



Regione Emilia-Romagna



servizio geologico
sismico e dei suoli

**CARTA DEL
CARBONIO ORGANICO
IMMAGAZZINATO NEI
SUOLI DELLA PIANURA
EMILIANO-ROMAGNOLA
DA 0 A 30 cm**

scala 1:50.000

NOTE ILLUSTRATIVE 2015 - 2^a edizione

a cura di:

Francesca Staffilani, Marina Guermandi, Paola Tarocco

Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli

Fabrizio Ungaro, Costanza Calzolari

CNR-IBIMET, Firenze



CARTA DEL CARBONIO ORGANICO IMMAGAZZINATO NEI SUOLI DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA STRATO 0-30 cm.
SCALA 1:50.000. SECONDA EDIZIONE



INDICE

1	INTRODUZIONE.....	5
2	DEFINIZIONI.....	6
3	DESCRIZIONE DELLA CARTA	7
4	CONSULTAZIONE DELLA CARTA SUL WEB	10
4.1	Consultazione sul sito basato su GOOGLE EARTH	10
4.2	Consultazione sul sito WEBGIS.....	11
4.3	Scaricamento dati.....	12
5	METODOLOGIA UTILIZZATA	13
6	BIBLIOGRAFIA	19



CARTA DEL CARBONIO ORGANICO IMMAGAZZINATO NEI SUOLI DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA STRATO 0-30 cm.
SCALA 1:50.000. SECONDA EDIZIONE



1 INTRODUZIONE

La sostanza organica è uno dei componenti principali del suolo ed è costituita per quasi il 60% di carbonio (C).

La presenza della sostanza organica influenza enormemente la fertilità chimica, fisica e biologica dei suoli, oltre ad essere parte integrante dei cicli bio-geo-chimici degli ecosistemi terrestri.

A partire dai processi fotosintetici che fissano l'anidride carbonica (CO₂) atmosferica nei tessuti vegetali, il carbonio organico viene trasferito al suolo in seguito alla decomposizione e trasformazione della materia organica proveniente dalle piante o dagli animali. Il livello di carbonio organico presente nei suoli è il risultato di un bilancio di lungo periodo tra apporti (input) e perdite per mineralizzazione (output). I processi di mineralizzazione determinano rilascio di C atmosferico, sotto forma di CO₂ andando ad incrementare le emissioni di gas clima alteranti (GHGs).

A seconda del bilancio tra input e output il suolo può essere "sorgente" di anidride carbonica, cioè immette CO₂ in atmosfera, o "pozzo", assorbendo CO₂ dall'atmosfera. Nei suoli naturali l'equilibrio tra carbonio immagazzinato e carbonio perso dipende dalle caratteristiche naturali del sistema, ossia dal clima, dalla vegetazione e dal tipo di suolo. Nei sistemi agricoli, oltre che da questi fattori, molto dipende dalle tecniche colturali praticate. La messa a coltura di suoli naturali determina emissioni in atmosfera di CO₂, così come accade con la semplificazione dei sistemi agricoli, la separazione delle produzioni vegetali da quelle animali e le continue lavorazioni. Per contro, l'introduzione di pratiche di coltivazione più sostenibili, come quelle dell'agricoltura conservativa, potrebbero invertire tale tendenza e far sì che anche il suolo agricolo svolga la funzione di accumulo.

Il ruolo cruciale svolto dai suoli nel ciclo del carbonio è riconosciuto dalle convenzioni su desertificazione, cambiamento climatico e biodiversità. Il Protocollo di Kyoto sottolinea che il suolo svolge una funzione importante per l'immagazzinamento del carbonio, che deve essere tutelata e, se possibile, anche rafforzata.

La Decisione N.529/2013 del Parlamento Europeo riconosce che le attività di uso del suolo, dei suoi cambiamenti di uso e di silvicoltura (LULUCF), di cui i suoli agricoli fanno parte, hanno un'importanza cruciale nelle politiche ambientali dell'Unione Europea. I suoli sono visti come "serbatoi" che possono immagazzinare una quota significativa delle emissioni totali di GHGs contribuendo agli obiettivi di riduzione del 20% delle emissioni entro il 2020 a norma della Decisione 406/2009/CE.

Per le molteplici funzioni che svolge il carbonio organico del suolo, la Commissione Europea nella "Strategia tematica per la protezione del suolo" (COM2006/231) individua nella diminuzione del contenuto di carbonio organico nei suoli una grave minaccia ed un elemento di degrado del suolo. Inoltre nel 7° programma di azione per l'ambiente (7°PAA, Decisione N.1386/2013/UE), pone come obiettivo "*un mondo esente dal degrado del suolo nel contesto dello sviluppo sostenibile*" (Conclusioni di Rio+20 "The future we want"), riconoscendo le minacce a cui è sottoposto il suolo come minacce per l'intera umanità.

Per far sì che le strategie europee e nazionali siano efficaci è necessario avere piena conoscenza del territorio e delle sue potenzialità a livello locale. A tal fine la Regione Emilia-Romagna promuove il continuo aggiornamento della banca dati dei suoli regionali e garantisce la divulgazione dei dati raccolti attraverso la produzione e la pubblicazione di cartografie tematiche.

La "Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della pianura emiliano-romagnola", descrive il contenuto di carbonio organico (SOC Stock) nei primi 30 cm di suolo (in Mg*ha⁻¹). Tale elaborato fornisce non solo i valori di contenuto attuale di SOC nei suoli regionali ma permette anche di evidenziare le differenze capacità di accumulo dei suoli in ragione alle loro proprietà chimico-fisiche, al loro diverso uso e gestione, nonché di stimare i potenziali di accumulo in seguito a variazioni d'uso o a modifiche di gestione.



2 DEFINIZIONI

Il **carbonio organico del suolo (SOC)** è una componente della materia organica del suolo (SOM) ed è con essa in stretta relazione. La materia organica del suolo deriva essenzialmente dai residui vegetali e animali che giunti al suolo vanno incontro a processi di decomposizione, fermentazione e trasformazione operata dagli organismi viventi del suolo sotto l'influenza della temperatura, dell'umidità e delle condizioni del suolo stesso.

Data la complessità strutturale della materia organica, in laboratorio si preferisce eseguire la determinazione del contenuto di carbonio organico che per convenzione può essere ricondotto al valore di sostanza organica attraverso il fattore di Van Bemmelen (S.O. = 1,724 C.O.) (Jackson, 1965). La determinazione di laboratorio fornisce valori di carbonio organico (CO) espressi in percentuale o meglio in $g \cdot kg^{-1}$.

I valori analitici di CO alla base della elaborazione geo-statistica sono stati determinati con due metodi di laboratorio: Walkley and Black modificato (D.M. 13/9/99 Metodo VII.3) e Analizzatore Elementare (D.M. 13/9/99 Metodo VII.1- ISO10694). Nella presente analisi, a carattere esclusivamente regionale, i metodi VII.3 e VII.1. sono stati ritenuti confrontabili.

Il SOC è uno dei principali indici di qualità del suolo.

Il **carbonio organico immagazzinato nel suolo (SOC Stock)** esprime il contenuto di carbonio organico in un dato volume di suolo. Il SOC Stock è quindi anche funzione della densità apparente del suolo, del contenuto in scheletro ed è riferito ad uno spessore di 30 cm e ad una superficie unitaria; è espresso in $Mg \cdot ha^{-1}$.

La stima di SOC Stock a livello territoriale deve tener conto oltre ai tipi di suoli presenti e al loro contenuto di CO%, anche delle aree prive di suolo, che di fatto annullano le capacità di immagazzinamento del suolo.

Il SOC Stock oltre ad essere indice di qualità è anche un indice della capacità di immagazzinamento di carbonio del suolo ossia della capacità di sequestrare CO_2 dall'atmosfera, può quindi essere espressione della capacità di mitigazione dei cambiamenti climatici da parte del suolo.



3 DESCRIZIONE DELLA CARTA

La “Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della pianura emiliano-romagnola”, come più ampiamente descritto nell’allegato METODOLOGIA UTILIZZATA, è il risultato di una elaborazione geo-statistica che a partire da valori puntuali di carbonio organico, tessitura e scheletro tiene conto della distribuzione dei diversi tipi di suolo, a cui questi valori si riferiscono, in ragione anche dei diversi distretti agricoli regionali e quindi dei diversi usi del suolo e ordinamenti colturali che caratterizzano ciascun distretto (Ungaro et al., 2010). Questo fa sì che ne esca un quadro descrittivo che riflette non solo la distribuzione dei suoli ma anche le pratiche colturali che insistono sui suoli stessi.

La rappresentazione del territorio avviene attraverso una struttura a maglia costituita da celle con lato di 500m, il valore di SOC Stock attribuito alla cella è un valore mediato che tiene conto anche del contributo nullo delle superficie prive di suolo; queste sono state calcolate a partire dalla Carta dell’uso del suolo 2008 ed.2011.

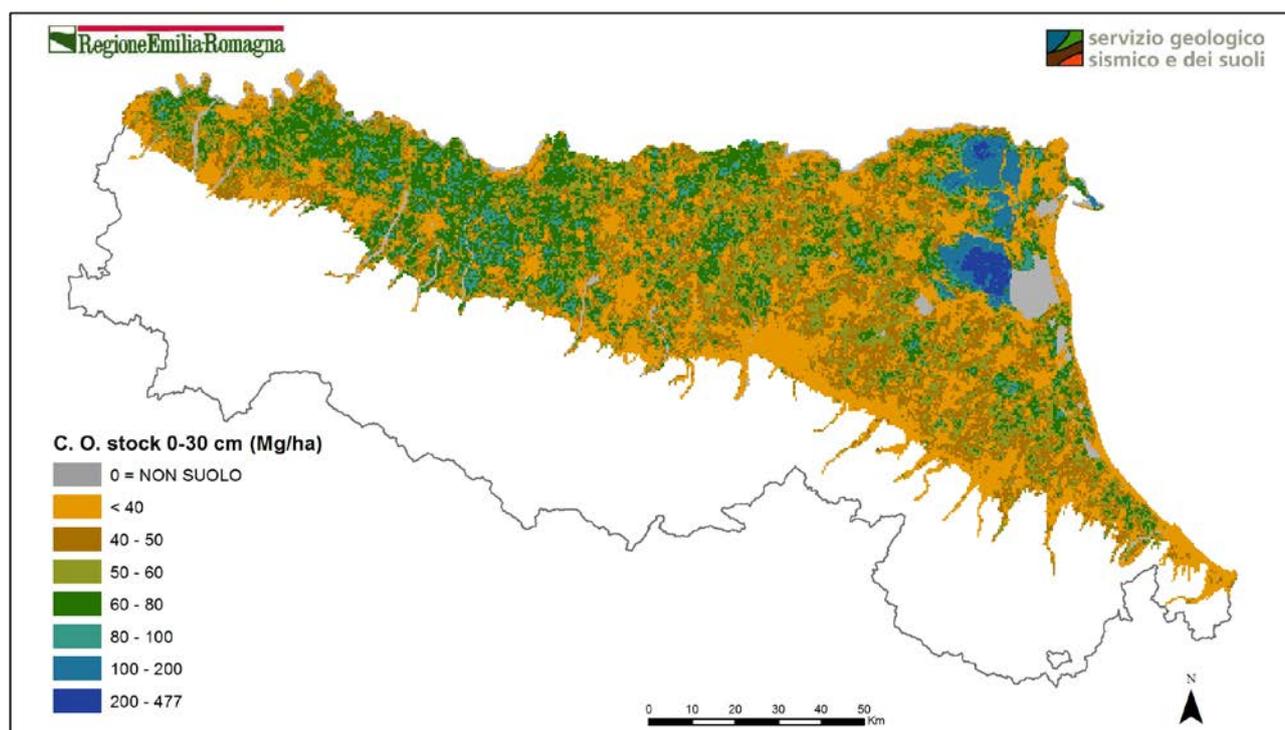


Figura 1. Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della pianura emiliano-romagnola” 2°ed. 2015

La pianura della Regione Emilia-Romagna si estende su una superficie di circa 12000 Km² di cui circa il 12% è occupata da superfici prive di suolo (acque, cave e suolo impermeabilizzato). Il contenuto medio del SOC Stock è di 51 Mg*ha⁻¹ per un totale su tutta la pianura di 61Mt di CO considerando i primi 30 cm di suolo. Ciò significa che nella pianura nello strato più superficiale del suolo sono stoccati circa 223Mt di CO₂.

Il contenuto di SOC dipende a livello regionale dal tipo di suolo, dall’uso e dalla gestione agronomica dei suoli agricoli, la carta riflette appieno queste variabili. La provincia di Ferrara ha contenuti elevati di SOC Stock, media di 63 Mg*ha⁻¹, dovuti all’origine organica dei suoli che si sono sviluppati su depositi torbosi di aree in passato palustri ed ora bonificate; la pianura di Parma e Reggio Emilia ha valori medi superiori alla media regionale, rispettivamente 56 e 58 Mg*ha⁻¹ in virtù all’ampia diffusione delle colture foraggere (tabella 2, figura 2), sia avvicendate che di prati stabili, legate alle produzioni zootecniche e casearie del distretto del formaggio Parmigiano-reggiano dove persiste, anche grazie alla sua ampia disponibilità, l’uso di concimi organici, inoltre l’ampia diffusione di suoli argillosi rende queste aree particolarmente propense ad accumulare CO. Le province di Piacenza e Modena hanno valori intorno alla media regionale, circa 47 Mg*ha⁻¹, sono diffusi suoli con tessitura da argillosa a tessiture di medio impasto che risentono della vicinanza del settore zootecnico. Marcatamente più bassi sono i valori di SOC Stock delle province romagnole (tabella 1), dove più diffusi sono i suoli di medio impasto compresi quelli sabbiosi lungo la costa meno capaci di accumulare CO. In queste province cambia anche l’uso del suolo e la sua gestione: prevalgono i seminativi intensivi e i frutteti e viene meno l’apporto di sostanza organica da deiezioni zootecniche.



Distretti agricoli di pianura	Superfici di suolo ¹ ha	SOC Stock unitario Mg/ha	SOC Stock totale Mt
Piacenza	104205	47.8	5.6
Parma	106663	56.3	6.8
Reggio 'Emilia	99383	58.5	6.7
Modena	121607	47.6	6.7
Bologna	174313	43.4	8.5
Ravenna	135886	44.2	6.8
Forli-Cesena	49605	40.3	2.3
Rimini	18412	33.8	0.8
Ferrara	235857	63.9	16.8
Pianura	1045934	51.0	61.2

Tabella 1. Elaborazione dalla "Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli della pianura emiliano-romagnola" 2°ed. 2015

Provincia	seminativi annuali	prati avvicendati	prati permanenti e pascoli	legnose agrarie	SAU	arboricoltura da legno	boschi
Piacenza	41077.53	7761.99	929.15	386.9	50155.57	553.87	460.48
Parma	28632.56	28799.06	2027.86	324.44	59783.92	336.15	482.27
Reggio 'Emilia	27162.6	24947.87	8318.24	7621.50	68050.21	730.15	586.69
Modena	51204.17	18833.91	579.57	14403.14	85020.79	512.8	865.96
Bologna	85498.79	17281.96	2049.14	10920.83	115750.72	322.33	2403.38
Ravenna	56321.13	14627.02	651.1	3'639.65	104238.9	199.43	1709.70
Forli-Cesena	20046.9	5529.22	1099.97	13542.91	40219	193.49	1935.04
Rimini	6534.53	2660.87	178.18	2'197.18	11570.76	79.78	539.9
Ferrara	146061.02	14814.44	606.4	15310.84	176792.7	841.02	790.21
Pianura	462539.23	135256.34	16439.61	97347.39	711582.57	3769.02	9773.63

Tabella 2. Superficie investita dalle aziende per tipo di coltivazione, per provincia, nella zona altimetrica di pianura con localizzazione del centro aziendale. Superficie in ettari. Dati ISTAT Regione Emilia-Romagna - Censimento Agricoltura 2010

¹ le superfici sono calcolate a partire dalla carta dell'Uso del suolo 2008 ed.2011 a cui sono stati applicati gli indici di Non Suolo di Corticelli S. et al. (2008).



CARTA DEL CARBONIO ORGANICO IMMAGAZZINATO NEI SUOLI DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA STRATO 0-30 cm.
SCALA 1:50.000. SECONDA EDIZIONE

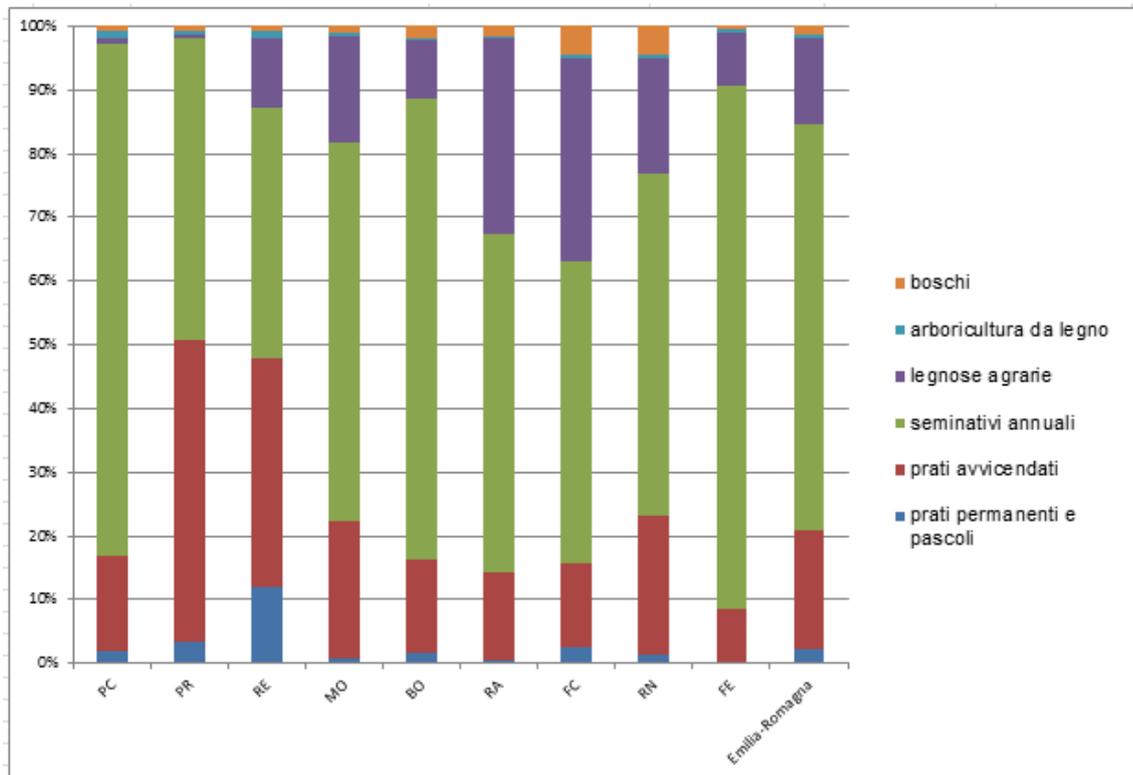


Figura 2. Superficie investita dalle aziende nella zona altimetrica di pianura per tipo di coltivazione e per provincia. Dati riferiti alla localizzazione del centro aziendale. Dati percentuali rispetto al totale (da tabella 2). Dati ISTAT Regione Emilia-Romagna - Censimento Agricoltura 2010



4 CONSULTAZIONE DELLA CARTA SUL WEB

4.1 Consultazione sul sito basato su GOOGLE EARTH

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm è consultabile sul sito [I suoli dell'Emilia-Romagna²](http://suoli.dell'Emilia-Romagna.it), definito brevemente CARTPEDO, nella sezione **Carte applicative**.

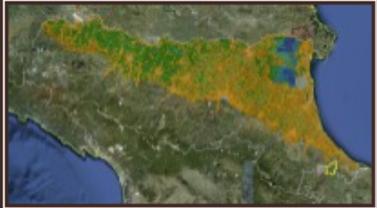
2.2 Carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione new

Scala 1:50.000

Il suolo è il comparto ambientale che costituisce la più grande riserva di carbonio organico negli ecosistemi terrestri. Globalmente la quantità di carbonio immagazzinata nei suoli è pari a circa quattro volte quella presente nella vegetazione.

Il ruolo cruciale svolto dai suoli nel ciclo del carbonio è riconosciuto dalle convenzioni su desertificazione, cambiamento climatico, biodiversità. Il protocollo di Kyoto (1997) sottolinea che il suolo svolge una funzione importante per l'immagazzinamento del carbonio, che deve essere tutelata e, se possibile, anche rafforzata.

La carta rappresenta la distribuzione areale del carbonio organico espresso in $Mg \cdot ha^{-1}$ immagazzinato nello strato superficiale (0-30 cm) dei suoli di pianura. La carta è alla sua seconda edizione ed è stata elaborata a partire dai dati di carbonio organico estrapolati dalla Banca Dati dei Suoli della Regione Emilia-Romagna relativi al periodo 1990-2013 e sulla base della Carta dell'uso del suolo 2008 ed.2011 elaborata secondo gli indici di suolo/non suolo di Corticelli et.al 2008.



- apri la [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#) in Google Earth
- apri la [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#) con il Plugin di Google Earth
- apri le note illustrative della [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#)
- visualizza i [metadati](#) della [Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. 2a edizione](#)

Figura 3. Interfaccia della sezione Carte tematiche » Carte delle proprietà chimico-fisiche nel sito I suoli dell'Emilia-Romagna

Questo sito è di facile utilizzo e usa come base cartografica GOOGLE EARTH. Presenta il vantaggio di poter essere personalizzato a piacere in quanto l'utente può sovrapporre alle cartografie proposte nel sito i propri tematismi.

Attivando il link [Carta del Carbonio Organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm](#) si apre la carta su base Google Earth.

La rappresentazione del territorio avviene attraverso una struttura a maglia costituita da celle con lato di **500 m**.

Sebbene la carta sia rappresentata per classi, l'informazione cui si accede, interrogando la singola cella, è relativa al contenuto medio stimato di carbonio organico immagazzinato nei primi 30 cm di suolo in $Mg \cdot ha^{-1}$ (SOC Stock); oltre al valore di Stock vengono forniti anche i valori dei parametri da cui questo deriva.

Dalla interfaccia di consultazione è anche possibile aprire le note illustrative correlate.

I suoli dell'Emilia-Romagna

Carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm. Seconda edizione
Livello di dettaglio 1:50.000

Valore $Mg \cdot ha^{-1}$
54.75

Dati accessori

Attributo	Valore
Densità apparente (g/cm^3) [*]	1.47
Carbonio organico (%)	1.26
Scheletro (%)	0
Aree prive di suolo (%) [**]	1.3

[*] esclusa la densità dello scheletro.
[**] da Carta dell'uso del suolo 2008 ed.2011 elaborata secondo gli indici di suolo/non suolo di Corticelli et.al 2008.

Legenda

Classi

- < 40 $Mg \cdot ha^{-1}$
- 40 - 50 $Mg \cdot ha^{-1}$
- 50 - 60 $Mg \cdot ha^{-1}$
- 60 - 80 $Mg \cdot ha^{-1}$

Figura 4. Interfaccia di consultazione delle singole celle

² <http://geo.regione.emilia-romagna.it/cartpedo/>

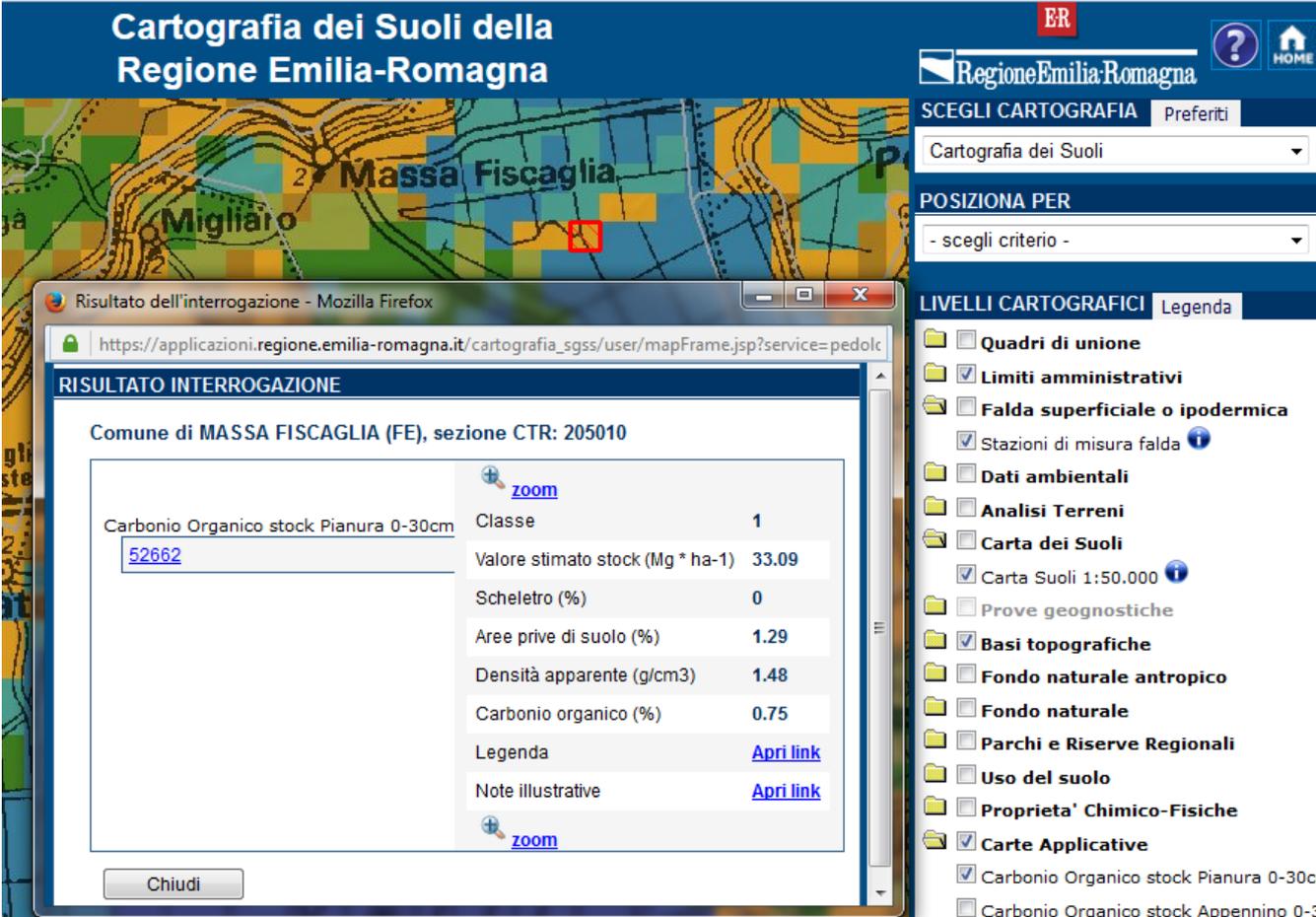


4.2 Consultazione sul sito WEBGIS

La carta del Carbonio organico immagazzinato nei suoli di pianura tra 0-30 cm è consultabile sul sito [Cartografia dei suoli della Regione Emilia-Romagna](http://cartografia.dei.suoli.regione.emilia-romagna.it)³, definito brevemente WEBGIS. Vanno attivati i pop-up, indifferentemente dal browser utilizzato.

Nella sezione di destra sono presenti i livelli cartografici visualizzabili (alcuni attivi di default, altri attivabili dall'utente), mentre nella sezione di sinistra vi sono gli strumenti di consultazione dei livelli cartografici. Per ulteriori informazioni consultare la Guida in alto a destra.

La carta fa parte delle **Carte applicative** ed è consultabile mediante il pulsante  cliccando sul quadrato di interesse: questo viene selezionato e compare la seguente scheda:



The screenshot displays the 'Cartografia dei Suoli della Regione Emilia-Romagna' interface. A map of the Massa Fiscaglia area is shown with a red square highlighting a specific location. A pop-up window titled 'RISULTATO INTERROGAZIONE' provides detailed data for the 'Comune di MASSA FISCAGLIA (FE), sezione CTR: 205010'. The data includes the carbon stock value (52662), class (1), and various soil parameters.

Carbonio Organico stock Pianura 0-30cm	Classe	1
52662	Valore stimato stock (Mg * ha-1)	33.09
	Scheletro (%)	0
	Aree prive di suolo (%)	1.29
	Densità apparente (g/cm3)	1.48
	Carbonio organico (%)	0.75
	Legenda	Apri link
	Note illustrative	Apri link

Figura 5. Esempio di consultazione sul sito WEBGIS con lo strumento IDENTIFY

³ <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis-suoli>



4.3 Scaricamento dati

Lo shapefile della carta del SOC Stock tra 0-30 cm può essere consultato e scaricato dal sito <http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/> dalla sezione **Suoli- Carte applicative**.

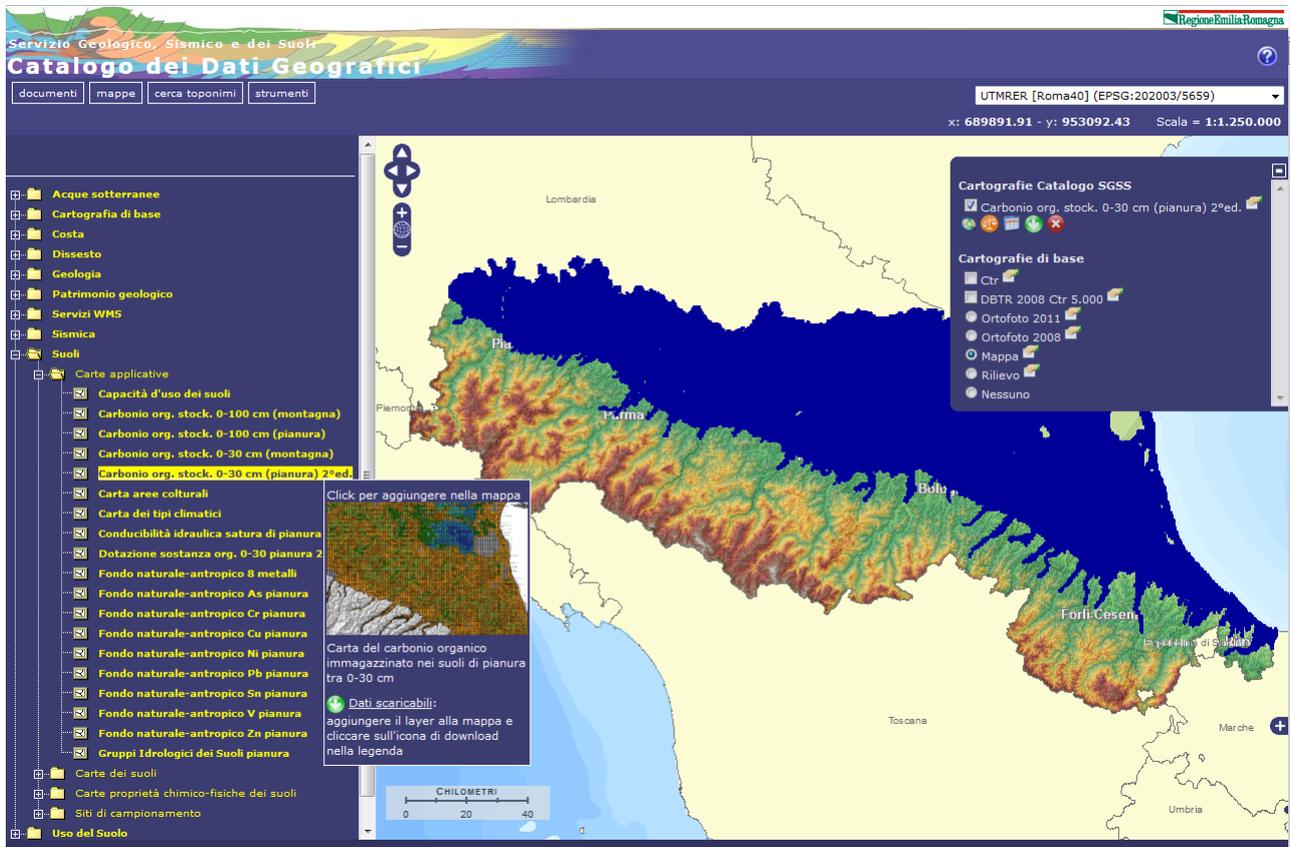


Figura 6. Interfaccia di scaricamento dei dati geografici



5 METODOLOGIA UTILIZZATA

La base cartografica di riferimento è costituita dalla Carta dei suoli di pianura in scala 1:50.000, edizione 2014, prodotta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (SGSS). La carta dei suoli descrive il territorio di pianura attraverso poligoni (o delimitazioni) che rappresentano una porzione di territorio con una specifica distribuzione interna di tipi di suolo.

Le informazioni cartografiche sono state integrate da un numero cospicuo di dati analitici che fanno capo sia ad osservazioni pedologiche raccolte dal SGSS, a prelievi effettuati nell'ambito delle attività di assistenza tecnica per l'agricoltura (ex Servizio Analisi Consulenza Terreni) e dati LUCAS raccolti da ESDAC⁴. I dati sono stati dapprima armonizzati dal SGSS e poi elaborati attraverso analisi statistica e geostatistica da parte di CNR IBiMet⁵. Le elaborazioni, basate su simulazioni geostatistiche condizionali in base a criteri diversi in funzione delle variabili considerate, hanno permesso la produzione delle seguenti carte⁶:

- Carta della tessitura dei suoli della pianura emiliano-romagnola tra 0-30 cm (sabbia, limo, argilla, scheletro, classe tessiturale)
- Carta del contenuto percentuale di carbonio organico della pianura emiliano-romagnola tra 0-30 cm

Le simulazioni geostatistiche sono state realizzate con la libreria gstat (Pebesma, 2004) dei software R (version 3.2.0, 2015) e RStudio (versione 0.98.1103).

Queste elaborazioni, rappresentate con una griglia regionale con celle di 500m di lato, sono state utilizzate per produrre la carta del carbonio organico immagazzinato nei suoli, SOC stock (Ungaro e Calzolari, 2005).

Il computo dello stock, che esprime il contenuto di carbonio organico in $Mg \cdot ha^{-1}$ necessita la conoscenza della densità apparente dei suoli ($Mg \cdot m^{-3}$). Questa è stata calcolata tramite pedofunzione (PTF) a partire dalle tre frazioni granulometriche, dal contenuto in CO%, considerando il contenuto in scheletro al fine di ottenere una stima della densità corretta per la sola terra fine, e infine corretta in funzione della % in scheletro dei primi 30 cm.

La pedofunzione (Ungaro e Calzolari, 2015), calibrata con algoritmi EPR (*Evolutionary Polynomial Regression*, Giustolisi e Savic 2006) ha la forma seguente:

$$BD (Mg \cdot m^{-3}) = -0.0087761 \cdot argilla \cdot Dg^{0.5} \cdot Sg + 0.00018865 \cdot argilla^2 + -5.8382e-007 \cdot limo \cdot argilla^2 \cdot Sg \cdot Corg^{0.5} + 9.5647e-009 \cdot limo^2 \cdot argilla \cdot Sg^2 \cdot Corg^2 + 2.1366e-008 \cdot sabbia^{0.5} \cdot limo^2 \cdot argilla^2 \cdot Dg \cdot Sg^2 + 1.5661$$

La pedofunzione è stata applicata a 44,052 celle del grid a 500 m, mentre in corrispondenza di 2,704 celle con valori stimati di CO $\geq 2.5\%$ è stata utilizzata la PTF calibrata da Hollis et al. (2012) su un data set europeo, che ha la seguente forma:

$$BD_{Org} = 1.4903 - 0.33293 \times \ln(C \text{ org}\%)$$

Il dato di densità apparente è stato quindi corretto per il contenuto in scheletro stimato per ciascuna cella grid in base al valore medio calcolato per tutte le delimitazioni (587) contenenti osservazioni con scheletro (N = 6,785); i valori di scheletro superficiale variano da 0 a 70%. La distribuzione dei valori di scheletro % è illustrata nella figura 7.

La correzione del valore di densità apparente stimato (Torri et al., 1994) è stata applicata a tutte le celle con contenuto medio in scheletro superiore o uguale al 10%; le celle interessate dalla correzione sono state in totale 31. Il valore della densità apparente della terra fine così ottenuto, BD_{fc} ($Mg \cdot m^{-3}$, figura 8), è stato utilizzato per il calcolo dello stock di C nei primi 30 cm di suolo per unità di superficie ($Mg \cdot C \cdot ha^{-1}$, figura 9) applicando la relazione:

$$C_{stock} = (1 - f_{skel}) \cdot C_{org}\% \cdot 30 \cdot BD_{fc} \cdot 100$$

Le tonnellate di CO₂ equivalenti riferite allo spessore 0-30 cm possono essere infine calcolate come:

$$CO_2 \text{ eq.} = C_{stock} \cdot 44/12$$

⁴ JOINT RESEARCH CENTRE. European Soil Data Centre

⁵ CNR Istituto di Biometeorologia. Sesto Fiorentino - Firenze

⁶ Si rimanda alle note illustrative di queste carte per una sintetica descrizione della metodologia utilizzata; per approfondimenti Report CNR, ottobre 2015 (vedi in bibliografia)



Come si è detto il carbonio organico immagazzinato nei suoli è espresso in Mg C ha^{-1} , si tratta cioè di un valore quantitativo riferito ad uno strato di suolo spesso 30 cm e ad una superficie di un ha. L'unità territoriale della carta è la cella di lato 500 m quindi di 250000 m^2 , non sempre però l'intera cella è occupata interamente da suolo in grado di immagazzinare carbonio organico, si dovrà quindi di volta in volta scorporare le aree prive di suolo o perché artificialmente impermeabilizzate o perché naturalmente prive di suolo es. calanchi, spiagge, valli salmastre etc e nel caso di calcoli complessivi sull'intera pianura considerare anche che alcune celle hanno porzioni di territorio fuori regione.

Per poter attribuire ad ogni cella l'effettiva superficie occupata da suolo è stata usata la Carta dell'Uso del suolo 2008 ed 2011 in scala 1:25.000 ed il lavoro svolto da Corticelli S. et al. (2008) che ha attribuito ad ogni categoria della carta dell'uso del suolo un indice di "suolo" e un indice di impermeabilizzato (tabella 3); l'indice di NoSoil usato deriva da 1-indice "suolo".

Il valore di SOC stock è stato quindi corretto in funzione della superficie effettiva di suolo presente in ciascuna cella. Sono a **valore di Cstock zero** tutte le celle che hanno area prevalente in alveo o in corpi d'acqua secondo la carta dei suoli; le celle al limite con il Basso Appennino vengono considerate interamente appartenenti alla pianura.

Indice di NoSoil attribuito a ciascuna cella deriva dal seguente calcolo;

$$\text{ind_NOsoil} = \text{somma } An * \text{Ind_Nosuolon} / \text{AREA_RER}$$

Dove **ind_NOsoil** = indice di NON suolo della cella

An = superfici dell'ennesimo uso del suolo

Ind_Nosuolon = indice di non suolo di ciascun ennesimo uso del suolo

AREA_RER = area regionale all'interno di ciascuna cella

$$\text{C_StockNOs} = \text{Cstock} (1 - \text{ind_NOsoil})$$

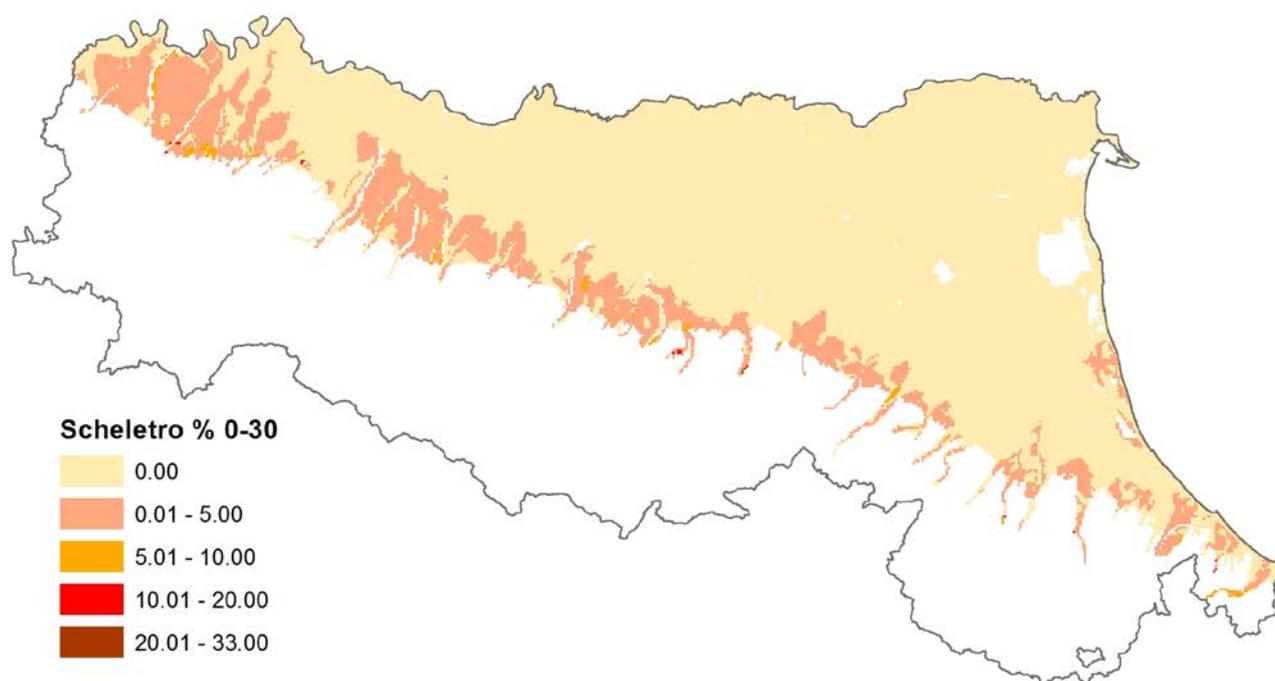


Figura 7. Carta del contenuto % di scheletro nei suoli di pianura

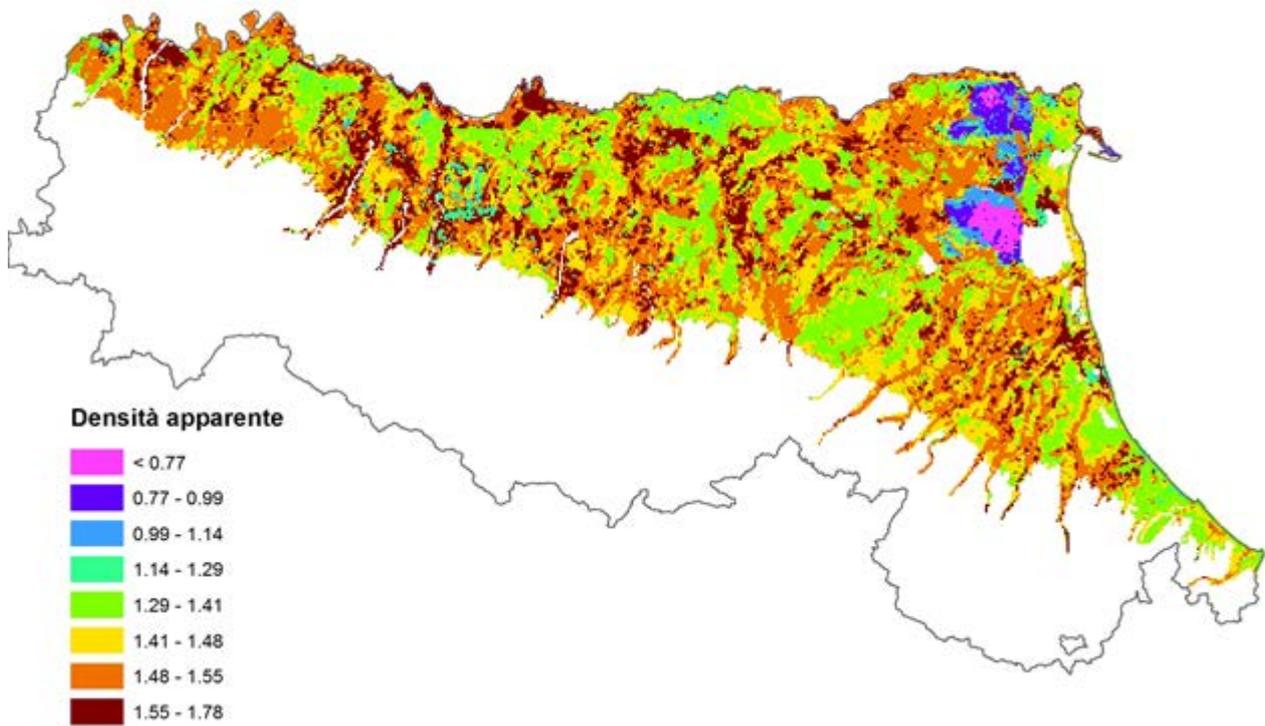


Figura 8. Densità apparente della terra fine: distribuzione spaziale dei valori corretti per il contenuto in scheletro

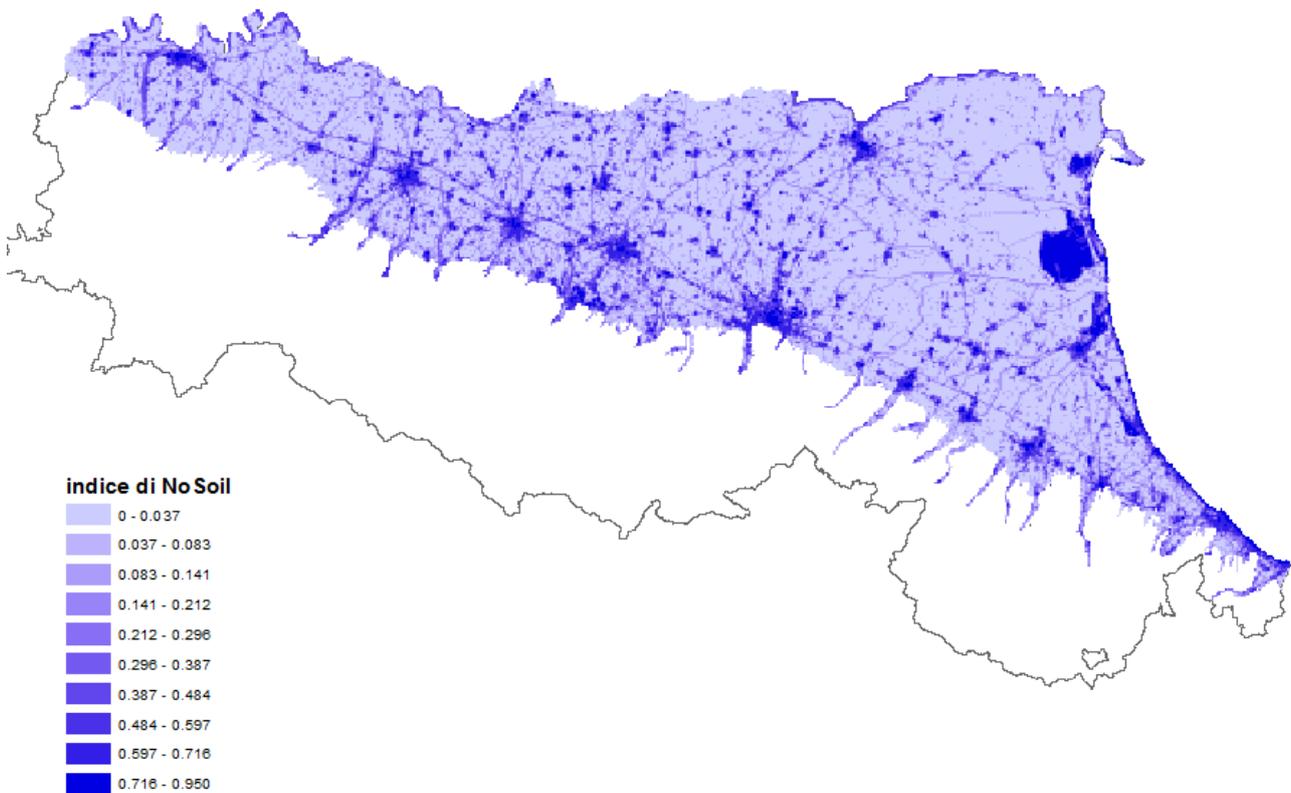


Figura 9. Griglia 500m classificata secondo l'indice di NON SUOLO.



Tabella 3. Tabella degli indici di suolo e di impermeabilizzato di Corticelli S. et al. (2008); il lavoro fu svolto sulla base della Carta dell'uso del suolo 2008.

Indici suolo e impermeabilizzazione applicati al territorio della Regione Emilia-Romagna					
Categorie uso del suolo 2003	Superficie (in ettari)	Indice	Superficie	Indice	Superficie
		"suolo"	"suolo"	imper.	imper.
1.1.1.1 Tessuto residenziale compatto e denso	2651.00	0.050	133.00	0,95	2519.00
1.1.1.2 Tessuto residenziale rado	58426.00	0.300	17528.00	0,70	40898.00
1.1.2.0 Tessuto discontinuo	38409.00	0.700	26886.00	0,30	11523.00
1.2.1.1 Insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi	38161.00	0.250	9540.00	0,75	28621.00
1.2.1.2 Insediamenti commerciali	1200.00	0.250	300.00	0,75	900.00
1.2.1.3 Insediamenti di servizi pubblici e privati	3765.00	0.250	941.00	0,75	2824.00
1.2.1.4 Insediamenti ospedalieri	429.00	0.250	107.00	0,75	322.00
1.2.1.5 Insediamenti di grandi impianti tecnologici	464.00	0.250	116.00	0,75	348.00
1.2.2.1 Reti stradali e spazi accessori	6304.00	0.250	1576.00	0,75	4728.00
1.2.2.2 Reti ferroviarie e spazi accessori	1423.00	0.250	356.00	0,25	356.00
1.2.2.3 Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci (interporti e simili)	269.00	0.100	27.00	0,90	242.00
1.2.2.4 Aree per impianti delle telecomunicazioni	4.00	0.750	3.00	0,25	1.00
1.2.2.5 Reti ed aree per la distribuzione, la produzione ed il trasporto dell'energia	884.00	0.250	221.00	0,75	663.00
1.2.2.6 Reti ed aree per la distribuzione idrica	181.00	0.750	136.00	0,25	45.00
1.2.3.1 Aree portuali commerciali	360.00	0.100	36.00	0,20	72.00
1.2.3.2 Aree portuali per il diporto	144.00	0.150	22.00	0,20	29.00
1.2.3.3 Aree portuali per la pesca	56.00	0.150	8.00	0,15	8.00
1.2.4.1 Aeroporti commerciali	853.00	0.700	597.00	0,30	256.00
1.2.4.2 Aeroporti per volo sportivo e da diporto, eliporti	224.00	0.850	190.00	0,15	34.00
1.2.4.3 Aeroporti militari	605.00	0.800	484.00	0,20	121.00
1.3.1.1 Aree estrattive attive	5055.00	0.500	2528.00	0,10	506.00
1.3.1.2 Aree estrattive inattive	617.00	0.700	432.00	0,10	62.00
1.3.2.1 Discariche e depositi di cave, miniere e industrie	147.00	0.400	59.00	0,10	15.00
1.3.2.2 Discariche di rifiuti solidi urbani	617.00	0.400	247.00	0,10	62.00
1.3.2.3 Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli	90.00	0.300	27.00	0,30	27.00
1.3.3.1 Cantieri, spazi in costruzione e scavi	4724.00	0.300	1417.00	0,20	945.00
1.3.3.2 Suoli rimaneggiati e artefatti	2678.00	0.700	1875.00	0,10	268.00
1.4.1.1 Parchi e ville	7674.00	0.900	6907.00	0,10	767.00
1.4.1.2 Aree incolte nell'urbano	2076.00	0.900	1868.00	0,10	208.00
1.4.2.1 Campeggi e strutture turistico-ricettive (bungalows e simili)	371.00	0.700	259.00	0,20	74.00
1.4.2.2 Aree sportive (calcio, atletica, tennis, sci)	4529.00	0.750	3397.00	0,22	996.00



Categorie uso del suolo 2003	Superficie (in ettari)	Indice	Superficie	Indice	Superficie
		"suolo"	"suolo"	imperim.	imperim.
1.4.2.3 Parchi di divertimento e aree attrezzate (aquapark, zoosafari e simili)	255.00	0.450	115.00	0,30	76.00
1.4.2.4 Campi da golf	966.00	0.900	869.00	0,05	48.00
1.4.2.5 Ippodromi e spazi associati	1080.00	0.850	918.00	0,05	54.00
1.4.2.6 Autodromi e spazi associati	462.00	0.600	277.00	0,20	92.00
1.4.2.7 Aree archeologiche	35.00	0.900	31.00	0,10	3.00
1.4.2.8 Aree adibite alla balneazione	862.00	0.100	86.00	0,15	129.00
1.4.3.0 Cimiteri	691.00	0.500	345.00	0,40	276.00
TOTALE TERRITORI ARTIFICIALIZZATI	187740.00	0.430	80865.00	0,53	99117.00
2.1.1.0 Seminativi in aree non irrigue	261600.00	0.991	259219.00	0,009	2381.00
2.1.2.1 Seminativi semplici in aree irrigue	785258.00	0.987	775363.00	0,013	9894.00
2.1.2.2 Vivai	810.00	0.981	795.00	0,019	15.00
2.1.2.3 Colture orticole in pieno campo, in serra e sotto plastica	1510.00	0.981	1481.00	0,019	29.00
2.1.3.0 Risaie	18573.00	0.999	18560.00	0,001	13.00
2.2.1.1 Vigneti	43218.00	0.991	42829.00	0,009	389.00
2.2.1.2 Frutteti e frutti minori	108641.00	0.979	106403.00	0,021	2238.00
2.2.2.0 Oliveti	1756.00	0.980	1721.00	0,020	35.00
2.2.3.1 Pioppeti colturali	10245.00	0.990	10142.00	0,010	102.00
2.2.3.2 Altre colture da legno (noceti, ecc.)	1242.00	0.990	1230.00	0,010	12.00
2.3.1.0 Prati stabili	28372.00	0.987	28014.00	0,013	357.00
2.4.1.0 Colture temporanee associate a colture permanenti	1428.00	0.990	1414.00	0,010	14.00
2.4.2.0 Sistemi colturali e particellari complessi	12523.00	0.980	12272.00	0,020	250.00
2.4.3.0 Aree occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	42246.00	0.989	41794.00	0,011	452.00
TOTALE TERRITORI AGRICOLI	1317421.00	0.990	1301237.00	0,01	16183.00
3.1.1.2 Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni	365510.00	0.994	363390.00	0,006	2120.00
3.1.1.3 Boschi a prevalenza di salici e pioppi	2146.00	0.994	2134.00	0,006	12.00
3.1.1.4 Boschi planiziali a prevalenza di farnie, frassini ecc.	1695.00	0.994	1685.00	0,006	10.00
3.1.1.5 Castagneti da frutto	1440.00	0.994	1431.00	0,006	8.00
3.1.2.0 Boschi di conifere	15494.00	0.994	15405.00	0,006	90.00
3.1.3.0 Boschi misti di conifere e latifoglie	16758.00	0.994	16661.00	0,006	97.00
3.2.1.0 Praterie e brughiere d'alta quota	8314.00	0.994	8266.00	0,006	48.00
3.2.2.0 Cespuglieti e arbusteti	971.00	0.994	965.00	0,006	6.00
3.2.3.1 Aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea con alberi sparsi	69956.00	0.994	69550.00	0,006	406.00



Indici suolo e impermeabilizzazione applicati al territorio della Regione Emilia-Romagna					
Categorie uso del suolo 2003	Superficie (in ettari)	Indice	Superficie	Indice	Superficie
		"suolo"	"suolo"	imperim.	imperim.
3.2.3.2 Aree a rimboschimenti recenti	4533.00	0.994	4507.00	0,006	26.00
3.3.1.0 Spiagge, dune e sabbie	302.00	0.070	21.00	0.00	0.00
3.3.2.0 Rocce nude, falesie e affioramenti	2097.00	0.080	168.00	0.00	0.00
3.3.3.1 Aree calanchive	15296.00	0.250	3824.00	0.00	0.00
3.3.3.2 Aree con vegetazione rada di altro tipo	3512.00	0.350	1229.00	0.00	0.00
TOTALE TERRITORI BOSCATI E AMBIENTI SEMINATURALI	628037.00	0.980	613914.00	0,01	3520.00
4.1.1.0 Zone umide interne	6937.00	1.000	6937.00	0.00	0.00
4.1.2.0 Torbiere	10.00	1.000	10.00	0.00	0.00
4.2.1.1 Zone umide salmastre	1598.00	0.900	1438.00	0.00	0.00
4.2.1.2 Valli salmastre	14574.00	0.250	3643.00	0.00	0.00
4.2.1.3 Acquacolture	339.00	0.400	136.00	0,10	34.00
4.2.2.0 Saline	1387.00	0.200	277.00	0,10	139.00
TOTALE AMBIENTE UMIDO	24844.00	0.500	12441.00	0,01	173.00
5.1.1.1 Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione scarsa	22626.00	0.500	11313.00	0,02	453.00
5.1.1.2 Canali e idrovie	10204.00	0.600	6123.00	0,10	1020.00
5.1.1.3 Argini	3830.00	0.850	3256.00	0,15	575.00
5.1.1.4 Alvei di fiumi e torrenti con vegetazione abbondante	13070.00	0.850	11110.00	0,05	654.00
5.1.2.1 Bacini naturali	245.00	0.150	37.00	0.00	0.00
5.1.2.2 Bacini con destinazione produttiva	316.00	0.020	6.00	0,05	16.00
5.1.2.3 Bacini artificiali di varia natura	3008.00	0.080	241.00	0,10	301.00
5.1.2.4 Acquacolture	466.00	0.100	47.00	0,15	70.00
TOTALE AMBIENTE DELLE ACQUE	53766.00	0.600	32132.00	0,06	3088.00
TOTALE REGIONALE	2211808.00	0.920	2040590.00	0,06	122079.00



6 BIBLIOGRAFIA

6° Censimento dell'agricoltura (2010) <http://www.istat.it/it/emilia-romagna>

COM 2006/231 definitivo. Strategia tematica per la protezione del suolo.
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0231_it.pdf.

COM 2006/232 definitivo. Direttiva del parlamento europeo e del che istituisce un quadro per la protezione del suolo e modifica la direttiva 2004/35/CE. http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/com_2006_0232_it.pdf.

Corticelli Stefano, Guermandi Marina, Maria Cristina Mariani, Due indici per valutare l'impermeabilizzazione e il consumo di suolo. Atti 12a Conferenza Nazionale ASITA, L'Aquila 21 – 24 ottobre 2008

Giustolisi, O, Savic, D. A., 2006 A symbolic data-driven technique based on evolutionary polynomial regression. Journal of Hydroinformatics, 8 (3), 207–222

European Climate Change Programme (ECCP) Working Group Sinks Related to Agri Agricultural Soils - Final Report http://europa.eu/comm/environment/climat/pdf/finalreport_agricsoils.pdf.

Hollis, J. M., Hannam J., Bellamy P. H., Empirically-derived pedotransfer functions for predicting bulk density in European soils. European Journal of Soil Science, February 2012, **63**, 96–109

McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. Geoderma, 117, 3-52.

MacQueen J. B. (1967): "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability", Berkeley, University of California Press, 1:281-297

MEUSIS <http://eussoils.jrc.ec.europa.eu/projects/Meusis/main.html>

Pebesma, E.J., 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. Computers & Geosciences, 30: 683-691.

Regione Emilia-Romagna. Campioni analisi terreni (SACT) della regione Emilia-Romagna (2015) http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/ANALISI_TERRENI_SACT.pdf

Regione Emilia-Romagna. Carta dei suoli della pianura e di parte della collina emiliano-romagnola in scala 1:50.000. Edizione 2014.
http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/carta_suoli_50k.pdf

Regione Emilia-Romagna. Carta dell'uso del suolo edizione 2008. <http://www.regione.emilia-romagna.it/entra-in-regione/archivio-cartografico/uso-del-suolo>

Regione Emilia-Romagna. Carta del contenuto percentuale di Carbonio Organico nei suoli della pianura emiliano-romagnola strato 0-30 cm. Seconda edizione. 2015 http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/NOTE_ILLUSTRATIVE_CO_pianura.pdf

Regione Emilia-Romagna Carta della tessitura dei suoli della pianura emiliano-romagnola strato 0-30 cm. 2015 http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/tessitura_pianura.pdf

Regione Emilia-Romagna. Siti locali rappresentativi dei suoli della pianura e della collina emiliano-romagnola (2014) http://mappegis.regione.emilia-romagna.it/gstatico/documenti/dati_pedol/SITI_BENCHMARK_RER.pdf

R version 3.2.0, 2015. The R Foundation for Statistical Computing, <https://www.r-project.org/>

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/> versione 0.98.1103.



CARTA DEL CARBONIO ORGANICO IMMAGAZZINATO NEI SUOLI DELLA PIANURA EMILIANO-ROMAGNOLA STRATO 0-30 cm.
SCALA 1:50.000. SECONDA EDIZIONE

Tóth, G., Jones, A., Montanarella, L. (eds.) 2013. LUCAS Topsoil Survey. Methodology, data and results. JRC Technical Reports. Luxembourg. Publications Office of the European Union, EUR26102 – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-9424 (online); ISBN 978-92-79-32542-7; doi: 10.2788/97922"

Torri D., Poesen J., Monaci F., Busoni E., 1994. Rock fragment content and fine soil bulk density. *Catena*, 23 (1-2), 65-71

Ungaro F., Staffilani F., Tarocco P, 2010. Assessing and mapping topsoil organic carbon stock at regional scale: a Scorpan Kriging approach conditional on soil map delineations and land use *Land Degrad. Develop.* DOI: 10.1002/ldr.998

Ungaro F., Calzolari C. Carta del contenuto percentuale e dello stock di carbonio delle frazioni granulometriche e della salinità dei suoli della pianura emiliano-romagnola (0-30 cm). Rapp. 2.1 Ott. 2015
http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/archivio_pdf/suoli/Rapporto_2_1_ottobre_2015.pdf/at_download/file/Rapporto_2_1_ottobre_2015.pdf