537.991	76.094	70,9	23,6	3,3	20,3
Lazio	1.019.360	602.448	25.904	59,9	35,4	1,5	33,9
Basilicata	785.962	175.133	20.424	79,5	17,7	2,1	15,6
Molise	315.913	114.258	8.619	71,9	26,0	2,0	24,0
Abruzzo	753.436	293.920	14.998	70,5	27,5	1,4	26,1
Calabria	1.174.528	198.277	94.191	78,7	13,3	6,3	7,0
Puglia	1.516.125	255.637	55.582	79,1	13,3	2,9	10,4
Campania	909.751	334.769	32.831	67,6	24,9	2,4	22,4
Sardegna	1.675.921	641.606	20.085	70,2	26,9	0,8	26,0
Sicilia	1.970.169	426.856	65.542	77,4	16,8	2,6	14,2
Italia	**21.278.374**	**6.319.586**	**1.139.264**	**71,3**	**21,2**	**3,8**	**17,4**

[82] Nell'interpretazione di ISPRA alle linee guida UNCCD per il calcolo finale dell'indicatore è stato adottato lo schema di tabella 139, è interessante notare come il cambio di classe tra degradato e stabile in condizione di degrado contribuisca per più del 5% al computo finale dell'indicatore SDG 15.3.1 che risulterebbe essere in tal caso del 12,9% per il 2019.

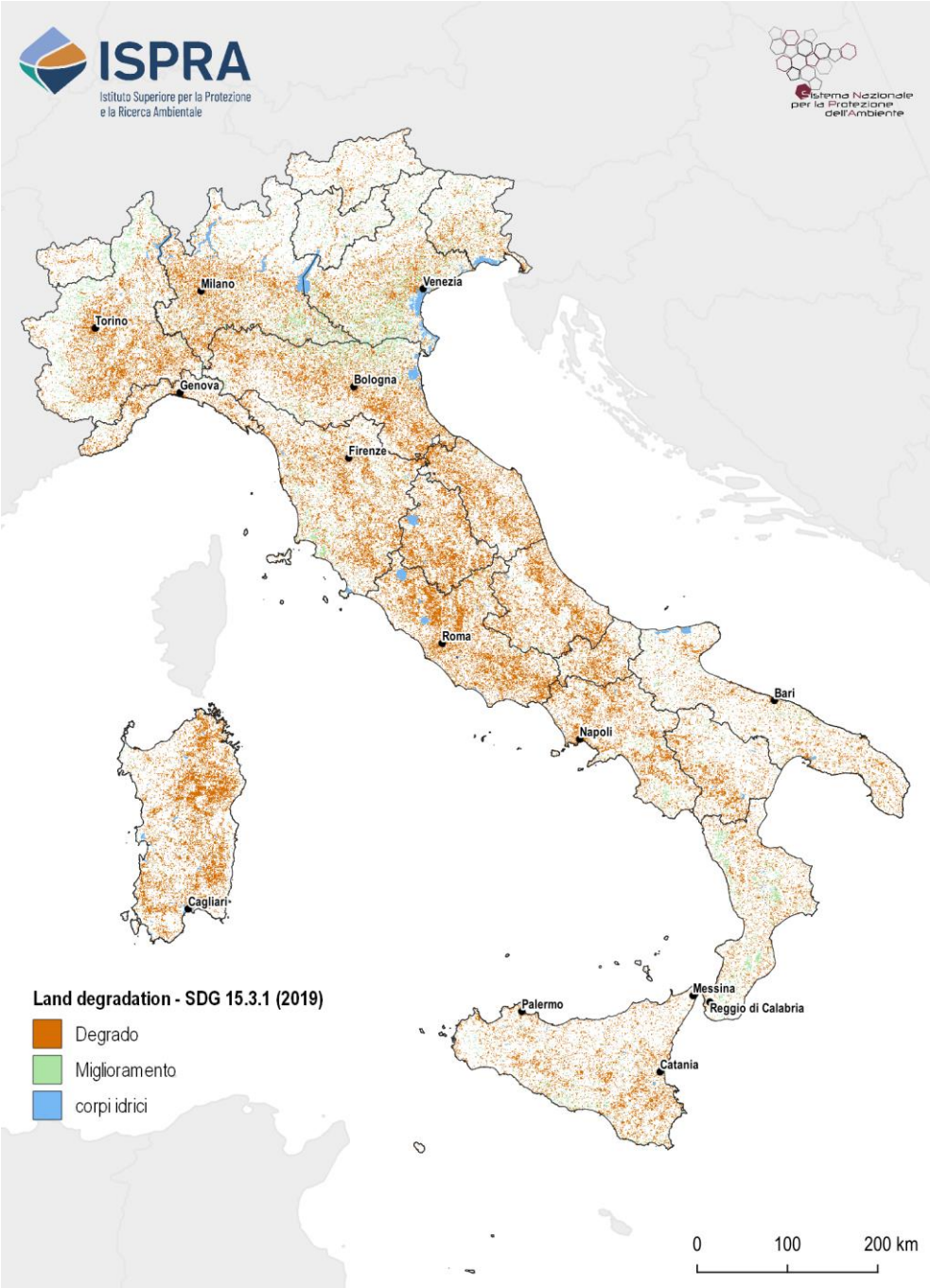


Figura 120. Aree degradate al 2019 secondo la metodologia di calcolo SDG 15.3.1

L'identificazione in forma binaria delle aree con tendenza al degrado è sicuramente uno strumento efficace per il confronto tra Paesi su scala globale. L'utilizzo delle fonti di *input* di maggior dettaglio disponibile ne consente l'applicazione per analisi anche su scala regionale. Tuttavia, può essere necessario un ulteriore sforzo di sintesi per l'identificazione di quelle aree *hotspot* del nostro paese nel quale il fenomeno del degrado è concentrato in maniera densificata. Attraverso l'algoritmo Getis-Ord Gi* è stata valutata la correlazione spaziale delle aree degradate e di quelle in miglioramento identificate dalla metodologia di calcolo dell'SDG 15.3.1 per il 2019. L'analisi esclude fenomeni di degrado isolati e determina invece, attraverso intervallo di confidenza, la presenza di cluster statisticamente rilevanti nel modello spaziale dei dati. Ricampionando il dato su una griglia di 1 km di lato sono state calcolate le variabili *Z-scores* e *P-values*, misure di significatività statistica combinate in seguito in classi di *Hotspot* di degrado e *Hotspot* di miglioramento (anche detti *Brightspot*) con livelli di confidenza variabili (90%, 95% e 99%). La Figura 121 restituisce il risultato dell'analisi degli *hotspot* e conferma le statistiche già presentate in forma tabellare, escludendo però porzioni di territorio interessate da degrado puntuale e non denso e differenziando al tempo stesso, per livelli di confidenza differenti i *brightspot* presenti nel nostro paese (nel delta del Po al confine tra Veneto ed Emilia-Romagna e sugli Appennini Calabri). Le aree degradate si sovrappongono a quelle maggiormente consumate negli ultimi anni, ma anche vaste aree a vocazione agricola della pianura padana occidentale, nel centro Italia concentrandosi lungo gli assi stradali principali e nella Sardegna orientale.

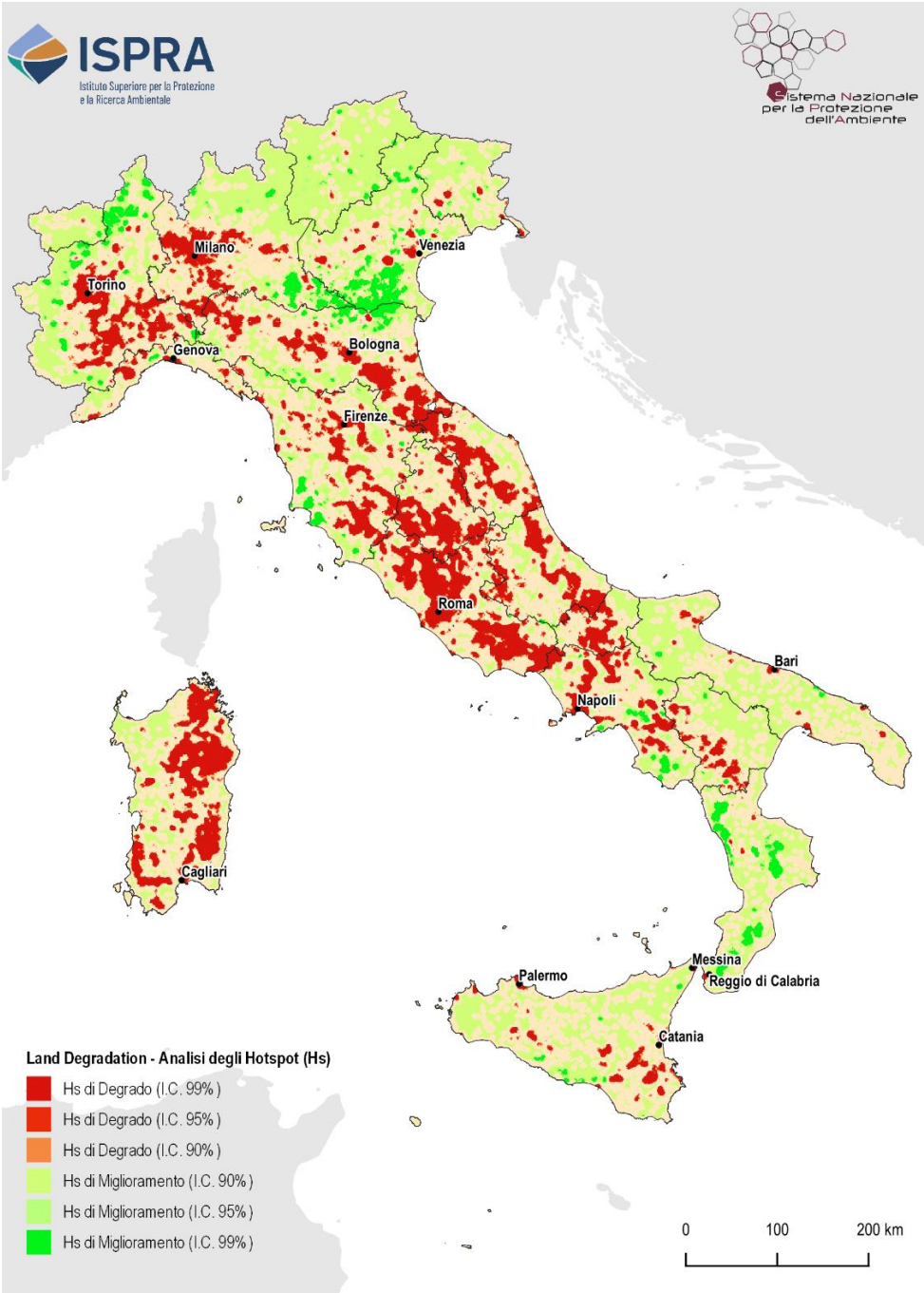


Figura 121. Zone Hotspot del degrado (gradazioni di rosso) e *brightspot* di miglioramento (gradazioni di verde), per il periodo di analisi 2000-2019 e Intervalli di Confidenza (I.C.) relativi. Fonte: elaborazioni ISPRA su dati MODIS, Copernicus, SNPA, FAO

ALTRI FATTORI DI DEGRADO

Il degrado del suolo è causato da vari fattori oltre quelli precedentemente analizzati, ma legati ad attività antropiche e ad effetti indiretti del consumo di suolo, che quindi devono essere considerati per completare la stima della superficie degradata. In particolare, sono stati considerati i seguenti fattori:

- la frammentazione;
- l'area di impatto potenziale del consumo di suolo;
- le aree ad alta e media densità di coperture artificiali;
- l'aumento di spazi non consumati di superficie inferiore a 1.000 m^2;
- la presenza di aree percorse dal fuoco negli ultimi anni.

Per la valutazione del degrado dovuto alla frammentazione è stata calcolata la differenza di *mesh density* tra le carte del 2006-2019 e 2019-2023. Quindi è stato definito il degrado come un aumento di *mesh density* maggiore di 10 (n° *meshes* per 1.000 km2) nel periodo di riferimento. Si è rilevato un aumento di 38.994 km^2 di superficie degradati a causa della frammentazione nel periodo 2006-2019 e circa 12.760 km^2 nel periodo 2019-2023.

L'area di impatto potenziale è stata calcolata considerando un buffer di 60 m rispetto al suolo consumato nei periodi 2006-2019 e 2019-2023, quindi è stato calcolato l'incremento di superficie impattata in questi periodi rispettivamente pari a 1.202 km^2 e 379 km^2.

Un ulteriore fattore di degrado è relativo alla densità delle coperture artificiali, in particolare quelle ad alta e media densità. Si nota un aumento di superfici degradate di oltre 3.100 km^2 nel periodo 2006-2019 e 741 km^2 nel periodo 2019-2023.

Un effetto del consumo di suolo è la frammentazione e la riduzione della dimensione degli spazi naturali e più in generale non artificiali, al di sotto di una soglia minima pari a 1.000 m^2, che quindi viene considerata superficie degradata. Nel periodo 2006-2019 è stato calcolato un aumento del suolo degradato di circa 45 km^2 e ulteriori 17 km^2 nel periodo 2019-2023.

Un ulteriore fattore di degrado del suolo è legato agli incendi; pertanto, sono stati elaborati i dati relativi alle superfici percorse dal fuoco. Risultano oltre 2.600 km^2 di superficie degradata a causa di incendi nel periodo 2006-2019 e oltre 1.200 km^2 nel periodo 2019-2023.

Tabella 117. Degrado del suolo e del territorio a causa di altri fattori

	2006-2019		2019-2023	
Causa di degrado	km^2	% del terr. naz.	km^2	% del terr. naz.
Frammentazione	38.994	12,94	12.760	4,23
Impatto potenziale del consumo di suolo	1.202	0,40	379	0,13
Densità delle coperture artificiali	3.107	1,03	741	0,25
Incremento degli spazi non consumati inferiori a 1.000 m^2	45	0,01	17	0,01
Aree percorse dal fuoco	2.612	0,87	1.233	0,41

Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia SNPA

DEGRADO COMPLESSIVO

I fattori di degrado considerati nei paragrafi precedenti sono stati analizzati tramite una sovrapposizione spaziale per ottenere una stima totale della superficie in cui il degrado è aumentato per una o più cause nei periodi 2006-2019 (considerando i sub-indicatori SDG 15.3.1 e gli altri fattori di degrado) e 2019-2023 (considerando solo gli altri fattori di degrado). La cartografia complessiva del degrado del suolo e del territorio permette quindi di valutare se una o più cause di degrado insistono sulla stessa area. Circa 59.844 km^2 di suolo hanno subito un aumento di degrado dal 2006 al 2019, anche se la maggior parte del degrado è causato da un singolo fattore. La superficie di territorio raggiunta da 2 cause di degrado è circa 3.522 km^2, e 434 km^2 sono aree colpite da 3 o più cause, costituendo quindi aree di

elevata criticità ambientale. Nel periodo 2019-2023 la superficie di territorio raggiunta degradata è circa 14.747 km², di cui circa 14.403 km² sono aree colpite da 1 causa, 313 km² da 2 cause e 31 km² da più di 3 o più cause. Dal confronto tra i periodi 2006-2019 e 2019-2023 si nota come i fattori di degrado considerati influiscano sulle stime numeriche, e si può dedurre che nel periodo 2019-2023 le stime sarebbero più elevate se si considerassero anche i sub-indicatori SDG 15.3.1.
Il consumo di suolo influisce direttamente o indirettamente a molti fattori di degrado analizzati; tuttavia, è opportuno evidenziare che la metodologia qui descritta non è esaustiva in quanto sussistono ulteriori fattori che andrebbero considerati, come i processi di salinizzazione o la contaminazione dei suoli. Pertanto, le cifre riportate in questo paragrafo, seppure già molto elevate, sono comunque sottostimate rispetto alle superfici realmente degradate che si otterrebbero se si analizzassero tutti i fattori di degrado del suolo.

Tabella 118. Aree in km² in cui è aumentato il degrado per una o più cause nel periodo 2006-2019

Regione	1 causa di degrado (km²)	2 cause di degrado (km²)	3 o più cause di degrado (km²)	Totale
Piemonte	4.027,53	335,15	35,67	4.398,36
Valle d'Aosta	117,62	2,56	0,53	120,72
Lombardia	5.387,82	386,21	52,04	5.826,07
Liguria	720,55	21,60	0,90	743,05
Nord-Ovest	**10.253,53**	**745,53**	**89,14**	**11.088,20**
Friuli-Venezia Giulia	1.213,64	54,61	9,14	1.277,39
Trentino-Alto Adige	502,29	17,25	2,74	522,27
Emilia-Romagna	5.701,96	488,81	53,19	6.243,96
Veneto	5.171,19	302,95	50,85	5.525,00
Nord-Est	**12.589,09**	**863,62**	**115,92**	**13.568,62**
Umbria	1.666,89	96,37	10,47	1.773,73
Marche	1.787,65	122,02	16,58	1.926,25
Toscana	3.689,55	140,53	13,30	3.843,39
Lazio	5.173,64	388,89	40,95	5.603,48
Centro	12.317,73	747,81	81,30	13.146,85
Basilicata	1.066,67	58,98	7,00	1.132,65
Molise	689,33	28,01	1,99	719,32
Abruzzo	1.920,39	85,01	12,54	2.017,95
Calabria	2.903,69	202,41	14,38	3.120,47
Puglia	4.378,29	343,23	53,91	4.775,43
Campania	3.344,66	173,21	17,71	3.535,58
Sud	**14.303,03**	**890,85**	**107,53**	**15.301,41**
Sardegna	2.206,29	70,76	15,42	2.292,47
Sicilia	4.217,83	203,04	25,14	4.446,01
Isole	**6.424,12**	**273,81**	**40,55**	**6.738,48**
Italia	**55.887,50**	**3.521,62**	**434,44**	**59.843,56**

Fonte: elaborazioni ISPRA

Tabella 119. Aree in km² in cui è aumentato il degrado per una o più cause nel periodo 2019-2023

Regione	1 causa di degrado (km²)	2 cause di degrado (km²)	3 o più cause di degrado (km²)	Totale
Piemonte	905,06	26,24	3,45	934,75
Valle d'Aosta	24,48	0,31	0,01	24,80
Lombardia	2.041,32	42,24	4,19	2.087,75
Liguria	101,82	0,45	0,01	102,29
Nord-Ovest	**3.072,68**	**69,24**	**7,66**	**3.149,58**
Friuli-Venezia Giulia	250,82	4,21	0,47	255,51
Trentino-Alto Adige	69,81	1,63	0,07	71,51
Emilia-Romagna	1.182,79	37,49	4,29	1.224,57
Veneto	1.815,42	37,33	4,14	1.856,89
Nord-Est	**3.318,84**	**80,66**	**8,97**	**3.408,47**
Umbria	213,27	3,99	0,20	217,45
Marche	323,01	12,66	1,92	337,60
Toscana	575,20	12,45	1,62	589,27
Lazio	1.149,37	19,90	1,45	1.170,72
Centro	2.260,85	48,99	5,20	2.315,04
Basilicata	168,86	3,59	0,08	172,52
Molise	108,77	2,17	0,10	111,04
Abruzzo	470,86	11,32	0,92	483,10
Calabria	543,05	5,19	0,23	548,47
Puglia	1.399,73	29,97	2,40	1.432,09
Campania	1.507,72	26,14	1,89	1.535,75
Sud	**4.198,99**	**78,38**	**5,61**	**4.282,98**
Sardegna	383,11	15,85	1,86	400,82
Sicilia	1.168,46	19,97	1,73	1.190,16
Isole	**1.551,57**	**35,82**	**3,59**	**1.590,98**
Italia	**14.402,92**	**313,10**	**31,03**	**14.747,05**

Fonte: elaborazioni ISPRA

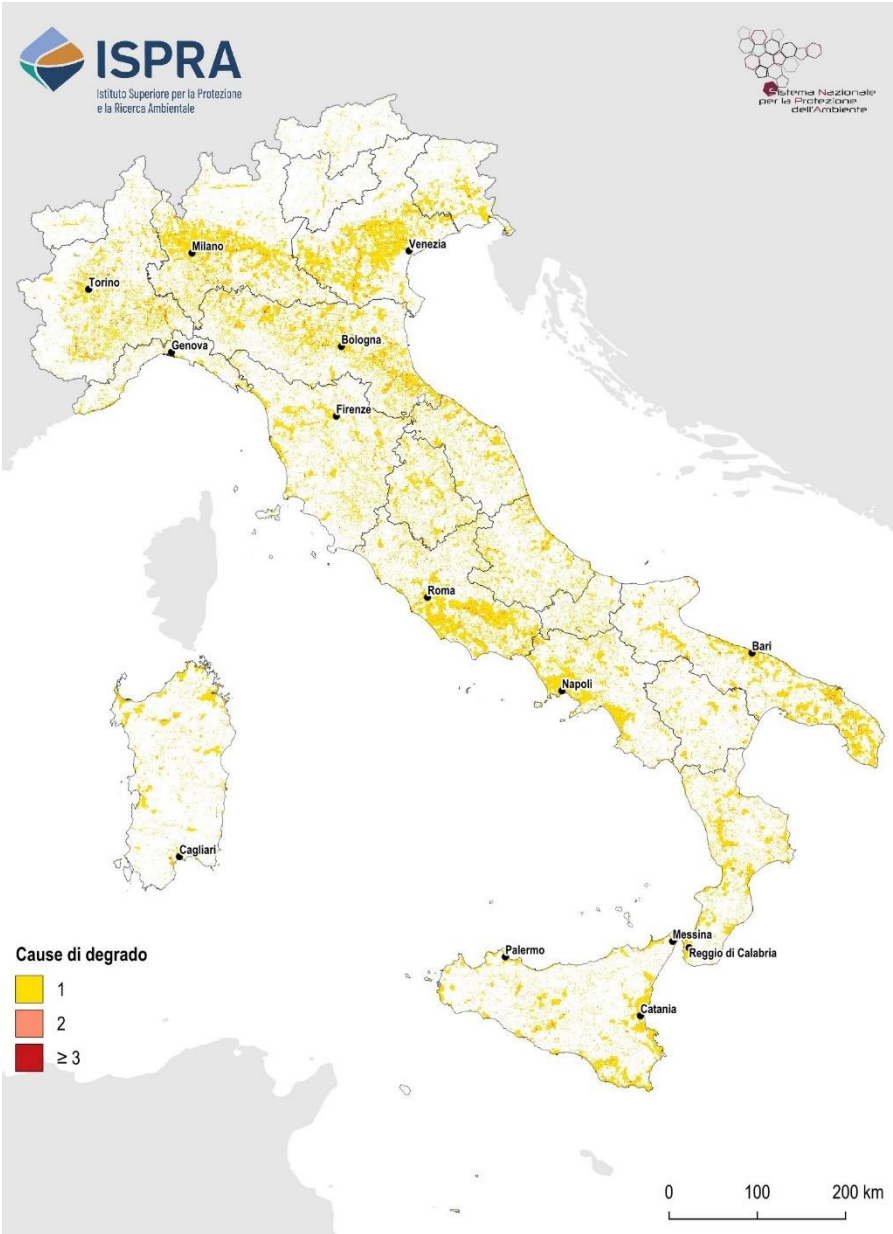


Figura 122. Aree in degrado tra il 2006 e il 2019 per una o più cause di degrado. Fonte: elaborazioni ISPRA

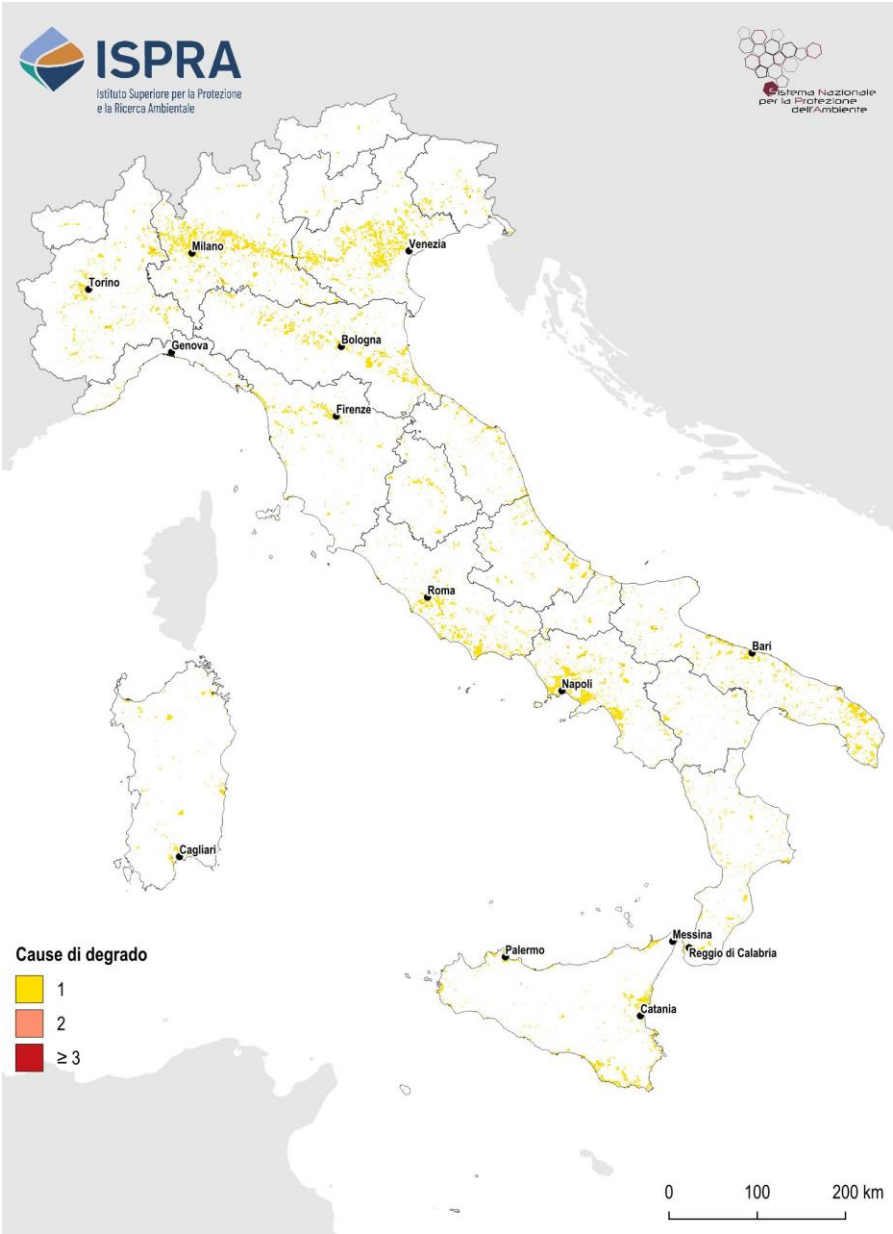


Figura 123. Aree in degrado tra il 2019 e il 2023 per una o più cause di degrado. Fonte: elaborazioni ISPRA su cartografia ISPRA-SNPA

UN ATLANTE FOTOGRAFICO DEL CONSUMO DI SUOLO

PIEMONTE

2022	2023

Regione	Piemonte
Provincia	Cuneo
Comune	Alba
Descrizione	Costruzione di un edificio a destinazione commerciale di 3 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Piemonte
Provincia	Cuneo
Comune	Cherasco
Descrizione	Installazione di un impianto fotovoltaico di 4,3 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Piemonte
Provincia	Torino
Comune	San Gillio
Descrizione	Cantiere di 3 ha
Autori	ISPRA e SNPA

VALLE D'AOSTA

2022	2023

Regione	Valle d'Aosta
Provincia	Aosta
Comune	Quart
Descrizione	Nuovo edificio e piazzale di 0,57 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Valle d'Aosta
Provincia	Aosta
Comune	Charvensod
Descrizione	Nuovo edificio e piazzale di 0,19 ha
Autori	ISPRA e SNPA

LOMBARDIA

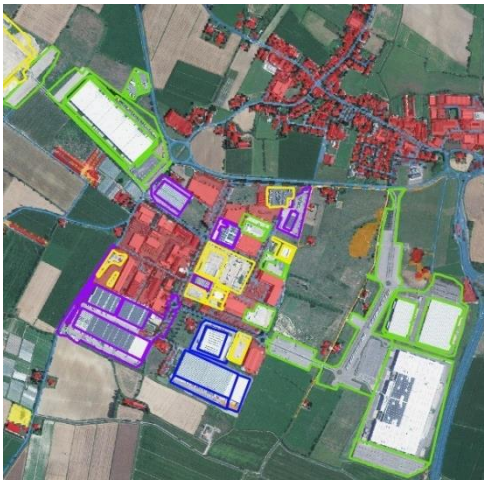
2022	2023

Regione	Lombardia
Provincia	Como
Comune	Cirimido
Descrizione	Nuovo edificio di 3,5 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Lombardia
Provincia	Milano
Comune	Novate Milanese
Descrizione	Cantiere di 9,2 ha per la costruzione di alloggi studenteschi
Autori	ISPRA e SNPA

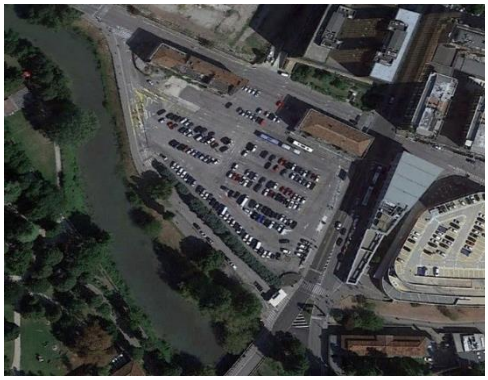
VENETO

2006	2023
	

Regione	Veneto
Provincia	Verona
Comune	Nogarole Rocca
Descrizione	A Nogarole Rocca, comune di 3800 abitanti, agli iniziali insediamenti della zona industriale presenti nella carta del consumo 2006 (in rosso sull'immagine a sinistra), si sono aggiunti insediamenti per 16,6 ettari nel periodo 2007-2012 (in viola nell'immagine a destra) e 8 ettari nel 2013-2018 (in blu); tra il 2019 e il 2022 sono stati costruiti due grandi poli su 62,3 ettari (in verde), il più grande a ridosso del casello autostradale e il secondo verso nord ovest, nell'area definita "parco dell'innovazione", dove nell'ultimo anno è stato realizzato un altro grande polo logistico che ha portato, insieme a interventi di saturazione dell'area industriale centrale, a un consumo di 22,4 ettari solo nel 2023 (in giallo nell'immagine 2023 a destra). Il più grande polo logistico del nord est, con 109,2 ettari di superficie impermeabilizzata tra il 2006 e il 2023, vanta anche il più grande edificio costruito nel Veneto, con una superficie di circa 10 ettari
Autori	ARPAV: Andrea Dalla Rosa, Ialina Vinci

2022	2023

Regione	Veneto
Provincia	Verona
Comune	Belfiore
Descrizione	Un particolare della tratta ferroviaria ad alta velocità VR-VI in comune di Belfiore prima e dopo l'avvio dei cantieri
Autori	ARPAV: Andrea Dalla Rosa, Ialina Vinci

2022	2023
	

Regione	Veneto
Provincia	Padova
Comune	Padova
Descrizione	Intervento di riqualificazione dell'ex parcheggio di Piazzale Boschetti con realizzazione di un parco urbano. L'intervento ha riguardato anche un'importante operazione di bonifica a causa della presenza di amianto nel sottosuolo. La nuova superficie a verde è di circa 4.500 mq, ed è stata realizzata inoltre una passerella ciclo-pedonale di collegamento con i Giardini dell'Arena
Autori	Regione Veneto: Fabio Mattiuzzo, Maria Leonardi

2022	2023

Regione	Veneto
Provincia	Rovigo
Comune	Badia Polesine
Descrizione	Dopo alcuni anni di stop, tra il 2022 e il 2023 si è assistito ad una ripresa dell'installazione di impianti fotovoltaici a terra. Nel 2023 per il Veneto si sono registrati 76,5 ettari, un incremento di circa il 10% rispetto alle precedenti installazioni. Inoltre, ci sono decine di impianti di prossima realizzazione già in fase di autorizzazione, che saranno installati su centinaia di ettari di suolo prevalentemente agricolo, con Rovigo che continua ad essere la provincia maggiormente interessata. Nell'immagine a destra in alto, un impianto di 24 ettari a Badia Polesine (2022 a sinistra e 2023 a destra)
Autori	ARPAV: Andrea Dalla Rosa, Ialina Vinci

FRIULI–VENEZIA GIULIA

2022	2023

Regione	Friuli-Venezia Giulia
Provincia	Pordenone
Comune	Roveredo in Piano
Descrizione	Ampliamento di un'area estrattiva di 2,1 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2021	2023

Regione	Friuli-Venezia Giulia
Provincia	Udine
Comune	Sedegliano
Descrizione	Ampliamento di un'area di stoccaggio dei rifiuti per 2,5 ha
Autori	ISPRA e SNPA

LIGURIA

2022	2023

Regione	Liguria
Provincia	Imperia
Comune	Sanremo
Descrizione	Consumo di suolo di 0,3 ha dovuto alla costruzione di un'attività commerciale
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Liguria
Provincia	La Spezia
Comune	La Spezia
Descrizione	Consumo di suolo di 2,5 ha dovuto alla costruzione di un'attività commerciale
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Liguria
Provincia	La Spezia
Comune	La Spezia
Descrizione	Consumo di suolo di 2 ha dovuto all'ampliamento di un'area di stoccaggio dei rifiuti
Autori	ISPRA e SNPA

EMILIA-ROMAGNA

2020	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Parma
Comune	Fontevivo
Descrizione	Realizzazione di una tangenzialina sulla SP11 a lato dell'abitato di Fontevivo
Autori	ARPAE: Monica Carati. Regione Emilia-Romagna: Marco Nerieri

2020	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Rimini
Comune	Poggio Torriana
Descrizione	Realizzazione di un comparto produttivo approvato e convenzionato nel 2022. I poligoni evidenziati in blu indicano i perimetri delle previsioni insediative che sono state approvate e convenzionate durante il periodo transitorio definito dagli artt. 3 e 4 della LR24/17 – Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio. In giallo i confini comunali
Autori	ARPAE: Monica Carati. Regione Emilia-Romagna: Marco Nerieri

2020	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Parma
Comune	Montechiarugolo
Descrizione	Realizzazione di un comparto produttivo approvato e convenzionato nel 2021. I poligoni evidenziati in blu indicano i perimetri delle previsioni insediative contenute nei piani urbanistici comunali che sono state approvate e convenzionate durante il periodo transitorio definito dagli artt. 3 e 4 della LR24/17 – Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio. Scala 1:7.000
Autori	ARPAE: Monica Carati. Regione Emilia-Romagna: Marco Nerieri

2020	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Forlì-Cesena
Comune	Meldola
Descrizione	Realizzazione di un comparto residenziale approvato e convenzionato nel 2020. I poligoni evidenziati in blu indicano i perimetri delle previsioni insediative contenute nei piani urbanistici comunali che sono state approvate e convenzionate durante il periodo transitorio definito dagli artt. 3 e 4 della LR24/17 – Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio
Autori	ARPAE: Monica Carati. Regione Emilia-Romagna: Marco Nerieri

2020	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Bologna
Comune	Valsamoggia
Descrizione	Realizzazione di un comparto produttivo approvato e convenzionato nel 2019. I poligoni evidenziati in blu indicano i perimetri delle previsioni insediative contenute nei piani urbanistici comunali che sono state approvate e convenzionate durante il periodo transitorio definito dagli artt. 3 e 4 della LR24/17 – Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio. In giallo i confini comunali
Autori	ARPAE: Monica Carati. Regione Emilia-Romagna: Marco Nerieri

TOSCANA

2022	2023

Regione	Toscana
Provincia	Livorno
Comune	Piombino
Descrizione	Cantiere di 3,8 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2024

Regione	Toscana
Provincia	Pistoia
Comune	Pieve a Nievole
Descrizione	Consumo di suolo di 3 ha dovuto alla costruzione di un polo logistico
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Toscana
Provincia	Massa Carrara
Comune	Montignoso
Descrizione	Consumo di suolo di 0,9 ha
Autori	ISPRA e SNPA

UMBRIA

2021	2023

Regione	Umbria
Provincia	Perugia
Comune	Bastia Umbra
Descrizione	Consumo di suolo di 2,9 ha dovuto ad attività commerciale
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Umbria
Provincia	Perugia
Comune	Perugia
Descrizione	Consumo di suolo di 1,4 ha nella frazione di San Martino In Campo nel comune di Perugia (PG) dovuto all'ampliamento di un'attività di rivendita di materiali edili
Autori	ISPRA e SNPA

MARCHE

2022	2023

Regione	Marche
Provincia	Ancona
Comune	Montemarciano
Descrizione	Consumo di suolo di 2 ha nel comune di Montemarciano (AN)
Autori	ISPRA e SNPA

2021	2023

Regione	Marche
Provincia	Fermo
Comune	Sant'Elpidio a Mare
Descrizione	Consumo di suolo di 5,8 ha nel comune di Sant'Elpidio a Mare (FM) dovuto all'ampliamento di un'attività di rivendita di materiali edili
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Marche
Provincia	Ancona
Comune	Jesi
Descrizione	Consumo di suolo di 25,8 ha nel comune di Jesi (AN) dovuto alla costruzione di un polo logistico
Autori	ISPRA e SNPA

LAZIO

2022	2023

Regione	Lazio
Provincia	Roma
Comune	Pomezia
Descrizione	Consumo di suolo di 8,2 ha nel comune di Pomezia (RM) dovuto alla costruzione di un polo logistico
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2024

Regione	Lazio
Provincia	Roma
Comune	Roma
Descrizione	Consumo di suolo di 4,0 ha nel comune di Roma (RM) dovuto alla costruzione di un'azienda di impianti elettrici
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Lazio
Provincia	Latina
Comune	Formia
Descrizione	Consumo di suolo di 1,1 ha nel comune di Formia (LT) dovuto alla costruzione di un'attività commerciale
Autori	ISPRA e SNPA

ABRUZZO

2022	2023

Regione	Abruzzo
Provincia	Chieti
Comune	Chieti
Descrizione	Consumo di suolo di 14,6 ha nel comune di Chieti (RM) dovuto alla costruzione della bretella porto-autostrada
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Abruzzo
Provincia	L'Aquila
Comune	Tagliacozzo
Descrizione	Consumo di suolo di 4,5 ha nel comune di Tagliacozzo (AQ) dovuto all'installazione di un impianto fotovoltaico
Autori	ISPRA e SNPA

MOLISE

2022	2023

Regione	Molise
Provincia	Campobasso
Comune	Termoli
Descrizione	Consumo di suolo di 0,3 ha nel comune di Termoli (CB) dovuto alla costruzione di edifici residenziali
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Molise
Provincia	Campobasso
Comune	Ripalimosani
Descrizione	Consumo di suolo di 6 ha nel comune di Ripalimosani (CB) dovuto alla costruzione di un polo logistico
Autori	ISPRA e SNPA

A Elio[83]

CAMPANIA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Salerno
Comune	Albanella
Descrizione	Consumo di suolo di 4,3 ha nel comune di Albanella (SA)
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Salerno
Comune	Sassano
Descrizione	Consumo di suolo di 6 ha nel comune di Sassano (SA) dovuto alla costruzione di un polo logistico
Autori	ISPRA e SNPA

[83] Nel mese di marzo è venuto a mancare agli affetti dei propri famigliari e di tutti noi l'arch. Elio Rivera.
Elio è stato impegnato nel gruppo di lavoro di Arpa Campania per il consumo di suolo da subito, e anno dopo anno, ha dato sempre il suo fondamentale contributo, fino alla fine. Gentile, simpatico, ironico, impeccabilmente professionale; per sempre porteremo nei nostri cuori la sua sensibilità, il suo senso civico, la nostra amicizia.

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Napoli
Comune	Nola
Descrizione	Consumo di suolo di 26 ha nel comune di Nola (NA) dovuto dall'espansione della zona industriale limitrofa
Autori	ISPRA e SNPA

PUGLIA

2022	2023

Regione	Puglia
Provincia	Foggia
Comune	Candela
Descrizione	L'area è localizzata in agro di Candela (Foggia) ed è compresa fra il corso del torrente Carapelle e la SS655. Si tratta di un'area in cui la copertura del suolo è rappresentata da superfici destinate a colture agricole adiacenti ad aree naturali. Il consumo di suolo ha interessato una superficie di circa 8 ettari in seguito alla realizzazione di tre impianti fotovoltaici (125) in aree distinte ma poco distanti tra loro. L'impianto maggiormente esteso occupa una superficie di circa 6 ettari
Autori	ARPA Puglia: Roberto Greco, Patrizia Lavarra, Gerardo Pezzano, Benedetta Radicchio

2022	2023

Regione	Puglia
Provincia	Foggia
Comune	Cerignola
Descrizione	L'area è localizzata in agro di Cerignola (Foggia), in un contesto in cui la copertura del suolo è prevalentemente rappresentata da superfici destinate alle colture agricole. L'area consumata, precedentemente occupata da seminativo, interessa una superficie di circa 10 ettari e corrisponde ad un cantiere (122) connesso alla realizzazione di un nuovo impianto per la fornitura di energia elettrica
Autori	ARPA Puglia: Roberto Greco, Patrizia Lavarra, Gerardo Pezzano, Benedetta Radicchio

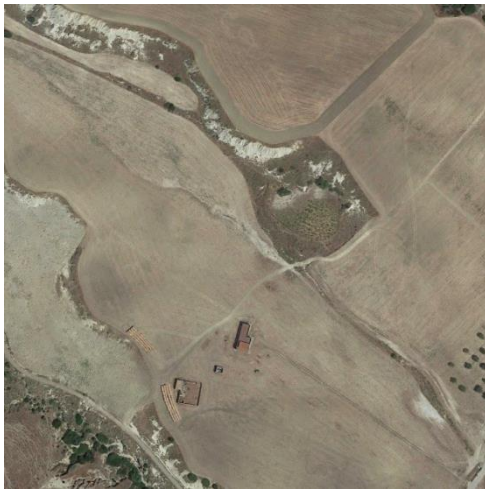
BASILICATA

2022	2023

Regione	Basilicata
Provincia	Matera
Comune	Pisticci
Descrizione	In Basilicata, in località Pantone, nel comune di Pisticci, in provincia di Matera, è stato realizzato un progetto di sistemazione dei versanti del Fosso Epitaffio nei pressi dell'area pozzo "Pisticci 19", a seguito di gravi cedimenti della paratia interposta tra il pozzo ed il corso d'acqua. Il Fosso Epitaffio è un corso d'acqua caratterizzato da portate importanti nel periodo delle massime precipitazioni, e questa condizione ha determinato nel tempo grossi problemi di erosione alla base dei versanti e conseguente crollo della paratia in cemento armato che separava l'area pozzo dal Fosso Epitaffio. L'opera ha previsto la stabilizzazione dei versanti e il rivestimento del fondo del canale con riduzione della pendenza
Autori	ARPAB: Gaetano Caricato, Giuseppe Miraglia, Valeria Carlucci

2022	2023

Regione	Basilicata
Provincia	Matera
Comune	Ferrandina
Descrizione	In Basilicata, in località Piana di Santa Chiara è stato realizzato un impianto fotovoltaico che occupa un'area di 37 ettari, nel comune di Ferrandina in provincia di Matera. L'impianto, di proprietà della società IREN, risulta il più grande della regione Basilicata e riguarda un investimento di circa 30 milioni di euro per la realizzazione di un parco fotovoltaico. È composto da pannelli bifacciali installati su strutture a inseguimento solare, l'impianto fotovoltaico è composto da un totale di 55 mila pannelli per una potenza di complessiva di 30 MWp e può ricavare una produzione energetica annuale di 50 GWh. Fanno parte dell'impianto anche 122 inverter, 8 cabine di trasformazione e conversione in media tensione e un cavidotto di 16 km che trasferisce l'energia alla sottostazione Terna del comune di Garaguso. Il progetto è stato ultimato nel mese di luglio 2023 ed è attualmente in funzione, sebbene nella foto 2 sia ancora in fase di cantiere
Autori	ARPAB: Gaetano Caricato, Giuseppe Miraglia, Valeria Carlucci

2022	2023
	

Regione	Basilicata
Provincia	Matera
Comune	Ferrandina
Descrizione	In Basilicata, in località “Varisana” del comune di Ferrandina in provincia di Matera è in fase di realizzazione un’azienda zootecnica per l’allevamento di suini. Saranno realizzati capannoni ed altre strutture annesse e destinate ad uso zootecnico. Tali manufatti, da impiegare come stalle per l’ingrasso di suini, potranno ospitare 5.400 capi. Il progetto prevede nello specifico la realizzazione di quattro capannoni da impiegare per il finissaggio di suini che saranno allevati per l’ingrasso a partire dal peso di 25-30 kg in fase di post-svezzamento. Gli animali sosteranno circa 170 giorni, tempo necessario a raggiungere il peso di 160-170 kg. Il progetto inoltre prevede la realizzazione di quattro vasche interrate, del volume procapite di 2007 m^3, per il contenimento dei liquami prodotti dall’attività di allevamento, collegate ai capannoni mediate condotte interrate in PVC
Autori	ARPAB: Gaetano Caricato, Giuseppe Miraglia, Valeria Carlucci

2022	2023

Regione	Basilicata
Provincia	Potenza
Comune	Avigliano
Descrizione	Nel comune di Avigliano in provincia di Potenza, in località Contrada Serra Ventaruli, è stato realizzato l'ampliamento dell'impianto fotovoltaico associato alla cartiera del gruppo Lucart. In particolare, l'azienda dal 2013 ha cominciato a produrre energia per autoconsumo con un impianto fotovoltaico installato sui tetti dei magazzini. L'ampliamento effettuato nell'anno 2023, ancora in fase di cantiere nell'immagine 2, ha riguardato, nell'ottica di incrementare l'impiego di energie rinnovabili, la realizzazione di un secondo impianto, posizionato a terra in un terreno adiacente l'azienda, che occupa un'area di circa 1,5 ettari
Autori	ARPAB: Gaetano Caricato, Giuseppe Miraglia, Valeria Carlucci

2022	2023

Regione	Basilicata
Provincia	Potenza
Comune	Balvano
Descrizione	Nel comune di Balvano, in provincia di Potenza, in località Contrada Monaci, è stato realizzato l'ampliamento della cava di inerti dell'impresa Tomasillo Nicola s.r.l. Dalla cava, attualmente estesa per oltre 20 ettari, si estraggono materiali inerti di tipo dolomitico che vengono impiegati nella produzione di calcestruzzo, bitume, vetro e nel campo della siderurgia. L'intervento di ampliamento ha interessato il disboscamento di un'area adiacente la cava, occupante una superficie di circa 1,5 ettari, e costituita da bosco dominato dall'associazione vegetale "Querceti mediterranei a cerro", riconducibile all'habitat 41.7511
Autori	ARPAB: Gaetano Caricato, Giuseppe Miraglia, Valeria Carlucci

CALABRIA

2022	2023

Regione	Calabria
Provincia	Catanzaro
Comune	Catanzaro
Descrizione	Consumo di suolo di 1,4 ha nel comune di Catanzaro (CZ)
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Calabria
Provincia	Cosenza
Comune	Rende
Descrizione	Consumo di suolo di 1,5 ha nel comune di Rende (CS)
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Calabria
Provincia	Vibo Valentia
Comune	Vibo Valentia
Descrizione	Consumo di suolo di 1 ha nel comune di Vibo Valentia (VV) dovuto alla costruzione di un'attività commerciale
Autori	ISPRA e SNPA

SICILIA

2022	2023

T Regione	Sicilia
Provincia	Catania
Comune	San Giovanni la Punta
Descrizione	Realizzazione nuova sede Protezione Civile e Regione Siciliana
Autori	ARPASic: Domenico Galvano

2022	2023

Regione	Sicilia
Provincia	Catania
Comune	San Giovanni la Punta
Descrizione	Realizzazione di un nuovo complesso residenziale
Autori	ARPASic: Domenico Galvano

2022	2023

Regione	Sicilia
Provincia	Catania
Comune	Misterbianco
Descrizione	Zona Commerciale di Misterbianco - Realizzazione capannone e piazzali
Autori	ARPASic: Domenico Galvano

2022	2023

Regione	Sicilia
Provincia	Ragusa
Comune	Vittoria, Acate
Descrizione	Realizzazione di un impianto fotovoltaico
Autori	ARPASic: Domenico Galvano

2022	2023

Regione	Sicilia
Provincia	Siracusa
Comune	Augusta
Descrizione	Ampliamento zona industriale di Augusta
Autori	ARPASic: Domenico Galvano

SARDEGNA

2022	2023

Regione	Sardegna
Provincia	Sud Sardegna
Comune	San Gavino Monreale
Descrizione	Nuovo ospedale di San Gavino la cui superficie è di circa 32000 mq, precedentemente area naturale. Si notano già le aree dei tre blocchi ospedalieri principali e l'area di cantiere intorno. Al 7 giugno 2024 risultano eseguite le strutture del presidio al 90%
Autori	ARPAS: Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni

2022	2023

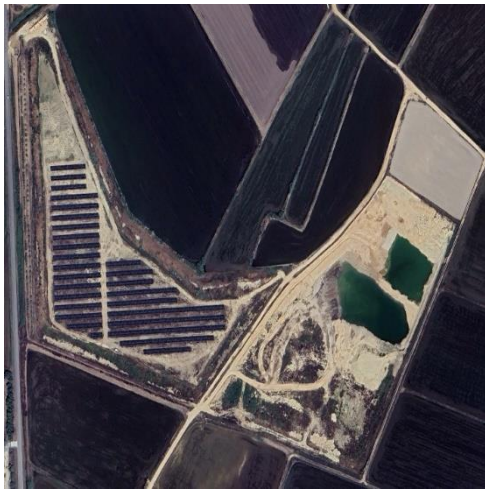
Regione	Sardegna
Provincia	Cagliari
Comune	Assemini
Descrizione	Impianto fotovoltaico dell'estensione di circa 21 ettari su area di terreno naturale
Autori	ARPAS: Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni

2022	2023

Regione	Sardegna
Provincia	Sassari
Comune	Sassari
Descrizione	Ampliamento cimitero monumentale di Sassari. Si tratta di un ampliamento e di una riqualificazione del cimitero con asfaltatura del piazzale esterno ed area di ingresso, riqualificazione degli uffici, creazione area ristoro, creazione nuovo parcheggio e parco fotovoltaico
Autori	ARPAS: Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni

2022	2023

Regione	Sardegna
Provincia	Cagliari
Comune	Cagliari
Descrizione	Nuova lottizzazione via Monte Cassino - Cagliari trasformazione de area naturale ad area di cantiere. Si tratta di un intervento di lottizzazione che si svilupperà su 5 ettari, con 8 torri residenziali, strutture sportive, area verdi attrezzate, parchi pubblici e privati, area fitness, un albergo, numerose aree a vocazione produttiva, interventi di mitigazione di rischio idrogeologico
Autori	ARPAS: Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni

2022	2023
	

Regione	Sardegna
Provincia	Oristano
Comune	Oristano
Descrizione	Attività estrattiva di sabbia e pietrisco sita al confine tra Oristano e Simaxis. Si tratta di una cava di inerti, sabbie, ghiaie e pietrisco per usi civili e industriali. Una porzione della cava è oggetto di recupero ambientale con pannelli fotovoltaici
Autori	ARPAS: Elisabetta Benedetti, Francesco Muntoni

TRENTO

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Trento
Comune	Canazei
Descrizione	Cantiere di 5,4 ha
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Trento
Comune	Trento
Descrizione	Cantiere di 2,3 ha in zona industriale
Autori	ISPRA e SNPA

BOLZANO

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Bolzano
Comune	Bronzolo
Descrizione	Consumo suolo per il cantiere della variante SS12 dell'abitato di Bronzolo
Autori	PAB: Paoli Stefano, Moltrer Maddalena

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Bolzano
Comune	Bressanone
Descrizione	Consumo suolo per realizzazione nuova zona per impianti turistici alloggiativi
Autori	PAB: Paoli Stefano, Moltrer Maddalena

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Bolzano
Comune	Chienes
Descrizione	Consumo di suolo per il cantiere della variante SS 49 dell'abitato di Chienes
Autori	PAB: Paoli Stefano, Moltrer Maddalena

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Bolzano
Comune	Varna
Descrizione	Consumo suolo per realizzazione di nuova zona per attrezzature collettive sovracomunali
Autori	PAB: Paoli Stefano, Moltrer Maddalena

2022	2023

Regione	Trentino-Alto Adige
Provincia	Bolzano
Comune	Nova Ponente
Descrizione	Rinaturalizzazione a seguito di conclusione lavori di coltivazione cava di inerti
Autori	PAB: Paoli Stefano, Moltrer Maddalena

CONSUMO DI SUOLO IN AREE A PERICOLOSITÀ DA FRANA

2022	2023

Regione	Lombardia
Provincia	Sondrio
Comune	Tirano
Descrizione	Cambiamento di 2 ha dovuto a un cantiere stradale in area a pericolosità da frana media P2
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Rimini
Comune	Maiolo
Descrizione	Cambiamento di 2 ha dovuto a un cantiere in area a pericolosità da frana molto elevata P4
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Parma
Comune	Sala Baganza
Descrizione	Cambiamento di 2 ha dovuto a un cantiere in area a pericolosità da frana molto elevata P4
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Toscana
Provincia	Firenze
Comune	Rignano sull'Arno
Descrizione	Cambiamento di 2 ha dovuto a cantiere stradale in area a pericolosità da frana elevata P3
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Toscana
Provincia	Arezzo
Comune	Cortona
Descrizione	Cambiamento di 2 ha dovuto a un cantiere stradale in area a pericolosità da frana moderata P1
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Lazio
Provincia	Roma
Comune	Colleferro
Descrizione	Due nuovi poli logistici di 1,5 ha in aree di attenzione (AA) per la pericolosità da frana
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Avellino
Comune	Ariano Irpino
Descrizione	Cantieri per pale eoliche di 1,2 ha in area a pericolosità da frana elevata P3
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Benevento
Comune	Morcone
Descrizione	Creazione di due edifici di 1,5 ha in aree di attenzione (AA) per la pericolosità da frana
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Salerno
Comune	Serre
Descrizione	Cambiamento di 2,5 ha dovuto alla creazione di un impianto di depurazione in aree di attenzione (AA) per la pericolosità da frana
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Avellino
Comune	Grottaminarda
Descrizione	Cambiamento di 1,7 ha per un cantiere in aree di attenzione (AA) per la pericolosità da frana
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Salerno
Comune	Eboli
Descrizione	Cambiamento di circa 1 ha dovuto a un cantiere in area a pericolosità da frana moderata P1
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Salerno
Comune	Albanella
Descrizione	Cambiamento di 2,5 ha dovuto alla presenza di un cantiere per un nuovo impianto di depurazione in area a pericolosità da frana media P2
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Benevento
Comune	San Lorenzo Maggiore
Descrizione	Cambiamento di 1,5 ha per un nuovo cantiere in area a pericolosità da frana molto elevata P4
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Puglia
Provincia	Foggia
Comune	Candela
Descrizione	Cambiamento di 6 ha dovuto a impianto fotovoltaico in area a pericolosità da frana media P2
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Puglia
Provincia	Foggia
Comune	Bovino
Descrizione	Cambiamento di 10 ha dovuto a un cantiere e delle strade in area a pericolosità da frana media P2
Autori	ISPRA e SNPA

CONSUMO DI SUOLO IN AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

2022	2023

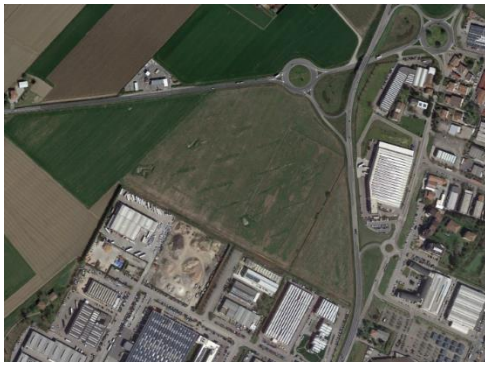
Regione	Piemonte
Provincia	Torino
Comune	Piossasco
Descrizione	Cambiamento di 7,7 ha in aree a pericolosità idraulica bassa
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Bologna
Comune	Mordano
Descrizione	Cambiamento di 4,5 ha in aree a pericolosità idraulica media
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Bologna
Comune	Imola
Descrizione	Cambiamento di 6 ha in aree a pericolosità idraulica media
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023
	

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Bologna
Comune	Castel San Pietro Terme
Descrizione	Cambiamento di 13,7 ha in aree a pericolosità idraulica media
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Emilia-Romagna
Provincia	Forlì-Cesena
Comune	Forlì
Descrizione	Cambiamento di 12,5 ha in aree a pericolosità idraulica media
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Lazio
Provincia	Latina
Comune	Pontinia
Descrizione	Cambiamento di 13,8 ha in aree a pericolosità idraulica bassa
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Campania
Provincia	Salerno
Comune	Mercato San Severino
Descrizione	Cambiamento di 3,1 ha in aree a pericolosità idraulica media
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Sicilia
Provincia	Catania
Comune	Catania
Descrizione	Cambiamento di 2,7 ha in aree a pericolosità idraulica elevata
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Sicilia
Provincia	Catania
Comune	Catania
Descrizione	Cambiamento di 5,2 ha in aree a pericolosità idraulica elevata
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Sardegna
Provincia	Sassari
Comune	Badesi
Descrizione	Cambiamento di 1,9 ha in aree a pericolosità idraulica elevata
Autori	ISPRA e SNPA

2022	2023

Regione	Sardegna
Provincia	Sassari
Comune	Valledoria
Descrizione	Cambiamento di 3,3 ha in aree a pericolosità idraulica elevata
Autori	ISPRA e SNPA

CONTRIBUTI A CURA DEGLI OSSERVATORI DI REGIONI E PROVINCE AUTONOME

REGIONE LOMBARDIA - ADEGUAMENTO DELLA PIANIFICAZIONE LOCALE ALLA LEGGE REGIONALE N. 31/2014 PER LA RIDUZIONE DEL CONSUMO DI SUOLO

Roberto Laffi, Sara Pace, Silvia Sgobba (Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio e Sistemi verdi)

L'approvazione della L.R. 31/2014 e la conseguente Integrazione del Piano territoriale regionale (PTR) hanno dato avvio in Lombardia al processo di progressiva riduzione delle previsioni comunali di consumo di suolo e all'adeguamento dei piani della Città Metropolitana di Milano, delle 11 Province e degli oltre 1500 Comuni. Tale processo è stato periodicamente monitorato dagli uffici regionali producendo un primo rapporto di verifica pubblicato nella "Relazione 2021 dell'Osservatorio Regionale della Pianificazione e Programmazione Regionale" (di cui si è data informazione nell'edizione 2021 del Rapporto SNPA) e consentendo di rappresentare nell'ambito della Relazione dell'Osservatorio regionale 2023 alcuni risultati parziali dell'aggiornamento in corso, che si propongono in sintesi anche nel presente contributo.
Si rileva in particolare che al dicembre 2023 risultano adeguati alla L.R. 31/2014 il Piano Territoriale Metropolitano della Città Metropolitana di Milano e la maggior parte dei Piani Territoriali di Coordinamento delle Province della Lombardia. Risultano altresì approvati in coerenza con i disposti della L.R. 31/2014 circa il 38% dei piani dei Comuni, che interessano il 60% della popolazione regionale e che fanno registrare valori medi della soglia di riduzione che confermando il *trend* positivo già rilevato nell'ambito del primo monitoraggio di attuazione della L.R. 31/2014.

I riferimenti per l'adeguamento degli strumenti di pianificazione e il processo di progressiva attuazione della L.R. *31/2014*
La Legge Regionale n. 31/2014 "Disposizioni per la riduzione del consumo di suolo e per la riqualificazione del suolo degradato", introducendo nel governo del territorio specifiche disposizioni finalizzate a limitare il consumo di suolo e a favorirne la rigenerazione, ha previsto un meccanismo attuativo basato sulla compartecipazione dei diversi livelli istituzionali, disponendo l'adeguamento di tutti gli strumenti di pianificazione territoriale: Piano Territoriale Regionale (PTR), Piani Territoriali delle Province e della Città Metropolitana (PTCP, PTM) e Piani di Governo del Territorio dei Comuni (PGT).
Con l'Integrazione del PTR ai sensi della legge regionale n. 31/2014, in vigore dal 13 marzo 20219, Regione Lombardia ha individuato la soglia regionale di riduzione del consumo di suolo, per raggiungere progressivamente e attraverso il concorso di province, città metropolitana di Milano e comuni, il traguardo proposto dalla Commissione europea di giungere entro il 2050 ad una occupazione netta di terreno pari a zero. Il PTR ha infatti indicato a livello regionale una soglia di riduzione tendenziale - riferita alla riduzione delle previsioni edificatorie vigenti nei piani comunali alla data di entrata in vigore della L.R. 31/2014 - che assume valori più restrittivi nei diversi scenari temporali intermedi al 2050: soglia di riduzione tendenziale media pari al 25% al 2025, e pari al 45% al 2030. Tale soglia di riduzione deve essere garantita, nel rispetto dei criteri quali/quantitativi definiti dal PTR ed a seguito degli adeguamenti dei PTCP/PTM, nell'ambito dell'adeguamento degli oltre 1.500 PGT.

In questi anni in Lombardia si è avviato pertanto il processo di progressivo adeguamento al PTR L.R. 31/2014 dei piani degli Enti locali, che ha richiesto un costante accompagnamento regionale in considerazione della novità e della rilevanza sovralocale della tematica. Tale processo è stato periodicamente monitorato producendo, in riferimento al primo quinquennio di attuazione della L.R. 31/2014 (intervallo temporale 2015-2019/20), il primo rapporto di verifica già presentato nell'anno 2021.
Negli anni successivi, al fine di giungere alla predisposizione di un secondo rapporto di monitoraggio quinquennale completo (intervallo temporale 2020/21-2025), si sono sviluppate anche nuove modalità di acquisizione e analisi dei dati comunali, che hanno consentito di anticipare nella Relazione dell'Osservatorio regionale 2023, alcuni risultati parziali di aggiornamento del monitoraggio in corso, rappresentando alla scala regionale lo stato di avanzamento dell'attuazione della politica di riduzione del consumo di suolo nei piani delle province/città metropolitana e dei comuni.
In particolare, al dicembre 2023, risultano adeguati alla L.R. 31/2014 la maggior parte dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale oltre al Piano Territoriale Metropolitano della Città Metropolitana di Milano e risultano approvati in coerenza con i disposti della L.R. 31/2014 circa il 38% dei piani dei Comuni della Lombardia.

Adeguamento dei piani delle province e della città metropolitana: PTCP e PTM
In riferimento all'adeguamento dei piani sovracomunali, emerge che la Città Metropolitana di Milano e le Province di Bergamo e Cremona, sono state le prime a rendere efficace il piano nel corso dell'anno 2021, seguite nel 2022 da Monza Brianza, Mantova e Lecco. Infine, nel 2023, a seguito della verifica regionale di luglio, è stato approvato a novembre il PTCP di Pavia, che acquisterà efficacia nel 2024 (Tabella 120).

Tabella 120. PTCP e PTM adeguati alla l.r.31/2014

Province e CMM	Adozione	Verifica regionale	Approvazione	Pubblicazione BURL
Bergamo	D.C.P. n. 9 del 11/5/2020	DGR n. 3618 del 28/09/2020	D.C.P. n. 37 del 7/11/2020	BURL n. 9 del 03/03/2021
Cremona	D.C.P. n. 33 del 21/11/2020	DGR n. 4809 del 31/05/2021	D.C.P. n. 28 del 27/10/2021	BURL n 46 del 17/11/2021
Lecco	D.C.P. n. 43 del 29/09/2021	DGR n. 5996 del 21/02/2022	D.C.P. n. 35 del 20/06/2022	BURL n. 33 del 17/08/2022
Mantova	D.C.P. n. 33 del 29/07/2021	DGR n. 5582 del 23/11/2021	D.C.P. n. 10 del 28/03/2022	BURL n. 20 del 18/05/2022
Milano	DCM n. 14 del 29/7/2020	DGR n. 4115 del 21/12/2020	D.C.M. n. 16 del 11/05/2021	BURL n. 40 del 06/10/2021
Monza e Brianza	DCP n. 13 del 27/04/2021	DGR n. 5230 del 13/09/2021	D.C.P. n. 2 del 04/02/2022	BURL n 14 del 06/04/2022
Pavia	DCP n. 66 del 22/12/2022	DGR n. 626 del 10/07/2023	DCP n. 45 del 15/11/2023	

Con riferimento alle province non ancora adeguate (evidenziate in arancio nella Figura 124), si rileva che hanno tutte avviato i procedimenti e che sono in fase avanzata del procedimento di valutazione ambientale (VAS) o del percorso di predisposizione dei contenuti di piano. Si evidenzia in particolare, l'adozione prevista nel 2024 del PTCP di Lodi e l'attivazione della consultazione preventiva alla definizione del PTCP (ai sensi dell'art. 17, c. 2 della l.r. 12/2005) già formalizzata dalle Province di Sondrio e Varese.

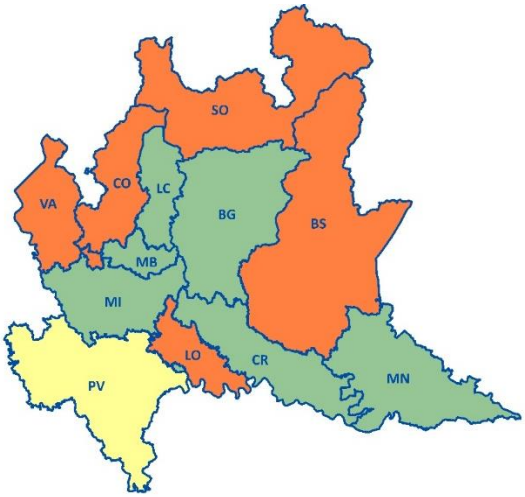


Figura 124. Stato di avanzamento dell'Adeguamento alla l.r.31/2014 dei PTCP e PTM

Adeguamento dei piani dei comuni: PGT

Il processo di attuazione della politica di riduzione del consumo di suolo nei piani comunali è iniziato nel 2015 e, come anticipato, è già stato monitorato nel 2021 al termine del primo periodo transitorio della l.r. 31/2014 (intervallo temporale 2015-2019/20), facendo registrare in particolare una riduzione delle previsioni di consumo di suolo di circa un terzo dei comuni della regione. Il processo è quindi proseguito negli anni successivi al 2019/20, avendo come riferimento anche i criteri per la pianificazione locale e i valori delle soglie tendenziali di riduzione del consumo di suolo, nel frattempo divenuti efficaci nel marzo 2019 con l'integrazione PTR ai sensi della l.r. 31/2014. Pertanto, in parallelo all'adeguamento dei PTCP e del PTM, sono intervenuti anche i primi nuovi PGT approvati in coerenza con il PTR ex l.r. 31/2014.

Rispetto al secondo periodo quinquennale di monitoraggio (intervallo temporale 2020/21-2025), si stanno in particolare verificando tutti i nuovi piani comunali che, come disposto dall'art. 5 comma 4 della l.r. 31/2014, possono essere approvati dai comuni esclusivamente nel rispetto della soglia di riduzione del PTR/PTM/PTCP o assicurando un bilancio ecologico del suolo (BES) non superiore a zero, pertanto senza comportare nuovo consumo di suolo. Tale attività di monitoraggio, che si concluderà nel 2025, è stata sviluppata nel 2023 dalla Regione in collaborazione con la Città Metropolitana di Milano e le Province lombarde, essendo queste ultime le amministrazioni tenute a verificare i PGT, in sede di parere di compatibilità con il PTCP/PTM, relativamente alla coerenza con i criteri del PTR per la riduzione del consumo di suolo (art. 5 comma 4 l.r.31/2014). In particolare, nell'ambito delle attività di collaborazione previste in materia di governo del territorio dall'Intesa tra Regione Lombardia, UPL, Province lombarde e Città Metropolitana di Milano "per il rilancio degli Enti e per l'esercizio delle funzioni regionali confermate ex l.r. 19/2015 e l.r. 32/2015 e delle ulteriori funzioni regionali conferite" - Biennio 2022-2023, sono state definite le modalità operative e predisposti i contributi provinciali/metropolitano sul tema del monitoraggio dei PGT. Le informazioni acquisite sono state quindi elaborate a livello regionale in collaborazione con FLA per restituire una rappresentazione di sintesi dello stato di attuazione della l.r.31/2014 nei PGT dei comuni lombardi (Figura 125).

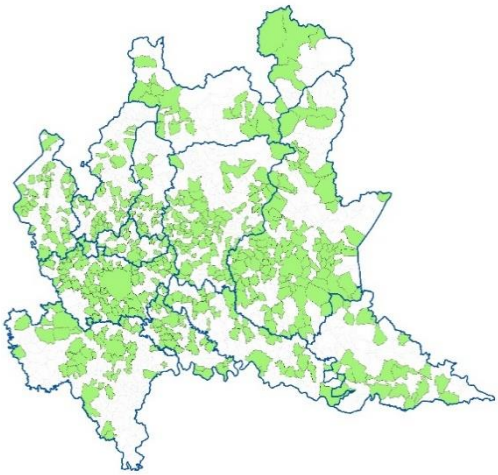


Figura 125. PGT in riduzione del consumo di suolo approvati dai comuni nel periodo 2015-2023

Nel complesso al 2023 risultano approvati in coerenza con i disposti della l.r. 31/2014 circa il 38% dei piani dei Comuni della Lombardia (574 PGT).
Si tratta dei Comuni più grandi della Lombardia, che interessano circa il 60% della popolazione regionale e che comprendono Milano e la maggior parte dei capoluoghi di provincia, e che in quasi un centinaio di casi hanno operato le riduzioni in due momenti, incrementandone le quantità.
Le riduzioni delle previsioni di consumo di suolo fanno infatti registrare valori che, nei piani approvati nel periodo 2015-2019/20, si attestano su un valore medio della soglia di riduzione residenziale pari al 22% e che, nei piani analizzati nel periodo 2020/21-2023, in particolare nei 73 PGT che hanno già pienamente recepito quanto indicato dalla l.r. 31/2014, raggiungono un valore medio complessivo della soglia di riduzione superiore al 40%, confermando il trend positivo già rilevato nell'ambito del primo monitoraggio di attuazione della l.r.31/2014.

REGIONE LOMBARDIA - IL RIPRISTINO A VERDE DELLE AREE DELOCALIZZATE INTORNO ALL'AEROPORTO DI MALPENSA

Sandra Zappella, Lidia Andreoli (Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio e Sistemi Verdi)

Il Progetto di rigenerazione territoriale delle aree delocalizzate poste in prossimità dell'Aeroporto di Malpensa nasce a seguito della chiusura dell'Accordo di Programma Quadro Malpensa[84], un positivo percorso di governance interistituzionale tra Ministeri, Regione Lombardia, Province e Amministrazioni locali, durato oltre 15 anni, finalizzato a fornire una concreta risposta ai problemi di incompatibilità tra le funzionalità aeroportuali e alcuni insediamenti residenziali, interessati da problematiche di inquinamento atmosferico e acustico.
A seguito del processo di delocalizzazione di oltre 500 famiglie, le cui abitazioni ricadevano al di sotto delle rotte di volo si è proceduto a demolire oltre 200 immobili per un volume complessivo di circa 220.000 mc, attivando un processo di ripristino e rinaturalizzazione a verde di circa 22 ha, teso al raggiungimento degli obiettivi di mitigazione e compensazione ambientale, che furono alla base della sottoscrizione dell'Accordo di Programma Quadro. Questo intervento[85] di enorme impatto territoriale sui tre contesti urbani, ha permesso di fatto il superamento dei problemi di degrado e ha rappresentato un'esperienza di rigenerazione territoriale intercomunale, caratterizzata da un approccio di progettazione partecipata tra i diversi Enti Locali.
La Figura 126 rappresenta la visione di insieme, sulla base della foto aerea del 2021, di tutti i lotti oggetto di delocalizzazione dei tre territori comunali di Ferno, Lonate e della frazione di Case Nuove del Comune di Somma Lombardo. Mentre le figure successive (Figura 127, Figura 128 e Figura 129) riportano, per ciascun Comune, a scala di maggiore dettaglio, gli stessi lotti oggetto di delocalizzazione e di successiva demolizione degli immobili, sulla base delle fotografie aeree al 1998 ed al 2021. I poligoni classificati quali "aree oggetto di demolizione" costituiscono le aree libere ripristinate a verde. La superficie libera ammonta, rispettivamente, a circa 7 ha a Somma Lombardo; a circa 3 ha a Ferno e, con la maggiore estensione, a circa 12 ha a Lonate Pozzolo.

[84] L'"*Accordo di Programma Quadro in materia di trasporti – Aeroporto Intercontinentale di Malpensa 2000 – Interventi di mitigazione d'impatto ambientale e di delocalizzazione degli insediamenti residenziali ricompresi nell'ambito territoriale prioritario del Piano Territoriale d'Area Malpensa ed in particolare, in prima istanza, siti nel territorio dei Comuni di Somma Lombardo, Lonate Pozzolo e Ferno, adiacenti al sedime aeroportuale*" è stato sottoscritto in data 31 marzo 2000 da Ministero dei Trasporti e della Navigazione, Ministero dell'Ambiente, Regione Lombardia, Provincia di Milano, Provincia di Varese, Comune di Somma Lombardo, Comune di Lonate Pozzolo, Comune di Ferno, Finlombarda S.p.A., A.L.E.R. della Provincia di Varese.
[85] Tutta l'operazione è stata ampiamente illustrata nella pubblicazione "Malpensa 2000. Un percorso di successo (A path of success)" disponibile sul sito istituzionale di Regione Lombardia, alla pagina della Pianificazione territoriale: (https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/territorio/programmazione-negoziata/accordo-programma-quadro-malpensa-2000/accordo-programma-quadro-malpensa-2000)

Figura 126. Lotti oggetto di delocalizzazione nei tre Comuni d'interesse

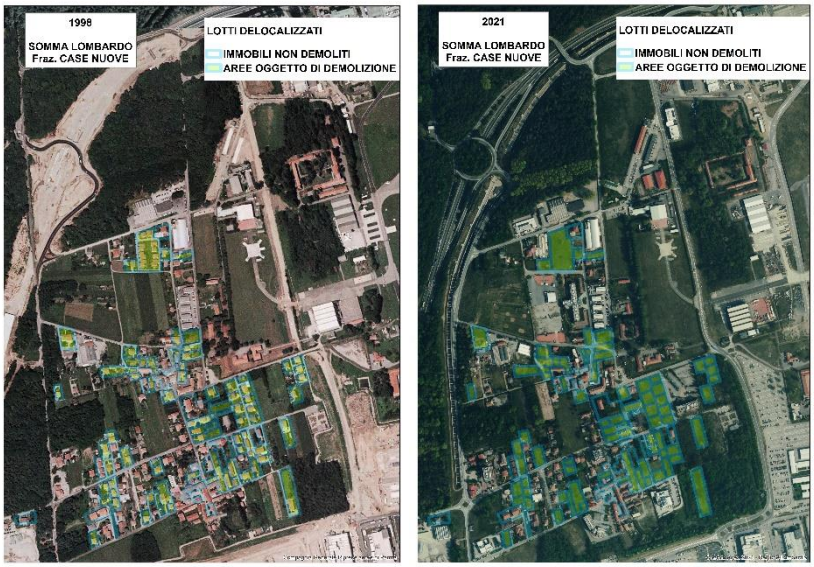


Figura 127. Confronto tra le foto aeree del 1998 e del 2021, che evidenzia le aree demolite e rinaturalizzate nel Comune di Somma Lombardo

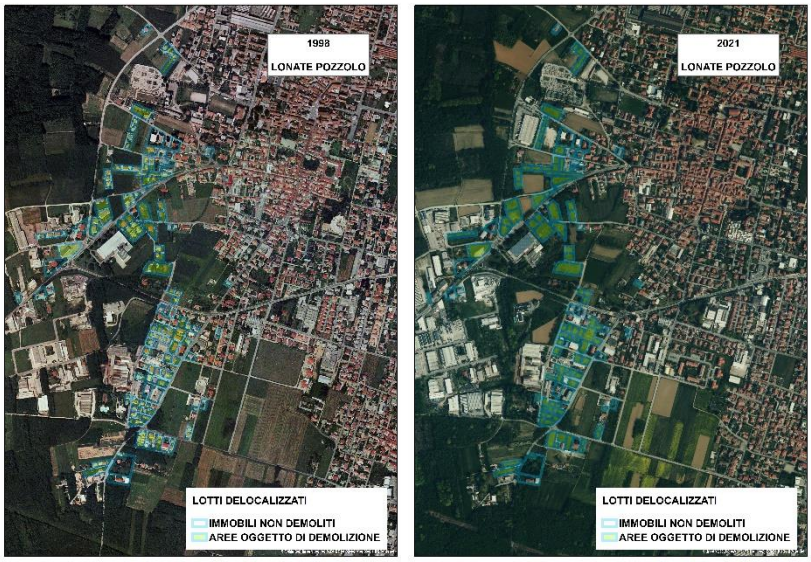


Figura 128. Confronto tra le foto aeree del 1998 e del 2021, che evidenzia le aree demolite e rinaturalizzate nel Comune Lonate Pozzolo

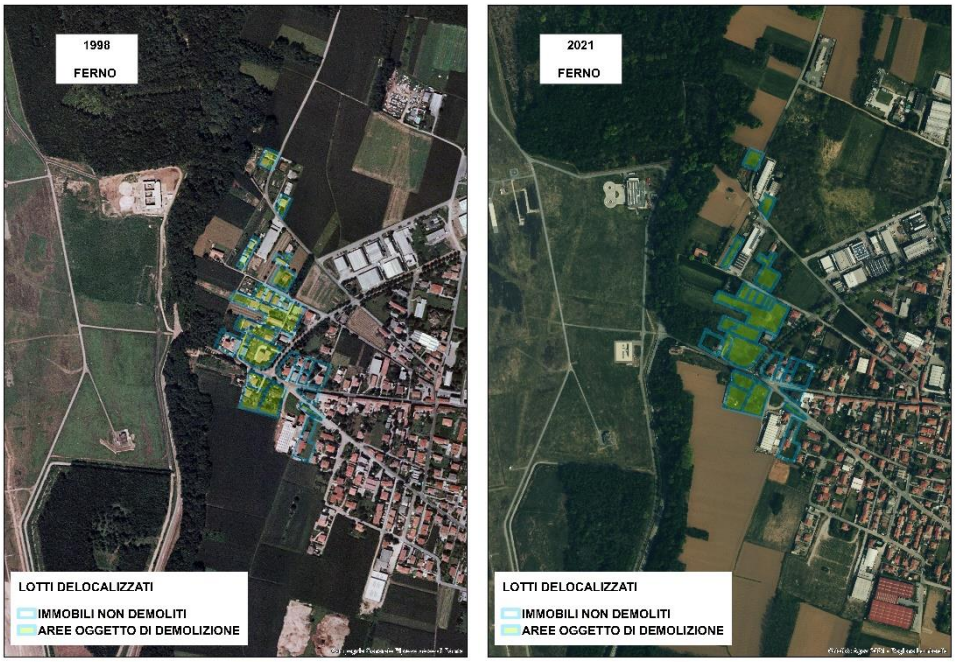


Figura 129. Confronto tra le foto aeree del 1998 e del 2021, che evidenzia le aree demolite e rinaturalizzate nel Comune Ferno

Per la valorizzazione e la promozione di queste aree, nonché l'attuazione di ulteriori opere di mitigazione e compensazione ambientale, in attuazione a quanto stabilito dall'Accordo di chiusura[86] del sopra citato "Accordo di Programma Quadro Malpensa 2000", è stato sviluppato il progetto "Masterplan per la rigenerazione intercomunale delle aree delocalizzate", redatto da Regione Lombardia in collaborazione con Fondazione Lombardia Ambiente (FLA).
Tale Masterplan ha definito, in termini progettuali, un disegno urbano unitario di qualificazione e valorizzazione territoriale per i tre Comuni, fondato su logiche di perequazione territoriale e di concentrazione volumetrica, nel rispetto delle opere di mitigazione già realizzate e del principio di riduzione del consumo di suolo previsto dalla L.R. n. 31/2014.
A dicembre 2021, è stato sottoscritto da Regione Lombardia, Provincia Varese, Comuni Somma Lombardo, Ferno, Lonate Pozzolo l'Accordo Territoriale (DGR 5651 del 30/11/2021) che ha approvato il Masterplan per la rigenerazione intercomunale delle aree delocalizzate.
Si tratta di un'esperienza con caratteristiche uniche ed innovative: il progetto di rigenerazione costituisce la sperimentazione di un percorso condiviso di pianificazione intercomunale e propone un modello perequativo a scala territoriale per la ripartizione equa dei costi e dei benefici derivanti dalle future trasformazioni territoriali, mirando a superare la «concorrenza» tra i Comuni in materia insediativa ed al contempo mantenendo a destinazione agricola/ambientale oltre il 50 % delle aree delocalizzate per una superficie complessiva di circa 120.000 mq, principalmente collocata in Comune di Lonate Pozzolo.

[86] L'Accordo di chiusura e l'Accordo Territoriale sono consultabili sul sito istituzionale di Regione Lombardia, alla pagina della Programmazione negoziata: (https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/territorio/programmazione-negoziata/accordo-programma-quadro-malpensa-2000/accordo-programma-quadro-malpensa-2000)

Il Masterplan fornisce una proposta di destinazione funzionale per le aree delocalizzate (in Figura 130 e Figura 132 sono riportati gli schemi di progetto): Somma Lombardo (Figura 130, Figura 131) assume un ruolo preminente rispetto alle possibilità di sviluppo connesse al sistema aeroportuale (nella frazione di Case Nuove sono previste infatti le funzioni maggiormente strategiche in termini di attrattività e competitività più legate alle attività aeroportuali, funzioni ad alto contenuto tecnologico, di formazione, ricerca e sperimentazione,...) mentre Ferno e Lonate Pozzolo (Figura 132, Figura 133) assumono una vocazione perlopiù legata alla fruizione ed alla qualificazione del sistema ambientale.

Figura 130. Schema progettuale del *Masterplan* per Somma Lombardo

Figura 131. Legenda dello schema progettuale del *Masterplan* per Somma Lombardo

Figura 132. Schema progettuale del Masterplan per Ferno e Lonate Pozzolo

Figura 133. Legenda dello schema progettuale del Masterplan per Ferno e Lonate Pozzolo

REGIONE VENETO - CONTENIMENTO DEL CONSUMO DI SUOLO E TUTELA DELLA CONNETTIVITÀ ECOLOGICA VERSO IL "VENETO TERRITORIO SOSTENIBILE"

Salvina Sist, Carlo Masetto, Claudio Chiapparini, Maria Leonardi, Andrea Bonato (Direzione Pianificazione Territoriale. Regione Veneto)

La Direzione Pianificazione Territoriale è impegnata nella redazione del "Testo unico in materia di governo del territorio e tutela del paesaggio nella Regione del Veneto" (PDL 244 "Veneto territorio Sostenibile"), attualmente all'esame della Seconda Commissione Consiliare.
Gli obiettivi del disegno di legge sono la ricognizione sostanziale e l'aggiornamento della legislazione esistente in materia di governo del territorio, di contenimento del consumo di suolo, di rigenerazione e riqualificazione, di edilizia e di paesaggio.
Ciò si è reso necessario ed urgente per permettere, in un'ottica di semplificazione, una migliore conoscibilità e più semplice fruibilità della normativa da parte di Enti, operatori economici, professionisti e cittadini, alla luce delle problematiche applicative emerse anche in seguito alle innovazioni normative intervenute a livello statale e alla relativa giurisprudenza amministrativa.
Negli anni successivi all'entrata in vigore della Legge regionale 23 aprile 2004, n. 11 "Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio", vi è stata infatti una copiosa attività normativa che ha trattato temi specifici aventi rilevanti implicazioni sulla pianificazione o ha più volte integrato e modificato le norme regionali esistenti. Questo lavoro di sistematizzazione e rinnovamento dell'importante insieme di disposizioni regionali avrà implicazioni dirette o indirette sulla disciplina e sulla pianificazione dell'uso dei suoli.
La Parte II del nuovo Testo Unico è dedicata all'Urbanistica; qui vengono rafforzati obiettivi generali, in linea con le strategie europee, di sviluppo sostenibile e di contrasto al consumo di suolo agricolo e naturale, favorendo la rigenerazione urbana, il riuso di manufatti e aree dismesse, il risparmio energetico e diverse azioni al fine di prevenire rischi e problematiche correlati ai cambiamenti climatici.
Per garantire la continuità delle politiche urbanistiche volte a limitare il consumo di suolo, dopo aver riconosciuto *il suolo come risorsa limitata, non rinnovabile ed essenziale per le generazioni attuali e future*, è stata chiarita la distinzione tra consumo di suolo effettivo e consumo di suolo programmato.
Riguardo a quest'ultimo, si è proposta una parziale revisione in senso limitativo degli interventi non assoggettati ai limiti imposti dalla disciplina regionale; ciò riguarda, in particolare, le operazioni correlate alle procedure per lo sportello unico per le attività produttive[87]. Nello specifico si è previsto di non assoggettare ai limiti di consumo di suolo programmato, stabiliti dal provvedimento della Giunta regionale[88], gli interventi di edilizia produttiva in variante allo strumento urbanistico generale solo limitatamente agli ampliamenti fino a 15.000 mq di superficie fondiaria[89]. La quota eccedente tale limite, infatti, verrebbe computata per il 50% nella riserva di suolo in disponibilità alla Regione[90] e per il restante 50% sulla quota di suolo assegnata a ciascun comune dai provvedimenti della Giunta regionale[91].

---

[87] Tali interventi sono normati dalla legge regionale 55/2012.

[88] Con deliberazione n. 668/2018, la Giunta regionale del Veneto ha stabilito la quantità massima di consumo di suolo ammessa nel territorio regionale e la sua ripartizione per ambiti comunali o sovracomunali omogenei.

[89] Anche gli interventi di edilizia produttiva compatibili con lo strumento urbanistico generale e gli interventi di edilizia produttiva realizzabili in deroga allo strumento urbanistico generale con procedimento unico non sono assoggettati ai limiti di consumo di suolo programmato.

[90] La riserva di suolo regionale è individuata nel provvedimento di cui all'articolo 4, comma 5, lettera a) della legge regionale n. 14/2017, nonché nelle ulteriori deliberazioni della Giunta che ne specificano le modalità di utilizzo.

[91] La quota di suolo assegnata a ciascun comune è adottata ai sensi dell'articolo 4, comma 5, lettera a) della legge regionale n. 14/2017, come recepita nello strumento urbanistico comunale, salvo eventuali compensazioni a seguito del ripristino a superficie naturale o seminaturale di cui all'articolo 4, comma 2, o riuso di edifici esistenti.

La nuova disciplina dovrebbe limitare l'uso delle deroghe, promuovendo una pianificazione chiara per i grandi progetti e facilitando un'analisi più efficace del fenomeno a livello regionale.[92]
Grazie al costante monitoraggio effettuato in questi 7 anni dall'entrata in vigore della legge regionale 14/2017, "Disposizioni per il contenimento del consumo di suolo e modifiche della legge regionale 23 aprile 2004, n. 11 "Norme per il governo del territorio e in materia di paesaggio", è emerso quanto sia stato consistente negli ultimi anni il consumo di suolo legato ad attività industriali, commerciali e centri logistici[93]. Ad ogni modo, l'attività di monitoraggio avviata dalla Regione, identifica una progressiva diminuzione complessiva rispetto alla quantità massima di suolo consumabile al 2050[94]; si tratta di circa 2.625 ettari, determinati tramite le varianti di adeguamento approvate sino al 30 giugno 2024 e le riduzioni dei consumi programmati operate in attuazione dei diversi provvedimenti regionali.
Altro elemento di novità introdotto con il nuovo "Testo unico in materia di governo del territorio e tutela del paesaggio nella Regione del Veneto" è la valorizzazione del ruolo dei Tavoli di lavoro regionali. Si intende infatti attribuire a quest'ultimi ulteriori funzioni nel campo dell'osservazione e del monitoraggio delle dinamiche territoriali, visto il loro ruolo essenziale per il coordinamento delle attività di monitoraggio in relazione a quelle degli osservatori, dei tavoli e delle iniziative di carattere nazionale ed interregionale. In particolare, oltre al rafforzamento del Tavolo Tecnico Permanente con le Province e la Città Metropolitana di Venezia (TTP)[95] è stato istituito il "Tavolo regionale per le infrastrutture verdi in ambito urbano" (TIV) a conferma di un'iniziativa già in corso da alcuni anni con i responsabili del verde pubblico dei comuni capoluogo, con Veneto Agricoltura e con ANCI Veneto.
Il TIV[96], istituito presso la Giunta regionale, è finalizzato a garantire una presenza diffusa di infrastrutture verdi in ambito urbano, considerate le importanti funzioni da esse svolte sulla salute, sul clima, sull'idrologia, sulla biodiversità, sul paesaggio, sulla riduzione dell'inquinamento acustico e luminoso, sulla mitigazione del rischio idrogeologico e sulla riduzione del rischio di marginalità sociale. Per il perseguimento di tali obiettivi, il TIV elabora proposte operative volte all'incremento quantitativo e qualitativo dei parchi e degli spazi verdi pubblici, all'introduzione di modelli efficaci per la loro acquisizione e gestione, al potenziamento delle funzioni ecosistemiche svolte, all'aumento dei livelli di accessibilità da parte dell'intera comunità, al miglioramento della vivibilità e della qualità percepita.

[92] Si tratta di proposte normative che saranno oggetto di valutazione da parte del Consiglio Regionale e che potranno, pertanto, subire modifiche in sede di approvazione del Testo Unico.

[93] Approfondimento ARPAV - Consumo di suolo per CENTRI LOGISTICI negli anni 2012-2020. Nell'ultimo rapporto di ISPRA sul consumo di suolo (Rapporto 2021 pag. 112-117) è riportato un approfondimento relativo al consumo di suolo dovuto alla logistica. Attraverso la fotointerpretazione di dettaglio delle immagini satellitari e delle ortofoto aeree utilizzate per la produzione della carta nazionale del consumo di suolo è stato possibile ottenere una stima della superficie consumata collegata alla logistica e alla grande distribuzione organizzata: fabbricati, piazzali e strade di accesso ai grandi poli, nonché i cambiamenti dovuti alla loro espansione o adeguamento.
https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/suolo/file-e-allegati/documenti/consumo-di-suolo/ARPAV_Consumo_CentriLogistici_2012_2020.pdf

[94] determinata in 12.793 ettari sulla base delle previsioni complessive dei Piani e dei criteri di riduzione assunti con la richiamata DGR attuativa della legge.

[95] Il TTP è già attivo da molti anni, con importanti funzioni nel campo dell'osservazione e del controllo delle dinamiche territoriali e di confronto con le province e la CMV.

[96] Art. 42 - Tavolo regionale per le infrastrutture verdi in ambito urbano.

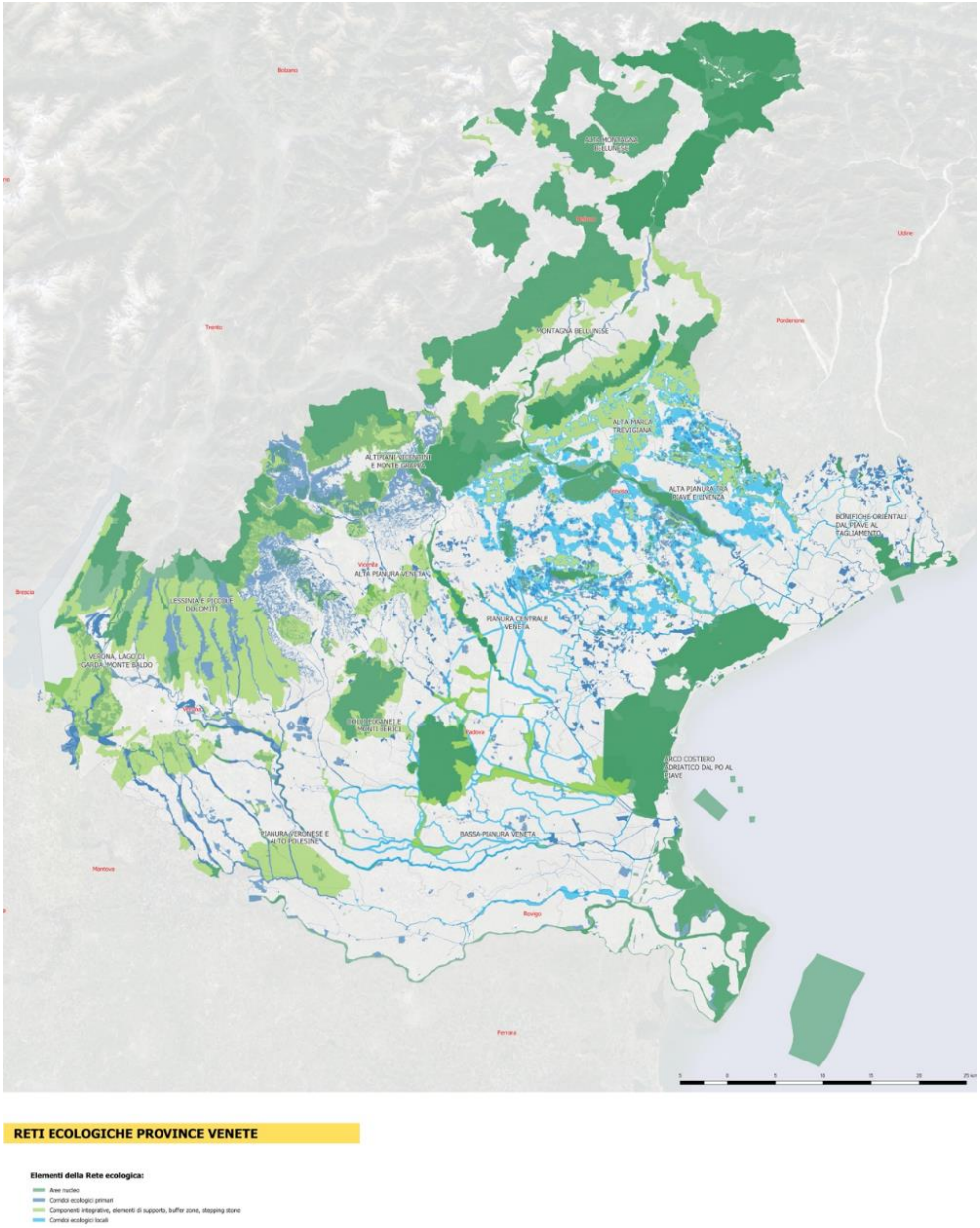


Figura 134. Mosaicatura reti ecologiche dei Piani territoriali di coordinamento provinciale della Regione del Veneto (Studio Gibelli per Regione del Veneto)

Al tema delle infrastrutture verdi viene inoltre attribuita importanza anche in relazione alla nuova nozione di "dotazioni territoriali" (DT) introdotta dal nuovo Testo Unico. Per DT si intendono specifici servizi, infrastrutture, attrezzature, spazi pubblici o di uso pubblico ed ogni altra opera di urbanizzazione e per la sostenibilità ambientale, paesaggistica, socio-economica e territoriale, riconosciuti dal piano o

dalla legge come essenziali e basilari per l'adeguata strutturazione del territorio e in grado di apportare un miglioramento alla qualità della vita della collettività. Per la determinazione delle DT[97], come precisato nel Testo Unico[98], dovranno essere indicati criteri quantitativi, qualitativi, localizzativi e prestazionali all'interno del piano di assetto del territorio (PAT).
Tra le DT[99] sono state anche introdotte le dotazioni ecologiche e ambientali, definite come l'insieme degli spazi, delle opere e degli interventi che concorrono, insieme alle infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti, a migliorare la qualità e la funzionalità dell'ambiente urbano, mitigandone gli impatti negativi.

Il progetto europeo "PlanToConnect"
Le dotazioni ecologiche e ambientali risultano indispensabili per la tutela della connettività ecologica, strettamente legata alla conservazione e al ripristino del capitale naturale, dunque al contenimento del consumo di suolo e della frammentazione territoriale.
La connettività ecologica è fondamentale per la corretta conservazione della biodiversità in qualsiasi ecosistema. Collegando popolazioni diverse e consentendo ai processi ecosistemici ad esse legati di influenzare un'area più ampia, i problemi associati alla frammentazione vengono ridotti al minimo. Le strategie volte ad aumentare la connettività ecologica sono quindi fondamentali per prevenire il degrado ambientale degli ecosistemi, che può portare a conseguenze importanti, non solo per le specie vegetali e animali in pericolo, ma anche per l'umanità nel suo complesso. La frammentazione e il degrado degli ecosistemi hanno conseguenze che vanno oltre il danno strettamente ambientale e che si ripercuotono sul benessere umano e della comunità. Per comprendere le reali ripercussioni della perdita di biodiversità e del degrado degli ecosistemi, è importante identificare e valutare i servizi ecosistemici da essi forniti. La perdita di biodiversità, la distruzione degli habitat e la frammentazione degli ecosistemi portano all'interruzione delle funzioni ecosistemiche di base (ciclo dei nutrienti, dell'acqua, formazione del suolo etc.), alla scomparsa dei servizi ecosistemici e all'emergere di minacce biologiche, sociali, economiche e sanitarie.
Tale rilevante materia è affrontata anche dal recente progetto europeo "*PlanToConnect".* Il progetto, cofinanziato dal Programma Spazio Alpino 2021-2027, al quale partecipa la Direzione Pianificazione Territoriale della Regione del Veneto, in collaborazione con l'Unità Organizzativa Strategia della Biodiversità e dei Parchi, si è posto l'obiettivo di aggiornare i contenuti degli attuali sistemi di pianificazione territoriale della Regione Veneto e delle altre regioni dello Spazio Alpino, che ad oggi non appaiono in grado di valutare e tutelare sufficientemente ed efficacemente il tema della connettività ecologica e delle reti di infrastrutture verdi e blu (IVB). Il progetto mira ad orientare le scelte relative agli usi del suolo e alle pratiche di gestione del territorio ad un approccio basato su una più attenta valutazione di

[97] in rapporto al dimensionamento teorico effettuato sulla base delle diverse destinazioni d'uso, delle concrete esigenze, dello specifico contesto territoriale, delle soglie dimensionali e dei bacini d'utenza, tenuto conto anche delle necessità legate alle emergenze ambientali.

[98] Art. 38 - Dotazioni territoriali nel PRC. (l.r. n. 11/2004, art. 31)

[99] Le DT riguardano in particolare: a) l'istruzione; b) l'assistenza, i servizi sociali e sanitari; c) la pubblica amministrazione, la sicurezza pubblica e la protezione civile; d) le attività culturali, associative e politiche; e) gli spazi aperti attrezzati a verde per il gioco, la ricreazione, il tempo libero e lo sport, compresi quelli ricavati sulla copertura di edifici purché liberamente fruibili, i parchi urbani, le aree boscate pubbliche. I PUA con destinazione residenziale di aree di nuova formazione prevedono, comunque, spazi riservati a parco, gioco e sport nella misura di almeno 3 mq. per abitante teorico da insediare; f) gli spazi aperti di libera fruizione per usi collettivi; g) i parcheggi, gli spazi di sosta pubblici, le attrezzature per la mobilità e la rete di percorsi ciclo-pedonali urbani ed extraurbani; h) gli elementi di riqualificazione urbana; i) le attrezzature di interesse comune per servizi religiosi, di cui all'articolo 40; j) i servizi ricavati all'interno di edifici, anche in assenza di superfici fondiarie dedicate, purché liberamente fruibili; k) le dotazioni per l'edilizia residenziale sociale;

funzioni e servizi ecosistemici (SE). In linea con i recenti sviluppi del quadro politico europeo, "*PlanTo-Connect*" sta sviluppando una "Strategia di pianificazione alpina per la connettività ecologica", che promuove le reti multifunzionali di infrastrutture verdi e blu (IVB) e soluzioni basate sulla natura (NbS), come riferimento per la conservazione e il ripristino della connettività ecologica nella macroregione EUSALP.

A livello macroregionale, la Strategia definisce e identifica le "aree di connettività transnazionali prioritarie per la pianificazione territoriale" (Figura 134) e promuove la definizione di adeguati accordi di governance transfrontaliera per la loro attuazione. Si tratta di aree in cui dovrebbero essere inserite nei piani territoriali nazionali e regionali disposizioni specifiche (e.g. relative all'uso del suolo e alle pratiche di gestione), volte a preservare o ristabilire la connettività ecologica, per evitare la perdita di biodiversità a causa dell'insularizzazione e dell'impoverimento ecosistemico e facilitare l'adattamento degli ecosistemi ai cambiamenti climatici.

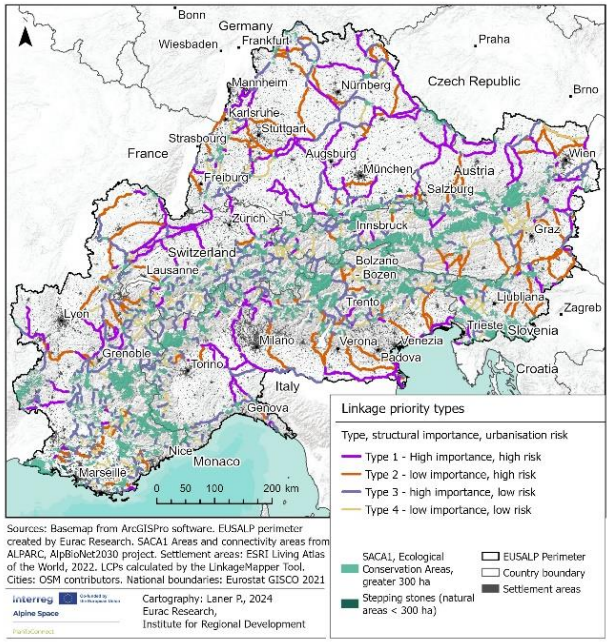


Figura 135. Aree di connettività transnazionali prioritarie per la pianificazione territoriale (Autore Eurac)

A livello regionale e locale, all'interno di queste aree prioritarie, dovranno essere identificati e conservati specifici elementi paesaggistici naturali e seminaturali di qualità ecosistemica significativa e, se necessario, creati nuovi elementi naturaliformi (NbS) come parte di una rete multifunzionale e polivalente di IVB per conservare e migliorare la connettività ecologica tra le "aree di conservazione della natura".

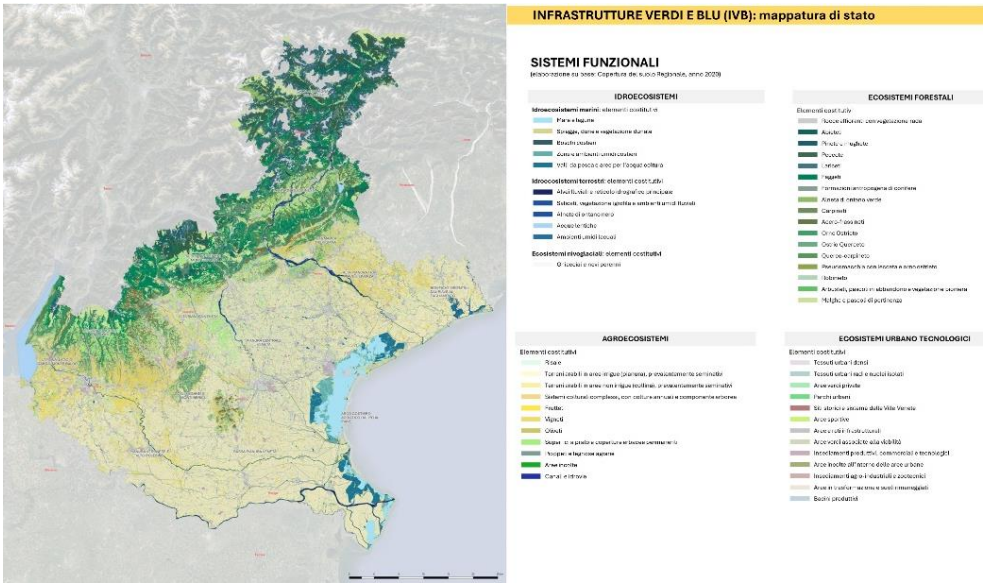


Figura 136. Stato di fatto infrastrutture verdi e blu (Autore Studio Gibelli per Regione del Veneto)

Nella pianificazione di tali reti di IVB, la progettazione e l'implementazione di "aree di conservazione e ripristino della connettività" al di fuori delle aree protette è particolarmente impegnativa e tipicamente include: la protezione di "varchi" ancora liberi dallo sviluppo infrastrutturale, azioni di deframmentazione per superare le barriere infrastrutturali esistenti, interventi per ripristinare e migliorare la qualità degli habitat e azioni per contrastare la diffusione di specie invasive. Nel caso del Veneto tali azioni saranno particolarmente rilevanti per la conservazione e il ripristino della connettività nelle aree di pianura e nelle valli alpine e interesseranno in larga parte il miglioramento delle funzionalità ecologica fluviale e degli agroecosistemi.

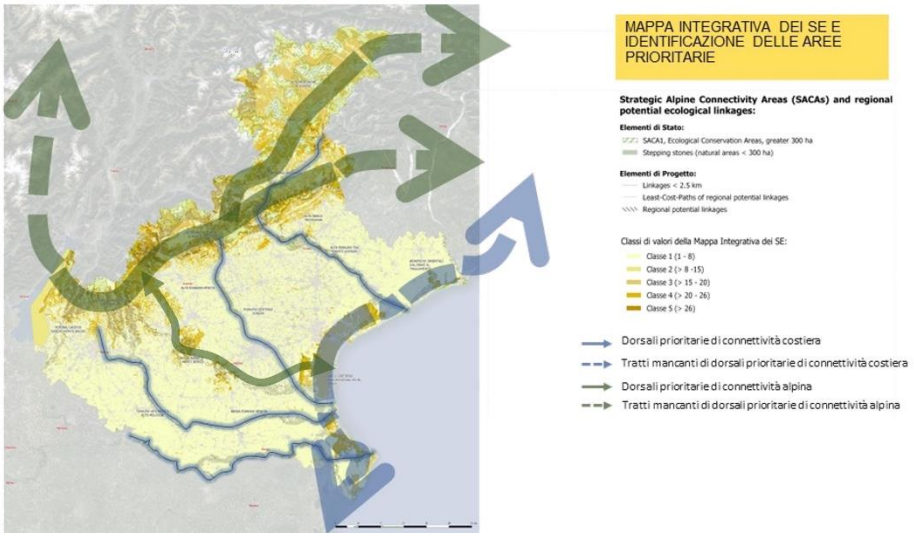


Figura 137. Mappa integrativa dei servizi ecosistemici e identificazione aree di connettività transnazionali prioritarie per la pianificazione territoriale (Autore Studio Gibelli per Regione del Veneto)

Per garantirne l'attuazione a lungo termine, le reti di IVB nelle "aree di conservazione e ripristino della connettività" dovrebbero diventare parte integrante dei piani territoriali dei territori interessati come "uno spazio geografico chiaramente definito, al di fuori delle aree protette, che viene governato e gestito a lungo termine per mantenere o ripristinare efficacemente la connettività ecologica" (IUCN, 2020). Al fine di prevenire il degrado del territorio, preservare e ripristinare il capitale naturale e i servizi ecosistemici da esso forniti (alla base del benessere delle comunità), tutte le opere e i piani che possono influire sulla funzionalità di queste aree devono essere sottoposti ad una *progettazione integrata.* Questa *progettazione integrata* considera le infrastrutture “grigie” a pari livello di quelle verdi e blu, è preceduta da idonee analisi e valutazioni sui “bisogni ambientali e paesaggistici” finalizzati a definirne gli obiettivi di qualità ecosistemica ed è accompagnata da adeguate procedure di valutazione d'impatto che contengano bilanci sui servizi ecosistemici persi e guadagnati dalle trasformazioni programmate. A questo proposito la Regione del Veneto sta predisponendo delle mappe dei Servizi Ecosistemici (SE) considerati prioritari per i diversi ecopaesaggi regionali. In tal modo si potrà acquisire consapevolezza sui valori del capitale naturale presenti sul proprio territorio e, sulla base di questo, ridefinire la rete ecologica regionale e la distribuzione delle scarsità di SE (che potranno porsi come “bisogni ambientali e paesaggistici” alla base dei progetti integrati), differenziare i valori del suolo a seconda dei SE erogati, dotarsi di nuovi strumenti di governance territoriale basati sui SE (anche grazie ai bilanci e alle linee guida per la pianificazione delle GBI a livello comunale).

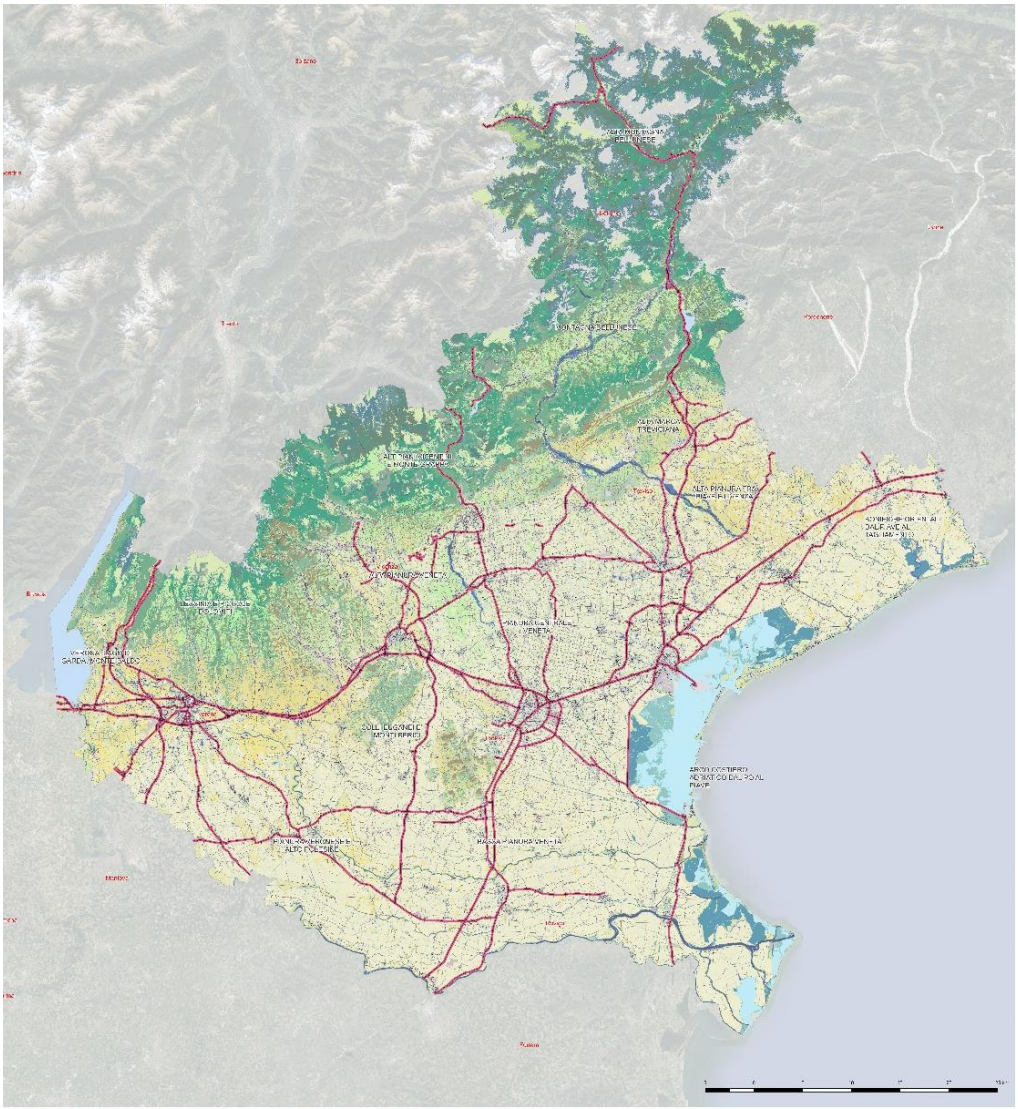


Figura 138. Stato di fatto delle infrastrutture verdi e blu (Autore Studio Gibelli per Regione del Veneto)

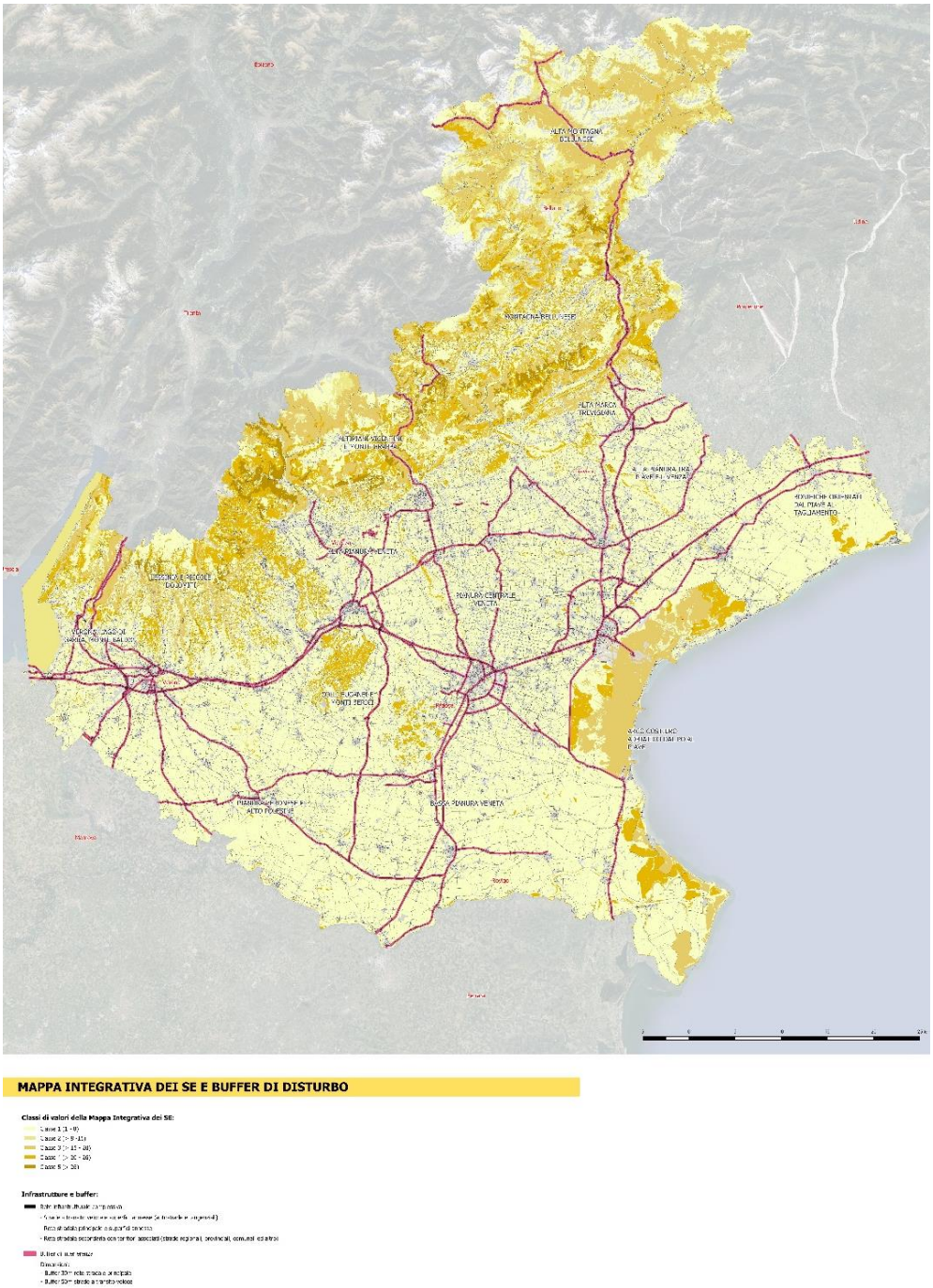


Figura 139. Mappa integrativa dei servizi ecosistemici con sovrapposizione buffer di disturbo (Autore Studio Gibelli per Regione del Veneto)

Nel territorio del Veneto le analisi proposte sono state impostate, quindi, in un'ottica *place-based* di multifunzionalità, attraverso l'integrazione dei principi della *Landscape Ecology* applicati all'analisi geo-spaziale, dei SE e delle NBS come strumenti decisionali nella pianificazione territoriale.
Il lavoro della Regione del Veneto mira ad elaborare delle linee guida per meglio attuare gli obiettivi di connettività nella progettazione e realizzazione delle reti ecologiche del Veneto. A tale scopo si è sviluppato un processo metodologico che integra il percorso di costruzione delle reti ecologiche con la valutazione degli SE del territorio regionale, al fine di indirizzare la pianificazione territoriale verso la riduzione delle vulnerabilità del sistema ambientale e l'incremento degli elementi e dei processi che ne innescano la resilienza, attraverso politiche dedicate e la realizzazione di reti di IVB (in riferimento alla strategia UE COM/2013/0249).
Il grado di qualità/criticità dei SE è stato stimato a partire dal Modello di mappatura dei SE. Tale Modello prende avvio dall'analisi della capacità delle diverse tipologie di uso del suolo nel fornire i SE selezionati. Ciò è possibile attraverso una classificazione qualitativa per valutare lo stato degli SE, che si avvale di metodologie che integrano valutazioni effettuate con indicatori spaziali tratti dalla *Landscape Ecology*, stime di esperti e dati bibliografici (Burkhard *et al.*, 2014). In questo modo la progettazione e realizzazione delle reti ecologiche integrata con la conservazione e ripristino delle IVB potrà davvero costituire il luogo preferenziale per l'implementazione degli SE attraverso politiche sinergiche.
In riferimento al territorio della Regione Veneto, comparando le diverse mappe finora elaborate, emerge il valore e il ruolo essenziale che gli habitat delle zone costiere e alpine svolgono per la conservazione del capitale naturale regionale. Al contempo si nota la scarsità di SE e di elementi in grado di favorire la loro erogazione nelle aree di pianura, se non in aree limitate e circoscritte. Preliminarmente, ciò ha permesso di individuare quali usi del suolo ed ecosistemi costituenti le IVB della Regione del Veneto presentano il maggiore potenziale per supportare la connettività ecologica e dovrebbero quindi essere conservati e quali aree necessitano di interventi di ripristino attraverso azioni finalizzate a migliorare, ad esempio, la multifunzionalità dell'agricoltura, l'equipaggiamento vegetazionale e la qualità degli idroecosistemi.

Progetto di geointelligence per l'individuazione su base previsionale di specifici piani e programmi di recupero o riqualificazione
Con l'intento di contribuire alla tutela della connettività ecologica, di preservare gli spazi verdi e agricoli e promuovere uno sviluppo urbano più sostenibile e razionale, si inserisce anche un altro progetto avviato in forma sperimentale nel 2024 dalla Direzione Pianificazione Territoriale della Regione del Veneto. Si tratta di un progetto, ad oggi predisposto in fase preliminare, che mira allo sviluppo di una piattaforma di geointelligence. Questo strumento, tramite l'analisi di dati geospaziali provenienti da diverse fonti e l'utilizzo di specifici algoritmi, sarà in grado, dopo una necessaria fase di sviluppo, di identificare su base previsionale specifiche zone industriali che, a causa di una serie di indicatori economici, sociali e ambientali, potrebbero diventare aree a rischio di abbandono o declino produttivo, e per le quali potrebbe essere necessario sviluppare piani e programmi di recupero.
Il progetto è stato sviluppato in alcune aree pilota. Si tratta di territori densamente urbanizzati ed industrializzati a ridosso di importanti infrastrutture viarie, aree di sviluppo oggi intese come cruciali per l'economia veneta.
Basandosi su un approccio innovativo a carattere sperimentale, l'iniziativa progettuale si propone di mettere a punto una piattaforma avanzata, che utilizzerà una vasta gamma di dati, geo-spaziali e predittivi, provenienti da diverse fonti (e.g. dati economici, demografici e territoriali/infrastrutturali).
Gli indicatori predittivi utilizzati, aggregati su base comunale, potranno includere la diminuzione del numero di imprese attive, il calo dell'occupazione, la riduzione degli investimenti, l'invecchiamento delle

infrastrutture, e l'aumento dei costi operativi. Questi parametri verranno elaborati utilizzando algoritmi di machine learning e altre tecniche di analisi avanzata per individuare pattern e tendenze a livello geografico in grado di identificare, anche su base predittiva, le possibili aree interessate da crisi economica o produttiva. La piattaforma sarà in grado di offrire strumenti di visualizzazione avanzati, come mappe tematiche e dashboard interattive, in grado di visualizzare in modo chiaro le aree più soggette a questo tipo di rischio (e.g. indicatore cessazione aziende negli ultimi 5 anni). Le dashboard interattive della piattaforma, grazie ad output adeguati e di semplice comprensione, saranno necessarie per rafforzare l'efficacia comunicativa delle stesse e supportare facilmente iniziative di comunicazione e di coinvolgimento delle comunità locali interessate dalla futura pianificazione degli interventi, favorendo la partecipazione locale.
Aspetto centrale del progetto è la possibilità di individuare predittivamente le possibili zone che in un futuro prossimo potrebbero necessitare di sviluppare specifici piani di recupero e riqualificazione delle aree industriali. Questo potrebbe includere, a titolo esemplificativo, la bonifica di siti inquinati, la ristrutturazione di edifici esistenti, la modernizzazione e il revamping delle infrastrutture per renderle più sostenibili e adattabili a nuove esigenze produttive.
La finalità principale del progetto è limitare il consumo di nuovo suolo, concentrando i futuri piani di sviluppo sulle aree già urbanizzate e con maggiore potenziale per il futuro. Questo approccio mira non solo a preservare gli spazi verdi e agricoli, ma anche a promuovere uno sviluppo urbano più sostenibile e razionale, riducendo la dispersione urbana e migliorando l'efficienza delle infrastrutture esistenti.
Per essere efficace, il progetto dovrà essere integrato con i piani urbanistici locali e regionali, attraverso una stretta collaborazione tra le autorità locali, gli enti di pianificazione e i soggetti privati. La piattaforma di geo-intelligence potrà fornire dati e analisi utili per supportare decisioni informate e strategie di sviluppo coerenti con le previsioni urbanistiche locali, a livello comunale e provinciale.
La riqualificazione delle aree industriali più significative per il futuro sviluppo economico potrà avere significativi impatti positivi sulle comunità locali, stimolando l'economia locale e creando nuove opportunità di lavoro, mantenendo però elevata la qualità dell'ambiente urbano in cui si sviluppa l'attività produttiva.
L'obiettivo principale del progetto sarà quindi la costruzione di uno strumento utile per indirizzare i futuri piani di sviluppo sulle aree già urbanizzate, supportando la programmazione di specifiche azioni pianificatorie integrate di riqualificazione e/o recupero mirate alla riduzione del consumo di suolo, alla riqualificazione delle infrastrutture preesistenti, potendone poi quantificare anche gli impatti reali.
Lo sviluppo di una piattaforma sperimentale di geo-intelligence per l'individuazione previsionale di aree industriali a rischio di abbandono rappresenta il punto di partenza per la predisposizione di strumenti predittivi più generali per la pianificazione urbanistica e la gestione del territorio. Grazie alle tecniche proprie della data science, sarà possibile disporre di un ausilio per intercettare o anticipare le problematiche e intervenire tempestivamente per promuovere la riqualificazione e il rilancio economico dei territori a rischio, contribuendo così a uno sviluppo urbano più sostenibile ed equilibrato.

REGIONE UMBRIA - PROGETTO ESECUTIVO DI VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO REGIONALE LUNGO LA FERROVIA CENTRALE UMBRA

Sabrina Scarabattoli, Maria Elena Franceschetti (Regione Umbria), Tamburi Luca (ARPA Umbria)

La presente relazione riguarda il progetto di restauro e risanamento conservativo, con riferimento all'art.3 comma c del DPR 380/2001, per il recupero di edifici da destinare ad attività socio-turistico e culturali, spazi per apparecchiature per il funzionamento della linea ferroviaria (Figura 140), spazi di servizio della stazione ferroviaria e alloggi di edilizia residenziale sociale (ERS) (Figura 141) nell'ambito del *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) – Missione M5 - Componente C2 - Investimento 2.3 - Programma Innovativo Nazionale per la Qualità dell'Abitare (PINQuA)* denominato *"Vivere l'Umbria".*

L'anzidetto programma è stato approvato in via definitiva con decreto del Ministro delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile n. 383 del 7 ottobre 2021 e inserito nell'elenco degli interventi definitivamente ammessi a finanziamento con decreto della Direzione generale per l'edilizia statale, le politiche abitative, la riqualificazione urbana e gli interventi speciali n. 804 del 20 gennaio 2022. Soggetto beneficiario del finanziamento è la Regione Umbria mentre Ater è stato nominato soggetto attuatore degli interventi.

Gli interventi prevedono il recupero e risanamento conservativo con rifunzionalizzazione - mediante un insieme sistematico di opere - di 15 immobili attualmente adibiti a "stazione ferroviaria" o dismessi, ma comunque adiacenti alla linea della Ferrovia Centrale Umbra (FCU). In via generale, è prevista la riconversione degli immobili ad attività socio-turistico e culturali e alloggi di ERS, mantenendo in alcuni casi parte delle attuali funzioni legate al funzionamento della linea ferroviaria.

Il presupposto del progetto è l'esistenza della linea ferroviaria FCU con i suoi immobili di supporto, costituiti prevalentemente dai locali di servizio delle stazioni posti al piano terra e dalle abitazioni dei capistazione posti al piano primo. Nel programma sono compresi anche immobili ad esclusivo uso residenziale realizzati per la gran parte insieme alla linea ferroviaria nei primi decenni del '900 e destinati a residenze singole o collettive. L'edifico della stazione presenta però il massimo riscontro agli obiettivi del programma del MIT, che intende dare una risposta articolata al complesso tema della rigenerazione del tessuto socioeconomico delle città e dei territori.

Gli immobili oggetto di intervento sono in totale 15 e sono attualmente adibiti a stazione ferroviaria dismessa, situati nei Comuni di San Giustino, Città di Castello, Umbertide, Perugia, Deruta, Marsciano, Todi, Massa Martana, Acquasparta, San Gemini, Terni.

Si tratta di un progetto che affronta il tema della rigenerazione del tessuto socioeconomico delle città e dei territori, partendo dalla rifunzionalizzazione delle antiche stazioni ferroviarie, lungo la linea ferroviaria della FCU che attraversa e caratterizza l'Umbria. La stazione pertanto sarà occasione di:

- residenza sociale capace di migliorare la condizione di vita di molte famiglie con disagio abitativo. La residenza, collocata al piano primo, sarà funzionale al presidio costante dei luoghi delle nuove centralità urbane costituite dai restanti servizi presenti nell'edificio;
- servizio all'accessibilità urbana e territoriale attraverso appositi locali destinati alla sala di attesa della stazione, per il bikesharing e per le associazioni per guide turistiche territoriali;
- promozione culturale grazie alla possibilità di allestimento di appositi spazi e contenitori per la condivisione dei libri in stazione secondo l'iniziativa "Libri in viaggio" già promossa in maniera temporanea da Umbria TPL e Mobilità S.p.A.;
- ospitalità turistica con la disponibilità di posti letto a basso costo per le persone con ridotte capacità di spesa, per studenti, per pellegrini che cercano prima di tutto il contatto sociale con le persone del territorio e attraverso queste approfondire la conoscenza dello stesso e delle sue diverse realtà. L'ospitalità turistica rappresenta una grande opportunità di promozione sociale e culturale attraverso lo scambio che normalmente avviene con i fruitori temporanei, che percorrendo le vie

umbre (ciclovie, sentieri, cammini) lasceranno il loro riscontro, importante per la promozione culturale dei residenti (PINQuA "Vivere L'Umbria").

La Stazione ferroviaria, inoltre, diventa punto di raccordo con i percorsi ciclabili esistenti regionali e locali. Per facilitare tali opportunità sono previsti:

- realizzazione di parcheggi sicuri (velostazioni) nelle stazioni principali, con l'installazione di servizi minimi nelle stazioni minori (box singoli modulari per allocazione biciclette), ciclofficine e posizionamento rastrelliere; nuovi servizi di bike sharing e micro-mobilità, con stalli dedicati alla presa/rilascio dei mezzi in stazione.

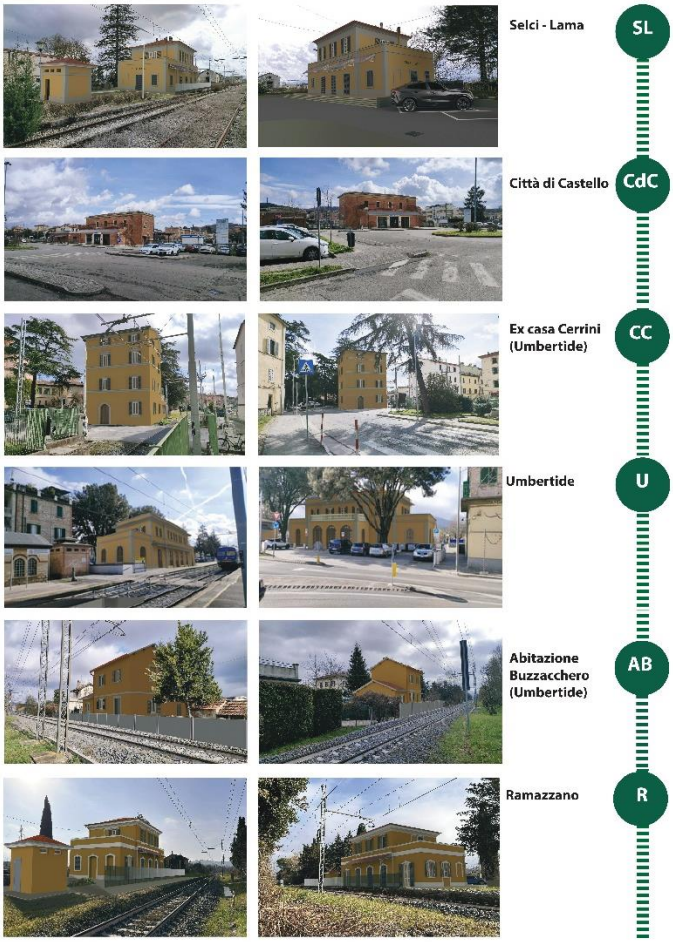


Figura 140. Alcuni degli immobili oggetto di intervento previsti dal progetto Pinqua "Vivere l'Umbria". Gli immobili sono in totale 15 e sono attualmente adibiti a stazione ferroviaria dismessa

Figura 141. Pinqua alta Umbria 2030. Riqualificazione del patrimonio destinato all'ERS e rifunzionalizzazione spazi e immobili pubblici

CONTRIBUTI A CURA DEL COMITATO SCIENTIFICO

SVILUPPO SOSTENIBILE E CONSUMO DI SUOLO NEL CONTINUUM URBANO-RURALE

Fausto Manes (Dipartimento di Biologia Ambientale, Università di Roma La Sapienza), Lorenza Nardella, Alessandro Sebastiani (Consiglio Nazionale delle Ricerche – IRET)

La vegetazione naturale presente nei territori periurbani è soggetta a molteplici fattori di stress di origine antropica (cambiamento climatico, inquinamento atmosferico, consumo di suolo), dovuti ad esigenze socioeconomiche a livello locale e a cause legate ai cambiamenti globali, che determinano, nel medio-lungo periodo, una drastica trasformazione del territorio.
I cambiamenti di uso e di copertura del suolo, qui intesi come transizione da aree naturali a semi-naturali o artificiali, influiscono, di conseguenza, sulla fornitura dei Servizi Ecosistemici (SE) e dei relativi benefici per la popolazione (Manes *et al.*, in Munafò, 2023).
Posizionati nella fascia intermedia del continuum che lega i grandi centri urbani, fulcro delle attività e dei servizi, e le zone rurali, caratterizzate dalla presenza di vaste aree naturali e dunque fonte di risorse fondamentali al benessere della popolazione, i territori periurbani si configurano come zone di buffer dove l'espansione della città, accompagnata da un aumento dei tassi di impermeabilizzazione del suolo, coesiste con la necessità di preservare l'integrità funzionale e strutturale degli ecosistemi. Questi territori sono caratterizzati da una bassa densità di popolazione e dalla presenza di diverse tipologie di uso del suolo (zone agricole, commerciali, industriali, residenziali e dalla presenza di elevate estensioni o di lembi residui di ecosistemi naturali), che di frequente risultano essere in competizione l'una con l'altra. Molto spesso si rinviene una notevole frammentazione nelle tipologie di uso del suolo che influenza tanto il mismatch tra la fornitura e la domanda di SE (Sebastiani *et al.*, 2021), quanto la loro multifunzionalità (Marando *et al.*, 2019). In particolare, l'elevato grado di frammentazione degli ecosistemi, sistematicamente ridotti a isole di naturalità immerse in una matrice profondamente antropizzata, provoca in tali contesti effetti di margine che riducono notevolmente la qualità e la capacità degli ecosistemi di fornire i loro benefici.
La Figura 142 illustra per l'Italia (anni 2006-2022) l'andamento nel tempo di quelli che possono essere considerati tre indicatori di sostenibilità: la Biocapacità, che rappresenta la quantità di superficie produttiva degli ecosistemi terrestri ed acquatici; l'Impronta Ecologica - IE, espressa, come la precedente, in ettari globali pro capite (gha), ovvero la superficie produttiva necessaria a garantire le risorse che la popolazione consuma, e ad assorbire i rifiuti che genera; di tale indicatore sono rappresentati in figura anche i contributi parziali attribuibili alle varie tipologie di uso del suolo (superfici artificiali, coltivi, pascoli, aree di pesca, foreste); il Consumo di suolo, espresso come valore percentuale relativo all'intero territorio nazionale, che descrive i processi di trasformazione della copertura del suolo, e permette di valutare il degrado del territorio inquadrandone l'impatto sul paesaggio e sui SE (Report SNPA n. 37/2023). È possibile notare come a fronte di un andamento alquanto costante della Biocapacità, il Consumo di suolo continui ad aumentare in relazione alle diverse attività antropiche che caratterizzano i territori periurbani e rurali. Analizzando invece l'andamento dell'IE e dei suoi contributi parziali, si evince chiaramente l'impatto determinante dell'Impronta del Carbonio, uno dei due servizi inquadrati all'interno della classe delle foreste, insieme a quello dei prodotti forestali. L'impronta del Carbonio corrisponde alla superficie boschiva necessaria, attraverso il sequestro netto di carbonio operata dalle

foreste, a bilanciare le emissioni prodotte dalle attività antropiche. L'impronta del Carbonio viene quantificata sulla base delle emissioni di diossido di carbonio (CO_2) causate dall'utilizzo di combustibili fossili, all'interno delle quali vengono anche internalizzate le emissioni causate dall'importazione di beni materiali.
La costante pressione sui territori per accrescere la produzione di cibo è un esempio che illustra chiaramente il concetto di IE, che consiste difatti in uno strumento di contabilità delle risorse basato sulla biomassa, e che mira a monitorare la domanda della società e l'offerta da parte degli ecosistemi naturali per l'approvvigionamento di risorse chiave e di SE di regolazione. Secondo uno studio del 2023 (Galli *et al.*, 2023) il settore agroalimentare è responsabile di quasi un terzo dell'IE totale dell'EU-27, sfruttando al contempo oltre metà della biocapacità dei suoi territori. In generale si può dunque affermare che l'impronta del carbonio rappresenta la quantità di energia consumata per la produzione di beni e servizi e quindi si collega in vari modi al consumo di suolo.

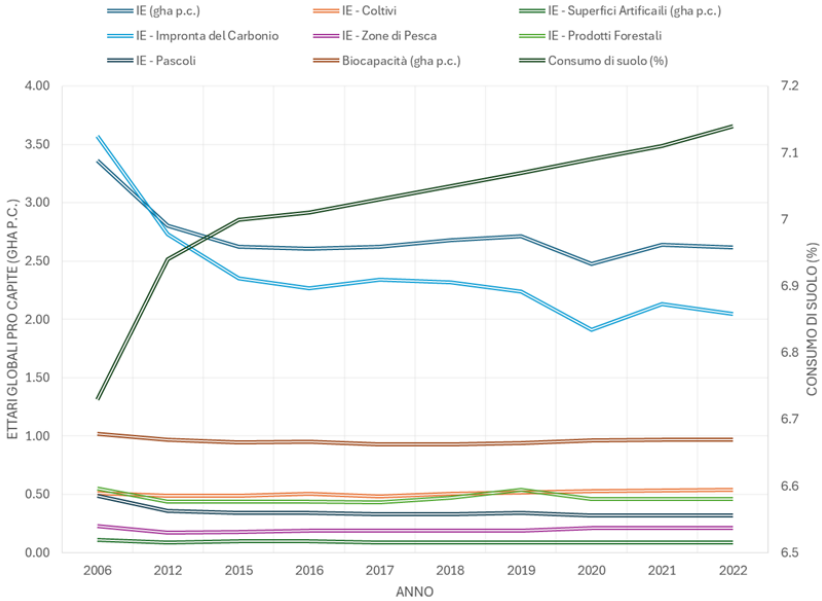


Figura 142. Indicatori di sostenibilità. I dati discussi nel testo e riportati in figura fanno riferimento alle seguenti fonti bibliografiche: IE e Biocapacità – Footprint Data Foundation, 2024; Consumo di suolo – Munafò *et al.*, 2023; Gha p.c.: ettari globali pro capite

Nonostante la recente proposta di Direttiva UE sul monitoraggio del suolo (Consiglio dell'Unione Europea, 2024), la quale prevede di rendere obbligatorio il monitoraggio della salute del suolo fornendo al tempo stesso i principi per una gestione sostenibile, ad oggi l'impatto causato dall'urbanizzazione non è ancora ben riconosciuto dalla politica internazionale. Lo sviluppo delle città determina cambiamenti a una scala senza precedenti, influenzando come già precisato l'uso e la copertura del suolo, la biodiversità e gli habitat, il clima e i sistemi idrologici. La dinamica di cambiamento che interessa le zone metropolitane dovrebbe essere ai vertici della *governance* nazionale e globale. Infatti, secondo l'IPCC, le aree urbane contribuiscono collettivamente per circa il 70% dell'anidride carbonica relativa alle emissioni equivalenti derivanti dal consumo energetico finale, e questa percentuale si pensa possa raggiungere il 76% nel 2030 (Hoornweg *et al.*, 2011; Espey *et al.*, 2024). Molti di questi effetti saranno duraturi, e forse irreversibili. Tuttavia, gli effetti diretti dell'urbanizzazione sui sistemi terrestri e sulla biodiversità

rappresentano solo una parte delle cause di impatto, in quanto le lunghe catene di fornitura di beni e servizi necessari per costruire, alimentare e nutrire le città spesso provengono da territori molto distanti, influenzando così in maniera rilevante le economie rurali.
Il calcolo dell'IE, sfruttando una maggiore e più sistematica disponibilità di dati a tale scala, viene generalmente eseguito in ottica di *accounting* nazionale. Attraverso l'utilizzo di un approccio di tipo *top-down*, che consiste nel *downscaling* dei dati nazionali supportato da dati locali di consumo e spesa domestica, è possibile giungere ad una stima dell'IE a livello di amministrazione locale. In uno studio volto ad analizzare l'impatto delle maggiori città dell'area del bacino Mediterraneo (Baabou *et al.*, 2017), per la Città Metropolitana (CM) di Roma è stato stimato nel 2015 un valore di IE pro-capite superiore a 4,7 gha, ben al di sopra della media italiana (2,6 gha, Footprint Data Foundation, 2024). In totale, i risultati mostrano che nel 2015 la CM di Roma ha contribuito al 7% dell'IE nazionale. In linea con i valori nazionali, l'indicatore risulta essere condizionato prevalentemente dall'Impronta del Carbonio che, come evidenziato in precedenza, rappresenta una misura dell'intensità energetica di un contesto territoriale. L'analisi del contributo delle varie categorie di consumo mostra come i settori che maggiormente contribuiscono all'IE sono quello alimentare, dei trasporti, e infine quello dei beni generici (quali vestiti, elettronica, mobilia, etc.). Un risultato interessante illustra difatti che l'IE tende ad aumentare proporzionalmente al reddito.
In termini sia assoluti che relativi, data anche la vastità della sua superficie amministrativa, la CM di Roma rappresenta da anni un contesto territoriale che presenta valori di consumo di suolo, con i relativi tassi di crescita annuale, tra i maggiori in Italia (Munafò *et al.*, 2023).
Elaborando su dati recentemente pubblicati in uno studio sulla fornitura di SE nel *continuum* urbano-rurale (Nardella *et al.*, 2024), la Figura 143 descrive il gradiente della CM di Roma attraverso l'analisi di una serie di poligoni-buffer concentrici, aventi ampiezza costante di 2 km e costruiti a partire dal centro del Comune fino ad intersecare i limiti amministrativi della CM. In Figura 143 viene presentato l'andamento lungo il gradiente urbano-rurale di alcuni dati relativi a pressioni antropiche, rappresentate dai valori di concentrazione media invernale di PM_{10} e estiva di O_3, (scelta motivata dalla marcata stagionalità esibita dai due inquinanti), di un indicatore di funzionalità e struttura vegetazionale, il *Leaf Area Index* (LAI, qui normalizzato tra 0 e 1 secondo la scala di valori assunti nei vari buffer), e della copertura superficiale di alcune tipologie di *land-use land-cover* (LULC) identificate attraverso una classificazione del territorio della CM pubblicata nello stesso lavoro.
Nel complesso si ottiene un interessante quadro spazialmente esplicito delle pressioni e delle relative opportunità di mitigazione che agiscono sul territorio. Nei primi 12 km dal centro le superfici artificiali occupano circa il 20-60% del territorio totale. La vegetazione, seppure estremamente frammentata, mantiene valori che si attestano intorno al 20%. In questa fascia, è possibile notare come le superfici interessate da coltivi e incolti subiscano un notevole incremento, passando dal 13 al 60%. Nella fascia tra i 12 e i 30 km, al calo drastico delle superfici artificiali corrisponde un'iniziale diminuzione seguita da un lieve aumento delle superfici naturali. Contestualmente, i coltivi e gli spazi aperti continuano ad aumentare fino ai 20 km, distanza oltre la quale si attestano comunque su valori superiori al 60% fino ad una distanza di 30 km. Innanzitutto, si evince dunque la forte vocazione agricola esibita dal territorio dell'agro romano; in tal senso, è possibile osservare chiaramente come la presenza di terreni agricoli e incolti, all'aumentare della distanza dal centro, sostituisca le superfici artificiali limitando fortemente la presenza e l'estensione delle aree naturali, che subiscono piuttosto una contrazione. L'inversione di tendenza avviene oltre i 30 km dal centro, distanza oltre la quale è ben nota la presenza di importanti sistemi naturali che si sviluppano nelle zone rurali della CM (e.g. Monti Simbruini). Tale intensificazione delle superfici boscate si riflette nel trend positivo assunto dai valori di LAI medio estivo, che può essere considerato un indicatore della capacità degli ecosistemi di fornire bundle o fasci di SE, servizi cioè che risultano essere spazialmente associati.

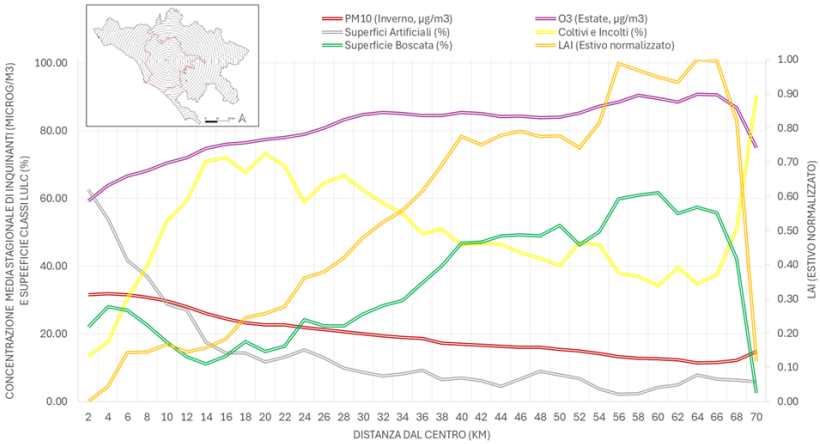


Figura 143. Gradiente urbano-rurale della Città Metropolitana di Roma. I dati discussi nel testo e riportati in figura fanno riferimento alle seguenti fonti bibliografiche: PM_{10} e O_3 – Stafoggia *et al.*, 2019; LAI – Dati Copernicus; Superficie classi LULC – Nardella *et al.*, 2024

L'andamento delle concentrazioni di PM_{10} e O_3 segue *trend* spaziali inversi. Il primo, notoriamente influenzato dalla varietà di fonti emissive tipiche delle città, presenta concentrazioni maggiori all'interno del centro urbano; il secondo, per via della complessa fotochimica che ne regola la formazione e delle dinamiche che influenzano le concentrazioni dei suoi precursori, emerge come inquinante prevalentemente rurale (Manes *et al.*, 2016).

In conclusione, sulla base dei dati mostrati, è possibile affermare che occorre porre speciale attenzione alle aree peri-urbane, dove si concentra il consumo di suolo, e dove al contempo si ha maggior potenziale per avviare progetti di riforestazione, con la presenza di consorzi vegetazionali frammentati e sotto pressione. Gli sforzi di gestione dovrebbero mirare quindi a migliorare la connettività tra aree naturali, sia internamente alla fascia peri-urbana, sia esternamente, rendendola un ponte tra le aree verdi urbane e le foreste delle aree rurali. Occorre inoltre limitare il consumo di suolo poiché esso determina un considerevole impatto sui cambiamenti climatici. Ne consegue che se si vogliono raggiungere gli obiettivi di neutralità climatica, sarà fondamentale limitare il consumo di suolo, avviando nel contempo azioni di riqualificazione come richiesto dal Regolamento sul Ripristino della Natura recentemente approvato dal Parlamento europeo.

In tale contesto si inquadra infine, l'analisi dell'Indice di Sviluppo Umano (HDI), un indicatore che può essere utilizzato per misurare i risultati ottenuti in termini di sviluppo nella qualità della vita umana, dal punto di vista della salute, degli aspetti educativi ed economici, e di quelli ambientali tenendo conto delle disuguaglianze di reddito e di accesso alla sanità e all'istruzione (UNDP, 2024). Sono questi i pilastri da potenziare per il benessere della popolazione di un Paese, anche in chiave *One Health*, strategia volta a promuovere la salute dell'uomo, degli animali, dell'ambiente e degli ecosistemi.

LE INFRASTRUTTURE STRADALI E GLI IMPATTI DIRETTI E INDOTTI SUL CONSUMO DI SUOLO

Rossella Moscarelli (DAStU, Politecnico di Milano) e Paolo Pileri (DAStU, Politecnico di Milano)

In Italia, le infrastrutture stradali sono tra le prime cause di consumo di suolo: tra il 2006 e il 2022 sono cresciute di 9.962 ettari, l'8,2% del consumo di suolo dello stesso periodo (Munafò, 2022). Tra le strade, le autostrade sono le più voraci sia per la loro larghezza (3+1 corsie per senso di marcia ovvero dai 30 ai 50 metri di impronta) sia per i vari impianti accessori (stazioni di servizio, aree di sosta, svincoli, etc.). Tali infrastrutture incidono sulle trasformazioni del suolo anche in forma indiretta, influenzando l'aumento dell'urbanizzazione nel territorio circostante. Diversi studi descrivono quanto un'autostrada possa divenire una leva per la costruzione di altre infrastrutture e di nuove aree urbanizzate, soprattutto legate alle attività produttive e logistiche (Squires, 2002; Castiglioni *et al.*, 2015; Romano *et al.*, 2017; Assennato *et al.*, 2019; Munafò, 2022; Pileri 2024).
Il caso dell'autostrada Brebemi (A35), una delle infrastrutture più impattanti e discusse del nostro Paese, è emblematico per capire l'effetto di trascinamento che si genera sul consumo di suolo. Progettata all'inizio degli anni 2000, è stata terminata nel 2014 (al netto del peduncolo finale verso Brescia, completato nel 2018). Collega Milano a Brescia lungo un percorso di 62 km che tocca 27 comuni e 4 province (Figura 144).

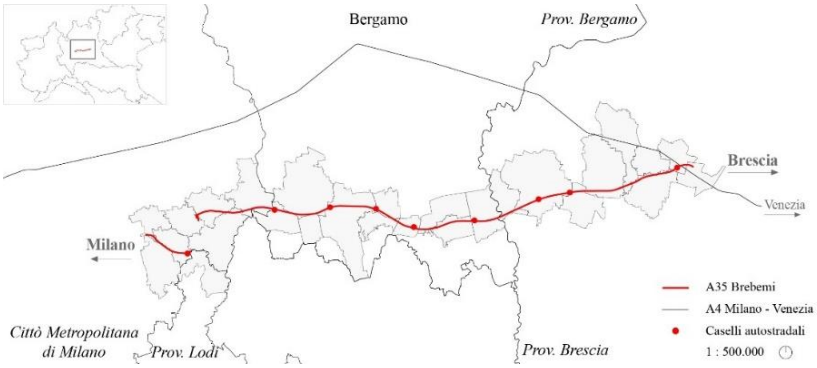


Figura 144. Il tracciato dell'autostrada Brebemi

Tra il 2007 e il 2018 il solo fascio autostradale ha consumato 278,3 ettari di suoli agricoli[100]. A questi vanno aggiunti 116,8 ettari consumati per realizzare nuove strade locali: connessioni alla A35, modifiche di strade già esistenti interrotte o deviate e infine altre, non collegate fisicamente all'autostrada, ma realizzate come interventi "compensativi" di Brebemi. In totale, il consumo di suolo legato alle sole infrastrutture supera i 395 ettari ed è rilevante notare che solo in minima parte queste sono state realizzate su superfici già urbanizzate: appena 10,5 ettari nel caso della Brebemi (il 3% dell'area urbanizzata dell'autostrada) e 28,7 ettari nel caso delle altre strade (il 20% della loro carreggiata). Nello stesso

[100] Tutti i calcoli sono stati effettuati con analisi Gis sulla base dati DUSAF (Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali), fornita da Regione Lombardia, nelle versioni 1.1 (1999), 2.1 (2007) e 6.0 (2018). Tale database è organizzato con la stessa legenda e classificazione del Corinne Land Cover europeo: la classe 1 si riferisce alle superfici antropizzate, la classe 2 a quelle agricole e la classe 3 a quelle forestali e seminaturali. Più specificatamente la classe 1.4 rappresenta le aree naturali non agricole (ad esempio i parchi urbani). Sulla base di tale classificazione l'analisi considera: aree urbanizzate tutte quelle aree la cui copertura del suolo appartiene alla classe 1, esclusa la classe 1.4 (ovvero le aree urbanizzate sono costituite dalla somma delle classi 1.1,1.2 e 1.3); consumo di suolo, la trasformazione delle aree naturali (ovvero tutte quelle aree la cui copertura del suolo rientra nelle classi 1.4, 2 e 3) in aree urbanizzate. Le prime analisi sono state elaborate da Giuliani (2023).

periodo, nelle due fasce di territorio profonde 500 metri lungo i fianchi della A35, sono state avviate nuove urbanizzazioni, tra cui insediamenti logistici, produttivi e residenziali, per circa 650 ettari. Tra strade e insediamenti a lato, il totale è, quindi, di 1.045,1 ettari di cui solo il 26,6% è la quota relativa all'autostrada.
La realizzazione della Brebemi, così come delle infrastrutture connesse e le nuove urbanizzazioni nella fascia di territorio più prossimo, ha inciso in maniera decisiva sui consumi di suolo dei comuni coinvolti. Se si considera infatti l'incidenza del consumo di suolo della Brebemi (diretto e indotto) sul consumo di suolo totale di ciascun comune toccato dall'autostrada, si osservano risultati piuttosto chiari (Figura 145): in 19 casi i consumi di suolo di Brebemi pesano per più del 40% del consumo di suolo dei comuni e in 8 di essi addirittura più del 60%. I valori più elevati si registrano nei comuni di Fara Olivana con Sola, 92%, e Antegnate, 88%. La quasi totalità del consumo di suolo avvenuto in questi comuni nel periodo 2007-2018 è imputabile alla Brebemi, alle infrastrutture collegate e si collocano in un'area di 500 metri dal confine autostradale.

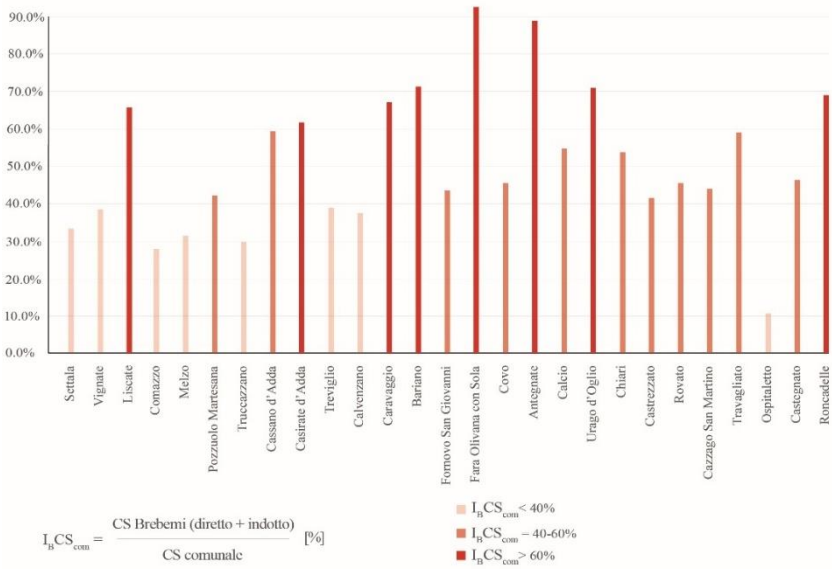


Figura 145. Incidenza del consumo di suolo della A35 (diretto + indotto) sul consumo di suolo comunale (IBCScom), calcolato nel periodo 2007-2018. I comuni nel grafico sono ordinati da ovest ad est, ovvero da Milano a Brescia lungo la A35

Se per il consumo di suolo relativo alle infrastrutture c'è una correlazione chiara con la realizzazione dell'autostrada, non è altrettanto automatico affermare che le nuove urbanizzazioni siano direttamente state indotte dall'A35, sebbene sia legittimo ipotizzare che ne siano state influenzate. È possibile quindi comprendere meglio la situazione analizzando una serie di indicatori che mostrano come la superficie urbanizzata e i *trend* di consumo di suolo siano cambiati in due scenari di riferimento: uno pre-Brebemi (intervallo 1999-2007) e uno post-Brebemi (intervallo 2007-2018).
Considerando la fascia di rispetto di 500 metri lungo entrambi i lati dell'autostrada, il totale delle aree urbanizzate (escludendo le superfici urbanizzate relative alla Brebemi e alle infrastrutture ad essa connessa) nei tre diversi anni di analisi (1999, 2007, 2018) è passato da 671 ettari nel 1999, a 882 nel 2007 (+211 ettari), raggiungendo 1.435 ettari nel 2018 (+553 ettari). Più nel dettaglio, come mostrato nella Figura 146, le superfici urbanizzate sono aumentate in tutti i comuni attraversati (tranne due soli casi). Il rapporto tra la superficie urbanizzata nella fascia dei 500 metri e la superficie urbanizzata

nell'intero comune dà il peso della prima sul contesto locale (Figura 147). Nel 1999, prima della realizzazione dell'autostrada Brebemi, 15 comuni su 27 presentavano un rapporto inferiore al 10%, 10 tra il 10 e il 25% e solo 2 superiori al 25%. Nel 2018, dopo la realizzazione dell'autostrada Brebemi, la situazione è ben diversa: solo 6 comuni hanno mantenuto un rapporto inferiore al 10%, mentre 11 comuni mostrano un rapporto tra il 10 e il 25% e 10 superano il 25%. Alcuni casi sono significativi poiché si è passati da valori inferiori al 10% a valori superiori al 25%, come avvenuto nei comuni di Calcio e Urago d'Oglio.

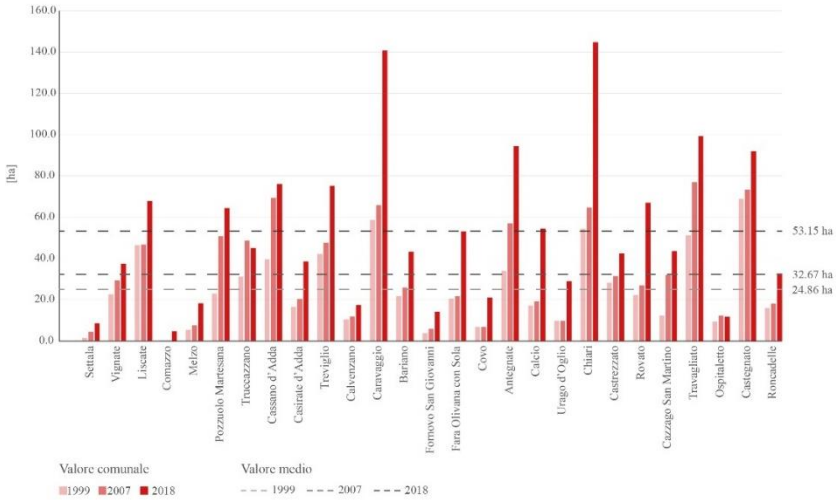


Figura 146. Superficie urbanizzata [ha] nella fascia buffer di 500 metri su ambo i lati della A35, calcolata negli anni 1999, 2007, 2018. Non è qui conteggiata la superficie urbanizzata occupata da A35 e dalle infrastrutture da questa indotte. I comuni nel grafico sono ordinati da ovest ad est, ovvero da Milano a Brescia lungo la A35

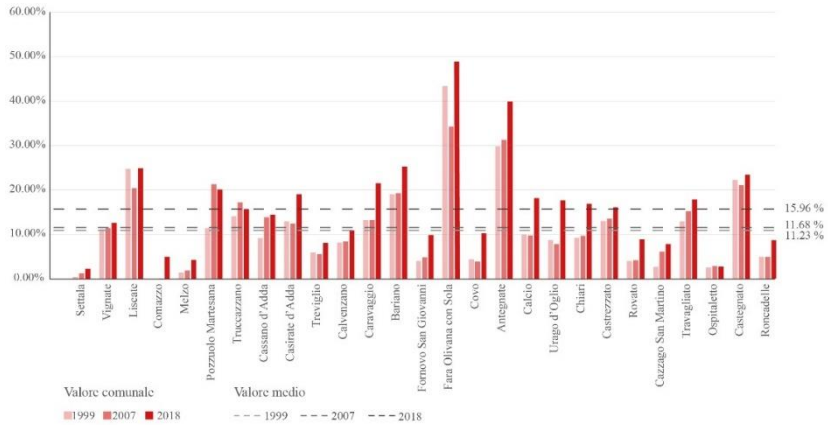


Figura 147. Rapporto percentuale tra la superficie urbanizzata nella fascia buffer di 500 metri ambo i lati della A35 e la superficie urbanizzata nell'intero comune, calcolato negli anni 1999, 2007, 2018. Non è qui conteggiata la superficie urbanizzata occupata dalla A35 e dalle infrastrutture da questa indotte. I comuni nel grafico sono ordinati da ovest ad est ovvero da Milano a Brescia lungo la A35

Osservando la velocità di variazione della superfice urbanizzata nella fascia prossima all'autostrada, si nota come il suo valore medio quasi duplica, passando da 0,98 ettari/anno nel 1999-2007 (periodo pre-Brebemi) a 1,86 ettari/anno nel 2007-2018 (periodo post-Brebemi). Per quanto riguarda i singoli valori, l'indicatore è aumentato nel periodo post-Brebemi in quasi tutti i comuni attraversati e in alcuni casi con valori rilevanti (Figura 148), come nei comuni di Caravaggio e di Chiari, dove la velocità di variazione è passata rispettivamente da valori di +0,91 e +1,3 ettari/anno nel periodo 1999-2007 a +6,8 e +7,2 ettari/anno nel periodo 2007-2018.

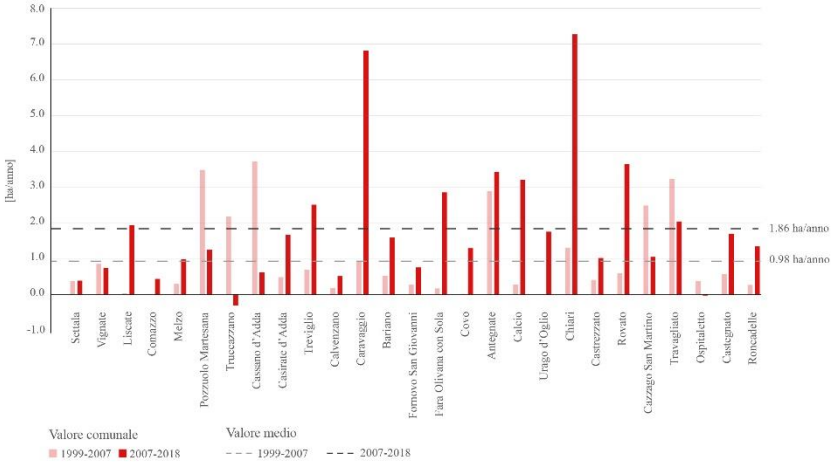


Figura 148. Velocità di variazione [ettari/anno] delle superfici urbanizzate nella fascia buffer di 500 metri ambo i lati di A35, calcolata negli intervalli 1999-2007 e 2007-2018. Non si è qui conteggiata la superficie urbanizzata occupata da A35 e dalle infrastrutture da questa indotte. I comuni nel grafico sono ordinati da ovest ad est, ovvero da Milano a Brescia lungo la A35

Analogamente a quanto si osserva per la superficie urbanizzata, è possibile fare un confronto tra il consumo di suolo nell'area buffer di 500 metri dell'A35 prima e dopo la realizzazione dell'autostrada. La Tabella 121 riporta i valori pre-Brebemi (periodo 1999-2007) e post-Brebemi (periodo 2007-2018). Salvo quattro casi, tutti i comuni registrano un aumento consistente del consumo di suolo nel buffer: 11 comuni mostrano un aumento più che triplicato e, tra questi, 5 registrano più di cinque volte il valore del 1999 -2007. In sintesi, possiamo affermare che il consumo di suolo nel buffer di analisi è aumentato nel periodo post-Brebemi in quasi tutti i comuni attraversati, passando da un consumo di suolo di 225 ha nel periodo 1999- 2007 ad un valore di 650 ha nel periodo 2007-2018 al netto di Brebemi e altre strade. Un andamento simile si trova anche calcolando l'incidenza del consumo di suolo avvenuto nella fascia buffer di 500 metri rispetto al consumo di suolo comunale (Tabella 121, colonna c), il cui valore medio passa da 14,8% nel periodo pre-Brebemi a 32% in quello post-Brebemi.
Questi dati suggeriscono una netta influenza della Brebemi sull'incremento delle superfici urbanizzate. In particolare, il caso A35 mostra come, in poco meno di dieci anni (2007-2018), per ogni ettaro di suolo consumato per realizzare l'autostrada se ne siano consumati altri tre per altri usi: il rapporto è quindi 1:3.
Il caso della Brebemi è certamente solo uno dei tanti che si sarebbe potuto analizzare in Italia dove la realizzazione di nuove infrastrutture è un tema rilevante e diffuso. Basti pensare che l'impegno di spesa per le strade rimane la voce più alta nei bilanci dei comuni, al 2021, dopo i rifiuti: oltre 3 miliardi di euro (Istat, 2023).

Tabella 121. Consumo di suolo nella fascia buffer di 500 metri ambo i lati di A35 (colonna b) e incidenza di questo sul consumo di suolo comunale (colonna c), calcolati negli intervalli 1999-2007 e 2007-2018. Non si è qui conteggiata la superficie urbanizzata occupata da A35 e dalle infrastrutture da questa indotte

[a]	[b]		[c]	
Comuni attraversati da Brebemi	CS fascia buffer 500 m [ha]		CS fascia buffer 500 m / CS comunale [%]	
	1999 - 2007	2007 - 2018	1999 - 2007	2007 - 2018
Settala	2,92	5,61	9,5%	16,8%
Vignate	7,20	9,57	11,9%	19,8%
Liscate	2,62	23,96	6,0%	45,3%
Comazzo	0,03	4,68	0,2%	18,7%
Melzo	3,12	10,88	9,2%	23,9%
Pozzuolo M.	30,31	23,89	74,6%	24,1%
Truccazzano	18,00	3,79	28,6%	10,9%
Cassano d'A.	29,71	17,22	36,6%	31,0%
Casirate d'A.	4,63	21,49	12,4%	34,3%
Treviglio	6,59	36,18	4,5%	26,0%
Calvenzano	1,35	6,26	10,5%	27,8%
Caravaggio	8,18	79,00	14,1%	45,9%
Bariano	4,10	17,81	21,1%	42,8%
Fornovo S.G.	2,14	8,03	7,0%	29,3%
Fara Olivara c. S.	1,28	31,58	7,9%	61,8%
Covo	0,05	14,17	0,2%	30,9%
Antegnate	23,05	40,86	33,4%	61,6%
Calcio	2,14	36,51	8,1%	33,9%
Urago d'Oglio	0,02	20,32	0,2%	43,3%
Chiari	10,51	92,74	12,1%	40,5%
Castrezzato	3,24	13,06	8,0%	22,6%
Rovato	4,65	45,35	5,1%	31,6%
Cazzago S.M.	19,83	17,58	28,3%	28,1%
Travagliato	26,87	27,96	22,7%	32,6%
Ospitaletto	2,91	3,38	4,7%	8,2%
Castegnato	7,63	22,87	17,2%	30,9%
Roncadelle	2,07	15,30	4,6%	42,7%
Totale	225,15	650,06		

La riflessione qui condotta sugli impatti, diretti e indotti, delle nuove autostrade sui consumi di suolo suggerisce di mettere in discussione le attuali modalità di valutazione dell'impatto ambientale di tali infrastrutture. Tanto più se si considera che il consumo di suolo per autostrade e/o strade ad alto scorrimento mette in moto molti altri impatti. Per prima cosa, l'incidentalità che il continuo aumento di strade genera. L'Italia è l'ottavo Paese UE-27 per decessi a seguito di incidenti stradali nel 2022: cinquantatré morti per ogni milione di abitanti (RI, 2023) con un aumento del 9% rispetto al 2021. Davanti a noi Bulgaria, Romania, Portogallo, Ungheria, Croazia e Grecia. Altro effetto, l'eco-paesaggio viene frammentato e separato e gli animali non possono più muoversi lungo i corridoi ecologici. Così, i loro areali si riducono e le collisioni tra animali e veicoli aumentano. Poi vi sono gli impatti da rumore, polveri sottili, gas, dispersione di rifiuti a bordo strada che degradano flora e fauna (e quindi biodiversità), come hanno già dimostrato le ricerche di Richard Forman, l'iniziatore della "*road ecology*" (Forman, 2000). Studi più recenti hanno appurato che i disturbi e gli inquinamenti che si originano lungo le strade arrivano a interessare aree distanti anche 400 metri (Wu, 2014) o finanche 1.000-1.300 metri (Eigenbrod, 2009). Oltre al consumo di suolo vi sono una molteplicità di effetti ambientali ed ecologici difficilmente perimetrabili e mai irrilevanti. Studi come quello qui presentato, confermano la necessità di considerare e valutare gli impatti ambientali generati dalle autostrade, tra cui il consumo di suolo, in una visione ben più allargata e multispecifica del territorio coinvolto.

ANALISI DELL'INTENSITÀ DELL'ISOLA DI CALORE SUPERFICIALE NEI CAPOLUOGHI DI REGIONE ITALIANI

Gennaro Albini, Giulia Guerri, Marco Morabito (CNR-Istituto per la BioEconomia), per conto del gruppo di lavoro MIRIFICUS[101]

Le attuali dinamiche insediative minacciano la sostenibilità delle città, poiché l'urbanizzazione influisce negativamente sull'ambiente, soprattutto attraverso l'alterazione della copertura del suolo (Munafò, 2023). Queste dinamiche, unite agli effetti del cambiamento climatico e all'inevitabile adattamento a temperature sempre più alte, con ondate di calore sempre più frequenti, intense e persistenti, pongono una sfida significativa per garantire la resilienza urbana.
Secondo il Rapporto ISPRA 2023 "Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici", in Italia le città hanno subito un notevole aumento del consumo di suolo, definito come il passaggio da una copertura del suolo non artificiale (terreno non consumato) a una copertura artificiale (terreno consumato), caratterizzata principalmente da materiali impermeabili (Munafò, 2023). Il consumo di suolo incide negativamente sul microclima urbano, contribuendo a fenomeni tipici delle città, come l'isola di calore urbana superficiale (SUHI), che crea un tessuto di anomalie termiche superficiali intraurbane (Morabito *et al.* 2021).

Il fenomeno dell'Isola di Calore Superficiale (SUHI)
L'isola di calore superficiale è un fenomeno per cui nei centri urbani si registrano temperature delle superfici superiori rispetto a quelle delle aree periferiche e rurali (Oke, 1987). Nei centri urbani, questo fenomeno è influenzato dalla presenza di superfici impermeabili, come asfalto e cemento, che si riscaldano rapidamente e accumulano grandi quantità di calore, favorendo così la formazione di aree con anomalie termiche (Mirzaei *et al.* 2020, Mentaschi *et al.*, 2022). Al contrario, le superfici ricoperte da vegetazione erbacea e, soprattutto, arborea, offrono un contributo importante per il miglioramento del microclima urbano (Tan *et al.*, 2016).
Questo fenomeno in particolare può essere monitorato attraverso il reperimento e l'utilizzo di dati satellitari che ci consentono di avere una mappatura dettagliata delle temperature superficiali a livello comunale. Attualmente tra le metodologie che analizzano il fenomeno della SUHI (Deilami *et al.*, 2018) è compresa la valutazione delle variazioni spaziali e temporali della temperatura superficiale, andando ad esaltarne le differenze tra il centro urbano e le altre aree comunali, allontanandosi progressivamente verso le zone più periferiche (Dewan *et al.*, 2021). In questo modo si può ottenere una stima dell'intensità della SUHI, misurando quanto il centro sia più "caldo" rispetto alla periferia. Un'altra metodologia prevede invece che l'analisi della SUHI si basi sulla valutazione della copertura e del consumo del suolo a livello urbano (Yang *et al.*, 2020, Zhao *et al.*, 2017). In questo modo, si mette a confronto l'andamento della temperatura superficiale tra le zone più antropizzate, ovvero quelle in cui la densità di consumo suolo è più alta, rispetto alle altre zone, senza che vi sia una classificazione delle aree in base alla loro distribuzione nel contesto urbano. Questa metodologia ci permette di indagare il ruolo che hanno le superfici impermeabili sull'andamento termico superficiale a livello urbano. Entrambe le metodologie ci forniscono informazioni utili nella comprensione del fenomeno della SUHI e nella valutazione delle strategie da adottare per mitigarne il fenomeno.
Uno degli aspetti chiave da considerare è l'influenza delle superfici impermeabili che aumentano le temperature superficiali e parallelamente, è cruciale analizzare il ruolo delle aree verdi urbane. La pre-

101 il gruppo di lavoro MIRIFICUS è composto da Gennaro Albini (CNR-IBE), Giulia Guerri (CNR-IBE), Alfonso Crisci (CNR-IBE), Marco Morabito (CNR-IBE), Alessandra Casali (ISPRA), Angela Cimini (ISPRA), Luca Congedo (ISPRA), Arnaldo Angelo de Benedetti (ISPRA), Stefano De Corso (ISPRA), Pasquale Dichicco (ISPRA), Michele Munafò (ISPRA)

senza di vegetazione, infatti, contribuisce significativamente alla riduzione delle temperature, garantendo temperature più miti rispetto alle aree densamente costruite (Balani *et al.*, 2020, Guerri *et al.*, 2023). Pertanto, l'adozione di politiche urbanistiche sostenibili, come l'incremento di superfici verdi, può contribuire alla mitigazione della SUHI. Queste pianificazioni a livello urbano possono portare a città più resilienti e vivibili, in grado di migliorare la qualità della vita.

Il progetto MIRIFICUS

Da questo contesto nasce il progetto MIRIFICUS (Monitoraggio degli Interventi di RIForestazione per l'Isola di Calore Urbana tramite i Satelliti) che basandosi sull'analisi di dati di Osservazione della Terra è incentrato sul monitoraggio e mitigazione della SUHI, attraverso la valutazione di interventi di riforestazione urbana con l'obiettivo di fornire un sistema concreto e di ausilio alle politiche di pianificazione urbana.

MIRIFICUS è un progetto finanziato dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) con il coordinamento scientifico del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR- Istituto per la BioEconomia) e la collaborazione dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA), con il coinvolgimento dell'Associazione Nazionale dei Comuni italiani (ANCI) e dei Comuni di Firenze e Roma Capitale.

Questo contributo presenta i risultati ottenuti da indagini di dettaglio effettuate nei capoluoghi di regione italiani finalizzate a studiare il fenomeno SUHI, analizzando l'andamento termico superficiale per le aree oggetto di studio sulla base sia della conformazione urbana che distingue tra zone centrali e periferiche che della copertura del suolo, considerando le superfici impermeabili. Suddividendo il territorio comunale in varie zone è stato quindi possibile evidenziare il fenomeno SUHI, quantificando la sua intensità come differenza di temperatura superficiale tra il centro urbano e le altre zone urbane via via più distanti dal centro. Valutando la copertura del suolo in termini di superfici impermeabili, è stato possibile analizzare il contributo che il consumo di suolo fornisce all'andamento termico a livello superficiale. In particolare, dai risultati ottenuti è emerso che il fenomeno della SUHI è chiaramente presente a livello delle città capoluogo di regione e, se pur con intensità diverse, è risultato piuttosto marcato nei comuni di Genova, Trieste, Torino, Bologna, L'Aquila e Firenze, dove le differenze di temperatura superficiale tra il centro urbano e le aree periferiche oscillano dai 2,5 °C fino a quasi 6 °C. Inoltre, nelle aree in cui la densità di consumo di suolo è maggiore si sono registrate temperature superficiali sensibilmente più alte rispetto alle altre aree.

L'indagine della SUHI per i capoluoghi di regione italiani

Per la valutazione del fenomeno della SUHI, il presente studio ha previsto:

1. L'analisi della temperatura superficiale e della copertura del suolo da dati di telerilevamento termici e multispettrali, in particolare Landsat-8 e 9 e MODIS delle missioni NASA e i dati Sentinel-1 e 2 del programma Copernicus. Sono stati ottenuti diversi layer relativi alla temperatura superficiale e alla copertura del suolo per l'intero territorio nazionale, con una risoluzione spaziale compresa tra 10 m e 60 m.
2. La valutazione del fenomeno della SUHI nei comuni capoluogo di regione italiani. Il layer delle temperature superficiali estive è stato utilizzato per quantificare il fenomeno della SUHI a livello comunale e in relazione alla densità di consumo del suolo.

Per valutare il fenomeno della SUHI per i capoluoghi di regione è stata utilizzata la classificazione dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare (OMI) dell'Agenzia delle Entrate, che suddivide i territori comunali in fasce, da quella centrale a quelle più periferiche (Festa *et al.*, 2017). In questo modo è stato possibile valutare le differenze della TS estiva tra il centro urbano e le altre aree urbane via via più distanti dal centro. Inoltre, sono stati utilizzati dati sul livello di urbanizzazione forniti dall'ISPRA che prevedono la distinzione di diversi tipi di tessuto urbano considerando esclusivamente la distribuzione

spaziale dell'uso e della copertura del suolo, con particolare attenzione alla densità media di superfici artificiali. In questo modo i territori comunali sono stati suddivisi sulla base del consumo del suolo in aree caratterizzate da tre livelli di urbanizzazione: urbano (con una densità di consumo del suolo >50%), suburbano (con una densità di consumo del suolo compresa tra il 10 e il 50%) e rurale (con una densità del consumo del suolo <10%).
L'area comunale inoltre è stata classificata anche in base al livello altimetrico secondo le indicazioni dell'Istat[102], in modo da poter valutare le differenze di TS tra le varie fasce poste alla stessa quota.
La SUHI è stata calcolata estraendo i valori medi di TS per ciascuna fascia OMI classificata e inoltre è stato valutato l'andamento termico superficiale in relazione alla densità del consumo del suolo.

Risultati e sviluppi futuri
Analisi OMI
Dalle indagini effettuate è emerso che il fenomeno SUHI è presente a livello dei capoluoghi di regione con intensità diverse ed è risultato particolarmente marcato nelle città costiere di Genova e Trieste (con differenze superiori a 5 °C), nelle città di Torino, Bologna e L'Aquila (circa 3 °C) e Firenze (2,5 °C). In particolare, come mostrato anche dalla Tabella 122, le fasce centrali con la TS media estiva più alta sono quelle di Firenze, Bologna e Aosta, con rispettivamente 44,1 °C, 44,0 °C e 43,7 °C. Ma in generale più della metà dei capoluoghi di regione presenta una fascia centrale con temperature medie superficiali per il periodo estivo superiori ai 40,0 °C.

Temperatura superficiale (TS) media estiva per le fasce OMI (°C)

Tabella 122. Sono riportati i valori della TS media estiva in °C e deviazioni standard, per il periodo 2013-2023 calcolati per ogni fascia classificata secondo la metodologia OMI (centrale, semicentrale, periferica, suburbana ed extraurbana). L'assenza di valori indica che per quel comune la suddetta "fascia" non è presente

	Centrale		Semicentrale		Periferica		Suburbana		Extraurbana	
	T°C	Dev. st.	T°C	Dev. st.	T°C	Dev. st.	T°C	Dev. st.	T°C	Dev. st.
Ancona	37,5	2,6	38,8	2,7	38,9	3,0	37,4	1,6	36,7	2,5
Aosta	43,7	1,3	43,0	1,9	43,2	4,0	-	-	-	-
Aquila	39,1	1,8	38,8	3,2	37,2	3,3	36,7	3,5	32,2	4,1
Bari	41,7	1,9	42,8	1,5	43,4	2,2	43,6	2,3	44,9	1,7
Bologna	44,0	0,4	43,0	1,2	40,7	3,0	42,6	2,3	37,7	3,3
Cagliari	41,5	1,0	41,5	1,4	42,8	2,2	42,9	3,7	-	-
Campobasso	39,0	3,1	39,9	1,8	38,8	2,1	38,1	0,9	36,4	3,3
Catanzaro	37,5	2,0	39,1	2,2	40,8	1,9	40,8	1,3	38,8	2,9
Firenze	44,1	2,3	41,5	2,8	41,1	3,4	42,4	1,5	-	-
Genova	41,3	1,2	39,7	2,6	36,7	3,8	32,0	1,7	33,2	2,6
Milano	42,7	1,7	43,0	1,5	42,2	2,5	40,1	3,0	36,8	2,6
Napoli	41,6	2,0	40,4	3,1	41,2	3,3	41,5	3,4	41,3	5,1
Palermo	41,1	1,0	41,1	1,4	41,3	1,7	39,8	2,6	38,0	2,0
Perugia	39,5	1,4	38,6	2,6	39,7	2,4	-	-	38,9	3,1
Potenza	38,0	2,6	39,5	2,3	37,4	2,4	-	-	36,2	3,5
Roma	42,5	2,2	41,8	2,6	42,6	2,5	43,3	2,9	41,9	3,8
Torino	42,7	1,9	42,3	2,6	41,9	3,7	34,6	2,2	-	-
Trento	39,2	3,0	37,6	2,6	39,2	3,4	37,5	2,7	35,9	4,0
Trieste	40,4	1,8	36,5	3,2	37,3	3,8	-	-	32,3	2,0
Venezia	38,1	1,9	-	-	-	-	37,8	2,7	34,6	2,6

[102] https://www.istat.it/it/archivio/156224

Per le città costiere di Genova e Trieste, la differenza di TS media estiva tra la fascia centrale e quelle esterne, ovvero tutte le fasce esterne a quella centrale, è pari a 5,9 °C e 5,1 °C rispettivamente. Per le città dell'entroterra invece, il fenomeno è intenso soprattutto nelle città di Torino, Bologna, Aquila e Firenze, dove la differenza di TS media estiva tra la fascia centrale e quelle esterne è pari rispettivamente a 3,1 °C, 3,0 °C, 2,9 °C e 2,5 °C. A tal proposito in Tabella 123 e Tabella 124 sono stati suddivisi i capoluoghi di regione tra costieri e dell'entroterra per evidenziare le differenze nell'intensità del fenomeno SUHI. La TS media delle fasce esterne è calcolata come la media della TS tra tutte le fasce esterne a quella centrale.

Differenze di TS tra la fascia centrale e le fasce esterne per le città costiere

Tabella 123. Sono riportati i valori della TS media estiva per le fasce centrali e quelle esterne dei comuni costieri insieme alla differenza tra la TS della fascia centrale e quelle esterne

Città costiere	TS media fascia centrale (°C)	TS media fasce esterne (°C)	Differenza TS centro/fasce esterne (°C)
Ancona	37,5 ± 2,6	37,9 ± 2,4	- 0,4
Bari	41,7 ± 1,9	43,6 ± 1,9	- 1,9
Cagliari	41,5 ± 1,0	42,4 ± 2,4	- 0,9
Catanzaro	37,5 ± 2,0	39,8 ± 2,1	- 2,4
Genova	41,3 ± 1,2	35,4 ± 2,7	+ 5,9
Napoli	41,6 ± 2,0	41,1 ± 3,7	+ 0,5
Palermo	41,1 ± 1,0	40,0 ± 1,9	+ 1,1
Trieste	40,4 ± 1,8	35,3 ± 3,0	+ 5,1
Venezia	38,1 ± 1,9	36,2 ± 2,6	+ 1,9

Differenze di TS tra la fascia centrale e le fasce esterne per le città dell'entroterra

Tabella 124. Sono riportati i valori della TS media estiva per le fasce centrali e quelle esterne dei comuni dell'entroterra insieme alla differenza tra la TS della fascia centrale e quelle esterne

Città dell'entroterra	TS media fascia centrale (°C)	TS media fasce esterne (°C)	Differenza TS centro/fasce esterne (°C)
Aosta	43,7 ± 1,3	43,1 ± 2,9	+ 0,6
Aquila	39,1 ± 1,8	36,2 ± 3,5	+ 2,9
Bologna	44,0 ± 0,4	41,0 ± 2,4	+ 3,0
Campobasso	39,0 ± 3,1	38,3 ± 2,0	+ 0,7
Firenze	44,1 ± 2,3	41,6 ± 2,6	+ 2,5
Milano	42,7 ± 1,7	40,5 ± 2,4	+ 2,2
Perugia	39,5 ± 1,5	39,0 ± 2,7	+ 0,5
Potenza	38,0 ± 2,6	37,7 ± 2,7	+ 0,3
Roma	42,5 ± 2,2	42,4 ± 2,9	+ 0,1
Torino	42,7 ± 1,9	39,6 ± 2,8	+ 3,1
Trento	39,2 ± 3,0	37,5 ± 3,2	+ 1,7

Dai dati riportati in Tabella 123 e Tabella 124, è possibile osservare che il fenomeno SUHI inteso come differenza di TS tra centro e periferia è sempre positivo nei comuni dell'entroterra, dove il centro urbano, ovvero la fascia centrale, risulta avere una TS più alta rispetto a quella delle fasce centrali, se pur con intensità diverse. Nelle città costiere invece il fenomeno è presente e raggiunge la massima intensità nei comuni di Genova e Trieste, è ancora positivo (anche se spesso ampiamente inferiore a 2 °C) nelle città di Venezia, Palermo e Napoli, mentre per quelli di Ancona, Cagliari, Bari e Catanzaro la situazione è opposta, poiché il centro urbano ha temperature superficiali inferiori rispetto alla media calcolata per le fasce esterne.

Anche per le città a quote collinari e di montagna il fenomeno SUHI è presente raggiungendo anche intensità importanti come per la città di L'Aquila dove la differenza di TS media estiva tra la fascia centrale e le fasce esterne è pari a quasi 3 °C (Tabella 124).
In generale il fenomeno della SUHI è risultato essere più intenso per i comuni dell'entroterra e che appartengono al centro-nord.
In Figura 149 vengono mostrati alcuni dei capoluoghi di regione che presentano una maggiore intensità del fenomeno. Questa rappresentazione evidenzia le differenze della TS estiva soprattutto tra la fascia centrale e quelle più esterne (suburbana ed extraurbana) con scostamenti compresi tra gli 8 °C e i 9 °C. Soprattutto per le fasce più esterne, dunque, l'intensità del fenomeno SUHI è molto marcata.
In generale, la differenza tra la TS media estiva della fascia centrale e quella delle fasce più esterne risulta ugualmente marcata nei comuni di Bologna, Milano, Palermo, Torino, Trento e Venezia. Come riportato in Tabella 122 per Bologna la differenza è pari a 6,3 °C, per Torino è uguale a 8,1 °C, per Milano è circa 6 °C e per Palermo è 3 °C.

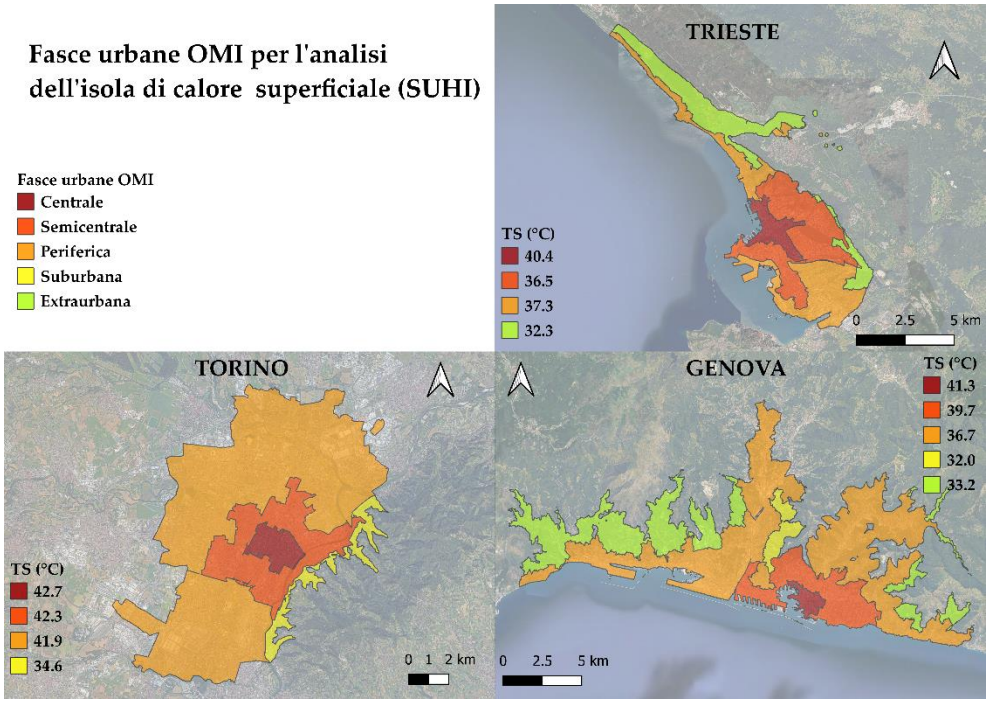


Figura 149. Suddivisione in fasce urbane OMI dei comuni di Torino, Genova e Trieste con i relativi valori della TS media estiva (°C) misurati per ogni fascia

Analisi per densità consumo del suolo

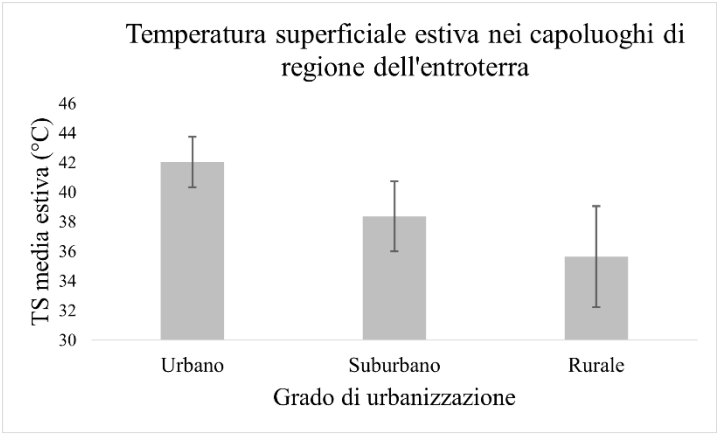
Un'ulteriore indagine a livello dei capoluoghi di regione ha verificato la relazione tra la densità del consumo del suolo e il fenomeno della SUHI, considerando la TS media estiva per ogni grado di urbanizzazione (area urbana, suburbana e rurale).
Nella Tabella 125 sono indicati i valori in percentuale della densità di consumo del suolo estratti dai dati ISPRA 2021 per ogni area identificata all'interno del territorio comunale, con i relativi valori di TS estiva calcolata per il periodo di indagine dello studio. Ogni valore in percentuale è riferito alla sola area indicata (urbana, suburbana, rurale). Nell'area urbana, dove è presente la percentuale di consumo

suolo maggiore, sono state registrate le TS medie estive più alte, ad eccezione del comune di Bari. L'area urbana non coincide solo con la fascia centrale OMI, ma comprende tutto quel territorio comunale in cui la densità del consumo del suolo è superiore al 50%. È possibile osservare dai dati riportati in Tabella 125 che la percentuale di consumo suolo per questa area è superiore al 70% per la quasi totalità dei comuni oggetto di indagine e in particolare per i comuni di Aosta, Genova, Milano, Napoli, Palermo Trieste e Venezia, l'area urbana presenta una percentuale di consumo del suolo pari a circa l'80%. Per il comune di Torino la percentuale di consumo del suolo dell'area urbana è invece circa del 90%, quasi la totalità dell'intera area.
Se si considera la differenza di TS tra l'area urbana e quelle suburbana e rurale, le differenze maggiori, ad eccezione di Bari (unico capoluogo di regione con situazione opposta), sono state sempre osservate tra l'area urbana e quella rurale, dove la densità del consumo del suolo è inferiore al 10%. In generale le differenze di TS tra area urbana e rurale oscillano tra gli 1,8 °C di Roma ai 13,5 °C di Aosta, Valori superiori ai 5 °C sono stati osservati per i comuni di Napoli (9,3 °C), L'Aquila (8,4 °C), Torino (8,4 °C), Trento (8,1 °C), Trieste (8,1 °C), Genova (8,1 °C), Milano (6,9 °C), Firenze (6,2 °C), Venezia (6,0 °C) e Bologna (5,9 °C).

Tabella 125. Sono riportati per ogni capoluogo di regione i valori relativi alla percentuale di consumo suolo e alla media della TS estiva calcolata in gradi Celsius, misurati per ogni grado di urbanizzazione classificato

Capoluoghi di regione	Area urbana		Area suburbana		Area rurale	
	Suolo consumato (%)	Temperatura superficiale (°C)	Suolo consumato (%)	Temperatura superficiale (°C)	Suolo consumato (%)	Temperatura superficiale (°C)
Ancona	79,4	40,2	20,3	37,1	3,7	36,6
Aosta	78,6	43,4	24,0	36,0	2,4	29,9
L'Aquila	65,6	41,1	23,8	38,0	1,0	32,7
Bari	75,7	42,8	26,8	44,2	4,1	45,1
Bologna	72,2	42,7	25,5	39,9	4,1	36,8
Cagliari	73,1	42,9	25,1	42,3	1,0	40,4
Campobasso	72,8	40,2	21,7	37,7	4,4	35,8
Catanzaro	72,8	41,6	23,7	40,0	1,9	38,8
Firenze	77,0	44,1	22,8	40,2	6,3	37,9
Genova	79,6	40,5	24,8	35,2	3,2	32,4
Milano	79,2	43,1	27,4	39,3	3,4	36,2
Napoli	80,5	42,7	29,4	38,0	3,8	33,4
Palermo	78,2	41,3	28,1	39,2	2,6	37,3
Perugia	70,7	42,3	22,7	40,0	3,4	38,9
Potenza	69,5	39,4	20,1	37,4	3,0	36,0
Roma	72,5	43,7	25,8	42,7	2,3	41,9
Torino	87,7	43,0	25,9	36,7	2,0	34,6
Trento	75,1	39,5	24,7	34,1	3,2	31,4
Trieste	79,9	39,4	26,3	33,7	2,7	31,3
Venezia	78,2	39,6	24,5	36,2	0,5	33,6

Come per le fasce OMI anche per il grado di urbanizzazione sono state rappresentate (Figura 150) le differenze di TS estive per le tre aree (urbana, suburbana e rurale) dividendo i capoluoghi di regione tra costieri e dell'entroterra, In entrambi i casi le aree urbane presentano TS estive più alte, soprattutto se confrontate con le aree rurali e in modo particolare per i comuni dell'entroterra.



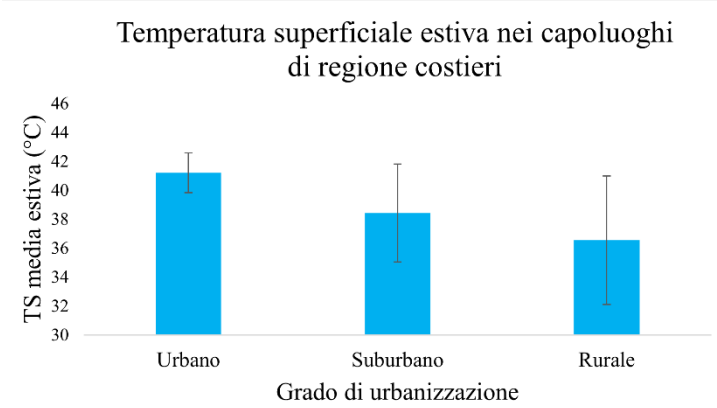


Figura 150. Rappresentazione delle differenze di TS media estiva tra aree (urbana, suburbana e rurale) per i capoluoghi di regione suddivisi in base all'area di appartenenza in costieri e dell'entroterra

In generale le due metodologie sono state utili nel valutare l'andamento del fenomeno SUHI a livello dei capoluoghi di regione. La metodologia OMI ha permesso di verificare l'intensità del fenomeno come differenza di TS tra centro urbano e periferia, mentre l'indagine sul grado di urbanizzazione dei territori comunali ha permesso di valutare l'andamento termico sul territorio in relazione alla percentuale di consumo del suolo. Le differenze maggiori a livello di TS sono state riscontrate tra area urbana e area rurale, adottando la metodologia sul livello di urbanizzazione.
Nel progetto sono previste ulteriori indagini per valutare le anomalie termiche superficiali intraurbane al fine poi di identificare delle aree studio critiche, in particolare nei comuni di Firenze e Roma Capitale, nelle quali saranno svolte delle simulazioni microclimatiche per valutare la situazione ex-ante ed ex-post interventi di riforestazione urbana.
I dati ottenuti dalle attività del progetto serviranno a contribuire allo sviluppo di una piattaforma WebGIS al fine di fornire informazioni utili agli amministratori locali per la pianificazione territoriale e la mitigazione del fenomeno della SUHI.

INTEROPERABILITÀ DEI DATI GEOSPAZIALI, DAL DBGT ALLA COPERTURA DEL SUOLO

Leonardo Donnaloia, Antonio Rotundo, Nicola Mario Marcucci (AgID - Area Architetture, dati e interoperabilità)[103]

Valorizzare il patrimonio informativo pubblico e favorire l'interoperabilità delle banche dati è una delle prerogative dell'area "Architetture, dati e interoperabilità" dell'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID). In tale contesto, con un focus specifico sui dati geospaziali, è stata definita una prassi operativa (framework nazionale di interoperabilità dei dati geospaziali) per la realizzazione di specifiche tecniche che, partendo dallo standard di riferimento sui *DataBase* Geotopografici (DBGT), integrano contenuti tematici garantendo l'interoperabilità delle relative banche dati.
Tale approccio, già applicato in diversi contesti istituzionali (PELL-IP[104], SINFI[105], ANNCSU[106], etc.), garantisce:

- la disponibilità di documenti standardizzati (modelli concettuali e fisici);
- la realizzazione di banche dati con un elevato livello di qualità (codifica, semantica, contenuto, struttura, etc.);
- la possibilità di collocare geograficamente i domini specifici nel contesto territoriale di riferimento rappresentato dai DBGT;
- l'attivazione di processi di aggiornamento a cascata tra contenuti eterogenei topologicamente relazionati;
- la riduzione dei tempi e dei costi di produzione dei dati.

Per fare questo sono stati utilizzati gli strumenti propri della GeoUML *methodology*[107], in particolare: il GeoUML *Catalogue* per la produzione di specifiche tecniche e per la definizione di modelli implementativi specifici; il GeoUML *Validator*, in fase di post-produzione dei dati, per la validazione intrinseca (conformità alle specifiche definite) degli stessi. È opportuno evidenziare che l'azione di supporto svolta da AgID non interviene sulla definizione dei contenuti, che rimangono di competenza degli Enti responsabili (ENEA per il PELL-IP, Infratel Italia per il SINFI, etc.), ma sulla modellazione degli stessi secondo il suddetto framework di interoperabilità.
Diverse le specifiche tecniche realizzate o in fase di definizione. Tra le prime, pubblicate sul sito geodati.gov.it, si citano:

- specifiche di contenuto di riferimento per i DataBase delle Reti di sottoservizi e per il SINFI – accordo istituzionale MIMIT/Infratel Italia (riferimento normativo - D.Lgs 33 del 15/02/2016);
- specifiche di contenuto progetto PELL - illuminazione pubblica – competenza ENEA;
- modellazione dati della Specifica ANNCSU (proposta di specifica tecnica) – competenza Istat Agenzia delle Entrate.

Tra i progetti in corso sono comprese:

- le Specifiche di contenuto progetto PELL - Scuole – accordo di collaborazione AgID - ENEA;
- le Specifiche di contenuto per la pianificazione territoriale e urbanistica – accordo di collaborazione AgID - Regione Umbria – Comuni di Narni e Bastia Umbra.

---

[103] Si ringraziano i colleghi arch. Alessandra Trionfetti, arch. Antonio Zitti e arch. Alessandra Alessandrelli del Comune di Narni per la collaborazione sul tema trattato nel presente lavoro.
[104] *Public Energy Living Lab* – Illuminazione Pubblica. Progetto gestito da ENEA per l'efficientamento dell'illuminazione pubblica nazionale. www.pell.enea.it/illuminazione-pubblica
[105] Sistema Informativo Federato delle Infrastrutture. Strumento identificato per il coordinamento e trasparenza per la nuova strategia per la banda larga e ultra-larga. Gestito da Infratel Italia per conto del MIMIT (Ministero delle Imprese e del Made in Italy). https://sinfi.it/portal/
[106] Archivio Nazionale dei Numeri Civici delle Strade Urbane. Di competenza Istat e Agenzia delle Entrate. www.anncsu.gov.it
[107] *Software open source*, specifici per la gestione (modellazione e validazione) di dati geospaziali realizzati dal CISIS e Politecnico di Milano. spatialdbgroup.polimi.it

Uno degli ultimi temi trattati risponde alla necessità, riferita da diverse pubbliche amministrazioni (PA), di migliorare la qualità (geometrica e di contenuto) dei dati geospaziali al fine di ottimizzare i processi istituzionali di governo del territorio e di programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica. Proprio in questo contesto il dato relativo alla Copertura del Suolo rappresenta un dominio centrale, definendo i principi fondamentali per affrontare e ridurre il degrado del suolo (consumo e uso non sostenibile) e la perdita delle funzioni dei sistemi naturali, fornendo gli elementi per agire sulle principali attività umane che li impattano e indicando la strada della sostenibilità ambientale.
Il caso applicativo alla base del presente studio riguarda il Comune di Narni che, dovendo aggiornare il proprio strumento urbanistico, ha avviato la produzione di un nuovo DBGT comunale conforme allo standard nazionale di riferimento (Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici – allegato al D.M. 10 novembre 2011) alla scala 1:10.000 con approfondimento al 1:2.000 dei centri abitati e delle aree industriali. Proprio nell'ambito delle attività di produzione del DBGT comunale, dopo una fase preliminare di verifica di fattibilità, è stata definita una metodologia di derivazione dei contenuti relativi alla Copertura del Suolo. Tale metodologia, considerando il potenziale impatto che può avere sulle PA che producono ed utilizzano dati geospaziali, è stata fatta propria da AgID e proposta a ISPRA (responsabile di dominio) per una valutazione tecnica e per ogni ulteriore approfondimento.
La procedura implementata è articolata in quattro fasi progettuali:

1. approfondimento dei contenuti utilizzati da ISPRA per la produzione della Carta Nazionale di Copertura del Suolo (matrici EAGLE[108]);
2. definizione data model "Copertura del Suolo" integrato nel framework di interoperabilità dei dati geospaziali (rispetto dell'impostazione generale delle matrici EAGLE e integrazione controllata degli stessi" nella struttura propria dei DBGT);
3. definizione di un piano di mapping tra contenuti del data model Copertura del Suolo e le specifiche di contenuto DBGT;
4. applicazione della procedura su un'area campione del Comune di Narni su cui è disponibile il DBGT aggiornato e conforme allo standard nazionale di riferimento.

FASE 1 – Approfondimento delle matrici EAGLE
Le matrici EAGLE prevedono una netta separazione tra i temi *Land Cover* (LC) e *Land Use* (LU), oltre ad altre caratteristiche LCH (*Land Characteristics*). Il presente studio riguarda la tematica LC, i cui concetti sono utilizzati da ISPRA per la produzione della Carta Nazionale di Copertura del Suolo e dal programma Copernicus per la seconda generazione di CORINE Land Cover (CLC+).
La Tabella 126 schematizza la componente LC della matrice EAGLE.

[108] *Action Group on Land monitoring in Europe of the European environment information and observation network* (Eionet). land.copernicus.eu/en/eagle

Tabella 126. Rappresentazione schematica della matrice EAGLE relativa alla Copertura del Suolo (LCC – Land Cover Component)

LCC Land Cover Component							
1 Abiotic / Non-Vegetated Surfaces and Objects		2 Biotic / Vegetation				3 Water	
1_1	1_2	2_1	2_2	2_3	2_4	3_1	3_2
111	121	211	221		241	311	321
1111	1211	212	2211		242	3111	322
1111	1212	2121	2212		243	3112	
1112	122	2122	222		2431	312	
1112	1221				2432		
1113	2211						
112	2212						
1121	2213						
1122	2214						
	2215						
	1222						
	1223						
	2231						
	1232						

FASE 2 – Definizione data model "Copertura del Suolo" integrato nel framework di interoperabilità dei dati geospaziali

Mantenendo le caratteristiche della matrice EAGLE e considerando la struttura propria del data model DBGT (struttura ad albero articolata in strati, temi e classi), la tematica Copertura del Suolo viene assimilata ad un nuovo strato del DBGT, seguendone struttura, rappresentazione geometrica e topologica, codifica e sintassi. La struttura del data model Copertura del Suolo risulta in questo modo scalabile, considerando che il primo livello della matrice EAGLE corrisponde ai temi della struttura DBGT del nuovo modello creato, mentre il secondo livello alle classi dello stesso modello.

Il nuovo STRATO 13 "Copertura del suolo", è così strutturato:

- TEMA 1301: Superfici abiotiche – non vegetate
- CLASSE - CP_SAE - 130101: Superfici artificiali ed edifici
- CLASSE - CP_SN - 130102: Superfici naturali
- TEMA 1302: Superfici vegetate
- CLASSE - CP_VL - 130201: Vegetazione legnosa
- CLASSE - CP_VE - 130202: Vegetazione erbacea
- CLASSE - CP_PG - 130203: Piante grasse, cactus
- CLASSE- CP_LMA - 130204: Licheni, muschi, alghe
- TEMA 1303: Corpi idrici
- CLASSE - CP_CI - 130301: Corpi idrici permanenti
- CLASSE - CP_GN - 130302: Ghiacci e nevi perenni

Con riferimento ai contenuti relativi al terzo, quarto e quinto livello, il modello proposto prevede, per ogni classe di appartenenza, l'utilizzazione di un attributo enumerato, il cui dominio gerarchico esplicita le istanze di dettaglio previste dalle matrici EAGLE.

A titolo di esempio, la CLASSE "Superfici artificiali ed edifici" è così strutturata:
ATTRIBUTO - 13010101 CP_SAE_TY tipo (enumerato gerarchico), dominio:

- 111 Superfici artificiali impermeabilizzate
    - 1111 Edifici
        - 11111 Edifici convenzionali
        - 11112 Edifici Specifici
    - 1112 Strutture specifiche a supporto di edifici
    - 1113 Superfici impermeabili aperte
        - 112 Superfici artificiali non impermeabili
            - 1121 Superfici artificiali aperte non impermeabili
            - 1122 Materiali di scarto
        - 113 Altre superfici artificiali

Sempre in conformità con lo standard sui DBGT, per ogni classe viene definita la componente spaziale (es. per la CLASSE "Superfici artificiali ed edifici" - GU_CXSurface2D[109] - *Complex Surface* 2D) ed il livello di popolamento, che permette di generalizzare, all'occorrenza, i contenuti.
In aggiunta alla Specifica di contenuto sui DBGT, ma in linea con le implementazioni già realizzate in numerose PA, costituiscono parte integrante del nuovo data model Copertura del Suolo i metadati di istanza che, per ogni oggetto, descrivono:

- 01 DATA_INI inizio validità del dato;
- 02 DATA_FIN fine validità del dato;
- 03 FONTE fonte del dato (enumerato);
- 04 SCALA scala (enumerato).

L'importanza dei metadati di istanza è evidente in quanto offre l'opportunità di gestire dati storicizzati (DATA_INI e DATA_FIN) e la possibilità di utilizzare differenti sistemi di rilevazione (FONTE e SCALA).

FASE 3 – Definizione di un piano di mapping tra contenuti del data model Copertura del Suolo (definito al punto precedente) e le specifiche di contenuto DBGT
Si tratta della fase più delicata della procedura, implementata, al momento, solo per un sottoinsieme di contenuti corrispondenti a quelli riscontrati sull'area campione analizzata. L'obiettivo è quello di relazionare gli oggetti contenuti nel DBGT alle istanze previste nel data model Copertura del Suolo (FASE 2), implementando un sistema di derivazione automatica DBGT - Copertura del Suolo. Per estendere e sistematizzare l'applicazione della procedura descritta, ovviamente, è necessario approfondire ed affinare ulteriormente il piano di mapping attualmente definito, esaminando tutte le istanze contenute nelle specifiche sui DBGT o, quanto meno, quelle che partecipano alla copertura topologica del suolo.
A titolo di esempio, la Tabella 127 seguente sintetizza il piano di mapping tra contenuti del DBGT e istanze della CLASSE - CP_SAE - 130101 - Superfici artificiali ed edifici del data model Copertura del Suolo.
Come evidente, il piano di mapping da DBGT permette di ottenere il maggior livello di approfondimento dei contenuti richiesti per la Copertura del Suolo, Generalizzando si rileva che il DBGT fornisce lo stesso dato richiesto dalla Copertura del Suolo ma con un livello di dettaglio più elevato (es. l'istanza "1113 Superfici impermeabili aperte" della Copertura del Suolo è composta da 11 Classi del DBGT).

[109] per ogni approfondimento si rimanda alle "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei *database* geotopografici". https://geodati.gov.it/geoportale/images/Decreto_10112011_DBGT_allegato2.pdf

Tabella 127. Piano di mapping (corrispondenze) tra contenuti del DBGT e istanze della CLASSE - CP_SAE - 130101 - Superfici artificiali ed edifici del data model Copertura del Suolo

DBGT			→	COPERTURA DEL SUOLO - CLASSE - CP_SAE - 130101 - Superfici artificiali ed edifici	
				111 Superfici artificiali impermeabilizzate	ATTRIBUTO - 13010101 CP_SAE_TY tipo
				1111 Edifici	
CLASSI	EDIFC	tutte le tipologie eccetto quelli specifici (EDIFC_TY)	→	11111 Edifici convenzionali	
	MN_IND	tutte le tipologie eccetto quelli specifici (MN_IND_TY)			
	MN_MAU	tutti i contenuti			
	CR_EDF	solo le tipologie edifici specifici (EDIFC_TY)	→	11112 Edifici Specifici	
	MN_IND	solo alcune tipologie (MN_IND_TY)			
	EDI_MIN	tutti i contenuti	→	1112 Strutture specifiche a supporto di edifici	
	AC_VEI	tutti i contenuti	→	1113 Superfici impermeabili aperte	
	AC_CIC	tutti i contenuti			
	AC_PED	tutti i contenuti			
	MAN_TR	ad eccezione delle rotatorie che rientrano in AR_VRD			
	AATT	tutti i contenuti			
	TRALIC	tutti i contenuti			
	MU_DIV	tutti i contenuti			
	MU_SOS	tutti i contenuti			
	DIGA	tutti i contenuti			
	OP_REG	tutti i contenuti			
	OP_POR	tutti i contenuti			
				112 Superfici artificiali non impermeabili	
	AR_VRD	tutti i contenuti	→	1121 Superfici artificiali aperte non impermeabili	
	AR_VMS	tutti i contenuti			
	SD_FER	solo fondo non pavimentato (SD_FER_FON = 02)			
	ARGINE	tutti eccetto quelli in muratura (ARGN_MAT = 01 e 02)			
	SC_DIS	tutti i contenuti	→	1122 Materiali di scarto	
				113 Altre superfici artificiali	

FASE 4 – Applicazione della procedura su area campione del Comune di Narni

Definito il nuovo data model della Copertura del Suolo (FASE 2) ed il relativo piano di mapping rispetto ai contenuti del DBGT (FASE 3), la metodologia è stata applicata prima su un'area campione poi a tutto il Comune di Narni. Le figure seguenti presentano i risultati dell'applicazione della metodologia, sia con riferimento alla derivazione diretta della Copertura del Suolo dal DBGT comunale (Figura 151), sia evidenziando il miglioramento qualitativo dell'accuratezza geometrica del dato, attraverso una comparazione con il dato relativo alla Copertura del Suolo nazionale ISPRA 2022/2018 (Figura 152).

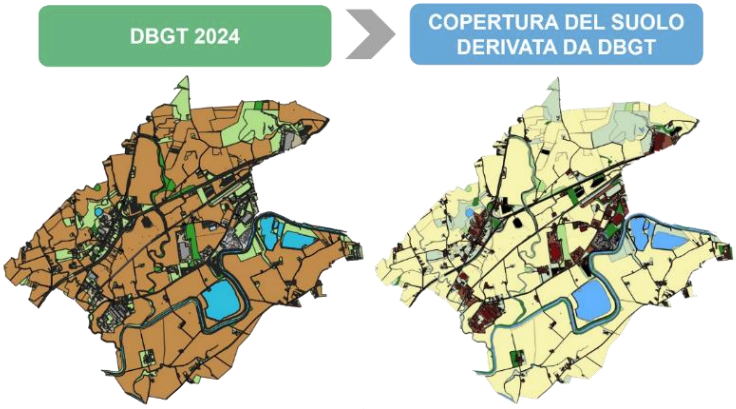


Figura 151. Applicazione piano di mapping DBGT - Copertura del Suolo su un'area test del Comune di Narni. Immagine tratta da una visualizzazione alla scala 1:5.000

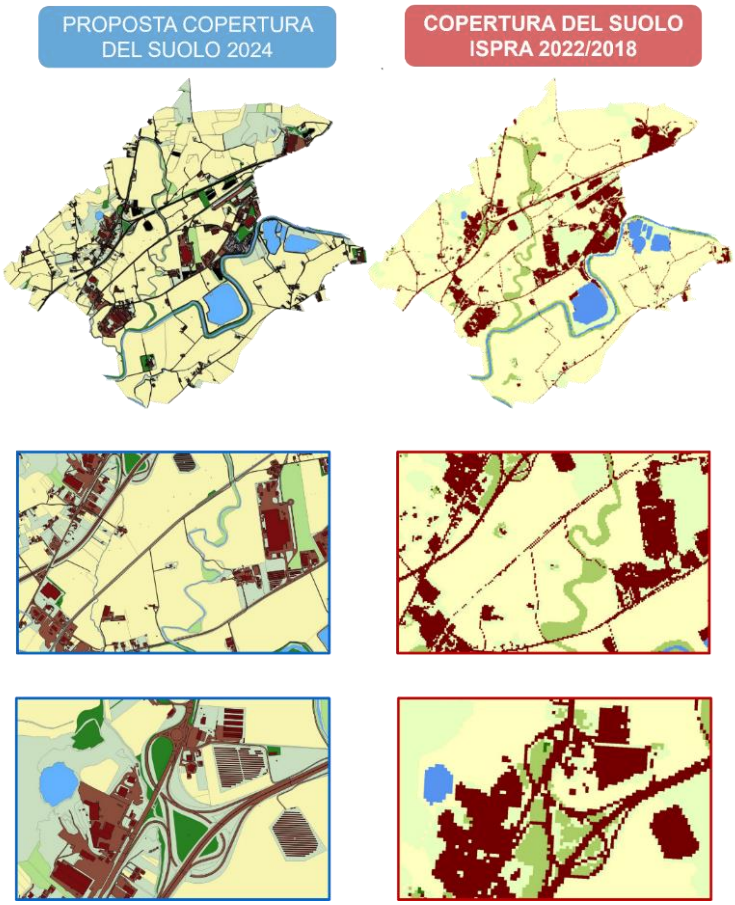


Figura 152. Comparazione, sulla stessa estensione territoriale, della Copertura del suolo ottenuta in applicazione della metodologia descritta (dato VETTORIALE) e Copertura del suolo ISPRA 2022/2018 disponibile per tutto il territorio nazionale (dato RASTER)

Conclusioni

Il miglioramento della precisione geometrica e di formato dei dati, peraltro senza costi aggiuntivi rilevanti in fase di produzione, rappresenta un effettivo elemento di valorizzazione dei DBGT per la derivazione della tematica Copertura del Suolo, con evidenti benefici sia per ISPRA (sostenibilità ambientale, consumo del suolo, dissesto idrogeologico, etc.), sia per le PA (Regioni e Comuni) che utilizzano il tematismo Copertura del Suolo per il governo del territorio e per la programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica.

Occorre, però, considerare alcune criticità, già emerse in un primo confronto AgID – ISPRA, sull'effettiva e piena applicabilità della metodologia a livello nazionale. Si tratta di questioni non collegate alla definizione di un data model standardizzato per la Copertura del Suolo (FASE 2), che rimane valido, bensì la possibilità di applicare la procedura di mapping DBGT–Copertura del Suolo (FASE 3) all'intero territorio nazionale, mantenendo le peculiarità di aggiornamento annuale richieste per il dato ISPRA. Pur essendo i DBGT già disponibili e conformi allo standard di riferimento per la gran parte delle Regioni e Comuni italiani, il loro aggiornamento non è definito da norme specifiche, ma determinato dalle PA competenti sulla base di esigenze specifiche, disponibilità finanziarie, etc. In altre parole, si riscontra una forte eterogeneità temporale nei DBGT disponibili, condizione, questa, che potrebbe rendere le operazioni di derivazione proposte poco utili per una rappresentazione unitaria. Per superare o attenuare questa criticità, le soluzioni attualmente in fase di valutazione sono le seguenti:

- rendere comunque disponibile, formalizzandola, la procedura descritta alle PA che intendono dotarsi di un nuovo DBGT (replicando il caso applicativo definito dal Comune di Narni), garantendo alle stesse PA la possibilità di avere a disposizione dati di Copertura del Suolo adeguati agli scopi istituzionali di governo del territorio, programmazione e pianificazione territoriale ed urbanistica;
- definire sistemi di aggiornamento speditivo dei DBGT attualmente disponibili attraverso l'uso dei dati satellitari (servizio di Land monitoring del programma Copernicus e, in futuro, costellazione IRIDE), applicando successivamente la metodologia proposta a livello nazionale.

In conclusione, considerando l'importanza dei dati analizzati ed i risultati dell'applicazione pratica descritta, AgID sta approfondendo il presente studio (portando il tema in condivisione nell'ambito della CNITA), al fine di affinare e formalizzare, attraverso opportune linee guida, sia il data model Copertura del Suolo proposto (FASE 2), sia l'uso della procedura di mapping (FASE 3) a tutte le PA interessate.

NUOVI STRUMENTI PER IL MONITORAGGIO FORESTALE IN ITALIA: L'INVENTARIO FORESTALE NAZIONALE E LA CARTA FORESTALE D'ITALIA

Giovanni D'Amico (DAGRI Università di Firenze), Gherardo Chirici (DAGRI Università di Firenze, Fondazione per il futuro delle città), Piermaria Corona, Walter Mattioli (CREA Foreste e Legno), Giancarlo Papitto (Arma dei Carabinieri, Comando Unità Forestali, Ambientali e Agroalimentari), Lorenzo Fattorini, Marzia Marcheselli, Sara Franceschi, Rosa Maria Di Biase, Agnese Marcelli, Caterina Pisani (Università degli studi di Siena), Lorenzo Ciccarese (ISPRA)

La gestione delle risorse forestali e ambientali deve basarsi su un flusso costante di informazioni sul loro stato ed evoluzione e sulle interrelazioni dinamiche con le altre forme d'uso del territorio. Negli ultimi decenni, il ruolo prioritario di queste esigenze informative ha promosso un significativo sviluppo degli inventari forestali (Mac Dicken *et al.,* 2015).
In Europa le necessità di reporting sulla consistenza delle risorse forestali sono state recentemente aggiornate con la proposta di Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio su un quadro di monitoraggio per la resilienza delle foreste europee[110]. Tra i numerosi spunti proposti alcuni sono particolarmente importanti. Sul piano normativo si ribadisce la rilevanza degli ecosistemi forestali per le numerose utilità ecosistemiche che forniscono sottolineando l'importanza di un corretto monitoraggio come prerequisito per il raggiungimento dei connessi impegni ambientali dell'Unione. In particolare, la centralità delle foreste per la lotta ai cambiamenti climatici è sancita dal Regolamento 2021/1119 (normativa europea sul clima) con cui l'Unione si è impegnata a raggiungere la neutralità climatica entro il 2050. Le foreste europee sono inoltre soggette ad altri obblighi, quali quelli relativi alla protezione delle specie e degli habitat ai sensi della Direttiva 92/43/CEE, ai prodotti associati a deforestazione e degrado forestale ai sensi del Regolamento 2023/1115, al ripristino della natura di cui alla strategia UE sulla biodiversità per il 2030 e alla *Nature Restoration Law* del 2024.
Sul piano nazionale il Testo unico in materia di foreste e filiere forestali (TUFF, d,lgs. n. 34/2018) prevede, tra le altre, la finalità di garantire e promuovere la conoscenza e il monitoraggio del patrimonio forestale nazionale e dei suoi ecosistemi (art. 2), che può essere perseguita sia realizzando una carta forestale digitale, sia attraverso l'implementazione dell'inventario forestale nazionale (art. 15). In questo contributo s'intende presentare sia la procedura di implementazione della carta forestale d'Italia (CFI2020), sia alcune delle principali novità previste dal nuovo Inventario Forestale Nazionale Italiano (IFNI), che, ai sensi del Dlgs 177/2016, la specialità forestale dell'Arma dei Carabinieri, con il supporto della comunità scientifica nazionale, dovrà realizzare avviando le attività di campagna nel 2025 a sostituzione del precedente impianto dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio (INFC). L'esigenza di un prodotto cartografico forestale nazionale non è una novità, come è facile comprendere considerando che l'ultimo progetto coordinato a livello nazionale di mappatura e classificazione delle superfici forestali a una scala di dettaglio compatibile con la gestione forestale era rappresentato dalla Carta della Milizia Forestale del 1936 (Ferretti *et al.,* 2018). L'unica carta recentemente prodotta a livello nazionale con un sistema di nomenclatura specifico per la componente forestale è stata l'approfondimento tematico di quarto livello della copertura forestale dal progetto Corine Land Cover, avente una unità minima cartografabile di 25 ettari con l'ultimo aggiornamento a cura di ISPRA e relativo al 2018 (Bologna *et al.,* 2004, Munafò e Marinosci, 2018). In questo contesto, le Regioni e Province Autonome, nel rispetto delle competenze costituzionali di cui all'art. 117 Cost., hanno sviluppato nel corso degli anni cartografie forestali in modo indipendente, sulla base delle specifiche normative locali, al fine di soddisfare le esigenze conoscitive e gestionali, oltre ad individuare le aree sottoposte a tutela e vincoli (D'Amico *et al.,* 2021; 2023). In questo quadro variegato, il TUFF ha

[110] https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-forest-monitoring-framework_en

previsto la realizzazione di una carta forestale nazionale a scala nominale di dettaglio (1: 10.000), per facilitare una migliore conoscenza e gestione del patrimonio forestale, riconosciuto dalla legge quale bene di rilevante interesse pubblico. In un panorama ricco di informazioni ma con una significativa frammentazione a scala nazionale, risultava necessario sviluppare una carta forestale, denominata CFI2020 considerato l'anno nominale di riferimento, che integrasse nel modo più spinto possibile i dati già disponibili sul patrimonio forestale. Il principio adottato per raggiungere questo obiettivo ha previsto l'impiego di tutto il materiale preesistente, in termini sia di sistemi definitori e nomenclaturali, sia di disegno delle cartografie forestali. Preliminarmente sono state indagate le caratteristiche delle carte forestali locali sviluppate da Regioni e Province Autonome e sono stati definiti due elementi fondamentali da adottare per CFI2020: la definizione di bosco e il sistema nomenclaturale.
Il TUFF, adottando quanto previsto dal d.lgs. n. 227 del 2001 e successivamente ripreso dalle norme sul vincolo paesaggistico del Codice Urbani nel 2004, definisce bosco "le superfici coperte da vegetazione forestale arborea, associata o meno a quella arbustiva, di origine naturale o artificiale in qualsiasi stadio di sviluppo ed evoluzione, con estensione non inferiore ai 2.000 metri quadri, larghezza media non inferiore a 20 metri e con copertura arborea forestale maggiore del 20 per cento" (art. 3). Nel testo è data possibilità alle Regioni di adottare una diversa definizione di "bosco" (art. 3, comma 3), "aree assimilate a bosco" (art. 4) e "aree escluse dalla definizione di bosco", purché più stringenti rispetto a quanto normato, al fine di non diminuire il livello di tutela ambientale e di conservazione paesaggistica assicurato alle foreste secondo la definizione nazionale.
Per finalità statistiche, di inventariazione e di monitoraggio del patrimonio forestale nazionale, e per rispettare gli impegni internazionali e gli standard definiti dall'Unione europea e dalle organizzazioni delle Nazioni Unite, il TUFF prevede anche l'utilizzo della definizione di bosco del *Global Forest Resources Assessment* (FRA) della FAO (2000). Secondo la FAO è bosco un territorio con copertura arborea superiore al 10%, su un'estensione maggiore di 0,5 ettari e larga più di 20 metri con alberi alti, a maturità, almeno 5 metri e le piantagioni di alberi per la produzione di legno. Più articolata è invece la situazione delle definizioni di bosco adottate dalle diverse Regioni. Volendo armonizzare CFI 2020, mantenendo le specificità locali, il prodotto finale è stato sviluppato secondo un approccio multidefinizione. Nel sistema webGIS della CFI2020, l'utente può infatti selezionare alternativamente la definizione di bosco che necessita ai fini della restituzione della rappresentazione cartografica; cioè, può scegliere tra quella nazionale disciplinata dal TUFF, quella internazionale disciplinata da FAO-FRA o quella locale legata alla definizione di bosco di una data Regione, ove questa definizione sia differente da una delle due precedenti. La classificazione tipologica associata a ciascun poligono a bosco è riportata nella CFI2020 secondo i principali sistemi nomenclaturali in uso: 1) il sistema tipologico forestale armonizzato a scala europea rappresentato dagli *European Forest Types* dell'*European Environmental Agency* (Barbati *et al.,* 2014); 2) i sistemi tipologico forestali elaborati a livello locale da Regioni e Province Autonome (D'Amico *et al.,* 2023); 3) il sistema tipologico forestale elaborati a livello nazionale da Del Favero (Del Favero 2004, 2008, 2010); 4) il sistema di classificazione utilizzato da INFC per il reporting e il monitoraggio del patrimonio forestale nazionale. La CFI2020 è stata quindi prodotta aggiornando le carte forestali locali sulla base delle ortofoto più recenti ad una scala nominale di 1:10.000, garantendo la mappatura dei boschi secondo le definizioni nazionale, internazionale e locale. Anche nella classificazione dei boschi, CFI2020 conserva i tipi e le categorie forestali regionali, connettendoli in modo univoco agli altri sistemi nomenclaturali sopra descritti. La CFI2020 è stata elaborata nell'ambito del progetto FORMIPAAF, finanziato dalla Direzione dell'economia montana e delle foreste del MASAF, che prevede la predisposizione di un "Sistema Informativo Forestale Nazionale" (SinFor). Il portale on-line fornisce informazioni riguardanti vari aspetti del territorio, del patrimonio e del settore forestale, sia sotto forma di statistiche aggregate, sia in forma cartografica. Il SinFor, accessibile al sito

https://sinfor.sian.it/#/, presenta una sezione dedicata alla CFI2020 che può essere visualizzata mediante un'interfaccia webGIS. Una volta terminati i controlli di qualità e congruenza, sarà anche possibile scaricare lo strato vettoriale prodotto a scala regionale, comprensivo, per ciascun poligono a bosco (secondo la definizione di bosco prescelta), delle seguenti informazioni: superficie, perimetro, grado di copertura, tipo strutturale, disturbo (se presente), tipo forestale locale (regionale), tipo forestale *European Forest Types*, categoria forestale INFC, categoria forestale di Del Favero.
Il nuovo progetto di Inventario Forestale Nazionale Italiano (IFNI) introduce numerose novità rispetto a INFC, sebbene, al fine di garantire la confrontabilità con le stime prodotte dai precedenti cicli inventariali, le definizioni adottate per descrivere le variabili rilevate siano state mantenute inalterate.
La prima modifica riguarda le fasi dell'indagine che passano dalle tre di INFC alle due di IFNI. Nella prima fase viene effettuato un campionamento stratificato a tasselli (*tessellation stratified sampling* – TSS) adottando una griglia di quadrati di 4 km × 4 km sovrapposta al territorio nazionale. In particolare, ciascun quadrato di questa griglia è costruito raggruppando 16 quadrati di 1 km × 1 km della griglia impiegata per INFC e quindi contiene 16 punti di prima fase di INFC. Complessivamente la nuova griglia inventariale di prima fase consiste di circa 20.000 quadrati, totalmente o parzialmente inclusi nei confini italiani (Figura 153).

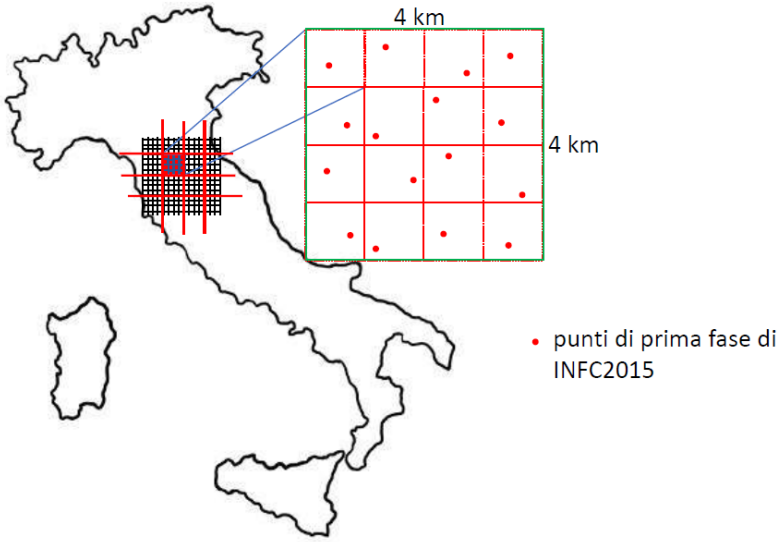


Figura 153. Nuova griglia IFNI. Nell'ingrandimento è possibile notare il passaggio dalla griglia di lato 1 km di INFC (in rosso), alla nuova griglia di lato 4 km (in verde)

La prima fase di IFNI è realizzata selezionando casualmente, in ciascun quadrato della griglia, uno dei 16 punti di prima fase di INFC al fine di costruire il campione di punti permanenti di prima fase. Da un punto di vista probabilistico, la procedura è equivalente alla selezione casuale di un punto in ciascuno dei nuovi quadrati, cioè all'implementazione di un campionamento TSS. Per garantire la comparabilità delle stime con quelle ottenute dagli inventari precedenti e per integrare nelle attività inventariali quelle previste dal monitoraggio ICP, alcuni punti della terza fase INFC così come alcuni punti ICP di Livello 1 sono inseriti tra i punti della prima fase IFNI modificando opportunamente il campionamento TSS. Più precisamente, tutti i punti selezionati nei quadrati di 4 km × 4 km sono classificati come bosco/non bosco sulla base delle ortofoto aeree più recenti, le stesse impiegate per la realizzazione della CFI2020.

Successivamente, in ciascun quadrato è stato seguito il seguente protocollo:

I. se il punto è classificato come non bosco, è mantenuto nel campione di punti permanenti della prima fase;

II. se il punto è classificato come bosco, sono possibili tre situazioni:

   a. se almeno un punto ICP di Livello 1 è presente nel quadrato e classificato come bosco, il punto originariamente selezionato è sostituito dal punto ICP di Livello 1 classificato come bosco più vicino ad esso;

   b. se non è presente alcun punto ICP di Livello 1 classificato bosco nel quadrato ma è presente almeno un punto di terza fase INFC classificato come bosco, il punto originariamente selezionato è sostituito dal punto di terza fase classificato come bosco più vicino ad esso;

   c. se non sono presenti né punti ICP di Livello 1 né punti di terza fase INFC classificati come bosco, il punto originariamente selezionato è mantenuto nel campione di punti permanenti della prima fase.

La procedura di campionamento così configurata può essere considerata come uno pseudo-campionamento TSS. Studi di simulazione hanno evidenziato che questo schema produce risultati simili a quelli ottenuti attraverso uno schema TSS. Da un punto di vista statistico, il campione di punti permanenti di prima fase sarà trattato come se fosse stato selezionato tramite TSS nella derivazione degli stimatori e delle loro proprietà. Rispetto alle precedenti indagini realizzate a cadenza decennale, IFNI si basa su un'attività di rilievo annuale a "panel ruotato", da completarsi ogni cinque anni. Più precisamente, ogni anno viene visitato un campione di punti di seconda fase costituito da un quinto dei punti di prima fase. Per selezionare il campione di seconda fase, i quadrati della griglia sono raggruppati in blocchi di 5 a forma di croce e indicizzati dai primi 5 numeri interi seguendo lo stesso ordine in ogni blocco (Figura 154).

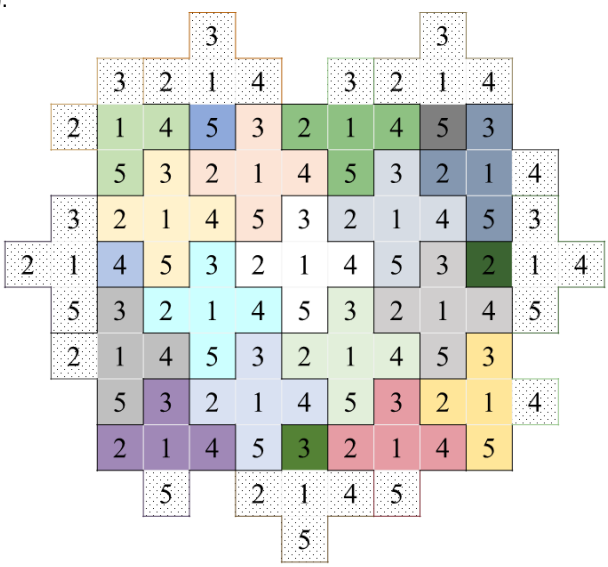


Figura 154. Organizzazione dei quadrati in blocchi a forma di croce e corrispondente numerazione

Questa numerazione consente di identificare 5 panel, ciascuno dei quali formato dai quadrati indicizzati dallo stesso numero. Il campione di punti di seconda fase è ottenuto tramite campionamento sistematico selezionando casualmente un numero da 1 a 5 e inserendo nel campione di seconda fase i punti

contenuti nei quadrati etichettati con il numero selezionato. Inoltre, il numero selezionato determina univocamente l'ordine in cui i possibili campioni di punti di seconda fase vengono selezionati nei quattro anni successivi: se il numero 1 è selezionato al primo anno i campioni nei quattro anni successivi saranno costituiti rispettivamente dai quadrati contraddistinti da 2, 3, 4 e 5 (Figura 155), se nel primo anno è selezionato il numero 2, i campioni nei quattro anni successivi saranno costituiti rispettivamente dai quadrati contraddistinti da 3, 4, 5 e 1, e così via.

Anno 1

1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5
4	5	3	2	1	4	5	3	2
3	2	1	4	5	3	2	1	4
1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5

Anno 2

1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5
4	5	3	2	1	4	5	3	2
3	2	1	4	5	3	2	1	4
1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5

Anno 3

1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5
4	5	3	2	1	4	5	3	2
3	2	1	4	5	3	2	1	4
1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5

Anno 4

1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5
4	5	3	2	1	4	5	3	2
3	2	1	4	5	3	2	1	4
1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5

Anno 5

1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5
4	5	3	2	1	4	5	3	2
3	2	1	4	5	3	2	1	4
1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5

Anno 1 (= 5+1)

1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5
4	5	3	2	1	4	5	3	2
3	2	1	4	5	3	2	1	4
1	4	5	3	2	1	4	5	3
5	3	2	1	4	5	3	2	1
2	1	4	5	3	2	1	4	5

Figura 155. Con i diversi colori vengono evidenziati i panel che annualmente sono considerati nel rilievo inventariale se nel primo anno è selezionato il numero 1. All'anno 6 (5+1) è di nuovo considerato il panel analizzato all'anno 1

Per ciascun anno, per ogni punto di seconda fase classificato a bosco verrà quindi effettuato sul campo il rilevamento degli attributi forestali di interesse, che consentirà di ottenere le stime dei totali e delle densità di tali attributi per mezzo di appropriati stimatori basati sul disegno, eventualmente assistiti da modello. Infine, per quanto riguarda la classificazione come bosco o non bosco mediante fotointerpretazione di dati telerilevati, IFNI lascia aperta la possibilità di aggiornare e integrare i dati telerilevati da utilizzare. Particolarmente promettente e in linea con le esigenze inventariali risulta la futura missione IRIDE, caratterizzata da circa 70 satelliti distribuiti in sei costellazioni equipaggiate con sensori differenti tra cui radar (banda X), iperspettrali, multispettrali e ottici (Mastracci e Geraldini, 2023). Le valutazioni e le misurazioni in campo sono condotte in unità di campionamento, intese come le diverse unità di riferimento (punti e aree) dove acquisire le informazioni sui numerosi attributi rilevati, coerenti con quelle delle indagini INFC. I rilievi quantitativi vengono eseguiti in aree di saggio (AdS) circolari con centri nei punti classificati a bosco. Dal centro dell'AdS vengono costruite due aree concentriche con raggi di 4 m (AdS4) e 13 m (AdS13). Nella prima vengono misurati i fusti arborei aventi d1,30 (diametro a 1,30 m di altezza dal terreno) compreso tra 4,5 e 9,4 cm, mentre nella seconda sono misurati tutti i fusti arborei con d1,30 maggiore o uguale a 9,5 cm. Una novità di IFNI è il rilevamento della posizione e della proiezione della chioma secondo i quattro punti cardinali di tutti gli alberi appartenenti ad AdS13. Ulteriori modifiche al protocollo di rilievo riguardano la scelta degli alberi campione per la determinazione delle altezze arboree e la rilevazione dei microhabitat degli alberi, da eseguirsi per singola pianta attraverso il riconoscimento a vista di vari tipi di microhabitat arborei e le relative abbondanze (Kraus *et al.,* 2016, Parisi *et al.,* 2021). Nell'AdS13 viene misurato anche il legno morto con lievi variazioni dimensionali rispetto alle precedenti indagini inventariali. Sono invece mantenute

inalterate le unità di campionamento per il rilievo di rinnovazione e specie arbustive (AdS2) (Gasparini *et al.,* 2022).
Ulteriori innovazioni di IFNI riguardano il rilievo botanico, da eseguirsi in ogni punto di seconda fase eseguendo un transetto di 10 m (Tr10), a partire da 2 m dal punto centrale e lungo la curva di livello e la stima di indici di biodiversità da eseguirsi in un sotto campione di aree inventariali selezionate attraverso una terza fase di campionamento che garantisca una distribuzione spazialmente bilanciata nel territorio nazionale, da effettuarsi in plot quadrati di 10 m x 10 m (AdSQ10). Gli inventari forestali nazionali di molti Paesi si sono via via modificati passando dalla produzione di statistiche aggregate per ampie superfici geografiche alla produzione di mappe costruite utilizzando modelli che legano i dati rilevati a terra con i dati ottenuti da telerilevamento a copertura nazionale, come le immagini satellitari o le scansioni laser aeree (Kangas *et al.,* 2018). La mappatura degli attributi forestali può essere effettuata impiegando diversi metodi di integrazione tra le osservazioni campionarie e i dati telerilevati (Corona *et al.,* 2014) con risultati di grande interesse, già sperimentati anche nel contesto italiano (Chirici *et al.,* 2020; Vangi *et al.,* 2021; Giannetti *et al.,* 2022). A partire dai dati rilevati in bosco nelle campagne di rilievo IFNI e considerando i dati telerilevati a scala nazionale, già disponibili o che lo saranno nel prossimo futuro, in IFNI saranno considerati vari approcci per la costruzione di mappe.
La disponibilità della CFI2020 e dell'IFNI permetterà di disporre di informazioni aggiornate e utili per le attività di tutela e gestione dei boschi italiani, favorendone la salvaguardia e la capacità di fornire utilità materiali e immateriali. In particolare, il nuovo programma inventariale presenta significative novità in termini di ammodernamento e miglioramento dei prodotti forniti, conciliando il mantenimento delle buone pratiche e delle esperienze maturate nei tre cicli inventariali precedenti con l'innovatività e la complementarità rispetto ad altre fonti informative, quali, a esempio, quelle fornite dalla CFI2020, CFI2020 e IFNI rappresentano, infatti, le principali basi conoscitive sia del Sistema Informativo Forestale Nazionale (SinFor) realizzato dalla Direzione dell'economia montana e delle foreste del MASAF sia del programma Smart Forest Monitoring che l'Arma dei Carabinieri sta realizzando per il controllo delle foreste e la repressione degli illeciti nel settore ambientale con l'impiego delle nuove tecnologie. Particolare attenzione sarà dedicata alla accessibilità alle informazioni prodotte, sia in termini di completezza e qualità che di tempestività e sicurezza e facilità di accesso, a supporto non solamente dei portatori di interesse specializzati ma anche del grande pubblico.

VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ E DELL'IDONEITÀ TERRITORIALE PER LA PRODUZIONE DI IDROGENO VERDE NELL'AREA INDUSTRIALE DI VIGGIANO

Beniamino Murgante, Michela Delfino, Rossella Scorzelli, Shiva Rahmani, Alfonso Annunziata (Università degli Studi della Basilicata)

Una delle tematiche più importanti del ventunesimo secolo riguarda la necessità di ridurre le emissioni di gas serra, principali responsabili dei cambiamenti climatici, e contemporaneamente affrontare la crescente domanda energetica. Se da un lato è a tutti noto il ruolo dei combustibili fossili nella società odierna, tanto da poter parlare di "economia del carbonio", dall'altro lato ne sono sempre più evidenti i limiti, non ultimi quelli legati all'inquinamento ambientale. In questo panorama le "energie green" sembrano essere validi strumenti per facilitare la transizione verso una società a basse emissioni di gas serra, in particolare l'idrogeno verde (İnci, 2022). Quest'ultimo, prodotto mediante l'elettrolisi dell'acqua utilizzando energia elettrica proveniente da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER), rappresenta una valida soluzione poiché ha un basso impatto ambientale ed è, ad oggi, considerato il vettore energetico per eccellenza a sostegno dei processi di decarbonizzazione nelle industrie "*hard to abate*". Per la sua natura di vettore energetico, infatti, l'H_2 risulta una risorsa interessante per ovviare all'intermittenza caratteristica della produttività energetica delle FER, permettendo di accumulare l'energia in esubero nei momenti di massimo rendimento per poi rilasciarla all'occorrenza, quando le condizioni ambientali sono sfavorevoli.

Il presente lavoro intende esaminare i criteri che contribuiscono ad individuare i siti maggiormente idonei alla collocazione di impianti, strutture e reti necessarie per produrre, immagazzinare e distribuire l'idrogeno verde nell'area industriale di Viggiano in Basilicata. Nello specifico si è incentrata l'attenzione sull'utilizzo dell'idrogeno come carburante alternativo (Wróbel *et al.,* 2022). La necessità del passaggio ad una mobilità a zero emissioni risulta urgente in quanto il settore dei trasporti rappresenta il maggiore produttore di gas a effetto serra nell'Unione Europea ed è responsabile di un terzo di tutta l'energia finale consumata. La via adottata dalla maggior parte dei costruttori è quella delle *Fuel Cells*, celle a combustibile che permettono di ottenere energia elettrica direttamente dall'idrogeno, senza che avvenga alcun processo di combustione termica (IRENA, 2019). Per svolgere questa analisi è stata utilizzata l'integrazione di due strumenti: l'*Analytic Hierarchy Process* (AHP) e il *Geographic Information System* (GIS).

Le operazioni di tipo spaziale sono state effettuate con l'ausilio dei software QGIS ed ArcGIS. L'utilizzo dell'AHP ha permesso di valutare i criteri e i relativi sotto criteri con cui individuare i siti idonei in cui costruire un possibile impianto. Al termine delle elaborazioni si è ottenuta la *Land Suitability Map*, che in funzione dei criteri analizzati, individua i siti migliori per la collocazione degli impianti e ne individua il minimo impatto rispetto al contesto territoriale. La scelta del caso studio è ricaduta sull'area industriale di Viggiano, dove è presente la più grande piattaforma petrolifera dell'Europa Continentale. Nello stabilimento Centro Oli Val d'Agri (COVA) il petrolio grezzo alimentato all'impianto subisce tutti i trattamenti necessari per la commercializzazione, che consistono essenzialmente nella separazione e conseguente lavorazione delle fasi presenti nel fluido estratto: petrolio grezzo, gas, acqua. Il petrolio grezzo viene inviato alla Raffineria Eni di Taranto tramite un oleodotto di 136 km, mentre il gas viene immesso nella rete Snam (Eni, 2013). Le acque che emergono insieme al petrolio grezzo e al gas durante l'estrazione sono dette acque di processo e sono sottoposte ad un trattamento che consiste nella separazione del gas associato seguito da disoleazione, degassazione, filtrazione e stoccaggio. L'intento è quello di individuare siti idonei all'installazione di un impianto di produzione di idrogeno verde utilizzando, per il processo di elettrolisi, le acque di processo sopracitate dopo averle depurate. Il fine è quello di utilizzare l'idrogeno verde, così prodotto, come carburante alternativo a servizio delle autobotti dell'intero COVA per abbattere le emissioni di CO_2, da queste prodotte.

L'area considerata nella valutazione di idoneità dei suoli comprende non solo i comuni di Viggiano e Grumento Nova, in cui è collocata la piattaforma, bensì anche i comuni limitrofi quali Armento, Aliano, Castronuovo di Sant'Andrea, Corleto Perticara, Gallicchio, Guardia Perticara, Marsico Nuovo, Marsicovetere, Missanello, Moliterno, Montemurro, Paterno, Roccanova, San Chirico Raparo, San Martino d'Agri, Sant'Arcangelo, Sarconi, Spinoso e Tramutola, per un'estensione totale di 1.405 km^2.
Il primo passaggio dell'analisi ha riguardato l'identificazione delle aree non idonee per l'installazione di impianti di produzione di idrogeno verde, includendo:

- le zone protette dalla legge in conformità alla normativa regionale di pianificazione paesaggistica, Questo include la Convenzione europea del paesaggio (CEP) firmata a Firenze nel 2000 e ratificata dall'Italia con la L. 14/2006, e il Codice dei beni culturali e del paesaggio D.lgs. n. 42/2004, che richiede un piano paesaggistico avanzato e diverso rispetto ai piani degli anni '90 approvati secondo la L. 431/85: beni culturali (artt. 10 e 45), beni paesaggistici (artt. 136 e 142), e ulteriori contesti delimitati (art. 143).
- Le aree di pericolosità individuate nei PAI, elaborati dalle Autorità di Bacino, Regioni e Province Autonome, che sono cruciali per una corretta pianificazione territoriale e considerano sia le aree già soggette a eventi franosi sia quelle potenzialmente a rischio. Per quanto riguarda il rischio di frana e alluvione, sono stati presi in considerazione i vari versanti della Regione Basilicata.
- Le aree fortemente urbanizzate: città e zone rurali, basandosi sui dati Istat relativi alle località nazionali.

La selezione dei criteri e dei sotto-criteri, presentata nella (Tabella 128) costituisce un elemento cruciale per l'elaborazione dei risultati finali. Questo processo è stato il frutto di una revisione della letteratura (Ali *et al.,* 2022; Baufumé *et al.,* 2013; Gacu *et al.,* 2023; Giamalaki & Tsoutsos, 2019; Koc *et al.,* 2019) e di approfondite discussioni con esperti del settore (Rahmani *et al.,* 2024).

Tabella 128. Individuazione dei criteri principali e dei relativi sotto criteri

Criteri	Sottocriteri
Tecnici	C_1: Pendenza
	C_2 : Radiazione Solare
Economici	C_3 : Accessibilità alle strade
	C_4 : Accessibilità al COVA
	C_5 : Distanza dalle FER
	C_6 : Distanza dalla rete TERNA
Ambientali	C_7 : Servizi Ecosistemici

Per ogni criterio identificato, mediante l'AHP sono stati calcolati i pesi attraverso la costruzione di una matrice dei confronti a coppie mostrata in Tabella 129. L'ultima colonna rappresenta il vettore dei pesi espresso in termini percentuali. Il sotto-criterio maggiormente influente in termini di peso percentuale risulta essere quello inerente ai servizi ecosistemici.

Tabella 129. Matrice dei confronti a coppie e vettore dei pesi dei relativi sotto-criteri

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	W_i (%)
C_1	1,00	0,25	0,17	0,17	0,20	0,20	0,25	3
C_2	4,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,25	6
C_3	6,00	3,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,25	11
C_4	6,00	3,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,25	11
C_5	5,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	0,25	15
C_6	5,00	3,00	2,00	2,00	1,00	1,00	0,25	15
C_7	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	0,25	37

Dopo aver analizzato i singoli layer mediante ArcGIS è stata eseguita una riclassificazione di tutti i sotto-criteri in formato raster. Tale riclassificazione è stata elaborata rispetto alle aree libere risultate dall'analisi dei vincoli effettuata precedentemente, ognuna mediante una scala da uno a cinque dove:

- 1 = aree con idoneità alta
- 2 = aree con idoneità mediamente alta
- 3 = aree con idoneità media
- 4 = aree con idoneità mediamente bassa
- 5 =aree con idoneità bassa

In primo luogo, è stato analizzato il sotto-criterio della radiazione solare che si basa sul modello DEM a 5 metri dell'area di studio. In generale la conformazione morfologica particolarmente pianeggiante dell'intera area di studio offre un'ottima ricezione di quantità di radiazione solare, in particolar modo nelle zone poste ad elevate quote, potendo così sfruttare i pannelli solari come principale fonte di energia elettrica necessaria nel processo di produzione di idrogeno verde. Dall'analisi delle pendenze è risultato che una parte significativa dei terreni presenta pendenze da moderate a moderatamente basse, rendendoli ideali per la realizzazione di possibili impianti fotovoltaici. I criteri di accessibilità alle strade e al centro Oli di Viggiano sono stati valutati attraverso lo strumento ORS (*Open Route Service*). Utilizzando questo strumento si è potuto determinare le distanze, non in termini lineari, ma mediante le isocrone, cioè linee che congiungono luoghi raggiungibili nello stesso tempo, da un determinato punto di partenza, utilizzando la via più breve. Per determinare l'accessibilità alle strade, è stata presa in considerazione la rete stradale costituita da strade secondarie e terziarie e sono state escluse quelle locali, residenziali e i sentieri. Sono state calcolate le isocrone per ogni nodo di intersezione stradale dai 10 ai 50 minuti, con intervalli da dieci minuti. In ambiente ArcGIS sono state "clippate", cioè ritagliate tutte le funzioni di sovrapposizione e ricavata la mappa rappresentativa delle isocrone. Dal risultato ottenuto si evince che l'area studio è raggiungibile in meno di quaranta minuti con mezzo pesante. Per l'accessibilità al Centro Oli Val d'Agri è stato considerato lo stesso procedimento calcolando le isocrone da dieci a cinquanta minuti. Per quanto riguarda le FER, è nota la loro non programmabilità. Questo significa che in base alla presenza dell'irraggiamento solare si determina la disponibilità di energia rinnovabile e per questo è necessario individuare dei siti in cui le fonti di energia siano abbondanti e costanti. Dall'analisi risulta che la vicinanza delle FER dall'area di studio è elevata. È fondamentale, inoltre, considerare la distanza dalla rete TERNA (Rete Nazionale per la Trasmissione della Corrente Elettrica) per valutare l'eventualità di "trasportare" energia elettrica per produrre l'idrogeno verde, sfruttando gli oltre 75.000 chilometri di linee per l'alta tensione e le centinaia di stazioni di trasformazione dislocate su tutto il territorio italiano. I risultati finali mostrano l'assenza di particolari limiti. L'ultimo sotto-criterio ad essere analizzato riguarda i Servizi Ecosistemici (SE). Quest'ultimi rappresentano quella serie di servizi che i sistemi naturali generano a favore dell'uomo (Pilogallo *et al.,* 2021). La salvaguardia e il ripristino dei servizi ecosistemici, al fine di garantirne il ruolo chiave per la vita sulla terra e per il benessere umano, sono tra le priorità individuate nella strategia nazionale sulla biodiversità. Nel caso studio elaborato il sotto-criterio ambientale "Servizi Ecosistemici" è rappresentativo di un indicatore sintetico ottenuto rispettivamente dalla media di tre specifici SE (Scorza *et al.,* 2020): *habitat quality, carbon stock e crop production*. L'*habitat quality* consiste nella fornitura di diversi tipi di habitat essenziali per la vita di qualsiasi specie e il mantenimento della biodiversità stessa, e rappresenta uno dei principali valori di riferimento nella valutazione dello stato ecosistemico dei suoli. Il sequestro di carbonio (*carbon stock*) rappresenta la quantità di carbonio che viene assorbita come anidride carbonica atmosferica attraverso l'azione di un ecosistema, in particolare dai sistemi vegetali. È importante poiché aiuta a ridurre la quantità di anidride carbonica nell'atmosfera che influisce sul riscaldamento globale. La produzione agricola (*crop production*) rappresenta la capacità di sostenere la crescita delle colture e la produzione di cibo. La fornitura di questo servizio dipende dalla disponibilità di acqua e

nutrienti, a sua volta controllata da numerose proprietà del suolo, dal clima e dalle pratiche gestionali. La mappatura di tali servizi ecosistemici (rappresentata in Figura 156) ha reso possibile considerare l'impatto dovuto alla localizzazione delle GHI con il fine di arrecare minor danno possibile.

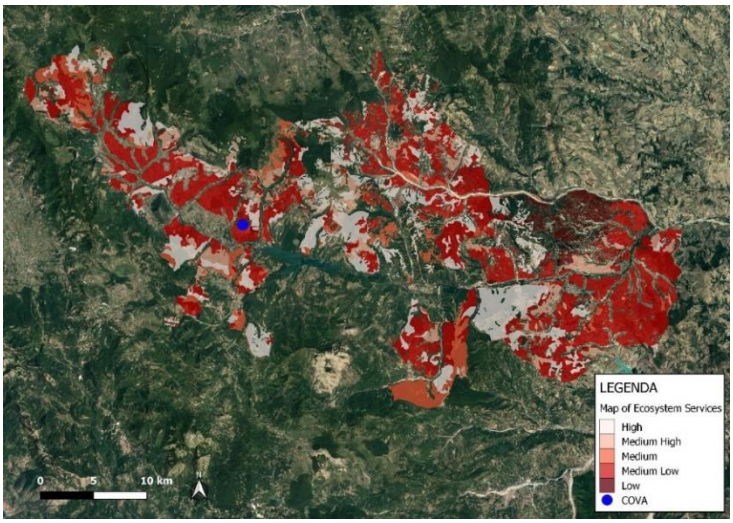


Figura 156. Mappa rappresentativa dell'idoneità rispetto ai Servizi Ecosistemici

Successivamente all'analisi accurata di tutti i sotto-criteri, attraverso il *tool Overlay* di *Map-Algebra* sono state sovrapposte le singole mappe rappresentative ognuna moltiplicata per il peso ottenuto attraverso l'AHP. Il risultato finale è mostrato attraverso la *Land Suitability Map*, mostrata in Figura 157. Quest'ultima illustra il risultato principale di questo lavoro, che mira a determinare i siti maggiormente idonei per l'implementazione dell'infrastruttura a idrogeno verde. Dalla mappa si evince che l'intera area di studio risulta per la maggior parte mediamente idonea, e in particolare nelle vicinanze del Centro Oli Val d'Agri è localizzata un'area ad alta idoneità di estensione pari a 186ha.

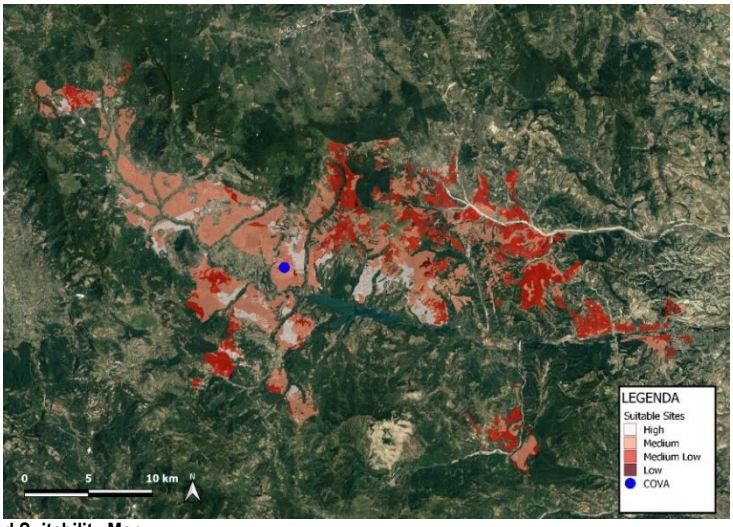


Figura 157. Land Suitability Map

In conclusione, risulta evidente che la metodologia adottata, che integra *l'Analytic Hierarchy Process* (AHP) con il *Geographic Information System* (GIS), offre un notevole vantaggio nella semplificazione di problemi complessi. Questa combinazione di strumenti consente di frammentare questioni intricate in sotto-problemi più gestibili, permettendo di considerare e valutare una molteplicità di criteri sia quantitativi che qualitativi. L'approccio di analisi spaziale multi-criteriale, infatti, si dimostra uno strumento fondamentale per i pianificatori, che ricoprono un ruolo cruciale nei processi decisionali legati alla pianificazione territoriale e infrastrutturale.
Attraverso l'utilizzo di tale metodologia, le parti interessate, come stakeholder, decisori politici e aziende, possono effettuare confronti dettagliati tra diversi siti e scenari, basandosi su criteri rilevanti quali l'energia rinnovabile, le infrastrutture esistenti, la densità di popolazione e i sistemi di trasporto. Questo approccio analitico facilita la scelta di localizzazioni ottimali per la realizzazione di impianti e infrastrutture, permettendo una pianificazione più informata e strategica.
Le elaborazioni condotte per l'individuazione di siti idonei alla collocazione delle GHI nell'area industriale di Viggiano hanno dimostrato chiaramente che l'idrogeno verde rappresenta un vettore energetico altamente promettente per la transizione verso un futuro più sostenibile. La sua diffusione e utilizzo potrebbe avere un impatto significativo, in particolare nel supportare i settori ad alta intensità energetica, e contribuire a una riduzione significativa delle emissioni di gas serra. Infatti, l'impiego dell'idrogeno verde come carburante alternativo gioca un ruolo cruciale nello sforzo globale per ridurre l'impronta carbonica e combattere il cambiamento climatico.
Considerando che le emissioni di CO_2 derivanti dai veicoli pesanti costituiscono circa il 25% delle emissioni di gas serra generate dal trasporto su strada nell'Unione Europea, è evidente la necessità di interventi immediati e decisi. Solo attraverso un'azione tempestiva e strategica sarà possibile raggiungere l'obiettivo di una Europa climaticamente neutrale entro il 2050, come delineato nel *Green Deal* europeo.

ANALISI DEGLI IMPATTI POTENZIALI DEL CONSUMO DI SUOLO SUI SERVIZI ECOSISTEMICI NEL COMUNE DI TRENTO

Davide Geneletti, Chiara Cortinovis, Simone Caridi (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università degli Studi di Trento)

La riduzione dei servizi ecosistemici è uno degli impatti più rilevanti causati dalla crescita del tessuto urbano e dal relativo consumo di suolo. L'impatto è determinato sia dai cambiamenti di uso del suolo, che implicano una variazione nella destinazione e quindi nella gestione di aree precedentemente naturali, semi-naturali, o agricole, sia da trasformazioni nella copertura del suolo, attraverso interventi fisici quali la rimozione della vegetazione e la pavimentazione, che interrompono la funzionalità ecosistemica e di conseguenza la fornitura di determinati servizi (Geneletti, 2011). L'intensità degli impatti legati a questi interventi dipende da diversi fattori, tra cui la localizzazione delle aree e la loro condizione ecosistemica e destinazione d'uso precedente. Aree caratterizzate da condizioni e destinazioni d'uso diverse forniscono infatti servizi ecosistemici diversi e in diversa quantità.
Valutare l'impatto atteso del consumo di suolo previsto dagli strumenti di pianificazione urbanistica sui servizi ecosistemici permette, quindi, di rendere espliciti i valori in gioco e di confrontare le possibili ricadute sull'ambiente naturale e sul benessere antropico di diverse strategie di crescita urbana (ad esempio quelle di densificazione e di espansione). A questo scopo, il presente contributo illustra i risultati di un'analisi volta a valutare e descrivere i potenziali impatti del consumo di suolo sulla fornitura di servizi ecosistemici all'interno del comune di Trento. L'analisi è basata sulle previsioni del Piano Regolatore Generale vigente; i servizi ecosistemici sono stati selezionati sulla base dei temi presenti nel documento di definizione degli obiettivi del PRG, nella Variante Tecnica 2023-2024 e in seguito a incontri con il personale degli uffici competenti.
La valutazione dell'impatto delle trasformazioni urbane previste dal piano ha richiesto una mappatura del livello di fornitura attuale dei servizi ecosistemici selezionati: regolazione del microclima, fornitura di habitat, ricreazione, mitigazione del rumore, purificazione dell'aria, gestione delle acque meteoriche e fornitura di cibo. La mappatura è stata condotta utilizzando indicatori ottenuti attraverso l'applicazione di modelli, oppure variabili *proxy* legate alle caratteristiche degli ecosistemi urbani in esame, come riassunto in Tabella 130. I dettagli metodologici seguiti, così come la banca dati con i risultati ottenuti, sono disponibili in Cortinovis e Geneletti (2020) e nei relativi documenti associati.

Tabella 130. Sintesi dei metodi applicati per la mappatura di ciascun servizio ecosistemico considerato

Servizio ecosistemico	Metodo di mappatura	Fonte dei dati
Regolazione del microclima (raffrescamento)	Applicazione del modello di valutazione della capacità di raffrescamento proposto da Zardo *et al.* (2017)	Carta di uso del suolo comunale, carta delle aree boscate della PAT, rilievo delle aree verdi comunali
Fornitura di habitat	Valutazione della ricchezza relativa di specie focali mediante modellazione a partire da dati di monitoraggio e individuazione degli "hotspot di biodiversità" (Pedrini *et al.,* 2013)	Progetto Life+TEN. Piano Urbanistico Provinciale, Piano di Gestione e Uso delle Acque Pubbliche
Ricreazione	Applicazione del modello ESTIMAP-recreation (cfr. Cortinovis *et al.,* 2018)	Carta di uso del suolo comunale, dati da Open Street Map, dati rilevo comunale delle aree verdi
Mitigazione del rumore	Modellazione mediante plug-in OpeNoise di Qgis per valutare l'effetto di schermatura delle aree boscate rispetto agli edifici residenziali esistenti	Carta di uso del suolo comunale, carta dei boschi della PAT, carta tecnica comunale, grafo stradale, Piano Urbano della Mobilità
Purificazione dell'aria	Valutazione considerando tipo di vegetazione e localizzazione rispetto alle strade maggiormente trafficate	Carta di uso del suolo comunale, carta dei boschi della PAT, grafo stradale, Piano Urbano della Mobilità

Gestione delle acque meteoriche	Valutazione della percentuale di superficie permeabile	Copernicus Imperviousness Density layer 2015
Fornitura di cibo (attività agricole)	Indicatore composito definito dalla combinazione dei valori medi dei prezzi di esproprio per le diverse classi di uso del suolo e dell'idoneità morfologica valutata in base a pendenza, esposizione e altitudine dei terreni	Dati sui valori di esproprio, DTM

La Figura 158 riporta i risultati della mappatura, utilizzando - ai fini di facilitare il confronto- i valori normalizzati degli indicatori di fornitura per ogni servizio ecosistemico selezionato. La Figura 158.a mostra l'indicatore di "regolazione del microclima", calcolato per la sola area di fondovalle, che presenta i valori maggiori in corrispondenza dei parchi urbani più intensamente alberati (Doss Trento, piazza Venezia), e di aree boscate periurbane e corsi d'acqua (fiume Adige e torrente Fersina), facendo emergere le aree più densamente urbanizzate come zone più svantaggiate. La Figura 158.b mostra l'indicatore di "fornitura di habitat" ed individua diversi hotspot distribuiti a nord e sud dell'urbanizzato di fondovalle (biotopo Foci dell'Avisio ed aree prossime a Spini di Gardolo, interporto, Ravina e Mattarello) e all'interno dei versanti est ed ovest. La Figura 158.c mostra l'indicatore di "ricreazione" ed evidenzia il ruolo di tutti i parchi urbani indipendentemente dalla copertura arborea, rilevando allo stesso tempo anche il potenziale ricreativo delle aree boscate periurbane più attrezzate e accessibili (es. all'interno sul Monte Bondone e in prossimità degli abitati in collina est). La Figura 158.d mostra l'indicatore di "mitigazione del rumore" che dà rilevanza alle aree boscate e vegetate lungo la linea ferroviaria Trento-Venezia, la SP85 che sale al Bondone e via Bassano, che fungono da barriera per un maggior numero di abitazioni. La Figura 158.e mostra l'indicatore di "purificazione dell'aria" ed individua nelle aree boscate, e nello specifico quelle in prossimità delle strade, le zone con valori più elevati. La Figura 158.f mostra l'indicatore di "gestione delle acque meteoriche", che presenta valori maggiori nelle aree non urbanizzate per via della loro alta permeabilità, a differenza del centro storico e delle aree produttive a nord. Infine, la Figura 158.g mostra l'indicatore di "fornitura di cibo" il quale, data la presenza di colture di pregio, raggiunge i valori maggiori per le aree agricole di fondovalle e sulla collina est.

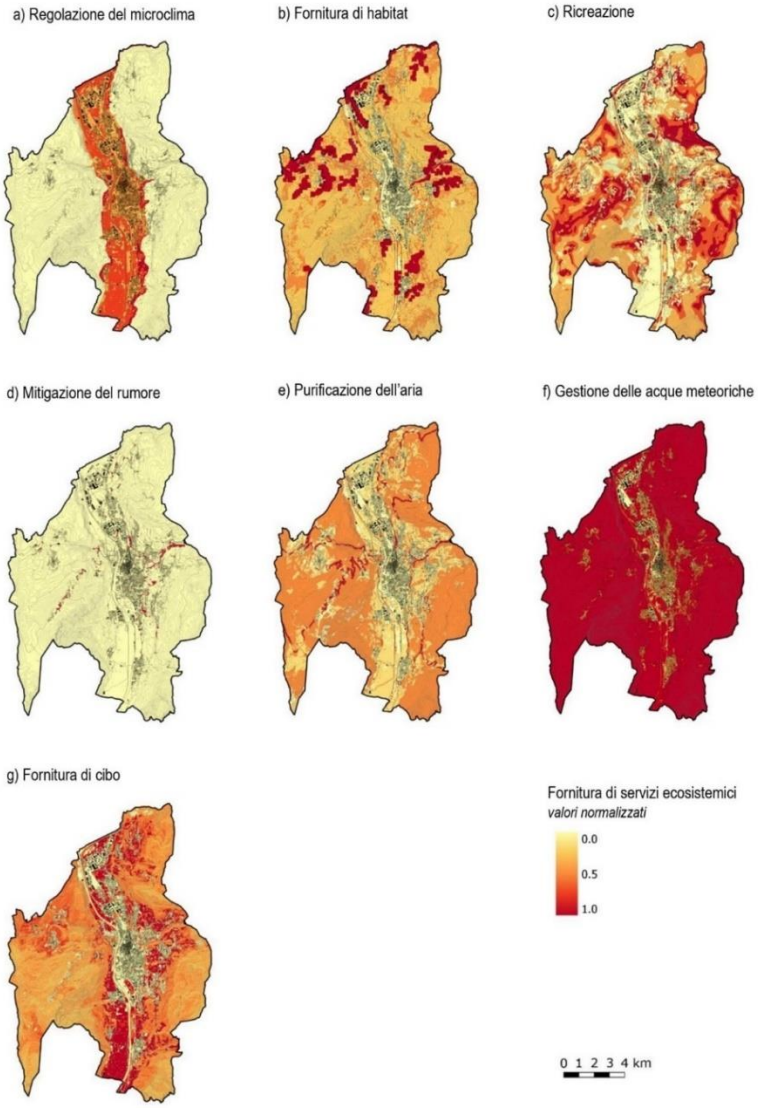


Figura 158. Carte di fornitura dei servizi ecosistemici ((a) regolazione del microclima; (b) fornitura di habitat; (c) ricreazione; (d) mitigazione del rumore; (e) purificazione dell'aria; (f) gestione delle acque meteoriche; (g) fornitura di cibo) (modificato a partire da Cortinovis e Geneletti (2020)

Per poter analizzare i potenziali impatti del consumo di suolo sulla fornitura dei servizi ecosistemici appena presentati, sono state individuare le aree in cui sono previsti interventi di urbanizzazione e riqualificazione che comportano cambiamenti di uso del suolo. Partendo dagli elaborati grafici del PRG vigente, si sono individuate le aree soggette a previsioni non ancora attuate e, tra esse, sono state selezionate quelle la cui attuazione comporterà nuovo consumo di suolo. Queste includono zone a destinazione residenziale, sia di completamento (lotti liberi in zone B) che di espansione (zone C3 e C4); zone a destinazione mista, principalmente classificate come aree di riqualificazione (C5 e C6), tra cui sono state selezionate quelle insistenti su aree attualmente non edificate o impermeabilizzate; zone

produttive, commerciali, e terziarie (zone D). Per ogni area interessata da interventi è stata registrata la destinazione d'uso attuale, secondo la carta di uso del suolo comunale, le cui classi sono state raggruppate in cinque categorie: urbanizzato, prati, frutteti e vigne, altre aree agricole, boschi e altre aree naturali. La Tabella 131 mostra l'estensione delle previsioni di nuovo consumo di suolo non ancora attuate, classificate in base all'attuale uso del suolo e alla destinazione d'uso futura (residenziale; misto; produttivo; commerciale; terziario). L'area complessiva è pari a circa 105 ettari, la maggior parte dei quali (oltre 75 ha) interessano territorio non ancora urbanizzato. Riguardo alla destinazione d'uso futura, le aree residenziali interessano circa 55 ha, più di tre quarti dei quali sono localizzati in aree attualmente classificate come "prati", "altre aree agricole" e "frutteti e vigneti".

Tabella 131. Estensione di ogni classe di intervento confrontata con l'uso del suolo attuale [ha]

	Destinazione d'uso da P,R,G					
Uso del suolo attuale	Residen-ziale	Misto	Produttivo	Commer-ciale	Terziario	Totale
Urbanizzato	10,61	13,21	3,53	0,38	2,55	**30,29**
Prati	14,33	3,52	3,66	3,79	0,43	**25,73**
Frutteti e vigneti	12,24	0,00	8,95	1,06	0,47	**22,72**
Altre aree agricole	14,53	0,46	3,58	1,88	0,21	**20,66**
Boschi e altre aree naturali	3,91	1,08	0,34	1,07	0,00	**6,39**

L'analisi dei potenziali impatti sulla fornitura di servizi ecosistemici delle trasformazioni previste è stata effettuata sovrapponendole con le mappa dei servizi (Figura 158). Per ognuna delle trasformazioni previste, sono stati calcolati i valori medi di fornitura attuali, normalizzati da 0 a 1. I servizi interessati dagli impatti maggiori sono risultati essere la "gestione delle acque meteoriche" (valore medio 0,78) e la "fornitura di cibo" (0,40). La maggior parte delle aree interessate da potenziale consumo di suolo sono infatti attualmente aree ad elevata permeabilità e destinate per lo più alla produzione agricola. Allo stesso modo si è proceduto con la sovrapposizione delle aree di trasformazione con la carta di sintesi dei servizi ecosistemici, che rappresenta in un unico indicatore normalizzato la somma dei valori di tutti i servizi selezionati (Figura 159). Dall'analisi di quest'ultima risulta che le aree di trasformazione hanno un valore medio di fornitura che spazia tra 0,1 e 0,7 con un valore medio pari a 0,3. Le aree sono poi state raggruppate in funzione dei valori di fornitura dei servizi ecosistemici analizzati per identificare quelle che presentano profili simili (*cluster*). I cluster sono stati individuati applicando l'algoritmo *k-mean*, mentre il numero ottimale di cluster (quattro in questo caso), è stato definito seguendo diversi criteri statistici. Il profilo di ogni cluster così individuato è rappresentato in Figura 159 attraverso diagrammi radar, che mostrano i valori medi di fornitura dei servizi ecosistemici analizzati tra le aree classificate in ciascun cluster. Come si può osservare, il *Cluster* 1 corrisponde ad aree di media estensione localizzate in adiacenza o in prossimità degli abitati sui versanti est ed ovest. È caratterizzato da elevati valori di fornitura di habitat e gestione delle acque meteoriche ed in generale presenta valori superiori alla media anche per gli altri servizi considerati, ad eccezione della regolazione del microclima. La destinazione è per la quasi totalità delle aree di tipo residenziale, salvo un'area di considerevoli dimensioni prevista come produttiva. Il *Cluster* 2, al contrario del precedente, raggruppa aree previste come residenziali di estensione tendenzialmente ridotta, distribuite prevalentemente nel fondovalle, Il servizio con il valore medio maggiore è la gestione delle acque meteoriche. Questo *cluster* presenta i valori medi più bassi per tutti i servizi considerati e comprende quindi le aree con il minor impatto atteso sulla fornitura di servizi ecosistemici.

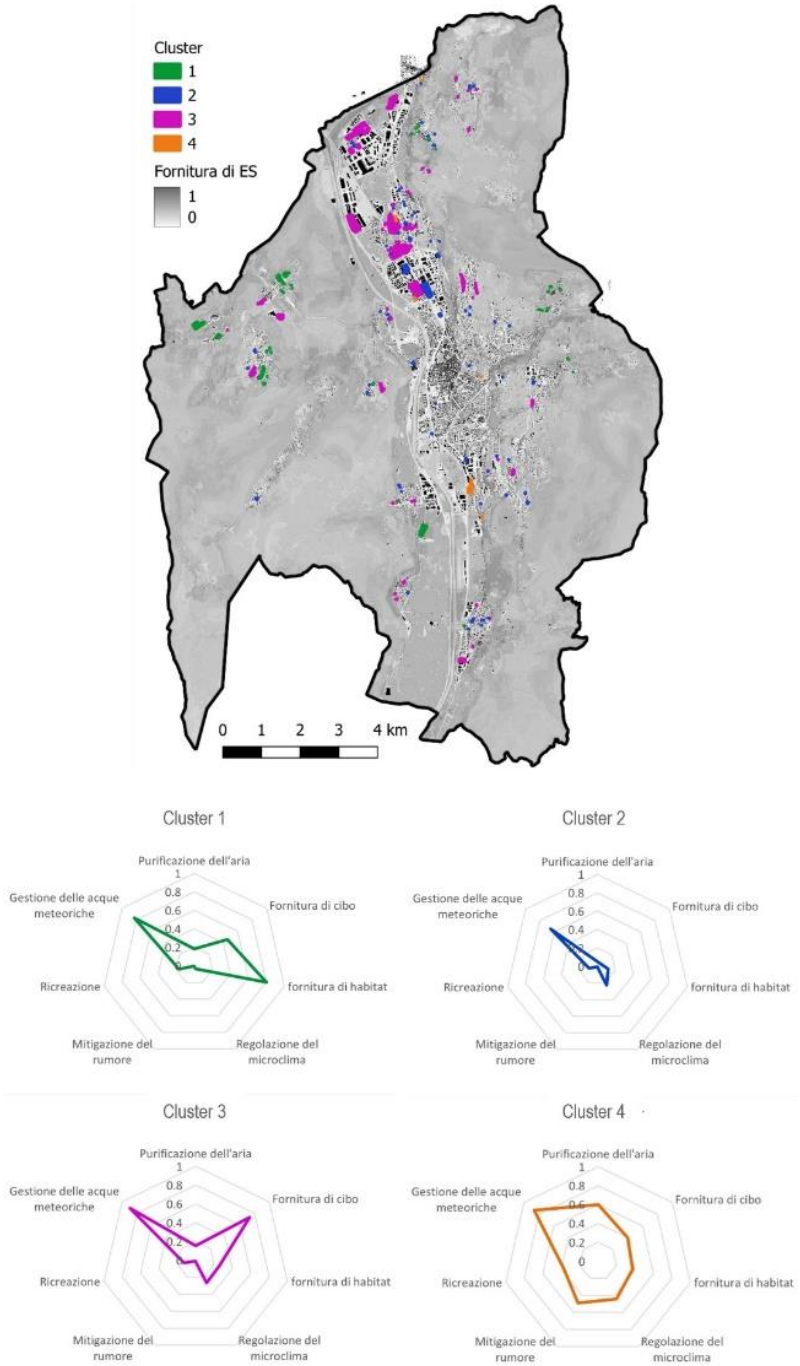


Figura 159. Localizzazione delle previsioni di nuovo consumo di suolo contenute nel PRG di Trento e non ancora attuate. Le aree sono sovrapposte alla mappa di sintesi della fornitura dei sette servizi ecosistemici analizzati. I grafici mostrano il valore medio dei servizi in ciascuno dei quattro cluster in cui sono raggruppate le aree con profili simili

Il *Cluster* 3 include più del 65% dell'area totale di trasformazione e comprende molte tra le unità più estese. Data la vocazione per lo più agricola di queste ultime, i servizi principali sono rappresentati dalla fornitura di cibo e dalla gestione delle acque meteoriche. Per quanto riguarda gli altri servizi, si osservano valori di poco sopra (purificazione dell'aria) o sotto la media (fornitura di habitat e ricreazione). Questo *cluster* include buona parte delle aree destinate ad attività produttive e commerciali. Infine, il *Cluster* 4 comprende aree residenziali di ridotte dimensioni e copre solo il 4% dell'area totale di trasformazione. Il cluster è però caratterizzato dai valori medi più elevati per quattro servizi ecosistemici (purificazione dell'aria, regolazione del microclima, mitigazione del rumore e ricreazione) e da valori superiori alla media per i rimanenti.

I quattro *cluster* presentano profili di potenziale impatto chiaramente diversificati, corrispondenti a raggruppamenti di trasformazioni con caratteristiche simili dal punto di vista dell'estensione, della localizzazione e delle destinazioni d'uso presenti e future. Ad esempio, a Trento, il nuovo consumo di suolo per fini produttivi previsto dal piano è per la maggior parte localizzato nel fondovalle su aree di elevato valore agricolo, con potenziali impatti significativi sui servizi di fornitura di cibo, gestione delle acque meteoriche e regolazione del microclima (*Cluster* 3). Gli impatti del consumo di suolo previsto ad uso produttivo sono quindi chiaramente differenti da quelli attesi dalla maggior parte delle trasformazioni residenziali. Analogamente, tra queste ultime, le piccole aree di completamento interne agli abitati (prevalentemente nel *Cluster* 2) hanno profili di impatto diversi da quelle più estese di espansione periurbana (che ricadono prevalentemente nel *Cluster* 1). Le prime, infatti, tendono ad avere impatti più elevati sulla regolazione del microclima, poiché i lotti liberi all'interno degli ambiti urbanizzati contribuiscono al raffrescamento, mentre le seconde generano potenziali impatti più significativi in termini di habitat, considerato che le aree periurbane non agricole corrispondono spesso a prati stabili o altri habitat di valore.

Analisi simili a quelle presentate in questo contributo possono aiutare a comprendere gli effettivi impatti legati a diverse strategie di crescita urbana, posto che i servizi ecosistemici analizzati siano rilevanti per il contesto e che la loro selezione sia in accordo con i valori espressi dalla comunità. Includere anche alcuni tra i servizi ecosistemici meno evidenti e forniti anche da aree che si potrebbero ritenere residuali o marginali (es. spazi verdi interclusi) può contribuire ad accrescere la consapevolezza del valore di questi spazi, specialmente all'interno delle zone più densamente urbanizzate. È importante sottolineare, inoltre, che l'analisi fornisce una stima dell'impatto potenziale, basato sull'ipotesi che le aree individuate dal piano non siano più in grado di fornire servizi ecosistemici dopo la trasformazione. Questo è in gran parte vero, anche se il mantenimento o l'introduzione di aree verdi e soluzioni basate sulla natura possono permettere localmente la fornitura di alcuni servizi. L'analisi degli impatti potenziali può quindi diventare anche uno strumento di supporto alla definizione di opportune misure di compensazione, da realizzarsi almeno parzialmente on-site e per la restante parte in aree individuate dal piano stesso, in modo che il raggiungimento dell'obiettivo di consumo di suolo netto pari a zero possa corrispondere anche ad un impatto il più limitato possibile sulla fornitura di servizi ecosistemici.

NO NET LAND TAKE: POLITICHE E PRATICHE NELLE REGIONI EUROPEE

Anna Laura Palazzo (Università Roma Tre)

L'obiettivo europeo "*No Net Land Take by* 2050" ("consumo netto di suolo 0 al 2050", NNTL), cui gli Stati debbono progressivamente allinearsi, solleva crescenti inquietudini e interrogativi sullo stato di salute e le condizioni di uso dei suoli: i trend di artificializzazione dei terreni naturali, seminaturali ed agricoli sembrano in effetti sconfessare gli impegni assunti al traguardo intermedio del 2030, mentre si accentuano ovunque i fenomeni di dismissione e abbandono di territori degradati da attività inquinanti. L'adozione nell'aprile di quest'anno da parte dell'organismo interno dell'Europarlamento della relazione sulla *Soil Monitoring Law*, presentata dalla Commissione europea a luglio 2023 ha acceso nuove speranze di colmare un vuoto normativo in materia di tutela dei suoli: per ciò che riguarda il miglioramento e il mantenimento del loro stato di salute sono indicate azioni per il monitoraggio e la valutazione delle condizioni in essere e forniti indirizzi per una gestione sostenibile. In adesione al motto europeo della "unità nella diversità", la bozza di Direttiva rinvia agli Stati membri eventuali disposizioni quantitativamente e qualitativamente vincolanti per il consumo di suolo e le misure di compensazione per il ripristino dei servizi ecosistemici: del resto tali dinamiche si presentano con diverse connotazioni e granularità a livello dei singoli paesi e delle loro stesse sottounità amministrative (NUTS2).
In tale cornice istituzionale si colloca il rapporto di ricerca "*No Net Land Take, Policies and practices in European regions*" commissionato da ESPON alla cooperativa Acadie. Il lavoro, che fornisce uno spaccato degli approcci di nove Stati membri – Belgio, Repubblica Ceca, Estonia, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo, Polonia e Svizzera –, è stato illustrato e discusso a Bruxelles con il *team* ESPON e i tecnici incaricati di assistere la presidenza belga del Consiglio europeo e presentato ufficialmente nella conferenza "*No Net Land Take trajectories, Policies and practices across Europe*" che si è tenuta a Mons nel giugno scorso (Desjardins *et al.,* 2024).
Il rapporto propone una griglia comparativa secondo cinque chiavi di ingresso:

- i quadri legislativi nazionali adottati per contenere il consumo di suolo e i metodi utilizzati per monitorarlo;
- i principali ostacoli istituzionali all'attuazione del NNLT;
- i principali strumenti esistenti o proposti per riorientare l'urbanizzazione verso un minore consumo di suolo;
- il dibattito pubblico sulla politica NNLT (o, più in generale, sulle politiche volte a limitare l'espansione urbana, posto che diversi Stati non hanno una politica NNLT esplicita);
- il grado di convergenza di ciascun sistema di pianificazione con l'obiettivo di ridurre l'artificializzazione del territorio.

Per quanto riguarda il livello di sensibilità e mobilitazione a livello nazionale, nel campione analizzato si possono individuare due tipologie di paesi:

- paesi in cui non esiste una politica esplicita mirata a limitare il consumo di suolo (Estonia, Polonia e Repubblica Ceca);
- paesi in cui si esprime un obiettivo nazionale, Questo obiettivo deve essere adottato legalmente dalle regioni o dagli Stati, anche se con un'ampia diversità di trascrizioni subnazionali (Germania, Italia, Belgio e Svizzera), oppure deve essere implementato dalle autorità locali (Francia e Lussemburgo).

Il rapporto insiste sulla necessità di stabilire indicatori e modalità condivisi per il monitoraggio e la valutazione della salute dei suoli, e di incorporare gli obiettivi condensati dal NNLT entro le politiche e pratiche di rigenerazione sostenibile a carico degli enti territoriali. L'apparato terminologico e definitorio

assunto a livello europeo riportato nelle prime pagine del lavoro, pur limitativo rispetto al fronte aperto da diverse iniziative degli Stati membri[111], ne rappresenta ad oggi un riferimento ineludibile (Tabella 132).

Tabella 132. Definizioni assunte a livello europeo

Definizioni a livello Europeo	
Land cover	*Land cover corresponds to a bio-physical de scription of the earth's surface. It is that which overlays or currently covers the ground. This description enables various biophysical categories to be distinguished - basically, areas of vegetation (trees, bushes, fields, lawns), bare soil, hard surfaces (rocks, buildings) and wet areas and bodies of water*
Land use	*Land use corresponds to the socio-economic description (functional dimension) of areas: areas used for residential, industrial or commercial purposes, for farming or forestry, for recreational or conservation purposes, etc. Links with land cover are possible; it may be possible to infer land use from land cover and conversely. But situations are often complicated and the link is not so evident. Contrary to land cover, land use is difficult to 'observe'. For example, it is often difficult to decide if grasslands are used or not for agricultural purposes. Distinctions between land use and land cover and their definition have impacts on the development of classification systems, data collection and information systems in general.*
Land take	*Land take is a process often driven by socio-economic development needs, that transforms natural and semi-natural areas (including agricultural and forestry land, gardens and parks) into artificial land development, using soil as a platform for constructions and infrastructure, as a direct source of raw material or as archive for historic patrimony*
Renaturation	*A process of returning natural ecosystems or habitats to their original structure and species composition. Restoration requires a detailed knowledge of the original species, ecosystem functions and interacting processes involved.*
Soil sealing	*Soil sealing refers to changing the nature of the soil such that it behaves as an impermeable medium (for example, compaction by agricultural machinery). Soil sealing is also used to describe the covering or sealing of the soil surface by impervious materials by, for example, concrete, metal, glass, tarmac and plastic.*

Fonte European Environment Agency e European Parliament, 2023

Il rapporto insiste sulla necessità di approcci strategici e integrati oltre gli steccati settoriali e i perimetri materiali e immateriali in cui l'azione amministrativa si trova costretta, sviluppando sinergie più efficaci tra soggetti depositari di differenti attribuzioni per l'attuazione di politiche condivise. Tutto ciò muove in sintonia con la previsione di cosiddetti "Distretti del Suolo" avanzata dalla *Soil Monitoring Law*[112], bozza del primo atto legislativo dell'UE dedicato al suolo: distretti da definirsi ad esito di letture di area vasta in base a criteri di omogeneità climatica ed ecologica (Arcidiacono, 2023).
Alcuni *outcome* del lavoro comparativo sono sintetizzati in Tabella 133; altri chiariscono in forma discorsiva le ragioni di procedimenti e tecniche di monitoraggio delle fenomenologie correlate al consumo di suolo, di apparati legislativi, consuetudini e pratiche pianificatorie tese ad arginarle o contrastarle,

[111] L'attuale bozza della *Soil Monitoring Law* risulta meno incisiva rispetto agli obiettivi della Strategia per il suolo al 2030 della Commissione europea e ai target che sono oggetto di discussione presso alcuni Stati membri.
[112] L'art. 4, Distretti del Suolo, recita:
«Gli Stati membri istituiscono distretti del suolo su tutto il loro territorio. Il numero di distretti del suolo per ciascuno Stato membro corrisponde almeno al numero di unità territoriali di livello NUTS 1 istituite a norma del regolamento (CE) n. 1059/2003.
Nel definire l'estensione geografica dei distretti del suolo, gli Stati membri possono tenere conto delle unità amministrative esistenti e all'interno di ciascun distretto devono perseguire l'omogeneità per quanto riguarda i seguenti parametri:
(a) tipo di suolo quale definito nella base di riferimento mondiale per le risorse pedologiche;
(b) condizioni climatiche;
(c) zona ambientale quale descritta nella relazione n. 2281 elaborata da Alterra;
(d) uso o copertura del suolo utilizzati nel programma di indagine statistica LUCAS (Land Use/Cover Area frame statistical Survey)».

correlandole (anche) alla incidenza e/o concomitanza di driver specifici e a sinergie occasionali o ricercate con altri dispositivi di policy. Tali tendenze, esperienze e risultati confluiscono nel capitolo conclusivo fornendo raccomandazioni e indicazioni per ulteriori approfondimenti.

Tabella 133. Griglia comparativa dei casi esaminati

Stati Membri	Scopi Espliciti	Impegni Legalmente Vincolanti	Definizioni	Monitoraggio
Regione di Bruxelles	No	No	No	Sì Un data-base interattivo che fornisce indicazioni sull grado di artificializzazione del suolo in ciascun quartiere
Belgio Fiandre	Sì L'obiettivo è che "il consumo medio giornaliero aggiuntivo di suolo sia pari a zero ettari entro il 2040"	Sì Attraverso la Strategic Vision of the Spatial Policy Plan of Flanders, approvata nel 2018	Sì Lo spazio occupato dalle attività umane, ossia lo spazio utilizzato per abitazioni, commercio e industria, infrastrutture di trasporto, attività ricreative e sportive, serre, parchi e giardini	Sì L'istituto di ricerca fiamminga VITO è stato incaricato di sviluppare un riferimento di base per analizzare e monitorare l'uso e l'occupazione del territorio nelle Fiandre. Il geodatabase reca l'evoluzione dell'uso del suolo con una risoluzione di 10 m, a partire da una misurazione di base nel 2013
Belgio Vallonia	Sì Raggiungere l'obiettivo NNLT nel 2050	Sì Obiettivo incluso nel Code du développement territorial (CoDT), la legislazione di pianificazione in Vallonia in vigore dal 2024	Sì Lo Schéma de développement du territoire - SDT) definisce l'artificializzazione come il processo attraverso il quale i terreni agricoli, forestali o naturali vengono urbanizzati attraverso la costruzione o la collocazione di uno o più impianti fissi, previo rilascio del nulla osta alla progettazione	Sì L'artificializzazione viene misurata in base a dati catastali. Essi coprono l'intera Vallonia ma non includono le aree di proprietà pubblica (comprese strade, corsi d'acqua, ferrovie, ecc. senza distinzione)
Repubblica Ceca	No	No	No	No
Estonia	No	No	No	No
Francia	Sì Dimezzare il ritmo del consumo di suolo nel decennio 2021-2031, rispetto al decennio 2011-2021: obiettivo NNLT nel 2050	Sì Loi Climat et Résilience (2021)	Sì La definizione è evolutiva. Entro il 2031, il land take è definito come la trasformazione di appezzamenti agricoli, naturali o forestali in aree urbanizzate. Dopo il 2031, con questa locuzione si intenderà l'alterazione delle funzioni ecologiche del suolo	Sì La misura del consumo di suolo si basa sui dati catastali. La superficie edificata è classificata per tipologia d'uso (abitativo, commerciale, misto), lotto per lotto. E' in fase di attuazione un sistema di informazioni geografiche che consente di valutare in modo dettagliato il grado di occupazione del territorio
Germania	Sì Un massimo di 30 ettari al giorno nel prossimo decennio, con lo scopo di definire una "economia circolare dei suoli" al 2050.	No L'obiettivo è indicato nella versione aggiornata al 2021 della German Sustainability Strategy. Alcuni Lander lo hanno adottato	Sì Definito come l'incremento di "insediamenti e infrastrutture per il trasporto" (Siedlungs- und Verkehrsfläche, SuV), che comprendono anche le aree urbane per usi ricreativi	Sì Monitoraggio annuale riportato dal Federal Statistical Office
Italia	Sì Diversi disegni di legge sono stati proposti in Parlamento a partire da una prima iniziativa legislativa del 2012	No L'obiettivo NNLT al 2050 figura in diverse leggi regionali, posto il livello di autonomia di cui dispongono	Sì Hanno carattere regionale. In Lombardia il consumo di suolo è definito come il passaggio da superficie agricola ad altri usi non collegati ai precedenti usi del suolo, escludendo i nuovi parchi e includendo le infrastrutture sovracomunali. In Veneto riguarda l'incremento delle superfici naturali o seminaturali interessate da interventi di impermeabilizzazione del suolo, da copertura artificiale, scavo o rimozione che compromettano le funzioni ecosistemiche del territorio e le potenzialità produttive	Sì Nell'ambito del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), ISPRA è impegnata dal 2006 in un monitoraggio annuale del consumo di suolo, con dati su copertura, uso e consumo di suolo ai diversi livelli territoriali, per geografie, pattern di usi del suolo e densità di urbanizzazione a partire prevalentemente da interpretazioni di dati fotosatellitari
Lussemburgo	Sì L'obiettivo è ridurre gradualmente il consumo di suolo per raggiungere una media di 0,25 ettari al	No Tra il 2007 e il 2018, il consumo di suolo in Lussemburgo è stato in media di 0,46 ettari al giorno. Il master plan nazionale (PDAT)	Sì Land take è il processo mediante il quale il suolo viene sottratto al suo stato naturale, agricolo o forestale, In ambito urbano, esso riguarda i terreni edificati ad uso, le superfici	Sì Un database fornisce gli usi del suolo a cadenze triennali

	giorno entro il 2035, per poi puntare a eliminare il consumo netto di suolo dal 2050 in poi. L'obiettivo è espresso nel piano generale nazionale adottato dal governo nel giugno 2023	è un documento strategico che tenendo conto dei progetti e dei piani approvati o in fase di attuazione, il PDAT propone di ridurre gradualmente il consumo di suolo.	pavimentate o stabilizzate e terreni non edificati ma fortemente modificati dall'attività umana (cantieri, cave, miniere, discariche, ecc.). Rientrano in questa categoria anche le aree "verdi" artificiali	
Polonia	No	No	No	No
Svizzera	Sì L'Obiettivo NNLT è dichiarato nella Swiss National Soil Strategy (2020), e ribadito nella Swiss Sustainable Development Strategy (2022)	No Responsabilità dei Cantoni	Sì La Swiss Soil Strategy definisce la NNLT come "il ripristino delle funzioni perdute in un sito per effetto di opere di costruzione (compensazione) in un altro sito, Concentrandosi sulle funzioni del suolo, questo indicatore tiene conto non semplicemente della superficie interessata, ma anche della differenza di qualità tra i diversi suoli"	Sì Non è monitorato di per sé, L'Ufficio federale di statistica monitora tuttavia i cambiamenti nell'utilizzazione del suolo in Svizzera, compresi gli insediamenti, le aree urbane e l'impermeabilizzazione del suolo. Queste statistiche si basano su una griglia (100x100 m) in cui a ciascun punto sono attribuite informazioni sull'uso del suolo e sulla copertura del suolo

Nel concreto, monitoraggi, politiche e pratiche convocano expertise congiunte tra discipline spaziali e scienze del vivente per sottrarre all'urbanizzazione terreni ad elevata biodiversità, alto potenziale di sequestro del carbonio e capacità di ritenzione idrica, essenziali ai fini del contrasto al cambiamento climatico, della gestione dei rischi e della sicurezza alimentare soprattutto nelle aree più densamente popolate (EEA, 2021).

In anni recenti le politiche ecologiche sono transitate dalle strategie sovranazionali e nazionali alle pianificazioni di natura strategica e regolativa: a titolo di esempio, nel caso francese che con quello italiano condivide la cultura dell'atto amministrativo e la pianificazione detta "a cascata", l'inclusione della biodiversità e della cosiddetta "*nature ordinaire*" nei processi di formazione dei piani a seguito delle Leggi "*Grenelle de l'Environnement*" ha implicato il ricorso a studi di impatto e misure compensative che trasferiscono gli oneri più gravosi ai piani locali, con effetti potenzialmente dirompenti sulla tenuta del patto sociale (Cormier, 2014; Fournier e Bonnefond, 2023). Qui, dove lo sguardo dall'alto continua a portare l'imprinting dello Stato, la filiera della pianificazione ha conosciuto nell'ultimo ventennio un aggiornamento significativo, grazie all'introduzione di forme di sussidiarietà che consentono agli strumenti sotto-ordinati di proporre rettifiche argomentate delle scelte operate a monte, a condizione che non ne compromettano o ostacolino l'applicazione, ma le adattino specificandole opportunamente: rispetto alla conformità che implica una stretta identità della norma inferiore a quella superiore, e alla compatibilità definita come una semplice assenza di contraddizione, la presa in conto fa appello al principio di compatibilità sotto riserva di deroga motivata; in caso di contrasti, la vertenza viene sottoposta a un tribunale amministrativo.

La Loi n. 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets (Loi "Climat et Résilience") ha comportato un ulteriore scossone nell'organigramma delle responsabilità amministrative: in attuazione dell'Accordo di Parigi (2015) essa si impegna a raggiungere nel 2050 la neutralità carbonica attraverso la compensazione tra emissioni di gas serra e assorbimenti equivalenti mediante cattura e stoccaggio di biossido di carbonio, con l'obiettivo intermedio al 2030 di abbattimento delle emissioni del 40% rispetto al 1990. Nel richiamo alle diverse dimensioni della sostenibilità in funzione dell'innalzamento della resilienza di territori e infrastrutture, la legge istituisce una importante distinzione tra due locuzioni spesso impiegate come sinonimi: "consumo di suolo" e "artificializzazione del suolo". La prima esprime la variazione di destinazione

d'uso in funzione dello sviluppo urbano[113]; l'artificializzazione si basa su osservazioni più qualitative, e viene definita come «l'alterazione permanente, in tutto o in parte, delle funzioni ecologiche di un suolo, in particolare delle funzioni biologiche, idriche e climatiche, così come del potenziale agronomico per effetto della sua occupazione o uso» (art. 192).
I decreti attuativi contribuiscono alla strategia per la biodiversità fissando una classificazione e stabilendo i contenuti minimi delle relazioni di monitoraggio di consumo di suolo disposte dalle singole municipalità e dagli organismi intercomunali che dispongono di strumenti di tipo strategico-programmatico di inquadramento per i piani locali (Schéma de Cohérence territoriale, SCoT). Se si considera che la casa unifamiliare con giardino ("*habitat pavillonnaire*") costituisce dagli anni Settanta un'aspirazione maggioritaria dei Francesi responsabile di una fenomenologia urbana dispersa (la "*ville éparpillée*") incompatibile con i requisiti di sostenibilità ambientale (Bauer e Roux, 1976), appare evidente il livello di conflitto sollevato da queste restrizioni a livello di singole municipalità, che si vedono insidiate nell'esercizio delle potestà pianificatorie[114]. Così come la Francia, che conta circa 30.000 comuni di cui alcuni piccoli o piccolissimi, anche l'Italia presenta un'elevata frammentazione istituzionale: nonostante l'obbligatorietà della costituzione di unioni di comuni ai sensi della Legge 7 aprile 2014, n. 56, Disposizioni sulle città metropolitane, sulle province, sulle unioni e fusioni di comuni per municipalità inferiori ai 5.000 abitanti, dei circa ottomila comuni che tassellano la penisola soltanto una esigua minoranza ha avviato processi di fusione e co-pianificazione.
Come dimostrano le esperienze in corso, approcci di livello regionale ispirati ai principi di sussidiarietà, differenziazione e adeguatezza consentono di governare i fenomeni di trasformazione insediativa, evitando il free riding tra comuni e realizzando economie di scala ed efficienza nella gestione consortile di servizi pubblici e nella conservazione delle risorse naturali[115]. Le cifre riportate in Tabella 134 indicano come la maggior parte dei comuni italiani ricada nella soglia compresa tra 1.000 e 1.999 abitanti, e la maggioranza della popolazione si distribuisca in comuni con soglia dimensionale tra 20.000 e 59.999 abitanti.

Tabella 134. Numero dei Comuni italiani e popolazione residente suddivisi per classi demografiche (Fonte: Istat, 2024)

	numero	%	residenti	%
da 500.000 ab. e oltre	6	0,08%	7.076.033	12,00%
da 250.000 a 499.999 ab	6	0,08%	1.874.788	3,18%
da 100.000 a 249.999 ab	32	0,41%	4.720.844	8,00%
da 60.000 a 99.999 ab.	54	0,68%	4.194.656	7,11%
da 20.000 a 59.999 ab.	414	5,24%	13.606.912	23,07%
da 10.000 a 19.999 ab.	693	8,78%	9.558.801	16,20%
da 5.000 a 9.999 ab.	1,171	14,83%	8.278.746	14,03%
da 3.000 a 4.999 ab.	1,064	13,48%	4.138.530	7,02%
da 2.000 a 2.999 ab.	914	11,58%	2.245.427	3,81%
da 1.000 a 1.999 ab.	1,524	19,30%	2.213.388	3,75%
da 500 a 999 ab.	1,109	14,05%	815.838	1,38%
meno di 500 ab.	909	11,51%	265.839	0,45%
Totale	**7,896**	**100,00%**	**58.989.802**	**100,00%**

[113] Fissando l'obiettivo nazionale di azzeramento del consumo di suolo netto al 2030 ("zéro artificialisation nette des sols"), il provvedimento pone come target intermedio il dimezzamento al 2031 dei consumi dei terreni agricoli, naturali e forestali registrati nel decennio 2011-2021 (art. 194).
[114] Il 60% del consumo di suolo interessa i piccoli comuni (circa il 20% della popolazione totale), soprattutto in piccole operazioni di urbanizzazione (8 abitazioni/ettaro).
[115] In Emilia-Romagna, Toscana, Sardegna e Sicilia, un numero crescente di municipalità ha aderito ad unioni di comuni condividendo attrezzature e strutture sovralocali che evitano il consumo di suolo e consentono una migliore governance dello spazio aperto.

La fattibilità di processi di riconversione di città e territori marcati da condizioni di marginalità socioeconomica e degrado ambientale è senza dubbio un elemento di criticità in tutta Europa, dove i vincoli di bilancio imposti dal patto di stabilità hanno assunto carattere strutturale; ma anche in situazioni meno compromesse, nell'impossibilità di un ricorso all'indebitamento gli enti locali utilizzano la leva dell'espansione e della densificazione per destinare almeno parzialmente gli introiti derivanti da tasse e oneri concessori a servizi per la cittadinanza.
Nel caso italiano, l'Istituto Nazionale di Urbanistica ha da tempo allo studio una proposta di legge di principi sul governo del territorio, inteso come "l'insieme delle attività conoscitive e valutative, regolative, di programmazione e di pianificazione, di localizzazione e attuazione degli interventi sul territorio". La legge dovrebbe garantire una cornice di organicità a percorsi di sostenibilità attualmente discussi su tavoli separati, con un approccio multifunzionale in grado di «affiancare alla formulazione dei principi fondamentali e delle regole generali del governo del territorio anche la disciplina di alcuni argomenti di legislazione esclusiva dello Stato, nonché l'individuazione di quelle materie da delegare a decreti legislativi nell'ambito dei principi e dei tempi ivi definiti» (Gruppo di lavoro INU, 2024, p. 157).
In definitiva, le riflessioni e discussioni suscitate dal contenimento del consumo di suolo intercettano tutti i livelli della expertise tecnica e della governance istituzionale: questo imperativo vi compare con la concretezza tangibile di una modificazione urbana che deve incorporare, oltre alle logiche della disponibilità dei suoli, giudizi di qualità e valore in termini ecologici e ambientali; i suoli come beni non riproducibili costituiscono un perno del dibattito intorno a cui articolare prospettive di azione integrate, allineando strategie e misure a breve e lungo termine per affrontare le relazioni complesse ma non necessariamente intrattabili tra usi del territorio, tutela ambientale e bisogni sociali.

DAL CONSUMO DEL SUOLO AL RIPRISTINO DEGLI HABITAT DEGRADATI: SPUNTI DI RIFLESSIONE PER GOVERNARE IL TERRITORIO?

Patrizia Colletta (Architetto, già Presidente Comitato Qualità urbana ed edilizia di Roma Capitale)

Il 17 giugno scorso, dopo una lunga discussione e una pausa di circa due mesi, il Consiglio dell'UE ha approvato la direttiva 2022/0195 (COD), conosciuta come *Nature Restoration Law* (NRL). Questo regolamento impone agli Stati membri di definire modalità e obiettivi giuridicamente vincolanti per ripristinare almeno il 20% degli ecosistemi terrestri e marini degradati entro il 2030.
Il regolamento UE 2024/1991 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 24 giugno 2024 sul ripristino della natura, è stato pubblicato nella Gazzetta Ufficiale UE il 29 luglio ed è entrato in vigore il 18 agosto. Da questa data, il Governo italiano dovrà integrare la legislazione nazionale con norme e strumenti per attuare gli obiettivi del regolamento e soprattutto, elaborare un "Piano Nazionale" di azione con l'obiettivo di ripristinare il 90% degli habitat degradati entro il 2050. Il regolamento mira principalmente al recupero delle aree protette a livello europeo, appartenenti alla Rete Natura 2000, ma si occupa anche di suoli agricoli, corsi d'acqua e dell'incremento della piantumazione forestale nonché dell'ambiente urbano, tutte misure volte a fermare e invertire la riduzione della biodiversità.
L'approvazione della NRL è stata molto rilevante, avviata nell'ambito della politica impostata dalla UE con il *Green New Deal*, il regolamento (UE) 2021/1119 del Parlamento europeo e del Consiglio che stabilisce l'obiettivo vincolante della neutralità climatica dell'Unione entro il 2050 e in generale, con tutta la strumentazione comunitaria volta a recuperare l'ambiente degradato, promuovendo la transizione ecologica ed energetica verso fonti rinnovabili per ripristinare condizioni di vivibilità, salubrità e qualità ecologica dell'ambiente da lasciare alle generazioni future.
La situazione attuale è molto complessa e il Rapporto ISPRA-SNPA, documentando annualmente la "corsa" al consumo di suolo, restituisce un quadro molto preoccupante. La pressione sul suolo e sulla terra sta aumentando a livello globale; nell'UE, il 4,2% del territorio è stato trasformato artificialmente dall'occupazione del suolo che, insieme all'impermeabilizzazione del suolo, continuano prevalentemente a spese dei terreni agricoli. Inoltre, il degrado del suolo influisce sulla potenziale fertilità a lungo termine dei terreni agricoli. Si stima che tra il 61% e il 73% dei terreni agricoli nell'UE sia interessato da erosione, perdita di carbonio organico, eccedenze di nutrienti (azoto), compattazione o salinizzazione secondaria. Senza una gestione sostenibile e un'azione per rigenerare i terreni, il deterioramento della salute del suolo sarà un fattore centrale nelle future crisi della sicurezza alimentare.
Gli articoli della *Nature Restoration Law* delineano chiaramente una serie di obiettivi obbligatori e ambiti di intervento che riguardano l'intero ecosistema: habitat terrestri, costieri e di acqua dolce, il ripristino della connettività naturale dei fiumi e delle funzioni naturali delle pianure alluvionali, il ripristino delle popolazioni di impollinatori, degli ecosistemi agricoli e forestali e la messa a dimora di tre miliardi di nuovi alberi. La *Nature Restauration Law* si occupa anche dell'ambiente urbano: all'articolo 8 "Ripristino degli ecosistemi urbani" si prevede che "*entro il 31 dicembre 2030 gli Stati membri provvedano affinché non si registri alcuna perdita netta della superficie nazionale totale degli spazi verdi urbani né di copertura della volta arborea urbana nelle zone di ecosistemi urbani*" e che "*dal 1° gennaio 2031 gli Stati membri conseguano una tendenza all'aumento della superficie nazionale totale degli spazi verdi urbani, compreso mediante l'integrazione di spazi verdi urbani negli edifici e nelle infrastrutture, nelle zone di ecosistemi urbani*".
Per la sua attuazione, la NRL prevede la predisposizione di "Piani nazionali di ripristino" finalizzati a quantificare le superfici da ripristinare, monitorare l'attuazione del Piano e se necessario, rivederlo per il ripristino degli habitat indicati negli allegati al regolamento. Nei prossimi mesi sarà importante conoscere le misure che verranno introdotte nel Piano nazionale da parte del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica – che ne ha già annunciato la predisposizione – con cui saranno fissati

obiettivi misurabili e individuati gli strumenti per realizzare concretamente il recupero e il ripristino dei diversi ecosistemi terrestri e marini, nonché degli ambienti agricoli e soprattutto, per tutelare e incrementare il verde urbano. Tuttavia, sono numerose le connessioni tra le politiche di governo del territorio e gli strumenti europei e nazionali finalizzati a preservare e proteggere il capitale naturale, in Italia spesso non separabile dal "Paesaggio" identitario che contraddistingue il nostro Paese, per l'integrazione – talvolta molto critica – tra natura, storia, architettura, agricoltura e infrastrutture.
Ad esempio, con la Legge 28 dicembre 2015, n. 221, si è avviata la redazione annuale del "Rapporto sullo Stato del Capitale Naturale in Italia" da parte del Comitato per il Capitale Naturale (CCN), presieduto dal Ministro dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (oggi Ministro dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica), composto da dieci Ministri, dall'Associazione Nazionale dei Comuni Italiani (ANCI), dalla Conferenza delle Regioni, da cinque Istituti pubblici di ricerca, tra cui ISPRA e da un gruppo di esperti nominati dal Ministro dell'Ambiente, con lo scopo di preservare il capitale naturale e valutare gli impatti delle politiche di sviluppo – spesso riguardanti le attività di governo del territorio, infrastrutturazione e trasformazione urbana – sul suolo nazionale.
Anche la "Convenzione Europea del Paesaggio" del 2000 include azioni volte alla riqualificazione e alla preservazione dell'intero territorio, applicando le proprie regole a spazi naturali, rurali, urbani e periurbani, dai "paesaggi eccezionali" a quelli "quotidiani" degradati. Se volessimo sintetizzare le ragioni di fondo di queste misure e ricondurle a un unico obiettivo, non possiamo fare a meno di pensare che lo scopo primario sia quello di salvaguardare tutte le specie viventi, soprattutto quella umana, attraverso la tutela, la cura e il ripristino degli ecosistemi a partire dalla tutela del bene primario costituito dal suolo. Tutto questo dovrebbe comportare un passaggio culturale profondo: se siamo giunti alla necessità, in più strumenti e indicazioni sovraordinate rispetto ai poteri nazionali, non solo di tutelare e proteggere il suolo, evitando e contrastando il suo consumo, alla esigenza di "ripristinarlo" coinvolgendo le diverse componenti dell'ecosistema, occorre riflettere anche sulla natura delle componenti fondative del governo del territorio.
In altre parole, non possiamo più riferirci alla normativa nazionale vigente, cioè la definizione di urbanistica ormai risalente al 1942, dove si disciplinava "*L'assetto e l'incremento edilizio dei centri abitati e lo sviluppo urbanistico in genere nel territorio della Repubblica …*" oppure al 1977 dove si esplicitava che "*Le funzioni amministrative relative alla materia "urbanistica" concernono la disciplina dell'uso del territorio comprensiva di tutti gli aspetti conoscitivi, normativi e gestionali riguardanti le operazioni di salvaguardia e di trasformazione del suolo nonché la protezione dell'ambiente*."
Oggi, come è noto, la situazione è molto diversa e i percorsi normativi, culturali e scientifici stanno convergendo (o dovrebbero convergere) verso questo obiettivo primario ed essenziale.
Nella legislazione regionale del governo del territorio troviamo declinato l'obiettivo del perseguimento della sostenibilità ambientale, sociale e territoriale nelle azioni di pianificazione territoriale e urbanistica oltre che della cura e della tutela del paesaggio; molte volte si è aperta la discussione sul tema della rigenerazione urbana come volano per l'economia ma soprattutto per il recupero dell'ambiente urbano degradato, iniziative legislative anche in iter avanzato hanno riguardato una specifica normativa di contrasto al consumo di suolo; gli stessi indicatori di performance ambientali per la valutazione degli interventi finanziati dalla UE indicano una strada ormai ineludibile verso la sostenibilità ambientale, il recupero dei territori degradati e le strategie di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici per l'ambiente urbano.
Per governare il territorio – inteso non solo nella sua dimensione fisica, ma nella sua complessità sociale, economica, relazionale, antropica e naturale – si dovrà riflettere, soprattutto a livello nazionale, su come integrare realmente la natura nella trasformazione e nella rigenerazione urbana e territoriale, con una profonda rivoluzione disciplinare. I programmi di infrastrutturazione non potranno più ignorare il loro impatto sull'ambiente; il paesaggio dovrà essere riconosciuto, tutelato, protetto e valorizzato nella

sua complessità storica, naturale e archeologica, tenendo in maggiore considerazione la componente ecologica che esso esprime; l'agricoltura dovrà incrementare la propria missione di curare la terra, proteggere il suolo dal degrado e prevenire i rischi idraulici.
Il recepimento della NRL potrebbe essere l'occasione per un nuovo salto culturale e disciplinare importante della politica del governo del territorio e per far convergere l'obiettivo della riduzione del consumo del suolo, la tutela del territorio e degli ecosistemi e la rigenerazione urbana e territoriale.
La conseguenza, soprattutto sul piano della cultura progettuale, ancora prima di quello normativo e regolamentare, non potrà che essere – come sta avvenendo in alcuni esempi recenti di pianificazione integrata – l'elaborazione e l'attuazione di un "Piano" realmente rigenerativo, con obiettivi di riqualificazione misurabili e targettizzati sia sulla componente antropica sia su quella naturale. L'aggettivo per definire questo "Piano", in una logica multidisciplinare, non è importante, essendo la dimensione olistica l'elemento più rilevante delle azioni previsive e gestionali di una politica di governo del territorio. Infatti, non sembra più determinante la "specializzazione" di un singolo strumento, ma la sua coerenza e finalizzazione rispetto al raggiungimento degli obiettivi di qualità e vivibilità dell'ambiente naturale e antropico.
Gli obiettivi delle previsioni del Piano "urbanistico" (a livello nazionale, di fatto, andrebbe ancora formalmente denominato cosi) potrebbero essere, di conseguenza, quelli di raggiungere una riconciliazione di sistemi vitali profondamente alterati dalle note vicende di distruzione del territorio e di degrado del suolo, realizzate in nome di uno sviluppo solo incrementativo, figlio della speculazione edilizia, della scarsa considerazione del valore del capitale naturale e della irrilevante valutazione dell'importanza della conservazione delle risorse naturali non riproducibili, testimoniato dallo sciagurato consumo di suolo di questi decenni di "sviluppo" incrementativo.
Sono temi sui quali il "governo del territorio" potrebbe trovare una nuova prospettiva - probabilmente rifondativa della stessa disciplina e con una missione profondamente diversa da quella del secolo scorso – rispetto alle logiche precedenti così fallimentari in relazione all'enorme responsabilità della specie umana nei confronti della natura, che si trova oggi nella condizione di dover essere "restaurata" perché ormai troppo compromessa.
D'altra parte, la modifica dell'art. 9 e dell'art. 41 della Costituzione, avvenuta nel 2022 pone tra i principi fondamentali la tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi e che lo svolgimento dell'iniziativa economica privata e pubblica non deve recare danno all'ambiente ed essere indirizzate e coordinate anche ai fini ambientali. Alla luce del dettato costituzionale certamente si può affermare che questo è il momento per riflettere su una nuova essenza e su nuovi fondamenti del governo del territorio per il terzo millennio.

IMPATTO DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI A TERRA SU SUOLO AGRICOLO

Camillo Zaccarini Bonelli, Maria Raffaella Ortolani, Antonio Denaro, Sabrina Navarra, Giovanna Maria Ferrari, Lorenzo Righi, Paolo Giordano, Enrico De Ruvo (Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare – ISMEA)

Introduzione

La salvaguardia del suolo per scopi produttivi e alimentari e la necessità di favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili, in particolare attraverso impianti fotovoltaici, per contenere soprattutto l'emissione di CO_2 sono temi che hanno interessato e interessano il decisore pubblico sovranazionale e quello nazionale, i quali si trovano ad affrontare le sfide poste dalle necessità, da un lato, di garantire l'approvvigionamento alimentare e, dall'altro, di azzerare l'effetto delle attività antropiche sul riscaldamento globale.

Gli impianti solari fotovoltaici hanno avuto un importante impulso in Italia soprattutto con il Secondo Conto Energia (il Conto Energia è stato un sistema di incentivazione dell'energia fotovoltaica); il decreto del Ministero dello sviluppo economico del 19 febbraio 2007 fissò, infatti, nuovi incentivi per la produzione di energia prodotta con il fotovoltaico, fra i quali si menzionano la semplificazione dell'iter amministrativo, l'abolizione del limite annuo di potenza incentivabile e l'introduzione di un premio per impianti fotovoltaici abbinati all'uso efficiente dell'energia.

Tuttavia, per contenere l'eccessiva sottrazione di suolo all'uso agricolo il decisore pubblico, in attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, emanò il decreto legislativo del 3 marzo 2011 n. 28 nel quale venivano ulteriormente dettagliati i requisiti e le specifiche tecniche per gli impianti solari fotovoltaici con moduli collocati a terra in aree agricole. Inoltre, con il successivo decreto-legge 24 gennaio 2012 n. 1, agli impianti fotovoltaici in ambito agricolo non fu più consentito l'accesso agli incentivi statali di cui al decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 (articolo 65).

La rifusione della direttiva 2009/28/CE con la direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (direttiva (UE) 2018/2001) ha portato alla emanazione del decreto legislativo 8 novembre 2021 n. 199. Nell'articolo 1 di tale decreto se ne dichiara l'obiettivo: "*accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, recando disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050". Al contempo, si definiscono "gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota di energia da fonti rinnovabili al 2030".*

Contemporaneamente, a livello sovranazionale, è risultato importante, per la tutela del suolo, lo sviluppo della Strategia dell'UE per il suolo per il 2030 "Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima" approvata il 17 novembre 2021 dalla Commissione Europea (COM(2021) 699 final) nella quale si dichiara che "*l'UE deve dotarsi di una rinnovata strategia per il suolo che definisca un quadro strategico e misure concrete per proteggere, ripristinare e utilizzare i suoli in modo sostenibile".*

Ad essa ha fatto seguito, il 5 luglio 2023, la proposta di Direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sul monitoraggio del suolo e la resilienza (Normativa sul monitoraggio del suolo) (COM(2023) 416 final) nella quale si pone l'attenzione sul fatto che *"La pressione sul suolo e sul terreno è in aumento a livello mondiale: nell'UE il 4,2% del territorio è ormai artificiale a causa del consumo di suolo, che, insieme all'impermeabilizzazione, va principalmente a scapito dei terreni agricoli".* L'importanza di attuare delle politiche di difesa e tutela dei suoli agricoli così come di contrasto all'abbandono e al consumo di suolo verso altri usi non agricoli è dimostrata anche dagli obiettivi inseriti nel Piano strategico della PAC 2023-2027, di cui al Regolamento (UE) 2021/2115.

Analizzando, poi, gli indicatori di consumo di suolo nelle classi di uso per il periodo 2022-2023 (cfr. § *Classi di copertura e ambiti di uso del suolo*), è stato possibile stimare un consumo di suolo agricolo pari a 4.076,20 ha/anno[116] (pari a circa lo 0,03% della SAU complessiva), di cui il suolo agricolo convertito a fotovoltaico rappresenta il 9,54%.
Scopo del presente approfondimento è quello di valutare il consumo di suolo agricolo verso l'utilizzo reversibile dei pannelli fotovoltaici che, come illustrato in precedenza, rappresentano una sfida peculiare nello sviluppo economico del nostro Paese per la potenziale conflittualità tra il contrasto al consumo di suolo dei terreni agricoli e loro destinazione per la produzione di energie rinnovabili.
La costante evoluzione normativa mostra l'attenzione del legislatore su questo tema che merita indiscutibilmente di essere monitorato con sempre più attenzione allo scopo di fornire elementi di indirizzo e valutazione ai policy maker per orientare le scelte future nella ricerca del migliore trade off fra conservazione del potenziale produttivo agricolo del Paese e la necessità di aumentare la produzione di energie rinnovabili.
In Italia, il recente decreto del Ministero dell'agricoltura, della sovranità alimentare e delle foreste del 15 maggio 2024, n. 63 "Disposizioni urgenti per le imprese agricole, della pesca e dell'acquacoltura, nonché per le imprese di interesse strategico nazionale" (il c.d. decreto-legge Agricoltura convertito con legge del 12 luglio 2024, n. 101) ha puntato a risolvere il potenziale conflitto tra le due suddette "urgenze".
Al contempo, con Decreto ministeriale recante interventi per la realizzazione di impianti fotovoltaici da installare su edifici a uso produttivo nei settori agricolo, zootecnico e agroindustriale, da finanziare nell'ambito del PNRR, Missione 2, componente 1, investimento 2.2 "Parco Agrisolare" (pubblicato sulla GU Serie Generale n. 197 del 23 luglio 2024, dopo il via libera dell'UE) si punta a sostenere gli investimenti nelle energie rinnovabili, senza consumo di suolo, delle aziende agricole, di allevamento e agroindustriali. Infatti, il bando finanzia la misura volta alla selezione e al finanziamento di interventi che consistono nell'acquisto e posa in opera di pannelli fotovoltaici sui tetti di fabbricati strumentali all'attività delle imprese beneficiarie.
Su questi presupposti, nel seguito verranno analizzate nel dettaglio, anche a livello regionale e di macro ripartizione geografica, alcune tendenze e caratteristiche del fenomeno del suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico, cercando anche di valutarne la perdita di valore della mancata produzione agricola 2023, attraverso un confronto con l'uso del suolo all'anno 2022, nonché il più probabile valore del capitale fondiario dei medesimi terreni.

Materiali e metodi
Preliminarmente sono stati definiti i limiti amministrativi (Regione, Provincia e Comune) di ogni appezzamento utilizzando come base dati i limiti amministrativi forniti da Istat.
Successivamente è stato definito un nuovo livello di inquadramento territoriale tipico delle aree rurali, che permette un'ulteriore valutazione dell'area in esame, ovvero:

- regioni agrarie: aree omogene per caratteristiche naturali, agrarie e altimetriche;
- aree rurali: la classificazione, in linea con quanto previsto dalla politica agricola comune, prevede la suddivisione delle unità amministrative italiane in quattro macro-tipologie di aree, ovvero *a) Aree urbane e periurbane, b) Aree rurali ad agricoltura intensiva, c) Aree rurali intermedie e infine d) Aree rurali con problemi complessivi di sviluppo*;
- appartenenza o meno del comune in esame ad un'area montana.

[116] Il valore di suolo agricolo consumato è stato ottenuto sommando le classi di uso "Seminativi", "Foraggere", "Colture permanenti", "Aree agroforestali" e "Altre aree agricole".

Dopo aver calcolato la superficie degli appezzamenti si è proceduto, quindi, all'individuazione della coltura agraria prevalente attraverso l'*overlapping*, tramite software QGIS, di due strati informativi inerenti l'uso del suolo derivato dal Corine Land Cover (CLC) 2018 e dall'Uso del suolo 2022[117], per poi confrontare la coltura identificata a seguito di tali elaborazioni con la coltura prevalente per un dato territorio comunale, identificata tramite i dati provenienti dall'ultimo censimento Istat.
Al fine di rettificare o meno l'individuazione della coltura agraria effettuata tramite software QGIS, in tutte le province italiane un campione degli appezzamenti è stato sottoposto a procedura di fotointerpretazione. Tale analisi si è concentrata prevalentemente sugli appezzamenti in cui, a seguito del confronto tra il CLC 2018 e l'Uso del Suolo 2022, sono state riscontrate evidenti differenze tra le classi di uso del suolo.
Nell'ultima fase, sono stati stimati i seguenti indicatori agronomici-estimativi utilizzando le banche dati ISMEA.
Nel dettaglio, applicando alla coltura di riferimento presente sull'appezzamento i dati di resa media che l'ISMEA periodicamente elabora e i relativi prezzi medi triennali, si ottiene un valore medio ad ettaro che applicato alla superficie dell'appezzamento oggetto di indagine, determina un ricavo rappresentativo della produzione dell'appezzamento monitorato al 2022.
Sono stati, inoltre, determinati i valori fondiari medi dell'area in questione al 2022[118], per stimare l'impatto del fenomeno sul patrimonio fondiario agricolo.

Risultati
Dai dati analizzati si evince, nel periodo 2022-2023 e per tutto il territorio italiano, un consumo di suolo agricolo in termini di conversione a fotovoltaico[119] pari a 388,98 ha maggiore nelle Regioni del Nord Italia, seguite dal Sud e dalle isole (Tabella 135).

Tabella 135. Ripartizione geografica (su base Istat) di suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico

Ripartizione geografica	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori assoluti (ha)	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori percentuali
Nord	180,68	46,45%
Centro	52,19	13,42%
Sud e isole	156,11	40,13%
Totale complessivo	388,98	100%

La ripartizione per Regione, come mostrato nella Tabella 136, denota come nell'ordine le Regioni Veneto, Piemonte, Sicilia e Lazio assorbano oltre il 50% dei suoli agricoli convertiti a fotovoltaico, seguite dalle altre Regioni con percentuali via via inferiori con la Campania ultima con appena 0,23 ettari. Da segnalare come in ben 4 Regioni (Valle D'Aosta, Liguria, Molise e Calabria) e 2 Province Autonome non si siano registrate conversioni da agricolo a fotovoltaico nel 2023 rispetto al 2022.

[117] La carta di Copertura del suolo 2022 è ottenuta dall'integrazione della Carta Nazionale del Consumo di Suolo di ISPRA e dei dati del Servizio di Land monitoring del programma Copernicus.
[118] Per l'anno 2022 i valori fondiari medi sono stati determinati attraverso i valori agricoli medi (VAM), oppure rivalutati al 2022 mediante l'utilizzo degli incrementi Istat (calcolo di rivalutazione monetaria) quando non presenti.
[119] L'indagine ha riguardato esclusivamente la classe relativa agli impianti fotovoltaici a terra (classe 125).

Tabella 136. Ripartizione per Regione di suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico

Regione	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori assoluti (ha)	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo regionale/consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo totale) – valore percentuale
Veneto	67,52	17,36%
Piemonte	56,19	14,45%
Sicilia	54,49	14,01%
Lazio	44,82	11,52%
Sardegna	43,10	11,08%
Friuli-Venezia Giulia	40,19	10,33%
Basilicata	32,20	8,28%
Abruzzo	17,62	4,53%
Lombardia	9,50	2,44%
Puglia	8,47	2,18%
Emilia-Romagna	7,28	1,87%
Umbria	3,68	0,95%
Marche	2,06	0,53%
Toscana	1,63	0,42%
Campania	0,23	0,06%
Valle d'Aosta	0,00	0%
Trentino-Alto Adige	0,00	0%
Liguria	0,00	0%
Molise	0,00	0%
Calabria	0,00	0%
Italia	388,98	100%

Di particolare interesse non solo dal punto di vista ambientale ma anche per i risvolti sull'impatto degli interventi del Piano strategico della PAC 2023-2027, appare l'analisi della ripartizione geografica del suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico di appezzamenti ricadenti nelle diverse tipologie di Aree rurali citate in precedenza (Tabella 137).
La suddivisone dei comuni in zone rurali, mette in evidenza una maggiore conversione dei terreni agricoli localizzati nelle aree rurali ad agricoltura intensiva (Area B) del Nord e del Sud e isole con l'eccezione del Centro Italia dove prevalgono i comuni ricadenti nelle aree rurali intermedie (Area C). Da notare, poi, come le aree urbane e periurbane (Area A) siano le meno interessate dal fenomeno così come le aree rurali con problemi complessivi di sviluppo (Area D) siano coinvolte solo nelle Regioni del Sud e isole.

Tabella 137. Ripartizione geografica (su base Istat) di suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico di appezzamenti ricadenti nelle Aree rurali ai sensi della PAC

	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori assoluti (ha)				
	A	B	C	D	Totale
Nord	14,78	86,87	79,03	-	180,68
Centro	12,82	17,49	21,88	-	52,19
Sud e isole	0,37	97,84	8,22	49,68	156,11
Totale	27,97	202,20	109,13	49,68	388,98
Ripartizione geografica	Aree rurali				
	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori percentuali				
	A	B	C	D	
Nord	8,18%	48,08%	43,74%	-	
Centro	24,56%	33,51%	41,92%	-	
Sud e isole	0,24%	62,67%	5,27%	31,82%	
Totale	7,19%	51,98%	28,06%	12,77%	

Un ulteriore approfondimento, di profilo orografico, riguarda i comuni classificati “montani” e “parzialmente montani” ai sensi del Regolamento CE 1257/1999 e s.m.i.
In generale, si nota come solo il 10% circa dei terreni sono localizzati nei comuni “montani” e “parzialmente montani”, a indicare pertanto come le aree di pianura e collina notoriamente più fertili e vocate alla produzione agricola siano anche le più interessate dal fenomeno della conversione a fotovoltaico. È possibile notare un maggiore interessamento delle aree montane nella conversione a fotovoltaico per i terreni agricoli delle regioni del Sud Italia e delle Isole (Tabella 138).

Tabella 138. Ripartizione geografica (su base Istat) di suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico di appezzamenti ricadenti nei comuni “montani” e “parzialmente montani”

Ripartizione geografica	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori assoluti (ha)	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori percentuali
Nord	9,45	5,23%
Centro	1,34	2,57%
Sud e isole	30,11	19,29%
Totale complessivo	40,90	10,51%

Analizzando le macrocategorie colturali interessate dalla conversione a fotovoltaico emerge la netta prevalenza del consumo di suolo nel caso di terreni a seminativo nelle tre ripartizioni geografiche (Tabella 139). Di particolare interesse è il fatto che sia nel Centro che nel Sud e isole la seconda tipologia di terreno interessato è quello delle colture permanenti mentre i terreni a minore produttività e vocazionalità agricola (incolti e pascoli) sono in genere poco interessati dal fenomeno in questione (ad eccezione del Nord Italia con circa 4,4% delle superfici coinvolte).

Tabella 139. Ripartizione geografica (su base Istat) di suolo agricolo consumato in termini di conversione a fotovoltaico di appezzamenti suddiviso nelle macrocategorie colturali principali

Ripartizione geografica Macrocategorie colturali	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori assoluti (ha)	Consumo (fotovoltaico) di suolo agricolo – valori percentuali
Nord	180,68	
Seminativi	172,66	95,6%
Incolto produttivo	7,58	4,2%
Prati permanenti e pascoli	0,44	0,2%
Colture permanenti	0	0,0%
Centro	52,19	
Seminativi	49,72	95,3%
Colture permanenti	2,21	4,2%
Incolto produttivo	0,26	0,5%
Prati permanenti e pascoli	0	0,0%
Sud e isole	156,11	
Seminativi	120,25	77,0%
Colture permanenti	30,24	19,4%
Incolto produttivo	3,40	2,2%
Prati permanenti e pascoli	2,22	1,4%
Totale complessivo	388,98	

La perdita di suolo agricolo è un fenomeno complesso e di notevoli dimensioni nel nostro Paese, che genera plurime esternalità negative sotto il profilo ambientale, socioeconomico e paesaggistico, Il fotovoltaico su suolo agricolo costituisce solo una minima porzione del fenomeno del consumo di suolo agricolo. La stima del costo connesso al consumo di suolo agricolo in termini di riduzione dei servizi

ecosistemici è un importante ambito di indagine estimativa che merita di essere sempre più approfondita. In questa sede, per avere una prima dimensione del fenomeno esaminato, dal punto di vista economico, sono stati quantificati alcuni indicatori agronomici-estimativi.
Applicando gli indicatori agronomici-estimativi derivati dalle banche dati ISMEA è stato possibile stimare per i 388,98 ettari di terreni agricoli convertiti a fotovoltaico nel 2023 rispetto al 2022, un potenziale valore fondiario pari a 9.745.790,53 €, di cui 6.615.735,27 € per il Nord, 1.077.751,61 € per il Centro e 2.052.303,65 € per il Sud e le isole (Tabella 140).
Parimenti, si riscontra una produzione potenziale totale realizzabile in condizioni di ordinarietà su base annuale (2022) pari a 418.827,99 quintali, di cui 214.175,65 quintali per il Nord, 187.253,42 quintali per il Sud e le isole e 17.398,91 quintali per il Centro.
Infine, analizzando il relativo ricavo azzerato dalla mancata coltivazione agraria, si evince un importo pari a 721.303,76 €, di cui 396.316,61 € al Nord, 243.518,92 € per il Sud e le isole e 81.468,23 €/ha per il Centro.

Tabella 140. Elaborazione degli indici ISMEA economico-estimativi suddivisi per ripartizione geografica (su base Istat)

Ripartizione geografica Indicatori economico-estimativi	Produzione 2022 (q)	Ricavo 2022 (€)	Valore 2022 (€)
Nord	214.175,65	396.316,61	6.615.735,27
Centro	17.398,91	81.468,23	1.077.751,61
Sud e isole	187.253,42	243.518,92	2.052.303,65
Italia	418.827,99	721.303,76	9.745.790,53

CONOSCERE PER PIANIFICARE SOSTENIBILMENTE, IL CONTRIBUTO DELL'UNIVERSITÀ DELL'AQUILA ALLA PIATTAFORMA GEOSCIENCES IR

Francesco Zullo, Gianni Di Pietro, Cristina Montaldi, Annamaria Felli, Emilio Marziali, Chiara Cattani (Università degli Studi dell'Aquila)

A quella strada che continueremo a percorrere,
a quelle idee che abbiamo condiviso e insieme scritto.

Può davvero la pianificazione territoriale supportare le politiche per il raggiungimento degli obiettivi di contenimento e inversione del consumo di suolo? L'impalcato normativo italiano sul tema riesce a dare indirizzi in tal senso? È a queste domande che bisogna dare una risposta concreta se davvero il nostro Paese vuole provare a raggiungere gli importanti obiettivi internazionali di "bilancio zero" del consumo di suolo entro il 2050 ma anche quelli dettati sul tema dal Piano per la Transizione Ecologica (Iovino, 2022; Puttilli e Pasini, 2022; Montaldi, 2023; Tarsi, 2023; Felli e Zullo, 2024). Una vera e propria rivoluzione copernicana deve investire l'attuale sistema di pianificare città e territori, riportando al centro dell'attenzione il suolo e le sue molteplici funzioni. Suolo che va considerato quale elemento da salvaguardare per migliorare la qualità degli ambienti urbani oltre che degli ecosistemi ai quali questi ultimi sono strettamente collegati. Come più volte ribadito da diversi lavori scientifici sul tema (Cinà, 1996; Cappuccitti, 2006; Fedele e Moini, 2006; Mariano, 2012; Caridi, 2013), la pianificazione a livello comunale, che in Italia è quella con maggior potere decisionale sul destino dei suoli, è chiaramente inappropriata per produrre effetti in questa direzione sia per l'eccessivo numero dei comuni (ad oggi 7.896) sia per le loro ridotte dimensioni (estensione media pari a 38 km^2). Come noto, il futuro dei suoli è prescritto nei Piani Regolatori Comunali (oggi denominati in vario modo) che, in numerosi casi, risultano essere datati e in pochi altri virtuosi casi riescono ad essere interpreti delle reali esigenze delle comunità locali. Il più delle volte, infatti, tali piani risultano sovradimensionati rispetto alle reali dinamiche demografiche e pertanto non in linea con le mutate esigenze delle comunità. Di contro però, sempre maggiori sono gli enti comunali che approvano bandi di retrocessione per il ritorno dell'uso agricolo o a verde dei suoli eliminando quei diritti edificatori che non hanno sortito effetti dopo decenni di vigenza dello strumento urbanistico. L'ipertrofia dimensionale delle aree residenziali, produttive-commerciali e direzionali ha caratterizzato per decenni l'urbanistica dei comuni italiani indipendentemente dalle loro energie economiche, dalla loro posizione geografica e dal loro ruolo nel contesto territoriale di riferimento, affidando al disegno zonale strategie di sviluppo spesso disattese e avulse dal contesto di riferimento che, nel tempo, hanno portato ad una sovraurbanizzazione e ad una estrema diffusione delle parti urbane. Da un lato i cambiamenti climatici in atto, ma più in generale la questione ambientale, dall'altro le mutate economie ed esigenze sociali impongono dei cambiamenti sostanziali nel modo di interpretare il territorio e nel ruolo che questi enti potrebbero avere nelle logiche di uno sviluppo sostenibile a scale interpretative più ampie. Sotto questo aspetto, il progetto GeoSciences IR fornisce un valido supporto in quanto tra i suoi obiettivi vi è quello di creare una nuova infrastruttura di ricerca che, oltre ad aggiornare le conoscenze geologiche del suolo nazionale, attraverso il Work Package (WP) 5 mira alla gestione sostenibile del suolo. Tale WP coinvolge l'Unità Operativa (UO) dell'Università degli Studi dell'Aquila, insieme ad ISPRA, all'Università degli Studi del Molise e l'Università degli Studi di Napoli Federico II. In questo senso, un primo importante aspetto affrontato dall'UO attiene la questione normativa e l'analisi approfondita dei testi di legge approvati e vigenti sul tema del consumo di suolo nelle regioni italiane per comprendere come e con quali strumenti si sta cercando di raggiungere l'obiettivo di azzeramento del consumo di suolo che, è bene sottolinearlo, il nostro Paese ha intenzione di conseguire entro il 2030 (Piano della Transizione Ecologica approvato l'8 marzo 2022). Il quadro che

emerge ha evidenziato come l'assenza di una cabina di regia nazionale abbia prodotto profonde distorsioni nel Paese sia nelle definizioni del consumo di suolo che nelle modalità adottate per il suo contenimento (Montaldi, 2023). La molteplicità e a volte l'assenza di definizioni mette seriamente in dubbio l'efficacia di norme che si propongono di arrestare un fenomeno senza di fatto definirlo. Diverse sono le trasformazioni irreversibili che vengono derogate dalle varie normative regionali e che quindi non entrano nel computo del consumo di suolo ma che invece, in termini fisici, lo sono a tutti gli effetti. Anche quando non è presente il termine deroga o la locuzione "*non rientra nel monitoraggio del consumo di suolo…*" diverse sono le declinazioni adottate per far evadere forme più o meno intense di consumo di suolo dal sistema di monitoraggio. A titolo esemplificativo, una delle ultime normative emanate sul tema in Italia e vigente per la regione Abruzzo (LR n. 58/2023) riporta quale definizione del consumo di suolo la seguente (art. 8 comma 2):

> *a) il saldo tra le aree per le quali la pianificazione urbanistica prevede la trasformazione insediativa al di fuori del perimetro del territorio urbanizzato di cui all'articolo 40 e quelle per le quali la medesima pianificazione stabilisce interventi di desigillazione da attuare mediante la rimozione dell'impermeabilizzazione del suolo e della contestuale retrocessione della relativa area a zona con destinazione a verde e soggetta a vincolo di inedificabilità;*
>
> *b) il saldo tra le aree per le quali la pianificazione urbanistica prevede la trasformazione insediativa al di fuori del perimetro del territorio urbanizzato di cui all'articolo 40 e le aree edificabili all'interno del perimetro urbanizzato per le quali la pianificazione urbanistica prevede la retrocessione a zona con destinazione a verde assoggettandole a vincolo di inedificabilità.*

Come si può evincere, il consumo di suolo è quindi una differenza tra quanto viene realizzato all'esterno del perimetro urbanizzato e quanto invece viene de-impermeabilizzato o retrocesso all'interno di questo. Ma come viene definito questo perimetro? E qui, oltre ad una certa discrezionalità affidata alla mano del pianificatore, il legislatore ha inserito una serie di zone che possono tranquillamente rientrare nel perimetro del territorio urbanizzato e non figurare quindi quale suolo consumato. Appare chiaro che la definizione di questa linea avrà un ruolo chiave nei numeri che verranno divulgati negli anni a venire. Non bisogna dimenticare che, data l'estrema polverizzazione del costruito italiano (Romano *et al*., 2017; 2019) il tracciamento di questo limite di frontiera tra ciò che è o non è urbanizzato avrà direttrici politiche piuttosto che tecniche e senza alcuna possibilità di replica. Ma l'Abruzzo è solo uno degli ultimi in ordine di tempo a manifestare queste equivocità. In Veneto la LR n. 14 del 2017, oltre ad aver definito un tetto massimo al suolo agricolo e naturale che può essere consumato fino al 2050 (oltre 18 km^2 ripartiti tra i vari comuni), ha inserito numerose deroghe che includono le attività di cava, il consumo di suolo connesso all'attività di imprenditoria agricola, quello connesso alla "riqualificazione urbana ed edilizia" fino alla pianificazione attuativa anche se non ancora approvata alla data di entrata in vigore della legge.

Altra questione rilevata e anch'essa di cruciale importanza è la poca attenzione relativa alle azioni da attuare per il contenimento di tale fenomeno. Come molti autori hanno sottolineato sia a livello internazionale che nazionale (Lopatriello *et al*., 2022; Romano *et al*., 2022; Berisha *et al*., 2023; Montaldi *et al*., 2024a; Montaldi *et al*., 2024b) la definizione di una soglia di contenimento da sola non basta per controllare il fenomeno in quanto gli effetti patologici alla scala territoriale derivano proprio da come queste nuove parti di costruito vengono allocate. Tali effetti sono ancor più tangibili in Paesi come l'Italia dove l'estrema proliferazione urbana ha costituito, nel tempo, forme di *sprinkling* (Romano *et al.,* 2019; Manganelli *et al*., 2020). Gli effetti più immediatamente tangibili di tale conformazione urbana sono diversi, tra cui ad esempio il maggior dispendio energetico rispetto ad un assetto urbano più compatto. Tali effetti sono ultimamente acuiti dagli aumenti dell'incremento dei prezzi dell'energia (e quindi dei trasporti e di quanto ad essi connesso) e degli effetti diretti ed indiretti dei cambiamenti climatici in atto. Da questo punto di vista, l'insediamento italiano si mostra sempre più debole e sempre

meno resiliente rispetto alle sfide poste in essere dai mutamenti del clima. Ne sono testimonianza le numerose emergenze causate da eventi climatici estremi, che risultano essere sempre più frequenti con danni economici ingenti.
Le norme vigenti, però, più che fornire strumenti concreti per la salvaguardia di questa importante risorsa si concentrano su come continuare a sfruttare il suolo pur ottemperando, ma solo formalmente, agli obiettivi europei. Se prima, infatti, erano i piani a ere le previsioni trasformative con legende zonali poco esplicite e norme tecniche di attuazione (NTA) affollate di indici fondiari, ora sono le normative regionali che, attraverso meccanismi politico-amministrativi e l'ampio uso di deroghe, continuano a non prendere piena consapevolezza della gravità della situazione. È questo quello che in sostanza sta accadendo al nostro Paese, dove manca un riferimento nazionale e ogni regione si muove per proprio conto. Stiamo sostanzialmente assistendo ad uno spettacolo in cui il regista (il governo nazionale) assiste apaticamente alla messa in opera di 21 diversi copioni recitati da altrettanti attori (Regioni e Province autonome). Una torre di Babele normativa. Cosa ancor più preoccupante è che sembra quasi di assistere ad una scissione delle definizioni del fenomeno: una politica, utilizzata per la comunicazione mediatica e divenuta quasi uno slogan; una giuridica, sempre più articolata ma non rigorosa (e pertanto facilmente aggirabile) ed una fisica, ben nota ai tecnici ed agli studiosi, ma che di rado viene applicata negli strumenti di governo del territorio. Tale scissione ha un ben definito scopo: ottenere *zero* alla voce *nuovo consumo di suolo.* Uno dei tanti esempi è la Città metropolitana di Bologna (https://www.cittametropolitana.bo.it/pianificazione/Home_Page/osservatorio_metropolitano_consumo_suolo). Anche qui la legge regionale 24 del 2017 ha introdotto il perimetro del territorio urbanizzato, come poi ripreso dalla già menzionata regione Abruzzo. Inoltre, molto spesso negli impalcati normativi di molte leggi regionali il suolo è "*bene comune e risorsa non rinnovabile che esplica funzioni e produce servizi ecosistemici e va tutelato anche in funzione della prevenzione e della mitigazione degli eventi di dissesto idrogeologico e delle strategie di mitigazione e di adattamento ai cambiamenti climatici*" ma cessa di avere tali funzioni nel momento in cui rientra in tale perimetro.
L'epoca dell'urbanistica dell'espansione è tramontata nei fatti, come testimoniano i numerosi bandi di retrocessione attivati dagli enti comunali che hanno ricevuto ottime risposte da Nord a Sud del Paese. Permane però l'idea ai livelli politico-amministrativo più alti che l'edilizia e il suo indotto possano essere ancora il traino per il rilancio economico del Paese, che però oggi deve ottemperare ad obiettivi di portata europea. Il risultato è quindi un articolato sistema di norme, deroghe e definizioni di varia natura che cercano di arginare in qualche misura gli effetti. D'altro canto è pur vero che nei testi si parla di *desealing* (o deimpermeabilizzazione) quale azione di riqualificazione urbana ed ambientale ma non si parla dei costi, sia pubblici sia privati, che pur sono importanti (Antoniucci e Marella, 2014; Belle, 2020; Felli e Zullo, 2024) ed anche di azioni di rigenerazione con premi volumetrici (che potrebbero addirittura comportare la sostituzione edilizia) o premialità di superficie e quindi ulteriore consumo di suolo… Non è certamente un tema di facile soluzione data la portata dei cambiamenti richiesti, l'elevato numero di attori economici coinvolti e l'appeal che lo strumento urbanistico ha per la componente politica. Spesso, però, le soluzioni possono venire dal basso ed è per questo che il *toolkit* che si sta realizzando nell'ambito del progetto GeoSciencesIR ha come obiettivo quello di rendere la componente politica da un lato e quella tecnico-scientifica dall'altro consapevoli delle dinamiche in essere sul territorio da pianificare contestualizzati sia nell'ambito provinciale/regionale (lettura amministrativa) che nel Sistema Locale del Lavoro (lettura funzionale) di appartenenza. La costruzione di quadri conoscitivi realistici potrebbe supportare politiche attente alla questione suolo e a sviluppare strategie di crescita economica e sociale diversificate e disaccoppiate dall'espansione urbana. Oggi esistono già diverse piattaforme/*dashboard* dedicate a specifici tematismi e ad altri importanti obiettivi gestite da enti pubblici; quello che spesso manca è l'analisi diacronica delle variabili indagate. La formulazione di quadri conoscitivi dei piani territoriali, ma anche di quelli di monitoraggio di varia natura, è possibile conoscendo le dinamiche

recenti e passate di un fenomeno in quanto da queste dipendono sia le strategie da adottare sia gli eventuali meccanismi di controllo adattativo da porre in essere. Essendo il territorio un sistema complesso in cui si intrecciano e si influenzano vicendevolmente dinamiche fenomenologiche diverse, un grado di conoscenza più dettagliato e di ampio spettro su un'unica piattaforma può certamente agevolarne l'interpretazione. L'obiettivo è quindi quello di mettere a sistema dati certificati di varia natura e provenienza, includendoli in un unico toolkit accessibile certificando dati e informazioni attraverso i principi FAIR (*Findable, Accessible, Interoperable* e *Re-usable*). Per tale motivo, quindi, UnivAQ ha dapprima condotto un'importante fase di ricognizione di dati (cartografici e non) alla scala comunale per realizzare un database aggiornato (e aggiornabile) inerente a una serie specifica di ambiti tematici ritenuti fondamentali per una pianificazione sostenibile del suolo. L'analisi è stata condotta sia in maniera sincronica che diacronica, collezionando dati a partire dal 2001, laddove disponibili. Questo consentirà quindi all'utilizzatore di avere contezza sia dell'attuale condizione del territorio in merito al parametro analizzato, sia del suo andamento storico (circa 20 anni). Un primo importante lavoro è stato quindi quello di riportare tutti i dati e le informazioni reperite alla geografia attuale dei comuni italiani che, in circa 20 anni è passata dagli 8.101 del 2001 agli attuali 7.896 (205 in meno) a seguito di diverse fusioni e scissioni. I dati analizzati riguardano i seguenti ambiti tematici: demografia, consumo di suolo, mercato immobiliare, geografia dei rischi (alluvioni e frane) e dei valori (Aree protette e Rete Natura 2000), economia. Le fonti sono plurime: Istat (Istituto Nazionale di Statistica) per la base cartografica e per tutto ciò che attiene gli aspetti demografici, ISPRA per i dati relativi al consumo di suolo (periodo di riferimento 2006-2022), Agenzia delle Entrate per quanto riguarda le informazioni dell'andamento del mercato immobiliare e MEF (Ministero dell'Economia e delle Finanze) per tutti i dati inerenti alla variabile economica. Inoltre, sono state reperite le basi cartografiche riguardanti la geografia delle aree a diverso grado di rischio (alluvione e frane) e vincoli ambientali (EUAP e RN2K) ai fini della valutazione della loro copertura su base comunale. Il formato di interscambio utilizzato è il *geopackage* e tutte le informazioni/dati collezionati sono stati uniformati ai dettami della Direttiva INSPIRE. In questa fase si sta procedendo alla predisposizione del set di indicatori da implementare sia a livello tematico che di comparazione tra tematismi diversi. A tal fine, le tecniche utilizzate sono quelle dell'ingegneria degli indicatori che, oltre alla formulazione dei singoli indicatori, studia le possibili relazioni esistenti in modo da individuare un set specifico che sia efficace ed efficiente nella rappresentazione dei fenomeni e utile alla comprensione delle dinamiche in atto (Figura 160 e Figura 161).

INDICE	DESCRIZIONE	FORMULAZIONE (1)
DI	DENSITA' INFRASTRUTTURALE - indica l'estensione del sistema della mobilità multimodale in relazione alle dimensioni dell'area di riferimento. Tale estensione è proporzionale alla azione di frammentazione ambientale derivante dalla cesura fisica degli ecomosaici e dai fattori di disturbo associati (rumori, inquinamento, vibrazioni).	$DI = \frac{\sum l_i}{Au}$
DD	DENSITA' DEMOGRAFICA - Abitanti residenti per unità di superficie	$DD = \frac{Nab}{Au}$
DU	DENSITA' DI COPERTURA EDIFICATORIA -indica l'entità della superficie coperta da edifici per ogni kmq di area di riferimento	$DU = \frac{\sum Aed_i}{Au}$
DUu	DENSITA' DI URBANIZZAZIONE -indica l'entità della superficie urbanizzata per ogni kmq di area di riferimento	$DUu = \frac{\sum Aurb_i}{Au}$
Supc	SUPERFICIE URBANIZZATA PRO-CAPITE -indica l'entità della superficie urbanizzata per ogni abitante residente -(8)	$SUpc = \frac{\sum Aurb_i}{Nab}$
DISP	DISPERSIONE INSEDIATIVA - indica la quantità di nuclei urbanizzati tra loro separati che sono presenti su un kmq di area di riferimento, indipendentemente dalla loro dimensione (gli attributi dimensionali vengono considerati mediante gli indici DU e UFI)	$Disp = \frac{Nn}{Au}$
IEUP	INDICE DI ESPANSIONE URBANA PREVISTA - Tasso di incremento della superficie prevista dal nuovo PRG con destinazioni di zona che prevedono trasformazioni urbane del suolo (residenze, servizi, produttivo, infrastrutturale)	$IEUP = \frac{\mathrm{Siu}}{\mathrm{Sza}}$
IEUA	INDICE DI ESPANSIONE URBANA ATTUATA - Tasso di completamento delle destinazioni di zona con connotazione urbana (residenza, servizi, produttivo/direzionale, infrastrutturale) nei piani vigenti	$IEUA = \frac{\mathrm{Sua}}{\mathrm{Siu}}$
Iinf	INDICE DI "INFILLING" - tasso di inserimento in aree interstiziali dei tessuti urbani preesistenti.	$I\ \mathrm{inf} = \frac{S\ \mathrm{inf}}{\mathrm{Siu}}$

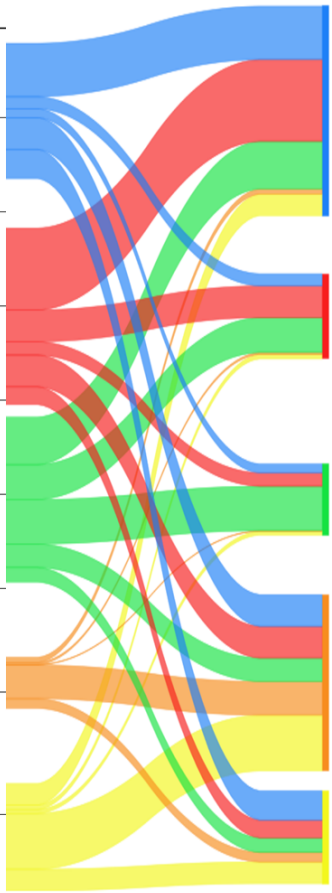


Figura 160. Schema relativo alle modalità di rappresentazione dei dati ed alle analisi delle variabili finalizzato all'implementazione del toolkit (parte I)

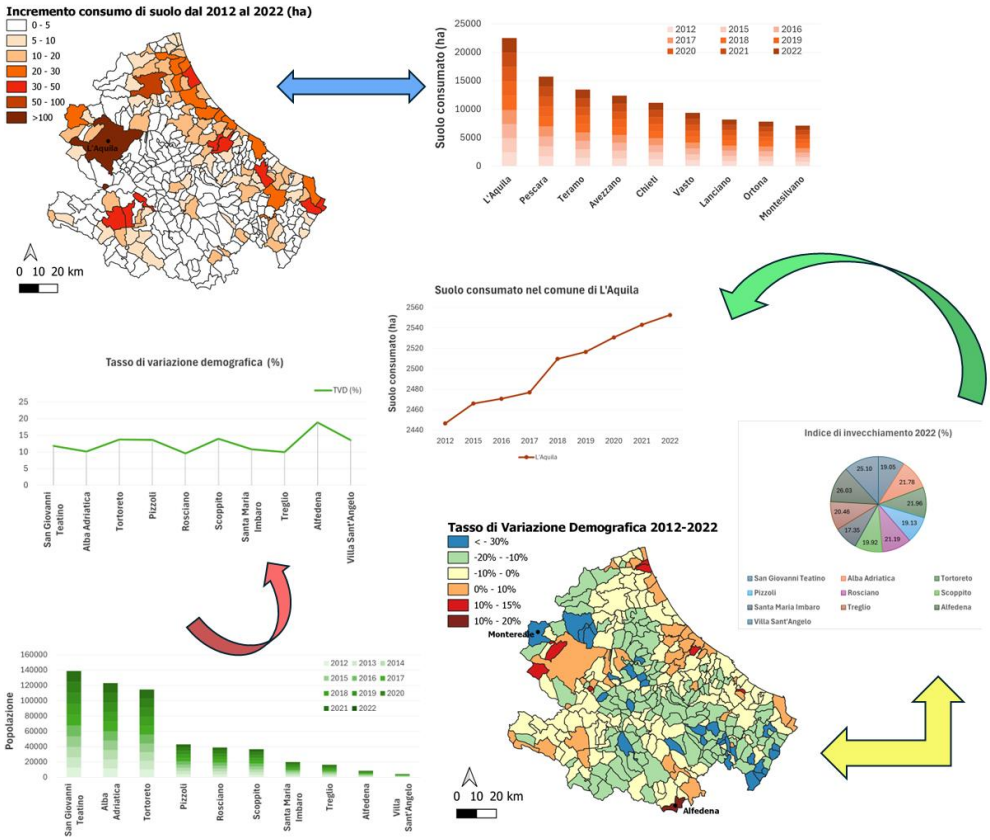


Figura 161. Schema relativo alle modalità di rappresentazione dei dati ed alle analisi delle variabili finalizzato all'implementazione del toolkit (parte II)

Il set di indicatori da implementare rappresenta una fase estremamente importante del lavoro e per tale motivo, l'UO sta analizzando i più diffusi ed utilizzati indicatori nella letteratura scientifica unitamente ai set prodotti da vari istituti nazionali ai fini del monitoraggio degli obiettivi dell'Agenda 2030. Inoltre, si sta valutando la formulazione di nuovi e più efficaci indicatori per l'integrazione ragionata di dati appartenenti a tematismi diversi. Contemporaneamente, si stanno studiando le modalità di rappresentazione di tali parametri sia geografiche che statistiche in maniera tale da rendere immediatamente e facilmente leggibili le informazioni riportate. Si tratta di un processo iterativo finalizzato ad individuare la modalità più efficace per l'utilizzatore finale del *toolkit*. La Figura 162 ne riporta un esempio.

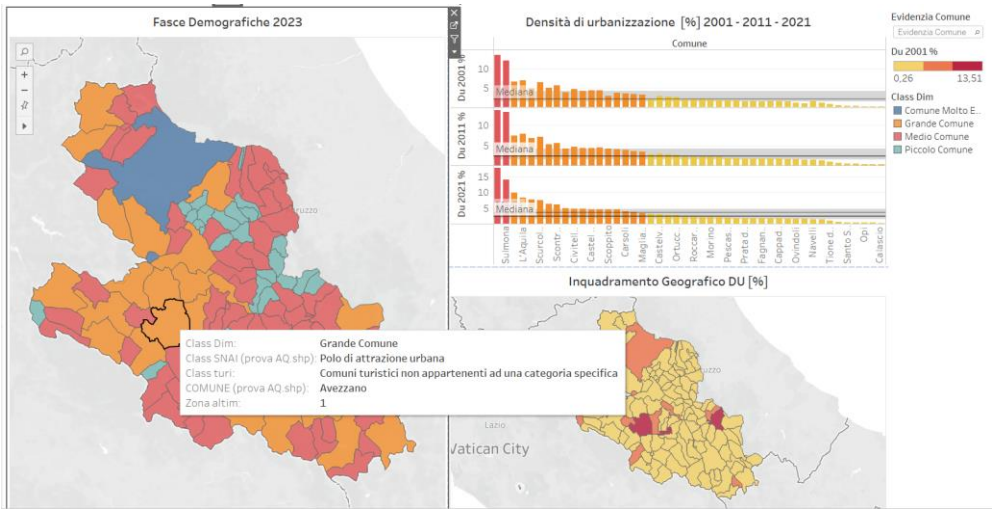


Figura 162. Set di informazioni integrate nel toolkit su un set di comuni campione

Come si evince, il *toolkit* fornirà una chiave di lettura diversificata e approfondita sui temi affrontati per ogni comune permettendone di evidenziare le diverse criticità/potenzialità presenti ma anche l'intensità dei fenomeni analizzati rispetto al contesto amministrativo e funzionale di appartenenza. In questa ottica, quindi, lo strumento proposto diventa un vero e proprio sistema di supporto alle decisioni (DSS) rendendo le amministrazioni locali, provinciali e regionali certamente più consapevoli delle dinamiche in essere sui rispettivi territori amministrati, indipendentemente dal quadro normativo vigente sul tema. Molto del consumo di suolo "latente" è presente negli strumenti urbanistici comunali vigenti che, per ragioni tecniche, non sono stati inseriti ma che comunque potrebbero rappresentare un aggiornamento futuro del sistema su base regionale. Da tempo, infatti, alcune regioni italiane (Emilia-Romagna, Lombardia e Piemonte, per citarne alcune) già predispongono la mosaicatura dei piani urbanistici dei comuni quale chiave di lettura dei possibili scenari trasformativi cui il territorio regionale potrebbe andare incontro nel prossimo futuro (Fiorini *et al*., 2021). L'inserimento nel *toolkit* di tale strato consentirebbe, quindi, di verificare il dimensionamento delle previsioni trasformative e dell'asset dei servizi con le reali dinamiche in atto (demografiche, economiche e sociali) e applicare quelle tecniche di controllo adattativo sul piano che le moderne tecnologie oggi consentirebbero abbastanza agevolmente, rimodulando di conseguenza le previsioni di impegno dei suoli anche in osservanza di limiti e soglie imposti da norme o introdotti a livello comunitario. In tal senso, il raggiungimento degli importanti obiettivi di sostenibilità ha, quindi, bisogno di strumenti di pianificazione non più votati all'espansione e alla crescita degli insediamenti esistenti ma a una loro rigenerazione, dapprima ambientale e poi urbana. L'utilizzo di DSS come quello che si sta realizzando può diventare uno strumento conoscitivo aggiornato che potrebbe favorire un approccio *bottom-up* da parte degli attori decisionali nelle azioni e nelle logiche di contenimento del consumo di suolo.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA GENERALE

Agenzia delle Entrate (2018), Manuale della Banca Dati Quotazioni dell'Osservatorio del Mercato Immobiliare: Istruzioni tecniche per la formazione della Banca Dati Quotazioni OMI

Altobelli F, Vargas R., Corti G., Dazzi C., Montanarella L., Monteleone A., Caon L., Piazza M.G., Calzolari C., Munafò M., Benedetti A, (2020), Improving soil and water conservation and ecosystem services by sustainable soil management practices: From a global to an Italian soil partnership, Italian Journal of Agronomy 2020; 15:1765.

Arma dei Carabinieri, CREA (2021), Le foreste italiane, sintesi e risultati del terzo Inventario Forestale Nazionale INFC2015.

Becchetti L., Becchetti C., Naso F, (2022), Rinnovabili subito, Donzelli Editore, Roma.

Blasi C., Capotorti G., Alós Ortí M.M., Anzellotti I., Attorre F., Azzella M.M., Carli E., Copiz R., Garfì V., Manes F., Marando F., Marchetti M., Mollo B., Zavattero L, (2017), Ecosystem mapping for the implementation of the European Biodiversity Strategy at the national level: The case of Italy, Environmental Science & Policy, 78:173-184.

Blasi, L, Zavattero, G, Capotorti, S, Bonacquisti, R, Copiz, E, Del Vico, L, Facioni (2023), Lista Rossa degli Ecosistemi d'Italia, Comitato Italiano IUCN, Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, Italiana, https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/biodiversita/lista_rossa_ecosistemi_2023.pdf.

Bódis K., Kougias I., Jäger-Waldau A., Taylor N., Szabó S., A high-resolution geospatial assessment of the rooftop solar photovoltaic potential in the European Union, Renewable and Sustainable Energy Reviews 114 (2019) 109309.

Buchhorn, M,; Smets, B,; Bertels, L,; De Roo, B,; Lesiv, M,; Tsendbazar, N,E., Linlin, L., Tarko, A, (2020): Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Version 3 Globe 2015-2019: Product User Manual; Zenodo, Geneve, Switzerland, September 2020.

Capotorti G., L, Zavattero, R, Copiz, E, Del Vico, L, Facioni, S, Bonacquisti, R, Frondoni, M, Allegrezza, F, Attorre, G, Bacchetta, E, Barni, E, Biondi, P, Brandmayr, M, S, Caccianiga, E, Carli, S, Casavecchia, B, E, L, Cerabolini, A, Chiarucci, L, Dell'Olmo, S, Fascetti, G, Fenu, D, Galdenzi, D, Gargano, L, A, Gianguzzi, F, Manes, L, Oddi, S, Orsenigo, M, Paolanti, M, S, Pinna, L, Rosati, G, Rossi, P, Sarandrea, C, Siniscalco, G, Spampinato, E, R, Tazzari, G, Tesei, R, Venanzoni, D, Viciani & C, Blasi, 2020, Implementation of IUCN criteria for the definition of the Red List of Ecosystems in Italy, Plant Biosystems, 154:6, 1007-1011.

Cavalli A, Francini S, Cecili G, Cocozza C, Congedo L, Falanga V, Spadoni GL, Maesano M, Munafò M, Chirici G, Scarascia Mugnozza G, (2022), Afforestation monitoring through automatic analysis of 36-years Landsat Best Available Composites, iForest - Biogeosciences and Forestry 15: 220-228.

Cecili G., De Fioravante P., Congedo L., Marchetti M., Munafò M, (2022), Land Consumption Mapping with Convolutional Neural Network: Case Study in Italy, Land 2022, 11, 1919,

Cecili G., De Fioravante P., Dichicco P., Congedo L., Marchetti M., Munafò M, (2023), Land Cover Mapping with Convolutional Neural Networks Using Sentinel-2 Images: Case Study of Rome, Land 2023,12 879.

Cimini A., De Fioravante P., Riitano N., Dichicco P., Calò A., Scarascia Mugnozza G., Marchetti M., Munafò, M, (2023), Land consumption dynamics and urban-rural continuum mapping in Italy for SDG 11,3,1 indicator assessment, Land 2023, 12, 155.

Clark D,A., Brown S., Kicklighter D,W., Holland E,A, (2001), Net Primary Production in Tropical Forests: An Evaluation and Synthesis of Existing Field Data, Ecological Applications 11(2):371-384,Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231, Bruxelles, 22,9,2006.

Comitato Interministeriale per la Transizione Ecologica (2022), Piano per la transizione ecologica, Delibera CITE n, 1, 8 marzo 2022.

Commissione Europea (2002), Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo, al Comitato economico e sociale e al Comitato delle regioni, Verso una strategia tematica per la protezione del suolo - COM/2002/0179 def.

Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231, Bruxelles, 22,9,2006.

Commissione Europea (2011), Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, COM(2011) 571, Bruxelles, 20,9,2011.

Commissione Europea (2012), Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo, Bruxelles, 15,5,2012, SWD (2012) 101.

Commissione Europea (2013), Superfici impermeabili, costi nascosti, Alla ricerca di alternative all'occupazione e all'impermeabilizzazione dei suoli, Lussemburgo.

Commissione Europea (2013b), Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa, COM(2013) 249 final.

Commissione Europea (2016), Future Brief: No net land take by 2050? April 2016.

Commissione Europea (2020), Strategia dell'UE sulla biodiversità per il 2030, Riportare la natura nella nostra vita, COM(2020) 380 final.

Commissione Europea (2020b), Caring for soil is caring for life: ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate, Report of the Mission board for Soil health and food, Publications Office, September 2020.

Commissione Europea (2020c), VIII Programma di azione per l'ambiente fino al 2030, COM(2020) 652 final.

Commissione Europea (2021), Strategia dell'UE per il suolo per il 2030, Suoli sani a vantaggio delle persone, degli alimenti, della natura e del clima, COM/(2021) 699 final.

Commissione Europea (2023), Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law), COM(2023) 416 final.

Congedo L., Sallustio L., Munafò M., Ottaviano M., Tonti D., Marchetti M, (2016), Copernicus high-resolution layers for land cover classification in Italy, Journal Of Maps 2016:1-11.

Congedo L., Marinosci I., Riitano N., Strollo A., De Fioravante P., Munafò M, (2017), Monitoring of Land Consumption: an Analysis of Loss of Natural and Agricultural Areas in Italy, Ann, Bot., 2017, 7: 1–9.

Costantini E,A,C., L'Abate G., Barbetti R., Fantappié M., Lorenzetti R., Magini S, (2012), Carta dei suoli d'Italia, scala 1:1,000,000 (Soil map of Italy, scale 1:1,000,000) - S,EL,CA, Firenze, Italia.

De Fioravante P., Strollo A., Assennato F., Marinosci I., Congedo L., Munafò M, (2022), High Resolution Land Cover Integrating Copernicus Products: A 2012–2020 Map of Italy, Land 2022, 11, 35.

De Fioravante P., Luti T., Cavalli A., Giuliani C., Dichicco P., Marchetti M., Chirici G., Congedo L., Munafò M, (2021), Multispectral Sentinel-2 and SAR Sentinel-1 integration for automatic land cover classification, Land 2021, 10(6), 611.

De Fioravante P., Strollo A., Cavalli A., Cimini A., Smiraglia D., Assennato F., Munafò M, (2023), Ecosystem Mapping and Accounting in Italy Based on Copernicus and National Data through Integration of EAGLE and SEEA-EA Frameworks, Land 2023, 12, 286.

Dupont, L., Ooms, K., Antrop, M., & Van Eetvelde, V, (2016), Comparing saliency maps and eye-tracking focus maps: The potential use in visual impact assessment based on landscape photographs, *Landscape and urban planning*, *148*, 17-26.

EEA (2011), Report No 18/2011 – Green infrastructure and territorial cohesion.

EEA (2016), Report No 8/2016 - The direct and indirect impacts of EU policies on land,

EEA (2016b), Report No 11/2016 – Urban sprawl in Europe,

EEA (2016), Land recycling in Europe, Approaches to measuring extent and impacts, EEA Report No 31/2016.

EEA (2017), Landscapes in transition, An account of 25 years of land cover change in Europe, EEA Report n, 10/2017, European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2017b), Soil resource efficiency in urbanised areas, Analytical framework and implications for governance, Report n, 7/2016.

EEA (2017c), Landscape fragmentation indicator effective mesh density (Seff).

EEA (2018), Technical specifications for implementation of a new land-monitoring concept based on EAGLE, EEA/IDM/R0/17/003.

EEA (2019), Thematic Content and Definitions of EAGLE Model Elements.

EEA (2019b), The European environment – state and outlook 2020, Knowledge for transition to a sustainable Europe, European Environment Agency.

EEA (2021), Land take and land degradation in functional urban areas, EEA Report n, 17/2021, European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2023), Explanatory Documentation of the EAGLE Concept, V, 3,2, European Environment Agency, Copenhagen.

Eurostat (2021), Applying the Degree of Urbanisation, A methodological manual to define cities, towns and rural areas for international comparisons, 2021 edition, European Union, Lussemburgo.

FAO, Food and Agriculture Organization (2001), Global Forest Resources Assessment 2000: Main report, Rome.

FAO and ITPS (2018), Global Soil Organic Carbon Map (GSOCmap) Technical Report, Rome.

FAO, Food and Agriculture Organization (2020), Global Forest Resources Assessment 2000: Main report, Rome.

Femia A., G, Monbiot (2018), Price Less, la Natura non è Capitale, Sbilanciamoci, http://sbilanciamoci.info/price-less-i-concetti-di-natura-e-capitale.

Florczyk A,J., Corbane C., Ehrlich D., Freire S., Kemper T., Maffenini L., Melchiorri M., Pesaresi M., Politis P., Schiavina M., Sabo F., Zanchetta L, (2019), GHSL Data Package 2019, EUR 29788 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Francini S, D'Amico G, Vangi E, Borghi C, Chirici G, (2022), Integrating GEDI and Landsat: Spaceborne Lidar and Four Decades of Optical Imagery for the Analysis of Forest Disturb-ances and Biomass Changes in Italy, Sensors, 22(5):2015.

Francini S, McRoberts RE, Giannetti F, Marchetti M, Scarascia Mugnozza G, Chirici G (2021), The three indices three dimen-sions (3I3D) algorithm: a new method for forest disturbance mapping and area estimation based on optical remotely sensed imagery, International Journal of Remote Sensing 42 (12):4697-4715.

GSE, Rapporto Statistico 2022, Solare Fotovoltaico

Rapporto Statistico Solare Fotovoltaico 2023, Gestore dei Servizi Energetici S,p,A

Gazzetta Ufficiale Serie Generale n,153 del 02 luglio 2024

Ioannidis, R., & Koutsoyiannis, D, (2020), A review of land use, visibility and public perception of renewable energy in the context of landscape impact, *Applied Energy*, *276*, 115367.

ISPRA (2015), Annuario dei dati ambientali - Edizione 2014.

ISPRA (2018), Mappatura e valutazione dell'impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici: proposte metodologiche per il Rapporto sul consumo di suolo ISPRA-SNPA 2018, Annesso metodologico.

ISPRA (2021), Carta nazionale dei principi sull'uso sostenibile del suolo, Report Soil4Life Life GIE/IT/000477.

Jaeger, J,A,G, (2000), Landscape division, splitting index, and effective mesh size: New measures of landscape frag-mentation, – Landscape ecology 15(2): 115-130.

Konijnendijk, C, C, (2023), Evidence-based guidelines for greener, healthier, more resilient neighbourhoods: Introducing the 3–30–300 rule, Journal of forestry research, 34(3), 821-830.

Lal, R, (2015), Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation, Sustainability 2015, 7, 5875-5895.

Luti T., De Fioravante P., Marinosci I., Strollo A., Riitano N., Falanga V., Mariani L., Congedo L., Munafò M, (2021), Land Consumption Monitoring with SAR Data and Multispectral Indices, Remote Sensing 2021, 13, 1586,

Maes J., *et al*., 2018, Mapping and assessment of ecosystems and their services: an analytical framework for ecosystem condition, ISBN: 978-92-79-74288-0, Printed by OP, Luxembourg.

Minelli, A., Marchesini, I., Taylor, F, E., De Rosa, P., Casagrande, L., & Cenci, M, (2014), An open source GIS tool to quantify the visual impact of wind turbines and photovoltaic panels, Environmental Impact Assessment Review, 49, 70-78.

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017), Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, approvata dal CIPE il 22 dicembre 2017.

Ministero della Transizione Ecologica (2022), Strategia Nazionale Biodiversità 2030, 14 aprile 2022.

Ministero della Transizione Ecologica (2022), Linee Guida in materia di Impianti Agrivoltaici, Giugno 2022.

Morabito M., Crisci A., Guerri G., Messeri A., Congedo L., Munafò M, (2021), Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: Tree cover and impervious surface influences, Science of the Total Environment 751(2021)-142334.

Moser, B., Jaeger, J,A,G., Tasser, E., Eiselt, B., Tappeiner, U, (2007), Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem, Landscape Ecology 22, pp 447–459.

Munafò M., Tombolini I, (2014), Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2014, ISPRA Rapporti 195/2014.

Munafò M., Assennato F., Congedo L., Luti T., Marinosci I., Monti G., Riitano N., Sallustio L., Strollo A., Tombolini I., Marchetti M, (2015), Il consumo di suolo in Italia - Edizione 2015, ISPRA Rapporti 218/2015.

Munafò M, (a cura di) (2016), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2016, Rapporti ISPRA 248/2016.

Munafò M, (a cura di) (2017), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2017, Rapporti ISPRA 266/2017.

Munafò M, (a cura di) (2018), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018, Rapporti ISPRA 288/2018.

Munafò M., Marinosci I, (a cura di) (2018), Territorio, Processi e trasformazioni in Italia, Rapporti ISPRA 296/2018.

Munafò M, (a cura di) (2019), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2019, Report SNPA 08/2019.

Munafò M, (a cura di) (2020), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2020, Report SNPA 15/2020.

Munafò, M, (a cura di) (2021), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2021, Report SNPA 22/2021.

Munafò, M, (a cura di) (2022), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2022, Report SNPA 32/2022.

Munafò, M, (a cura di) (2023), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2023, Report SNPA 37/2023.

Oldeman, L,R., R,T,A, Hakkeling, W,G, Sombroek (1991), World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note, Wageningen: International Soil Reference and Information Centre; Nairobi: United Nations Environment Programme.

Olivari, B., Cipriano, P., Napolitano, M., & Giovannini, L, (2023), Are Italian cities already 15-minute? Presenting the Next Proximity Index: A novel and scalable way to measure it, based on open data, Journal of Urban Mobility, 4, 100057, DOI https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100057.

Orgiazzi, A., Bardgett, R,D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M,J,I., Chotte, J-L., De Deyn, G,B., Eggleton, P., Fierer, N., Fraser, T., Hedlund, K., Jeffery, S., Johnson, N,C., Jones, A., Kandeler, E., Kaneko, N., Lavelle, P., Lemanceau, P., Miko, L., Montanarella, L., Moreira, F,M,S., Ramirez, K,S., Scheu, S., Singh, B,K., Six, J., van der Putten, W,H., Wall, D,H, (Eds,), (2016), Global Soil Biodiversity Atlas, European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Panagos P., C, Ballabio, P, Borrelli, K, Meusburger, A, Klik, *et al*, (2015), Rainfall erosivity in Europe Science of Total Environment, 511 (2015), pp, 801-814.

Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., & Alewell, C, (2015), The new assessment of soil loss by water erosion in Europe, Environmental science & policy, 54, 438-447.

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: 171-200,

Parlamento europeo (2021), Risoluzione del Parlamento europeo sulla protezione del suolo n, 2021/2548(RSP), April 2021,

Piano per la Transizione Ecologica, Gazzetta Ufficiale del 15 giugno 2022, n, 138

Pileri P, (2017), Persistente e inefficiente: così è il consumo di suolo nel Paese, ISPRA (2017), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2017.

Pileri P, (2018), 100 parole per salvare il suolo: piccolo dizionario urbanistico-italiano, Altreconomia, Milano.

Pileri P., F, Assennato, C, Calzolari, P, Giandon, M, Marchetti, D, Marino, E, Morri, D, Pettenella, L, Sallustio, L, Salvati, R, Santolini, F, Terribile, F, Ungaro, I, Vinci, M, Munafò (2018), La sfida dei servizi ecosistemici alla cultura della monetizzazione e della compensazione, In: ISPRA, 2018, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici - Edizione 2018.

Pileri P, (2022), L'intelligenza del suolo, Piccolo atlante per salvare dal cemento l'ecosistema più fragile, Altreconomia, Milano.

Pileri P, (2024), Dalla parte del suolo, L'ecosistema invisibile, Laterza, Bari-Roma.

Ponce-Campos, G, E., Moran, M, S., Huete, A., Zhang, Y., Bresloff, C., Huxman, T, E., .,, & Starks, P, J, (2013), Ecosystem resilience despite large-scale altered hydroclimatic conditions, Nature, 494(7437), 349-352.

Rawls, W, J., Pachepsky, Y,A., Ritchie, J,C., Sobecki, T,M., Bloodworth, H., 2003, Effect of soil organic carbon on soil water retention, Geoderma, 116, 61-76, https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00094-6.

Rawls, W, J., and Brakensiek, D, L., 1985, Prediction of Soil Water Properties for Hydrologic Modeling, In: Proceedings of the American Society of Civil Engineers Watershed Management in the Eighties Symposium, American Society of Civil Engineers, New York, pp 293-299.

Reddy, S,M,W., McDonald, R,I., Maas, S., Rogers, A., Girvetz, A., North, E,H., Molnar, J.,Finley, J., Leathers, T., L, DiMuro, G., J, 2015, Finding solutions to water scarcity:incorporating ecosystem service values into business planning at The Dow Chemical Company's Freeport, TX facility, Ecosyst, Serv, http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12,001.

Regione Lombardia (2018), Delibera C,R, 19/12/2018, n, XI/411, Approvazione delle controdeduzioni alle osservazioni all'integrazione al piano territoriale regionale adottata con d,c,r, x/1523 del 23 maggio 2017 e della dichiarazione di sintesi finale, Approvazione dell'integrazione del Piano Territoriale Regionale ai sensi della l,r, 31/2014 (articolo 21, comma 4, l,r, 11 marzo 2005 n, 12 (Legge per il governo del territorio).

Renard K,G., *et al*, (1997), Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) (Agricultural Handbook 703) US Department of Agriculture, Washington, DC, p, 404.

Riitano N., Dichicco P., De Fioravante P., Cavalli A., Falanga V., Giuliani C., Mariani L., Strollo A., Munafò M, (2020), Land Consumption in Italian Coastal Area, Environmental Engineering and Management Journal 19(2020), 10, 1857-1868.

Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S, and Marucci, A, (2017), "Sprinkling: An approach to describe urbanization dynamics in Italy", Sustainability (Switzerland), Vol, 9 No, 1.

Romano B., Fiorini L., Marucci A, (2019), Italy without Urban 'Sprinkling', A Uchronia for a Country that Needs a Retrofit of Its Urban and Landscape Planning, Sustainability 11, 3469,

Rusco E., Filippi N., Marchetti M, and Montanarella L, (2003), Carta Ecopedologica d'Italia, IES, CCR, CE, EUR 20774 IT, 2003.

Schillaci C., Jones A., Vieira D., Munafò M., Montanarella L, (2022), Evaluation of the Sustainable Development Goal 15,3,1 Indicator of Land Degradation in the European Union, Land Degradation & Development.

SNPA, Linee guida per il monitoraggio del consumo di suolo nell'ambito delle attività del SNPA, Edizione 2024, Linee guida SNPA, 50/2024.

Steduto, P., Hsiao, T, C., Fereres, E., & Raes, D, (2012), Crop yield response to water (Vol, 1028, p, 99), Rome, Italy: Fao.

Strollo A., Smiraglia D., Bruno R., Assennato F., Congedo L., De Fioravante P., Giuliani C., Marinosci I., Riitano N., Munafò M, (2020), A Map of Land Consumption in Italy, Journal of Maps, 16:1, 113-123.

Sun, H., Heng, C, K., Reindl, T., & Lau, S, S, Y, (2021), Visual impact assessment of coloured Building-integrated photovoltaics on retrofitted building facades using saliency mapping, *Solar Energy*, *228*, 643-658.

Sward, J, A., Nilson, R, S., Katkar, V, V., Stedman, R, C., Kay, D, L., Ifft, J, E., & Zhang, K, M, (2021), Integrating social considerations in multicriteria decision analysis for utility-scale solar photovoltaic siting, *Applied energy*, *288*, 116543.

Tarquini S., I, Isola, M, Favalli, A, Battistini, G, Dotta, (2023), TINITALY, a digital elevation model of Italy with a 10 meters cell size (Version 1,1), Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), https://doi.org/10.13127/tinitaly/1.1.

Toledo, C,; Scognamiglio, A, Agrivoltaic Systems Design and Assessment: A Critical Review, and a Descriptive Model towards a Sustainable Landscape Vision (Three-Dimensional Agrivoltaic Patterns), Sustainability 2021, 13, 6871, https://doi.org/10.3390/su13126871.

Trends.Earth, Conservation International, Disponibile online su: http://trends.earth, 2022.

Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussettini M., Barbano A, (2021) Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio - Edizione 2021, ISPRA, Rapporti 356/2021.

UN (2015), Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1, United Nations.

UN Habitat Metadata on SDGs Indicator 11,7,1 Indicator Category: Tier II Available online: https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/07/metadata_on_sdg_indicator_11,7,1,pdf (accessed on 10 January 2024).

UNCCD (2016), Report of the Conference of the Parties on its twelfth session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015, Part two: Actions, ICCD/COP(12)/20/Add,1, United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, http://www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop12/20add1eng.pdf.

UNCCD (2017), Good Practice Guidance SDG Indicator 15,3,1 Proportion of land that is degraded over total land area, https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-10/Good%20Practice%20Guidance_SDG%20Indicator%2015.3.1_Version%201.0.

UNCCD (2021), Good Practice Guidance SDG Indicator 15,3,1 Proportion of land that is degraded over total land area, Version 2,0, United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany.

UNSD (2022), Indicator 15.3.1 Metadata: Proportion of land that is degraded over total land area, Disponbile al sito: https://unstats.un.org/sdgs/metadata/.

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AI CONTRIBUTI DEGLI OSSERVATORI/TAVOLI TECNICI

Regione Veneto

https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/vts

https://www.alpine-space.eu/project/plantoconnect/

https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/plantoconnect

2020 IUCN Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AI CONTRIBUTI DEL COMITATO SCIENTIFICO

Sviluppo sostenibile e consumo di suolo nel continuum urbano-rurale

Baabou, W., Grunewald, N., Ouellet-Plamondon, C., Gressot, M., & Galli, A, (2017), The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation and policy implications, *Environmental Science & Policy*, *69*, 94-104.

Consiglio dell'Unione Europea (2024), Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sul monitoraggio e la resilienza del suolo (Normativa sul monitoraggio del suolo), https://www.consilium.europa.eu/it/press/press-releases/2024/06/17/soil-monitoring-law-eu-on-the-pathway-to-healthy-soils-by-2050/

Espey J., Keith M., Parnell S., Schwanen T., Seto KC, (2024), Designing policy for Earth's urban future, *Science*, Vol 383, Issue 6681, 364-367

Footprint Data Foundation, York University Ecological Footprint Initiative, and Global Footprint Network: National Footprint and Biocapacity Accounts (2023), Downloaded [August 1st, 2024] from https://data.footprintnetwork.org.

Galli, A., Antonelli, M., Wambersie, L., Bach-Faig, A., Bartolini, F., Caro, D., Wackernagel, M, (2023), EU-27 ecological footprint was primarily driven by food consumption and exceeded regional biocapacity from 2004 to 2014, *Nature Food*, *4*(9), 810-822.

Hoornweg, D., Sugar, L., & Trejos Gómez, C, L, (2011), Cities and greenhouse gas emissions: moving forward, Environment and urbanization, 23(1), 207-227.

Manes, F., Marando, F., Capotorti, G., Blasi, C., Salvatori, E., Fusaro, L., Munafò, M, (2016), Regulating ecosystem services of forests in ten Italian metropolitan cities: air quality improvement by PM10 and O3 removal, *Ecological indicators*, *67*, 425-440.

Marando, F., Salvatori, E., Sebastiani, A., Fusaro, L., & Manes, F, (2019), Regulating ecosystem services and green infrastructure: Assessment of urban heat island effect mitigation in the municipality of Rome, Italy, Ecological Modelling, 392, 92-102.

Munafò, M, (a cura di) (2023), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2023, Report SNPA 37/23.

Nardella, L., Sebastiani, A., Stafoggia, M., Buonocore, E., Franzese, P, P., & Manes, F, (2024), Modeling regulating ecosystem services along the urban–rural gradient: A comprehensive analysis in seven Italian coastal cities, *Ecological Indicators*, *165*, 112161.

Sebastiani, A., Marando, F., & Manes, F, (2021), Mismatch of regulating ecosystem services for sustainable urban planning: PM10 removal and urban heat island effect mitigation in the municipality of Rome (Italy), *Urban Forestry & Urban Greening*, *57*, 126938.

Stafoggia, M., Bellander, T., Bucci, S., Davoli, M., De Hoogh, K., De'Donato, F., .,, & Schwartz, J, (2019), Estimation of daily PM10 and PM2, 5 concentrations in Italy, 2013–2015, using a spatiotemporal land-use random-forest model, *Environment international*, *124*, 170-179.

United Nations Development Programme (2024), Human Develpment Report 2023-2024, https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI

Le infrastrutture stradali e gli impatti diretti e indotti sul consumo di suolo

Assennato, F., Congedo, L., Strollo, A., & Munafò, M, (2019), Il consumo di suolo delle infrastrutture stradali, Ispra, Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, Roma.

Castiglioni, B., Parascandolo, F., & Tanca, M, (2015), Landscape as Mediator, Landscape as Commons, International Perspectives on Landscape Research, Cleup, Padova.

Eigenbrod, F., Hecnar, S., & Fahrig, J, L, (2009), Quantifying the road-effect zone: Threshold effects of a motorway on anuran populations in Ontario, Canada, Ecology and Society, 14(1), 24, https://doi.org/10.5751/ES-02691-140124.

Forman, R, T, (2000), Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States, Conservation biology, 14(1), 31-35, https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99299.x.

Giuliani, M, (2023), Consumi di suolo diretti e indotti nelle opere autostradali, Il caso A35 Brebemi, Tesi di Laurea Magistrale (supervisor Paolo Pileri, cosupervisor Rossella Moscarelli), Politecnico di Milano.

Istat (2023), Finanza locale, Entrate e spese dei bilanci consuntivi (comuni, province e città metropolitane) – anno 2021, 11 ottobre, https://www.istat.it/it/archivio/289008

Munafò, M, (a cura di) (2022), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2022, Report SNPA 32/2.

Pileri P, (2024), Dalla parte del suolo, L'ecosistema invisibile, Editori Laterza, Roma.

RI (2023), Sicurezza stradale nell'UE: ancora insufficiente il calo dei decessi rispetto ai livelli pre-pandemia, 21 febbraio, https://italy.representation.ec.europa.eu/notizie-ed-eventi/notizie/sicurezza-stradale-nellueancora-insufficiente-il-calo-dei-decessi-rispetto-ai-livelli-pre-pandemia-2023-02-21_it.

Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L, Marucci, A., & Ciabò, S, (2017), Land transformation of Italy due to half a century of urbanization, Land Use Policy, 67, 387-400, https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.006.

Squires, G.D. (2002), Urban Sprawl: Causes, Consequences, & Policy Responses, The Urban Institute Press, Washington D,C.

Wu, C, F., Lin, Y, P., Chiang, L, C., & Huang, T, (2014), Assessing highway's impacts on landscape patterns and ecosystem services: A case study in Puli Township, Taiwan, Landscape and Urban Planning, 128, 60-71, https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.04.020.

Analisi dell'intensità dell'isola di calore superficiale nei capoluoghi di regione italiani

Balany, F.; Ng, A.W.; Muttil, N.; Muthukumaran, S.; Wong, M.S. (2020), Green Infrastructure as an Urban Heat Island Mitigation Strategy. A Review, *Water*, *12*, 3577, https://doi.org/10.3390/w12123577

Deilami, K., Md, Kamruzzaman, Yan Liu, 2018, Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 67,Pages 30-42, ISSN 1569-8432, https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.009.

Dewan, A., Kiselev, G., Botje, D., Mahmud, G, I., Bhuian, M, H., & Hassan, Q, K, (2021), Surface urban heat island intensity in five major cities of Bangladesh: Patterns, drivers and trends, *Sustainable Cities and Society, 71, 102926*, https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102926.

Festa, M., Longhi, S., Cantone, G., Papa, F., (2017), Manuale della Banca dati Quotazioni Dell'osservatorio del Mercato Immobiliare, Istruzioni Tecniche per la Formazione della Banca Dati Quotazioni OMI; Agenzia delle Entrate: Rome, Italy, Available online: https://www.agenziaentrate.gov.it/wps/content/nsilib/nsi/schede/fabbricatiterreni/omi/manuali+e+guide

Guerri, G., Crisci, A., Messeri, A., Congedo, L., Munafò, M., Morabito, M, (2021), Thermal Summer Diurnal Hot-Spot Analysis: The Role of Local Urban Features Layers, Remote Sensing, 13(3):538, https://doi.org/10.3390/rs13030538.

Mentaschi, L., Duveiller, G., Zulian, G., Corbane, C., Pesaresi, M., Maes, J., Stocchino, A., Feyen, L., (2022), Global long-term mapping of surface temperature shows intensified intra-city urban heat island extremes, Global Environmental Change, Volume 72, 102441, ISSN 0959-3780, https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102441.

Mirzaei, M., Verrelst, J., Arbabi, M., Shaklabadi, Z., Lotfizadeh, M., (2020), Urban Heat Island Monitoring and Impacts on Citizen's General Health Status in Isfahan Metropolis: A Remote Sensing and Field Survey Approach, Remote Sens, 12, 1350.

Morabito, M., Crisci, A., Guerri, G., Messeri, A., Congedo, L., Munafò, M, (2021), Surface Urban Heat Islands in Italian Metropolitan Cities: Tree Cover and Impervious Surface Influences, Sci, Total Environ, 751, 142334, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142334.

Munafò (Ed,) (2023), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Edizione 2023, Report SNPA 37/23, ISBN 978-88-44-1178-5

Oke, T,R, (1987) Boundary Layer Climates, 2nd Edition, Methuen Co., London, New York, 435.

Tan, Z., Ka-Lun Lau, K., Ng, E, (2016), Urban tree design approaches for mitigating daytime urban heat island effects in a high-density urban environment, Energy and Buildings, Volume 114, Pages 265-274, ISSN 0378-7788, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.031.

Yang, J., Zhan, Y., Xiao, X., Xia, J, C., Sun, W., & Li, X, (2020), Investigating the diversity of land surface temperature characteristics in different scale cities based on local climate zones, *Urban Climate*, *34*, 100700, https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100700.

Zhao, Z, Q., He, B, J., Li, L, G., Wang, H, B., & Darko, A, (2017), Profile and concentric zonal analysis of relationships between land use/land cover and land surface temperature: Case study of Shenyang, China, *Energy and Buildings*, *155*, 282-295, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.09.046.

Nuovi strumenti per il monitoraggio forestale in Italia: l'Inventario Forestale Nnazionale e la Carta Forestale d'Italia

Barbati A., Marchetti M., Chirici G., Corona, P, (2014), European Forest Types and Forest Europe SFM indicators: Tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation, For, Ecol, Manag., 321: 145-157, - doi:10.1016/j.foreco,2013.07.004.

Bologna S., Chirici G., Corona P., Marchetti M., Pugliese A., Munafò, M, (2004), Sviluppo e implementazione del IV livello Corine Land Cover per i territori boscati e ambienti semi-naturali in Italia, In, Conferenza Nazionale, Asita (pp, 467-472).

Chirici G, Giannetti F, McRoberts RE, Travaglini D, Pecchi M, Maselli F, Chiesi M, Corona P (2020), Wall-to-wall spatial prediction of growing stock volume based on Italian National Forest Inventory plots and remotely sensed data, Int, J, Appl, Earth Obs, Geoinf, 84: 101959, https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101959.

Corona, P., Fattorini, L., Franceschi, S., Chirici, G., Maselli, F., & Secondi, L, (2014), Mapping by spatial predictors exploiting remotely sensed and ground data: A comparative design-based perspective, Remote sensing of Environment, 152, 29-37, https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.05.011.

D'Amico G, Vangi E, Francini S, Giannetti F, Nicolaci A, Travaglini D, Massai L, Giambastiani Y, Terranova C, Chirici G (2021), Are we ready for a National Forest Information System? State of the art of forest maps and airborne laser scanning data availability in Italy, iForest 14: 144-154, doi: https://doi.org/10.3832/ifor3648-014.

D'Amico G., Chirici G., Corona P., Romano R., Di Domenico G., Giannetti F., Mattioli W, (2023), Differenze locali e prospettive globali per le foreste italiane: la definizione di bosco nel prossimo Sistema InformativoForestale Nazionale, L'Italia Forestale e Montana, 78 (1): 15-29, https://dx.doi.org/10.36253/ifm-1094.

Del Favero R, (2004), I boschi delle regioni alpine italiane: tipologia, funzionamento, selvicoltura, CLEUP, Cooperativa Libraria Editrice Università di Padova, Padova, ISBN 88-7178-891-5.

Del Favero R, (2008), I boschi delle regioni meridionali e insulari d'Italia: tipologia, funzionamento, selvicoltura, CLEUP., Cooperativa Libraria Editrice Università di Padova, Padova, ISBN 978-88-6129-176-8.

Del Favero R, (2010), I boschi delle regioni dell'Italia centrale: tipologia, funzionamento, selvicoltura, CLEUP, Cooperativa Libraria Editrice Università di Padova, Padova, ISBN 978-88-6129-550-6.

FAO-FRA (2000), On Definitions of Forest and Forest Change, FAO Forest Resources Assessment (FRA) Working Paper 33, Rome, Italy.

Ferretti F., Sboarina C., Tattoni C., Vitti A., Zatelli P., Geri F., Pompei E., Sboarina C, (2018), The 1936 Italian Kingdom Forest Map reviewed: A dataset for landscape and ecological research, Ann, Silvic, Res, 42, 3-19, doi: 10,12899/asr-1411.

Gasparini, P., Di Cosmo, L., Floris, A., & De Laurentis, D, (2022), Italian National Forest Inventory—Methods and Results of the Third Survey: Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio—Metodi e Risultati della Terza Indagine (p, 576), Springer Nature.

Giannetti, F., Chirici, G., Vangi, E., Corona, P., Maselli, F., Chiesi, M., D'Amico, G., Puletti, N, (2022), Wall-to-Wall Mapping of Forest Biomass and Wood Volume Increment in Italy, Forests, 13(12), 1989,

Kangas A, Astrup R, Breidenbach J, Fridman J, Gobakken T, Korhonen KT, Maltamo M, Nilsson M, Nord-Larsen T, Næsset E (2018) Remote sensing and forest inventories in Nordic countries–roadmap for the future, Scand J Forest Res 33(4):397–412, https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1416666.

Kraus, D., Bütler, R., Krumm, F.,Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A., and Winter, S, 2016, Catalogue of tree microhabitats – Reference field list, Integrate+ Technical Paper, 16p.

MacDicken, K, G., Sola, P., Hall, J, E., Sabogal, C., Tadoum, M., & de Wasseige, C, (2015), Global progress toward sustainable forest management, Forest Ecology and Management, 352, 47-56, https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.005.

Mastracci F, Geraldini S, (2023), IRIDE dai servizi definiti dall'utente alle costellazioni di satelliti, il primo sistema italiano end-to-end di osservazione della Terra dallo spazio, Geomedia 6:6-12.

Munafò M., Marinosci I, (a cura di) (2018), Territorio, Processi e trasformazioni in Italia, Rapporti 296/2018,

Parisi F., Morandini V., De Santis E., Cocozza C., Chirici G., Galipò G., Savelli G., Travaglini D, (2021), Coleotteri del legno e microhabitat forestali nei boschi misti di abete bianco e faggio della Riserva di Vallombrosa, L'Italia Forestale e Montana, 76 (6): 315-329, https://dx.doi.org/10.4129/ifm.2021.6.02.

Vangi, E., D'Amico, G., Francini, S., Giannetti, F., Lasserre, B., Marchetti, M., McRoberts R,E., Chirici, G, (2021), The effect of forest mask quality in the wall-to-wall estimation of growing stock volume, Remote Sensing, 13(5), 1038, https://doi.org/10.3390/rs13051038.

Valutazione della sostenibilità e dell'idoneità territoriale per la produzione di idrogeno verde nell'area industriale di Viggiano

Ali, F., Bennui, A., Chowdhury, S., & Techato, K, (2022), Suitable Site Selection for Solar-Based Green Hydrogen in Southern Thailand Using GIS- MCDM Approach, Sustainability (Switzerland), 14(11), https://doi.org/10:3390/su14116597.

Baufumé, S., Grüger, F., Grube, T., Krieg, D., Linssen, J., Weber, M., Hake, J, F., & Stolten, D, (2013), GIS-based scenario calculations for a nationwide German hydrogen pipeline infrastructure, International Journal of Hydrogen Energy, 38(10), 3813–3829, https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2012.12.147.

Eni Exploration & Production, (2013), Descrizione delle unità di processo dello Stabilimento Centro Olio Val d'Agri.

Gacu, J, G., Garcia, J, D., Fetalvero, E, G., Catajay-Mani, M, P., & Monjardin, C, E, F, (2023), Suitability Analysis Using GIS-Based Analytic Hierarchy Process (AHP) for Solar Power Exploration, Energies, 16(18), https://doi.org/10.3390/en16186724.

Giamalaki, M., & Tsoutsos, T, (2019), Sustainable siting of solar power installations in Mediterranean using a GIS/AHP approach, Renewable Energy, 141, 64–75, https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.100.

İnci, M, (2022), Future vision of hydrogen fuel cells: A statistical review and research on applications, socio-economic impacts and forecasting prospects, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 53, https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102739.

IRENA (2019), Hydrogen: A renewable energy perspective, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Koc, A., Turk, S., & Şahin, G, (2019,), Multi-criteria of wind-solar site selection problem using a GIS-AHP-based approach with an application in Igdir Province/Turkey, https://doi.org/10.1007/s11356-019-06260-1/Published.

Pilogallo, A., & Scorza, F, (2021), Regulation and Maintenance Ecosystem Services (ReMES): A Spatial Assessment in the Basilicata Region (Southern Italy), Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 12955 LNCS, 703–716, https://doi.org/10.1007/978-3-030-87007-2_50.

Rahmani, S., Scorzelli, R., Ragone, F., Fattoruso, G., & Murgante, B, (2024), Utilizing Spatial Multi-criteria Analysis to Determine Optimal Sites for Green Hydrogen Infrastructure Deployment, Lecture Notes in Civil Engineering, 463 LNCE, 385–396, https://doi.org/10.1007/978-3-031-54096-7_34.

Scorza, F., Pilogallo, A., Saganeiti, L., Murgante, B., & Pontrandolfi, P, (2020), Comparing the territorial performances of renewable energy sources' plants with an integrated ecosystem services loss assessment: A case study from the Basilicata region (Italy), Sustainable Cities and Society, 56, https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102082.

Wróbel, K., Wróbel, J., Tokarz, W., Lach, J., Podsadni, K., & Czerwiński, A, (2022), Hydrogen Internal Combustion Engine Vehicles: A Review, In Energies (Vol, 15, Issue 23), MDPI, https://doi.org/10.3390/en15238937.

Analisi degli impatti potenziali del consumo di suolo sui servizi ecosistemici nel comune di Trento

Cortinovis, C., Zulian, G., & Geneletti, D, (2018), Assessing nature-based recreation to support urban green infrastructure planning in Trento (Italy), Land, 7(4), 112.

Cortinovis, C., & Geneletti, D, (2020), A performance-based planning approach integrating supply and demand of urban ecosystem services, Landscape and Urban Planning, 201, 103842.

Geneletti, D (2011), Reasons and options for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial planning, International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management 7(3), 143-149.

Pedrini, P., Tattoni, C., & Brambilla, M, (2013), Individuazione della connettività e della frammentazione ecologica a livello provinciale e verso i territori limitrofi.

Zardo, L., Geneletti, D., Pérez-Soba, M., & Van Eupen, M, (2017), Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning, Ecosystem Services, 26, 225–235.

No net land take: politiche e pratiche nelle regioni europee

Arcidiacono A, (2023), Direttive, leggi e pratiche, Incertezze e prospettive verso una gestione sostenibile del suolo, Urbanistica Informazioni, n, 310, pp, 115-119,

Bauer G., Roux J,M, (1976), La rurbanisation ou la ville éparpillée, Paris.

Cormier L, (2014), Les paysages ordinaires, Trames Vertes, vers un nouveau paradigme? Bulletin de l'association de Géographes français, 91 (1), pp, 35-51.

Desjardins X, *et al,* (2024), No net land take: policies and practices in European regions, Luxembourg: ESPON GETC, Available at: https://www.espon.eu/sites/default/files/2024-06/no-net-land-take-policies-and-practices-in-european-regions-final-report.pdf.

European Commission (2023) Proposal for a directive of the European parliament and of the Council on Soil Monitoring and Resilience, Soil Monitoring Law, COM/2023/416 final

European Environment Agency (2021), Land take and land degradation in functional urban areas, Report n,17.

European Environment Agency, "EEA Glossary" Available at: https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary.

Fournier M, Bonnefond M, (2023), When Constraints Become Assets in the Design of Blue-Green Infrastructures: An Insight from Two Cases in the Western Part of France (Loire River Basin), in Giudice B., Novarina G., Voghera A, (a cura di) (2023), Green Infrastructure Planning Strategies and Environmental Design, London, pp. 95-104, https://doi.org/10.1007/978-3-031-28772-5.

Gruppo di lavoro INU (2024), Legge di principi fondamentali e norme generali per il governo del territorio e la pianificazione, Articolato, Urbanistica Informazioni, n. 313, pp.157-173.

Conoscere per pianificare sostenibilmente, Il contributo dell'Università dell'Aquila alla piattaforma Geosciences IR

Antoniucci, V., Marella G, (2014), Torri incompiute: i costi di produzione della rigenerazione urbana in contesti ad alta densità, Scienze regionali 2014/3

Barbier, E, B., & Burgess, J, C, (2017), The Sustainable Development Goals and the systems approach to sustainability, Economics, 11(1),

Belle, B, (2020), Rigenerazione urbana e fiscalità incentivante, Smart city, L'evoluzione di un'idea, Mimesis Edizioni, pp,37-59.

Berisha, E., Cotella, G., Rivolin, J., Solly, A, (2023), Sistemi di governo del territorio e consumo di suolo in Europa, In TERRITORIO, pp, 123-132.

Besio, M, (1999), Dal cannocchiale alle stelle, strumenti per il nuovo piano, Franco Angeli.

Cinà, G, (1996), L'innovazione del piano, Franco Angeli, pp, 1-235.

Cappuccitti, A, (2006), Le diverse "velocità" del Piano urbanistico comunale e il Piano strutturale, Urban, Inf, 210.

Caridi, G., Reggio Calabria, U, M, (2013), I terreni confiscati alla criminalità organizzata e l'uso sociale degli strumenti di pianificazione, Eyesreg, Giornale di scienze regionali, 3(4), pp, 76-79.

Fedele, M., Moini, G, (2006), Cooperare conviene? Intercomunalità e politiche pubbliche, Rivista italiana di politiche pubbliche, 1(1), pp, 71-98.

Felli, A., Zullo F, (2024), Legislative Foundations: Exploring Land Take Laws and Urban Regeneration Policies in Italy and Europe, Land 13,5, 713.

Fiorini, L., Zullo, F., Marucci, A., Di Dato, C., & Romano, B, (2021), Planning tool mosaic (Ptm): A platform for Italy, a country without a strategic framework, Land, 10(3), 279.

Iovino, G, (2022), Il consumo di suolo e la sua regolamentazione in Italia, GEOTEMA, (69), pp, 11-23.

Leal Filho, W., Azeiteiro, U., Alves, F., Pace, P., Mifsud, M., Brandli, L., Disterheft, A, (2018), Reinvigorating the sustainable development research agenda: the role of the sustainable development goals (SDG), International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 25(2), pp, 131-142.

Lopatriello, B., Saganeiti, L., Scorza, F., Murgante, B, (2022), Differenze e incongruenze nelle tecniche di monitoraggio del consumo di suolo, In book CONSUMO DI SUOLO, SERVIZI ECOSISTEMICI E GREEN INFRASTRUCTURES: Metodi, ricerche e progetti innovativi per incrementare il Capitale naturale e migliorare la resilienza urbana – CRCS 2022, Publisher: INU Edizioni srl

Manganelli, B., Murgante, B., & Saganeiti, L, (2020), The social cost of urban sprinkling, Sustainability, 12(6), 2236.

Mariano, C, (2012), Il ruolo dei piccoli comuni nel processo di costruzione della identità metropolitana, Planum, 25, pp, 1-6.

Montaldi, C, (2023), Consumo di suolo: un complesso quadro di politiche, definizioni e soglie, TERRITORIO, (2022/103).

Montaldi, C., Di Pietro, G., Romano, B., Zullo, F, (2024), Consumo di suolo: analisi e sperimentazione di soglie funzionali, Atti della XXV Conferenza Nazionale della SIU - Transizioni, giustizia spaziale e progetto di territorio, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, vol, 09, Cagliari, Italy, pp, 137-141.

Montaldi, C., Zullo, F., Munafò, M, (2024), Limit land take, A matter of thresholds? International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning, Springer Nature Switzerland, pp, 695-705.

Murgante, B, (2008), L'informazione geografica a supporto della pianificazione territoriale, Franco Angeli, Vol, 1862, pp, 1-300.

Puttilli, M., Pasini, C, (2022), La transizione ecologica tra politiche nazionali e percezioni locali: il caso studio della Lomellina, In Catene/Chains, Società di Studi Geografici di Firenze, pp, 433-437.

Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S., & Marucci, A, (2017), Sprinkling: An approach to describe urbanization dynamics in Italy, Sustainability, 9(1), 97.

Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., & Marucci, A, (2019), Molecular no smart-planning in Italy: 8000 municipalities in action throughout the country, Sustainability, 11(22), 6467.

Romano, B., Zullo, F., Saganeiti, L., & Montaldi, C, (2022), Controllo integrato delle dinamiche urbane e demografiche: Un complesso problema di cut-off, Consumo di suolo, servizi ecosistemici e green infrastructures, Rapporto, pp, 63-72.

Sferlazza, E, (2004), Proposta di un modello vettoriale multitemporale per la rappresentazione e la gestione in ambiente GIS dei PRG comunali, In Proceedings of the 8th ASITA National Conference, Rome, Italy, pp, 14-17.

Tarsi, E, (2023), I piani regionali in Italia sono pronti ad orientare le sfide della transizione ecologica? Proposta per una metodologia di analisi, In Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU-Società italiana degli Urbanisti-Dare valore ai valori in urbanistica Brescia 23-24 Giugno 2022, Planum Publisher e Società Italiana degli Urbanisti, Vol, 3, pp, 48-53.

Zoppi, C, (2012), Valutazione e pianificazione delle trasformazioni territoriali nei processi di governance ed e-governance, Sostenibilità ed e-governance nella pianificazione del territorio, FrancoAngeli, pp, 1-384.