

C R C S

CENTRO DI RICERCA SUI CONSUMI DI SUOLO

Azzerare il
degrado del Suolo

Reti verdi, *nature-based
solutions* ed ecosistemi

Ricerche internazionali
sul Suolo



CONSUMO DI SUOLO, SERVIZI ECOSISTEMICI E GREEN INFRASTRUCTURES:

Metodi, ricerche e progetti innovativi per incrementare il Capitale naturale e migliorare la resilienza urbana

Rapporto 2022

a cura di

Andrea Arcidiacono, Damiano Di Simine, Silvia Ronchi, Stefano Salata

INU
Edizioni srl

Prodotto da **INU Edizioni Srl**
Via Castro dei Volsci 14
00179 Roma Tel. 06 68134341
inued@inuedizioni.it
www.inuedizioni.com

Iscrizione CCIAA 814890/95
Iscrizione al Tribunale di Roma 3563/95
Copyright | **INU Edizioni Srl**
È possibile riprodurre testi o immagini con espressa citazione della fonte

ISBN: 978-88-7603-233-2 (print) €. 25,00
ISBN: 978-88-7603-234-9 (eBook) €. 12,50

Tipografia:
Officine Grafiche Francesco Giannini & Figli S.p.A.
Via Cisterna dell'Olio n.6/b 80134 Napoli

Finito di stampare: gennaio 2022

Documento redatto nell'ambito del Progetto
Soil4Life (LIFE17 GIE/IT/000477)

Omaggio autori

CENTRO DI RICERCA SUI CONSUMI DI SUOLO

CONSUMO DI SUOLO, SERVIZI ECOSISTEMICI E GREEN INFRASTRUCTURES: Metodi, ricerche e progetti innovativi per incrementare il Capitale naturale e migliorare la resilienza urbana

Il Centro di Ricerca sui Consumi di Suolo (CRCS) è costituito da

La redazione del Rapporto 2022 è a cura di



INU
Istituto Nazionale
di Urbanistica



Comitato scientifico

Coordinamento redazionale e organizzativo

**Progetto grafico ed editing
Immagine in copertina**

DASTU, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano
INU, Istituto Nazionale di Urbanistica
Legambiente ONLUS

Andrea **Arcidiacono**, INU, DASTU – Politecnico di Milano
Damiano **Di Simine**, Legambiente Lombardia
Silvia **Ronchi**, DASTU – Politecnico di Milano
Stefano **Salata**, IZTECH – Izmir Institute of Technology

Carlo Alberto **Barbieri** (Politecnico di Torino)
Alessandra **Ferrara** (ISTAT)
Laura **Fregolent** (IUAV)
Davide **Geneletti** (Università degli Studi di Trento)
Francesco Domenico **Moccia** (Università degli Studi di Napoli)
Luca **Montanarella** (Commissione Europea, JRC)
Michele **Munafò** (ISPRA)
Beniamino **Murgante** (Università degli Studi della Basilicata)
Elisabetta **Peccol** (Università degli Studi di Udine)
Bernardino **Romano** (Università degli Studi dell'Aquila)
Riccardo **Santolini** (Università degli Studi di Urbino)
Michele **Talia** (Università degli Studi di Camerino, INU)
Simona **Tondelli** (Università di Bologna)
Edoardo **Zanchini** (Legambiente)
Corrado **Zoppi** (Università di Cagliari)

Andrea **Arcidiacono** INU, DASTU – Politecnico di Milano
Silvia **Ronchi**, DASTU – Politecnico di Milano
Stefano **Salata**, IZTECH – Izmir Institute of Technology

INU Edizioni
Fotografia di Francesco Secchi.
Campagna fotografica realizzata nell'ambito del progetto di ricerca svolto dal DASTU - Politecnico di Milano e riferito alle attività di studio e indagine sulle condizioni di degrado del paesaggio lombardo.

01.9

Differenze e incongruenze nelle tecniche di monitoraggio del consumo di suolo

Barbara Lopatriello¹, Lucia Saganeiti², Francesco Scorza¹, Beniamino Murgante¹

¹Università degli studi di Basilicata (Potenza) – Scuola di Ingegneria

²Università degli Studi dell'Aquila - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale DICEAA

Abstract

Le nuove Normative e Direttive a livello Europeo sul consumo di suolo fanno emergere delle criticità riguardanti le tecniche di misurazione e monitoraggio del fenomeno al fine di raggiungere i target stabiliti. La direttiva *No Net Land Take by 2050*, per citarne una tra tante, rende necessaria una omogeneizzazione sia nella terminologia utilizzata per definire il consumo di suolo che nella standardizzazione di una metodologia computazionale per la sua quantificazione.

Per poter raggiungere gli obiettivi fissati dalle direttive europee riguardanti il consumo di suolo e la sua impermeabilizzazione, è necessario che gli stati membri producano dei dati che siano tra loro comparabili. Risulta fondamentale utilizzare le stesse fonti di dati, con una codifica standardizzata e condividere lo stesso significato del concetto di consumo di suolo.

Quindi, con lo scopo di evidenziare le criticità e le incongruenze derivanti dall'utilizzo di differenti tecniche e datasets per il monitoraggio del consumo di suolo, si analizzeranno, in primo luogo, diverse definizioni del consumo di suolo derivanti da fonti istituzionali tra cui l'European Environment Agency (EEA); successivamente ad ogni definizione si assoceranno le corrispondenti classi di copertura del suolo derivate dal progetto Copernicus Corine Land Cover (CLC). Per l'analisi quantitativa si utilizzeranno dataset continui e discontinui (raster e vettori) i cui risultati saranno confrontati con i dati del rapporto ISPRA 2020.

Introduzione

La grande perdita di suolo e di servizi ecosistemici è una delle maggiori sfide che l'Europa si trova ad affrontare già da diversi decenni (Couch et al., 2007). L'estrema importanza del tema suolo scaturisce dal fatto che esso è considerato una risorsa non rinnovabile (almeno nel breve periodo), le cui trasformazioni risultano, quindi, irreversibili (EEA, 2019). Il consumo "incontrollato" di suolo, derivante da processi di antropizzazione e di impermeabilizzazione, produce danni di tipo economico, sociale ed ambientale, andando a ridurre o annullare la capacità del suolo di svolgere le sue basilari funzioni ecosistemiche, con conseguenti impatti sulla biodiversità (Pilgallo et al., 2020). Per questi motivi, la gestione sostenibile dei suoli, la loro salvaguardia e la tutela della biodiversità sono temi che negli ultimi anni stanno assumendo particolare importanza nel campo della pianificazione territoriale, del governo del territorio e in tutti quei contesti disciplinari che mostrano una sensibilità particolare verso temi legati alla sostenibilità ambientale, sociale ed economica (Bencardino, 2015). Inoltre, le recenti trasformazioni dei territori dovute agli effetti estremi dei cambiamenti climatici, hanno reso il tema di notevole interesse pubblico (Anderegg and Goldsmith, 2014).

Per affrontare queste sfide, la Comunità Europea ha posto diversi obiettivi da raggiungere (ormai nel breve periodo) tra cui quello di azzerare il consumo netto di suolo entro il 2050 (EU Environment Action Programme to 2020 (7th EAP) (Brown, 2014; Cobbinah and Aboagye, 2017; Nations et al., 2018). La definizione e l'attuazione di tali politiche, regole e azioni volte a ridurre il consumo di suolo risulta quanto più urgente e prioritaria. A tal proposito, si occupa di ambiente, sostenibilità e lotta ai cambiamenti climatici anche il recente strumento di ripresa e resilienza approvato dall'Unione Europea (al fine di fronteggiare la crisi generata dalla diffusione pandemica del COVID – 19), Next Generation EU e i successivi piani di ripresa a livello nazionale come il Piano Nazionale di ripresa e Resilienza (PNRR) (*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza #NEXTGENERATIONITALIA*, 2021).

A livello nazionale, il consumo di suolo non è stato mai affrontato in maniera sistematica. Ci si trova, al 2021 con una quantità innumerevole di disegni e proposte di legge accomunate dall'obiettivo di limitare l'impermeabilizzazione del suolo, che sono però rimaste tali. Infatti, negli ultimi anni le proposte di legge si sono succedute senza mai terminare l'iter di discussione e approvazione, accantonate, a volte sviliti nei loro principi fondamentali, e completamente seppellite dagli emendamenti (Munafò, 2020, 2019).

Il consumo del suolo viene definito dall' Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) come la crescita della copertura artificiale del suolo a scapito di aree agricole, naturali e seminaturali. Questa definizione si traduce in una variazione delle classi di copertura del suolo da non artificiale (naturale o seminaturale) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato)²². La componente principale e più impattante del consumo di suolo è l'impermeabilizzazione in quanto *comporta un rischio accresciuto di inondazioni e di scarsità idrica, contribuisce al riscaldamento globale, minaccia la biodiversità e suscita particolare preoccupazione allorché vengono ad essere ricoperti terreni agricoli fertili* (Commissione Europea, 2012).

Tra i principali fenomeni legati al consumo di suolo, sono da richiamare all'attenzione sicuramente, quelli legati alla dispersione insediativa come l'urban sprawl (più diffuso e conosciuto) (Brueckner, 2000; Nechyba and Walsh, 2004) e l'urban sprinkling (diffuso soprattutto nelle aree interne del contesto mediterraneo) (Romano et al., 2017; Saganeiti et al., 2018). Sono modelli di sviluppo urbano caratterizzati da indici di densità abitativa e di popolazione bassi o molto bassi che producono una utilizzazione del territorio poco sostenibile. Questi fenomeni, infatti, comportano, una maggiore infrastrutturazione con conseguente sfruttamento di aree agricole o naturali e aumento dei costi di gestione delle reti tecnologiche e dei trasporti (Freilich and Peshoff, 1997; Manganelli et al., 2020).

Sono modelli di sviluppo poco sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico poiché tendono a consumare una risorsa limitata, convertendo quei suoli destinati ad altri usi o con diversa vocazione (agricola o naturale) in suoli artificiali. Oltre agli effetti negativi diretti legati alla quantità di suolo consumato, gli effetti indiretti sono legati alla totale dipendenza della mobilità dalle auto private, con conseguente aumento dell'inquinamento, della complessiva inefficienza economico-sociale, della dipendenza dalle fonti fossili e minerarie (Gonzalez, 2007; Johnson, 2001).

Questi fenomeni sono stati alimentati dalla debolezza o (in alcuni casi) totale assenza, di misure e politiche atte a limitare il fenomeno del consumo del suolo, favorendo sempre più l'occupazione di suoli liberi distanti dai centri urbani piuttosto che la ricostruzione o la ristrutturazione all'interno di aree urbane già consolidate (Romano et al., 2018; Scorza et al., 2020).

Da questo quadro sintetico, emerge la necessità di affrontare il tema del consumo di suolo in maniera sistematica, proponendo una metodologia computazionale che permetta di quantificare il fenomeno e confrontarlo a livello nazionale prima, e a livello europeo poi. In questo articolo si propone un'analisi dei dataset attualmente a disposizione per la quantificazione del fenomeno del consumo di suolo con interpretazioni di alcune definizioni legate ad esso e provenienti da fonti ufficiali tra cui il glossario dell'Environmental European Agency (EEA)²³. Lo scopo ultimo è quello di evidenziare le criticità e le incongruenze derivanti dall'utilizzo di differenti tecniche e dataset per il monitoraggio del consumo di suolo. Per l'analisi quantitativa si utilizzeranno dataset continui e discontinui (raster e vettori) i cui risultati saranno confrontati con i dati dell'ultimo rapporto ISPRA 2020.

²² Per le definizioni legate al concetto di consumo di suolo si veda il seguente link:
<https://bit.ly/3tI4dS2>

²³ EEA Glossary. Link: <https://bit.ly/3kZ2ZZc>

Consumo di suolo, definizioni e monitoraggio

A livello nazionale, le attività di monitoraggio del territorio in termini di uso, copertura e consumo di suolo sono assicurate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA). La metodologia di analisi adottata, si avvale dal 2015, in modo unitario ed omogeneo su scala nazionale delle immagini satellitari Sentinel prodotte nell'ambito del Programma Europeo Copernicus. Nel 2015 è stata infatti prodotta la prima carta nazionale del consumo di suolo ad altissima risoluzione.

Dal report ISPRA sul consumo di suolo del 2018 (Munafò, 2018), il consumo di suolo viene suddiviso in due categorie: permanente e reversibile con un'ulteriore classificazione di terzo livello (per il reversibile) che è stata dettagliata e perfezionata nel corso degli anni sulla base anche degli ultimi testi del disegno di legge in discussione presso le Commissioni del Senato. In questo documento si prende come riferimento per una comparazione finale dei risultati il rapporto ISPRA 2020.

La complicata gestione delle metodologie di monitoraggio del consumo del suolo viene ulteriormente resa ponderosa a causa dell'assenza di una definizione univoca di consumo del suolo a livello europeo. La presenza di svariate definizioni, talvolta anche molto diverse tra loro, rende difficoltosa la misurazione del fenomeno la cui non univocità a livello europeo rende i risultati tra loro incomparabili.

A tal proposito nel presente lavoro sono state analizzate tre definizioni di consumo di suolo provenienti da report e glossari della EEA. Sulla base delle definizioni, sono state associate le classi di copertura del suolo della Corine Land Cover (CLC) con dettaglio di livello III e IV (Feranec et al., 2016; Kosztra et al., 2019). Per il calcolo delle superfici si è utilizzato il livello III della CLC all'anno 2018 e il dataset in formato vettoriale e raster con risoluzione di 100 m. Il IV livello di dettaglio CLC è disponibile solamente per alcuni approfondimenti tematici e, in questo caso è stato utile per evidenziare le differenze delle definizioni che, con una copertura nazionale totale porterebbero ad una sostanziale differenza di calcolo del consumo di suolo. Lo scopo del lavoro è quello di far emergere le incongruenze nei risultati ottenuti considerando definizioni differenti di consumo di suolo.

Risultati

Nella Tabella 1 sono riportate le tre definizioni individuate con la rispettiva fonte, sia in lingua inglese che italiana e, nelle ultime colonne le classi CLC individuate per ognuna di esse. La prima definizione: *land consumption* la cui fonte è il glossario dell'EEA è stata suddivisa in due parti al fine di evidenziarne diverse componenti. I punti b e c, della definizione, si differenziano, poiché nel punto b viene considerata l'agricoltura di tipo estensivo, mentre nel secondo quella di tipo intensivo. Questa distinzione è possibile solamente con il IV livello di CLC con il quale la classe 2.1.1.1 si riferisce alle colture intensive mentre la classe 2.1.1.2 alle colture estensive e per questo nel calcolo della superficie occupata si sono utilizzati i due punti congiuntamente.

La seconda definizione: *Land take* (Glossary EEA), a differenza della prima, che si riferisce al consumo di suolo, prende in considerazione la "presa" del suolo o, più propriamente, l'occupazione del suolo da parte di infrastrutture e impianti connessi ad esse. Questa definizione è specifica per le infrastrutture e dovrebbe perciò essere indicata con una terminologia differente che inglobi le infrastrutture stesse.

La terza definizione: *land take* (European Union, 2012) descrive il consumo di suolo come un aumento delle aree di insediamento nel tempo. Sono quindi inclusi in questa classificazione gli insediamenti rurali, le aree urbane e tutto ciò che è connesso ad esse (aree verdi, aree sportive e ricreative). Nella stessa definizione, si utilizzano in maniera quasi interscambiabile i termini *land take* e *land consumption*.

Tabella 1 Definizioni selezionate di consumo di suolo e assegnazione delle classi di copertura del suolo sulla base di CLC III e IV livello.

Num	Definizione (EN)	Definizione (IT)	CLC III livello	CLC IV livello
1	Consumption of land cover means: (a) The expansion of built-up area which can be directly measured;	Per "consumo" della copertura del suolo si intende: (a) l'espansione dell'area edificata che può essere direttamente misurata;	1.1.1 1.1.2 1.1.3 1.2.1	1.1.1.1 1.1.2.1 1.1.2.2. 1.1.2.3. 1.1.3.1 1.1.3.2 1.2.1.1 1.2.1.2 1.2.1.3 1.2.1.4
	(b) the absolute extent of land that is subject to exploitation by agriculture, forestry or other economic activities; (c) the overintensive exploitation of land that is used for agriculture and forestry. EEA glossary, link: https://bit.ly/3ngYTyn	(b) l'estensione assoluta del territorio soggetto a sfruttamento da parte dell'agricoltura, della silvicoltura o di altre attività economiche; (c) lo sfruttamento eccessivo del territorio per uso l'agricolo e per la silvicoltura.	1.3.1 1.3.2 2.1.1 2.1.2 2.4.4	2.1.1.1 2.1.1.2
2	Land Take : the area of land that is taken by infrastructure itself and other facilities that necessarily go along with the infrastructure, such as filling stations on roads and railway stations. EEA glossary, link: https://bit.ly/3E3g1h1	Preso del suolo (letteralmente): porzione di territorio che viene sottratto dall'infrastruttura stessa e da altre strutture che necessariamente dipendono da essa, come le stazioni di rifornimento e le stazioni ferroviarie.	1.2.2 1.2.3 1.2.4	1.2.2.1 1.2.2.2 1.2.2.3
3	Land take also referred to as land consumption, describes an increase of settlement areas over time. This process includes the development of scattered settlements in rural areas, the expansion of urban areas around an urban nucleus (including urban sprawl), and the conversion of land within an urban area (densification). Depending on local circumstances, a greater or smaller part of the land take will result in actual soil sealing. (European Union, 2012)	Preso del suolo (letteralmente) anche indicato come suolo consumato descrive un aumento nel tempo delle aree di insediamento. Questo processo include lo sviluppo di insediamenti dispersi nelle aree rurali, l'espansione delle aree urbane nei pressi di un nucleo urbano (includendo l'urban sprawl) e la conversione dei suoli all'interno di un'area urbana (densificazione). A seconda delle circostanze locali, una parte più o meno grande si tradurrà in un effettiva impermeabilizzazione del suolo.	1.1.1 1.1.2 1.4.1 1.4.2	1.1.2.1 1.1.2.2 1.1.2.3

Fonte: Elaborazione degli autori sulla base delle fonti citate

Il calcolo delle aree è stato eseguito in relazione ad ogni definizione di consumo del suolo, sia per il file vettoriale che per il raster riscontrando alcune differenze dovute al diverso livello di strutturazione dei due database. I risultati ottenuti sono riportati nella Tabella .

Tabella 2 Calcolo delle superfici sulla base delle definizioni individuate.

Definizione num	Vettoriale: superficie [ha]	Raster: superficie [ha]	Δ [%]
1 a)	15.204,62	14.954,54	1,67
1 b)	82.689,13	82.451,26	0,29
2	560,28	516,62	8,45
3	12.569,57	12.321,43	2,00

Fonte: Elaborazione degli autori

Dall'analisi dei risultati emerge che le superfici relative al dato vettoriale sono maggiori di quelle relative al dataset raster.

Tale differenza si denota soprattutto nella definizione numero 2 riguardante il suolo occupato dalle infrastrutture dal momento che nel raster vengono rilevati solamente gli elementi lineari con estensione tale da coprire almeno il 50% di una cella; vengono, perciò esclusi tutti i fenomeni lineari di entità minore (strade secondarie di piccole dimensioni in termini di larghezza di carreggiata).

Discussioni e conclusioni

Nel Rapporto ISPRA 2020 il suolo consumato viene definito come la quantità complessiva di suolo a copertura artificiale e vengono indicate nella relativa classificazione tutte le classi di consumo di suolo permanente e reversibile. Il nuovo sistema di classificazione, inoltre, non considera più gli interventi connessi con la conduzione dell'attività agricola in cui siano assicurate le condizioni di naturalità del suolo.

La base dati di partenza è molto dettagliata e si riferisce a dati disponibili nell'ambito del Programma Copernicus, in particolare alla missione Sentinel-2 la quale fornisce dati multispettrali con una risoluzione di 10 m. Grazie a questa grande disponibilità di dati, di anno in anno la quantificazione del consumo di suolo fatta da ISPRA si è sempre più perfezionata riuscendo a dettagliare i risultati ottenuti specificandone classi di copertura e tipologie di consumo di suolo (reversibile, irreversibile e permanente).

Al fine di far emergere le principali differenze di dataset, è stato eseguito un confronto prima su base nazionale, poi provinciale (per brevità non si riportano tutti i risultati a livello provinciale), considerando l'insieme di due delle definizioni precedentemente elencate, in cui si considerano solo zone completamente impermeabilizzate (definizione 1a) e definizione 2). Risulta una differenza del 35% (Tabella), risultato banale se ci si riferisce alla differente risoluzione delle due basi di dati.

Tabella 3 Confronto tra suolo consumato ISPRA e suolo consumato definizione 1a) + definizione 2

Suolo Consumato 2019 [ha] Fonte: Rapporto Ispra 2020	Suolo Consumato CLC18 [ha] Fonte: Definizione 1a) + Definizione 2	Δ [%]
2.139.786	1.576.490	35,00

Dal confronto emergono differenze positive e negative (Figura 1). Le differenze negative sono attribuibili alla configurazione delle aree urbanizzate che nella maggior parte dei casi sono compatte e di grandi dimensioni; le differenze positive sono invece attribuibili a configurazioni spaziali disperse e piccole dimensioni degli insediamenti urbani. Infatti, la risoluzione spaziale del dataset CLC al contrario di quelli utilizzati da ISPRA, non consente di individuare aree di piccole dimensioni. Viceversa, su configurazioni spaziali compatte e di grandi dimensioni degli insediamenti urbani, CLC sovrastima il consumo di suolo rispetto ad ISPRA.

Figura 1 Sulla destra esempio di differenza negativa tra ISPRA e definizioni individuate (territorio della provincia di Como) e sulla sinistra esempio di differenza positiva (territorio della provincia di Rieti)



La differenza è dovuta anche dal fatto che l'ISPRA considera nella classificazione di suolo consumato sia quello permanente che quello reversibile. Questo ci fa capire quanto l'assenza di una chiara ed univoca definizione di consumo di suolo a livello europeo possa generare confusione nel momento della determinazione di dati così importanti.

La classificazione fatta dall'ISPRA nell'ultimo Rapporto ai fini della determinazione del suolo consumato è certamente più dettagliata e fornisce un dato chiaro su base nazionale, ma data la discordanza con le varie definizioni emanate a livello europeo, il dato del consumo di suolo non è confrontabile con gli altri Paesi Europei in cui vengono generalmente utilizzati dataset quali CLC, LUCAS, Urban Atlas.

Dal calcolo del consumo di suolo in accordo con le differenti definizioni individuate nel presente lavoro emerge che la tipologia di dato utilizzato (vettore o raster) comporta differenze di risultato mediamente del 3%. Inoltre ogni definizione di consumo di suolo comporta un risultato differente e non trascurabile.

Il confronto con il consumo di suolo del rapporto ISPRA 2020, non è significativo dal momento che il livello di dettaglio delle basi di dati utilizzate non sono per niente confrontabili. Ciò evidenzia come, nonostante a livello nazionale la ricerca sul consumo di suolo stia proseguendo con buoni risultati, individuando definizioni accurate e che permettano di suddividere il fenomeno in diversi sotto processi, a livello europeo questo risultato diventa poco confrontabile. Le basi di dati maggiormente utilizzate a livello europeo per il monitoraggio del consumo di suolo sono CLC o ATLAS (con un maggiore livello di dettaglio) ma senza nessuna precisa definizione del fenomeno.

Ad oggi, risulta, quindi, quanto mai urgente una omogeneizzazione a livello europeo delle definizioni che gravitano attorno al fenomeno del consumo di suolo costruendo un processo semantico che permetta di realizzare una unica ontologia sul consumo di suolo. Ciò renderebbe confrontabili i risultati a livello nazionale e europeo ai fini del raggiungimento degli obiettivi di azzeramento del consumo di suolo netto al 2050.

Bibliografia

Anderegg, W. R. L., & Goldsmith, G. R. (2014), Public interest in climate change over the past decade and the effects of the 'climategate' media event. *Environmental Research Letters*, 9(5), 054005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/5/054005>

Bencardino, M. (2015), LAND TAKE AND URBAN SPRAWL: DRIVERS E CONTRASTING POLICIES. In *Bollettino della Società Geografica Italiana* (Vol. 8, Issue 2). <https://doi.org/10.13128/BSGI.V8I2.339>

Brown, L. A. (2014), The city in 2050: A kaleidoscopic perspective. *Applied Geography*, 49, 4–11. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.09.003>

Brueckner, J. K. (2000), Urban Sprawl: Diagnosis and Remedies. *International Regional Science Review*, 23(2), 160–171. <https://doi.org/10.1177/016001700761012710>

Cobbinah, P. B., & Aboagye, H. N. (2017), A Ghanaian twist to urban sprawl. *Land Use Policy*, 61, 231–241. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.047>

Commissione Europea. (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*. <https://doi.org/10.2779/81286>

Couch, C., Leontidou, L., & Petschel-Held, G. (2007), *Urban sprawl in Europe: landscapes, land-use change & policy*. 273.

EEA. (2019), Land and soil in Europe. In *European Environment Agency*. <https://doi.org/10.2800/779710>

European Union. (2012), Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing. In *Luxembourg: Publications Office of the European Union* (Issue March). <https://doi.org/10.2779/75498>

Feranec, J., Soukup, T., Hazeu, G., & Jaffrain, G. (2016), Detailed CLC Data: Member States with CLC Level 4/Level 5 and (Semi-) Automated Solutions. *European Landscape Dynamics: CORINE Land Cover Data*, 307–334. <https://doi.org/10.1201/9781315372860-41>

Freilich, R. H., & Peshoff, B. G. (1997), The Social Costs of Sprawl. *The Urban Lawyer*, 29(2), 183–198. <https://doi.org/10.2307/27895056>

Gonzalez, G. A. (2007), Urban Sprawl, Global Warming and the Limits of Ecological Modernisation. <https://doi.org/10.1080/0964410500087558>, 14(3), 344–362. <https://doi.org/10.1080/0964410500087558>

Johnson, M. P. (2001), Environmental Impacts of Urban Sprawl: A Survey of the Literature and Proposed Research Agenda. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 33(4), 717–735. <https://doi.org/10.1068/a3327>

Kosztra, B., Büttner, G., Hazeu, G., & Arnold, S. (2019), *Updated CLC illustrated nomenclature guidelines*. Service Contract No 3436/R0-Copernicus/EEA.57441. https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-nomenclature-guidelines/docs/pdf/CLC2018_Nomenclature_illustrated_guide_20190510.pdf

Manganelli, B., Murgante, B., & Saganeiti, L. (2020), The Social Cost of Urban Sprinkling. *Sustainability*, 12(6), 2236. <https://doi.org/10.3390/su12062236>

Munafò, M. (2020), Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2020. *Report SNPA*, 15(20), 224. <https://doi.org/978-88-448-0964-5>

Munafò, M. (a cura di), (2018), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2018. ISPRA.

Munafò, M. (a cura di). (2019), *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici. Edizione 2019*. Report SNPA, 08/19. <https://doi.org/978-88-448-0964-5>

Nations, U., of Economic, D., Affairs, S., & Division, P. (2018), *World Urbanization Prospects The 2018 Revision*.

Nechyba, T. J., & Walsh, R. P. (2004), Urban sprawl. *Journal of Economic Perspectives*, 18(4), 177–200. <https://doi.org/10.1257/0895330042632681>

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA #NEXTGENERATIONITALIA. (2021).

Pilogallo, A., Saganeiti, L., Scorza, F., & Murgante, B. (2020), Assessing the Impact of Land Use Changes on Ecosystem Services Value. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 12253 LNCS*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58814-4_47

Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Ciabò, S., & Marucci, A. (2017), Sprinkling: An Approach to Describe Urbanization Dynamics in Italy. *Sustainability*, 9(1), 97. <https://doi.org/10.3390/su9010097>

Romano, B., Zullo, F., Marucci, A., & Fiorini, L. (2018), Vintage Urban Planning in Italy: Land Management with the Tools of the Mid-Twentieth Century. *Sustainability*, 10(11), 4125. <https://doi.org/10.3390/su10114125>

Saganeiti, L., Favale, A., Pilogallo, A., Scorza, F., & Murgante, B. (2018), Assessing urban fragmentation at regional scale using sprinkling indexes. *Sustainability (Switzerland)*, 10(9), 3274. <https://doi.org/10.3390/su10093274>

Scorza, F., Saganeiti, L., Pilogallo, A., & Murgante, B. (2020), Ghost planning: the inefficiency of energy sector policies in a low population density region. *Archivio Di Studi Urbani e Regionali*, 127, 34–55. <https://doi.org/10.3280/ASUR2020-127-S1003>