

VALUTAZIONE DEI SERVIZI ECOSISTEMICI DEL SUOLO A SCALA MUNICIPALE: IL CONTRIBUTO DEL PROGETTO SOS4LIFE

A cura dei gruppi di lavoro

CNR Ibimet e Regione Emilia-Romagna Servizio Geologico Sismico e dei Suoli

Introduzione

Il **Capitale Naturale** è costituito, oltre che da aria e acqua, dal suolo e dalle sue caratteristiche e qualità specifiche quali: profondità, pendenza, esposizione, tessitura, contenuto di sostanza organica, densità apparente, conducibilità idraulica e così via. Mediante una serie di processi – ciclo dei nutrienti, ciclo dell'acqua, attività biologica, formazione della struttura, scambi gassosi – il suolo è in grado di esplicare delle funzioni molto importanti, come la regolazione del microclima, il sequestro di carbonio, la costituzione di un serbatoio di acqua, la fornitura di materie prime, cibo e fibre. Queste funzioni svolte dal suolo sono alla base di numerosi **Servizi Ecosistemici (SE)**.

I Servizi Ecosistemici (MEA, 2005) rappresentano i processi attraverso i quali gli ecosistemi naturali sostengono e soddisfano i bisogni umani. Tali Servizi Ecosistemici sono suddivisi in 4 categorie: Supporto, Regolazione, Approvvigionamento, Culturali (de Groot et al., 2002).

Negli ultimi decenni, il consumo di suolo dovuto prevalentemente all'**urbanizzazione**, e la conseguente impermeabilizzazione del suolo, ha drasticamente inciso sulla capacità del suolo di esplicare le sue funzioni (Ungaro et al., 2014).

Il **progetto SOS4LIFE** (Save Our Soils For Life, LIFE15 ENV/IT/000225) è un progetto europeo sperimentale che mira a contribuire all'applicazione - a livello comunale - delle direttive europee su questioni relative alla protezione del suolo e alla rigenerazione urbana, con particolare riferimento agli orientamenti sulle migliori pratiche per ridurre, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo.

Valutazione dei Servizi Ecosistemici a livello comunale e dell'impatto del consumo di suolo

Base per ogni intervento di riduzione, mitigazione o compensazione del fenomeno del consumo di suolo è la conoscenza del fenomeno stesso e degli impatti sui servizi ecosistemici. All'interno di un'azione specifica del progetto SOS4LIFE sono stati considerati i territori comunali dei tre comuni partner del progetto: Forlì, Carpi (MO) e San Lazzaro di Savena (BO).

Per ognuno di questi sono state prodotte carte delle funzioni del suolo alla base dei servizi ecosistemici. In particolare sono state considerati i seguenti SE / funzioni:

Supporto alla vita: biodiversità degli organismi del suolo (BIO); **approvvigionamento:** produttività agricola (PRO); **regolazione:** capacità depurativa (BUF); effetto sul microclima (CLI); stock di carbonio (CST); riserva di acqua (WAS); infiltrazione profonda di acqua (WAR).

Ogni servizio del suolo è descritto tramite indicatori basati sulle proprietà del suolo misurate o stimate quantitativamente (Calzolari et al., 2016). Per confrontare tra loro i diversi indicatori, questi sono standardizzati come numero da 0 a 1 (0 il valore minimo osservato nel territorio del comune considerato e 1 il valore massimo).

Nella figura 1 è riportato l'esempio relativo ai suoli del comune di Forlì. Le colorazioni rosse indicano suoli con valori più alti del relativo SE. È importante osservare che **suoli diversi forniscono servizi diversi a diverso grado di qualità**. Le colorazioni grigie si riferiscono alle aree urbanizzate (dati 2016, Az. B1.1).

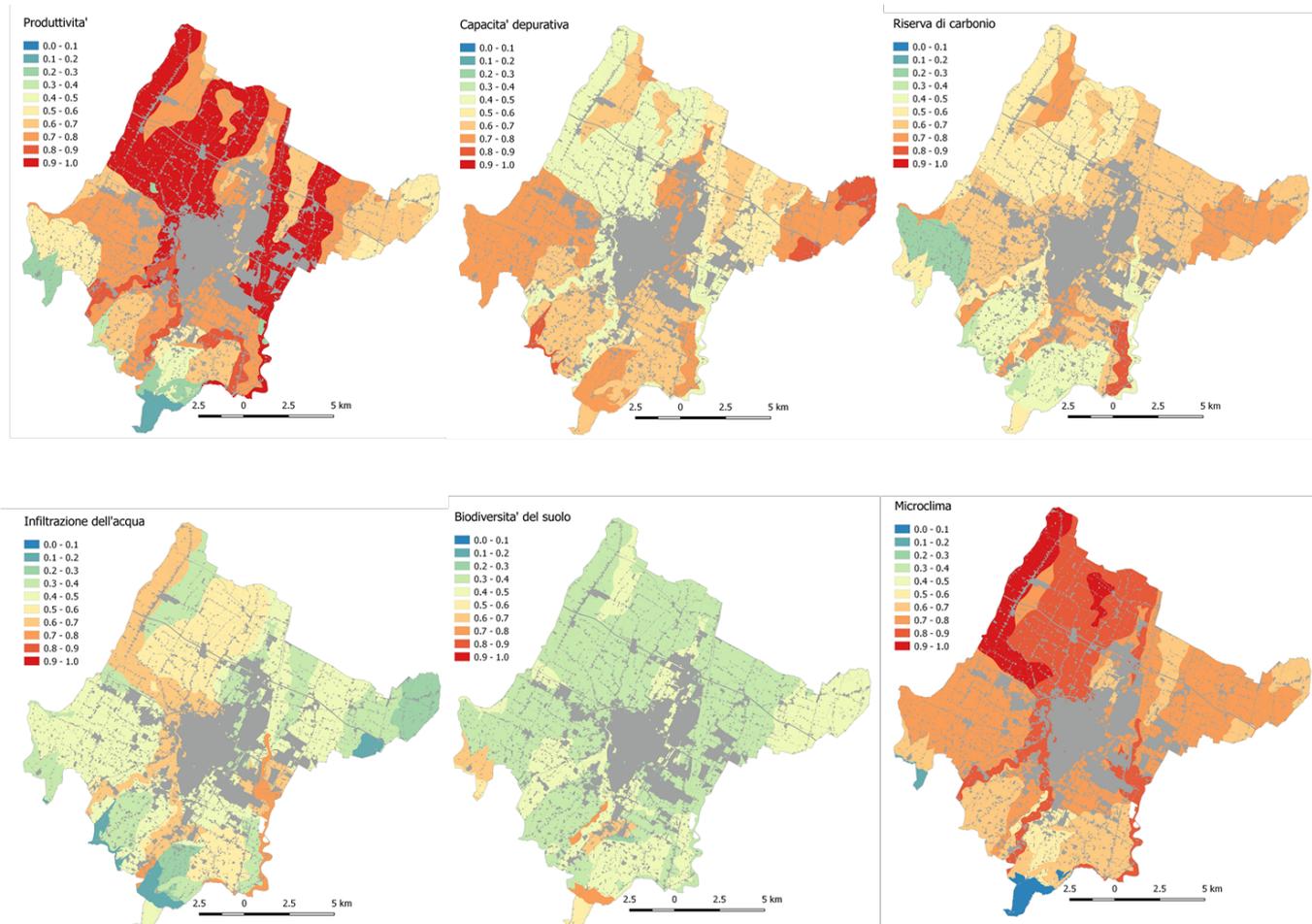


Figura 1. Forlì: carte dei servizi ecosistemici dei suoli comunali.

Secondo la definizione di consumo di suolo condivisa all'interno del progetto per consumo di suolo si intende una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato). Anche le superfici a verde pubblico-privato in ambito urbano sono considerate consumate in quanto risultanti dalla trasformazione/urbanizzazione di superfici.

Tuttavia non tutte le tipologie di consumo hanno il medesimo impatto sui SE. Le aree verdi urbane, aree agricole intercluse, aree sportive, giardini privati, giardini e parchi pubblici e verde scolastico svolgono un importante ruolo. I suoli urbani continuano a immagazzinare carbonio, a regolare i flussi idrici, a depurare le acque e a supportare la biodiversità. Come prima approssimazione dei SE svolti dal verde in area urbana, è stato considerato il **livello di impermeabilizzazione delle diverse tipologie di verde urbano**.

In figura 2 (a-d) è riportato un dettaglio del comune di Forlì relativo all'area urbana. Nell'esempio riportato in figura sono stati considerati i SE riserva di carbonio (Fig. 2b) supporto alla biodiversità (Fig. 2c) e infiltrazione dell'acqua (Fig. 2d). Per contro, con la destinazione all'urbano si perde la funzione di produzione agricola, non considerando la presenza di eventuali orti urbani (Fig. 2a).

Nella tabella 1 sono riportati i valori medi dei diversi indicatori dei servizi ecosistemici considerati per l'intero territorio comunale e relativi al suolo nudo, al consumato e all'impermeabilizzato; i valori medi riportati in tabella sono ponderati alle superfici delle singole unità di mappa.

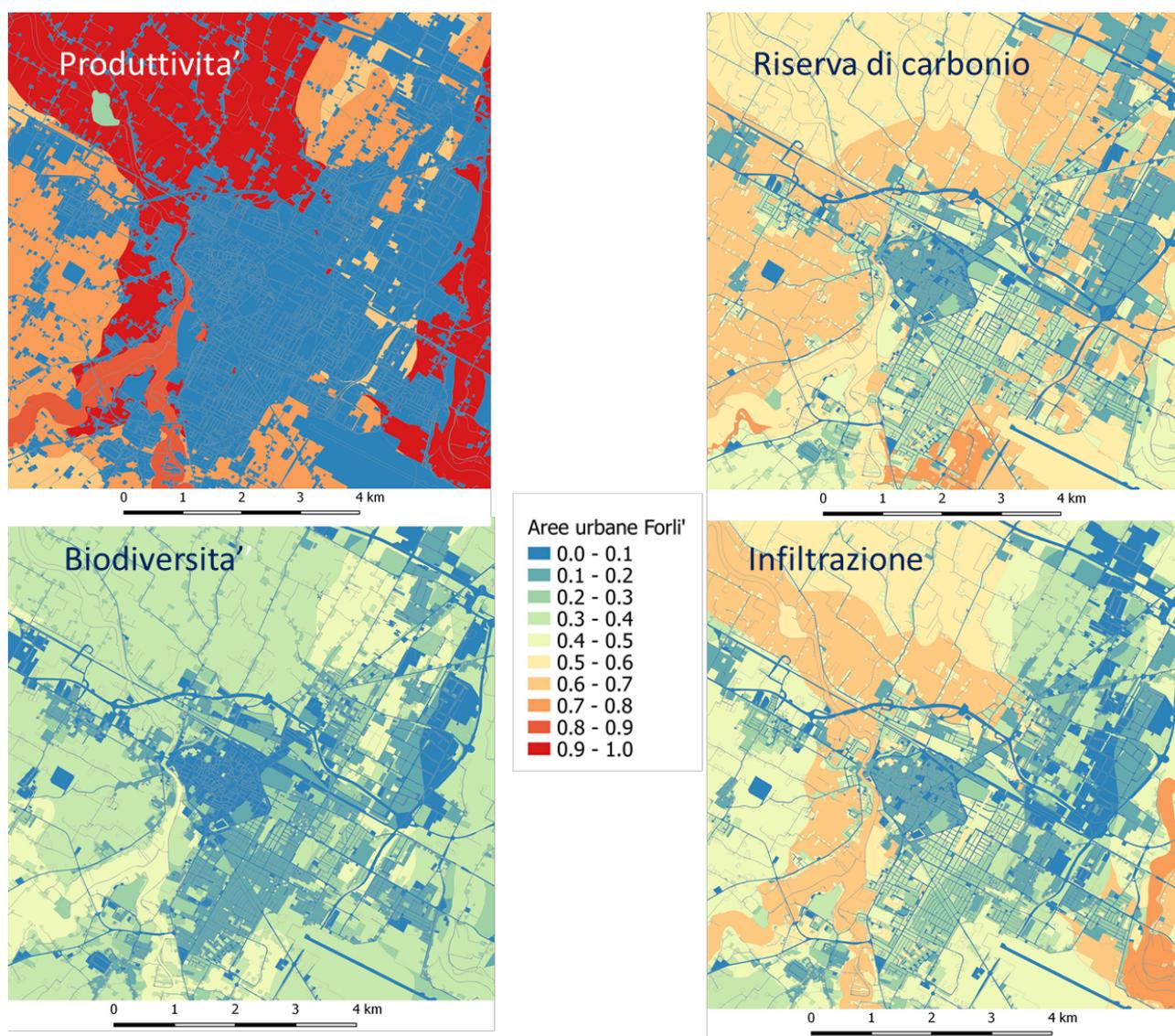


Figura 2. Servizi ecosistemici in funzione del grado di impermeabilizzazione, dettaglio relativo all'area della città di Forlì.

Servizi ecosistemici	Suoli	Consumato	Diff.	Impermeabilizzato	Diff.
PRO	0.70	0.54	-22%	0.54	-22%
BUF	0.66	0.54	-19%	0.60	-9%
CLI	0.68	0.54	-21%	0.61	-10%
WAS	0.72	0.58	-19%	0.66	-9%
WAR	0.43	0.34	-22%	0.38	-10%
CST	0.60	0.48	-20%	0.54	-10%
BIO	0.42	0.34	-18%	0.39	-9%

Tabella 1. Comune di Forlì, valori medi degli indicatori dei servizi ecosistemici: valori relativi a suolo, suolo consumato e suolo impermeabilizzato. Diff.: perdita relativa di servizi dovuta al consumo e all'impermeabilizzazione.

La figura 3 sintetizza la variazione nella fornitura dei sette servizi ecosistemici considerati a seguito di consumo di suolo nell'intero territorio comunale.

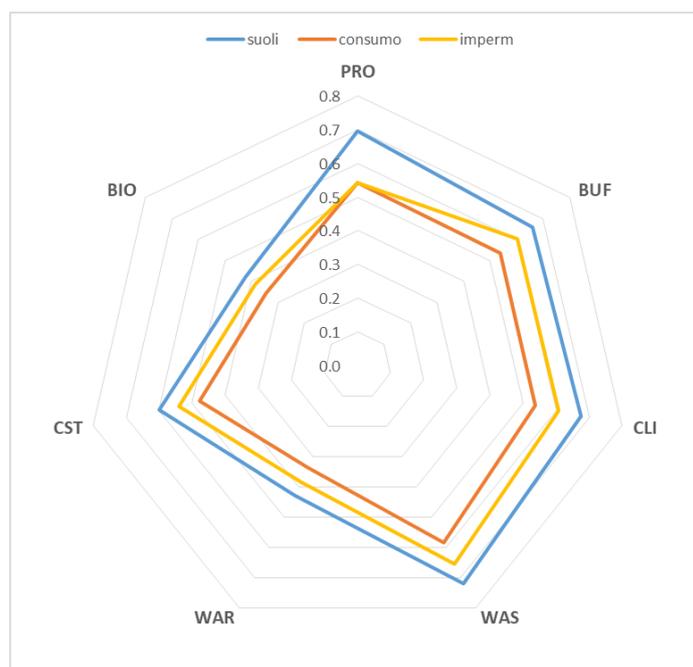


Figura 3. Impatto del consumo di suolo sui servizi ecosistemici del suolo.

Valutazione dei Servizi Ecosistemici: riserva di carbonio nel verde pubblico comunale.

Le aree verdi artificiali e non agricole sono definite come “Spazi ricoperti prevalentemente da vegetazione compresi o nel tessuto urbano o associati ad edifici di interesse storico anche al di fuori delle aree urbane. Ne fanno parte i parchi urbani di varia natura, le ville comunali, i giardini pubblici e privati” (Figura 4). Il calcolo degli **stock di carbonio dei suoli urbani**, ossia delle superfici con suolo libero all’interno del territorio comunale urbanizzato, è stato effettuato utilizzando le informazioni contenute nella carta regionale del contenuto in carbonio ($Mg\ ha^{-1}$) realizzata dal SGSS RER in collaborazione con il CNR Ibimet e disponibile on-line (http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/carte_tematiche.jsp?tem=2#tem2). La carta, in scala 1:50.000 contiene le stime dello stock di C immagazzinato nei primi 30 cm di suolo; il valore è riferito a celle di 500 x 500 m di lato (Figura 5).

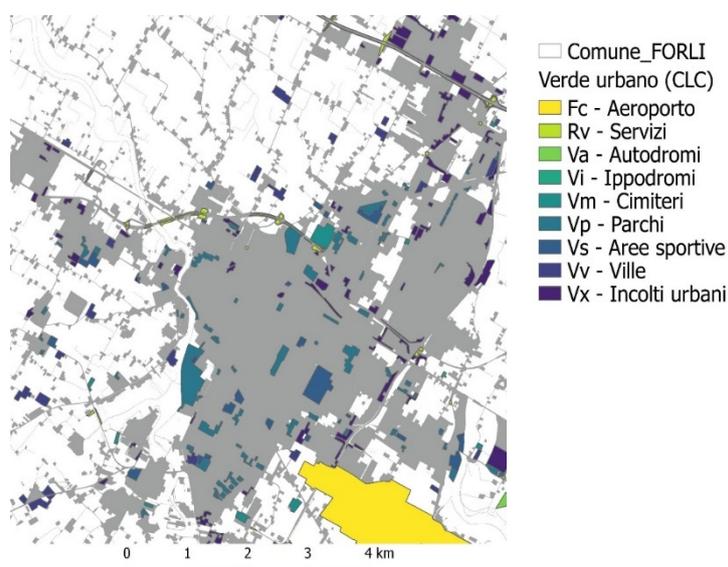


Figura 4. Città di Forlì (dettaglio): distribuzione delle tipologie di aree verdi nel territorio comunale secondo la classificazione CORINE Land Cover (aggiornamento 2017, fonte RER).

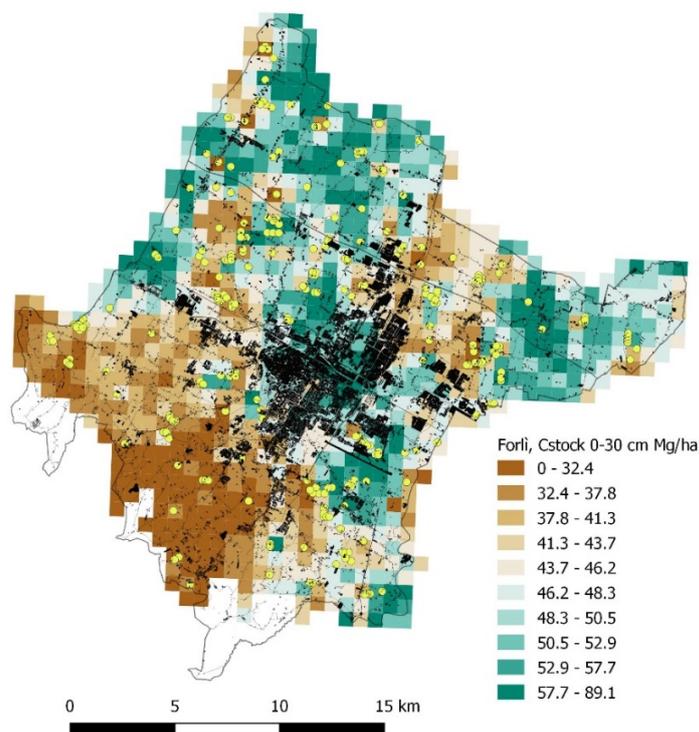


Figura 5. Città di Forlì: stock di carbonio organico 0-30 cm (Mg ha⁻¹) nel territorio comunale.

La ripartizione delle aree verdi nel territorio comunale di Forlì (totale 903.1 ha) in funzione della loro tipologia è illustrata nella figura 6.

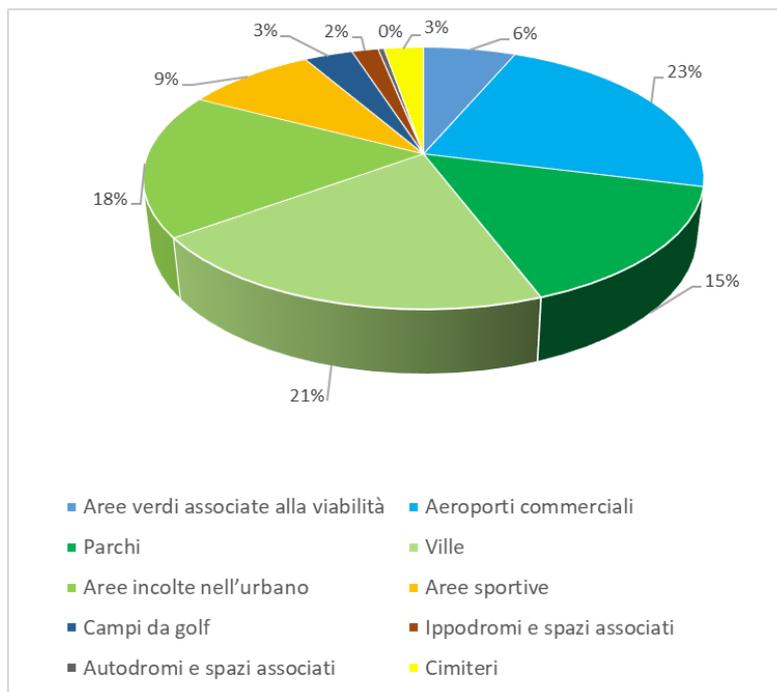


Figura 6. Tipologie di aree verdi nel comune di Forlì.

Dall'intersezione dei due strati informativi, aree verdi e stock di C, e **utilizzando indici di impermeabilizzazione distinti per ciascuna tipologia** (Corticelli et al., 2008), sono stati ottenuti i dati riportati nella tabella seguente (Tab. 2). I suoli delle aree verdi del comune di Forlì immagazzinano nei primi 30 cm di profondità mediamente circa **40 Mg ha⁻¹** di carbonio organico per un totale di circa 36.000 Mg di C per tutte le aree verdi presenti nel territorio comunale, equivalenti a un valore medio per **abitante 1.12 Mg di CO₂ sequestrata**.

Tipologia aree verdi	Superficie ha	Cstock_IMP Mg	Media Mg/ha	C stock/ab Mg	CO2eq_IMP Mg	Media Mg/ha	CO2 eq /ab Mg
Aree verdi associate alla viabilità (Rv)	57.3	2815.59	49.2	0.024	10323.8	180.3	0.088
Aeroporti commerciali (Fc)	204.0	7995.33	39.2	0.068	29316.2	143.7	0.249
Parchi (Vp)	137.8	6015.28	43.6	0.051	22056.0	160.0	0.187
Ville (Vv)	186.0	6564.26	35.3	0.056	24069.0	129.4	0.204
Aree incolte nell'urbano (Vx)	160.7	6694.51	41.7	0.057	24546.5	152.8	0.208
Aree sportive (Vs)	80.9	3130.99	38.7	0.027	11480.3	142.0	0.097
Campi da golf (Vg)	30.2	1336.74	44.3	0.011	4901.4	162.4	0.042
Ippodromi e spazi associati (Vi)	16.4	585.31	35.8	0.005	2146.2	131.1	0.018
Autodromi e spazi associati (Va)	3.7	132.04	36.0	0.001	484.2	131.9	0.004
Cimiteri (Vm)	24.5	720.13	29.4	0.006	2640.5	107.8	0.022
Totale aree verdi	901.3	35990.20	39.9	0.305	131964.1	146.4	1.119

Tabella 2. Forlì: stock di C nelle aree verdi del territorio comunale corretti per il grado di impermeabilizzazione. Lo stock per abitante e la CO2 equivalente sono riferiti al dato ISTAT 2016 (117,946); aree verdi/Ab. 76.4 m2 (59.1 m2 senza Fc).

I valori di stock ottenuti vanno indicativamente considerati come probabili stime per difetto poiché basate su valori sperimentali relativi a suoli agricoli. Questi sono infatti solitamente caratterizzati da contenuti in carbonio organico inferiori a quelli potenzialmente osservabili a aree a verde pubblico in ambiente urbano. Va tuttavia tenuto presente che esistono numerosi fattori che possono significativamente influire sullo stock di carbonio in entrambe le situazioni: pratiche agricole conservative, apporti di sostanza organica, età e tipologia dell'area a verde pubblico, presenza di materiali di riporto, grado di disturbo, grado di copertura vegetale, presenza o meno di alberature, modalità di gestione del manto erboso (irrigazione, sfalci, concimazioni). I valori ottenuti sono tuttavia da considerare coerenti con le non molte indicazioni reperibili in letteratura, sintetizzate dalla tabella seguente.

Fonte	Località	Tipologia	SOC Mg ha ⁻¹
Takahashi et al., 2008	Tokyo (Giappone)	Prato urbano	82
Takahashi et al., 2008	Tokyo (Giappone)	Bosco urbano	79
Kaye et al., 2005	Fort Collins (USA)	Prato urbano	48-73
Livesley et al., 2016	Melbourne (Australia)	Campo da golf	50-712
Weissert et al., 2016	Auckland (Nuova Zelanda)	Bosco urbano	27-108
Yoon et al., 2016	Seoul (Sud Korea)	Parco urbano	22.4
Yoon et al., 2016	Daugu (Sud Korea)	Parco urbano	23.4
Yoon et al., 2016	Daejeong (Sud Korea)	Parco urbano	12.8
Raciti et al., 2012	Boston (USA)	Verde urbano	36-42
Vasenev et al., 2013	Mosca (Russia)	Verde urbano	28.1-70.7
Pouyat et al., 2002	New York (USA)	Verde urbano	35-50
Pouyat et al., 2009	Denver (USA)	Verde urbano	45
Pouyat et al., 2009	Baltimore (USA)	Verde urbano	60-80
Beesley, 2012	Liverpool (UK)	Verde urbano	10-50
Edmonson et al., 2014	Leicester (UK)	Verde urbano	38
Sun et al., 2010	Kaifeng (China)	Verde urbano	8.7-50.1
CNR Ibimet	Carpi	Verde urbano	32-101

Tabella 3. Stock di carbonio organico in suoli di aree verdi urbane.

Bibliografia

- Beesley, L., 2012. Carbon storage and fluxes in existing and newly created urban soils. *J. Environ. Manage.* 104, 158–165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.03.024>.
- Calzolari C., Ungaro F., Filippi N., Guermandi M., Malucelli F., Marchi N., Staffilani F., Tarocco P., 2016. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale. *Geoderma*, 261, 190-203
- Corticelli, S, Guermandi, M., Mariani, M.C., 2008. Due indici per valutare l'impermeabilizzazione ed il consumo di suolo. Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila, 21-24 ottobre 2008.
- de Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecol. Econ.* 41, 393–408. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7).
- Edmondson, J.L., Davies, Z.G., McCormack, S.A., Gaston, K.J., Leake, J.R., 2014. Land-cover effects on soil organic carbon stocks in a European city. *Sci. Total Environ.* 472, 444–453. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.025>.
- Kaye, J.P., McCulley, R.L., Burke, I.C., 2005. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 11 (4), 575–587. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00921.x>.
- Kaye, J.P.; McCulley, R.L.; Burke, I.C., 2005. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems. *Glob. Chang. Biol.*, 11, 575–587.
- Livesley, S.J.; Ossola, A.; Threlfall, C.G.; Hahs, A.K.; Williams, N.S.G., 2016 Soil carbon and carbon/nitrogen ratio change under tree canopy, tall grass, and turf grass areas of urban green space. *J. Environ. Qual.*, 45, 215–223.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. Current state and trends: findings of the conditions and trends working group. In: Hassan, R., Scholes, R., Ash, N. (Eds.), *Ecosystems and Human Well-being*. Island Press, Washington DC, USA.
- Pouyat, R.V., Groffman, P.M., Yesilonis, I.D., Hernandez, L., 2002. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environ. Pollut.* 116, 107–118. [http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00263-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00263-9).
- Pouyat, R.V., Yesilonis, I.D., Golubiewski, N.E., 2009. A comparison of soil organic carbon stocks between residential turf grass and native soil. *Urban Ecosyst.* 12 (1), 45–62. <http://dx.doi.org/10.1007/s11252-008-0059-6>.
- Raciti, S.M., Hutrya, L.R., Finzi, A.C., 2012. Depleted soil carbon and nitrogen pools beneath impervious surfaces. *Environ. Pollut.* 164, 248–251. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2012.01.046>.
- Takahashi, T.; Amano, Y.; Kuchimura, K.; Kobayashi, T., 2008. Carbon content of soil in urban parks in Tokyo, Japan. *Landsc. Ecol. Eng.*, 4, 139–142.
- Ungaro F., Calzolari C., Pistocchi A., Malucelli F., 2014. Modelling the impact of increasing soil sealing on runoff coefficients at re-gional scale: a hydro-pedological approach. *J. Hydrol. Hydromech.*, 62, 2014,1, 33-42
- Vasenev, V.I., Stoorvogel, J.J., Vasenev, I.I., 2013. Urban soil organic carbon and its spatial heterogeneity in comparison with natural and agricultural areas in the Moscow Region. *Catena* 107, 96–102. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2013.02.009>
- Weissert, L.F.; Salmond, J.A.; Schwendenmann, L., 2016. Variability of soil organic carbon stocks and soil CO₂ efflux across urban land use and soil cover types. *Geoderma*, 271, 80–90.
- Yoo, T.K., Seo, K.W., Park, G.S., Son, Y.M.; Son, Y., 2016 Surface soil carbon storage in urban green spaces in three major South Korean cities. *Forests*, 115-126.