ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

SALVIAMO IL PAESAGGIO

Slow Food® Italia

NATURA Green Week 2015 satellite event

Commissione europea

2015 International Year of Soils

CONVEGNO

RECUPERIAMO TERRENO



ATTI
SESSIONE POSTER - VOL. I

Milano, 6 maggio 2015

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

CONVEGNO

RECUPERIAMO TERRENO

ATTI
SESSIONE POSTER - VOL. I

Milano, 6 maggio 2015

Informazioni legali
L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.
Gli articoli esprimono le opinioni degli autori e non impegnano in nessun modo l'ISPRA. L'ISPRA non è responsabile per le dichiarazioni e le opinioni espresse negli articoli pubblicati.

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

ISPRA, Atti 2015

ISBN: 978-88-448-0710-8

Elaborazione grafica
ISPRA
Grafica di copertina: Sonia Poponessi
Foto di copertina: Paolo Orlandi e Franco Iozzoli
Coordinamento tipografico
ISPRA - Daria Mazzella
Amministrazione
ISPRA - Olimpia Girolamo
Distribuzione
ISPRA - Michelina Porcarelli

A cura di:
Michele Munafò (ISPRA), Lorenzo Sallustio (*Natural Resourses & Environmental Planning Lab.*,UniMol), Stefano Salvi (INGV- Forum SiP) e Marco Marchetti (*Natural Resourses & Environmental Planning Lab.*,UniMol).

Comitato Scientifico:
Andrea Arcidiacono (INU-CRCS), Francesca Assennato (ISPRA), Filiberto Altobelli (INEA), Dario Bellingeri (ARPA Lombardia), Paolo Berdini (Forum SiP), Lorenzo Ciccarese (ISPRA), Sergio Conti (UniTO & Soc. Geografica Ital.), Alessandra Ferrara (ISTAT), Daria Ferrari (Forum SiP), Fiorenzo Fumanti (ISPRA), Davide Geneletti (UniTrento), Paolo Giandon (ARPAV), Francesca Giordano (I-SPRA), Giuseppe Gisotti (SIGEA), Anna Luise (ISPRA), Silvia Macchi (UniRoma1), Marco Marchetti (UniMol), Michele Munafò (ISPRA), Paolo Pileri (PoliMI-CRCS), Livio Rossi (SIN-AGEA), Roberto Rudari (Fond. CIMA), Luca Salvati (CRA), Stefano Salvi (INGV-Forum SiP), Riccardo Santolini (SIEP-UNIURB), Fabio Terribile (UniNA), Alessandro Trigila (ISPRA).

Progetto grafico, impaginazione e assistenza editoriale:
Margherita Palmieri (CURSA – Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente);
Nicola Riitano (Dipartimento di Architettura e Progetto – Sapienza, Università di Roma).

Indice

Introduzione, di *M. Munafò, L. Sallustio, S. Salvi e M. Marchetti* pag. 7

Parte Prima
Il monitoraggio quali-quantitativo del consumo di suolo

Integrazione tra sistemi innovativi di rilevamento e piattaforme GIS per il monitoraggio della città diffusa, di *M. Campi, L. Colombo, E. M. Farella e I. G. Palomba* » 13

Il consumo di suolo agricolo-forestale nel decennio 2005-2015 monitorato con gli strumenti dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC), di *E. Pompei, L. Canini, P. Gasparini e M. Rizzo* » 17

Basi dati a confronto per il monitoraggio del consumo di suolo: il contributo delle nuove tecnologie, di *L. Di Prinzio, D. Gariboldi, D. Longato, D. Maragno, R. Pasi, S. Picchio e E. Vedovo* » 28

L'utilizzo del suolo nel rapporto di competitività delle aree urbane italiane, di *E. Eynard e G. Melis* » 41

Valutazione delle qualità e delle funzionalità dei suoli dalla banca dati pedologica regionale, di *L. Gardin, L. Bottai e U. Sassoli* » 50

Interazioni tra impatto, uso del suolo, biodiversità e unità pedologiche, di *P.M. Bianco e C. Jacomini* » 62

L'importanza dei suoli urbani, di *M. Di Leginio, F. Fumanti, M. Paolanti e R. Napoli* » 73

Il suolo e il suo consumo: un nuovo approccio per pianificare e gestire una risorsa preziosa e fragile nel rispetto dei suoi servizi ecosistemici , *di A. Basile, A. Bonfante, C. De Michele, A. D'Antonio, P. Manna e F. Terribile* pag. 80

Analisi esplorativa del potenziale delle fotografie georeferenziate condivise pubblicamente per il monitoraggio dei cambiamenti in aree urbane, di *F. Lupia, J. Estima e M. Painho* » 83

Monitoraggio del *land cover index* e valutazione multidimensionale delle trasformazioni insediative potenziali, *di V. Sannicandro e C.M. Torre* » 94

Sviluppo di uno strumento innovativo per la valutazione del consumo di suolo a scala nazionale, *di G. Langella, A. Basile, S. Giannecchini, M. Munafò e F. Terribile* » 106

Infrastrutture di trasporto: regole e progetti per risparmiare traffico, consumo di suolo e migliorare l'accessibilità urbana, *di A. Donati* » 115

Il consumo di suolo come perdita di superficie infiltrabile e di valore produttivo nel Veneto, di *I. Vinci, S. Obber, F. Ragazzi, P. Giandon, F. Pocaterra e P. Zamarchi* » 126

Metodologia per il monitoraggio del consumo di suolo in Emilia Romagna, di *G. Guaragno, E. Malossi e Gruppo di lavoro RER* » 138

Inventari d'uso e copertura del suolo per il monitoraggio del consumo di suolo in Italia, di *N. Riitano, L. Sallustio, M. Munafò, e M. Marchetti* » 152

Rete di monitoraggio a scala locale del consumo di suolo: il caso di studio del Comune di Bari, di *V. La Ghezza, L. Congedo, M. Munafò, E. Barbone, F. Lacarbonara, V.M. Perrino, B. Radicchio e M. Blonda* » 166

Consumo di suolo, consumo di suoli in Abruzzo, di M. Paolanti, M. Munafò, F. Fumanti, di *M. Di Leginio, I Chiuchiarelli e S. Santucci* » 173

Uso del suolo e servizi ecosistemici: primi risultati di uno studio pilota sulle aree verdi nel Comune di Imola, di *G. Falsone, I. Diti, P. Tassinari,T. La Malfa, P. Guidi e D. Torreggiani* » 186

Parte Seconda
Il consumo di suolo ed i suoi molteplici impatti: dal dissesto idrogeologico, al cambiamento climatico e sicurezza alimentare

L'agricoltura urbana come strumento innovativo di contrasto al consumo di suolo, di *D. Iacopini* pag. 194

Sistemi agroforestali per un nuovo uso del suolo ad alta valenza produttiva ed ecologica, di *P. Paris, A. Pisanelli, A. Massacci, D. Marandola, A. Rosati e F. Camilli* » 199

Neoruralità e pratiche connesse, di *C. Zamponi* » 204

Paesaggi infrastrutturali. Strategie di rigenerazione urbana per una città adattiva, di *S. Massaro e G. De Francesco* » 207

Il suolo nella pianificazione del territorio per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, di *L. Di Marco* » 219

Analisi del ruolo dei vigneti sulla stabilità di versante in un'area soggetta a frane superficiali, di C. *Meisina, M. Bordoni, M.G. Persichillo, A. Vercesi, G.B. Bischetti, E. Chiaradia, C. Bassanelli, C. Vergani, R. Valentino, M. Bittelli e S. Chersich* » 232

Progettare l'adattamento per Venezia Città Metropolitana: la sperimentazione nel progetto "Seap Alps", di *D. Maragno, G. Lucertini, F. Musco, F. Magni e S. Verones* » 240

Effetti dell'urbanizzazione sulla risposta idrologica del bacino del torrente Seveso a Milano, di *G. Ravazzani, A. Ceppi, G. Lombardi e M. Mancini* » 251

Effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli sulle dinamiche idrologiche nel bacino del fiume Elsa in Toscana, di *M. Napoli, S. Cecchi e S. Orlandini* » 257

Il consumo di suolo tra politiche ambientali e politiche economiche: un'analisi dell'impatto dei Programmi di Sviluppo Rurale nelle aree protette della Regione Lazio, di *M. C. Natalia, D. Marino e M. Palmieri* » 261

Introduzione

di M. Munafò[*], L. Sallustio[**], S. Salvi[***] e M. Marchetti[**]

Il presente contributo raccoglie i risultati della sessione poster del convegno nazionale organizzato dall'ISPRA e dal *Forum* Salviamo il Paesaggio, con il supporto di *Slow Food* Italia, tenutosi a Milano nel mese di maggio 2015 dal titolo "Recuperiamo terreno. Politiche, azioni e misure per un uso sostenibile del suolo", a cui hanno partecipato con contributi di elevato valore scientifico, rappresentanti di Università, centri di ricerca, istituzioni e associazioni e, più in generale, esperti che si occupano delle problematiche legate all'utilizzo della risorsa suolo. L'iniziativa si colloca nel contesto delle iniziative dell'Anno internazionale dei suoli e degli eventi satelliti della *Green Week* europea. Ricade inoltre nel mese di avvio dell'Esposizione Universale che l'Italia ospita dal primo maggio al 31 ottobre 2015, intitolata "Nutrire il Pianeta, Energia per la Vita", definita il più grande evento mai realizzato sull'alimentazione e la nutrizione.

Questo volume si compone di circa 70 contributi che affrontano la tematica del consumo di suolo nei suoi temi scientifici principali. Alcuni contributi della quarta parte mostrano inoltre esempi di come la società civile stia prendendo consapevolezza dei problemi dei suoli. Per quanto riguarda i temi scientifici vengono affrontati il monitoraggio del fenomeno, la valutazione dei suoi impatti, in particolare sui servizi ecosistemici forniti dalle risorse naturali, l'analisi di politiche ed approcci che hanno determinato un utilizzo poco sostenibile della risorsa suolo in passato, la proposta di nuovi paradigmi e prospettive su cui basare le scelte future. Il tutto affrontato con un approccio interdisciplinare e multiscala, che affronta i processi di urbanizzazione, di impermeabilizzazione e di degrado dei suoli, evidenziandone gli impatti e individuando allo stesso tempo potenzialità e *best practices* che emergono da contesti territoriali ed esperienze differenti nel variegato patrimonio culturale e naturale italiano.

La prima sezione del presente contributo, riguarda gli aspetti qualitativi, quanti-

[*] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), *michele.munafo@isprambiente.it*.

[**] *Natural Resourses & Environmental Planning Lab.*, Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Università del Molise, *lorenzo.sallustio@studenti.unimol.it*, *marchettimarco@unimol.it.*

[***] INGV – Forum SiP, *stefano.salvi@ingv.it.*

tativi e metodologici per il monitoraggio del consumo di suolo, grazie all'utilizzo di casi studio particolari ed approcci innovativi frutto della continua ricerca e sperimentazione. Il monitoraggio del consumo di suolo ha assunto soprattutto negli ultimi anni una valenza di primo piano, come dimostrato sia dagli ingenti sforzi per l'aggiornamento degli strati informativi di base, che dagli sforzi in termini di ricerca per lo sviluppo di nuovi metodi più efficaci, efficienti ed economici. In termini di monitoraggio è importante distinguere i due approcci più comuni, ovvero quello cartografico e quello inventariale. Tra le varie iniziative a livello comunitario riguardanti l'approccio cartografico, si trova il programma Copernicus, coordinato e gestito dalla Commissione Europea, che ha portato, tra gli altri, alla produzione degli *High Resolution Layers*, mappe ad alta risoluzione ottenute da dati telerilevati ed aventi lo scopo di monitorare i processi di impermeabilizzazione a carico di coperture naturali quali foreste, praterie, zone umide e corpi idrici permanenti. A questo, vanno aggiunti diversi progetti a carattere regionale per la realizzazione di mappe d'uso del suolo, tra cui, ad esempio, quello promosso da PLANECO Project (planeco.org), riguardante la mappatura delle aree urbanizzate dal 1950 ad oggi. Con riferimento all'approccio campionario, invece, si dispone di diversi inventari di uso e copertura che presentano una serie di vantaggi legati soprattutto all'affidabilità, accuratezza ed economicità. A livello europeo si pensi ad esempio al progetto LUCAS, mentre a livello nazionale, tra gli altri, sono da menzionare la rete di monitoraggio del consumo di suolo dell'ISPRA, incentrata sul monitoraggio della copertura del suolo, e l'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI), basato invece principalmente sui cambiamenti d'uso. A questi vanno poi aggiunti inventari che potremmo definire di tipo tematico o settoriale, come ad esempio AGRIT, messo a punto dal MIPAAF e per il monitoraggio delle superfici agricole e delle rese delle principali colture agrarie italiane, tra i cui punti di forza vi è la capacità di combinare i dati provenienti dalla rilevazione diretta in campo con quelli ottenuti dalle immagini telerilevate. Stesso discorso per l'Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio, promosso sempre dal MIPAAF, ma riguardante più nello specifico il dominio delle foreste. Disporre di molti dati significa poter usufruire di molte informazioni che le capacità di analisi della ricerca scientifica possono tradurre in una maggiore comprensione dei fenomeni in atto, con l'obiettivo pratico di agevolare le scelte politiche e la pianificazione. Disporre di molti dati però, significa anche dover fare i conti con diverse metodologie di rilievo che in alcuni casi possono generare confusione e difficile interpretazione degli stessi. Sulla scia di tali considerazioni, la seconda sezione del volume tratta in modo particolare il tema degli impatti del consumo di suolo, soprattutto connessi alla sfera idrologica ed in riferimento a contesti rurali. I contributi tendono ad esplorare il delicato tema del rapporto città-campagna, oggi più che mai al centro di dibattiti ed interessanti spunti di discussione e confronto che non riguardano unicamente le tematiche ecologiche ed agronomiche, ma anche le sfere sociale, culturale e storica. Un dialogo spezzato, come molti autori attualmente affermano, ma che rappresenta allo stesso tempo lo *starting point* da cui ripartire per riorganizzare la politica e la pianificazione territoriale e arrivare ad un utilizzo sostenibile della risorsa suolo. In questa sezione viene inoltre discusso il ruolo delle varie politiche

economiche ed ambientali sui processi di urbanizzazione soprattutto in contesti rurali, con particolare riferimento al fenomeno dell'abbandono delle pratiche agricole. Un ruolo fondamentale in tal senso è legato alla Politica Agricola Comunitaria ed alle strategie di conservazione delle risorse naturali riconducibili, tra le altre, alla Direttiva Habitat. Da questa analisi si giunge quindi a concetti e pratiche innovative che vedono nell'agricoltura urbana, nei sistemi agroforestali, nella neoruralità, e più in generale nel progresso tecnologico e culturale, le chiavi per affrontare la difficile sfida delle politiche e delle strategie di mitigazione ed adattamento ai Cambiamenti Climatici, di importanza fondamentale per il sostegno al benessere umano anche nei contesti urbani. La terza sezione riguarda in modo particolare la valutazione degli impatti del consumo di suolo sul paesaggio e sui diversi servizi ecosistemici forniti dal Capitale Naturale. A tal proposito, negli ultimi anni si è assistito ad un notevole fermento nel dibattito scientifico internazionale, sul ruolo ed il valore da attribuire alle risorse naturali. Se da un lato, infatti, alcuni sostengono che tali risorse vadano gestite in maniera attenta e sostenibile già semplicemente in ragione del loro valore intrinseco e di esistenza, dall'altro molti ricercatori ed esperti ritengono che senza una quantificazione di tale valore (non necessariamente o esclusivamente economico) non sia possibile assicurare una tutela della risorsa realmente efficace. Il suolo esemplifica particolarmente bene questa situazione, in quanto il valore delle sue funzioni non viene quasi mai preso in considerazione nelle decisioni che ne prevedono la trasformazione o l'obliterazione, in altre parole il loro valore economico è considerato uguale a zero. Nell'ultimo decennio, analisi svolte in iniziative quali il TEEB: *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*, dell'ONU, hanno mostrato che la salvaguardia dei beni e dei servizi forniti dagli ecosistemi, comunemente conosciuti come servizi ecosistemici, è imprescindibile dalla quantificazione del loro valore, pena la continua distruzione del Capitale Naturale che rappresentano. A livello internazionale sono molte le ricerche in corso sulla corretta valutazione dei servizi ecosistemici, e l'ONU ha sviluppato un sistema sperimentale a questo scopo nell'ambito del SEEA (l'*Experimental Ecosystem Accounting system*). L'attribuzione di un valore economico (ma anche culturale, sociale, identitario) alle varie funzioni dell'ecosistema suolo è l'elemento fondamentale su cui basare le scelte politiche e la pianificazione dell'uso e della trasformazione del territorio in un'ottica di reale sostenibilità intra ed inter-generazionale. Anche le analisi presentate in questa parte del volume infatti dimostrano come spesso il consumo di suolo non risponda a reali esigenze di maggiori spazi o all'incremento del fabbisogno abitativo, bensì a logiche e dinamiche che fondano la propria ragione di essere proprio sulla mancanza di attribuzione di un valore, anche e soprattutto in termini economici, ai benefici prodotti dal Capitale Naturale. Ciò comporta, ad esempio una situazione di assoluta convenienza ai cambi d'uso di suolo a favore di superfici impermeabili, pur essendo queste ultime caratterizzate da benefici per la collettività assolutamente marginali rispetto a quelle preesistenti. I contributi in questa sezione sono volti da una parte ad analizzare gli impatti del consumo di suolo sui servizi ecosistemici, dall'altra ad offrire spunti e suggerimenti che guidino l'attribuzione di un valore tangibile alla risorsa suolo, e permettano di incorporare principi ecologici nella pianificazione urbana e territoriale in genere.

La quarta ed ultima sezione è dedicata al ruolo della politica, della pianificazione e del terzo settore sui processi di urbanizzazione, impermeabilizzazione e degrado dei suoli, a scala internazionale, nazionale e locale. Alcuni dei contributi affrontano infatti il delicato tema dei vuoti e delle carenze legislative che in diversi casi hanno permesso un uso poco razionale e consapevole della risorsa suolo, esponendola quindi a pressioni ed attacchi alla base del suo depauperamento. Dall'analisi delle problematiche, si passa quindi alle *best practices* di politica e pianificazione, che pongono al centro del discorso la revisione delle regole e la creazione di un contesto normativo più garantista nei confronti di questa importante risorsa, con l'ambizioso ma necessario obiettivo del *zero land uptake* entro il 2050, così come indicato anche dall'UE. Le proposte a tal fine sono diverse, tutte molto vicine ai concetti di sostenibilità, ri-uso e riqualificazione mettendo al centro della pianificazione e della politica territoriale un concetto molto caro all'ecologia quale quello della resilienza, puntando dunque alla valorizzazione della capacità innata di sistemi naturali e seminaturali di poter reagire e adattarsi o co-adattarsi a quelle che sono le modificazioni imposte dal tempo e dalla presenza dell'uomo. Tra le strade possibili, oltre a quella normativa, troviamo diverse proposte anche estremamente innovative quali ad esempio quelle legate alla pastorizia e all'agricoltura urbana, che in alcuni casi da fenomeni di nicchia stanno diventando realtà dai molteplici benefici. In un contesto potenzialmente innovativo come quello legato alla difesa dei spazi periurbani e riqualificazione di quelli che potremmo definire *post-urbani*, ovvero gli spazi interni delle città abbandonati a se stessi, un ruolo fondamentale è giocato dalla mutazione dell'approccio con cui il politico, il pianificatore ed il cittadino stesso percepiscono tali luoghi e spazi. Tra i vari soggetti interessati alle problematiche legate al consumo di suolo e alla perdita di servizi ecosistemici, è in forte incremento la partecipazione diretta della popolazione, a volte attraverso un associazionismo di tipo localistico e protezionista, ma sempre più spesso propositivo e mirante a supplire alle deficienze o alla scarsa attenzione dei decisori politici sulla materia. Infatti la relazione tra i servizi ecosistemici e il benessere della persona, soprattutto per i servizi di supporto alla vita e culturali è evidentemente più chiara tra le comunità locali che nelle Amministrazioni di governo, in particolare quelle centrali. Inoltre, a causa della rigidità dei sistemi di governo, i cittadini sono spesso i primi a reagire in modo innovativo e propositivo ai problemi del consumo e degrado di suoli, che spesso vivono in prima persona (si pensi ad esempio alle aree contaminate da rifiuti tossici). Questo straordinario apporto del terzo settore dimostrato negli ultimi anni nei vari contesti e nelle varie battaglie per la difesa dei beni comuni e delle risorse naturali, non sempre viene legittimato dalle altre componenti della società civile. Come dimostrato da questo convegno e dai contributi presentati sul tema, la conoscenza generata dalla ricerca scientifica sui meccanismi che regolano e proteggono le funzioni dell'ecosistema suolo, è elemento fondamentale per una corretta gestione di questa risorsa. Questa conoscenza deve anche costituire la base razionale su cui portare avanti il confronto tra la società civile e le Amministrazioni di governo del territorio, con l'intento di assicurare l'equilibrio tra uomo e ambiente necessario per affrontare le sfide epocali che caratterizzano il nostro tempo e quello delle future generazioni.

Parte Prima
Il monitoraggio quali-quantitativo del consumo di suolo

Integrazione tra sistemi innovativi di rilevamento e piattaforme GIS per il monitoraggio della città diffusa

di M. Campi, L. Colombo, E. M. Farella e I. G. Palomba

Riassunto

Il fenomeno della dispersione insediativa e del conseguente consumo di suolo presenta nel nostro Paese caratteri differenziati in base alle aree geografiche in cui si manifesta. Se, infatti, nelle regioni settentrionali l'espansione è principalmente legata a nuovi processi produttivi che nascono dalla fine degli anni Settanta e alla commistione di funzioni all'interno dei singoli fabbricati, nelle regioni meridionali la crescita assume maggiormente il carattere dell'abusivismo, in assenza di una pianificazione e controllo del territorio.

Gli autori propongono una nuova metodologia di analisi, monitoraggio, catalogazione e rappresentazione di questo fenomeno, in un approccio multidisciplinare che fornisca strumenti utili alla progettazione di interventi di riqualificazione di queste aree. L'obiettivo è una sostituzione del sistema cartografico tradizionale con un nuovo tipo di documentazione tridimensionale. L'integrazione dei dati derivanti da acquisizioni aeree e terrestri, tramite l'utilizzo di strumentazioni tecnologicamente avanzate di rilievo, e la loro importazione in ambiente GIS 3D, viene qui proposta seguendo una logica di caratterizzazione semantica delle tipologie e degli elementi dell'architettura e dell'ambiente indagato.

Summary

Urban sprawl and the resulting consumption of land in our Country has different features, according to geographical areas in which it occurs. If, in fact, in the northern areas, the sprawl is mainly due to new production processes, that arise from the late Seventies, and to the admixture of functions in individual buildings, in the southern areas sprawl is linked to the lack of planning and control of the territory. The authors propose a new method of analysis, tracking, cataloging and representation of this phenomenon, in a multidisciplinary approach that provides tools for the planning of redevelopment actions of these areas. The goal is replace traditional mapping system with a new type of three-dimensional documentation. The integration of aerial and terrestrial data, through the use of technologically ad-

vanced equipment of surveying, and their use on 3D GIS platforms, is proposed here following a semantic characterization for types and elements of the architecture and the environment investigated.

1. Integrazione tra sistemi innovativi di rilevamento e piattaforma GIS

Negli ultimi vent'anni, la città diffusa ha segnato, in Italia, una evidente rottura con i modelli che avevano orientato la crescita urbana fino alla fine degli anni Sessanta. Il decentramento di residenze, attività produttive e terziarie, l'espansione insediativa a bassa densità e la diffusione capillare dei mezzi di trasporto individuali sono alla base di una crescita edilizia incontrollata che ha condotto ad impatti negativi sul territorio. Le cause di ciò sono qui sinteticamente analizzate per le regioni nord-orientali, dove il fenomeno nasce e si consolida, e meridionali, per le quali la diffusione è strettamente legata all'abusivismo.

Nel nord-est, il disordine insediativo e la commistione di funzioni fondano l'organizzazione dello spazio sulla rete infrastrutturale esistente, consumando e occupando ampie porzioni di suolo. In tale contesto, se inizialmente la diffusione dell'automobile, le trasformazioni demografiche e le politiche per l'abitazione hanno reso migliori le condizioni abitative della città moderna, attualmente, gli effetti negativi prevalgono sui vantaggi prodotti un tempo. Tra le diverse cause legate al fenomeno, si sottolinea anche la responsabilità delle strumentazioni urbanistiche che, in tali contesti, sembrano avere spinto all'erosione del suolo, alla distruzione di aree agricole e, dunque, alla scomparsa del confine tra città e campagna.

Se per le regioni nord-orientali i nuovi processi produttivi e le possibilità economiche conducono ad una nuova forma di città, al sud la crescita insediativa compensa lo scarso sviluppo economico con la supplenza dell'edilizia, e quindi della rendita fondiaria, alla capacità imprenditoriale. Con gli interventi per l'industrializzazione del Mezzogiorno, le aree pianeggianti accolgono le infrastrutture viarie e ferroviarie e i grandi insediamenti, grazie ai facili collegamenti con i nodi di trasporto e all'accessibilità alle attività terziarie delle aree urbane. Nel contempo, inizia l'espansione a macchia d'olio dei centri urbani dovuta alla consistente domanda di abitazioni derivante dal crescente reddito medio locale. Si genera così un territorio "a due velocità": il primo, spontaneo e povero di servizi, con una notevole tendenza all'espansione; il secondo pianificato con le modalità dell'intervento straordinario. Tuttavia, lo sviluppo dei centri urbani non è mai condotto con razionalità ed efficacia dalla pianificazione comunale, la quale si rivela negligente e dannosamente arrendevole verso gli interessi privati che hanno condotto nel tempo ad una crescita edilizia prevalentemente abusiva, trovando il favore delle ripetute leggi sul condono e dei piani che prescrivono tipologie di espansione sulla base di accordi già presi tra venditori e acquirenti o semplicemente all'assenza di un controllo normativo. L'erosione del suolo, l'uso dell'automobile e la scarsa coesione sociale sono alcune delle conseguenze che

accomunano il nord-est col sud, pur riscontrandosi notevoli differenze tra le cause che hanno indotto le recenti trasformazioni territoriali.

Emerge l'esigenza, dopo queste ultime considerazioni, di agire per la limitazione degli impatti della diffusione sul territorio, puntando su un innovativo sistema di monitoraggio e controllo delle trasformazioni, e, successivamente, sull'elaborazione di programmi di riqualificazione per insediamenti privi di qualità urbana e architettonica. Considerate, dunque, le diverse forme in cui si manifesta il consumo di suolo, ogni intervento di riqualificazione deve tener conto, pur nel riconoscimento di matrici comuni, dei caratteri specifici con cui queste trasformazioni hanno avuto luogo. Pertanto, il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II ha avviato una collaborazione interdisciplinare, nella consapevolezza che per ottenere esiti più efficaci nella progettazione degli interventi di riqualificazione e controllare e limitare gli impatti gli impatti di queste trasformazioni sul territorio, occorre migliorare la metodologia di indagine, classificazione e rappresentazione dei fenomeni. In quest'ottica, si rivelano fondamentali le sperimentazioni condotte nel settore della rappresentazione dell'architettura e dell'ambiente, con l'utilizzo delle moderne strumentazioni per il rilievo digitale.

In pochi anni, il progresso tecnologico ha favorito un profondo cambiamento nelle modalità di acquisizione ed elaborazione dei dati. Le *nuvole di punti*, il nuovo prodotto delle indagini di rilievo digitale, rappresentano la realtà discretizzata nelle sue tre dimensioni, in un ambiente virtuale e con accuratezze anche millimetriche.

Tra i sistemi LIDAR (*Light Detection and Ranging*), l'utilizzo e le sperimentazioni condotte dal dipartimento con *Laser Scanner 3D*, ha mostrato nel tempo ottimi risultati nella restituzione dei dati metrici e materici, sia a scala architettonica che urbana. Da alcuni anni, inoltre, lo sviluppo della fotogrammetria digitale e parallelamente di piattaforme a pilotaggio remoto per l'acquisizione di immagini aeree, gli UAV (*Unmanned Aerial Vehicles)*[1], hanno restituito alla tecnica fotogrammetrica un ruolo centrale nella rappresentazione, che sembrava perduto con lo sviluppo dei sensori attivi. Considerando i costi contenuti di queste strumentazioni, la possibilità di condurre indagini multi-temporali (con la ripetizione dei voli ad intervalli di tempo determinati), la disponibilità di software *open-source* per l'elaborazione dei dati, si intuisce il grande interesse per il loro utilizzo nelle analisi morfologiche sulla città.

Lo studio in corso prevede, dunque, l'integrazione dei dati provenienti da metodologie diverse di rilevamento, per completare le informazioni derivanti da indagini terrestri, con quelle provenienti da acquisizioni aeree ed ottenere così una documentazione completa del contesto in cui andrà a svilupparsi il progetto[2]. Ma soprattutto, considerata l'attuale possibilità di inserire la *nuvola di punti* completa in ambiente GIS 3D, lo studio punta ad una classificazione delle informazioni

[1] Nex F. and Remondino F. (2013), "UAV for 3D mapping applications: a review", *Applied Geomatics*, 6:1-15.

[2] Anzalone G., Orlando P. e Sciortino R. (2009), "Integrazione di dati LIDAR ed immagini aeree per la generazione di modelli territoriali 3D realistici", *Atti 13° Conferenza Nazionale ASITA*, Bari, 1-4 dicembre.

ottenute dal rilievo effettuato. Applicando la logica della segmentazione semantica dei modelli tridimensionali, utilizzata, ad esempio, in alcuni studi sulla documentazione del patrimonio archeologico[3], per classificare e dunque visualizzare su diversi livelli elementi e parti di alcune strutture architettoniche dell'antichità, l'obiettivo è quello di ottenere in ambiente GIS un risultato analogo ma su scala molto più ampia, con attenzione alle caratteristiche tipologiche e morfologiche del tessuto urbano in esame e delle aree naturali da monitorare. In sintesi, si prevede di utilizzare i dati del rilievo per restituire, nel sistema informativo geografico, una rappresentazione dettagliata del suolo e dell'ambiente edificato, attraverso accurati modelli tridimensionali discretizzabili, ricavati *dalla nuvola di punti*, le cui parti siano definibili e visualizzabili attraverso l'utilizzo di classificazioni semantiche diverse. Sarà, dunque, in questo modo possibile, nella fase progettuale, avere un chiaro riferimento del contesto in cui operare, attraverso una completa documentazione tridimensionale, dati metrici e materici accurati, una chiara classificazione tipologica degli edifici e delle presenze naturali, caratteristiche degli abusi riscontrati nella fase di indagine e aree da monitorare in quanto a rischio di compromissione. Infine, una metodologia di analisi di questo tipo e l'aggiornamento costante dei dati tramite un monitoraggio permanente consentirebbe l'osservazione delle trasformazioni come fenomeno *in fieri*, legando cause ed effetti nella registrazione dei dinamismi.

Riferimenti bibliografici

Anzalone G., Orlando P. e Sciortino P. (2009), "Integrazione di dati LIDAR ed immagini aeree per la generazione di modelli territoriali 3D realistici", *Atti 13° Conferenza Nazionale ASITA*, Bari, 1-4 dicembre.

Colombo L. (2012), *Pianificazione urbanistica e Valutazione ambientale*, Edizioni Le Penseur.

Debernardi L. (2002), "Dalla polarizzazione industriale alla città diffusa", in Davico L., Debernardi L., Mela A., Preto G., a cura di, *La diffusione urbana nell'Italia settentrionale. Fattori, dinamiche, prospettive.* Milano, Franco Angeli.

Indovina F., (1990), *La città diffusa*, Venezia, Istituto Universitario di Architettura di Venezia.

Manferdini A.M., Remondino F., Baldissini S., Gaiani M. and Benedetti B. (2008), "3D modeling and semantic classification of archaeological finds for management and visualization in 3D archaeological databases" *Proc. 14th Int. Conference on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM)*. Limassol, Cyprus, pp. 221-228.

Nex F., Remondino F., (2013), UAV for 3D mapping applications: a review. Applied Geomatics, 6: 1-15.

[3] Manferdini A.M., Remondino F., Baldissini S., Gaiani M., Benedetti B. (2008), "3D modeling and semantic classification of archaeological finds for management and visualization in 3D archaeological databases", *Proc. 14th Int. Conference on Virtual Systems and MultiMedia (VSMM).* Limassol, Cyprus, pp. 221-228.

Il consumo di suolo agricolo-forestale nel decennio 2005-2015 monitorato con gli strument dell'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC)

di E. Pompei[*], L. Canini[*], P. Gasparini[**] e M. Rizzo[**]

Riassunto

L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio (INFC), nella prima fase di rilievo, prevede la classificazione dell'uso-copertura del suolo su un campione di circa 301.000 punti distribuiti in modo uniforme sul territorio nazionale. La classificazione avviene per fotointerpretazione di ortofoto, utilizzando uno schema corrispondente al primo livello del sistema europeo *Corine*. La fotointerpretazione è stata realizzata in due momenti, in occasione del secondo e del terzo inventario, rispettivamente INFC2005 e INFC2015. Gli autori illustrano la procedura di classificazione adottata e i controlli di qualità dei dati, e presentano i risultati relativi alle variazioni dell'uso-copertura del suolo in Italia nel decennio 2005-2015, con particolare riferimento alla superficie forestale e alle relazioni di questa forma d'uso con le altre presenti sul territorio. L'analisi comparata delle stime di superficie forestale prodotte a conclusione di INFC2005 e delle stime preliminari ottenute dalla prima fase di INFC2015 ha confermato per tutte le regioni italiane l'aumento della copertura forestale. La superficie occupata annualmente da nuove formazioni arboree ed arbustive è risultata pari a circa 63,000 ha, di cui 53,000 ha bosco secondo la definizione FAO. L'aumento della superficie forestale riguarda in particolare alcune regioni del Centro (Lazio e Molise) e molte regioni del Sud Italia (Campania, Basilicata, Calabria e Sicilia); l'espansione ha interessato soprattutto le superfici agricole (circa 50%) e aree in precedenza classificate come praterie, pascoli e incolti (40%). Il confronto tra le due classificazioni fornisce inoltre indicazioni sulla riduzione delle superfici agricole e sul consumo di suolo.

Parole chiave: uso del suolo, copertura del suolo, superficie forestale, inventario forestale, fotointerpretazione.

[*] Corpo forestale dello Stato Roma.

[**] Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria – Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale (CRA-MPF, Trento).

Summary

In the Italian National Inventory of Forests and Forest Carbon Pools (INFC), the classification of land use-land cover was carried out during the first phase of the survey, in a sample of about 301.000 points evenly distributed across the country. The classification is performed by photointerpretation of orthophotos, using a scheme consistent with the first level of the European classification Corine. Photointerpretation was carried out two times, during the second and the third national forest inventory, INFC2005 and INFC2015 respectively. Authors describe the classification procedure and data quality control of the surveys, and show the results on land use-land cover changes in Italy in the period 2005-2015, focusing on forest and other wooded land area and its relationships with other land uses. The comparison between INFC2005 estimates of forest and other wooded land area and the preliminary estimates provided by the INFC2015 photointerpretation confirmed that forest cover is still increasing in all administrative regions of Italy. The area yearly occupied by secondary tree and shrub vegetation is about 63,000 ha, of which 53,000 are classified as new forests according to FAO definition. The increase of the forest area is particularly important in some regions of Central Italy (Lazio and Molise) and in many Southern regions (Campania, Basilicata, Campania and Sicilia); the expansion of forests occurs mainly on abandoned agricultural land (50%) and on land classified as pastures and natural grassland by the previous photointerpretation (40%). The comparison of the results of the two surveys provided also some information on the reduction of agricultural land and on land consumption.

Key words: land use, land cover, forest area, forest inventory, photointerpretation.

1. Introduzione

L'inventario forestale nazionale italiano (Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio - INFC) prevede una prima fase di rilievo diretta all'osservazione dell'uso-copertura del suolo in corrispondenza di punti di campionamento distribuiti in modo uniforme sul territorio nazionale. La classificazione dell'uso-copertura avviene per fotointerpretazione di ortofoto, secondo uno schema costituito da cinque grandi classi mutualmente esclusive e al tempo stesso complementari ed esaustive, riferibili al primo livello del sistema di classificazione *Corine* (Commissione Europea, 1993): superfici artificiali, superfici agricole, superfici boscate e ambienti seminaturali, zone umide e acque. Le principali classi vengono quindi ripartite in dieci sottoclassi in funzione dell'obiettivo principale dell'indagine, ossia l'individuazione delle superfici forestali (Gasparini *et al.*, 2014). Queste ultime vengono individuate sulla base dei criteri stabiliti dalle definizioni FAO di bosco (*forest*) e di altre terre boscate (*other wooded land*): la presenza di alberi con altezza maggiore di 5 m, o in grado di raggiungere questa soglia a maturità *in situ*, con copertura superiore a 10% su un'area di superficie maggiore

di 0.5 ha, e l'assenza di un uso prevalente agricolo o urbano (FAO, 2004; FAO, 2012). Per le altre terre boscate, la copertura di arbusti o alberi che non superano i 5 metri in altezza deve essere superiore a 10%.

La classificazione dell'uso-copertura realizzata con la prima fase inventariale ha lo scopo di individuare insiemi omogenei di punti (strati) utili per realizzare le successive fasi di rilievo al suolo, che interessano sottocampioni di punti selezionati a partire dagli strati di interesse per l'inventario forestale, principalmente la sottoclasse delle aree boscate (Gasparini e Tabacchi, 2011). Durante i rilievi al suolo l'uso-copertura assegnato per fotointerpretazione viene verificato e classificato in via definitiva grazie alla possibilità di osservare caratteri non facilmente valutabili sull'ortofoto, ma essenziali ai fini della corretta applicazione della definizione di bosco adottata, quali l'uso del suolo prevalente, la ripartizione della copertura in specie arboree e arbustive e l'altezza potenziale della vegetazione. I dati ottenuti con la classificazione del sottocampione di punti inventariali osservato al suolo, insieme a quelli derivanti dalla fotointerpretazione, consentono di stimare la superficie forestale complessiva, la superficie del bosco e delle altre terre boscate e le relative ripartizioni in tipi di vegetazione (le categorie forestali) a livello nazionale e regionale. Le stime definitive ufficiali dell'INFC riguardano pertanto solo la componente forestale dell'uso del suolo, che rappresenta il dominio dell'indagine inventariale.

La fotointerpretazione dell'uso-copertura ai fini dell'inventario forestale è stata realizzata in due momenti, in corrispondenza del secondo e del terzo inventario forestale nazionale, rispettivamente INFC2005 e INFC2015. Il campione di punti osservato per i due inventari è rimasto invariato, come pure sostanzialmente invariati sono la procedura di fotointerpretazione e il sistema di classificazione. Le stime preliminari prodotte da INFC2015 sulla base dei risultati della fotointerpretazione, conclusa nel 2013, consentono una prima valutazione delle variazioni intercorse nel decennio che separa le due indagini inventariali, con particolare riferimento all'uso-copertura forestale e alle relazioni di questa forma d'uso con le altre presenti sul territorio.

Il presente lavoro illustra in sintesi la procedura di classificazione adottata per l'INFC, le attività svolte per assicurare la qualità dei dati e i risultati preliminari al termine dell'attività di fotointepretazione dell'INFC2015.

1. Materiali e metodi

1.1. La fotointerpretazione nell'inventario forestale nazionale

La classificazione dell'uso-copertura del suolo ha riguardato circa 301,000 punti di campionamento distribuiti sul territorio nazionale secondo uno schema definito *tessellated sampling* (Sarndal *et al.*, 1992). Il territorio è stato suddiviso in porzioni quadrangolari attraverso la sovrapposizione di un reticolo regolare con maglie di ampiezza 1 km x 1 km (Floris e Scrinzi, 2010) che copre l'intero territorio nazionale; all'interno di ciascuna porzione è stato estratto casualmente un punto in

corrispondenza del quale realizzare le osservazioni e le misure previste dal protocollo inventariale. Tra queste, la classificazione per fotointerpretazione dell'uso-copertura del suolo del poligono omogeneo in cui ricade ciascun punto, secondo lo schema di classificazione presentato in tabella 1.

Tab. 1 - Classi e sottoclassi di uso-copertura del suolo secondo la tipologia adottata per la classificazione dei punti di campionamento di prima fase INFC.

Classe	*Sottoclasse*
Superfici artificiali	
	Parchi urbani
	Altre superfici artificiali
Superfici agricole	
	Impianti di arboricoltura da legno
	Impianti di arboricoltura da frutto
	Altre superfici agricole
Superfici boscate e ambienti seminaturali	
	Aree boscate
	Formazioni forestali
	Formazioni forestali rade
	Aree temporaneamente prive di soprassuolo
	Praterie, pascoli e incolti
	Aree con vegetazione rada o assente
Zone umide	
Acque	

La classificazione ha visto impegnati, in entrambe le occasioni, circa 50 fotointerpreti del Corpo forestale dello Stato provenienti dagli uffici territoriali, nonché dei Corpi forestali delle Regioni e Province Autonome, che sono stati formati allo scopo. La procedura di classificazione ideata dall'Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale del CRA è descritta in dettaglio in Gasparini *et al.* (2014).

Per la fotointerpretazione sono state utilizzate ortofoto di fonte AGEA in formato digitale, in bianco e nero e con risoluzione 1 m per INFC2005 e a colori con risoluzione 50 cm per INFC2015, le prime derivanti da coperture realizzate negli anni 2000-2003 e le seconde da coperture relative agli anni 2010-2012; per quest'ultima copertura le ortofoto sono disponibili anche all' infrarosso falso colore, con la stessa risoluzione. Le ortofoto vengono visualizzate attraverso un applicativo GIS sviluppato per INFC e che consente la ricerca dei punti da fotointerpretare, la consultazione di coperture ortofotografiche di epoca diversa e l'archiviazione dei risultati della classificazione. L'applicativo consente inoltre di visualizzare alcuni oggetti grafici di supporto alla fotointerpretazione quali l'intorno di analisi e una griglia per la valutazione della copertura arboreo-arbustiva (Gasparini *et al.*, 2014), nonché di utilizzare strumenti per la misura di lunghezze e superfici, utili per la verifica del superamento delle soglie di estensione e larghezza previste dalla definizione di bosco adottata. Il WebGIS GeoInfo[1]

[1] GeoInfo è stato realizzato da SIN SpA su incarico del Corpo forestale dello Stato

utilizzato per INFC2015 consente inoltre di visualizzare l'intorno del punto da classificare sull'ortofoto "storica" utilizzata per la classificazione dell'uso-copertura nel precedente inventario. Questa funzione permette al fotointerprete di valutare lo stato attuale, sull'ortofoto più recente (2010-12), in relazione all'uso-copertura presente all'epoca della fotointerpretazione di INFC2005 e di segnalare l'eventuale cambiamento di uso-copertura del suolo avvenuto nel periodo intercorso tra le due indagini, in tutti i casi in cui tale cambiamento sia significativo ed evidente (fig. 1).



Fig. 1 – Esempio di cambiamento di uso-copertura del suolo: a sinistra l'immagine riferita al periodo 2010-12 (INFC2015), uso-copertura del suolo "Superfici boscate e ambienti seminaturali"; a destra l'immagine riferita al periodo precedente 2000-2002 (INFC2005), uso-copertura "Superfici agricole".

Gli stimatori della superficie forestale e del relativo errore campionario applicati per produrre le statistiche inventariali sono descritti in Fattorini *et al.* (2011); essi impiegano le proporzioni di punti per ciascuna classe di uso-copertura, nelle diverse regioni, derivanti sia dalla prima fase (fotointerpretazione) sia dai rilievi al suolo, questi ultimi limitatamente al sottocampione di punti selezionato. Per INFC2005 sono disponibili le stime definitive della superficie forestale risultanti dalla fotointerpretazione e dalla successiva verifica al suolo condotta nel periodo 2004-2005 (www.infc.it). Per convenzione, l'epoca di riferimento di tutte le stime inventariali del secondo inventario forestale nazionale, non solo quelle di superficie ma anche quelle relative ai caratteri quantitativi delle foreste italiane (volume legnoso, biomassa, accrescimento, necromassa, ecc.) è l'anno 2005, in quanto i rilievi al suolo si sono conclusi nel 2006. La prima fase del terzo inventario forestale nazionale si è conclusa nel 2013, mentre la successiva fase al suolo, attualmente in corso di progettazione, verrà realizzata negli anni 2016-17. In mancanza dei dati derivanti dai rilievi al suolo per INFC2015, sono state prodotte stime preliminari della superficie forestale sulla base dei risultati della fotointerpretazione già con-

clusa e dei tassi di conferma-non conferma della classificazione osservati con la fase al suolo di INFC2005. Le stime preliminari sono state utilizzate in occasione di attività di *reporting* internazionale (UNECE-FAO FRA2015, SoEF2015 e Protocollo di Kyoto) che richiedevano l'aggiornamento delle stime di superficie con scadenza 2013-2015. In analogia con quanto deciso per INFC2005, si è stabilito un anno di riferimento delle stime prodotte dal terzo inventario forestale nazionale, il 2015, che si colloca in un momento intermedio tra la prima fase e i rilievi al suolo, a dieci anni dal precedente inventario. I risultati illustrati nel presente lavoro si riferiscono alle stime definitive per INFC2005 e a quelle preliminari per INFC2015. Si tratta in questo secondo caso di stime provvisorie, che necessariamente verranno riviste e corrette a conclusione dei rilievi al suolo, ma che possono già fornire una indicazione di massima sull'evoluzione della copertura forestale in Italia nell'ultimo decennio e sulle principali cause della sua variazione. Analogamente, la classificazione delle altre forme di uso-copertura attuata mediante fotointerpretazione, in occasione delle due indagini inventariali, offre indicazioni utili riguardo all'evoluzione dell'uso del suolo in Italia.

1.2. Il controllo di qualità della fotointerpretazione

Allo scopo di garantire la qualità dei dati e il controllo degli errori non campionari, in entrambe le indagini inventariali sono state applicate procedure di assicurazione della qualità (QA, *Quality Assurance*) per la verifica della completezza, congruenza e riproducibilità delle classificazioni. I principali controlli di completezza (presenza di tutte le informazioni richieste) e congruenza (corrispondenza tra classi e sottoclassi di uso-copertura del suolo) venivano effettuati in automatico dal sistema GIS. Altri controlli relativi, ad esempio, alla segnalazione degli inclusi o dei cambiamenti significativi di uso-copertura, non implementati nell'applicativo GIS, sono stati eseguiti attraverso *query* di selezione applicate ai dati presenti nell'archivio. I controlli di riproducibilità invece, finalizzati alla verifica della coerenza di classificazione tra operatori diversi, hanno previsto la riclassificazione, in corso d'opera e a posteriori, di una certa quantità di punti da parte di un gruppo di operatori di riferimento esterni al gruppo di fotointerpreti del CFS. Per INFC2015, inoltre, è stata realizzata una ulteriore verifica secondo il principio del *blind-check* su un sottocampione di punti inventariali, pari al 10% del campione (30.135 punti), sottoposto ad una doppia classificazione da parte di due operatori CFS, allo scopo di verificare la concordanza di classificazione interna al gruppo di fotointerpreti. Obiettivo principale dei controlli di riproducibilità in corso d'opera è stato seguire il lavoro di fotointerpretazione per accertarsi che fossero mantenuti livelli di qualità superiori a soglie stabilite e garantire uniformità nelle interpretazioni. I controlli in corso d'opera per INFC2015 hanno riguardato sottoinsiemi di punti di campionamento selezionati sulla base di un indicatore di qualità costruito utilizzando le classificazioni di INFC2005 e i dati dei relativi controlli, messi a confronto con le classificazioni dei fotointerpreti di INFC2015, e sulla base dei risultati del *blind check* e delle stime provvisorie di superficie delle diverse classi e sottoclassi che si

producevano mano a mano che procedeva la fotointerpretazione. In questo modo i controlli sono stati maggiori nelle situazioni con elevata probabilità di presenza di errori di classificazione. I controlli in corso d'opera sono stati eseguiti su un totale di 9.766 punti, pari al 3,2% dei punti della rete INFC2015.

Oltre ai controlli in corso d'opera e al *blind-check*, sono state condotte delle verifiche finali (controlli a posteriori o collaudi) su un sottocampione dei punti inventariali selezionato secondo una procedura casuale e stratificata per distretto territoriale. Il collaudo ha riguardato dapprima il 2% dei punti inventariali di ciascuna regione; successivamente, per le regioni con esito negativo, è stato controllato un ulteriore sottocampione pari al 2% dei punti, ottenendo per queste ultime un campione complessivo di collaudo costituito dal 4% dei punti inventariali, per un totale di 7,897 punti. I controlli e l'analisi dei dati risultanti dagli stessi, analogamente a quanto realizzato per INFC2005, sono stati realizzati secondo una procedura basata sull'individuazione di Obiettivi di Qualità (MQOs, *Measurement Quality Objectives*) e di Limiti di Qualità (DQLs, *Data Quality Limits*). I primi corrispondono a classificazioni errate ammissibili o errori di misurazione tollerabili, mentre i secondi corrispondono alla frequenza desiderata di raggiungimento degli MQOs, ossia a soglie massime di errori o discordanze ammissibili.

L'esito finale del collaudo ha evidenziato concordanza di classificazione tra operatori CFS e collaudatori nel 95,6% dei punti controllati, a livello nazionale, valore nettamente superiore alla soglia prefissata (DQLs 90%); la concordanza è risultata complessivamente superiore al 90% anche in tutti i distretti territoriali. Riguardo alle classi di maggiore interesse ai fini dell'inventario forestale, la concordanza a livello nazionale è risultata pari a 97,9% per l'insieme delle sottoclassi delle Aree boscate e a 98.1% per la sottoclasse delle Formazioni forestali, valori entrambi superiori alla soglia prefissata (DQLs 95%). L'accuratezza globale, calcolata sulla base della matrice di confusione ottenuta dal confronto delle classificazioni dei fotointerpreti e dei collaudatori è risultata pari a 94,8% a livello di classi di uso-copertura e pari a 92,6% a livello di sottoclassi (concordanza tra la classe-sottoclasse attribuita dall'operatore CFS e quella attribuita dall'operatore del collaudo). I risultati del *blind-check*, infine, mostrano un elevato livello di concordanza tra operatori; riguardo alla sottoclasse delle superfici boscate e, più in particolare, a quella delle formazioni forestali, la concordanza è risultata pari rispettivamente a 94% e a 95%.

2. Risultati

Il grafico in fig. 2 mostra l'estensione del bosco e delle altre terre boscate nelle diverse regioni italiane secondo le stime dell'inventario forestale nazionale italiano; come sopra specificato, si tratta di stime di superficie definitive per INFC2005 e preliminari per INFC2015. A livello nazionale, nel periodo 2005-2015 la superficie forestale costituita dal bosco e dalle altre terre boscate, esclusi gli impianti di arboricoltura da legno, risulta avere subito un aumento del 6% corrispondente a oltre 63.000 ha l'anno. L'aumento della superficie forestale riguarda tutte le regio-

ni italiane, e in particolare alcune regioni del Centro (Lazio e Molise) e molte regioni del Sud Italia (Campania, Basilicata, Calabria e Sicilia). Se si considera solo il bosco, escludendo sempre gli impianti di arboricoltura, la differenza tra la superficie stimata con INFC2005 e quella stimata, in via preliminare, dall'INFC2015 è di poco inferiore a 530.000 ha, con un incremento annuo stimato di circa 53.000 ha. Rispetto al periodo di osservazione 1985-2005, compreso tra il primo e il secondo inventario forestale nazionale, il ritmo di espansione della superficie forestale ha subito un sensibile rallentamento, ma il fenomeno è ancora importante, in particolare per alcune aree del Paese.

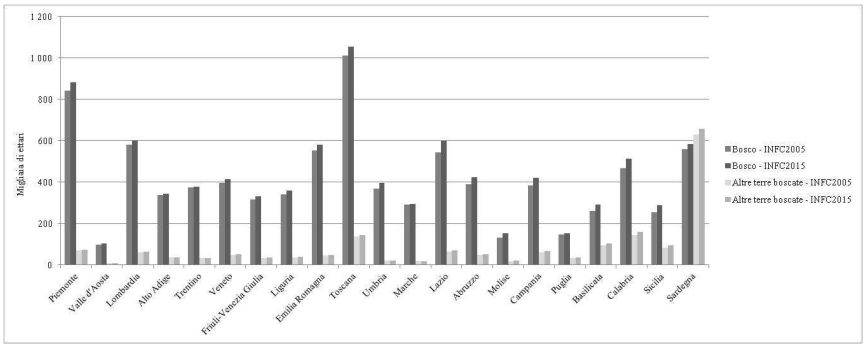


Fig. 2 – Estensione del bosco e delle altre terre boscate nelle regioni italiane: stime definitive del secondo inventario forestale nazionale (INFC2005) e stime preliminari del terzo inventario forestale nazionale (INFC2015); sono esclusi gli impianti di arboricoltura da legno.

Dall'analisi dei risultati della fotointerpretazione realizzata per INFC2015 emerge che l'espansione della superficie forestale ha interessato soprattutto le superfici agricole (in circa il 50% dei punti) e la classe delle praterie, pascoli e incolti (circa il 40% dei punti) della precedente fotointerpretazione. Il fenomeno inverso ossia la perdita di superficie forestale a vantaggio di altre forme di uso-copertura (agricolo o urbano, in particolare) è risultato molto circoscritto, anche se non trascurabile. Il conteggio dei punti di campionamento interessati da un cambiamento significativo di uso/copertura del suolo e che sono passati dalla classe delle Aree boscate (bosco e altre terre boscate, esclusi impianti di arboricoltura) ad altro uso non forestale porta ad una stima provvisoria di deforestazione annua pari a circa 5.400 ha nel periodo 2005-2015, di cui 3.700 circa per il bosco. Nonostante l'indagine inventariale non sia finalizzata alla stima dell'estensione degli usi del suolo diversi da quello forestale, la fotointerpretazione ha fornito alcune indicazioni riguardo ad altri due fenomeni importanti: la riduzione delle superficie agricola e l'espansione delle aree urbane e dell'uso artificiale in generale. Dal confronto delle classificazioni operate nelle due occasioni emerge una contrazione della superficie agricola di circa il 7% nel decennio 2005-2015. L'uso-copertura del suolo attuale di queste superfici risulta essere per oltre il 70% dei punti quello delle aree boscate e degli ambienti seminaturali, inclusi praterie, pascoli e incolti; importante anche il

fenomeno della conversione di aree agricole in aree ad uso artificiale (25% dei punti) (fig. 3). Il confronto tra le stime ottenute dalle due classificazioni per fotointerpretazione indica per il periodo 2005-2015 un aumento annuo delle aree ad uso artificiale (zone urbane e insediamenti in genere, vie di comunicazione, aree industriali, impianti per la produzione di energia, ecc.) pari allo 0,1% della superficie territoriale, corrispondenti a circa 32.000.



Fig. 3 – Area classificata come superficie artificiale per la presenza di un impianto per la produzione di energia (a sinistra) realizzato in un'area in precedenza destinata all'uso agricolo (a destra).

3. Discussione e conclusioni

La realizzazione di una nuova classificazione dell'uso-copertura del suolo per il campione di punti dell'inventario forestale nazionale ha confermato la presenza del fenomeno di espansione della superficie forestale in Italia e ha consentito una stima aggiornata, seppure preliminare, della sua entità nell'ultimo decennio. Per il periodo 1985-2005, il confronto tra le stime prodotte dal primo e dal secondo inventario forestale nazionale aveva fornito una stima dell'aumento annuo della copertura forestale complessiva pari a circa 90.000 ha, cui quasi 78.000 ha afferenti al bosco secondo la definizione FAO e i rimanenti alle altre terre boscate (De Natale e Gasparini, 2011). I risultati illustrati nel presente lavoro indicano che il fenomeno è ancora presente, anche se il tasso di espansione del bosco è risultato minore; ciò è dovuto probabilmente alla progressiva saturazione delle aree idonee alla colonizzazione spontanea della vegetazione arboreo-arbustiva. Le difficoltà di comparazione delle stime dei primi due inventari, dovute alle differenze metodologiche, vengono superate in parte con il confronto dei risultati di INFC2005 con le stime preliminari di INFC2015. In questo caso, infatti, le definizioni e la procedura di fotointerpretazione sono sostanzialmente identiche, seppure la qualità delle ortofoto, migliore

per la copertura 2010-2012, possa avere influito sulla classificazione. Rimane il problema della indisponibilità, ad oggi, dei risultati dei rilievi al suolo per INFC2015, essenziali per rendere perfettamente confrontabili le due indagini. Ai fini di un'applicazione rigorosa della definizione di bosco adottata per l'inventario, infatti, è necessario ricorrere all'osservazione diretta, al suolo, della composizione della copertura, del suo sviluppo verticale e dell'uso del suolo prevalente nell'area. Una classificazione basata solo sulla fotointerpretazione è necessariamente meno accurata, poiché alcuni dei caratteri considerati per definire le aree forestali e per distinguere il bosco dalle altre terre boscate non sono sempre correttamente valutabili a video. A conclusione dei rilievi al suolo programmati, la disponibilità di una doppia osservazione, a video e al suolo, condotta in due epoche con un intervallo di dieci anni consentirà di disporre di stime molto accurate della superficie forestale al 2015 e delle variazioni intercorse a partire dalla precedente indagine. Quest'ultimo aspetto, in particolare, sarà oggetto di ulteriori verifiche al suolo da condurre su un sottocampione di punti selezionato allo scopo, a partire dagli strati caratterizzati da una diversa classificazione nelle due indagini inventariali.

Il sistema GeoInfo, progettato e realizzato per rispondere alle esigenze dell'INFC2015 si appresta a rappresentare la base informativa per le attività sul territorio del Corpo forestale dello Stato, consentendo di gestire informazioni fondamentali per l'analisi territoriale multi-temporale da utilizzare nelle varie branche di azione istituzionale (incendi boschivi, gestione della fauna selvatica, discariche, danno ambientale, alberi monumentali, ecc.).

Riferimenti bibliografici

Commissione Europea (1993), *Corine Land Cover guide technique*, Office des Pubblications Officielles des Communautés Européennes, Luxembourg.

De Natale F., Gasparini P. (2011), I cambiamenti nel periodo 1985-2005, in Gasparini P. e Tabacchi G., a cura di, *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati*, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Edagricole, Milano, 585-589.

FAO (2004), *Global Forest Resources Assessment update 2005 – Terms and definitions*, FRA Working Paper 83. Rome, Retrieved from: http://www.fao.org/forestry/-fra/2560/en.

FAO (2012), *FRA 2015 Terms and Definitions*. Forest Resources Assessment Working Paper180, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 31 pp. Retrieved from: http://www.fao.org/docrep/017/ap862e/ap862e00.pdf.

Fattorini L., Gasparini P., De Natale F. (2011), *Descrizione generale delle procedure di stima*, in Gasparini P. e Tabacchi G., a cura di, *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC200, Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati*. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Edagricole, Milano, 75-81.

Floris A. e Scrinzi G. (2011), *Il reticolo nazionale*, in Gasparini P. e Tabacchi G., a cura di, *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati*. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale. Edagricole, Milano, 30-32.

Gasparini P., Rizzo M., De Natale F. (2014), *Manuale di fotointerpretazione per la classificazione delle unità di campionamento di prima fase. Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio, INFC2015 - Terzo inventario forestale nazionale*. Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale (CRA-MPF); Corpo Forestale dello Stato, Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Retrieved from: http://mpf.entecra.it/sites/default/files/Manuale_fotoint_INFC2015_20141128_n_0.pdf.

Gasparini P., Tabacchi G.(2011), *Il piano di campionamento*, in Gasparini P. e Tabacchi G., a cura di, *L'Inventario Nazionale delle Foreste e dei serbatoi forestali di Carbonio INFC2005. Secondo inventario forestale nazionale italiano. Metodi e risultati*. Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato; Consiglio per la Ricerca e la Sperimentazione in Agricoltura, Unità di Ricerca per il Monitoraggio e la Pianificazione Forestale, Edagricole, Milano, 25-29.

Särndal C.E., Svensson B., Wretman J. (1992), *Model assisted survey sampling*, New York, Springer Verlag.

Basi dati a confronto per il monitoraggio del consumo di suolo: il contributo delle nuove tecnologie

di L. Di Prinzio[*], D. Gariboldi[**], D. Longato[*], D. Maragno[***], R. Pasi[***], S. Picchio[*] e E. Vedovo[**]

Riassunto

Una misurazione corretta del consumo di suolo si può ottenere solo attraverso lo studio puntuale del territorio e l'utilizzo di dati geografici. In Italia non esiste ancora un sistema rigoroso e istituzionale per il monitoraggio del fenomeno, ad eccezione dell'iniziativa di ISPRA realizzata attraverso l'analisi di fonti informative nazionali esistenti e del servizio di *land monitoring* di Copernicus/GMES.

L'articolo vuole portare all'attenzione della comunità scientifica il lavoro – peraltro ancora in itinere – di valutazione del consumo di suolo sull'intero contesto territoriale della Provincia di Venezia, basato sui dati acquisiti attraverso un rilievo aerofotogrammetrico ad altissima risoluzione realizzato nella primavera 2014. Per quanto la metodologia di valutazione sviluppata da tecnici della Provincia, Scuola di dottorato IUAV e Unisky srl non sia direttamente confrontabile con quella adottata da ISPRA, il contributo si propone di confrontare gli output ottenuti attraverso le due basi di dati al fine di determinare il potenziale incremento di accuratezza e dettaglio ricavabile dall'impiego di questa tecnologia, caratterizzata peraltro da costi di rilevamento contenuti.

Parole chiave: consumo di suolo, monitoraggio, nuove tecnologie, telerilevamento, Dense Image Matching.

[*] Unisky srl – Dipartimento di Pianificazione e Progettazione in Ambienti Complessi, Università IUAV di Venezia, *luigi.diprinzio@gmail.com, davide.longato@hotmail.it, stefano.picchio@unisky.it.*

[**] Provincia di Venezia, *daniele.gariboldi@gmail.com, elisabetta.vedovo@provincia.venezia.it.*

[***] Dipartimento di Pianificazione e Progettazione in Ambienti Complessi, Università IUAV di Venezia, *d.maragno@iuav.it, riccardo.pasi@gmail.com.*

Summary

Correct measurements of soil sealing can only be achieved through the accurate study of the ground based on spatial geographic data. A systematic and institutional framework for monitoring this phenomenon still lacks in Italy. An exception is represented by the recent scientific initiative of ISPRA, realized employing existing national data sources and the Copernicus/GMES land monitoring service.

The paper highlights the potential contribution to soil sealing estimation of an in progress work, based on remote sensed data collected with very high spatial resolution on the entire extent of the Province of Venice through an aerial survey which took place in spring 2014. Even if the assessment methodology developed by technicians of the Province, IUAV PhD School and Unisky srl is not straight comparable to the methods used by ISPRA, the paper compares the outputs in order to determine the achievable improvement in accuracy and precision due to the use of this technology, which moreover stands out for its low purchasing cost.

Key words: soil sealing, monitoring, new technologies, remote sensing, Dense Image Matching.

1. Introduzione

In Italia – come in altri paesi europei – è crescente la preoccupazione per il fenomeno del consumo di suolo, ovvero la trasformazione di superfici naturali e agricole dovuta all'urbanizzazione e all'infrastrutturazione del territorio. La problematica, che si accompagna al dilagare del fenomeno dell'*urban sprawl*, pone una serie di questioni connesse alla riduzione di superfici idonee alla produzione agricola, alla perdita di biodiversità e qualità paesaggistica, alla destrutturazione della forma urbana e dei suoi valori, alla generazione di inquinamento atmosferico, alla perdita dei servizi ecosistemici connessi ai cicli biogeochimici e idrogeologici che nel suolo hanno sede (CRCS, 2012; Commissione Europea, 2012; Gibelli, Salzano, 2006; Indovina, 2005; ISPRA, 2013,2014). La Commissione europea – da tempo impegnata a favorire un uso più sostenibile di questa matrice ambientale – con la Strategia tematica per la protezione del suolo del 2006 ha sottolineato la necessita di porre in essere buone pratiche per mitigare gli effetti negativi dell'impermeabilizzazione sulle funzioni del suolo. Questo obiettivo generale e stato poi ulteriormente esplicitato nel 2011 con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, nella quale si propone che – entro il 2020 – le politiche dell'UE tengano conto delle loro conseguenze sull'uso dei suoli, con il traguardo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere entro il 2050. Nel nostro Paese la questione è approdata – da un paio d'anni – in Parlamento: dopo il disegno di legge promosso dal Ministro M. Catania nel 2012, si sono succeduti innumerevoli testi e proposte, che non hanno finora prodotto un articolato normativo condiviso pronto alla promulgazione. A monte sta però l'annosa questione della mancanza di una metodologia e di un set di indicatori

che costituiscano la base condivisa per lo studio del fenomeno e, di conseguenza, per l'impostazione di adeguate politiche di contenimento. La recente pubblicazione di ISPRA, che per la prima volta su tutto il territorio nazionale integra i dati già disponibili attraverso la definizione di una metodologia di analisi e quantificazione, rappresenta un importante passo in questa direzione. Il paper, incentrato sul tema delle metriche e delle metodologie per il monitoraggio e la valutazione del consumo di suolo, parte dall'analisi della situazione italiana e della metodologia ISPRA (cfr par. 2) per descrivere poi la metodologia utilizzata per analizzare il consumo di suolo in Provincia di Venezia[1], che impiega una base dati ad altissima risoluzione (15 cm/pixel) acquisita con un rilievo aerofotogrammetrico dedicato (cfr par. 3). Nel quarto paragrafo, seppur il lavoro analitico portato avanti in Provincia di Venezia non sia ancora giunto al termine, si accenna un confronto tra le due basi dati, sottolineando differenze, pregi e opportunità d'integrazione; tali opportunità vengono infine riprese e sviluppate nel paragrafo conclusivo.

2. Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia

2.1. La mancanza di un quadro condiviso

Per monitorare una qualunque variabile ambientale occorre prima definirla e accordarsi sulle metodologie di misurazione e rilevamento da adottare.

Il fenomeno del consumo di suolo non fa eccezione ed in proposito non esistono riferimenti normativi: basti pensare all'inadeguata definizione di "suolo" contenuta nel Testo Unico dell'Ambiente[2]. Nel *paper* si farà dunque riferimento alla definizione di consumo di suolo recentemente fornita da ISPRA, ovvero quel «(…) fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale» (ISPRA, 2014). Tale definizione è peraltro in linea con quella utilizzata a livello europeo per il complementare concetto di *soil sealing*, l'impermeabilizzazione del suolo dovuta ad una copertura permanente del terreno con materiale artificiale (Commissione Europea, 2012).

Una misurazione corretta del consumo di suolo si può ottenere solo attraverso lo studio puntuale del territorio e l'utilizzo di dati geografici. In Italia non esiste però un sistema aggiornato di raccolta dati e, anche laddove regioni ed enti locali vi provvedano autonomamente, il rilevamento e l'interpretazione dei dati di uso del suolo pone enormi problemi per la mancanza di una codifica che consenta

[1] Oltre agli autori, collaborano al progetto i dott. Lucia Ferdigoni e Massimo Pizzato della Provincia di Venezia.

[2] D.Lgs. 152/2006, art. 5, c. v-quater: «"suolo": lo strato più superficiale della crosta terrestre situato tra il substrato roccioso e la superficie. Il suolo è costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi. (…) l'accezione del termine comprende, oltre al suolo come precedentemente definito, anche il territorio, il sottosuolo, gli abitati e le opere infrastrutturali».

l'effettuazione di confronti coerenti. La Regione Veneto, ad esempio, attraverso la realizzazione della Banca Dati della Copertura del Suolo, così come il Centro di Ricerca sul Consumo di Suolo (CRCS) del Politecnico di Milano, hanno sviluppato studi e analisi sul tema che però, oltre ad essere limitati ai confini amministrativi delle due relative Regioni, si basano più sul concetto di uso del suolo piuttosto che su quello di consumo del suolo. Misurare e valutare il consumo del suolo, a causa della frammentazione delle fonti informative e delle competenze, presenta elementi di forte complessità. L'offerta di dati geografici pubblici (e non) è vasta, ma frammentata; profonde diversità si rilevano nelle classificazioni adottate, nei periodi di riferimento, nella copertura territoriale, negli strumenti e nelle caratteristiche tecniche utilizzate. Mancano infine efficaci dispositivi in grado di trasporre questi dati nella pratica del governo del territorio. Risulta dunque necessaria la sistematizzazione delle informazioni e delle conoscenze esistenti con metodologie condivise.

2.2. La metodologia proposta da ISPRA

Proprio grazie ad un approccio di questo genere, un primo quadro conoscitivo sul consumo di suolo nel Paese è oggi disponibile grazie ai dati della rete di monitoraggio del consumo di suolo, realizzata da ISPRA con la collaborazione delle Agenzie per la Protezione dell'Ambiente delle Regioni e delle Province autonome. Il consumo di suolo è stato valutato attraverso una metodologia composta essenzialmente da tre passaggi (ISPRA, 2014):

- la fotointerpretazione di circa 150.000 punti campionari distribuiti sull'intero territorio nazionale – organizzati in una rete stratificata a tre livelli (nazionale, regionale e comunale) – utilizzando la cartografia dell'IGM e le ortofoto risalenti a diverse epoche in possesso del MATTM, delle Regioni, di AGEA, dell'ESA o di altri servizi di rete;
- l'elaborazione di un indicatore sintetico con classificazione binaria, distinguendo tra "aree non consumate" (0) e "aree consumate" (1); il tasso di consumo di suolo è stato calcolato come percentuale della superficie consumata sul totale della superficie territoriale per anno;
- la preliminare verifica di corrispondenza e l'integrazione dei dati puntuali con le immagini satellitari realizzate nell'ambito del programma Copernicus per l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) – con risoluzione spaziale di 20 m – al fine di spazializzare il consumo di suolo e raggiungere una stima più accurata per il periodo 2006-2012.

La scelta di tale metodo è funzionale alla riduzione degli errori di stima derivanti dall'analisi delle tipologie di copertura del suolo che non consente di cogliere appieno il fenomeno dell'impermeabilizzazione, trasversale alle diverse classi. È infatti probabile incontrare sia suoli permeabili in ambito urbano (giardini, orti, aiuole, etc.) che suoli impermeabili nelle altre classi di copertura (edifici agricoli, strade, parcheggi, etc.), la cui estensione è spesso inferiore alla minima unità rilevabile dalla cartografia. Da qui è nata dunque l'esigenza di applicare una metodologia campionaria basata sulla fotointerpretazione di ortofoto e carte topografiche

storiche che, appartenendo a diverse epoche, sono capaci di restituire – almeno in parte – la dimensione diacronica del fenomeno (Munafò, 2010). Il metodo ISPRA prevede la verifica dello status di area "consumata"/"non consumata" attraverso una variabile dicotomica (0/1) mediante fotointerpretazione dei singoli punti di rilievo nelle varie epoche di indagine, distinguendo tra terreni permeabili ed impermeabili in corrispondenza dei punti in esame. Il sistema di classificazione utilizzato ha assegnato ciascun punto della rete di rilevamento all'una o all'altra classe sulla base del criterio illustrato nella successiva tabella.

Tab. 1 – Il sistema di classificazione utilizzato da ISPRA (ISPRA, 2014).

Suolo consumato (1)	*Suolo non consumato (0)*
Edifici/capannoni	Alberi/arbusti in aree urbane
Strade asfaltate	Alberi/arbusti in aree agricole
Strade sterrate	Alberi/arbusti in aree naturali
Parcheggi, piazzali e altre aree asfaltate o in terra battuta	Seminativi
Sede ferroviaria	Pascoli/prati
Aeroporti e porti	Corpi idrici
Aree e campi sportivi impermeabili	Alvei di fiumi
Serre permanenti	Zone umide
Campi fotovoltaici	Rocce/spiagge/dune
Aree estrattive, discariche, cantieri	Ghiacciai e superfici innevate
Altre aree impermeabili	Aree sportive permeabili
	Altre aree permeabili in ambito urbano
	Altre aree permeabili in ambito agricolo
	Altre aree permeabili in ambito naturale

3. Il contributo delle nuove tecnologie: un esempio in Provincia di Venezia

3.1. I dettagli tecnici del rilievo realizzato sul territorio provinciale

Nell'ottica di utilizzo delle nuove tecnologie come vettore attraverso il quale creare e diffondere nuove informazioni territoriali, Unisky srl – in collaborazione con la Provincia di Venezia – ha avviato una serie di progetti pilota per predisporre le basi conoscitive sul governo del territorio della futura Città Metropolitana.

Tra questi vi è stata la realizzazione di un rilievo fotogrammetrico sul territorio dell'intera Provincia di Venezia, avvenuto agli inizi della primavera 2014. Il rilievo, realizzato con piattaforma aerea e camera digitale *multispettrale Vexcel Ultracam-Xp*, ha acquisito circa 4.000 immagini con 40 strisciate, per un'area coperta dal volo di circa 3.000 km^2. I dati acquisiti hanno permesso di produrre un'ortofoto nelle bande RGB+NIR con risoluzione di 15 cm/pixel e l'estrazione di una nuvola di punti con densità 16 pt/m^2 con la tecnica del *Dense Image Matching*[3], dalla qua-

[3] Tecnica fotogrammetrica che, partendo da immagini con un'elevata sovrapposizione

le poi è stato possibile produrre un Modello Digitale della Superficie (DSM) e un Modello Digitale del Terreno (DTM) previa classificazione automatica dei punti *ground* e *above ground*. Nel dettaglio, le 1.300 ortofoto prodotte a 15 cm/px sono state mosaicate e tassellate secondo il taglio della Carta Tecnica della Regione Veneto alla scala 1:5000, producendo due prodotti distinti:

- un ortofoto RGB a 15 cm/px in formato geotiff;
- un ortofoto False Color IR a 15 cm/px in formato geotiff;

I 10647 DSM e TrueOrtho prodotti a 25 cm/px sono stati anch'essi mosaicati e tassellati secondo il taglio della Carta Tecnica della Regione Veneto alla scala 1:5000, producendo due strati distinti:

- un DSM shaded-RGB a 25 cm/px in formato geotiff;
- una TrueOrtho RGB a 25 cm/px in formato geotiff

3.2. La metodologia utilizzata in Provincia di Venezia

A partire dalla serie di dati acquisiti (ortofoto a quattro bande e modello digitale) e attraverso una metodologia innovativa e automatizzata basata sull'utilizzo del *software eCognition Developer*[4], sono in corso le operazioni di estrazione della copertura del suolo relativa all'anno 2014.

La caratteristica principale del *software* utilizzato è la capacità di estrarre oggetti significativi in formato vettoriale (strade, edifici, vegetazione, etc.) partendo da immagini in formato raster.

L'operazione avviene attraverso la definizione di una serie di regole (*rule sets*) per l'analisi automatica dei dati telerilevati. La metodologia si suddivide principalmente in due fasi: la prima fase consiste in un'analisi *object-oriented* che utilizza tutti gli strati informativi prodotti dal rilievo (sia le quattro bande che le altimetrie), mentre la seconda utilizza dati ancillari per rifinire e ottimizzare la precedente classificazione depurandola dei potenziali errori. Molto brevemente, i passaggi principali seguiti sono:

- la segmentazione multirisoluzione: il processo estrae gli oggetti lavorando sulle caratteristiche spettrali, di tessitura e di contesto di ogni pixel/ gruppo di pixel dell'immagine, sulla base dei parametri e dei pesi assegnati[5] alle variabili forma e dimensione dei segmenti che si vogliono ottenere;

sia trasversale che longitudinale e grazie all'utilizzo di software di ultima generazione, è capace di estrarre una nuvola di punti 3D attraverso l'individuazione di corrispondenze tra primitive estratte in due o più immagini e la stima delle corrispondenti coordinate 3D con modelli di collinearità o proiettivi.

[4] *eCognition Developer* è un potente software per l'analisi *object-based* di immagini, diffuso nell'ambito delle scienze della Terra per sviluppare *rule sets* per l'analisi automatica dei dati telerilevati. La versione utilizzata è stata eCognition Developer 9,0 a 64bit.

[5] La segmentazione è stata eseguita attribuendo ugual peso (valore 1) alle tre bande del visibile ed un peso maggiore (valore 2) alla banda del vicino infrarosso; parametri utilizzati: Scala 20; Forma 0,5; Compattezza 0,3.

- la classificazione gerarchica degli oggetti: sono state definite quattro classi (Vegetazione, Edificato, Suolo nudo[6] e Altro[7]). L'attribuzione degli oggetti alle varie classi – processo anch'esso semi-automatico – è basato sulla definizione dei parametri che ne determinano l'assegnazione: così per la classificazione della Vegetazione si è utilizzato il dato multispettrale attraverso il calcolo dell'indice SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*[8]); per il riconoscimento dell'Edificato ci si è avvalsi principalmente dell'informazione sull'elevazione contenuta nel DSM[9]; per l'assegnazione degli oggetti alle classi Suolo nudo e Altro sono stati invece necessari più passaggi[10] dal momento che non esistono parametri spettrali, di elevazione o tessiturali capaci di discriminare univocamente tra le due classi;
- l'impiego di strati informativi ancillari esterni: il passaggio serve a rifinire ulteriormente la classificazione precedentemente realizzata; le basi di dati spaziali utilizzate sono quelle di AVEPA (Agenzia Veneta per i Pagamenti in Agricoltura), dei PAT-PATI dei Comuni della provincia e del PTCP della Provincia di Venezia[11], per una migliore definizione rispettivamente di aree agri-

[6] Aree permeabili prive di attività clorofilliana, costituite principalmente da terra.

[7] All'interno di questa classe è rientrato tutto ciò che risulta impermeabile a livello del suolo (asfalto, aree pavimentate, etc.), mentre nella classe Edificato è rientrato tutto ciò che risulta impermeabile ma dotato di una certa altezza (edifici, capannoni, manufatti vari, etc.).

[8] Il *soil-adjusted vegetation index* è stato sviluppato a partire dal *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) per correggere e limitare l'effetto brillantezza del suolo nei casi di scarsa copertura vegetale. È calcolato come: [(Infrarosso – Rosso)/(Infrarosso + Rosso + 0,5)] * (1 + 0,5); il valore soglia dell'indice SAVI per l'assegnazione automatica degli oggetti alla classe Vegetazione è stato $\geq 0{,}06$ (previa verifica manuale).

[9] È stato fatto ricadere nella classe Edificato tutto ciò che non è vegetazione e che ha un'altezza uguale o superiore al valore soglia di 1,8 metri; risultando alcune imperfezioni (dovute all'assegnazione alla classe Vegetazione di edifici ospitanti verde e/o pannelli solari sulle proprie coperture a causa del loro valore SAVI < 0,06), è stata implementata la regola per cui tutti gli oggetti all'interno della classe Vegetazione che abbiano il bordo confinante per più del 50% con oggetti della classe Edificato vengano riassegnati a quest'ultima.

[10] Il processo di riconoscimento avviene attraverso un addestramento del software che memorizza il valore di alcuni parametri (come ad es. il valore medio di ogni banda spettrale e delle relative deviazioni standard) di oggetti significativi classificati manualmente, e successivamente riconosce e classifica gli oggetti rimanenti aventi caratteristiche simili. La classe Suolo nudo viene quindi ripulita di tutti quelli oggetti all'interno di essa che presentano un'elevazione dal terreno pari o superiore a 0,70 metri, trasferendoli all'interno della classe Altro. In questo modo si assume che un oggetto permeabile naturale non possa discostarsi molto dal naturale profilo del terreno. Per eliminare ulteriori imperfezioni, vengono poi realizzati degli aggiustamenti basati sulle relazioni di contesto degli oggetti di queste due classi. Nonostante queste molteplici operazioni di rifinitura del dato, la classificazione di Suolo nudo e di Altro contiene ancora un certo grado di errore, principalmente legato alla classificazione di aree coperte nella realtà da suolo nudo come impermeabili.

[11] Il dato AVEPA (aggiornato al 2012) è stato utilizzato per riassegnare alla classe Suolo nudo gli oggetti della classe Altro ricadenti all'interno di aree considerate agricole da AVEPA; il dato dei PAT-PATI è servito per assegnare direttamente alla classe Altro le aree che le cartografie urbanistiche comunali identificano come viabilità; infine, dalle cartografie del

cole, strade e idrografia.

Il risultato ottenuto è un *layer* vettoriale topologicamente corretto (ovvero senza sovrapposizioni né aree vuote), la cui estensione spaziale eguaglia quella del rilievo aerofotogrammetrico ed i cui poligoni costitutivi appartengono ad una delle quattro classi precedentemente descritte. Ai fini dell'analisi sul consumo di suolo, le quattro classi possono essere classificate sulla base del criterio illustrato nella tabella 2.

Tab. 2 – Il sistema di classificazione utilizzato in Provincia di Venezia.

Suolo consumato	*Suolo non consumato*
Edificato (coperture con SAVI $\leq$ 0,06 e H $\geq$ 1,8m)	Vegetazione (coperture con SAVI $\geq$ 0,06)
Altro (coperture con SAVI $\leq$ 0,06, H compresa tra 0,7 e 1,8m, non appartenenti ad aree agricole AVEPA e identificate come strade nelle cartografie comunali)	Suolo nudo (coperture con SAVI $\leq$ 0,06, H $\leq$ 0,7m appartenenti ad aree agricole AVEPA)

Si sottolinea infine che, nonostante la Provincia di Venezia disponga di altre basi dati confrontabili con quest'ultima e risalenti ad epoche precedenti, lo stadio di elaborazione e analisi dei dati del volo a cui si è finora giunti non permette delle analisi diacroniche ma solo una fotografia dello stato di fatto al 2014.

4. Le opportunità di integrazione delle due basi dati

Il progetto in corso nella Provincia di Venezia mira a fornire uno strumento che permetta l'analisi qualitativa e quantitativa dell'uso e della copertura del suolo all'interno del territorio provinciale, oltre che la sua evoluzione nel tempo. I livelli informativi prodotti sono in formato vettoriale (*shapefile*), agganciati quindi ad un database informativo. L'analisi compiuta attraverso il *software eCognition* ha rilevato nel dettaglio gli oggetti presenti sul territorio (case, aiuole, alberi, etc.), associando a ciascuno di essi l'altezza: in questo modo è possibile interrogare il livello informativo per diversi scopi. Il puntuale riconoscimento delle diverse coperture del suolo permette di individuare (e classificare) – ad esempio – la quantità di superficie verde relativa ad una pertinenza privata e l'altezza di ogni albero o arbusto. Tale dato è molto utile: solo una parte dell'area di insediamento infatti è davvero impermeabilizzata, poiché giardini, parchi urbani e altri spazi verdi non sono coperti da una superficie impervia. Il lavoro si prefigge lo scopo di quantificare con la miglior risoluzione possibile questi elementi. Il geo-database prodotto è – a nostro avviso – integrabile con la base dati fornita da ISPRA, poiché ne arricchisce il dettaglio spaziale e vi aggiunge l'informazione relativa alle altezze degli elementi urbani riconosciuti (fig.1). Il dato ISPRA quantifica la copertura del suolo a livello

PTCP si estrae il dato relativo alla rete idrografica (areali dell'idrografia principale e secondaria, aree sommerse e canali lagunari).

nazionale, ma con una definizione nel dettaglio minore. L'integrazione delle due banche dati definisce, per l'area metropolitana veneziana, la reale composizione territoriale e si presta a supportare le attività di governo del territorio per molteplici scopi oltre al monitoraggio del consumo del suolo.

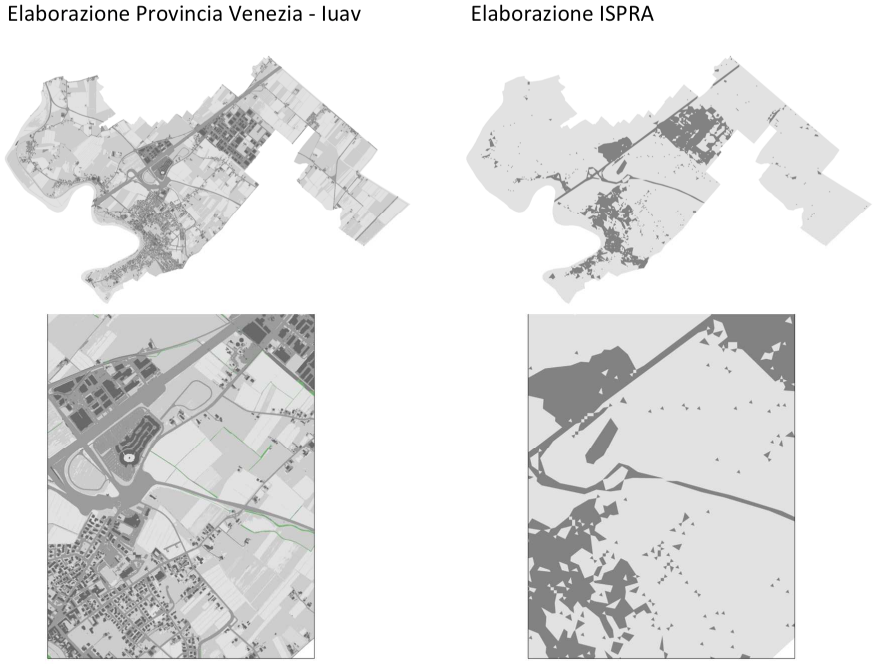


Fig.1 – La figura illustra i due lavori a confronto. Si possono notare le similitudini presenti a scala urbana (suolo permeabile ed impermeabile) e le differenze nel dettaglio dell'informazione prodotta. La metodologia utilizzata permette di scomporre le classi permeabile e impermeabile, individuandone a livello geometrico gli elementi costitutivi.

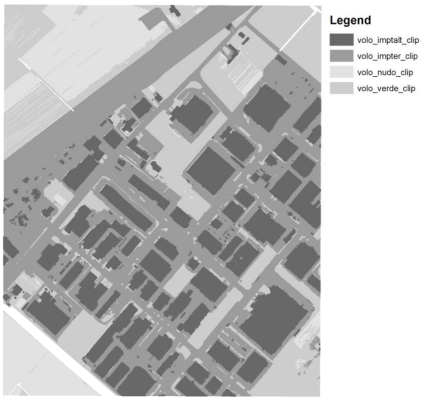
La struttura dell'informazione permette di essere utilizzata a supporto di diverse analisi; i modelli ottenuti consentono infatti di produrre informazioni, analisi e visualizzazioni in differenti aree tematiche, quali:

- il monitoraggio nel tempo delle trasformazioni nell'uso del suolo, permettendo così di elaborare i trend in serie temporale delle dinamiche in atto quali ad esempio il grado di impermeabilizzazione oppure la contrazione delle aree agricole a seguito dell'urbanizzazione;
- analisi energetiche a scala urbana, grazie all'utilizzo del Modello Digitale della Superficie (DSM) con il quale è possibile calcolare i volumi sia a livello di singolo edificio che per aree più estese con la prospettiva di integrare nello stesso geo-database i dati dei consumi reali delle utenze di acqua, luce e gas (disponibili a livello comunale), così come produrre mappe del potenziale energetico solare e fotovoltaico grazie al dato sull'esposizione e l'orientamento

delle falde dei tetti;

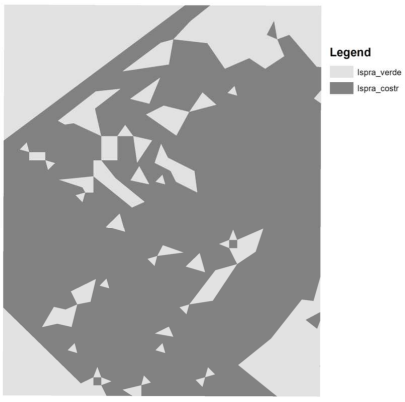
- analisi relative alla sicurezza ed al rischio idraulico del territorio, sfruttando l'elevato contenuto informativo tridimensionale dei modelli digitali prodotti per restituire il grado di esposizione al rischio attraverso l'identificazione delle aree depresse (e quindi potenzialmente più soggette ad allagamenti a seguito di eventi meteorologici intensi), o l'accurata ridefinizione dei bacini e sottobacini urbani;
- analisi sul grado di resilienza o vulnerabilità al cambiamento climatico e al fenomeno dell'isola di calore (UHI) di contesti urbani, anche a scala di quartiere, utilizzando la mappatura del verde urbano (sia pubblico che privato), il calcolo dello *Sky View Factor*.

Elaborazione Provincia Venezia - Iuav



Dati IUAV	Quantità m2	Diff. Iuav-Ispra
Suolo Permeabile	284.410,94	54.625,91
Impermeabile	485.130,74	-54.625,91
Tot	769.541,68	0,00

Elaborazione ISPRA



Dati Ispra	Quantità m2
Suolo Permeabile	229.785,03
Impermeabile	539.756,65
Tot	769.541,68

Fig. 2 – La figura pone a confronto i due lavori a grande scala. Le quantità di suolo permeabile e impermeabile individuate non sono al momento definitive: il lavoro è giunto ora nella fase di definizione dell'errore. Per questo motivo il confronto viene proposto solamente a scopo indicativo. L'accuratezza con la quale il metodo d'analisi individua gli elementi urbani permette di rilevare ogni elemento urbano presente nel territorio, riproducendo fedelmente la sua reale composizione. Questa caratteristica consente ai due lavori di essere integrabili: mentre il dato ISPRA supporta le analisi a piccola scala, il dato prodotto ed elaborato sul contesto territoriale veneziano è capace di supportare analisi di dettaglio a scala urbana e di quartiere/isolato.

Il lavoro è giunto nella fase di definizione dell'errore, per questo motivo non è possibile al momento confrontare numericamente i due database. Nella fig.2 si è voluto tentare un confronto numerico, che non vuole però misurare la differenza tra i due lavori bensì confermarne il carattere. Come si può vedere, a scala di quartiere l'informazione prodotta dal lavoro della Provincia di Venezia con l'Università

IAUV di Venezia, rileva il verde urbano e gli edifici con una precisione più accurata. Questa caratteristica rafforza l'integrazione dei due lavori, permettendone l'uso congiunto. Il lavoro prodotto da ISPRA si presta per studi e statistiche aggregati a scala comunale e provinciale mentre il lavoro in oggetto supporta studi anche a livello di lotto urbano. Questa caratteristica permette di analizzare il consumo del territorio non solo in estensione (m^2) ma anche a livello volumetrico (m^3).

5. Conclusioni

Negli ultimi anni si è sempre più rafforzato il ruolo delle Nuove Tecnologie per la produzione di Informazione Territoriale e la restituzione di quadri di conoscenza a supporto delle scelte di governo del territorio. Il tema del monitoraggio del consumo di suolo, così come il monitoraggio delle trasformazioni territoriali, dovrebbe essere un'imprescindibile base di lavoro per le amministrazioni che hanno il compito di disegnare i futuri assetti di un territorio.

Abbiamo visto in questo lavoro come è possibile indagare e restituire in modo capillare i diversi oggetti territoriali anche in modo tridimensionale, grazie al contributo dei nuovi sistemi di acquisizione ed elaborazione di dati aerofotogrammetrici. Nello scorso decennio, infatti, il *laser scanner* aereo (LiDAR) era considerato il mezzo più vantaggioso, efficiente e rapido per fornire nuvole dense di punti 3D e per modellare superfici in modo accurato, mentre la tecnica fotogrammetrica appariva laboriosa e incapace di fornire gli stessi risultati. Recentemente, grazie ai miglioramenti dei sensori ottici e, soprattutto, ai nuovi algoritmi di *Dense Image Matching*, la fotogrammetria è riemersa come una tecnologia competitiva e in grado di fornire nuvole di punti 3D e modelli digitali della superficie geometricamente paragonabili a quelli ottenuti con strumentazione attiva, ma a costi significativamente inferiori (con un rapporto di circa 1 a 10). Altro elemento di grande valore di questa nuova metodologia di processamento delle immagini è la disponibilità di ortoimmagini di precisione che, a differenza di quelle standard ottenute proiettando le immagini sul modello digitale del terreno (DTM), sono geometricamente corrette non solo sul terreno, ma anche rispetto ad elementi sopraelevati, come tetti e facciate di edifici. Questo prodotto risulta quindi fondamentale per rappresentare il territorio, soprattutto urbano, in modo realistico nelle tre dimensioni.

Il percorso avviato dalla Provincia di Venezia – in collaborazione con *UniSky* e l'Università IUAV di Venezia – per la costruzione di nuovi quadri di conoscenza del territorio e dell'ambiente costituisce di fatto un esempio italiano virtuoso di innovazione, non solo tecnologica. I prodotti generati dal rilievo saranno infatti resi disponibili a tutte le amministrazioni e ai cittadini, in una logica *open data.*

Proprio tale logica di condivisione del dato può, a nostro avviso, rappresentare un'opportunità per il miglioramento metodologico degli studi esistenti sulla quantificazione e sulla distribuzione spaziale del consumo di suolo. Ovviamente sarebbe impensabile proporre o riprodurre su scala nazionale un'acquisizione di dati come quella esaminata, anche se i costi di tali rilievi sono sempre più accessibili alle piccole e medie amministrazioni.

La metodologia ISPRA, seppur fondata su un metodo campionario volto alla quantificazione del fenomeno più che alla sua spazializzazione, potrebbe tuttavia giovarsi di questo geodatabase in molteplici modi.

In primo luogo, il dato potrebbe essere utilizzato per una seconda verifica di corrispondenza dei dati puntuali della rete di monitoraggio ISPRA, sostituendo – almeno per il territorio della Provincia di Venezia – le immagini satellitari del programma Copernicus/GMES. L'enorme differenza in termini di risoluzione spaziale dei due prodotti (20 m contro 15 cm) potrà sicuramente migliorare la spazializzazione del fenomeno e permetterne una stima più accurata.

Inoltre è ipotizzabile l'impiego di rilievi di questo genere su aree spot, dove le analisi di consumo del suolo elaborate da ISPRA possono aver evidenziato criticità o difficoltà di determinazione del fenomeno che richiedono un approfondimento. Si tratterebbe di un approccio multi-scala, fondato sull'eterogeneità spaziale e distributiva dell'urbanizzato, che aumenta la risoluzione del dato in quei contesti – come ad esempio nelle aree periurbane, di margine o di frangia – in cui le stime del fenomeno più si discostano dalla realtà. In tal senso le metodologie di stima del consumo di suolo potranno nel tempo essere integrate con un approccio multi-risoluzione, tenendo anche conto dell'ormai prossimo lancio di Sentinel-2 del programma Copernicus, che fornirà a tutti i soggetti immagini gratuite multispettrali e ad alta risoluzione (10-20 m) aggiornate nel tempo.

Riferimenti bibliografici

CRCS – Centro di Ricerca sui Consumi di Suolo (2012), *Rapporto 2012*, Milano, INU Edizioni,.

Commissione Europea (2006), Strategia tematica per la protezione del suolo, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006 http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0231:FIN:IT:PDF.

Commissione Europea (2011), *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*, COM(2011) 571. Bruxelles, 20.9.2011 http://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/about/roadmap/index_en.htm.

Commissione Europea (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*, Lussemburgo, http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_it.pdf

EEA (2011), *Mapping Guide for a European Urban Atlas, European Environmental Agency, Copenhagen*, http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas.

EEA (2013), GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) – summary of product specifications, European Environment Agency, Copenhagen.

Gibelli M.C., Salzano E. (2006), *No Sprawl*, Firenze, Alinea.

Indovina F. (2005), Governare la città con l'urbanistica. Guida agli strumenti di pianificazione urbana e del territorio, Rimini, Maggioli.

ISPRA (2013), *Qualità dell'ambiente urbano* – IX Rapporto, edizione 2013, ISPRA, Roma, http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/statodellambiente/qualita-dellambiente-urbano-ix-rapporto.-edizione-2013.

ISPRA (2014), Il consumo di suolo in Italia, edizione 2014, Rapporti 195/2014, ISPRA,

Roma, http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/rapporti/ilconsumo-di-suolo-in-italia
Mohsen Ahadnejad Reveshty (2012), *The object-based approach for urban land use classification using high resolution satellite imagery* (a case study Zanjan City), in *Proceedings of the 4th GEOBIA*, P. 678-682, Rio de Janeiro (Brazil), May 7-9 2012.
Munafò M., Salvucci G., Zitti M., Salvati L. (2010), "Proposta per una metodologia di stima dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia", R*ivista di statistica ufficiale 2-3*, http://www.istat.it/it/files/2011/09/2-3_2010_3.pdf
Munafò M., De Pasquale V., Iasillo D., Barbieri V. (2012), "Validazione della mappa europea delle aree impermeabili ad alta risoluzione a livello locale", in "Atti 16a Conferenza Nazionale ASITA" p. 1013-1019, Vicenza, 6-9 Novembre 2012.
Parlamento Europeo e Consiglio (2007), *Direttiva 2007/2/CE che istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale nella Comunità europea* (INSPIRE), 14.3.2007 http://inspire.ec.europa.eu/.
Zhan Q. (2003), *A hierarchical object-based approach for urban land-use classification from remote sensing data*, *PhD Dissertation*, ITC Dissertation no. 103, Enschede http://www.itc.nl/library/Papers_2003/phd_theses/zhan.pdf.

L'utilizzo del suolo nel rapporto di competitività delle aree urbane italiane

di E. Eynard[*] e G. Melis[*]

Riassunto

Con il supporto dei fondi europei JESSICA ogni anno viene prodotto il "Rapporto di competitività delle aree urbane italiane": all'interno dello studio vengono monitorati dati sui tassi di urbanizzazione a livello provinciale, nonché sulla disponibilità di verde pubblico e altre infrastrutture "sostenibili" all'interno delle aree urbane (dotazione di verde pubblico per capoluogo di provincia). I risultati vengono elaborati in un indice sintetico che permette di valutare le performance provinciali su tutto il territorio nazionale. L'articolo si propone di fornire una lettura comparativa dei processi in atto, nonché una valutazione dei trend che hanno caratterizzato il nostro territorio negli ultimi dieci anni, mettendo in luce alcuni significativi aspetti sulle dinamiche in corso.

In particolare, nel primo capitolo verrà introdotto il rapporto di competitività delle aree urbane spiegandone la struttura e la mission. Successivamente verrà presentato l'indicatore aggregato sull'utilizzo del suolo con riportate le più recenti analisi svolte nell'ultima edizione. In seguito l'autore approfondirà il fenomeno dell'impermeabilizzazione del suolo nelle province d'Italia e descriverà la situazione attuale basandosi sul risultato dell'elaborazione dei dati della *Corine Land Cover*. Infine a conclusione dell'articolo saranno presenti alcune riflessioni sul tema.

Parole chiave: suolo, competitività, impermeabilizzazione, città, ambiente, territorio.

Summary

With the support of European funds JESSICA, each year is produced the "Re-

[*] Istituto Superiore sui Sistemi Territoriali per l'Innovazione (SiTI), *enrico.eynard@siti.polito.it, giulia.melis@siti.polito.it.*

port of competitiveness of Italian urban areas": in this study are checked data on urbanization rates at the province level and on the availability of public parks and other "sustainable" infrastructure inside urban areas (allocation of public green for province). The results are processed in an index that allows to evaluate regional performance throughout the country. The article aims to provide a comparative reading of the processes ongoing and an assessment of the trends that have characterized our region over the last ten years, highlighting some important aspects about the dynamics that are in progress.

In particular, the first chapter will introduce the competitiveness report of urban areas by explaining structure and mission. Then will be presented the aggregate indicator on the use of territory with the latest analyzes reported in the latest edition. Subsequently the author will examine the soil sealing phenomenon in the Italian provinces, and he will describe the current situation based on the result of the Corine Land Cover data processing. Finally, in conclusion of the article there will be some thoughts on the subject.

Key words: land, competitiveness, sealing, cities, environment, territory.

1. Il progetto di ricerca "RCAU – Rapporto di Competitività delle Aree Urbane italiane"

Il Rapporto sulla Competitività delle Aree Urbane Italiane è nato nel 2009 con la finalità di sostenere, con un supporto informativo, lo sviluppo locale e le scelte di pianificazione di investimenti e interventi delle principali istituzioni locali. Il Rapporto è stato pensato come strumento operativo per la definizione delle priorità d'azione, attraverso spunti di riflessione e indirizzi utili per la costruzione di una programmazione di interventi strutturali a favore della competitività locale. La struttura di analisi e il sistema di indicatori di competitività hanno consentito di rappresentare i principali fenomeni demografici, economico-sociali, immobiliari, ambientali, infrastrutturali-urbanistici e socio-territoriali caratterizzanti le aree urbane italiane. Lo sviluppo del Rapporto è stato seguito da un gruppo di lavoro composito, formato da operatori portatori di specifiche e complementari competenze ed esperienze: SINLOC, Fondazione ISMU, Istituto Guglielmo Tagliacarne e l'Istituto Superiore su i Sistemi Territoriali per l'Innovazione SiTI, oltre al supporto esterno della Banca Europea per gli Investimenti.

Ad oggi il progetto alla base della realizzazione del Rapporto è sostenuto da 11 Fondazioni di Origine Bancaria e due Istituzioni territoriali, che non solo possono beneficiare delle informazioni contenute nel Rapporto, ma sostengono lo sviluppo di un modello di diagnostica territoriale che si pone l'obiettivo di contribuire alla valorizzazione delle risorse locali, intese come *asset* tangibili e intangibili presenti nel territorio. Rispetto alle differenti analisi disponibili sullo stato di salute delle città e aree territoriali italiane, il Rapporto non utilizza l'ampia base di dati e indicatori per proporre delle classifiche o graduatorie, ma cerca, fin dalla prima edizione, di dare rilievo al posizionamento competitivo delle aree urbane, posizionamen-

to dato dalle condizioni specifiche di vantaggio e svantaggio sotto le differenti dimensioni di analisi utilizzate. L'intento generale del Gruppo di Lavoro e del Comitato di Indirizzo che lo ha supportato, è quello di offrire un *report* di facile lettura e approfondimento, mantenendo l'impegno di offrire uno strumento utile e concreto per le scelte di investimento delle principali istituzioni pubbliche e private che operano sul territorio. Le analisi condotte si basano in larga parte sulle province quali unità statistiche NUTS3 per la raccolta di dati e informazioni. I dati utilizzati sono riferiti alle 110 province italiane, perimetri territoriali che conservano rilievo per l'analisi dei principali fenomeni socio-economici del Paese, nonostante la perdita di ruolo dei corrispondenti Enti Amministrativi. Per quanto riguarda la chiarezza espositiva, per ciascuna dimensione di analisi è stata proposta la rappresentazione della competitività attraverso mappe tematiche generali con le relative componenti dell'indicatore principale a fianco, includendo prima le aree con le migliori *performance* e successivamente le aree con le peggiori *performance*. Sono infine state introdotte delle tavole sinottiche, oltre i consueti grafici e tabelle, per offrire un'immediata lettura delle componenti della competitività distintive delle differenti aree territoriali analizzate.

Il modello di valutazione della competitività urbana e del rischio sistemico, applicato su tutte le aree urbane italiane, si compone di diversi livelli gerarchici di analisi. È possibile descriverne il funzionamento mediante la metafora del microscopio: strumento che fornisce un'immagine del livello complessivo di competitività di un'area urbana, ma che consente anche di ricercare più in profondità le cause che ne determinano il risultato nella loro molteplicità e nelle loro interrelazioni reciproche. Il livello di competitività, dunque, è analizzato partendo dalla valutazione di sei dimensioni del capitale territoriale (demografica, socio-economica, immobiliare, ambientale, infrastrutturale, urbanistica e socio-territoriale) che, a loro volta, sono indagate nei rispettivi fattori/fenomeni determinanti.

L'impianto di analisi si completa allungando l'orizzonte temporale di valutazione, sulle sole dimensioni demografica ed economica, su un arco ventennale, consentendo al nostro microscopio di trasformarsi anche in un cannocchiale in grado di mostrare quale potrebbe essere l'evoluzione futura della competitività nel medio-lungo periodo.

Il modello presenta quattro livelli di misurazione della competitività, secondo una logica *bottom up* tramite cui vengono progressivamente aggregate le determinanti della competitività (fig. 1):

- Indicatori parziali: identificano e misurano i fattori elementari della competitività di un'area urbana per ciascuna dimensione identificata; il modello utilizza un totale di 104 indicatori parziali, a fronte dei 74 presenti nella prima edizione. L'incremento degli indicatori si è concentrato particolarmente nelle dimensioni socio-economica e socio-territoriale. Il rafforzamento del *database* è stato sviluppato tenendo conto delle disponibilità di *database* elaborabili e omogeneizzabili, dell'utilità delle nuove variabili e della necessità di limitare la differenziazione tra le varie edizioni del Rapporto, per non impedire un confronto temporale dei valori.
- Indicatori della competitività: raggruppano gli indicatori parziali in funzione

delle loro interrelazioni in ordine alla capacità di rappresentare e segnalare fenomeni significativi e indicativi del livello di competitività; il modello utilizza un totale di 21 indicatori di competitività.

- Dimensioni della competitività: pur risultando dall'aggregazione e dalla ponderazione degli indicatori di competitività, rappresentano l'unità concettuale alla base del modello poiché individuano le aree tematiche sulle quali si fonda la capacità di un territorio nell'essere più o meno competitivo.
- Indicatore complessivo della competitività urbana: dalla ponderazione dei risultati ottenuti su ciascuna dimensione si ottiene anche un singolo indicatore sintetico che misura, a scopo comparativo, il livello complessivo della competitività del territorio analizzato.

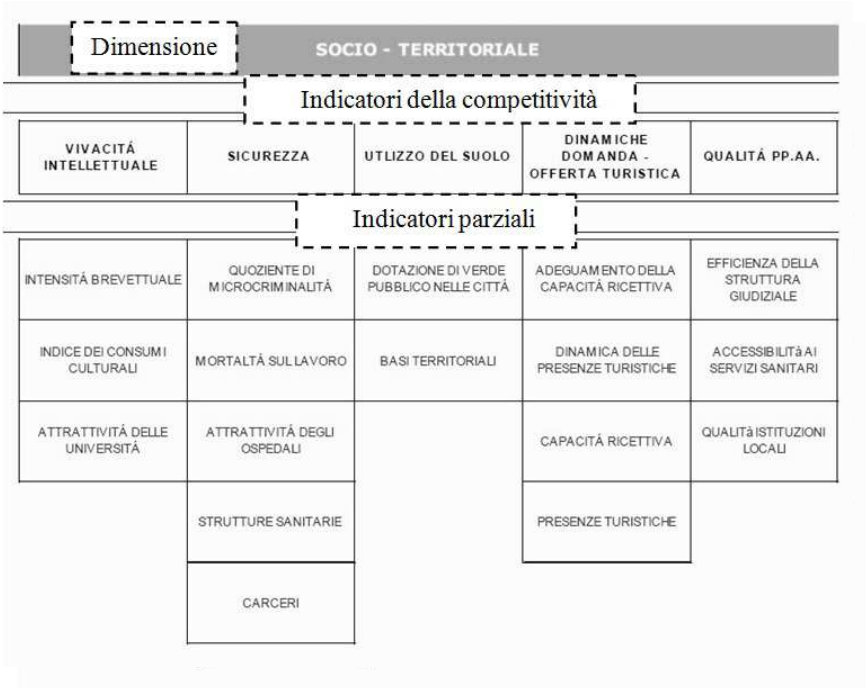


Fig. 1 – Struttura degli indicatori.

1.1. L'indicatore aggregato sull'utilizzo del suolo

L'indice di competitività aggregato relativo all'utilizzo del suolo sintetizza la dotazione di verde pubblico pro capite e la percentuale di superfici edificate (letto in senso negativo ai fini della competitività): due tipologie di dati che restituiscono informazioni utili circa la qualità di vita nelle aree urbane e suburbane, e forniscono informazioni sulla velocità di crescita ed espansione delle aree urbanizzate.

- Dotazione di verde pubblico nelle città: ha l'obiettivo di individuare il capoluogo di provincia con la quantità maggiore di verde pubblico, il dato è espresso in m^2 di verde pubblico per abitante ed è aggiornato all'anno 2012. In virtù della rimodulazione della classificazione delle aree verdi a partire dall'edizione 2012 dell'indagine non è possibile confrontare i dati della nuova serie (anno 2011 e successivi) con quelli antecedenti. Fonte del dato è ISTAT-Osservatorio ambientale delle città.
- Percentuale di superfici edificate: si intendono le località abitate, ovvero, un'area più o meno vasta del territorio comunale, conosciuta di norma con un nome proprio, sulla quale sono situate una o più case raggruppate o sparse. Si distinguono in centri abitati, nuclei abitati e località produttive. Tramite l'analisi di questo indicatore si può descrivere il livello di cementificazione nelle varie province italiane e studiare l'evoluzione e la localizzazione delle "aree urbanizzate". Il dato è aggiornato all'anno 2011. Fonte del dato è ISTAT-Basi territoriali.

Il suolo è una risorsa fondamentale per il sistema terra e come tale deve essere salvaguardato e mantenuto in condizioni ottimali. Esso permette all'uomo di svolgere le proprie attività e di nutrirsi. Perciò pensando sempre più ad una pianificazione del territorio sostenibile risulta fondamentale avere informazioni sull'uso e sul consumo del suolo. Per analizzare questa dimensione si è utilizzato l'indice di competitività aggregato relativo all'utilizzo del suolo che sintetizza la dotazione di verde pubblico pro capite e la percentuale di superfici edificate: due tipologie di dati che restituiscono informazioni utili circa la qualità di vita nelle aree urbane e suburbane e forniscono informazioni sulla velocità di crescita ed espansione delle aree urbanizzate (fig. 2). Dall'osservazione dei dati riguardanti le aree più competitive, le compagini che risultano avere le maggiori *performance* sono localizzate prevalentemente lungo l'arco alpino e appenninico: i valori più alti appartengono alle province di Matera, Trento, Potenza, Sondrio, Terni e Carbonia-Iglesias.

Al contrario le aree più critiche sono concentrate nel lombardo-veneto e nelle grandi aree metropolitane come Roma e Napoli. Queste aree svantaggiate coincidono con quelle ad alto grado di urbanizzazione e sviluppo.

Passando ad un'analisi dei singoli aspetti, per quanto riguarda il verde pubblico presente nei capoluoghi italiani, risultano più virtuosi quelli concentrati prevalentemente nell'area meridionale e anche se in quantità minore nell'area settentrionale. Al contrario nelle isole e nel centro Italia sono localizzati i capoluoghi meno competitivi con valori decisamente inferiori ai precedenti.

Al contrario, il fenomeno della cementificazione interessa soprattutto le province settentrionali, mentre al centro e al sud invece il problema è meno accentuato. Infine le isole rappresentano le aree più virtuose ovvero quelle con una percentuale di edificazione più bassa.

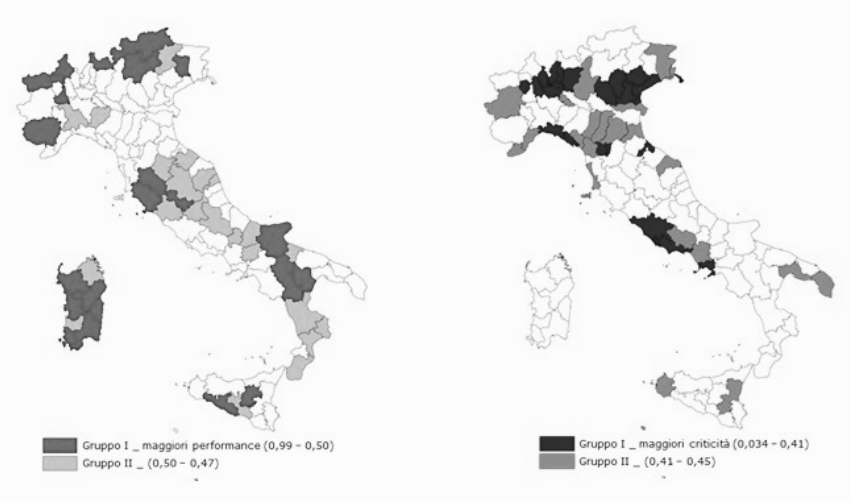


Fig. 2 – Indice di competitività nell'utilizzo del suolo.

1.2. L'impermeabilizzazione del suolo nelle province d'Italia

Al fine di approfondire la lettura a livello nazionale dei dati sul consumo di suolo, si è scelto di analizzare i dati del *Corine Land Cover* (CLC). Questo progetto, nato a livello europeo specificamente per il rilevamento e il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela ambientale, raccoglie i dati sull'impermeabilizzazione del suolo e copertura *forest/no forest* per 33 Stati europei.

Si è scelto di prendere in considerazione esclusivamente le aree mappate come "superficie artificiale" (Classe 1), che includono:

- zone urbanizzate di tipo residenziale (a tessuto continuo e a tessuto discontinuo e rado);
- zone industriali, commerciali ed infrastrutturali;
- zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati;
- zone verdi artificiali non agricole (verde urbano e aree ricreative e sportive),

nel tentativo di mappare lo stato di urbanizzazione delle province italiane, escludendo le aree rurali e arboricole antropizzate mappate dalla CLC sotto le altre classi.

Con l'intento di evidenziare i fenomeni in atto e il loro *trend*, sono stati messi a confronto i dati del 2000 e del 2012.

La mappa in figura 3 illustra il rapporto tra superficie artificiale e superficie totale della provincia, espresso in percentuale. Dall'analisi dei dati del 2000 emergono chiaramente i 4 macrosistemi principali delle principali aree metropolitane, ovvero Milano, Roma, Napoli e l'area Pa-Tre-Ve (Padova, Treviso, Venezia). Anche Trieste presenta valori molto elevati, dovuti principalmente alla scarsa estensione

della superficie territoriale provinciale che contribuisce a far crescere il rapporto percentuale. Il resto delle province presenta un andamento abbastanza omogeneo; si può chiaramente riconoscere l'importanza della componente orografica, che disegna sulla mappa dorsali a bassa urbanizzazione in corrispondenza dell'arco alpino e appenninico, nonché dei rilievi presenti sulle isole.

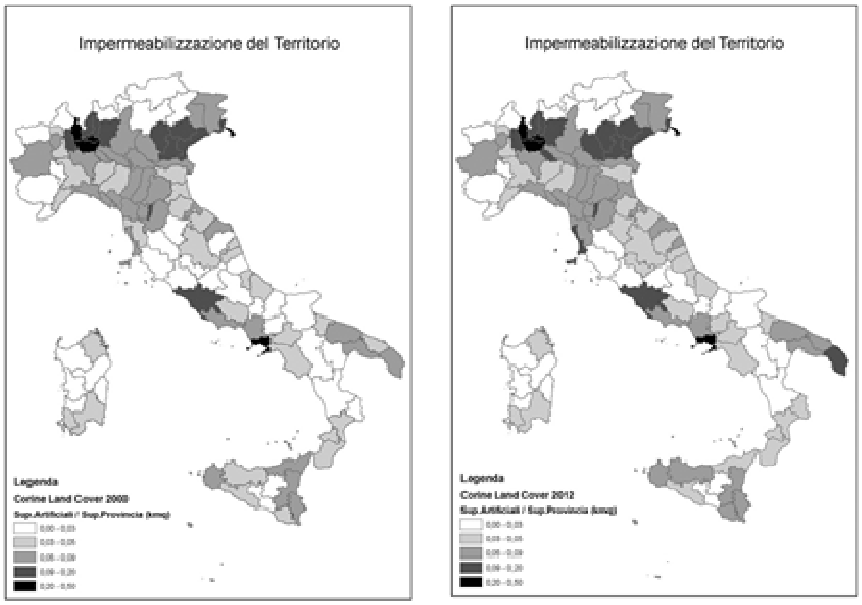


Fig. 3 – Percentuale di superficie artificiale per provincia, CLC 2000 e 2012.

Confrontando questi dati con la mappa 2012 emergono alcune interessanti differenze: un ampliamento dei macrosistemi principali, con uno sviluppo urbano marcato delle aree costiere di Toscana e Puglia. In particolare si riscontrano i maggiori aumenti a Roma, Verona, Brescia, Napoli, Torino, Bergamo, Bari e Padova.

Alcune province sembrano invece aver posto un freno all'impermeabilizzazione di suolo, attraverso l'implementazione di politiche più attente alla pianificazione e parallelamente ad interventi di rinaturalizzazione di aree compromesse, come dimostra il miglioramento di alcune province. Prendendo in considerazione i valori assoluti (km^2 di superficie artificiale, non rappresentati in mappa), è interessante notare come Bolzano, Verbano-Cusio-Ossola, Trapani, Aosta, Carbonia-Iglesias, Genova, Enna, Agrigento, Varese, Biella, Rieti e Messina al 2012 presentino valori più bassi rispetto al 2000, a testimonianza di un efficace sforzo nel contrastare le dinamiche di consumo del suolo.

Analizzando invece la variazione percentuale relativa 2000-2012 per ciascuna provincia, emergono le dinamiche di urbanizzazione degli ultimi dieci anni, con tassi di crescita significativi per le province dell'arco appenninico, che nelle mappe

precedenti mostravano bassi tassi di impermeabilizzazione, per le province costiere adriatiche in modo omogeneo e diffuso, nonché per la Calabria e le province della bassa fascia costiera toscana. Anche le province della pianura padana continuano con un trend incessante di progressiva urbanizzazione e consumo del suolo.

2. Conclusioni

Negli ultimi decenni il consumo di suolo, attraverso l'espansione delle aree urbane e l'impermeabilizzazione delle superfici naturali, ha registrato un rapido e preoccupante aumento. Questi fenomeni sono il risultato delle dinamiche insediative odierne e dell'espansione delle aree urbane che consumano suolo a scapito dei terreni agricoli e naturali. I vari indicatori che misurano questo fenomeno mostrano sempre più spesso come le città registrino un aumento del proprio grado di impermeabilizzazione. L'espansione dei centri urbani che allargano sempre più i propri limiti rappresenta una forte e pericolosa pressione sul territorio circostante. La pianificazione urbanistica attraverso i piani di gestione e tutela del territorio ha il compito di studiare e garantire la compatibilità delle scelte di sviluppo con la salvaguardia e il miglioramento della qualità dell'ambiente che ci circonda, fornendo di conseguenza una migliore qualità della vita per i cittadini.

L'impermeabilizzazione del suolo produce diversi effetti negativi impedendo l'infiltrazione delle acque, sottraendo aree ad usi più compatibili con l'ambiente, limitando le funzioni ecologiche del suolo e aumentando la frammentazione degli habitat fino all'interruzione dei corridoi ecologici di fondamentale importanza per le specie animali. Essa oltre ad essere un fenomeno irreversibile interessa per la maggior parte i terreni migliori per produttività e localizzazione rispetto al fenomeno dell'abbandono che riguarda prevalentemente terreni periferici, poco redditizi e a bassa infrastrutturazione.

Risulta quindi importante avere a disposizione database geografici per produrre carte tematiche sempre aggiornate in modo da consentire ai decisori che operano sul territorio di monitorare costantemente il consumo di suolo per cercare di preservare le aree incontaminate e per limitare la cementificazione in quelle aree già sufficientemente impermeabilizzate. Infine, essendo l'impermeabilizzazione un problema non solo italiano ma che coinvolge tutta l'Europa, sarebbe utile sviluppare alcuni modelli standard per la creazione di rappresentazioni dei fenomeni legati allo consumo di suolo. Questo per facilitarne la lettura e rendere la valutazione il più omogenea possibile a livello europeo.

Riferimenti bibliografici

ISTAT (2012), *"Le problematiche connesse al consumo del suolo"*, Audizione presidente ISTAT, Commissione XIII "Territorio, Ambiente e Beni ambientali" del Senato della Repubblica.

ISTAT (2012), *Rapporto annuale 2012*.

ISTAT (2014), *Descrizione dei dati geografici e delle variabili censuarie per sezione di censimento, anni 1991, 2001, 2011*.

Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali, *Costruire il futuro: difendere l'agricoltura dalla cementificazione.*

SINLOC, ISMU, Istituto Guglielmo Tagliacarne e SiTI (2013), *Rapporto di competitività delle aree urbane italiane, edizione 2013.*

SINLOC, ISMU, Istituto Guglielmo Tagliacarne e SiTI (2014), *Rapporto di competitività delle aree urbane italiane, edizione 2014.*

SINLOC, ISMU, Istituto Guglielmo Tagliacarne, SiTI e Prometeia (2011), *Rapporto di competitività delle aree urbane italiane, edizione 2011.*

Valutazione delle qualità e delle funzionalità dei suoli dalla banca dati pedologica regionale

di L. Gardin[*], L. Bottai[*] e U. Sassoli[**]

Riassunto

Il Settore Sistema Informativo Territoriale e Ambientale (SITA) della Regione Toscana, ha realizzato nel 2014 per tutto il territorio regionale tramite elaborazioni dalla banca dati pedologica, la carta della capacità d'uso dei suoli e della fertilità, individuando in tale elaborato un valido e collaudato strumento di valutazione del territorio, della potenzialità dei suoli, delle loro limitazioni e della fertilità. Il principale scopo è quello di fornire, a partire dalla conoscenza dei caratteri del suoli, una serie di valutazioni e di indicazioni utili e prontamente comprensibili per il miglior uso del territorio per fini agronomici da un punto di vista produttivo, consentendo l'individuazione e la salvaguardia dei suoli migliori per preservarli da altri usi. Tale strumento è stato utilizzato in questo articolo dagli autori per qualificare i terreni persi per consumo di suolo, integrando le analisi e le elaborazioni effettuate su tale tematica ed evidenziando come tale processo di degradazione vada ad impattare sulle migliori classi di capacità d'uso dei suoli regionali.

Parole chiave: qualità del suolo, funzionalità del suolo, capacità d'uso, consumo di suolo.

Summary

In 2014 the Geographic Information System of Tuscany Region has achieved the land capability classification and fertility map for the whole regional territory, through a soil database processing. This product has been identified as an effective and useful tool for land evaluation, soil capability and fertility. The main purpose is to provide some evaluations readily understandable to the best use of soils for agricultural purposes, allowing a better soil identification and protection to pervent

[*] Consorzio LAMMA, *gardin@lamma.rete.toscana.it,, bottai@lamma.rete.toscana.it.*
[**] Regione Toscana, *umberto.sassoli@regione.toscana.it.*

them from other uses.This instrument was used by authors to qualify the soil lost, integrating analysis and calculations made on this issue, highlighting that this degradation process impacts on the best classes of soil capability.

Key words: soil qualities, soil functions, soil capability, soil sealing.

1. Introduzione

Lo scopo di questo lavoro è quello di contribuire a descrivere ed analizzare le caratteristiche e le funzionalità dei suoli presenti nel territorio regionale oggetto di consumo di suolo, al fine di poter evidenziarne e quantificarne alcune problematiche con l'intento di fornire strumenti che possano contribuire ad una più idonea pianificazione del territorio. Il consumo di suolo è qui inteso come la perdita di una risorsa naturale causata dall'occupazione della sua superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale verso coperture artificiali legate alle dinamiche insediative, infrastrutturali, etc. Un processo prevalentemente dovuto alla costruzione di nuovi edifici, capannoni e insediamenti, all'espansione delle città, alla densificazione o alla conversione di terreno in un'area urbana, all'infrastrutturazione del territorio. Fin dalla sua istituzione, la Regione Toscana ha investito importanti risorse finanziarie nella conoscenza e nella cartografia del suolo, riconoscendo questo come una risorsa naturale limitata, di fatto non rinnovabile, necessaria non solo per la produzione alimentare e il supporto alle attività umane, ma anche per la chiusura dei cicli degli elementi nutritivi e per l'equilibrio della biosfera. Il suolo è un sottile mezzo poroso e biologicamente attivo, risultato di complessi e continui fenomeni di interazione tra le attività umane e i processi chimici e fisici che avvengono nella zona di contatto tra atmosfera, idrosfera, litosfera e biosfera (APAT, 2008).

Il suolo è caratterizzato da alcune funzioni fondamentali dal punto di vista ambientale, sociale ed economico (agricoltura, selvicoltura, protezione delle acque, ecc.), nonché indispensabili per la vita sulla Terra. Svolge l'importante funzione di filtro consentendo la trasformazione dei soluti che vi passano e regolando i cicli degli elementi nutritivi indispensabili per le piante, nonché il ciclo dell'acqua; funge da piattaforma e da supporto per i processi e per gli elementi naturali e artificiali; contribuisce alla resilienza dei sistemi socio-ecologici; fornisce importanti materie prime e ha una funzione culturale e storica. (Fumanti, 2009; Munafò M., Tombolini I., 2014). Necessita di particolare attenzione e protezione, poiché è soggetto a forti e crescenti pressioni, riconosciute in ambito europeo (Commissione Europea, 2006; 2012), quali l'erosione, la perdita di sostanza organica, la contaminazione da inquinanti (diffusa e puntuale), l'impermeabilizzazione, la compattazione, la diminuzione di biodiversità, la salinizzazione, le inondazioni e le frane.

2. La classificazione della capacità d'uso dei suoli

Un valido e collaudato strumento di valutazione del territorio, della potenzialità

dei suoli, delle loro limitazioni e della loro fertilità può essere rappresentato dalla classificazione della capacità d'uso dei suoli, che ha lo scopo di fornire una serie di indicazioni utili e prontamente comprensibili per il miglior uso del territorio per fini agro-silvo-pastorali da un punto di vista produttivo, consentendo la salvaguardia dei suoli agronomicamente più adatti preservandoli da altri usi.

La classificazione della capacità d'uso (*Land Capability Classification*) è un metodo che viene usato per classificare il territorio non in base a specifiche colture o pratiche agricole, ma per un ventaglio più o meno ampio di sistemi agro-silvo-pastorali. La metodologia originale è stata elaborata dal servizio per la conservazione del suolo del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (Klingebiel e Montgomery, 1961) in funzione del rilevamento dei suoli condotto al dettaglio, a scale di riferimento variabili dal 1:15.000 al 1:20.000. È importante ricordare che l'attività del Servizio per la Conservazione del Suolo degli Stati Uniti aveva ricevuto un grande impulso dal "*Soil Conservation and Domestic Allotment Act*" del 1935. Tale legge era stata emanata in seguito al drastico crollo della produzione agricola della seconda metà degli anni venti, causato dall'erosione del suolo in vaste aree ad agricoltura intensiva, basata sulla monosuccessione e priva di misure per la conservazione del suolo. La comprensione che questo crollo produttivo era stato una delle cause della famosa "crisi del 1929" aveva motivato la volontà politica di orientare le scelte degli agricoltori verso una agricoltura più sostenibile, in particolare più attenta ad evitare l'erosione del suolo e a conservare la sua fertilità (Costantini E.A.C., 2006).

In seguito al rilevamento e alla rappresentazione cartografica, tramite la "*Land Capability Classification"* i suoli venivano raggruppati in base alla loro capacità di produrre comuni colture, foraggi o legname, senza subire alcun deterioramento e per un lungo periodo di tempo. Lo scopo delle carte di capacità d'uso era quello di fornire un documento di facile lettura per gli agricoltori, che suddividesse i terreni aziendali in aree a diversa potenzialità produttiva, rischio di erosione del suolo e difficoltà di gestione per le attività agricole e forestali praticate.

In seguito al successo ottenuto dal sistema negli Stati Uniti, molti paesi europei ed extraeuropei hanno sviluppato una propria classificazione basata sulle caratteristiche del proprio territorio, che differiva dall'originale americana per il numero ed il significato delle classi e dei caratteri limitanti adottati.

In Italia la LCC è stata invece via via sempre più utilizzata per la programmazione e pianificazione territoriale, cioè a scale di riferimento più vaste di quella aziendale. A tale proposito vi sono state nel tempo innumerevoli realizzazioni, basti citare la Carta della potenzialità dei suoli d'Italia (Mancini e Ronchetti, 1968) e le carte regionali del Piemonte (IPLA, 1982), dell' Emilia-Romagna (Regione Emilia-Romagna, 1981 e 2010), della Lombardia (Regione Lombardia, 2000) e della stessa Toscana (Regione Toscana, 2006). Numerose anche le carte a scala di maggior dettaglio quali, ad esempio, quelle prodotte in Toscana (Costantini E.A.C., 1987; Busoni E. *et al.*, 1983; Bigi L. *et al.*, 1982) e in Campania (Regione Campania, 2004). In alcuni casi la LCC ha assunto un ruolo fondamentale di strumento per lo scambio delle conoscenze tra specialisti di discipline diverse, in particolare pedologi, agronomi, architetti e, più in generale, pianificatori territoriali, con un

notevole impatto sulle decisioni degli amministratori pubblici. In tal senso si possono citare le esperienze realizzate a livello comunale in Lombardia (Brenna S. e Madoi R., 2004), (Comune di Carugo, 2004) e in Sardegna (Fantola *et al*., 1995; Lai *et al*., 1995).

3. Metodologia

La realizzazione della carta di capacità d'uso in Regione Toscana è stata fatta secondo la metodologia della "*Land Capability Classification*" elaborata nel 1961 dal Soil Conservation Service del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America, mentre la Classificazione della Fertilità ha seguito la metodologia proposta da Sanchez (1982) ed è in parte inserita nella carta di capacità d'uso; essa tiene in maggior considerazione gli elementi della fertilità agronomica dei suoli (tessitura, pH, calcare, CSC, sodio, salinità) classificando le limitazioni che essi inducono sulla gestione del suolo. Il metodo non considera la potenzialità dei suoli rispetto ad usi particolari o a specifiche colture, ma assegna ad ogni tipo pedologico una capacità d'uso generica che tiene conto di tutti i suoi parametri permanenti e non modificabili da interventi antropici. La LCC si fonda su una serie di principi ispiratori:

- La valutazione si riferisce al complesso di colture praticabili nel territorio in questione e non ad una coltura in particolare.
- Vengono escluse le valutazioni dei fattori socio-economici;
- Al concetto di limitazione è legato quello di flessibilità colturale, nel senso che all'aumentare del grado di limitazione corrisponde una diminuzione nella gamma dei possibili usi agro-silvo-pastorali;
- Le limitazioni prese in considerazione sono quelle permanenti e non quelle temporanee, quelle cioè che possono essere risolte da appropriati interventi di miglioramento (per es. concimazioni);
- La valutazione considera un livello di conduzione gestionale medio elevato, ma allo stesso tempo accessibile alla maggioranza degli operatori agricoli.

3.1. Le Classi di capacità d'uso

Le **classi** di capacità d'uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio. Sono designate con numeri romani da I a VIII in base al numero ed alla severità delle limitazioni e sono definite come segue:

Suoli arabili

- Classe I: suoli senza o con poche limitazioni all'utilizzazione agricola. Non richiedono particolari pratiche di conservazione e consentono un'ampia scelta tra le colture diffuse nell'ambiente;
- Classe II: suoli con moderate limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono alcune pratiche di conservazione, quali un'efficiente rete di affossature e di drenaggi;

- Classe III: suoli con notevoli limitazioni, che riducono la scelta colturale o che richiedono un'accurata e continua manutenzione delle sistemazioni idrauliche agrarie e forestali;
- Classe IV: suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola. Consentono solo una limitata possibilità di scelta;

Suoli non arabili

- Classe V: suoli che presentano limitazioni ineliminabili non dovute a fenomeni di erosione e che ne riducono il loro uso alla forestazione, alla produzione di foraggi, al pascolo o al mantenimento dell'ambiente naturale (ad esempio, suoli molto pietrosi, suoli delle aree golenali);
- Classe VI: suoli con limitazioni permanenti tali da restringere l'uso alla produzione forestale, al pascolo o alla produzione di foraggi;
- Classe VII: suoli con limitazioni permanenti tali da richiedere pratiche di conservazione anche per l'utilizzazione forestale o per il pascolo;
- Classe VIII: suoli inadatti a qualsiasi tipo di utilizzazione agricola e forestale. Da destinare esclusivamente a riserve naturali o ad usi ricreativi, prevedendo gli interventi necessari a conservare il suolo e a favorire la vegetazione;
- Poiché le classi di capacità d'uso individuano ambiti territoriali che possono presentare limitazioni non necessariamente dello stesso tipo, possono rientrare nella stessa classe suoli anche molto diversi tra loro.

3.2. Le Sottoclassi di capacità d'uso

All'interno della classe di capacità d'uso è possibile raggruppare i suoli per tipo di limitazione all'uso agricolo e forestale. Con una o più lettere minuscole, apposte dopo il numero romano che indica la classe, si segnala immediatamente all'utilizzatore se la limitazione, la cui intensità ha determinato la classe d'appartenenza, è dovuta a proprietà del suolo **(s)**, ad eccesso idrico **(w**), al rischio di erosione **(e)** o ad aspetti climatici **(c)**. La classificazione della capacità d'uso dei suoli ha lo scopo di fornire una serie di indicazioni utili e prontamente comprensibili per il miglior uso del territorio per fini agro-silvo-pastorali da un punto di vista produttivo, consentendo la salvaguardia dei suoli agronomicamente più adatti preservandoli da altri usi.

4. L'applicazione della capacità d'uso in Regione Toscana

Nel 2014 il Consorzio LAMMA, su incarico del Settore SITA della Regione Toscana, ha realizzato per tutto il territorio la carta della capacità d'uso dei suoli a partire dalla banca dati pedologica regionale. La tabella di valutazione adottata per la classificazione in classi e sottoclassi di capacità d'uso ha tenuto conto dell'esperienza maturata nel corso degli anni sia dagli Enti di Ricerca che hanno lavorato in questo campo, primo fra tutti l'Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo di Firenze (oggi CRA-ABP) sia da alcuni uffici regionali (Emilia

Romagna, Piemonte, Veneto, Campania). Per questa ragione tutti i parametri di valutazione del suolo sono stati esaminati e messi a confronto cercando inoltre di rendere il più possibile obbiettiva la valutazione dei singoli parametri, soprattutto rispetto a fattori quali il rischio d'inondazione, l'erosione, la pendenza, le limitazioni climatiche, che in passato hanno talvolta lasciato spazio ad una certa soggettività di giudizio. Ne è scaturita una tabella pensata per la valutazione della capacità d'uso dei suoli della Regione Toscana per ciascuna Unità Tipologiche di suolo, che mediante la presenza nelle Unità cartografiche vengono spazializzate a tutto il territorio regionale. I principali caratteri del suolo presi in considerazione singolarmente nella matrice di valutazione sono i caratteri della stazione e del territorio quali la rocciosità, la pietrosità superficiale, la pendenza, l'erosione potenziale, il rischio di inondazione, l'interferenza climatica per quota e per deficit idrico. Sono i caratteri fisici e chimici del suolo, divisi per topsoil e subsoil quali la granulometria, lo scheletro, la fertilità chimica (reazione, csc, saturazione, carbonati, sostanza organica, ESP), la salinità; altre qualità del suolo quali la profondità utile alle radici e il drenaggio. I risultati della valutazione hanno prodotto una banca dati georeferenziata corredata di note illustrative disponibili nel portale cartografico regionale[1] a cui si rimanda per approfondimenti metodologici e per la completezza dei risultati. Preme qui soltanto riportare in sintesi la ripartizione del territorio regionale nelle otto classi di capacità d'uso, come riportato in fig. 1.

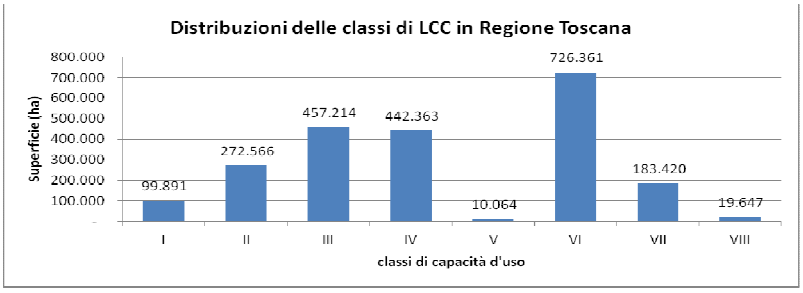


Fig. 1 – Suddivisione del territorio regionale in classi di capacità d'uso dei suoli

5. Le caratteristiche e le qualità dei suoli consumati nel periodo 2007-2013

Una delle principali cause di degrado del suolo è rappresentato dalla sua irreversibile perdita, ovvero dalla trasformazione di terreni agricoli e di aree naturali e seminaturali in aree artificiali, prevalentemente cementificate ed impermeabilizzate. Ciò determina un maggior rischio di inondazioni, contribuisce al riscaldamento globale, riduce la biodiversità, contribuisce insieme alla diffusione urbana alla progressiva e sistematica distruzione del paesaggio, soprattutto rurale (Antrop, 2004;

[1] Vedi: http://www.regione.toscana.it/enti-e-associazioni/pianificazione-e-paesaggio/informazione-geografica.

Pileri e Granata, 2012) e sottrae superfici alle produzioni agricole. Queste sono inevitabilmente perse, così come la capacità dei suoli di assorbire e stoccare il carbonio, di fornire supporto e sostentamento per la componente biotica dell'ecosistema, di garantire la biodiversità o la fruizione sociale. Dalla banca dati dell'uso del suolo di Regione Toscana disponibile presso il portale cartografico regionale[2], effettuata mediante foto interpretazione su foto aeree del 2007, del 2010 e del 2013, è stato possibile individuare le principali categorie di uso del suolo perse per consumo nel periodo 2007-2013 (tab. 1).

Tab. 1 – Superficie delle categorie di uso del suolo perse per consumo di suolo dal 2007 al 2013 in Toscana e loro estensione regionale; le percentuali si riferiscono alla superficie regionale della classe.

Classe di uso del suolo	*sup.consumata (ha)*	*sup totale reg. (ha)*	*perc*
Seminativi irrigui e non irrigui	3.164	594.709	0,53%
Boschi di latifoglie	473	911.157	0,05%
Oliveti	310	110.113	0,28%
Sistemi colturali e particellari complessi	188	14.199	1,33%
Colture temporanee associate a colture permanenti	139	23.010	0,60%
Colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti	138	17.540	0,79%
Prati stabili	127	21.236	0,60%
Aree verdi urbane	126	4.866	2,60%
Boschi misti di conifere e latifoglie	62	88.949	0,07%
Vigneti	49	71.013	0,07%
Boschi di conifere	45	63.898	0,07%
Vivai	39	6455	0,60%
Pascolo naturale e praterie	34	17.647	0,20%
Aree con vegetazione rada	30	7116	0,42%
Frutteti	23	5310	0,44%
Arboricoltura	15	12.331	0,12%
Vegetazione sclerofilla	6	14.505	0,04%
Serre stabili	2	1.578	0,16%
Paludi interne	2	4.075	0,04%

La realizzazione della classificazione della capacità d'uso dei suoli a partire dalla banca dati dei suoli regionali ha consentito di qualificare i caratteri e le fun-

[2] Vedi: http: //www502. regione. toscana.it /geoscopio/ cartoteca.html.

zionalità dei suoli persi per consumo di suolo nel periodo 2007-2013. Per mezzo di operazioni di overlay topologico fra i poligoni dell' uso del suolo che in tale periodo sono stati trasformati in coperture artificiali e la capacità d'uso dei suoli, è stato possibile analizzare la composizione in classi di capacità d'uso dei suoli persi per consumo di suolo (fig. 2).

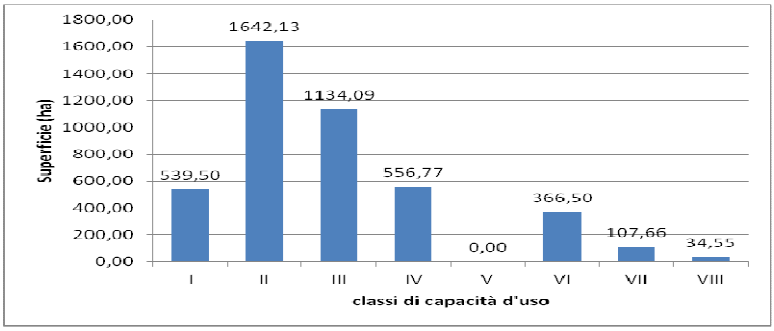


Fig. 2 – Distribuzione della superficie (ha) dei suoli consumati per classe di capacità d'uso.

Il 50% dei suoli consumati nel periodo 2007-2013, corrispondenti a 2180 ettari, appartiene alla **I** e **II classe** di Land Capability; assieme le due classi rappresentano i suoli presenti soprattutto nelle pianure e solo secondariamente nei rilievi collinari. Sono suoli molto adatti alla coltivazione, privi di limitazioni (I classe) o con poche e lievi limitazioni (II classe), che riducono la scelta colturale o che richiedono solo alcune facili pratiche di conservazione e gestione del suolo, per prevenirne il degrado o per migliorarne i rapporti con l'aria e con l'acqua quando il suolo è coltivato. Le limitazioni più comuni legate ai suoli della II classe di LCC interessano la granulometria e la fertilità chimica (con particolare riferimento all'acidità, sempre comunque contenuta, con valori di pH compresi tra 6,1 e 6,5). Per quanto riguarda l'eccesso idrico la limitazione principale è costituita dal drenaggio non ottimale a cui si può sommare un moderato rischio d'inondazione. Il rischio d'interferenza climatica, scarsamente presente, è molto lieve ed è rappresentato principalmente da alti valori di umidità relativa dell'aria.

Il 26% dei suoli consumati nel periodo 2007-2013, corrispondente a circa 1134 ettari, appartiene alla **III classe**, ovvero a suoli idonei alla coltivazione, ma con limitazioni intense, tali da ridurre la scelta delle colture o da richiedere speciali pratiche conservative attraverso una continua ed accurata manutenzione delle sistemazioni idrauliche agrarie e forestali. In ambiente collinare, ove i suoli della III classe risultano i più diffusi, le limitazioni più comuni sono rappresentate dalla pendenza, dal rischio d'erosione e dalla franosità, frequentemente associati tra loro. Molto rappresentati anche suoli con limitazioni legati alla tessitura argillosa che assommano anche notevoli difficoltà di drenaggio interno e suoli con elevati contenuti in scheletro e pietrosità. In pianura, ove il consumo di suolo ha inciso su questa classe di capacità d'uso per il 40%, i suoli appartenenti alla III classe sono generalmente piuttosto mal drenati e spesso caratterizzati da una tessitura superficiale argillosa o argilloso-limosa, con ulteriori limitazioni, di entità variabile, riguardanti salinità e

fertilità e richiedono drenaggi artificiali e sistemi colturali che mantengano o migliorino la struttura e gli effetti delle lavorazioni del suolo.

Il 13% dei suoli consumati nel periodo 2007-2013, appartiene alla **IV classe** che rappresenta la peggiore classe dei suoli arabili coltivati, con limitazioni molto forti, tali da ridurre drasticamente la scelta delle colture, da imporre una gestione accurata e delle pratiche di conservazione difficili da applicare e da mantenere.

Dei suoli consumati di IV classe, il 15% appartiene a suoli di pianura, le cui limitazioni sono dovute a drenaggio interno difficoltoso; alla bassa fertilità (basso pH e sodicità); all' elevata salinità al rischio d'inondazioni. In ambiente collinare, le limitazioni sono dovute alla scarsa profondità, allo scheletro, alla pietrosità superficiale, alle pendenze forti, all'erosione potenziale moderatamente alta, alla franosità elevata; alla bassa capacità di trattenere l'umidità e all'interferenza climatica relativa alla quota, moderata. Il confronto fra la percentuale di superficie occupata da ciascuna classe di capacità d'uso fra i suoli regionali e suoli consumati nel periodo 2007-2013, riportata in fig. 3, mostra come il consumo di suolo si concentri nelle classi di capacità d'uso migliori (I, II e III).

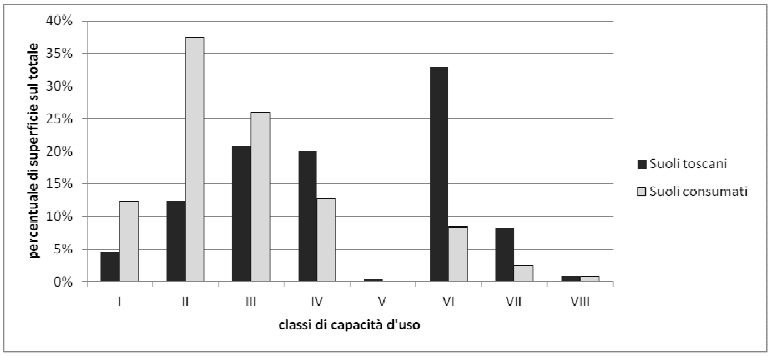


Fig. 3 – Confronto fra la percentuale di superficie occupata dalla classe di capacità d'uso per i suoli regionali e per i suoli consumati.

È stata indagata inoltre l'intensità del fenomeno sopra descritto all'interno delle diverse classi di uso del suolo, per le quali è stata calcolata la superficie percentuale dei suoli suddivisi in classi di capacità d'uso sia su scala regionale che per i soli suoli consumati.

Dalla fig.4 si evidenzia che per le principali classi di uso del suolo, seppur in misura leggermente diversa, il consumo di suolo impatta sempre sulle migliori classi di capacità d'uso.

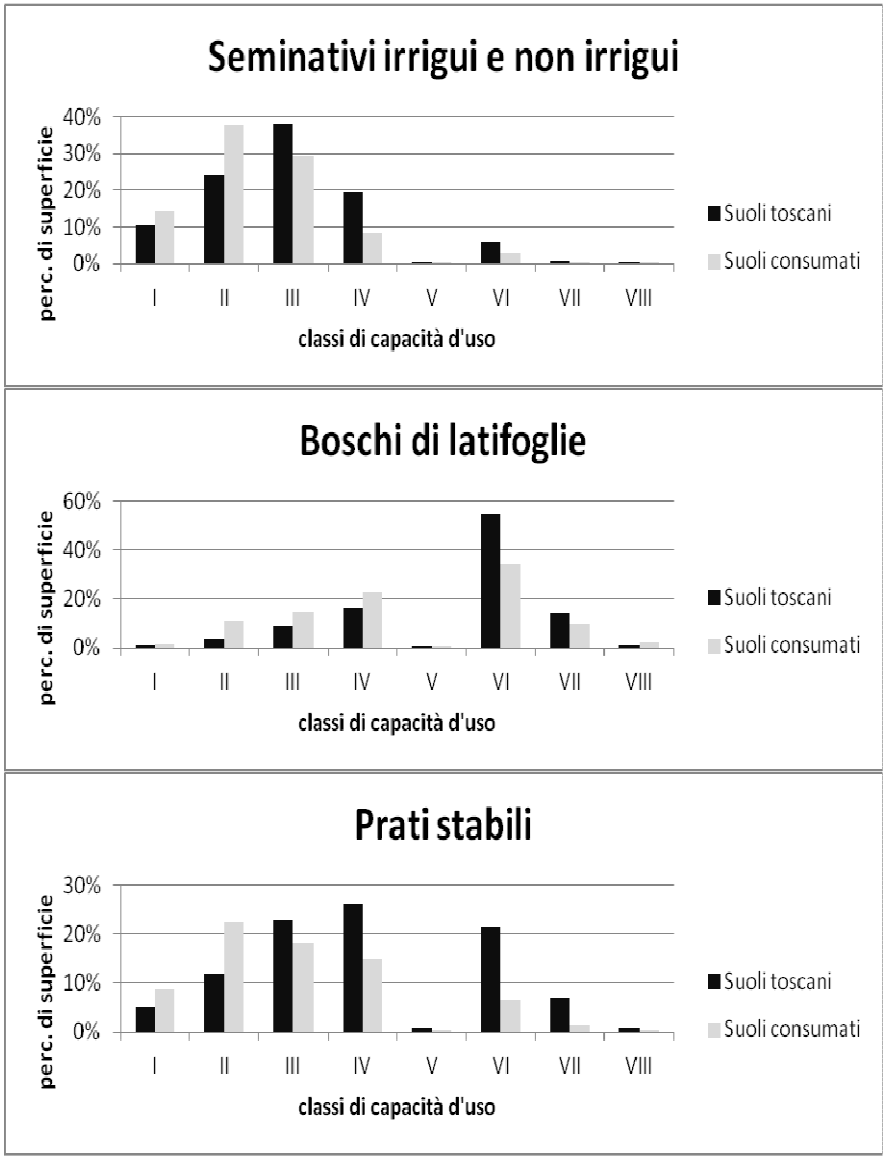


Fig. 4 – I tre grafici riportano il confronto fra la percentuale di superficie occupata dalla classe di capacità d'uso per i suoli regionali e per i suoli consumati, all'interno delle principali classi di uso del suolo.

6. Conclusioni

Dopo aver descritto i caratteri e le qualità dei suoli persi, per cercare di rendere

ancora più evidente e reale la gravità del fenomeno del consumo di suolo, si è cercato di stimare, in modo approssimativo, la perdita di produzione agricola. Considerando infatti che sono stati consumati oltre 3.100 ettari di seminativi e assumendo che tali superfici avrebbero potuto essere coltivate a grano, considerando una resa media annua regionale e il fabbisogno calorico umano giornaliero, si deduce che la superficie dei soli seminativi consumati avrebbero garantito la sussistenza alimentare di circa 42.000 persone.

È stato possibile inoltre quantificare la perdita di carbonio organico dovuta al consumo di suolo, essendo esso uno dei maggiori serbatoi di questo elemento; estraendo dalla banca dati pedologica regionale il contenuto di carbonio organico dei suoli, la loro profondità e densità, è stato possibile stimare per la superficie dei suoli consumati, il contenuto complessivo, ovvero lo stock di carbonio organico in essi presenti in una sezione da 0 a 100 cm di profondità, pari a circa 500.000 tonnellate. Pur non potendo considerare questo quantitativo di carbonio come un'emissione, è possibile tuttavia affermare che esso viene sottratto al suo più lento ciclo naturale ed immesso invece, in vario modo, in processi ove è più rapida la sua trasformazione. Tale quantitativo corrisponde indicativamente ad un'emissione pari a circa il 6% delle emissioni annue della Regione Toscana (stima anno 2010 dalla banca dati IRSE - Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione in aria ambiente di Regione Toscana[3]. In conclusione si ritiene che l'utilizzo delle banche dati dei suoli regionali, associato ad attività di approfondimento delle conoscenze pedologiche previste da regione toscana, consenta di analizzare in modo adeguato la problematica del consumo di suolo con una specifica attenzione all'oggetto del consumo stesso, a questa risorsa fondamentale per la vita, per la quale le Nazioni Unite hanno proclamato il 2015 "Anno internazionale del Suolo".

Riferimenti bibliografici

Antrop M. (2004), "Landscape Change and Urbanization Process in Europe", *Landscape and Urban Planning*, 67: 9-26.

APAT (2008), *Il suolo, la radice della vita*, APAT, Roma

Bigi L. et al. (1982). *Cartografia tematica per gli interventi sul territorio*, Monte San Savino, Regione Toscana

Brenna S., Madoi R., (2004), *Informazioni pedologiche e pianificazione territoriale: un esempio dalla Lombardia*, Boll. Società Italiana della Scienza del Suolo, 1-2, 409-414.

Busoni E. et al. (1983), *Risultati sperimentali per la valutazione dei suoli agricoli e forestali in Toscana*, Consiglio Nazionale delle Ricerche. Centro di Studio per la Genesi e la Cartografia e Classificazione del Suolo.

Comune Di Carugo (2004), *Carta della capacità d'uso*, www. comune.carugo.co.it / DocumentiUfficioTecnico /studio Geologico /Tav2pedologica.pdf.

Commissione Europea (2012), *Attuazione della strategia tematica per la protezione del suolo e attività in corso*, COM(2012) 46. Bruxelles, 13.2.2012.

Costantini E.A.C., (1987), *Cartografia tematica per la valutazione del territorio nell'ambito dei sistemi produttivi*, Bacini di torrenti Vergaia e Borratello: Area rappresentativa

[3]Vedi: http://www.lamma.rete.toscana.it/clima-e-energia/focal-point-kyoto.

dell'ambiente di produzione del vino Vernaccia di San Gimignano (Siena), Ann. Ist. Sper. Studio e Difesa Suolo, XVIII, 23- 74, Firenze.

Costantini E.A.C., (2006), *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Siena, Cantagalli,

Commissione Europea (2006), *Strategia tematica per la protezione del suolo*, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006

Fantola F., Loddo S., Puddu R., Aru A., (1995), *Studi pedologici e territoriali per l'adeguamento del Piano Urbanistico Comunale al Piano Territoriale Paesistico nel comune di Assemini. Atti del Convegno annuale S.I.S.S. "Il Ruolo della Pedologia nella Pianificazione e Gestione del Territorio"*, Cagliari, 231-246.

Fumanti F. (2009), *Il suolo e le acque meteoriche. In: Focus su "Il suolo, il sottosuolo e la città"* - V Rapporto ISPRA Qualità dell'ambiente urbano.

IPLA, (1982), *Capacità d'uso dei suoli in Piemonte ai fini agricoli e forestali con carta scala 1:250.000*, IPLA, Torino

Klingebiel A.A., Montgomery P.H., (1961), *Land capability classification*, USDA Agricultural Handbook 210, US Government Printing Office, Washington, DC.

Lai M.R., Loddo S., Puddu R., Serra G., Aru A., (1995). *Lo studio geopedologico nella pianificazione degli interventi di difesa del suolo e di mitigazione della desertificazione. Salvaguardia della risorsa pedologica nel quadro della legge n°.183/89: il bacino del Rio S. Lucia di Capoterra*, Atti del Convegno annuale S.I.S.S, "Il Ruolo della Pedologia nella Pianificazione e Gestione del Territorio", Cagliari, 349-352.

Mancini F., Ronchetti G., (1968), *Carta della potenzialità dei suoli d'Italia. Comitato per la Carta dei Suoli*, Firenze.

Munafò M., Tombolini I. (2014), *Il consumo del suolo in Italia*, Edizione 2014 ISPRA Rapporti 195/2014

Pileri P., Granata E. (2012), *Amor Loci. Suolo, ambiente, cultura civile*, Milano, Libreria Cortina.

Regione Campania (2004), *Progetto Carta dei Suoli della Campania 1:50.000* – I suoli della Piana in Destra Sele – La capacità d'uso pp 14-18 http://www.agricoltura.regione.campania.it/pubblicazioni/pdf/destra-sele.pdf

Regione Emilia Romagna, (1981). *Capacità d'uso dei suoli della Regione Emilia-Romagna. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli*; Bologna.

Regione Emilia-Romagna, (2010), *Carta della Capacità d'uso dei suoli ai fini agricoli e forestali della pianura emiliano-romagnola in scala 1:50.000*. http:// geo.regione.emilia-romagna.it /gstatico /documenti /dati_pedol /CAPACITA_USO. pdf.

Regione Lombardia, (2000), *Carta della capacità d'uso*. www.cartografia.regione-.lombardia.it/ cartanet/download.asp?id=35.

Gardin L., Vinci A., a cura di (2006), *Carta dei suoli della Regione Toscana in scala 1:250.000*. http://sit.lamma.rete.toscana.it/websuoli/.

Sanchez, P.A., Couto, W. and Buol, S.W. (1982),*The Fertility capability Classification System: Interpretation applicability e modification*. Geoderma, 27.

Interazioni tra impatto, uso del suolo, biodiversità e unità pedologiche

di M. Bianco [*] e C. Jacomini[*]

1. Introduzione

L'eterogeneità pedologica italiana presenta 25 dei 30 tipi di suoli descritti dalla WRB della FAO su un territorio che corrisponde a solo lo 0,2% delle terre emerse mondiali. La storia naturale del nostro Paese ha disegnato un ricchissimo quanto sempre più frazionato mosaico di microambienti, dove vive una biodiversità ricchissima. Gli ecosistemi interagiscono in complesse reti di connettanza ecologica e il loro corretto monitoraggio si deve basare su argomenti di massimo consenso a livello nazionale e continentale. L'impatto delle attività antropiche in un paese così variegato e particolare come l'Italia non può essere monitorato seguendo solo logiche amministrative e non naturali. Ad esempio, i metodi tradizionali di rilevamento ambientale sono basati su confini amministrativi per monitorare gli effetti della perdita del suolo e dei suoi servizi ecosistemici. Molte valutazioni finora svolte, inoltre, non tengono conto dell'inquinamento diretto e indiretto che le aree antropizzate diffondono negli ambienti naturali e prossimo-naturali circostanti. È però possibile, utilizzando i dati disponibili e selezionando opportuni indici e indicatori, individuare le situazioni di tensione in un'ottica maggiormente ecologica e non solo amministrativa, analizzando il territorio in senso fisiografico. A questo proposito, la valutazione ambientale riveste un ruolo chiave nei processi di progettazione, amministrazione e risoluzione delle problematiche territoriali (De Groot, 1992; Costanza *et al*., 1997). L'utilizzo di indicatori ambientali rappresenta uno strumento efficace per descrivere la sostenibilità del sistema territoriale fornendo informazioni statistiche sintetiche (Greco, 2002; AA.VV., 2009). Gli indicatori di sostenibilità considerano le dimensioni spazio-temporali, sociali, economiche, ambientali, istituzionali e le loro relazioni. La stessa Commissione Europea suggerisce l'adozione di indicatori ambientali al fine di migliorare le statistiche e per valutare il risultato delle azioni attuate per rallentare i processi di degrado ambientale (CE, 2003; AA.VV., 2009). La complessità degli ecosistemi edafici italiani risulta dall'interazione dei quattro

[*] Dipartimento Difesa della Natura, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), *pietro.bianco@isprambiente.it, carlo.jacomini@isprambiente.it*

fattori identificati da Lavelle e Spain (2003): i tre diversi tipi di energia che entrano nel sistema suolo (energia fisica, chimica e biologica), i modelli di eterogeneità spaziale e temporale e le strutture funzionali. Mostrando intere parti del paese con tassi di perdita di sostanza organica tali da mettere a repentaglio la fertilità del suolo, le risposte di governo a tutti i livelli non hanno quasi mai favorito approcci ecologici a cui sono state scelte che socialmente sono state presentate come economiche. Al conto dei fatti, un'azione di prevenzione avrebbe rispoarmiato morti e feriti, danni irreparabili e costi altissimi. Si anticipano alcuni esempi in merito.

2. Le zone urbanizzate nei Tipi paesistici italiani

Dalla "Carta dei tipi e delle unità fisiografiche di paesaggio d'Italia" risultano 37 Tipi fisiografici di Paesaggio ciascuno dei quali comprende varie Unità fisiografiche di Paesaggio, cioè porzioni di territorio geograficamente definite che presentano un caratteristico assetto fisiografico e di copertura del suolo[1]. In figura 1 viene mostrato l'incrocio dei tipi fisiografici con i dati *Corine Land Cover* al 5° livello. Si evidenzia come le situazioni di intensa urbanizzazione caratterizzino i sistemi di pianura e i sistemi collinari, in particolare quelli terrigeni e morenici.

La pressione edilizia su questi territori assume carattere di emergenza considerando le zone residenziali a tessuto discontinuo. L'edilizia estensiva è cresciuta soprattutto a ricasco delle aree agricole più rilevanti anche da un punto di vista paesaggistico, e in vaste aree di periferie urbane frutto di gestioni del territorio che non hanno minimamente considerato né il consumo di suolo, né tantomeno le reti ecologiche. In fig. 2, si può osservare come questo tipo di urbanizzazione ad alto impatto naturale nella zona alpina si estenda anche nei tipi paesistici montani, su aree minori come estensione, ma di altissimo valore naturalistico.

[1] La cartografia delle Unità Fisiografiche è visualizzabile per tutta Italia alla scala 1:250.000 in formato jpg e on-line sul sito di Carta della Natura WebGis: http://wwwhttp://geoviewer.isprambiente.it/index_CdN.html?config=config_CdN.xml.

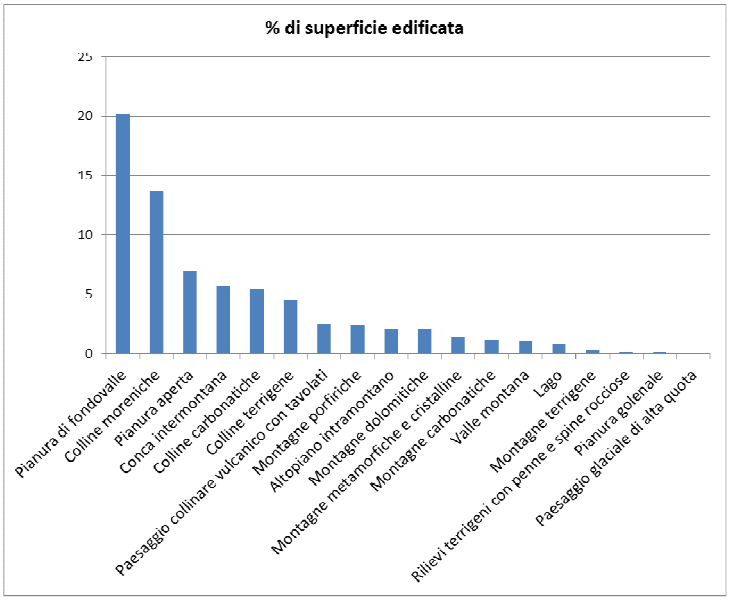


Fig. 1 – Percentuale di superficie edificata nei principali tipi paesistici (dati ISPRA).

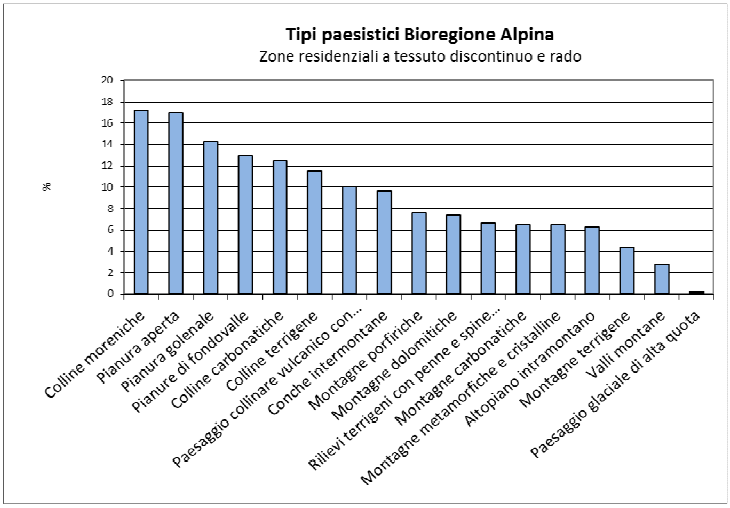


Fig. 2 – Percentuale di superficie con edificato diffuso nei principali tipi paesistici (dati I-SPRA).

A livello regionale, la pianificazione territoriale può essere facilitata dall'utilizzo dei tipi paesistici, che considerano unità omogenee dal punto di vista ambientale, come si può vedere nell'esempio illustrato in figura 3 per la regione Basilicata.

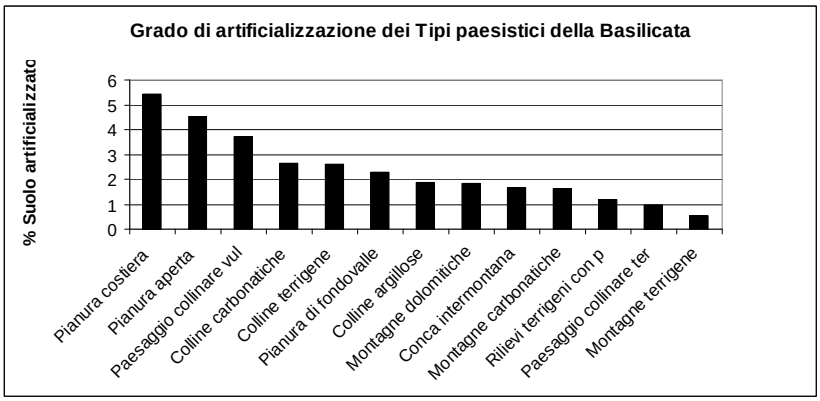


Fig. 3 - Percentuale di superficie con edificato diffuso nei principali tipi paesistici (dati I-SPRA).

3. Superfici delle classi antropiche all'interno delle unità paesistiche

Gli indici di frequenza sono utilizzati per misurare la diversità ecologica attraverso le relazioni tra la superficie di ogni classe rispetto a quella totale (Turner, 2001). Questi indicatori quantificano la pressione antropica descrivendo la ripartizione degli ambienti antropizzata ecotopi all'interno dell'area analizzata in termini percentuali. Possono essere applicati per osservare le relazioni quantitative reciproche tra le diverse formazioni e identificare "sottoaree" ove intervenire per prevenire ulteriore perdita di suolo e aumentare l'ecocompatibilità della gestione. In fig. 4 si riporta un esempio dove è visibile il livello di unità paesistiche maggiormente minacciate dall'antropizzazione nella Regione Umbria.

La gestione di unità paesistiche ad elevata artificializzazione deve essere orientata da specifiche politiche di prevenzione, mitigazione e recupero ambientale. Normalmente, si tratta di territori in cui i corridoi ecologici dovrebbero essere oggetto di interventi di riconnessione e manutenzione. L'utilizzo delle unità paesistiche permetterà di rendere maggiormente coerenti gli interventi a livello di pianificazione, consentendo la classificazione di territori con caratteristiche ambientali ben identificabili.

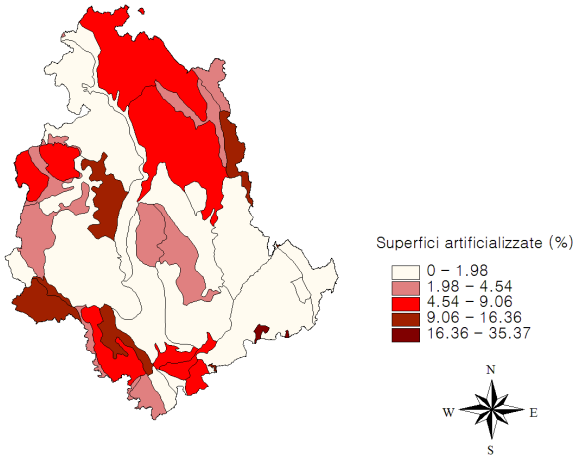


Fig. 4 – Percentuale di superficie edificata nelle unità paesistiche della Regione Umbria (dati ISPRA).

4. Sostenibilità d'uso del suolo (SUS)

L'elaborazione dei dati di Carta della Natura permette di analizzare le proporzioni tra le diverse classi di uso del suolo in funzione della loro naturalità e della pericolosità degli usi del suolo incidenti. Tra gli indicatori utili a gestire tali aree, l'indice di sostenibilità d'uso del suolo esprime il rapporto percentuale tra l'area degli ecosistemi a minor grado di antropizzazione e l'area dei territori coltivati e soggetti a soil sealing. In tal modo, permette di quantificare la pressione che le aree naturali subiscono dalla loro inclusione in matrici antropiche sia urbane che agricole. Per questa prima elaborazione dell'indice non sono stati ancora considerati dati relativi a siti contaminati, incidenti rilevanti e attività militari, che tuttavia devono essere presi in considerazione visto il loro elevato rischio.

La sostenibilità dell'uso del suolo nelle unità paesistiche fornisce informazioni sulle problematiche di subunità omogenee che in sede di programmazione gestionale possono essere strategicamente utilizzate (fig. 5). Questo per quanto rigarda sia le relazioni tra le aree naturali e quelle antropizzate, sia per la creazione e il mantenimento di adeguati corridoi ecologici.

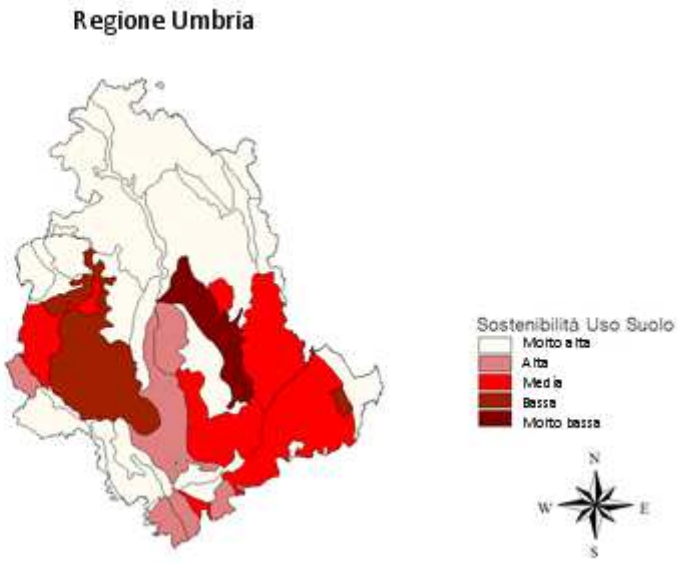


Fig. 5 - Raffigurazione cartografica dei valori dell'indice di sostenibilità d'uso del suolo (Molto alta, Alta, Media, Bassa, Molto bassa) nelle unità paesistiche della Regione Umbria (dati ISPRA).

Si può osservare, confrontando le fig. 4 e 5, che le unità paesistiche che emergono dall'uso dell'indicatore di sostenibilità d'uso del suolo, che considera anche la presenza di aree naturali, spesso non corrispondono a quelle maggiormente artificializzate.

5. Pressione antropica

Questo indice pone in evidenza a livello di analisi dei biotopi la pressione derivante non solo dalla presenza dei centri abitati o dalle aree residenti di possibile contaminazione, ma anche delle linee di comunicazione che possono rappresentare fonti imprevedibili di pressione (fig. 6).

Oltre ad individuare le aree vaste che saranno oggetto di interventi di riqualificazione, mitigazione e compensazione, la pressione antropica permette di confrontare le diverse peculiarità ed emergenze naturalistiche individuando situazioni di priorità e le possibili aree di intervento. In questi casi, opportuna accortezza andrà data agli effetti a medio e a lungo termine sugli ecosistemi.

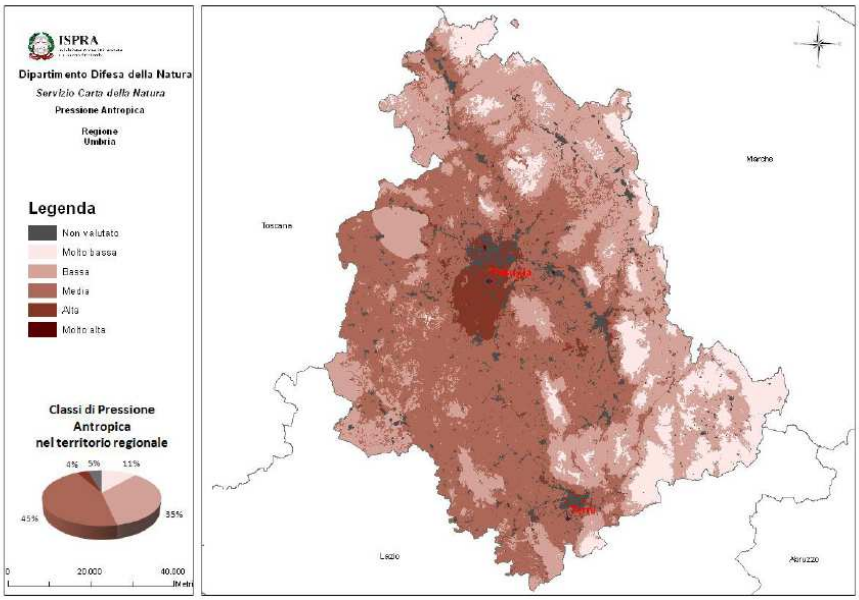


Fig. 6 – Cartografia e distribuzione in classi della pressione antropica nella Regione Umbria.

6. Percentuale di aree protette nelle *Soil Region*

Le *Soil Region* italiane sono molto differenziate a livello di protezione. Quelle scarsamente rappresentate nelle aree protette, soprattutto se altamente artificializzate, dovrebbero essere oggetto di opportuni interventi di pianificazione in senso tutelativo.

Tab. 1 – Percentuale di Aree Protette nelle Soil Region italiane (http://soilmaps.-entecra.it/en/downloads.html).

Soil Region	*Superificie Aree Protette (%)*
Luvisol - Cambisol region of Gargano (Puglia, Italy)	75,3
Leptosol - Cambisol region with Regosols and Andosols of Mt. Etna (Sicily, Italy)	44,8
Cambisol - Leptosol region with Luvisols of the Southern Appennine	41,5
Cambisol - Leptosol region with Luvisols of the Central Appennino Mts.	38,9
Leptosol - region of the Northern and Western Alps	28,0
Leptosol region with Cambisols of the Southern Alps	27,9
Cambisol - Leptosol region with Podzols and Regosols in the high Northern Appennine	26,9

Soil Region	*Superificie Aree Protette (%)*
Leptosol region with Podzols and Cambisols of the Central Alps, partly with glaciers or permanent snow cover	24,9
Cambisol - Leptosol region with Luvisol of Southern Alps	23,5
Leptsol - Cambisol region of "Alpi Marittime"	23,3
Cambisol - Luvisol region with Leptosols of Tuscany (Central Italy)	22,7
Leptosol - Cambisol region, with Fluvisol, Arenosol and Luvisols, of South-East France and Sardinia	22,2
Luvisol - Regosol - Cambisol region of South-East Italy	22,1
Leptosol - Cambisol region, with Podzols of South - Western Alps	21,8
Cambisol - Leptolsol region with Vertisols and Andosol of North-West Sardinia	21,8
Cambisol region with Luvisol and Fluvisol of Tirrenic coast of Tuscany and Lazio (Central Italy)	19,9
Cambisol - Leptosol region of Sila and Nebrodi Mts. (Southern Italy)	18,4
Cambisol - Leptolsol region with Fluvisol and Luvisols of East Sardinia	18,1
Cambisol - Regosol region, with Luvisols of eastern Italy (East and South-East part of the Appenine)	17,0
Cambisol - Vertisol - Luvisol with Regosols region of Calabria (Southern Italy) and Northen Sicily	14,2
Leptosol region with Cambisol of the Southern Alps	14,0
Regosols - Cambisols region of the Middle Appennine	13,7
Cambisol - Andosol region with Regosols of Central Italy (Lazio, Mt. Vesuvio)	13,1
Cambisol - Fluvisol region with Luvisols and Vertisols of Arno and Tevere rivers e costal plains in Central Italy	11,5
Leptosol-Cambisol region with Luvisol of the Eastern Adriatic coast	10,2
Luvisol - Fluvisol region with Lixisols, Nitisols, Arenosol, Gleysols and Solonchaks of Sardinia	9,8
Cambisol - Vertisol - Luvisol region, with Fluvisols, of the coast of Tavoliere delle Puglie and Golfo di Taranto (Southern Italy)	9,5
Regosol - Cambisol region with Calcisols of the Northern Appennine	8,8
Cambisol - Luvisol region with Fluvisol, Calcisol, Vertisol, Gleysol (Arenosol and Histosol) of the Padano Veneta plain	8,3
Cambisol - Regosol region with Vertisols of Central and Southern Italy (Tuscany, coastal hills of the Adriatic sea and Lucania hills)	8,0
Cambisol - Leptosol region partly with Andosols of South-East Sicily	7,2
Cambisol - Leptolsol region of Sardinia with Vertisols, Arenosol and Fluvisol	6,5
Leptosol-Cambisol region with Regosol and Luvisol of the Dinarids flysh	5,5
Cambisol - Luvisol - Vertisol region with Leptosols and Regosols of Southern Sicily	5,3
Cambisol region with Luvisols and Fluvisols in Langhe and Monferrato hills (Northern Italy)	2,4

Tenendo in considerazione l'eterogeneità dei dati disponibili nelle differenti regioni, la risoluzione delle analisi sarà ovviamente proporzionale alla scala di dettaglio con cui si analizzano i diversi strati informatici. Anche l'affidabilità delle valutazioni ha bisogno di supporto per sostenere una posizione oggettiva ed efficace nelle operazioni di bonifica, recupero ambientale, ricolonizzazione e ripopolamento degli elementi naturali interessati. Ciascuna Regione o Provincia Autonoma, raccogliendo i dati disponibili a tutti i livelli (forze dell'ordine, forze armate, centri di ricerca e sperimentazione...) potrà arricchire di ulteriori informazioni utili alla stesura dei piani e programmi di recupero e gestione.

7. Frammentazione degli habitat e rischi ecologici in aree fortemente antropizzate

L'analisi cartografica di dettaglio di paludi acide e risorgive pianura Veneta (fig. 7) nelle unità ad alta antropizzazione illustra le permanenze e permette l'organizzazione della gestione in funzione delle infrastrutture ecologiche.

Naturalmente queste unità paesistiche e i relativi suoli devono essere sede di interventi efficienti per bloccare o comunque limitare fortemente ulteriori perdite di suoli. Aree prioritarie di intervento sono quelle, come la zona pedemontana veneta (fig. 7), dove le aree ad alto valore ecologico rappresentano residuali *stepping stone* all'interno di matrici agricole a antropiche ad alta densità infrastrutturale.

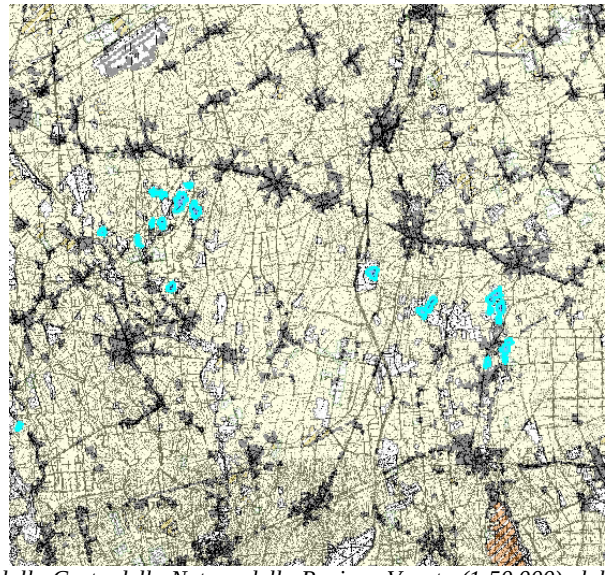


Fig. 7 – Dati dalla Carta della Natura della Regione Veneto (1:50.000) elaborati dagli autori

8. Valore ecologico e strategie di intervento

Un altro degli indici utilizzati nel sistema informativo di Carta della Natura è il "valore ecologico", che come illustrato nell'esempio di fig. 8, nelle valli venete, permette di individuare i corsi d'acqua come gli elementi di pregio naturalistico che garantiscono anche (in un'area fortemente impattata dalle infrastrutture viarie e dall'agricoltura) connessioni strategiche tra *Core Areas* di elevato valore naturalistico.

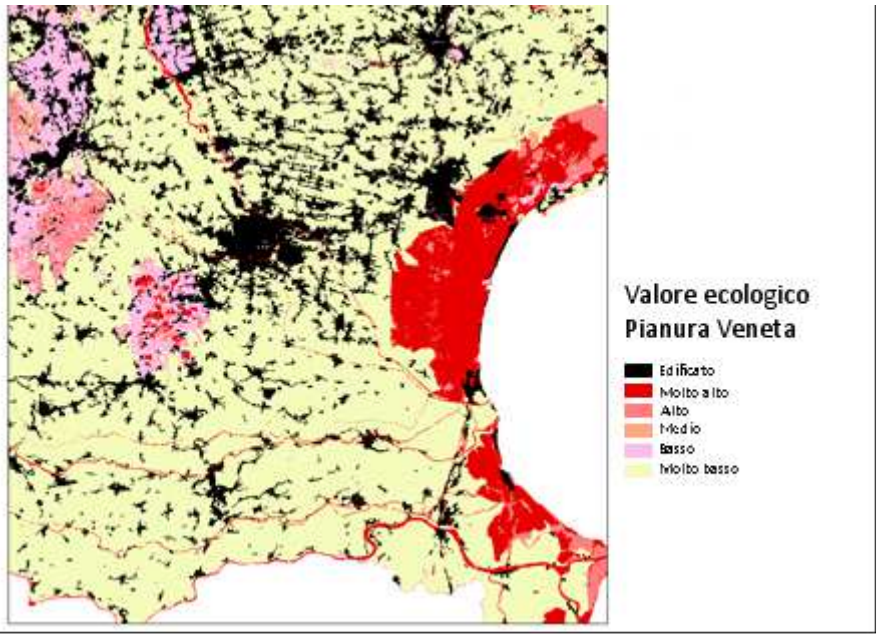


Fig. 8 – Indice di valore ecologico della regione Veneto (Carta della Natura 1:50.000) elaborati dagli autori

Su queste aree di connessione ecologica devono essere assolutamente garantiti i servizi ecosistemici di base. Inoltre, andranno limitati al massimo gli interventi di artificializzazione e, laddove essi siano presenti, sarà importante pianificare azioni di rinaturalizzazione, mitigazione e riconnessione.

9. Conclusioni

Le analisi multiscalari e l'utilizzo di diverse tipologie di indicatori sono in grado sia a livello nazionale che locale di individuare facilmente strategie e problematiche generali. Ciò nonostante, raramente interventi pianificatori e legislativi prendono in considerazione analisi scientifiche mirate ed efficaci.

La proposta operativa che si propone al Sistema delle Agenzie Ambientali è di contribuire alla rete nazionale di monitoraggio della biodiversità e del degrado dei suoli (ReMo, ISPRA, 2012), in modo da condividere e completare le informazioni e il know-how necessario a realizzare azioni pianificatorie e operative della massima efficacia e minima tempistica. Ciò potrà permettere a tutti i livelli di governo (da locale a sovranazionale) di monitorare nel tempo e nello spazio le pressioni e gli impatti delle azioni antropiche, e di predisporre le migliori risposte basandosi su criteri condivisi e oggettivi.

Per quanto riguarda i suoli, si sottolinea come la mancanza di un'adeguata strategia per la loro tutela a livello comunitario non esuli dalla necessità di apporre vincoli e regole a livello nazionale o regionale, proprio per prevenire, mitigare e contrastare le cause di degrado dei suoli e garantire una sostenibilità alle attività umane.

Riferimenti bibliografici

AA.VV. (2009), *Indicatori di biodiversità per la sostenibilità in agricoltura. Linee guida, strumenti e metodi per la valutazione della qualità degli agroecosistemi*, ISPRA, Manuali e linee guida 47/2009.

C.E. (2003). *Regolamento (CE) 304/2003 - Piano d'azione tecnica 2003 per il miglioramento delle statistiche agricole*.

Costanza R., Darge R., Degroot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., Vandenbelt M. (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature*, 387:253-260.

De Groot R.S. (1992), *Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning*, ISBN: 90-01-35594-3 CAB direct http://www.cabdirect.org-/abstracts/19931980587.html#

Greco M. (2002), *Sistema informativo agricolo, sviluppo sostenibile e benessere alimentare*. Sesta conferenza nazionale di statistica, Roma 6-8 ottobre, pp. 25.

ISPRA (2012), *Programma RE MO. Rete nazionale monitoraggio biodiversità e degrado dei suoli*, Quaderni Natura e Biodiversità 4/2012, ISBN: 978-88-448-0570-8 http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/quaderni/natura-e-biodiversita/programma-re-mo.-rete-nazionale-monitoraggio-biodiversita-e-degrado-dei-suoli.

Lavelle, P., Spain, A.V. (2003), *Soil Ecology*, Kluwer Academic Publishers.

L'importanza dei suoli urbani

di M. Di Leginio[*]*, F. Fumanti*[*]*, M. Paolanti* [**] *e R. Napoli*[***]

Riassunto

L'ampio spettro di utilizzo del territorio in aree urbane determina un mosaico di suoli variabili da condizioni seminaturali, a suoli profondamente alterati, suoli coperti da superfici impermeabili o suoli costruiti ex-novo. Tali suoli continuano, sia pur con funzionalità limitate dal grado di alterazione, a fornire fondamentali servizi ecosistemici. Mitigano gli effetti delle sostanze inquinanti, provvedono allo stoccaggio di carbonio e di nutrienti minerali, regolano il ciclo idrologico, permettono la funzione estetico-culturale-ricreativa delle aree verdi e la conservazione della biodiversità. I suoli dell'ambiente costruito e dei suoi intorni sono da considerarsi come una parte sostanziale dell'ecosistema urbano indispensabile per la buona qualità della vita dei cittadini.

Parole chiave: suolo, servizi ecosistemici del suolo, suoli urbani.

Summary

Land use in urban or suburban areas causes different type of soils (strongly manipulated, disturbed or completely sealed). These soils, even if their functions are extremely limited, provide important ecosystem services: reducing the amount of pollutants, providing organic carbon stock and mineral nutrients, improving aesthetic, recreational, cultural functions of green areas and soils biodiversity. Urban soils plays an important role within *urban ecosystem, necessary for good health.*

Key words: soil, soil ecosystem services, urban soils.

[*] ISPRA, Dipartimento Difesa del Suolo, *marco.dileginio@isprambiente.it* , *fiorenzo.fumanti@isprambiente.it.*
[**] Libero professionista, *choros@tin.it*
[***] CRA-RPS, *rosario.napoli@entecra.it*

1. Premessa

Non è facile definire cosa sia un suolo urbano, né quali siano i limiti sino a cui un suolo può considerarsi tale. La frammentazione degli habitat tipica del paesaggio urbano e l'ampio spettro di utilizzo del territorio determina una forte variabilità delle caratteristiche chimico/fisiche/biologiche delle coperture pedologiche. Un mosaico che spazia da suoli in condizioni naturali/seminaturali (es. ville storiche, grandi parchi urbani, aree protette urbane e periurbane, aree agricole periferiche), sino a suoli profondamente alterati, suoli coperti da superfici impermeabili/semipermeabili o suoli costruiti *ex-novo* (es. aree ex industriali, argini e terrapieni, aiuole spartitraffico). Si tratta, in questi casi, di suoli in cui le modificazioni subite dal *"parent material"* non sono più riconducibili alla morfologia o al clima ma alla successiva azione dell'uomo che subentra come principale agente di formazione (suoli antropogenici).

Secondo alcuni autori il suolo urbano può essere definito come "un suolo non agricolo, caratterizzato da un orizzonte superficiale artificiale di almeno 50 cm di spessore, che rappresenta il prodotto della combinazione, del riporto e della contaminazione di materiale di origine antropica in aree urbane e suburbane" (Craul, 1992). Secondo altri autori, invece, non solo i terreni disturbati ma tutti i suoli che gravitano nel contesto urbano possono essere considerati "suoli urbani", inclusi quelli relativamente indisturbati che si ritrovano in aree ricreative come le zone destinate a picnic, parchi, giardini, etc. (Laker, 2007). In questo concetto "esteso" di suolo urbano ricadono quindi anche tutti i suoli che pur essendo in condizioni relativamente naturali, subiscono l'influenza delle trasformazioni ambientali legate alla presenza e all'espansione urbana (es. regime di umidità e temperatura, inquinamento) (Pouyat *et al.,* 2010) contribuendo allo stesso tempo alla mitigazione degli effetti delle trasformazioni ambientali. Questi suoli, quando non ricadenti in aree protette, possono, inoltre, subire rapidi cambiamenti d'uso che spesso si concludono con l'impermeabilizzazione, cioè con la perdita irreversibile delle sue funzioni originarie (Ajmone Marsan, 2008).

Anche quando modificati dall'attività umana i suoli continuano, sia pur con funzionalità legate al grado di alterazione, a fornire gli stessi fondamentali servizi ecosistemici offerti da suoli naturali indisturbati: il suolo, anche nel contesto urbano, è in grado di limitare gli effetti delle sostanze inquinanti, può provvedere allo stoccaggio di carbonio e dei nutrienti minerali, può ospitare una notevole biodiversità e può regolare il ciclo idrologico attraverso l'assorbimento e la ritenzione di acqua al suo interno (Pouyat *et al.,* 2010). I suoli garantiscono la funzione estetico-paesaggistica-culturale delle aree verdi (Chiesura & Sanesi, 2008) e sono essenziali per la conservazione della biodiversità.

2. La classificazione dei suoli urbani

Nella comunità scientifica è in corso da tempo il dibattito per definire una tassonomia dettagliata sui suoli antropogenici vista l'oggettiva difficoltà nel distin-

guere suoli naturali, debolmente modificati, parzialmente modificati, completamente modificati o totalmente prodotti dall'uomo (Curtaz *et al.,* 2013).

Per trovare una collocazione nella *Soil Taxonomy* della USDA è nata nel 1995 una Commissione *ad hoc (ICOMANTH – International Committee on Anthropogenic Soils)* con l'obiettivo di stabilire i criteri principali in grado di individuare specifiche classi da inserire nel sistema di classificazione americano. Nelle diverse edizioni della classificazione sono state proposte categorie che potessero identificare quei suoli fortemente influenzati dall'attività umana (con artefatti, con materiali organici provenienti da discariche, con materiali derivanti da dragaggi, ecc.) (Galbraith *et al*., 2002; Galbraith, 2012; Wilding & Ahrens, 2002)

Il WRB-World Reference Base (IUSS, 2014), evoluzione del sistema FAO e classificazione di riferimento per i suoli europei, prevede due Gruppi di Suoli di Riferimento influenzati più o meno profondamente dall'attività umana:

- *Anthrosols*: suoli modificati da prolungate attività umane e caratterizzati al loro interno dalla presenza di orizzonti diagnostici con spessori di almeno 50 cm rappresentativi di irrigazioni prolungate nel tempo, vecchie pratiche agricole, lavorazioni profonde, fertilizzazioni intensive, applicazioni prolungate di residui organici, etc.
- *Technosols*: suoli con un'elevata quantità di artefatti (materiali derivante da processi produttivi umani) che possono aver subito o meno trasporto. Per rientrare in questa categoria, i suoli devono contenere almeno il 20% di artefatti nei primi 100 cm, avere un orizzonte continuo ed impermeabile nel primo metro di suolo oppure presentare degli orizzonti artificiali induriti nei primi 5 cm del profilo, estesi orizzontalmente per almeno il 95% della superficie del suolo (fig. 2.10.1).

In linea di massima nella prima categoria possono essere inseriti i suoli in cui l'attività umana si è sovraimposta alla naturale evoluzione pedogenetica come in alcuni suoli delle aree periurbane, dei parchi e dei giardini interni all'urbano consolidato. Nei tecnosuoli rientrerebbero, invece, tutti i suoli caratterizzati da una origine "tecnica" che hanno cioè subito una vera e propria manipolazione antropopedogenetica, come nelle opere civili ed infrastrutturali, nei luoghi interessati da attività industriali o militari, nelle attività estrattive, nelle colmate con materiali di risulta derivanti da demolizioni etc.

Definire qualità, caratteristiche e funzioni dei suoli urbani è comunque molto complesso, poiché vanno elaborate apposite strategie di campionamento ed indagine e sviluppate metodiche per la spazializzazione delle informazioni e la gestione della variabilità di questo tipo di suoli, che sono differenti da quelle delle usuali metodiche utilizzate nelle indagini pedologiche. Infatti nel caso dei suoli urbanizzati, il processo di disturbo genera una variabilità pedologica molto elevata in spazi molto ristretti, senza la possibilità di definire un modello di distribuzione dei suoli che guidi la fase di rilevamento e campionamento. Altresì per gli stessi motivi le banche dati sui suoli esistenti possono essere utili per definire i suoli "potenzialmente" presenti in queste aree, ma non come fonte dati per conoscere caratteristiche e qualità dei suoli realmente esistenti.

3. Le problematiche dei suoli urbani

La rapida espansione dei centri urbani ha fatto sì che estese quantità di territorio venissero perse a scapito di suoli agricoli, naturali e/o forestali: negli ultimi anni il consumo di suolo in Italia è cresciuto ad una media di 8 m2 al secondo e la serie storica dimostra che si tratta di un processo che dal 1956 non conosce battute d'arresto. Si è passati dal 2,8% del 1956 al 6,9% del 2010, con un incremento di 4 punti percentuali. In altre parole, sono stati consumati, in media, più di 7 metri quadrati al secondo per oltre 50 anni (ISPRA, 2014). Il riflesso sui suoli di questo continuo processo è molteplice. Dalla totale asportazione, alla loro più o meno profonda alterazione, alla realizzazione di nuovi suoli.

All'interno della "pedodiversità" urbana, escludendo i suoli che possono essere considerati disturbati in modo poco significativo, i suoli antropogenici presentano tipiche caratteristiche e problematiche (Craul, 1992):

- Grande variabilità verticale e spaziale: le proprietà di un suolo naturale variano gradualmente sia arealmente sia verticalmente. In un suolo urbano i passaggi verticali tra gli orizzonti e spaziali tra i tipi di suolo possono essere repentini e variano in funzione dell'evoluzione delle attività umane e delle tipologie insediative.
- Modifica della struttura, compattazione, perdita di sostanza organica: in molti suoli urbani si registrano fenomeni di compattazione, legati al calpestio o al passaggio di mezzi meccanici, con forte limitazione della infiltrazione delle acque meteoriche nel suolo. La rimozione della lettiera, pratica comune in aiuole e giardini, riduce l'apporto di sostanza organica e nutrienti nel suolo. La scarsità di sostanza organica favorisce lo sviluppo di fenomeni erosivi che possono essere particolarmente intensi sui suoli privi di copertura vegetale.
- Riduzione della biodiversità edafica: La riduzione della quantità di aria e acqua disponibile legata alla compattazione, la scarsità di sostanza organica ed i fenomeni di contaminazione diffusa possono compromettere fortemente la qualità biologica del suolo.
- Alterazione della reazione del suolo: valori mediamente alti di pH si registrano nei suoli limitrofi alle arterie stradali, a costruzioni civili o impianti industriali; la principale conseguenza è una generale alterazione nel bilancio dei nutrienti presenti nel suolo stesso.
- Alterazione dei regimi di temperatura del suolo: le aree urbane creano isole di calore rispetto alle campagne circostanti, pertanto la radiazione solare su un suolo urbano è senz'altro maggiore di quella riscontrabile su un suolo rurale o boschivo. Ad una generale, con le dovute eccezioni, scarsità di coltre vegetale si associa una forte riduzione degli orizzonti organici superficiali in grado di schermare la quantità termica irradiata. Tutto questo provoca condizioni particolarmente sfavorevoli per la crescita delle radici e alla attività biologica del suolo.
- Contaminazione puntuale e diffusa: un suolo urbano può contenere un'alta percentuale di materiale antropico sotto forma di vetro, plastica, metallo, asfalto o rifiuto solido in generale la cui decomposizione può liberare una serie di

contaminanti in grado di interferire con il ciclo dei nutrienti, portando ad una perdita irreversibile di biodiversità edafica. Oltre ai possibili inquinamenti puntuali legati ad attività industriali, di gestione dei rifiuti, sversamenti accidentali o deliberati al suolo ecc., un ruolo importante è senz'altro costituito dalle fonti di inquinamento diffuso, come il traffico veicolare, in grado di far aumentare le concentrazioni di metalli pesanti nei suoli anche oltre i limiti di legge. La contaminazione dei suoli urbani da parte dei metalli pesanti può rappresentare, pertanto, una seria problematica per la salute umana anche per la possibile presenza di concentrazioni elevate in luoghi normalmente frequentati anche da soggetti altamente sensibili, come nei giardini urbani. Anche per questo motivo la maggior parte degli studi sui suoli urbani sono focalizzati su queste tematiche (vedi sintesi in Ajmone Marsan & Zanini, 2013).

Lo studio della contaminazione geochimica, permette di discernere l'inquinamento antropogenico da quello legato alle caratteristiche geologiche (valore di fondo naturale), e fornisce utili informazioni sull'impatto delle attività antropiche, permettendo di attuare idonee misure di prevenzione a lungo termine e di pianificare azioni di contenimento e monitoraggio della qualità dei suoli e dell'ambiente urbano.

A questo proposito vale la pena ricordare come negli ultimi anni sia in netto aumento il numero di progetti finalizzati alla creazione di orti urbani e periurbani nati soprattutto con la logica di accorciare la filiera tra produttore e consumatore, ma anche con l'intento di riutilizzare aree dismesse, favorire la qualità dell'ambiente urbano, stimolare la coesione sociale e avvicinare i giovani alla natura. Le amministrazioni comunali sostenitrici di questi progetti si sono dotate di regolamenti/disciplinari contenenti le perimetrazioni delle aree destinate all'orticoltura, i requisiti, la durata e le modalità per le concessioni, i compiti del comune, etc. In quasi tutti i casi non vengono disciplinate ne previste analisi pedologiche periodiche finalizzate a valutare la qualità e la fertilità dei suoli anche se nelle linee guida per la progettazione, l'allestimento e la gestione di orti urbani e periurbani, redatte appositamente dall'Università di Perugia (Romano *et al.*, 2008), siano compresi studi geopedologici per stabilire l'attitudine alla coltivazione di determinate specie vegetali e, per accertare le condizioni ambientali, un continuo e costante monitoraggio ambientale. Laddove è particolarmente sentito il problema dell'inquinamento diffuso le piante e/o gli ortaggi coltivati possono infatti assimilare quantitativi di sostanze inquinanti anche superiori ai limiti di legge.

4. Conclusioni

Il manifesto del progetto TUSEC-IP (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions Implementation in Planning Procedures) (Lehmann *et al.*, 2006) afferma che: «Lo sviluppo sostenibile delle aree urbane ha come scopo la conservazione e il miglioramento della qualità della vita nei centri urbani. Una tutela preventiva dei suoli è un elemento fondamentale dello sviluppo sostenibile nelle aree urbane. È quindi indispensabile promuovere le attività di tutela preventiva dei suoli

nella gestione comunale in genere e in particolare nella pianificazione territoriale».

L'esistenza di spazi verdi ed aree rurali nel tessuto urbano, anche quando frutto casuale di uno sviluppo disordinato e non di una specifica progettualità, rappresenta una risorsa territoriale importante (Paolanti, 2008). Tali spazi, infatti, possono costituire elementi per la costruzione di reti ecologiche con obiettivi plurimi legati al miglioramento della qualità ambientale, conservazione della biodiversità, promozione dell'agricoltura urbana e forestazione urbana, alla fornitura di opportunità per la ricreazione, così come per l'educazione ambientale, la vita all'aria aperta ed il miglioramento dei paesaggi urbani, in sostanza al riequilibrio ambientale ed ecologico degli ambienti urbani (Di Lorenzo & Di Gennaro, 2008; Chiesura & Sanesi, 2008).

L'esistenza della *"Green infrastructure"* è dipendente da una *"Brown infrastructure"* (sensu Pouyat *et al.*, 2010) costituita da suoli che, anche quando sviluppati in condizioni ambientali particolari, poiché l'uomo si comporta come un fattore della pedogenesi estremamente vario per la qualità e quantità della sua azione, continuano a fornire gli essenziali servizi ecosistemici forniti dai suoli naturali, sia pur in misura diversa. Definire le qualità, caratteristiche e funzioni di questi suoli è piuttosto complesso, poiché devono essere elaborate apposite strategie di campionamento ed indagine e sviluppate metodiche per la spazializzazione delle informazioni e la gestione della variabilità di questo tipo di suoli (Paolanti, 2008). Nonostante queste difficoltà la conoscenza dei suoli riveste una importanza fondamentale sia nell'elaborazione di corrette politiche di gestione del verde urbano sia nell'ambito della sicurezza alimentare.

Queste tipologie di suoli accompagnano spesso i processi di "consumo di suolo" ed è quindi fondamentale conoscerne le caratteristiche per poter definire, in sede di pianificazione, la qualità e quantità di servizi ecosistemici che andrebbero persi a causa dei processi di urbanizzazione.

I suoli dell'ambiente costruito e dei suoi intorni sono, quindi, da considerarsi come una parte sostanziale dell'ecosistema urbano che contribuisce, direttamente e indirettamente, alla buona qualità della vita dei cittadini.

Riferimenti bibliografici

Ajmone Marsan F., Zanini E. (2013), *Soils in Urban Areas*, in Costantini E.A.C. & Dazzi C., a cura di, *The soils of Italy*, Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London.

Ajmone Marsan F. (2008), *Introduzione ai suoli urbani*, Focus "Il Suolo, il Sottosuolo e la Città" – V Rapporto Qualità dell'Ambiente Urbano, ISPRA, Roma.

Craul J. P. (1992), *Urban Soil in Landscape Design*, John Wiley & Sons, New York.

Curtaz F., Filippa G., Freppaz M., Stanchi S., Zanini E., Costantini E.A.C. (2013), *Guida pratica di pedologia*, Progetto Napea. Ed. Institute Agricole Regional,

Di Lorenzo A., Di Gennaro A. (2008), *Una Campagna per il futuro. La strategia per lo sviluppo dello spazio rurale nel Piano Territoriale della Campania*, Edizioni CLEAN, Napoli.

Galbraith J.M., Mount H.R. & Scheyer J.M. (2002), *Anthropogenic Soils*, ICOMANTH Report No. 1 – Version 1.0 CD-ROM. USDA, NRCS, Lincoln, Nebraska.

Galbraith M. J. (2012), *Rationale for Proposed Changes to Soil Taxonomy Concerning the International Committee for Anthropogenic Soils*,

ISPRA (2014), *Il consumo di suolo in Italia*, Edizione 2014, ISPRA, Roma, Rapporti 195/2014.

IUSS Working Group WRB (2014), *World Reference Base for Soil Resources, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*, World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Laker M. C. (2007), *Urban soils*, In: Willy H.V. (ed.), Land Use, Land Cover and Soil Sciences.

Lehmann A. (2004), *Proposals for the Consideration of Urban Soils within the WRB.* Petrozavodsk, Russia (https://www.uni-hohenheim.de/soil/).

Lehmann A, David S., Stahr K. (2006), *TUSEC (Technique of Urban Soil Evaluation in City Regions) a Method for the Assessment of Natural and Anthropogenic Soils .- Pedological Manual.* Contribution to Work Package 7 "Soil Evaluation", for the project TUSEC-IP prepared within the framework of the EU INTERREG III B Community Initiative Alpine Space,(Coordination Work Package 7: University of Hohenheim), Hohenheim.

Paolanti M. (2008), *Il pedologo in ambito urbano*, Atti convegno: I suoli in ambiente urbano: la conoscenza, l'uso e la gestione per la realizzazione delle opere a verde pubblico, AIP-SIGEA, Siena, 16 maggio 2008.

Pouyat R.V., Szlavecz K., Yesilonis I.D., Groffman P.M., Schwarz K. (2010), *Chemical, Physical, and Biological Characteristics of Urban Soils*, Chapter 7, in Aitkenhead-Peterson J. & Volder A., a cura di, *Urban Ecosystem Ecology*. Agronomy Monograph 55. Madison, WI: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 119-152.

Romano B., Ranfa A., Bodesmo M. (2008), *Linee guida per la progettazione, l'allestimento e la gestione di orti urbani e periurbani*, Dipartimento di Biologia Applicata Sez. Botanica Ambientale e Applicata dell'Università degli Studi di Perugia.

Spaargaren O. (2007), *Anthrosols and Technosols*,ISRIC. World Soil Information Wageningen, The Netherlands.

Wilding L. P., Ahrens R. J. (2002), S*oil taxonomy: Provisions for anthropogenically impacted soils*, Pgs 35-46. In: Proc. 2001 International Symposium "Soil Classification". European Communities, Luxembourg.

Il suolo e il suo consumo: un nuovo approccio per pianificare e gestire una risorsa preziosa e fragile nel rispetto dei suoi servizi ecosistemici.

di A. Basile, A. Bonfante, C. De Michele, A. D'Antonio, P. Manna, F. Terribile e P. Pileri

I Servizi Ecosistemici rappresentano i benefici che il genere umano riceve dagli ecosistemi (MEA-*Millennium Ecosystem Assessment*, 2005) e nell'ultimo decennio sono stati posti al centro dell'attenzione in dibattiti sull'economia globale ed il benessere dell'umanità (Stanley, 2014). In questo contesto i suoli giocano un ruolo fondamentale perché sono coinvolti in tutti i processi che regolano il funzionamento degli ecosistemi. Diversi autori affermano che per stimare quantitativamente i servizi ecosistemici è necessario partire dallo studio dei suoli (Bouma, 2014; Rutgers *et al*., 2012); tuttavia oggi i suoli sono minacciati da processi di degrado che ne stanno riducendo drasticamente le estensioni e le funzionalità (Soil tematic strategy, European Commission 2002). Tra questi il fenomeno dell'impermeabilizzazione o del consumo di suolo da urbanizzazione è uno dei più drastici e per contrastarlo è importante anche individuare strumenti operativi in grado di supportare i *tecnici* operanti sul territorio ed i *decisori* con dati oggettivi durante le fasi strategiche di pianificazione territoriale. Esistono oggi numerosi approcci per monitorare e pianificare il consumo di suolo, tuttavia pochi o nessuno tra questi affronta la problematica ponendo l'attenzione sui servizi ecosistemici svolti dal suolo ed una loro stima quantitativa. Fatte tali premesse, l'obiettivo di questo lavoro è di illustrare una strada diversa per la gestione del suolo nella pianificazione territoriale, tramite l'utilizzo di un Sistema di Supporto alle Decisioni web-based, in particolare per valutare il consumo di suolo e gli impatti dello stesso su alcune funzioni ecosistemiche. Il Sistema è stato sviluppato nell'ambito del progetto europeo LIFE+ SOILCONSWEB (Terribile *et al.*, 2015), opera su dati spaziali (es. cartografie tematiche vettoriali e raster) ed è completamente utilizzabile via web. Si tratta di un'infrastruttura cibernetica a tre livelli: client, server e database. Il *geodatabase* contiene gli strati informativi che sono richiamati, elaborati ed interrogati di volta in volta in base alle richieste dell'utente; il *server* attiene al processamento dei dati, ed ha implementati: i) modelli di simulazione process-based che operano su dati contenuti nel database; ii) modelli di dati georiferiti, finalizzati ad operazioni come il calcolo delle superfici urbanizzate in un dato arco temporale, oppure il calcolo di indici legati alla frammentazione del territorio (es. indicatori di *sprawl*)

o la produzione di matrici di cambio uso del suolo; il *client* è la struttura che ospita l'interfaccia del sistema e che rappresenta il pannello comandi per gli utenti. Il sistema è pienamente operativo in un'area campione di circa 20.000 ha, la Valle Telesina in provincia di Benevento, in Campania.

Il sistema vuole essere uno strumento operativo in grado di fornire agli utenti informazioni utili sia ad avere percezione degli impatti ambientali di un nuovo processo di urbanizzazione, che ad avere una visione integrata del territorio, attraverso mappature di indici come le landscape metrics, che aiutino ad individuare le aree più o meno idonee a nuove espansioni urbane.

È composto da 11 applicativi suddivisi in due gruppi: a) per l'analisi a scala comunale e b) per l'analisi a scala di dettaglio. Al primo gruppo afferiscono applicativi per la produzione di report in formato pdf scaricabili, contenenti dati aggregati a scala comunale su: i) caratteristiche ambientali come l'uso dei suoli, le aree sottoposte a vincoli ed il numero di abitanti; ii) indicatori sullo sfruttamento del suolo come l'indice di *sprawl* rapportato ai dati demografici, la variazione nel tempo degli usi dei suoli (tipologie rapportate alle superfici) e gli effetti ambientali indotti dal consumo di suolo nell'ultimo 50ennio (es. perdite di capacità di regolazione idrologica e di approvvigionamento alimentare).

Nel secondo gruppo gli applicativi sfruttano la funzione che permette di disegnare un'area di interesse, salvarla ed interrogare il sistema su quell'area specifica. È possibile ottenere: i) caratteristiche ambientali; ii) simulazioni sugli effetti di nuove urbanizzazioni. In questo caso l'utente ipotizza una nuova urbanizzazione e il sistema restituisce dati quantitativi sui potenziali effetti ambientali dovuti alla perdita di suolo per impermeabilizzazione, tra cui la perdita di capacità di assorbimento d'acqua piovana da parte dei suoli, di sostanza organica dei suoli, di capacità di approvvigionamento alimentare (numero di persone potenzialmente private di cibo), di biodiversità; iii) matrici di cambio d'uso del suolo; iv) mappature di indici di qualità biologica dei suoli e biodiversità paesaggistica; v) mappature del consumo di suolo da urbanizzazione a cavallo di diversi periodi, con associati report informativi; vi) mappature di indici legati alla frammentazione del territorio rurale che rendono chiaramente visibili aree rurali aperte e corridoi ecologici.

Conclusioni

Con questo lavoro gli autori pongono l'attenzione su un nuovo approccio alla pianificazione territoriale e alla gestione dei suoli, affrontando la tematica del consumo di suolo ed i rischi connessi di riduzione o perdita dei servizi ecosistemici. Il lavoro descrive i principi di funzionamento di uno strumento informatico pensato per il tema "consumo di suolo". Il sistema è adoperabile via web e fornisce dati quantitativi utili a comprendere meglio le dinamiche di espansione urbana, dalla scala comunale alla scala di dettaglio, e ad avere percezione degli effetti ambientali potenziali di nuove urbanizzazioni. Il sistema è attualmente operativo in un'area test di 20.000 ha, ma lascia intravedere potenzialità applicative ad aree più vaste, dai territori regionali all'intera nazione.

Riferimenti bibliografici

Bouma, (2014), "Soil science contributions towards Sustainable Development Goals and their implementation: linking soil functions with ecosystem services", *J. Plant Nutr. Soil Sci*., 177:111-120.

European Commission (2002), *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. Brussels: Commission of the European Communities. Thematic strategy for soil protection*. COM (2002) 179. European Commission, Brussels, BE EUKroes, J.G., Wesseling, J.G., Van Dam, J.C., 2000. Integrated modelling of soil–water–atmosphere–plant system using the model SWAP 2.0 an overview of theory and an application. Hydrol. Process. 14.

Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington, DC.

Rutgers M., Van Wijnen H.J., Schouten A.J., Mulder C., Kuiten A.M., Brussaard L., Breure A.M. (2012), "A method to assess ecosystem services developed from soil attributes with stakeholders and data of four arable farms", *Sci Total Environ*, 415:39-48.

Stanley, T.A., Anne, D.G., Dale J.B., Joshua J.L., (2014), *Perception, acquisition and use of ecosystem services*: *Human behavior, and ecosystem management and policy implications*, Ecosystem Services, 10:180-186.

Terribile F., Agrillo A., Bonfante A., Buscemi G., Colandrea M., D'Antonio A., De Mascellis R., De Michele C., Langella G., Manna P., Marotta L., Mileti F A., Minieri L., Orefice N., Valentini S., Vingiani S., and Basile A.(2015), *A web based spatial decision supporting system for land management and soil conservation, Solid Earth Discuss.*

Analisi esplorativa del potenziale delle fotografie georeferenziate condivise pubblicamente per il monitoraggio dei cambiamenti in aree urbane

di F. Lupia[*]*, J. Estima*[**]*e M. Painho*[**]

Riassunto

Il monitoraggio dell'ambiente urbano e dei cambiamenti di uso del suolo sono fondamentali per la pianificazione territoriale e per contrastare gli effetti negativi causati dai processi di urbanizzazione. Ciò richiede la raccolta di informazioni geografiche ad alta risoluzione spaziale e temporale con costi elevati. L'avvento delle tecnologie del Web 2.0 e le nuove funzionalità dei dispositivi mobili ha facilitato gli utenti nella condivisione pubblica di dati georeferenziati, costituendo oggi una fonte potenzialmente utile per il monitoraggio dell'ambiente urbano. Il contributo riporta un'analisi esplorativa, nell'area urbana di Roma, finalizzata alla valutazione delle caratteristiche spaziali e temporali delle immagini dell'iniziativa Panoramio come possibile sorgente dati da utilizzare per il monitoraggio dell'uso/copertura del suolo.

Parole chiave: uso del suolo/copertura del suolo, Panoramio, fotografie georeferenziate, *Volunteered Geographic Information*, Roma.

Summary

Monitoring land use changes in urban areas is fundamental to deploy effective spatial planning activities to contras the negative impacts caused by the urbanization processes. Spatial data play a pivotal role in the planning process, however data acquisition with high spatial and temporal resolution is particularly expensive. Today, with the increasing availability of emerging technologies, such as the Web 2.0 and the mobile devices equipped with location capabilities, georeferenced data shared publicly by citizens has grown exponentially. This huge amount of data might be a valuable source of information for monitoring land use phenomena. The

[*] Istituto Nazionale di Economia Agraria - INEA, Roma, Italy, *lupia@inea.it.*

[**] ISEGI – Universidade Nova de Lisboa, Lisbon, Portugal; *jacinto.estima@gmail.com, painho@isegi.unl.pt.*

paper reports an exploratory analysis, realized in the urban area of Rome (Italy), on the spatial and temporal characteristics of the geotagged images from the Panoramio initiative considered as potential data source for monitoring urban land use/cover.

Key words: land use/land cover, Panoramio, geotagged photographs, Volunteered Geographic Information, Rome.

1. Introduzione

La corretta ed efficiente pianificazione dell'ambiente urbano non può prescindere dal monitoraggio dello stato attuale e delle dinamiche dell'uso e della copertura del suolo. Il monitoraggio è fondamentale per definire politiche ed azioni che consentano un uso efficiente delle risorse ed interventi volti al contenimento del consumo di suolo ed alla salvaguardia delle sue funzioni ecosistemiche. La comprensione delle caratteristiche di uso e copertura del suolo, sia in ambiente urbano che rurale, richiede l'acquisizione e l'aggiornamento delle informazioni spaziali attraverso la creazione di prodotti cartografici di adeguata risoluzione spaziale e temporale. Il processo di creazione dell'informazione geografica sull'uso e copertura del suolo è un compito istituzionale che richiede competenze (Goodchild, 2008) e risorse economiche importanti, ne consegue che la frequenza di aggiornamento può essere particolarmente bassa.

Nel 2005 è esploso un nuovo fenomeno, frutto dell'intersezione di diversi eventi: la nascita del Web 2.0, la disponibilità crescente di sistemi di posizionamento a basso costo, la diffusione libera di immagini ad alta risoluzione per l'intero globo e l'interesse crescente dei cittadini nel creare e condividere dati spaziali (Elwood *et al.*, 2012). La condivisione di informazioni geografiche in modo volontario da parte degli utenti, spesso senza specifiche competenze ma al tempo stesso con una conoscenza locale e diretta dei luoghi (Heipke, 2010), è diventata sempre più comune ed è stata etichettata con termini come *Volunteered Geographic Information* (VGI) (Goodchild, 2007) e *Neogeography* (Turner, 2006). Tra le tante iniziative di VGI citiamo Wikimapia (http://wikimapia.org), Wikipedia (https://it.wikipedia.org), OpenStreetMap (www.openstreetmap.org), Google My Maps (https://www.-google.com/mymaps) e, per la condivisione di fotografie georeferenziate, Flickr (http://www.flickr.com) e Panoramio (http://panoramio.com).

Le potenzialità di utilizzo di tali fonti informative sono state sperimentate in diversi studi. In particolare, le immagini georeferenziate condivise pubblicamente (es. Panoramio e Flickr) sono state utilizzate per verificarne l'utilità sia per la creazione che per la validazione di mappe di uso/copertura del suolo (Leung *et al.*, 2010; Estima *et al.*, 2013; Estima *et al.* 2014).

In generale, l'utilizzo di dati VGI per applicazioni tecnico-scientifiche ha enormi potenzialità, ma allo stesso tempo delle limitazioni. Il principale vantaggio è l'enorme disponibilità di dati, la frequenza di aggiornamento e la condivisione globale, caratteristiche difficilmente raggiungibili da amministrazioni pubbliche/enti

di ricerca. La principale limitazione è la qualità e l'affidabilità dei dati che può dipendere da diversi aspetti e deve essere gestita con opportune strategie (Coleman *et al.*, 2009, Flanagin *et al.* 2008, Goodchild, 2007, Fonte *et al.*, 2015).

Le premesse consentono, quindi, di immaginare uno scenario futuro in cui l'informazione geografica può essere aggiornata in continuo ed a costo zero. Ciò potrebbe rivoluzionare sia il ruolo delle entità tradizionalmente addette allo studio del territorio, sia il mercato dei prodotti e dei servizi legati alla cartografia (Fischer, 2009).

Lo scopo del presente contributo è quello di valutare le potenzialità delle foto georeferenziate dell'iniziativa Panoramio come possibile sorgente di informazioni per il monitoraggio dell'uso/copertura del suolo, all'interno di una area di studio localizzata nella città di Roma. Nelle sezioni seguenti è riportata una descrizione sulle procedure di acquisizione dei dati, la metodologia di analisi utilizzata per valutare le caratteristiche spaziali e temporale delle immagini, anche in relazione alle diverse classi di uso/copertura del suolo, ed, infine, una discussione sui principali risultati ottenuti.

2. Materiali e metodi

2.1. Descrizione dell'area di studio e dei dataset

Lo studio è stato condotto utilizzando come area geografica di riferimento la zona urbana della città di Roma delimitata dal Grande Raccordo Anulare (GRA) con una superficie pari a 344 km^2 ca (fig. 1). Negli ultimi cinquanta anni, la città è stata caratterizzata da importanti cambiamenti di uso del suolo con fenomeni di *soil sealing* e con una lenta transizione da una struttura semi-compatta ad un agglomerato urbano diffuso (Munafò *et al.*, 2010); tali dinamiche di consumo di suolo sono in parte la risultante delle strategie di pianificazione adottate (Salvati, 2013).

Le informazioni sull'uso/copertura del suolo sono state acquisite utilizzando l'ultima versione relativa all'anno 2006 del database Urban Atlas (UA) che è stato prodotto ne 2009 nell'ambito del programma *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES). La banca dati segue la nomenclatura del *Corine Land Cover* con uno schema di classificazione che consente di distinguere 20 classi di uso/copertura del suolo delle quali 17 relative alle superfici artificiali. Il dataset ha una risoluzione geometrica che equivale ad una scala cartografica 1:10,000, con una unità minima cartografabile di 0,25 ha (EEA, 2012).

L'area urbana analizzata, considerando il livello di aggregazione massimo delle classi UA, è dominata dalla classe "Superfici artificiali" (73,73%), seguita da "Territori agricoli" (23,24%) – che equivale alla macroclasse "Aree agricole, seminaturali ed umide", "Territori boscati" (2,19%) e "Corpi idrici" (0,85%). Nella tabella 1 sono riportate le classi UA al massimo e minimo livello di aggregazione e la relativa estensione nell'area di studio.

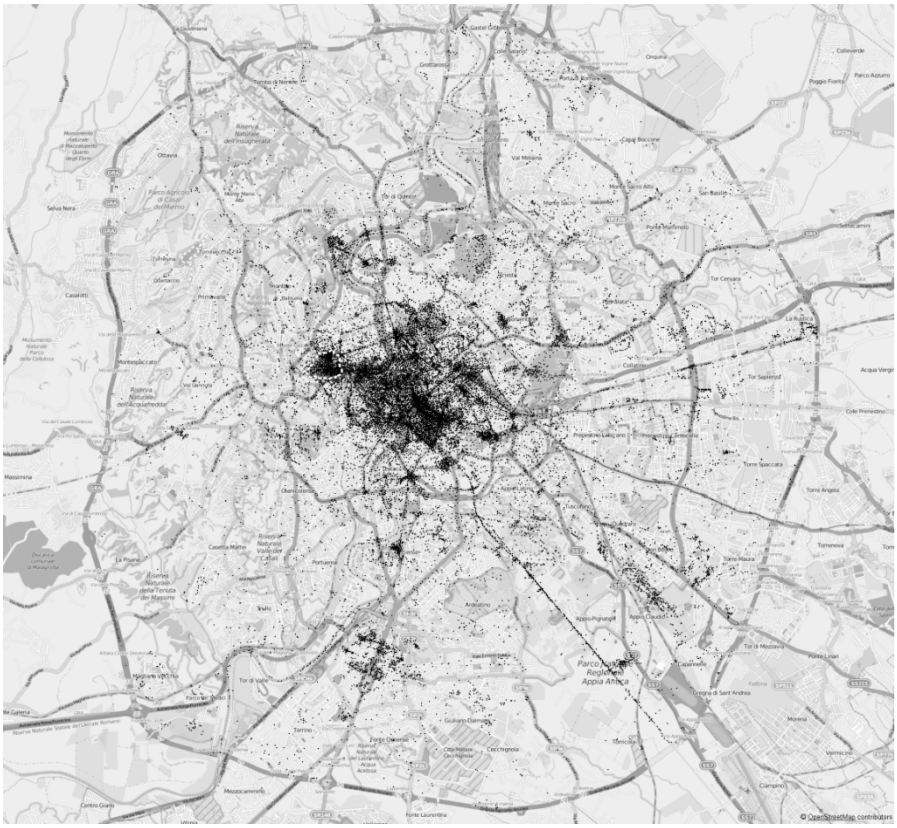


Fig. 1 – Distribuzione delle immagini georeferenziate Panoramio all'interno dell'area urbana di Roma delimitata dal Grande Raccordo Anulare (GRA). La parte tratteggiata delimita l'area del Vaticano.

Tab. 1 – Nomenclatura delle classi uso/copertura del suolo del dataset Urban Atlas al massimo ed al minimo livello di aggregazione con la relativa estensione all'interno del Grande Raccordo Anulare. Il dataset non copre l'area del Vaticano.

Livello 1	*Area (km²)*		*Livello di dettaglio*	*Area (km²)*	
Superfici artificiali	253,13	73,73%	Tessuto urbano continuo	36,43	10,61%
			Tessuto urbano discontinuo denso	41,74	12,16%
			Tessuto urbano discontinuo a densità media	15,24	4,44%
			Tessuto urbano discontinuo a densità bassa	8,55	2,49%
			Tessuto urbano discontinuo a densità molto bassa	1,84	0,54%
			Strutture isolate	0,88	0,26%
			Insediamenti industriali, commerciali, pubblici, militari e privati	57,49	16,74%
			Rete stradale veloce con territori associati	1,94	0,57%
			Rete stradale secondaria con territori associati	32,02	9,33%
			Rete ferroviaria e territori associati	4,41	1,28%

Livello 1	*Area (km²)*		*Livello di dettaglio*	*Area (km²)*	
			Aeroporti	1,00	0,29%
			Zone estrattive e discariche	0,64	0,19%
			Aree in costruzione	5,60	1,63%
			Aree in attesa di destinazione di uso	3,40	0,99%
			Aree urbane verdi	28,53	8,31%
			Aree destinate ad attività sportive e ricreative	13,43	3,91%
Territori agricoli	79,79	23,24%	Aree agricole, semi-naturali ed umide	79,79	23,24%
Territori boscati	7,51	2,19%	Territori boscati	7,51	2,19%
Corpi idrici	2,91	0,85%	Corpi idrici	2,91	0,85%

La banca dati delle immagini georeferenziate Panoramio è stata costruita creando uno specifico programma, basato su opportuni moduli software (*API - Application Programming Interface*) distribuiti liberamente da Panoramio, destinato all'interrogazione del relativo server web. Il *software* creato ha consentito di recuperare, attraverso un lungo processo di esecuzione durato diversi giorni, l'insieme di metadati relativi alle immagini localizzate nell'area di studio e di popolare la banca dati. Le principali informazioni contenute nei metadati sono: coordinate geografiche, codice identificativo dell'immagine, codice associato all'utente, descrizione dell'immagine, nome dell'utente, indirizzo web dell'immagine.

La banca creata contiene complessivamente 26908 immagini georeferenziate per l'intervallo temporale 16/10/2005-12/08/2014. La numerosità per il periodo 2005-2006, che corrisponde ai primi anni dell'iniziativa, è piuttosto esigua, inoltre le immagini acquisite per il 2014 coprono una porzione dell'intero anno; per tali motivi le analisi seguenti sono state effettuate su un sottoinsieme del *dataset* che copre un periodo di 80 mesi (2007-2013) e per il quale sono disponibili 25.402 immagini.

2.2. Metodi

Lo studio delle potenzialità del *dataset* Panoramio all'interno dell'area di studio è stato valutato mediante le seguenti analisi esplorative.

- Analisi della distribuzione temporale delle immagini a scala annuale, per valutare l'evoluzione nel tempo dell'iniziativa, ed a scala stagionale e mensile, per comprenderne la distribuzione durante l'anno.
- Analisi della distribuzione spaziale all'interno del GRA ed in corrispondenza di aree rilevanti dal punto di vista turistico (Vaticano e Via Appia Antica). La valutazione è condotta visivamente ed attraverso il calcolo del numero e della densità spaziale delle immagini (numero di immagini per km^2).
- Analisi della distribuzione spaziale delle immagini nelle diverse classi Urban Atlas considerando il minimo ed il massimo livello di aggregazione della nomenclatura. Si calcola il numero e densità spaziale delle immagini per ogni classe.

3. Risultati e discussioni

3.1. Distribuzione temporale

L'andamento temporale del numero di immagini pubblicate nell'area di studio è stato valutato per tre distinte risoluzioni temporali: anno, stagione e mese. I principali risultati sono riportati nei diagrammi di figura 2. Su scala annuale i risultati mostrano un incremento delle immagini dopo il 2007 (nei primi anni il successo di Panoramio non ha ancora raggiunto livelli elevati). I valori massimi sono quelli del 2011 (4.331) e del 2012 (4.538), la media annuale per il periodo 2007-2013 è di 3.629 immagini. La media del numero di immagini a livello mensile mostra una distribuzione più o meno uniforme durante tutto l'anno con alcuni valori massimi nei mesi di febbraio, ottobre e novembre ed un minimo nel mese di settembre. A livello stagionale si osserva come mediamente il maggior numero di immagini è pubblicato in inverno mentre il quantitativo minimo si raggiunge in estate.

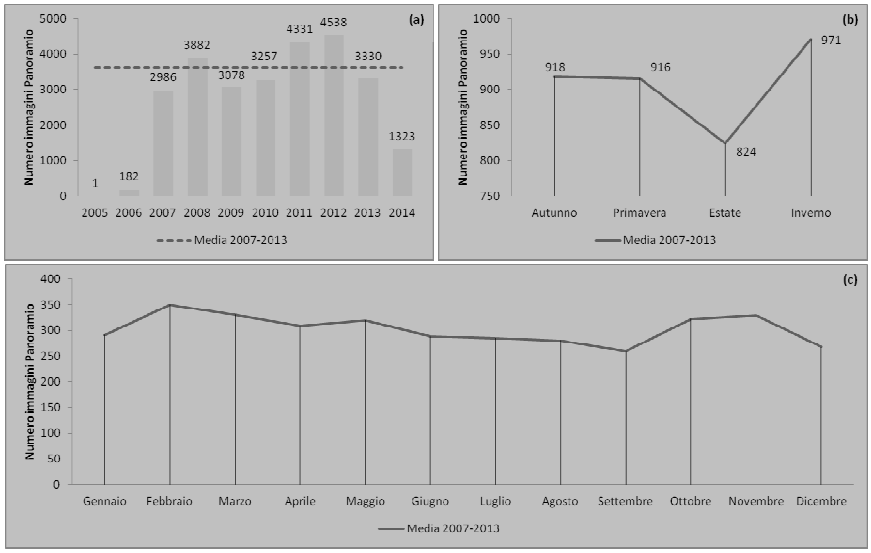


Fig. 2 – Numero di immagini Panoramio per anno (a);valore medio del numero di immagini per stagione (b); valore medio del numero di immagini per mese (c). Le medie si riferiscono al periodo 2007-2013.

3.2. Distribuzione spaziale nell'area di studio

Le caratteristiche della distribuzione spaziale delle immagini nell'area di studio possono essere dedotte facilmente anche visivamente dalla figura 1. Appare evidente la forte concentrazione nell'area centrale della città, dove sono ubicate le maggiori attrazioni turistiche, di converso l'addensamento delle immagini decresce

rapidamente spostandosi verso le aree più periferiche. In realtà, si evidenziano anche nelle aree limitrofe all'area centrale alcuni *cluster* di concentrazione in prossimità di luoghi specifici che possono essere rilevanti dal punto di vista turistico o fotografati in maniera massiva in concomitanza di particolari eventi. Si notano anche delle concentrazioni lungo direttrici lineari, come quella nel quadrante Sud-Est che corrisponde alla Via Appia Antica.

Complessivamente, sull'intera area di studio (344 km^2) la densità è di 74 immagini/km^2 ca., nell'area del Vaticano (0,53 km^2) raggiunge il valore di 1983 immagini/km^2 ca., infine, considerando un buffer ampio 50 m centrato longitudinalmente sulla Via Appia Antica la densità calcolata è di 633 immagini/km^2.

3.2. Distribuzione spaziale nelle classi Urban Atlas

L'elaborazione è stata realizzata incrociando il *layer* delle immagini e quello delle classi UA che copre l'area di studio ad eccezione del Vaticano. Il numero finale delle immagini utilizzato, escludendo quelle dell'area vaticana, è 24.353 per l'intervallo 2007-2013. Il valore di densità e la numerosità delle immagini sono stati calcolati per l'intervallo temporale di riferimento per ogni classe UA al minimo (fig. 3) ed al minimo livello di aggregazione (tab. 3).

Tab. 3 – Densità e numerosità delle immagini Panoramio all'interno delle classi di uso/copertura del suolo Urban Atlas al primo livello. La densità è espressa in numero di immagini per km^2.

Livello 1	*Area (km^2)*		*Numero di immagini*		*Densità*
Superfici artificiali	253,13	73,73%	22.713	93,27%	89,73
Territori agricoli	79,79	23,24%	1.007	4,14%	12,62
Territori boscati	7,51	2,19%	35	0,14%	4,66
Corpi idrici	2,91	0,85%	598	2,46%	205,29
TOTALE	343,34	100%	24.353	100%	-

Osservando i risultati ottenuti per il primo livello della legenda UA la classe "Superfici artificiali" ha la numerosità maggiore con il 93,27% delle immagini. Considerando invece il parametro densità (numero di immagini/km^2) la classe "Corpi idrici" domina su tutte le altre (205,29), seguita dalle classi "Superfici artificiali" (89,27), "Territori agricoli" (12,62) e "Territori boscati" (4,66).Utilizzando il livello di dettaglio massimo della classificazione UA si può osservare (fig. 3-b) come l'elevata numerosità di immagini delle aree artificiali è principalmente associata agli insediamenti industriali e commerciali (28,18%), alla rete stradale secondaria (22,18%), alle aree urbane a tessitura continua (17,76%) ed alle aree verdi urbane (11,16%). Tutte le altre classi presentano una numerosità inferiore al 6%. Per quanto riguarda la densità per le aree artificiali (fig. 3-a), i valori più alti si riscontrano sempre nelle classi su elencate oltre che nella classe "Rete ferroviaria e territori associati".

Gli andamenti dei due parametri confermano una forte disomogeneità nelle va-

rie classi UA, con il massimo potenziale informativo associato alle aree artificiali. Emerge anche che la classe "Corpi idrici" ha in assoluto la densità maggiore tra tutte le classi, questa peculiarità può essere interpretata come la risultante dell'effetto congiunto della superficie ridotta delle acque nell'area di studio, principalmente il Fiume Tevere (2,91 km^2;0,85%), e dell'elevato numero di foto pubblicate (598) per la classe. La numerosità è dovuta sia al fatto che l'area del Tevere è sempre un luogo di attrazione, specialmente nell'area del centro città, sia un luogo sottoposto a monitoraggio da parte delle autorità preposte. Infatti, dall'analisi di dettaglio della banca dati si evince che, per il periodo 2007-2013, 76 delle 598 immagini (12,71%) sono state pubblicate da un unico soggetto che ha realizzato attività di monitoraggio del fiume, le immagini pubblicate raggiungono la quota di 190 su 736 (25.82%) se si considera l'intera banca dati con le immagini del periodo 16/10/2005 - 12/08/2014.

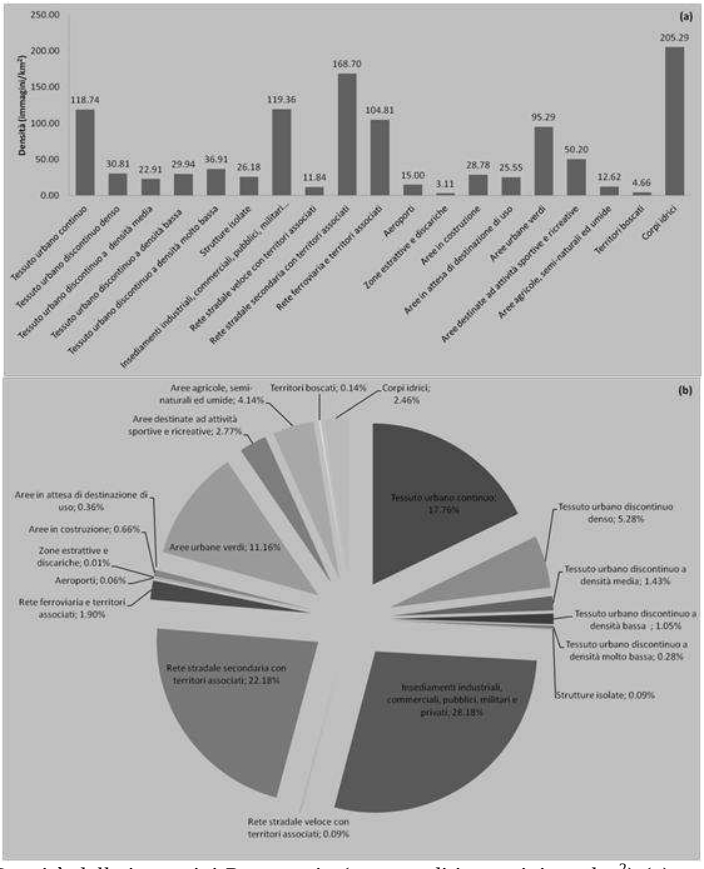


Fig. 3 – Densità delle immagini Panoramio (numero di immagini per km^2) (a) e concentrazione (in percentuale sul numero totale di immagini del dataset) per le classi UA al massimo livello di dettaglio.

4. Conclusioni

La disponibilità crescente di dati geografici condivisi pubblicamente attraverso il nuovo paradigma del Web 2.0 può costituire uno strumento interessante per la creazione di informazioni a supporto del monitoraggio dell'uso del suolo in aree urbane. In questo studio abbiamo esplorato le potenzialità delle immagini Panoramio come strumento di monitoraggio dell'uso/copertura del suolo e dei relativi cambiamenti nell'area urbana di Roma. I risultati ottenuti evidenziano tra i principali vantaggi il numero delle immagini disponibili e la loro distribuzione temporale, mostrando, nell'intervallo analizzato (2007-2013), un equilibrio negli anni, nei mesi e nelle stagioni, anche se, in quest'ultimo caso, il numero delle foto nel periodo estivo appare inferiore rispetto agli altri. Diversamente, l'analisi della distribuzione spaziale, sia sull'intera area di studio che nelle singole classi Urban Atlas, mostra caratteri di forte anisotropia, costituendo di fatto il principale elemento limitante dell'approccio. La distribuzione spaziale svela come l'intero *dataset* sia concentrato nelle aree artificiali e nelle zone particolarmente rilevanti dal punto di vista turistico, mentre le altre classi risultano poco rappresentate. La tendenza descritta è stata riscontrata anche in altri studi realizzati su estensioni geografiche maggiori (Estima *et al.*, 2013; Estima *et al.*, 2014). Appare singolare che le acque nell'area di studio hanno la densità di immagini per km^2 più elevata. Il dato è condizionato sia dalla ridotta estensione areale della classe sia dall'elevato numero di immagini pubblicate da un soggetto che ha svolto attività specifiche di monitoraggio nell'area del Fiume Tevere, generando una mole importante di informazioni fotografiche. In definitiva, è possibile affermare che la condivisione di fotografie georeferenziate, come quelle dell'iniziativa Panoramio, potrebbero contribuire ad avere un ricco patrimonio informativo con aggiornamento continuo e gratuito per l'analisi dell'uso del suolo nelle aree metropolitane. Tuttavia, la reale applicabilità dell'approccio è condizionata dal superamento di diverse limitazioni.

Le principali criticità sono riassunte nell'elenco seguente e saranno oggetto di approfondimento nell'ambito degli sviluppi futuri del presente lavoro.

- Disallineamento temporale tra la data di acquisizione e pubblicazione delle immagini. La pubblicazione delle immagini potrebbe essere effettuata molto tempo dopo rispetto al momento dell'acquisizione falsando la rappresentatività temporale del soggetto fotografato. La soluzione più immediata potrebbe essere l'estrazione di altre informazioni dai metadati delle immagini. In particolare, si potrebbero sfruttare i dati (*tags*) presenti nelle immagini in formato TIFF o nei file Exif (*Exchangeable image file format*) generati dalla fotocamera. I file Exif contengono un insieme di metadati di varia natura (data/ora, impostazioni della fotocamera (apertura/lunghezza focale/velocità dello scatto), descrizioni ed informazioni sul *copyright*, ecc.) che possono migliorare il processo di interpretazione e classificazione delle informazioni associate alle immagini.
- Bassa rappresentatività nelle classi agricole, naturali e forestali. Un miglioramento della copertura spaziale nelle varie classi potrebbe ottenersi integrando la banca dati Panoramio con quella di altre iniziative (es. Flickr).

- Appropriatezza dei soggetti rappresentati nell'immagine in relazione alla caratterizzazione delle classi di uso/copertura del suolo. La valutazione può essere effettuata analizzando il contenuto delle immagini attraverso procedure manuali di analisi visuale o, attraverso tecniche automatiche (es. *image recognition*).

Ringraziamenti

Il presente contributo è stato realizzato nell'ambito delle attività del progetto COST TD1202 *"Mapping and the city sensors"*(http://-www.cost.eu/COST_Actions/ict/Actions/TD1202).

Riferimenti bibliografici

Coleman D., Georgiadou Y., Labonte J. (2009), "Volunteered Geographic Information: The Nature and Motivation of Produsers", *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 4:332-358.

EEA (2012), *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, GMES-Document Version 1.1 dated 26/08/2010, Reference document: RD-1 ITD-0421-RP-0003-C5 I 1.00. http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas/mapping-guide, European Environment Agency, Copenhagen, 2010

Elwood S., Goodchild M. F., Sui D. Z. (2012), *Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice, Annals of the Association of American Geographers*, 102(3):571–590.

Estima J., & Painho M. (2014), "Photo Based Volunteered Geographic Information Initiatives: A Comparative Study of their Suitability for Helping Quality Control of Corine Land Cover", *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems (IJAEIS)*, 5(3):73-89.

Estima J., Painho M. (2013), *Flickr Geotagged and Publicly Available Photos: Preliminary Study of Its Adequacy for Helping Quality Control of Corine Land Cover*., in *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2013* (pp. 205-220), Springer Berlin Heidelberg.

Fischer F. (2009), *Learning in Geocommunities. An explorative view on geo-social network communities.* Learning with Geoinformation IV–Lernen mit Geoinformation IV. Heidelberg. Wichmann, 12-21.

Flanagin A. J.; Metzger, M. J. (2008), "The credibility of volunteered geographic information", *GeoJournal*,72:137–148.

Fonte C., Bastin L., L. M. See, Foody G.M., Lupia F. (2015), "Usability of VGI for Validation of Land Cover Maps", *International Journal of Geographical Information Science.*

Goodchild M. (2007), "Citizen as sensors: the world of volunteered geography", *Geojournal*, 69 (4):211-221.

Goodchild M. F. (2008), "Commentary: whither VGI?", *GeoJournal*, 72(3-4):239-244.

Heipke C. (2010), "Crowdsourcing geospatial data", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(6):550–557.

Leung D., Newsam, S. (2010), *Proximate sensing: Inferring what-is-where from georefer-*

enced photo collections, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. pp. 2955–2962, IEEE (2010).
Munafò M., Norero C., Sabbi A., Salvati L. (2010), "Soil Sealing in the Growing City: A Survey in Rome, Italy", *Scottish geographical journal.* 126(3):153-161.
Salvati L. (2013). "A Chronicle of a Death Foretold": Urban Expansion and Land Consumption in Rome, Italy. *European Planning Studies*. 21(8):1176-1188.

Monitoraggio del land cover index *e valutazione multidimensionale delle trasformazioni insediative potenziali*

di V. Sannicandro[*] *e C. M. Torre*[**]

Riassunto

Il concetto di consumo di suolo è stato spesso associato al dato sull'impermeabilizzazione. Pur riconoscendone la rilevanza, in questa ricerca si presenta un approccio multidimensionale alla misura del consumo di suolo in termini quali-quantitativi. L'articolazione dell'articolo consente al lettore di seguire un ragionamento metodologico, a partire dalla definizione dell'ambito paesistico analizzato, nonché il tessuto periurbano. Successivamente si espone l'obiettivo della ricerca e di conseguenza la metodologia, testata su un campione di comuni della Puglia, scelti in seguito all'analisi delle aree in cui si registra una diminuzione delle frange urbane compatibili con la futura urbanizzazione. Dunque, si definisce un indicatore composito non assoluto, rappresentativo della dimensione quantitativa e qualitativa della "perdita di valore", poiché si ritiene che possa essere uno strumento di supporto alla pianificazione urbanistica rispetto alla mitigazione del consumo di suolo. Infatti, tale approccio si propone di articolare meglio la valutazione degli scenari urbani e il monitoraggio delle direttrici di espansione derivanti dai piani che governano le trasformazioni territoriali.

Parole chiave: consumo di suolo, diffusione insediativa, frangia urbana, valutazione degli impatti, indice composito.

Summary

The concept of land use, often, has been associated with the data on imperviousness. However, this research presents a multi-dimensional approach to evaluate the soil consumption, in qualitative and quantitative terms. The methodological proposal starts from the description of the peri-urban landscape. Afterwards, the

[*] Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, *valentina.sannicandro@unina.it*

[**] Dipartimento di Scienze dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, Politecnico di Bari, *carmelomaria.torre@poliba.it*

main objective is stated and therefore the application of the methodology is tested on a sample of municipalities in Apulia Region, province of Lecce, in Southern Italy. The case study selection is based on the analysis of all the provinces of Apulia Region; the province of Lecce is selected because of an over time reduction of urban fringes compatible for future urbanization. The output of the analysis is the construction of a composite indicator for comparative qualitative and quantitative measurement of soil consumption among the municipalities. Indeed, this methodological proposal is aimed at a better evaluation of future urbanization scenarios and at a monitoring process of urban growth.

Key words: land use, urban sprawl, urban fringe, impact evaluation, composite index.

1. Definizione dell'ambito paesistico analizzato

In letteratura, il termine "semi-urbano" si riferisce a due categorie; la prima, di tipo descrittivo, nella quale sono definiti gli ambiti paesistici quali il limite urbano-rurale, la frangia urbana, lo *sprawl* urbano ed il paesaggio semi-urbano; la seconda, invece, corrisponde alla definizione delle caratteristiche strategiche per lo sviluppo sostenibile degli ambiti paesistici, quali le città giardino, il paesaggio urbanizzato, l'agricoltura urbana, la neo-ruralità, la nuova urbanizzazione e l'*ecopolis*.

La complessità delle aree semi-urbane risiede nel dualismo tra area rurale ed area urbana, permeabile ed impermeabile, aperta e chiusa (Gulinck, 2004).

Nel presente contributo si pone l'attenzione sull'ambito paesistico caratterizzato dalla frangia urbana e dallo *sprawl* urbano, elementi che, utilizzando un approccio olistico, configurano il paesaggio "semi/peri-urbano".

La parola *urban fringe* suggerisce un tipologia areale che si trova a ridosso del centro urbano, la *border zone*. Secondo Hite (1998), la frangia è una frontiera dinamica dello spazio, in cui i ritorni economici derivanti dai nuovi usi dei terreni urbani sono equiparabili ai rendimenti che si ottengono dall'uso tradizionale della risorsa. La crescita urbana esercita pressioni forti sul bordo, pertanto si innescano forme differenti di uso del suolo, di conformazione spaziale, di composizione sociale e di distribuzione del reddito (Bryant, 1995).

Il termine *urban sprawl* indica quel tipo di espansione in cui il tasso di consumo di suolo è superiore all'aumento della densità di popolazione (Fulton *et al.*, 2001; Wolman *et al.*, 2005); esso è un cambiamento di uso del suolo esterno all'area urbanizzata con un *footprint* superiore al minimo richiesto per l'attività svolta (Allen, 2006).

L'Agenzia Europea per l'Ambiente definisce lo *sprawl* come un modello fisico dell'espansione di aree urbane a bassa densità, localizzate principalmente vicino le aree agricole (EEA, 2006).

Mentre la frangia rappresenta ancora un luogo specifico, lo *sprawl* si inserisce nel contesto dinamico di un'area geografica, poiché è un fenomeno meno dipendente da vincoli di distanza. Ciò non deve condurre all'idea che la dispersione sia

frutto di un effetto casuale, poiché lo sviluppo insediativo è comunque strettamente collegato alla presenza delle reti infrastrutturali.

Risulta difficile applicare un'unica definizione al problema, pertanto si adotta un approccio olistico che valuta gli impatti (diretti, indiretti ed indotti) causati da *sprawl* e frangia sul territorio, definendo quindi il "paesaggio peri-urbano".

Bisogna precisare che l'area peri-urbana non coincide con l'area periferica al nucleo urbano; piuttosto è una zona spazialmente e strutturalmente in continua evoluzione (Adell, 1999), caratterizzata da grappoli di attività agricole e non agricole. Allen e D'avila (2002) definiscono il "territorio peri-urbano" come un mosaico di ecosistemi agricoli e urbani, soggetti a rapidi cambiamenti, con un grande mix sociale, chiaramente misurabili con caratteristiche distintive (Allen, 2003). Dalla definizione di Antrop e Van Eetvelde (2000) che legano la frangia urbana ad un carattere specifico del paesaggio, si ritiene che questi "nuovi paesaggi" sono creati da una eterogeneità funzionale e sono molto più complessi rispetto ai tradizionali modelli di città. In un certo senso, queste aree semi-urbane funzionano come area di trasferimento tra sistemi urbani e sistemi rurali divenendo "paesaggi ibridi" (Meeus e Gulinck, 2008).

2. Esposizione dell'obiettivo di ricerca

In seguito alle considerazioni sull'aspetto olistico, si può affermare che il modello di città peri-urbana è spietato nel divorare il paesaggio, inteso nella sua accezione più ampia di ‹‹determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni›› (*Convenzione Europea del Paesaggio*, Firenze, 2000, p.2, art.1.a).

Il debordare al di là delle soglie della compatibilità ambientale è un tratto strutturale della dinamica di crescita di questo tipo di città, che si ripropone non solo in presenza di fiumi o di boschi, cioè di componenti naturali fondamentali della rete ecologica del territorio, ma anche in presenza di grandi infrastrutture ed insediamenti, con l'impermeabilizzazione del suolo (Socco e Cavaliere, 2007). A questo punto, non si può tralasciare l'effetto preponderante che genera questo tipo di processo di trasformazione del paesaggio sull'incremento del consumo di suolo, sulla frammentazione delle aree rurali e naturali, sulla frattura tra città e campagna, sul "disordine" territoriale prodotto dalla casualità delle localizzazioni delle diverse funzioni territoriali, sulla banalizzazione degli ecosistemi rurali e fluviali, sulla scarsa attenzione alla conservazione della risorsa acqua e della biodiversità, in termini qualitativi e quantitativi. In particolar modo, il consumo di suolo, inteso come la perdita definitiva di una o più delle funzioni che il suolo svolge nell'ecosistema e nella regolazione dell'equilibrio tra capitale naturale e attività antropiche, induce a riflettere sulla necessità di acquisire una metodologia di analisi e di valutazione che metta a sistema le n-dimensioni influenzate da questo fenomeno. L'obiettivo del presente contributo, muovendo dallo studio del territorio definito dalla frangia e dallo *sprawl*, si traduce nella definizione di un *indicatore composito multidimensionale*, capace di misurare il consumo di suolo, dal punto di vista quantitativo ma

anche qualitativo. Inoltre, il metodo di valutazione può essere considerato un valido supporto per la riduzione del consumo di suolo e il monitoraggio delle direttrici di espansione derivanti dai piani che governano le trasformazioni territoriali.

3. Metodologia di analisi

L'approfondimento metodologico è stato strutturato per fasi successive. La prima fase è relativa allo stato dell'arte, nonché alla definizione delle caratteristiche peculiari degli elementi da considerare e degli impatti reali o potenziali connessi al fenomeno del consumo di suolo. La seconda fase si articola in due momenti: il popolamento dei dati e la proposta sia del metodo utilizzato per stimare gli impatti sia del metodo di valutazione multicriteri adottato per fornire l'indicatore composito. La terza ed ultima fase consiste nell'applicazione del modello per un caso studio, testata sulla Provincia di Lecce della Regione Puglia, seguita dall'esposizione dei risultati ottenuti.

3.1. Fase I. Stato dell'arte

Quali sono le caratteristiche delle aree periurbane? Il carattere di irrazionalità del disegno urbanistico è una costante della città il cui bordo è costituito da frange urbane. Il tessuto urbano caotico manifesta, nella maggior parte dei casi, l'assoluta mancanza di un progetto urbanistico unitario, accentuato dal disordine con il quale viene realizzata la rete stradale. Infatti, dalle strade di contorno si propagano moncherini di strade che terminano a fondo cieco contro campi agricoli, in un tipico tessuto del permanentemente non finito (Socco e Cavaliere, 2007). Nonostante le aree periurbane siano in continuo mutamento, sono facilmente riconoscibili alcune caratteristiche, descritte nel *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale* di Milano (Adeguamento alla Legge Regionale 12/05), tra le quali:

- presenza di appezzamenti di piccole dimensioni;
- ambiti frammentati, talvolta racchiusi fra lotti edificati;
- presenza di attività estranee all'agricoltura, con elementi diffusi scarsamente compatibili;
- dinamiche accelerate di trasformazione e di "disordine territoriale";
- scarso interesse nei confronti dell'agricoltura produttiva;
- cospicua presenza di infrastrutture lineari;
- abbandono dei manufatti e delle architetture rurali;
- presenza disordinata di elettrodotti e altri elementi interferenti con le abitazioni;
- scarsa qualità del verde residenziale e degli spazi aperti;
- commistione di tipologie edilizie e scarsa presenza di spazi e servizi pubblici;
- usi impropri delle aree libere residuali, con la presenza di attività marginali, spesso abusive;
- presenza di sub-ambiti agricoli connettivi, il cui ruolo dominante è quello di

mantenere in vita le connessioni tra ambiti agricoli separati o ambiti agricoli con aree naturali o para-naturali.

Quali sono le opere di trasformazione che generano impatti sul territorio? Quali di queste sono oggetto di approfondimento?

Prendendo come riferimento sempre il *Repertorio delle misure di mitigazione e compensazione paesistico ambientale* per l'adeguamento del PTCP di Milano alla L.R. 12/05, si sono individuate cinque macro-categorie:

1. Opere di trasformazione lineare, ovvero le infrastrutture quali strade, ferrovie, linee elettriche, canali, reti, ponti, derivazioni, vie navigabili;
2. Opere di trasformazione areali e/o puntuali, nonché la categoria degli insediamenti che si suddivide in centri commerciali, progetti di sviluppo ed espansione urbana e impianti agricoli, zootecnici, di acquacoltura/pescicoltura;
3. Impianti industriali, raggruppati in cinque categorie. La prima comprende centrali termoelettriche, impianti non termici per produzione di energia, smaltimento e recupero rifiuti, centri di raccolta, stoccaggio e rottamazione; seguono le discariche di rifiuti urbani e le cave; gli impianti per il trattamento e la depurazione delle acque; gli impianti per la ricerca di idrocarburi in terraferma; gli impianti industriali in genere;
4. Autodromi che comprendono oltre agli autodromi stessi anche le piste per le corse dei veicoli a motore;
5. Vasche di laminazione delle piene fluviali per la riduzione del rischio idraulico.

Di queste tipologie, la ricerca si sofferma sulla categoria degli insediamenti, in particolar modo sui progetti di sviluppo e di espansione urbana, all'interno delle opere di trasformazione areali e/o puntuali. Quali sono gli impatti generati dai progetti di espansione urbana residenziale? Di seguito, si riportano esclusivamente gli impatti diretti ed indiretti legati al consumo di suolo, prodotti e dagli insediamenti a bassa densità, caratterizzati da piccoli condomini con giardino privato e generalmente mono-bi-familiari, e dagli insediamenti compatti, rappresentati da condomini pluripiano, più simili alla tipologia urbana.

Primariamente, l'impermeabilizzazione crea influssi sulla ricarica delle falde, sui tempi di corrivazione, sulle portate e sulla qualità dell'acqua dei ricettori finali, sulla perdita di biodiversità; la frammentazione e l'interruzione di corridoi ecologici tra macchie distanti influisce sulla capacità produttiva della zona e sulla riduzione della capacità portante delle macchie connesse; la cementificazione delle aree circostanti le nuove edificazioni produce un aumento dei costi di gestione degli spazi antropizzati; infine, le alterazioni paesistiche favoriscono maggiormente, in ambito agrario, la nascita di nuovi insediamenti, l'aumento del costo di combustibili fossili legato all'urbanizzazione, l'aumento dei disturbi sugli ecosistemi dovuto ai nuovi insediamenti.

Inoltre, a scala locale, si ricordano gli impatti estetico-percettivi legati alla riconoscibilità dei luoghi, che innesca processi di perdita di valore paesaggistico data anche dall'interruzione della continuità morfologica dei luoghi; l'aumento del numero di automobili in transito sulle strade; l'aumento della temperatura dell'acqua di scolo e del carico inquinante.

3.2. Fase II. Popolamento dei dati e proposta del metodo di stima degli impatti e di valutazione multidimensionale

In questa fase, sono stati raccolti i dati (accessibili e disponibili) per l'analisi successiva. In particolar modo:

- Cartografia di Uso del Suolo della Regione Puglia rispetto all'anno 2006 e 2011 (www.sit.puglia.it);
- Limiti amministrativi provinciali e comunali (www.istat.it).

A partire dall'infrastruttura dei dati acquisiti, di seguito (tab. 1) si illustra la corrispondenza tra gli impatti rilevati correlati con il consumo di suolo, in tutto sei, e lo strumento di analisi scelto per misurare l'entità dello stesso.

Tab. 1 – Individuazione degli impatti correlati al consumo di suolo e dei metodi di valutazione per l'analisi delle aree periurbane.

Impatto	*Indicatore adottato per l'analisi dell'impatto*	*Tipologia*
Impermeabilizzazione e cementificazione delle aree circostanti le nuove edificazione	Rapporto della superficie del tessuto edificato sparso rispetto alla superficie comunale (TE)	Quantitativo
Frammentazione e interruzione dei corridoi ecologici tra macchie distanti	Rapporto tra il numero di tipologie di uso del suolo non naturale rilevato nel tessuto esterno al tessuto consolidato e il valore maggiore della frammentazione (Nuds)	Quantitativo
Alterazione delle dinamiche paesistiche e aumento degli elementi non naturali	Rapporto tra la superficie occupata dagli elementi con uso del suolo differente da quello naturale esterni al tessuto consolidato e la superficie comunale (SNuds)	Quantitativo
	Valore totale del *cultural services* calcolato considerando i singoli valori degli usi del suolo inerente il limite comunale (CS)	Qualitativo
Diminuzione della biodiversità	Rapporto della misura della riduzione di uso del suolo per area naturale (in relazione alla serie storica 2006-2011) rispetto alla superficie comunale (DF)	Quantitativo
	Valore totale dell'*ecological integrity* calcolato considerando i singoli valori degli usi del suolo inerente il limite comunale (EI)	Qualitativo
Riduzione della capacità produttiva della zona e della capacità portante delle macchie connesse	Valore totale del *provisioning services* calcolato considerando i singoli valori degli usi del suolo inerente il limite comunale (PS)	Qualitativo
	Valore totale del *regulating services* calcolato considerando i singoli valori degli usi del suolo inerente il limite comunale (RS)	Qualitativo

A partire dall'infrastruttura dei dati acquisiti, di seguito (tabella 1) si illustra la corrispondenza tra gli impatti rilevati correlati con il consumo di suolo, in tutto sei, e lo strumento di analisi scelto per misurare l'entità dello stesso.

Gli indicatori qualitativi, ovvero la *ecological integrity*, i *provisioning services*,

i *regulating services* ed i *cultural services*, sono definiti nella "matrice di valutazione delle capacità espresse dalla copertura del suolo vs. servizi ecosistemici" (Burkard *et al*., 2009, p.6). Sull'asse y di questa matrice vengono elencati i 44 *land use* determinati dal modulo *Corine*; sull'asse x sono rappresentati 29 servizi ecosistemici, valutati con la scala 0 = nessuna capacità rilevante, 1 = bassa capacità rilevante, 2 = capacità rilevante, 3 = media capacità rilevante, 4 = elevata capacità rilevante e 5 = molto elevata capacità rilevante.

Essi sono stati dedotti associando dapprima il valore ecologico di ogni servizio ecosistemico considerato a ciascuna categoria e superficie di uso del suolo, poi normalizzando rispetto al valore maggiore. Infine, l'indice è stato pesato rispetto all'area comunale.

Si precisa, inoltre, che il valore dell'*ecological integrity* è dato dalla somma del valore delle componenti di: eterogeneità abiotica, biodiversità, portata biotica d'acqua, efficienza metabolica, energia catturata, riduzione della perdita di nutrienti, capacità di archiviazione; il valore del *provisioning service* è funzione del valore relativo a: colture, bestiame, foraggi, pesca da cattura, acquacoltura, cibi selvatici, legname, legno combustibile, energia (biomassa), biochimica/medicina, acqua dolce; il valore del *regulating service* è combinazione lineare dei parametri di: regolazione del clima locale, regolazione del clima globale, protezione contro le piene, ricambio delle acque sotterranee, regolazione della qualità dell'aria, regolamentazione dell'erosione, depurazione dell'acqua, impollinazione; infine, il valore del *cultural service* è dato dalla somma dei valori ricreativi ed estetici con i valori intrinseci della biodiversità.

La metodologia si conclude con la definizione dell'*indicatore composito multidimensionale*, che non sarà un indicatore assoluto, ma relativo alla comparabilità tra i comuni della provincia di Lecce. Per calcolare questo valore, che rappresenta "la perdita di valore", è stato scelto il metodo TOPSIS (*Tecnique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*), sviluppato da Hwang e Yoon nel 1981, che genera una "soluzione ideale" e una "soluzione negativa ideale".

Il metodo TOPSIS consente la costruzione di una gerarchia di preferenze rispetto alla vicinanza o lontananza geometrica dalla soluzione ideale; fa parte dei metodi compensativi aggregatori che confronta un insieme di alternative, attribuendo i pesi a ciascun criterio e normalizzando i punteggi. Per cui, è necessario definire preventivamente la matrice di decisione ed il vettore dei pesi, in questo caso formata da tutti gli indicatori tradotti negli n-criteri che concorrono alla valutazione dei singoli impatti. Pertanto, il *Valore della Perdita di suolo* (PS) sarà pari a:

$PSiw = diw/(diw+dib)$, $0 \leq PSiw \leq 1$, $i = 1,2,\ldots,n$.

- $PSiw = 1$ la soluzione rappresenta la condizione peggiore;
- $PSiw = 0$ la soluzione rappresenta la condizione migliore.

3.3. Fase III. Test: il caso studio

Per l'applicazione della metodologia descritta si è valutato il rapporto del tessuto edificato sparso su base provinciale (Regione Puglia), mostrando come situazio-

ne peggiore pari al 2,50% la provincia di Lecce e come condizione migliore pari a 0,23% la provincia di Foggia. Pertanto, per la fase di test, sono stati selezionati i 94 comuni della provincia di Lecce (fig. 1).

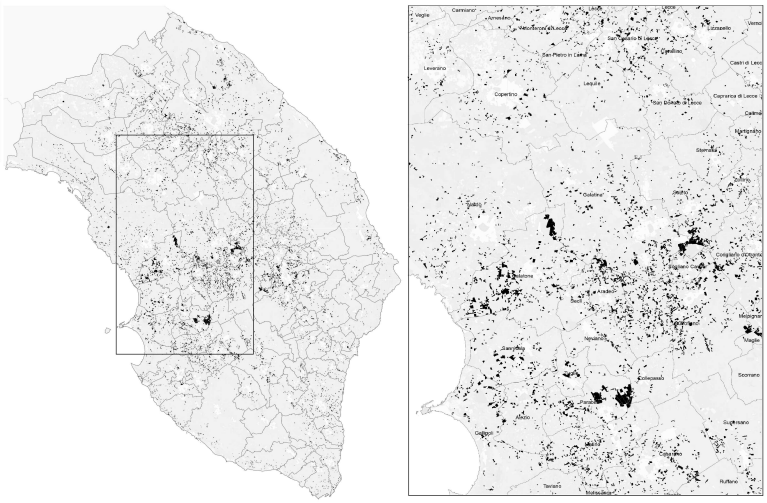


Fig. 1 – Analisi del tessuto edificato sparso per i comuni della provincia di Lecce.

Applicando il metodo analitico, si ricavano i valori degli indicatori qualitativi e quantitativi. Per semplicità nell'esposizione dei risultati, la tabella 2 presenta i valori degli indicatori relativi a 26 comuni, disposti in ordine di codice ISTAT crescente (in ordine alfabetico). Le figure 2, 3 e 4 , invece, costituiscono l'output. La prima mostra la distribuzione del valore del consumo di suolo calcolato in termini quantitativi, la seconda mostra la distribuzione del valore del consumo di suolo calcolato in termini qualitativi, la terza mostra la distribuzione del valore dell'*indicatore composito multidimensionale del consumo di suolo*, quindi comprende la misura quantitativa e quella qualitativa. Il *range* dei colori varia sulla scala di grigi, assegnando il colore più scuro alla condizione peggiore, tendente al valore 1, il colore più chiaro alla condizione migliore, tendente al valore 0.

Tab. 2 – *Indicatori degli impatti sul consumo di suolo, calcolati su base comunale.*

Nome	*Ind TE*	*Ind Nuds*	*Ind SNuds*	*Ind CS*	*Ind DF*	*Ind EI*	*Ind PS*	*Ind RS*
Acquarica del Capo	0,17291	0,60870	0,17291	-0,00098	0,002	0,01746	0,00228	-0,00011
Alessano	1,20344	0,78261	1,20344	0,00326	0,015	0,02498	0,01062	0,00249
Alezio	3,88621	0,65217	3,88621	0,00217	0,001	0,01603	-0,00272	-0,00022
Alliste	1,36362	0,69565	1,36362	0,00748	0,008	0,01707	-0,00528	0,00056
Andrano	1,89677	0,65217	1,89677	-0,00131	0,002	0,01760	0,00401	-0,00080
Aradeo	12,85257	0,60870	12,85257	0,00507	0,009	0,01579	-0,00153	0,00083
Arnesano	7,03125	0,73913	7,03125	-0,00048	0,003	0,01705	0,00239	0,00048
Bagnolo del Salento	0,93393	0,47826	0,93393	0,00040	0,003	0,01844	0,00265	0,00045
Botrugno	2,45189	0,52174	2,45189	0,00369	0,009	0,02003	0,00568	0,00063
Calimera	1,05801	0,56522	1,05801	0,00135	0,004	0,01668	0,00237	0,00047

Nome	*Ind TE*	*Ind Nuds*	*Ind SNuds*	*Ind CS*	*Ind DF*	*Ind EI*	*Ind PS*	*Ind RS*
Campi Salentina	1,04495	0,73913	1,04495	0,00046	0,004	0,01912	0,00296	0,00040
Cannole	0,57568	0,60870	0,57568	0,00113	0,004	0,02068	0,00222	0,00073
Caprarica di Lecce	1,08313	0,52174	1,08313	0,00042	0,005	0,01766	0,00113	0,00062
Carmiano	2,67924	0,73913	2,67924	0,00320	0,008	0,01688	-0,00053	-0,00019
Carpignano Salentino	1,01346	0,65217	1,01346	0,00208	0,006	0,02348	0,00425	0,00310
Casarano	4,76851	0,86957	4,76851	0,00979	0,013	0,01546	-0,00537	0,00064
Castri di Lecce	1,76170	0,56522	1,76170	0,00045	0,003	0,01830	0,00316	0,00044
Castrignano de' Greci	3,59025	0,56522	3,59025	0,00150	0,013	0,02385	0,01006	0,00204
Castrignano del Capo	1,59158	0,78261	1,59158	0,00005	0,008	0,02018	0,00659	0,00045
Cavallino	1,96172	0,86957	2,83677	0,00430	0,026	0,03217	0,01899	0,00534
Collepasso	1,84256	0,65217	1,96172	0,00399	0,019	0,02475	0,01475	0,00172
Copertino	5,05641	0,82609	1,84256	0,00495	0,008	0,01991	-0,00020	0,00237
Corigliano d'Otranto	1,31092	0,78261	5,05641	0,00144	0,014	0,02483	0,01214	0,00110
Corsano	5,23093	0,52174	1,31092	0,00050	0,001	0,01670	0,00034	0,00005
Cursi	7,86118	0,60870	5,23093	0,00255	0,011	0,02114	0,00761	0,00226
Cutrofiano	1,57117	0,73913	7,86118	0,00229	0,005	0,01937	0,00130	0,00025

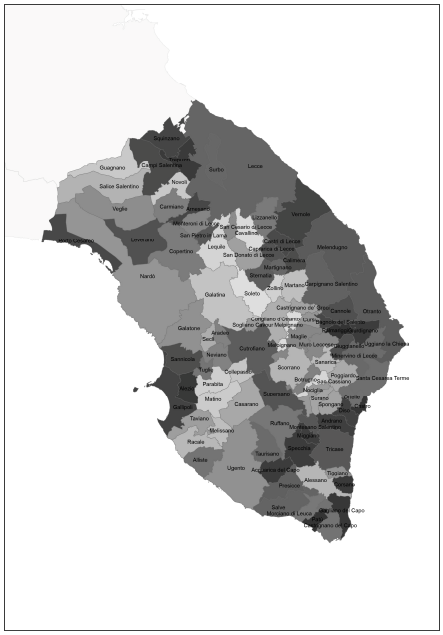


Fig. 2 – Rappresentazione della distribuzione del valore quantitativo del consumo di suolo, relativo ai comuni della provincia di Lecce.

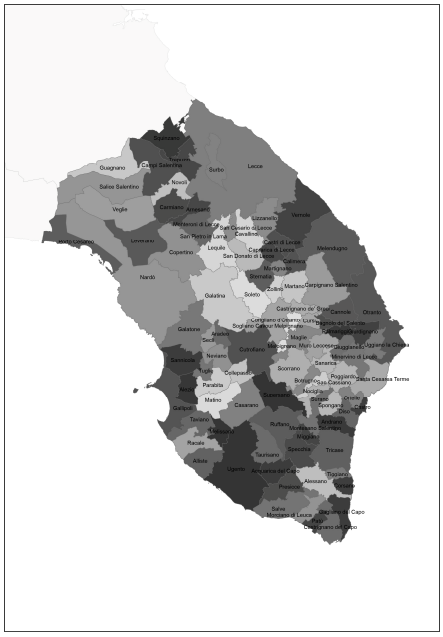


Fig. 3 – Rappresentazione della distribuzione del valore qualitativo del consumo di suolo, relativo ai comuni della provincia di Lecce.

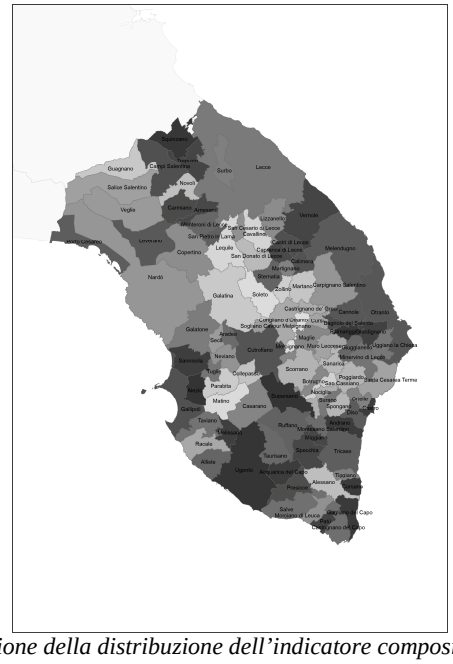


Fig. 4 – Rappresentazione della distribuzione dell'indicatore composito multidimensionale del consumo di suolo, relativo ai comuni della provincia di Lecce.

4. Riflessioni finali e prospettive della ricerca

L'analisi di sensitività, effettuata attribuendo pesi diversi, dimostra la validità e l'affidabilità della metodologia. In tutti i casi analizzati, cambiando i pesi tra gli indicatori di tipo qualitativo e gli indicatori di tipo quantitativo, si evince dall'output complessivo che la distribuzione rimane pressoché invariata.

Tuttavia, dalle immagini, si comprende come l'indicatore del rapporto della superficie del tessuto edificato sparso rispetto alla superficie comunale (TE) non influisca particolarmente sul calcolo. Invero, la localizzazione più densa della superficie del tessuto edificato sparso corrisponde ai comuni di Cutrofiano, Galatone, Parabita, Galatina e Soreto. Dall'analisi finale, invece, tali comuni non costituiscono la "soluzione ideale negativa", ma mostrano un valore di consumo di suolo intermedio, rispetto a quello di tutti i comuni della provincia.

Si ricorda, dunque, che l'indicatore composito è di natura relativa e non assoluta, poiché esso si ottiene dalla comparazione dell'indice comunale in funzione della "distanza" dalla "soluzione ideale".

L'efficacia di qualsiasi politica di contenimento delle trasformazioni d'uso che determinano degrado e/o perdita dei suoli può essere valutata e monitorata solo se basata su una disponibilità di dati di uso e copertura dei suoli che siano aggiornati, confrontabili e scalabili ai diversi livelli entro cui operano le scelte di governo territoriale.

Il problema sulla quantificazione del dato numerico e sul monitoraggio dello stesso è dato dalla: carenza di dati univoci e aggiornati sulle dinamiche e sulle fenomenologie della crescita delle superfici urbanizzate; mancata diffusione di un metodo condivisibile ed oggettivo di analisi; aspetti di governo del territorio rispetto ai livelli e alle competenze differenziate; diverse scale di misurazione adottate per le sperimentazioni attuate in ambito regionale e nazionale.

La metodologia proposta può, a tal proposito, essere utilizzata per la costruzione di nuovi scenari decisionali nei quali stabilire le direttrici di espansione insediativa; perciò, andando a coadiuvare la pianificazione urbanistica, diventa uno strumento di supporto alla valutazione e al monitoraggio del consumo di suolo.

Riferimenti bibliografici

Adell G. (1999), *Theories and models of the peri-urban interface: a changing conceptual landscape*, London (Development Planning Unit, University College London), Related online version: http://www.ucl.ac.uk/dpu/pui/research/previous/epm/g_adell.htm.

Allen A. (2003), "Environmental Planning and Management of the Peri-Urban Interface: Perspectives on an Emerging Field", *Environment & Urbanization*, 15(1):135-148, doi: 10.1177/095624780301500103.

Allen A. e D'avila, J. (2002), *Mind the gap! Bridging the rural-urban divide*, id21 insights, 41. URL: http://www.id21.org/insights/insights41/insights-issu01-art00.html.

Allen C.R. (2006), *Sprawl and the Resilience of Humans and Nature: an Introduction to the Special Feature*, Ecology and Society, 11(1), 36. URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art36.

Antrop M. e Van Eetvelde V. (2000), "Holistic Aspects of Suburban Landscapes: Visual Image Interpretation and Landscape Metrics", *Landscape and Urban Planning*, 50(1-3): 43-58, doi: 10.1016/S0169-2046(00)00079-7.

Bryant C.R. (1995), "The Role of Local Actors in Transforming the Urban Fringe", *Journal of Rural Studies*, 11(3): 255-267, doi: 10.1016/0743-0167(95)00020.

Burkhard B., Kroll F., Müller F. e Windhorst W. (2009), "Landscapes Capacities to Provide Ecosystem Services. A Concept for Land-Cover Based Assessments", Landscape Online 15, 1-22. doi:10.3097/LO.200915, p. 6.

EEA (2006), *Urban sprawl in Europe: The ignored challenge*, EEA Report, 10/2006, Copenhagen (European Environmental Agency). Related online version: http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_10.

Fulton W., Pendall R., Nguyen M. e Harrison A. (2001), *Who Sprawls Most? How Growth Patterns Differ Across the U.S.*, Survey Series, Washington, DC (The Brookings Institution). Related online version: http://www.brookings.edu/es/urban/publications-/Fulton.pdf.

Gulinck H. (2004), *Neo-rurality and multifunctional landscapes*, in Brandt J. e Vejre H., Editors, *Multifunctional Landscapes*, Vol. 1: *Theory, Values and History*, Vol. 14 of Advances in Ecological Sciences, pp. 63–74, Southampton: WIT Press.

Hite J. (1998), *Land Use Conflicts on the Urban Fringe: Causes and Potential Resolution*, Clemson, SC (Strom Thurmond Institute, Clemson University). URL: http://www.strom.clemson.edu/publications/hite/landuse-hite.pdf.

Hwang C.L. e Yoon K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, New York, USA, Springer-Verlag.

Meeus S.J. e Gulinck H. (2008), *Semi-Urban Areas in Landscape Research: A Review*, in Living Reviews in Landscape Research, ISSN 1863-7329: http://www.livingreviews.-org/lrlr-2008-3.

Socco C. e Cavaliere A. (2007), *Il bordo della città*, Osservatorio Città Sostenibili - Dipartimento Interateneo Territorio - Politecnico e Università di Torino, Working Paper P09/07.

Wolman H., Galster G., Hanson R., Ratcliffe M., Furdell K. e Sarzynski A. (2005), "The Fundamental Challenge in Measuring Sprawl: Which Land Should Be Considered?", *Professional Geographer*, 57(1):94-105, doi:10.1111/j.0033-0124.2005.00462.

Sviluppo di uno strumento innovativo per la valutazione del consumo di suolo a scala nazionale

di G. Langella[*]*, A. Basile*[**]*, S. Giannecchini*[***]*, M. Iamarino*[**]*, M. Munafò*[****] *e F. Terribile*[*****]

Riassunto

Il lavoro mostra uno strumento in grado di monitorare e valutare il consumo di suolo su tutto il territorio italiano. È mostrata un'applicazione web prototipale di un sistema di supporto alle decisioni. Il sistema fornisce risposte - per qualsiasi areale italiano scelto, alla risoluzione locale e in tempo reale - su (i) valutazione del cambio di uso del suolo tra anni diversi, (ii) dinamica del consumo di suolo ed i relativi indici di frammentazione del territorio rurale, (iii) una prima quantificazione delle funzioni ambientali perse.

1. Introduzione

È ormai accertato che il consumo di suolo da urbanizzazione è da considerare un motore verso l'irreversibile desertificazione dei nostri paesaggi (Barbero-Sierra *et al*. 2013). La stessa strategia tematica per la protezione del suolo (COM(2006) 231) e le ultime relazioni dell'Agenzia europea dell'ambiente (ad es. AEA, 2010) evidenziano questa cruda realtà. Infatti il consumo di suolo determina degli impatti notevolissimi sui servizi ecosistemici quali la produzione di alimenti, l'assorbimento idrico, la capacità di filtraggio e tamponamento del suolo, la biodiversità, etc.

A fronte di questi impatti, la tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse (COM(2011) 571) ha proposto che «entro il 2020 le strategie dell'UE tengano conto delle ripercussioni dirette e indirette sull'uso del suolo

[*] Centro di Ricerca Interdipartimentale CRISP, Università Napoli Federico II, *glangella-@unina.it*.
[**] CNR, Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo.
[***] GeoSolutions S.A.S.
[****] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ISPRA.
[*****] Dipartimento di Agraria, Università Napoli Federico II, terribil@unina.it

nell'UE e a livello mondiale e che l'incremento della quota netta di nuova occupazione di terreno tenda ad arrivare a zero entro il 2050». In quest'ambito, nel 2012, la Commissione Europea ha pubblicato gli "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" (SWD(2012) 101 final/2). Ma è stato anche rilevato (Artmann, 2014) che perfino queste buone pratiche, in paesi teoricamente virtuosi (Germania), scontano problemi evidenti nella realtà operativa. È infatti ovvio che qualunque buona pratica e/o mitigazione degli impatti sul consumo del suolo è in larga misura determinata dalle decisioni in materia di pianificazione territoriale. È quindi proprio la pianificazione territoriale a dover svolgere quel ruolo fondamentale di governare e favorire un uso più sostenibile dei suoli che tenga conto delle loro qualità e potenzialità. Ma c'è un problema. A dispetto delle buone intenzioni, nella realtà, chi opera nella pianificazione del territorio generalmente non ha accesso a tutti gli strumenti e le informazioni adeguate per onorare l'obiettivo molto complesso ed ambizioso di un "uso sostenibile del suolo" e quindi di riduzione e mitigazione del suo consumo e dei conseguenti impatti.

In quest'ambito, vorremmo mostrare che – se solo il sistema Paese lo volesse – oggi sarebbe possibile sviluppare strumenti operativi (anche a scala nazionale) per meglio orientare la pianificazione del territorio. L'obiettivo di questo lavoro è infatti quello di presentare un prototipo di strumento in grado di monitorare e valutare il consumo di suolo su tutto il territorio italiano. Si tratta di un'applicazione geospaziale via web di supporto alle decisioni che fornisce risposte – per qualsiasi areale italiano prescelto, ad elevata risoluzione spaziale ed in tempo reale – su (i) valutazione del cambio di uso del suolo tra anni diversi, (ii) dinamica del consumo di suolo ed i relativi indici di frammentazione del territorio rurale, (iii) una preliminare quantificazione di alcune funzioni ambientali perse.

2. Materiali e Metodi

Il portale per la valutazione e la contabilità del consumo di suolo a scala nazionale è definito *Soil Sealing Geospatial Cyber Infrastructure* (SS-GCI). Esso – in forma sperimentale – è disponibile in modalità libero accesso all'indirizzo http://143.225.214.136/MapStore ed è montato su un server del CRISP. L'applicazione web è stata sviluppata a partire da piattaforme modulari open source specificatamente progettate per creare, gestire e condividere in modo sicuro, semplice e intuitivo diversi tipi di informazioni geospaziali. In particolare il SS-GCI è montato sulla duplice infrastruttura *GeoServer* e MapStore entrambi sviluppati da *GeoSolutions*. I dati ingeriti in *GeoServer* sono riprodotti su tutto il territorio italiano e provengono da tre fonti distinte:

- Uso e la copertura del suolo (Carta della utilizzazione del suolo d'Italia, scala 1: 200.000) prodotta dal Touring Club Italiano nel periodo 1956-60.
- Uso e la copertura del suolo prodotte dal progetto *Corine Land Cover*, relativamente agli anni 2000 e 2006 (si potranno includere tutte le altre date disponibili nell'ambito di questo stessa applicazione).

- Urbanizzazione (percentuale di impermeabilizzazione o *imperviousness*) su base raster di ISPRA per gli anni 2006 e 2009 alla risoluzione spaziale di 20 metri (future versioni di questi *layer* saranno disponibili fino a 5 metri di risoluzione).

I *layer Corine* ed il *layer Touring* sono stati rasterizzati in immagini a 8 bit ad una risoluzione spaziale di 100 metri allo scopo di consentire i calcoli su base matriciale. L'applicativo web è strutturato in modo tale che i confronti basati sui soli *layer Corine* possono essere eseguiti ai tre diversi livelli di dettaglio della legenda *Corine* (dunque con diverso numero di classi di uso/copertura del suolo), mentre per consentire i confronti con il *layer* Touring Club Italiano la legenda *Corine* di massimo dettaglio è stata omogeneizzata con quella del Touring. Per quanto concerne i *layer Imperviousness*, essi sono stato binarizzati (immagini a 4 bit) nelle due classi urbano e rurale applicando una soglia del 30% al livello di imperviousness per classificare la classe urbano. In aggiunta a quanto tipicamente disponibile con la duplice infrastruttura *GeoServer* e *MapStore*, sono stati sviluppati codici ad hoc sia lato client che lato server in grado di supportare le diverse funzioni disponibili. Ad esempio dal lato client abbiamo lo strumento per la definizione della regione di interesse (ROI, *Region Of Interest*) da dare in input ad uno qualsiasi degli indici di consumo di suolo implementati. La definizione della ROI consente diversi metodi incluso la selezione multipla di unità amministrative a qualsivoglia livello gerarchico (comuni, province, regioni). Un altro esempio è dato dalla disponibilità di diversi tipi di grafici che all'occorrenza sono generati per visualizzare i risultati dei calcoli sottomessi dall'utente. Ancora, abbiamo il *workspace* dei processi in cui sono visualizzati tutti i processi lanciati dagli utenti, che possono essere in esecuzione ("*running*") oppure completati ("*completed*"). Dal lato server, tra gli altri, sono state sviluppate funzioni scritte in Java per effettuare le dovute computazioni necessarie a calcolare gli indicatori di consumo di suolo. Per alcuni indicatori, i calcoli sono molto onerosi in quanto eseguiti su *grid* ad alta risoluzione. Ad esempio, il calcolo della frammentazione è lanciato sui *layer* di *imperviousness* ad una risoluzione di 20 metri, per cui anche in presenza di una ROI dalle dimensioni non eccessive è comunque richiesto un tempo di calcolo non gestibile in una sessione di lavoro dell'utente con risposte real-time o quasi real-time. Per questa ragione, ma anche per gestire ROI multi-dominio e la multi-utenza, alcuni indici sono stati implementati anche con tecniche HPC (*High Performance Computing*) basate per lo più su calcolo parallelo su scheda grafica (il cosiddetto GPU *computing*) mediante la piattaforma di elaborazione in parallelo di NVIDIA chiamata CUDA (Compute Unified Device Architecture).

3. Risultati e discussione

3.1 Struttura del portale SS-GCI

La piattaforma SS-GCI vede la stretta interazione tra (i) dati, (ii) modelli per ot-

tenere indicatori di consumo di suolo e (iii) l'interfaccia grafica per gli utenti. La tipologia di dati utilizzati (vedi materiali e metodi) è focalizzata a fornire risposte ad una serie di interrogazioni – a scala nazionale - riguardanti il consumo di suolo, il suo impatto o le variazioni dell'uso del suolo (anche dal punto di vista delle coltivazioni) tra date diverse. Tutti questi temi sono di interesse per una buona pianificazione urbanistica. Le diverse risoluzioni spaziali e temporali dei dati richiedono una particolare cura nell'interpretazione degli stessi. I calcoli impiegati per ottenere degli indicatori finalizzati l'analisi del consumo di suolo sono stati selezionati in modo da produrre una serie di indici particolarmente importanti per la pianificazione territoriale. Nella tab. 1 si riportano le principali tipologie di indicatori scelti. Preme evidenziare una peculiare differenza tra le due basi di dati. I *layer Corine Land Cover* consentono indagini su più classi di uso e copertura del suolo ma ad una risoluzione spaziale relativamente più grossolana (100 metri); viceversa i *layer* di impermeabilizzazione aggregano l'informazione dell'uso del suolo nelle due classi urbanizzato e non urbanizzato ma consentono un dettaglio spaziale elevato (20 metri) ed un'accuratezza decisamente maggiore dei *layer Corine*. L'interfaccia grafica è un elemento essenziale del sistema; essa è stata progettata cercando di inserire in poche schermate una schematizzazione di tutte le funzioni disponibili nel sistema. In particolare si è cercato un compromesso tra la semplicità di utilizzo (ad esempio avviare procedure con pochi *click* del mouse, grafici e tabelle interattive), la necessità di dover attivare procedure anche molto complesse (GPU *computing*) ed infine il necessario rigore di un sistema dedicato più all'analisi dei dati che alla loro divulgazione.

Tab. 1 – Indici di consumo di suolo e loro calcolo implementati nella piattaforma SS-GCI.

Base dati	*(No) Indicatore*	*Descrizione sintetica del calcolo dell'indicatore*
Calcoli effettuati con i *layer* di uso e copertura del suolo (*Corine Land Cover*) [100x100 metri]	(1) Coefficiente di copertura	Percentuale della superficie impegnata dalle classi di uso/copertura del suolo.
	(2) Tasso di variazione	Rapporto tra la variazione di superficie della classe tra due anni selezionati e l'ammontare della superficie della classe all'anno antecedente, per tutte le classi della legenda.
	(3) Consumo marginale di suolo	Rapporto tra la variazione complessiva delle classi "urbanizzate" e la variazione della popolazione, tra due anni selezionati.
	(4) *Sprawl* urbano	Rapporto tra il tasso di variazione complessiva delle classi "urbanizzate" ed il tasso di variazione della popolazione, tra due anni selezionati.
	(5) *Sprawl* urbano	Rapporto tra la superficie urbana discontinua e la superficie urbana totale.
	(6) Densità dei margini urbani	Rapporto tra la somma dei perimetri delle aree costruite e la superficie comunale.
Calcoli effettuati utilizzando i *layer* di impermeabilizzazione (o imperviousness) [20x20 metri]	(7) Diffusione urbana	Superficie urbanizzata. Superficie del poligono di massima estensione. Superficie media dei poligoni escluso quello di massima estensione.
	(8) Frammentazione	Rurale o urbana, essa computa l'impatto standardizzato dell'altra classe entro un raggio definito dall'utente.
	(9) Consumo di suolo	Rapporto tra la variazione di superficie urbanizzata tra due anni selezionati e l'ammontare della superficie urbanizzata all'anno antecedente.
	(10) Approvvigionamento alimentare perso	Trasforma il precedente indice in una stima della perdita di capacità potenziale di approvvigionamento alimentare (un servizio del suolo).

Uno sguardo d'insieme dell'interfaccia grafica è riportata nella fig. 1. Qui si evidenzia la porzione superiore dedicata all'interrogazione del sistema ed alla visualizzazione e la porzione inferiore (*processes workspace*) dedicata alla memorizzazione dei processi (attivati durante la sessione di lavoro).

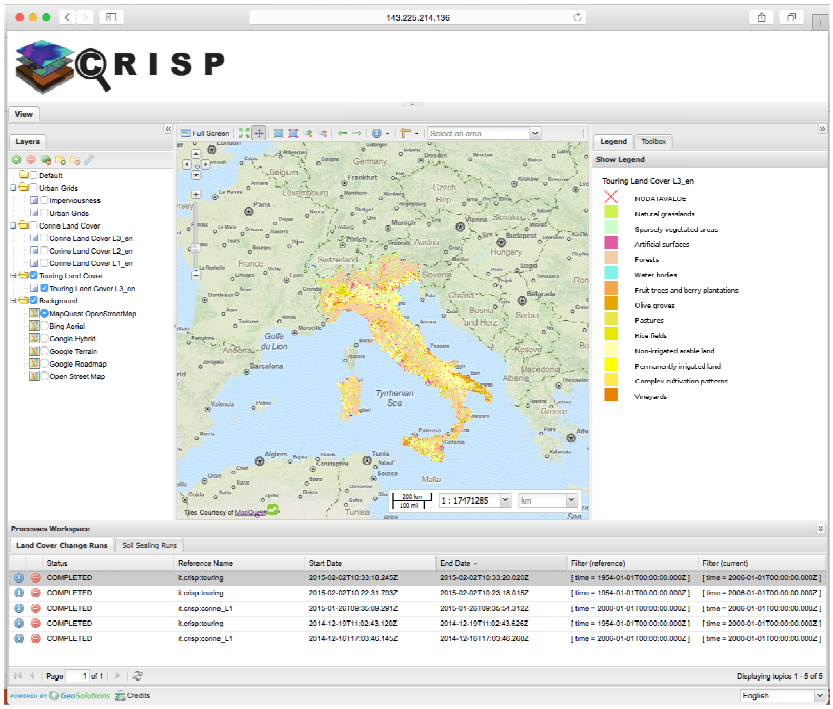


Fig.1 – Il portale SS-GCI (Soil Sealing Geospatial Cyber Infrastructure) del centro di ricerche CRISP.

Nelle fig. 2 e 3 sono riportati alcuni importanti dettagli operativi dell'interfaccia. In particolare nella fig. 2 viene riportata la separazione tra gli strumenti di visualizzazione della mappe (*box line* tratteggiato) tipici di ambienti webgis e quelli di analisi dei dati (box linea continua) sia di uso del suolo che di consumo del suolo). La fig. 3 evidenzia gli strumenti di analisi del consumo di suolo. Per fini esplicativi si riporta un dettaglio delle capacità di calcolo e dei menu. L'utente deve selezionare per la sua indagine la base informativa che intende utilizzare (Corine o Imperviousness), il dettaglio temporale (uno o due anni, anche in dipendenza delle restrizioni imposte dal calcolo dell'indice prescelto), l'indicatore di consumo di suolo cui è interessato ed infine deve selezionare la regione di interesse (che può avvalersi di uno strumento ad hoc per la rapida selezione di unità amministrative al prescelto livello gerarchico). Quest'ultimo strumento è particolarmente utile perché consente all'utente sia di selezionare un'unità amministrativa (comune, provincia, regione) ma anche di disegnare liberamente – a video – una nuova regione di inte-

resse. Per ogni nuova interrogazione per l'utente sarà sufficiente variare unicamente i parametri richiesti dalla nuova indagine (ad esempio basta cambiare l'indice, o l'anno desiderato) e sottomettere un nuovo processo di calcolo mantenendo invariati tutti gli altri parametri appena descritti.

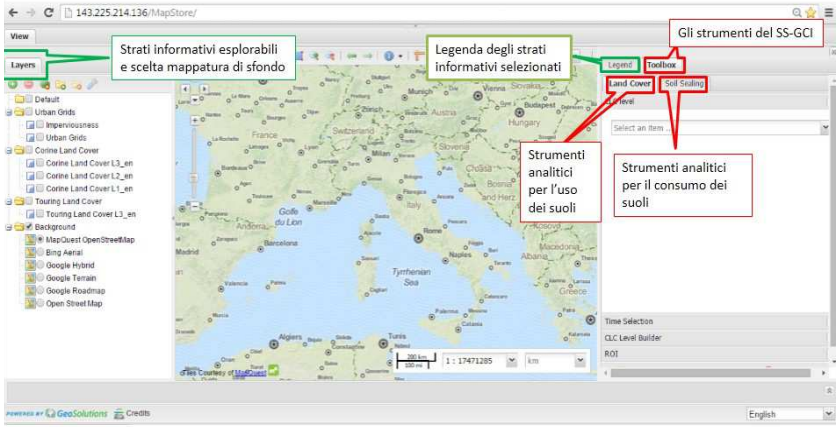


Fig. 2 – Principali sezioni del portale SS-GCI.

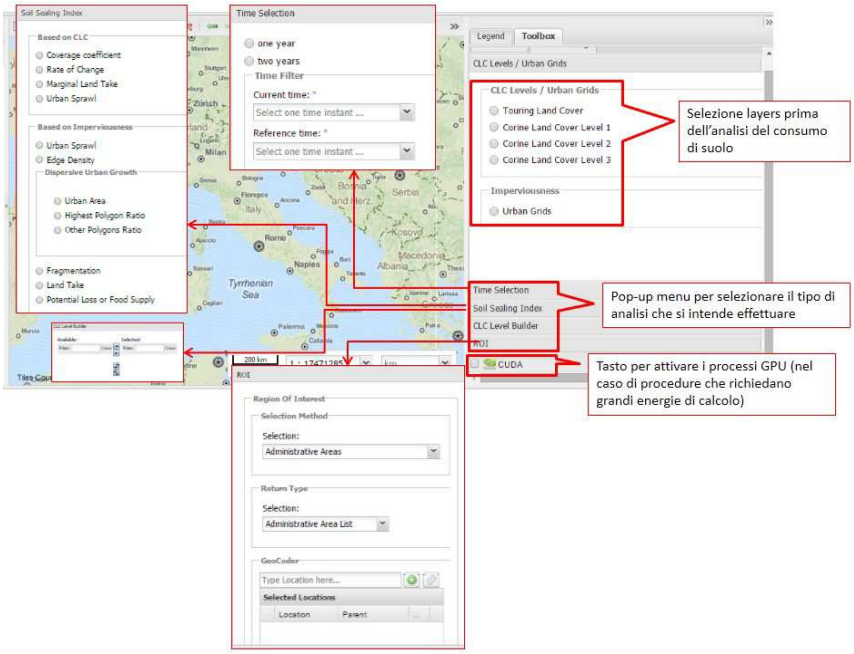


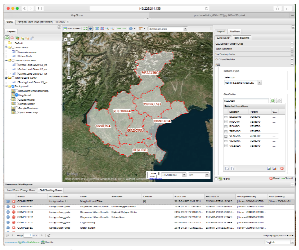
Fig. 3 – Dettaglio relativo agli strumenti di analisi del consumo di suolo della SS-GCI.

3.2 Esempi di applicazione del sistema

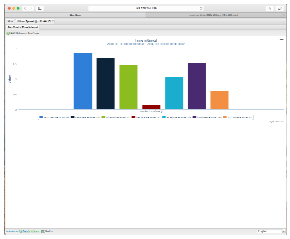
Le applicazioni del sistema sono molteplici ma tutte partono dalla selezione di un'area di interesse (ROI). A titolo di esempio si riporta in fig. 4 l'indicatore di *sprawl* urbano (indice No. 4, tab. 1), con la selezione di una ROI caratterizzata da tutte le province della Regione Veneto. Il sistema può essere interrogato per questa ROI così come per qualsiasi altra ROI selezionata dall'utente, ed in questo dominio geografico è possibile eseguire *on-the-fly* diverse elaborazioni con produzione di dati e di grafici. In Fig. 4b viene riportato il valore di *sprawl* urbano calcolato sui *layer Corine* per ogni territorio provinciale del Veneto nella forma di un intuitivo grafico a barre (nell'originale a colori).

Nel caso specifico si evidenzia che, nell'intervallo 2000-2006 e tra tutte le proncince venete, Treviso (la barra centrale, ovvero la quarta da sinistra) è la provincia con il più basso *sprawl*. La stessa informazione può essere visualizzata in forma di una mappa – prodotta e classificata in tempo reale – come aree a diverso indice di *sprawl* (fig. 4c). Un altro esempio di funzionalità dell'applicazione web *SS-GCI* è riportato in fig. 5. In essa si evidenzia un confronto sulla diffusione urbana (indice n. 7, tab. 1) tra 3 province dell'Italia centro-meridionale (Roma nella barra a sinistra, Latina nella barra al centro e Napoli nella barra a destra) e contestualmente la sua evoluzione nel tempo (sopra il 2006 e sotto il 2009). Il modello e la tipologia di diffusione urbana possono essere desunti dai 3 sotto-indici disponibili: la superficie urbanizzata (fig.5a), la superficie del poligono di massima estensione (fig.5b) e la superficie media di tutti i poligoni escluso quello di massima estensione (fig.5c).

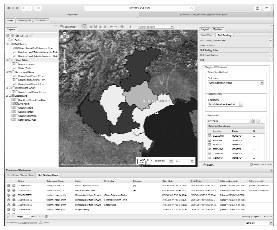
La provincia di Napoli presenta la maggiore incidenza di superficie urbanizzata tra le province selezionate nella ROI (circa 3 volte a quella di Roma e 4 volte a quella di Latina) ma con un processo di urbanizzazione che ha intaccato per lo più le zone periferiche, denunciato da un valore relativamente molto basso della superficie del poligono di massima estensione. La provincia di Roma presenta una bassa incidenza di impermeabilizzazione, ma a differenza della provincia di Napoli presenta più nuclei di urbanizzazione come evidenziato da un'alta superficie media dei poligoni escluso quello di massima estensione. Latina evidenzia un modello distributivo di urbanizzazione ancora differente dalle altre due province, in cui il corpo centrale è molto grosso (elevata superficie del poligono di massima estensione) con lieve e diffusa impermeabilizzazione a carico delle periferie.



(a) *Definizione della ROI (Reg. Veneto).*

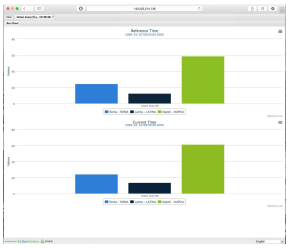


(b) *Valori di sprawl per provincia.*

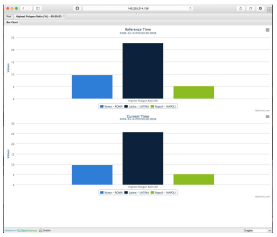


(c) *Mappa di sprawl per provincia. (legenda: grigio <1; bianco≈1; nero>1).*

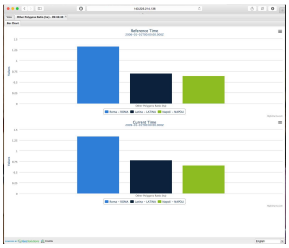
Fig.4 – Indice No. 4 di spawl urbano nelle province del Veneto tra il 2000 ed il 2006 (basato sui layer Corine Land Cover).



(a) *Superficie urbanizzata.*



(b) *Poligono di massima estensione.*



(c) *Altri poligoni.*

Fig. 5 – Indice No. 7 di dispersione urbana comparativa in tre province della costa tirrenica del Mezzogiorno. Da nord a sud e da sinistra verso destra: Roma, Latina e Napoli. I tre sotto-indici di dispersione urbana permettono di discriminare i diversi modelli di diffusione urbana.

4. Conclusioni

Mitigare il consumo di suolo tramite una buona pianificazione del territorio è un obiettivo molto virtuoso ma è anche una delle massime sfide del mondo moderno. Il solo accesso ad informazioni – pur cruciali – riguardanti ad esempio i comparti agricolo, selvicolturale, ambientale ed urbanistico non è sufficiente per affrontare la complessità di questa sfida. In questo lavoro si dimostra che se tutti questi dati sono inclusi in un sistema integrato come quello SS-GCI, allora è davvero possibile sostenere migliori decisioni e pratiche che conducono ad una mitigazione del consumo di suolo.

A questo proposito, l'applicazione web proposta – liberamente accessibile tramite un qualsiasi browser di internet e senza la necessità di installare alcun applicativo sul computer locale – vuole dimostrare che questo approccio è fattibile. Il sistema può essere utilizzato per qualunque area del territorio nazionale, seppur in una forma prototipale.

Inoltre può essere visto come uno strumento "democratico" per redigere report in grado di fotografare l'evoluzione dei processi di consumo di suolo e di degrado delle funzioni da esso svolte.

Nonostante i dati positivi di cui sopra, è anche necessario sottolineare che la costruzione, il mantenimento e l'aggiornamento dell'infrastruttura ha richiesto alcuni sforzi: (i) lo sforzo scientifico per trovare approcci più idonei e affidabili per ogni applicazione, (ii) lo sforzo per integrare diverse conoscenze e tecniche per sviluppare ed implementare applicazioni via web e (iii) lo sforzo tecnico per rendere pienamente operativi gli strumenti soprattutto in virtù di risposte erogate in tempo reale o quasi.

Riferimenti bibliografici

Artmann M. (2014), "Assessment of Soil Sealing Management Responses, Strategies, and Targets Toward Ecologically Sustainable Urban Land Use Management", *Ambio 43*, 530-541.

Barbero-Sierra C., Marques M., and Ruíz-Pérez M. (2013), "The case of urban sprawl in Spain as an active and irreversible driving force for desertification", *Journal of Arid Environments*, 90:95102.

Infrastrutture di trasporto: regole e progetti per risparmiare traffico, consumo di suolo e migliorare l'accessibilità urbana

di A. Donati

1. La politica dei trasporti separata dalla politica delle infrastrutture.

La politica dei trasporti e delle infrastrutture in Italia si è caratterizzata per essere slegata e dissociata da ogni politica di programmazione dell'uso del territorio e di espansione delle città ed aree metropolitane.

Cosi è stato nel dopoguerra con l'avvio dei Programmi per la realizzazione della rete autostradale, con il Piano Decennale per la Viabilità di Grande Comunicazione del 1992, con l'avvio del Piano di Alta Velocità Ferroviaria del 1990, con la lista di infrastrutture "strategiche di interesse nazionale" indotta dalla Legge Obiettivo per le grandi opere approvata nel 2001.

Certo non sono mancati i tentativi di riavvicinare le scelte in modo coerente sia nella programmazione locale che in quella nazionale, ma la logica delle "grandi opere", dei lavori pubblici, della lista di interventi ha trovato sempre il modo per restare separata, senza integrazione e coordinamento con il resto degli strumenti di pianificazione.

C'è stata la stagione innovativa dei Piani Urbani del Traffico, che a meta degli anni '90, ispirò tutte le principali città nell'adottare provvedimenti di regolazione del traffico privato, di rilancio del trasporto collettivo, di innovazione tecnologica e di servizio. Con il limite che si trattava di interventi comunali (e non di area vasta) e che non interveniva sugli investimenti: avrebbero dovuto essere i Piani Urbani della Mobilità (i P.U.M. sono stati indicati dalla legge 340/2000) a fare questo passo in avanti. Ma ad oggi manca il regolamento di attuazione e non si integra la pianificazione e spesa per gli investimenti nei trasporti né urbana né extraurbana.

Diversi comuni hanno adottato comunque i PUM, alcuni anche molto innovativi ma l'impossibilità di coordinare la spesa per gli investimenti e la difficoltà di" rincorrere" i PGR ed i Piani Territoriali vigenti, o le opere della legge Obiettivo ed i Piani di settore, lo rendono ad oggi purtroppo uno strumento poco incisivo. Mentre dovrebbe diventarlo, ancora di più oggi che sono state costituite le Città Metropolitane, che devono adottare piani strategici, riorganizzare i servizi di trasporto collettivo su scala vasta, definire la pianificazione territoriale, e quindi integrare le

diverse politiche di investimenti, servizi e pianificazione territoriale in modo integrato.

Nel 2001 venne approvato dal Governo di centrosinistra, elaborato dal Ministero dei Trasporti, dei Lavori Pubblici e dal Ministero per l'Ambiente il "Piano Generale dei Trasporti e della Logistica" che faceva uno sforzo reale di integrare le politiche degli investimenti con le politiche dell'offerta di servizi di trasporti, che coniugava le diverse politiche nazionali, regionali con le politiche di mobilità urbana. E che conteneva obiettivi di sostenibilità ambientale, e nuove idee per la liberalizzazione dei servizi, l'intermodalità per le merci ed i sistemi di trasporto intelligenti. Un piano certamente innovativo, che aveva certo le sue contraddizioni, ma che non è stato attuato anche a causa dell'adozione della Legge Obiettivo che ha sottratto nuovamente gli investimenti dalla politica dei trasporti.

Anche dall'Unione Europea sono venute idee innovative come disaccoppiare crescita e mobilità, la proposta di direttiva *eurovignette* sulla tassazione del traffico pesante su strada, la valutazione delle esternalità negative nei trasporti, il libro bianco sui trasporti e quello sulla mobilità urbana.

Strategie avanzate ma che spesso non sono diventate normative stringenti, in diversi casi sono ancora in corso di elaborazione, o che nel corso dell'approvazione sono diventati strumenti di indirizzo non vincolante e/o con scarse risorse disponibili. Allo stesso tempo non è mancata anche in Europa la centralità per le reti infrastrutturali con il grande ed esteso Piano di reti trans-europee TEN-T *(Trans-European Networks - Trasport)*, avviato nel 1997, anch'esso separato dagli altri interventi, proprio come accade in Italia. Infatti il Piano delle reti TEN-T presentato dalla Commissione Europea per il periodo 2014-2020 prevede investimenti per 50 miliardi di euro, punta in particolare sulle infrastrutture ferroviarie ed ha definito la lista prioritaria di ogni paese. Per l'Italia il Governo ha ottenuto e proposto all'interno delle reti TEN-T cinque grandi opere infrastrutturali. Ma resta l'incognita delle risorse effettivamente disponibili a livello europeo per realizzare le opere, quale sia la quota reale di cofinanziamento sui singoli progetti, ed a causa delle difficoltà economiche si è ipotizzato anche una riduzione a 31 miliardi circa di risorse per la realizzazione dei progetti nei prossimi anni. Anche il recente Piano Juncker della Commissione Europea del 2014 per investimenti complessivi nei diversi settori da 300 miliardi (di cui in realtà disponibili solo 21) prosegue su questa impostazione ed è simile alla legge Obiettivo italiana: si punta sulle grandi opere per far ripartire l'economia. E non a caso il governo italiano ha presentato in sede UE, per avere finanziamenti europei, una lista di grandi opere nei trasporti pari a 12 miliardi di euro, tra cui l'Autostrada Orte-Mestre.

2. I dati del consumo di suolo per le infrastrutture di trasporto

In concreto la separazione tra la politica dei trasporti dalle scelte sugli investimenti, la mancata integrazione tra politiche territoriali ed urbane dalla strategia per le infrastrutture, hanno favorito la programmazione di investimenti "indifferenti" al territorio ed impermeabili verso politiche con obiettivi di

sostenibilità. Questa distorsione ha prodotto anche altri effetti negativi, come il mancato rispetto degli obiettivi per la riduzione dei gas serra fissati dal protocollo di Kyoto e recepiti nella normativa italiana, e l'incapacità di assumere obiettivi di contenimento del consumo di suolo e di rigenerazione urbana, oramai diventati entrambi obiettivi essenziali di tutela. Secondo lo studio di ISPRA sul consumo di suolo in Italia[1] già oggi - secondo le prime stime sulla base dei dati disponibili - il peso complessivo delle infrastrutture di trasporto sul consumo di suolo è notevole, pari al 47% del totale, di cui il 28% dovuto a strade asfaltate e ferrovie ed il 19% è dovuto a strade sterrate ed infrastrutture di trasporto secondarie. Ed anche un altro 14% di suolo consumato è destinato a piazzali, parcheggi, aree di cantiere, aree estrattive e quindi una quota è certamente riferibile al sistema di trasporti italiano. Possiamo quindi dedurre che oltre il 50% del consumo di suolo in Italia è legato alle infrastrutture di trasporto e del resto questo è il risultato di decenni di strategia sulle infrastrutture che ha messo in secondo piano le città con le reti urbane ed ha puntato alla lista di opere pubbliche di "collegamento" da realizzare.

Va inoltre sottolineato come le infrastrutture siano il "segno" sul territorio non solo per connettere luoghi e spazi già edificati ma molto spesso le nuove reti rendono accessibile spazi agricoli e rurali, quindi consentendo l'edificazione di nuovi spazi sia a scopi residenziali, industriali, commerciali, poli ospedalieri, centri servizi, interporti, spazi sportivi. Quindi non vi è solo il consumo di suolo connesso alla realizzazione diretta di infrastrutture ma devono essere anche valutati gli effetti indotti a scopi insediativi delle nuove reti, a ridosso di svincoli, tangenziali, bretelle, stazioni, che rendono accessibili spazi che precedentemente non lo erano.

Attualmente si è riavviata alla Camera dei Deputati, la discussione sui Disegni di Legge per la limitazione del consumo di suolo, e questo è un primo passo verso una regolamentazione ed obiettivi di controllo condivisi per frenare l'espansione urbana. Il 20 gennaio 2015 è stato assunto dalle Commissioni riunite e Ambiente ed Agricoltura un testo base, sui cui si concentrerà il confronto e l'iter successivo[2]. Da una analisi del testo base emerge che gli obiettivi graduali di controllo del consumo di suolo si applicano "tranne che per i lavori e per le opere inseriti negli strumenti di programmazione delle amministrazioni aggiudicatrici di cui all'art.128 del Decreto legislativo n.163/2006, e nel programma di cui all'articolo 1 della legge 21 dicembre 2001 n. 443". In pratica si prevede che le opere previste nei Piani Triennali dei lavori pubblici e le opere inserite nella Legge Obiettivo non debbano rispettare le regole in materia di contenimento del consumo di suolo. Se il testo non verrà modificato renderà estremamente debole la norma, a conferma che le lista delle grandi opere riesce sempre a restare separata, in deroga dalle regole comuni.

[1] ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Il consumo di suolo in Italia. Edizione 2014. Rapporto 195/2014. www.isprambiente.gov.it Vedi al capitolo 3.4

[2] www camera.it

3. Le grandi opere strategiche "indifferenti" al territorio

Il Piano Generale dei Trasporti e della Logistica del 2001 venne rapidamente messo in un cassetto dal nuovo Governo di centrodestra che nel 2001 puntò sulla Legge Obiettivo e la lunga lista di grandi opere infrastrutturali da realizzare.

La Legge Obiettivo[3] ha indotto anche un salto di "qualità" nel programmare infrastrutture "indifferenti" al territorio perché ha invertito ogni logica decisionale: non più integrazione, non più infrastrutture che connettono, ma è la decisione sulla localizzazione della grande opera decisa in sede CIPE che costituisce "variante" al Piano Regolatore vigente. Come dire che è il territorio che si deve adattare all'infrastruttura. La conferenza dei servizi diventa istruttoria e quindi gli enti locali non decidono, solo la Regione interessata dal progetto deve assicurare una intesa sulla localizzazione dell'opera. La lista delle opere è proposta dal Governo ed inserita nell'Allegato Infrastrutture e presentato al parere del Parlamento usitatamente al Documento Economica e Finanziario che definisce le politiche del Governo del triennio. Un metodo di lavoro che non funzionato perché quando si scende ai progetti reali i conti non tornano: il territorio è cambiato, è molto più denso, pieno di esigenze e problemi, le città escluse da ogni decisione vogliono comunque e giustamente dire la loro, ed anche i conti economici non tornano più.

La legge Obiettivo - invocata nel 2001 come regime derogatorio per poche opere strategiche - ha visto invece una enorme lista di opere e poi nel corso del tempo sono stati inseriti nuovi progetti nella lista delle infrastrutture, o sono stati allungati ed ampliati quelli già presenti tra le opere strategiche.

Il risultato, secondo lo Studio del Centro Studi della Camera dei Deputati, Cresme ed Autorità Vigilanza lavori Pubblici[4], è una lunga lista di 403 grandi opere da 375 miliardi, di cui ben 178 miliardi/euro sono strade ed autostrade, 146 miliardi sono ferrovie e circa 24 miliardi sono metropolitane. Risorse pubbliche e private che non ci sono. Di questa lista, una parte di opere sta proseguendo la sua corsa con l'iter procedurale ed autorizzativo: si tratta di 199 opere per un valore di 140 miliardi approvati dal Cipe. Le opere ultimate al 31 dicembre 2013 risultano essere 43 ed il loro costo è pari a 9,4 miliardi. I lavori in corso delle 65 opere approvate è di circa 68 miliardi[5] mentre la restante parte è ancora alle prese con aspetti procedurali e ricerca di finanziamenti. Analizzando i diversi progetti, sono circa 2.200 km di nuova rete autostradale che si vorrebbe costruire ed ampliare con la Legge Obiettivo, insieme a circa 1.000 km di nuove tratte ferroviarie, comprendendo sia le tratte ad Alta velocità e sia il potenziamento e rettifiche delle reti esistenti. Autostrada Orte-Mestre, Pedemontana Lombarda, Pedemontana Veneta, Autostrada del-

[3] Legge 21 dicembre 2001 n.44. "Delega al Governo in materia di Infrastrutture e insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive" Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 299 del 27 dicembre 2001. Supplemento ordinario n. 279

[4] Rapporto sull'attuazione della Legge Obiettivo. Camera dei Deputati. VIII rapporto elaborato dal Centro Studi Camera, Cresme ed Autorità di Vigilanza sui lavori Pubblici. Febbraio 2013. www.camera.it

[5] Vedi nota 3

la Maremma, Alta Velocità Torino Lione e Terzo Valico AV Milano-Genova, Gronda di Genova e Passante Autostradale di Bologna, Tibre e Mantova Cremona, sono solo alcune delle infrastrutture strategiche previste dalla legge Obiettivo assai note e discusse, e la maggior parte già proposte ben prima ancora del 2001.

Per le nuove autostrade stiamo parlando degli stessi progetti di oltre 30 anni fa, che non tengono conto dei cambiamenti avvenuti negli insediamenti territoriali e nei comportamenti, non contengono innovazioni di progetto e di servizio all'utenza, a partire dai sistemi di trasporto Intelligenti.

Neanche le procedure semplificate di Valutazione di Impatto Ambientale hanno potuto migliorare più di tanto progetti obsoleti, mentre la Valutazione Ambientale Strategica su Piani e Programmi è divenuta obbligatoria con il recepimento italiano della Direttiva Europea 2001/42/CE avvenuta solo nel 2006 ed entrata in funzione nel luglio 2007. Ma il Ministero delle Infrastrutture e ed il Governo hanno spiegato e continuano a ripetere che essendo la lista delle opere già consolidata anteriormente al recepimento della Direttiva VAS non deve essere applicata alla Legge Obiettivo. Risulta evidente secondo questa impostazione, se si tiene conto che dentro la lista vi sono 403 opere, che in Italia non applicheremo mai la Valutazione Ambientale Strategica sui Piani di sviluppo delle infrastrutture di trasporto, l'unico strumento che potrebbe consentire una verifica pubblica sugli obiettivi di riduzione dei gas serra, sugli obiettivi di contenimento del consumo di suolo, con una adeguata analisi costi-benefici, come ha ben documento Maria Rosa Vittadini[6].

Un altro passo in avanti nel predominio dell'infrastruttura sul territorio è costituita dalla Legge n. 15 del 2008 della regione Lombardia[7], per le infrastrutture. All'articolo 10 si prevede che al concessionario di infrastrutture possano essere affidati anche interventi insediativi e territoriali nella fascia connessa con il tracciato dell'opera, al solo scopo di consentire al concessionario di ripagarsi l'opera che non regge con i soli ricavi da pedaggio (Cuda, 2013). Quindi avremo insediamenti mai pianificati con il solo scopo di fare "cassa" magari per realizzare infrastrutture sbagliate ed obsolete. Una politica per le grandi opere che persiste, anche con il recente Decreto[8] "Sblocca Italia" del Governo Renzi, dove ci sono molte autostrade, qualche ferrovia, poche reti tramviarie e metropolitane. La solita lunga lista di grandi opere che vengono direttamente dal passato a base di asfalto, cemento, petrolio e consumo di suolo. La norma prevede la possibilità di prorogare la scadenza delle concessioni autostradali per realizzare gli investimenti: anche in questo caso sono le concessionarie a decidere anche le scelte infrastrutturali e territoriali del nostro Paese (Ragazzi, 2008), con la loro capacità di incassare risorse e condizionare le scelte politiche.

[6] Maria Rosa Vittadini, Decisioni senza Piano: male oscuro dei trasporti Italiani. Intervento pubblicato sul sito www.eddyburg.it

[7] Regione Lombardia. Legge n.15 del 26 maggio 2008. Infrastrutture di interesse concorrente statale e regionale. Pubblicata sul BURL del 30 maggio 2008 n. 22.

[8] Legge 11 novembre 2014 n.164. Conversione con modificazioni, del decreto legge 11/9/2014 n. 133. Pubblicato sulla G.U. n.262 dell'11/11/2014.

4. Crescono le percorrenze e cambia la domanda di trasporto

La definizione di progetti infrastrutturali vecchi ed obsoleti deriva anche dal confronto con i cambiamenti intervenuti nella domanda di mobilità negli ultimi 30 anni. Domanda che è cresciuta costantemente con il cambiare dei comportamenti e del lavoro, determinata dall'espansione urbana fuori dalle grandi città, alimentata dalla rigidità della casa in proprietà e dall'assenza di un mercato accessibile dell'affitto. Lo stesso uso delle autostrade esistenti nate per la grande distanza si è modificato, servendo un traffico sempre più locale e breve di pendolarismo quotidiano. Un analogo ragionamento è possibile fare per il trasporto delle merci, con l'espansione della fabbrica diffusa e decentrata, con la chiusura o trasformazione dei grandi poli industriali, con la realizzazione di centri commerciali e di sistemi di distribuzione sempre più intensi e basati sul "*just in time*", dove ormai le nostre strade ed autostrade sono il vero magazzino delle imprese di produzione, distribuzione e commercializzazione. Sono gli stessi numeri che lo dimostrano, come fa lo studio curato dall'ing. Andrea De Bernardi per il WWF "Metropoli tranquille" (WWF, 2006) che analizza le modifiche strutturali della domanda di trasporto nel Nord Italia e fornisce risposte innovative ai problemi che vengono posti. Lo studio documenta l'incremento delle percorrenze nell'Italia settentrionale passate dai circa 8.500 km del 1980 agli oltre 16.000 km del 2000. Di questi km che ogni anno in media ogni cittadino percorre ben 14.000 sono in automobile e sono cresciuti non tanto il numero degli spostamenti quanto piuttosto la percorrenza media di ogni percorso. Analogo ragionamento vale per il trasporto delle merci.

Negli ultimi vent'anni l'aumento delle percorrenze espressa come tkm trasportate ogni anno per ciascun residente dell'Italia settentrionali, è costantemente cresciuta, passando dalle circa 4.500 tkm/ab/anno del 1980, alle quasi 8.000 tkm/ab/anno del 2000. Da sottolineare che nello stesso periodo la quantità di merce trasportata è cresciuta del 20%, mentre l'incremento delle percorrenze è cresciuto più del triplo. Quindi l'incremento delle percorrenze passeggeri in vent'anni è stato praticamente del 100% mentre quello delle merci di oltre il 70% in più mentre il valore aggiunto determinato dal Pil è stato nello stesso periodo del 40% nel Nord Italia. Se ne conclude che c'è un incremento costante dell'intensità di trasporto che supera largamente quello del valore aggiunto, che richiede sempre più chilometri, sempre più energia, sempre più costi ambientali e territoriali, per produrre, lavorare e vivere. Inoltre l'aumento delle percorrenze cresce (in genere tre-quattro volte) di più del numero degli spostamenti sia per la domanda di mobilità dei passeggeri che delle merci. Questo è sicuramente il risultato delle trasformazioni urbane e produttive, dell'espansione urbana e dell'edilizia a bassa densità, delle innovazioni logistiche ed il frazionamento delle fasi di fabbricazione dei beni di consumo, è l'effetto dello "*sprawl*" urbano e della città dispersa, dello "stravaccamento" di edilizia e capannoni, che oltre ad aumentare a dismisura il consumo di suolo, aumenta e fa crescere la domanda di mobilità. Certo, negli ultimi anni a causa della crisi, anche il traffico ne ha risentito, con una riduzione degli spostamenti: secondo i dati

di Isfort[9] un cittadino su quattro (25%) non si è spostato (nel 2001 era il 18%), calano il numero di viaggi ma la tendenza all'incremento delle percorrenze prosegue e viene sempre messo in relazione alle dinamiche territoriali ed insediative. Questa tendenza ad una frenata nella crescita del traffico è emersa con chiarezza dopo l'inaugurazione nel 2014 dell'Autostrada BreBeMi, che ha livelli di traffico assai bassi e decisamente inferiori rispetto alle previsioni del Piano Economico e Finanziario. Anche queste tendenze in atto dovrebbero indurre una riflessione adeguata sul futuro per queste infrastrutture.

4.1. Il pendolarismo è cresciuto sulle autostrade, anche per la scarsità di servizi ferroviari

Questa domanda di mobilità crescente e locale ha modificato anche l'uso delle autostrade, come dimostrano gli stessi dati della società Autostrade per l'Italia[10].

Lo studio riferito all'anno 2007 documenta che sulla rete autostradale il percorso medio è stato di 75 km per i veicoli leggeri (le automobili) e di 99,7 km per quello pesante (le merci). Ma queste sono le medie ed andando ad analizzare in profondità le percorrenze emerge che il 60,3 degli spostamenti leggeri ed il 48,1% di quelli pesanti avvengono su tragitti inferiori ai 50 km. Inoltre tra le due componenti, rispettivamente, oltre 1/3 dei veicoli leggeri e circa 1/4 di quelli pesanti non superano i 25 km. Ed a conferma di questo si indicano gli spostamenti oltre i 300 km rappresentano meno del 4% dei transiti leggeri e poco più del 6% di quelli pesanti. Nello studio inoltre si afferma che le brevi distanze dei veicoli leggeri avvengono soprattutto intorno alle aree urbane, che insieme alla costanza del fenomeno, confermano il carattere di pendolarità nell'uso delle autostrade.

Una indagine mirata sui Pendolari d'Italia[11] elaborata dal Censis, documenta l'esplosione del fenomeno pendolarismo negli ultimi anni, legata sopratutto ai "processi di diffusione abitativa che hanno cambiato profondamente le concentrazioni in molte aree del Paese". Sono circa 13 milioni i pendolari in Italia e nel periodo dal 2001 al 2007 sono cresciuti del 35,8% (si tratta di quasi 3,5 milioni di persone in più in soli sette anni. I pendolari sono soprattutto impiegati ed insegnanti (43%), studenti (23%) ed operai (17,5%). Nel *commuting* quotidiano predomina l'auto privata, usata dal 72,2% dei pendolari, autobus e corriere si attestano al 13,4% mentre il treno assorbe appena il 7,6%. Complessivamente dal 1991 al 2001 emerge un calo della quota di mercato assorbita dai mezzi pubblici (-2,3% del treno e -3,2% dell'autobus) mentre aumenta la quota che utilizza l'automobile (+8,6%). Altro dato significativo che emerge dallo studio sui pendolari è la risposta relativa all'offerta di trasporti ferroviari: ben il 46% degli intervistati non usa il

[9] www.isfort.it

[10] Le percorrenze sulla rete Autostrade per l'Italia. Studio che analizza i comportamenti di viaggio in autostrada, anno 2007. A cura di Autostrade per l'Italia. (maggio 2008).

[11] Censis-Ministero dei Trasporti. Pendolari d'Italia. Scenari e strategie. Edizioni Franco Angeli, 2008.

treno perché " non ci sono treni per gli spostamenti che devo effettuare". Se ne deduce che è l'offerta di trasporto ferroviario e collettivo che è carente ed inadeguata ad una domanda di tipo metropolitano e diffusa sul territorio (Tocci *et al*., 2008), nonostante che sia un segmento di trasporto in crescita. Lo stesso studio Censis sottolinea la distanza tra la dotazione di linee ferroviarie suburbane delle principali conurbazioni europee rispetto all'Italia: oltre 3000 km di rete a Berlino, 1.500 km a Francoforte, 1.400 km a Parigi, a fronte dei 188 km di Roma, dei 180 km di Milano, i 117 di Torino, i 67 km di Napoli. In Italia c'è molto da fare, per usare meglio le reti che abbiamo, per aprire la rete con nuove stazioni e fermate, per integrare le diverse modalità di trasporto (orari, tariffe, parcheggi), per realizzare nuove reti verso poli da servire (purtroppo in genere a bassa densità), comprando 1000 treni per i pendolari da usare anche sulle linee storiche liberate dalla nuova rete ad Alta Velocità. Invece come ha documentato Legambiente nel suo rapporto "Pendolaria 2014" si sono tagliate le risorse per i servizi dai 6 miliardi del 2010 ai 4.9 miliardi del 2014[12]

5. Il caso Lombardia: nuove autostrade e consumo di suolo

Un caso emblematico è la regione Lombardia, dove sono previsti tra progetti nazionali e concessioni regionali ben 8 interventi per nuove infrastrutture autostradali per un totale di 635,8 km. (solo in un caso si tratta di una superstrada). Stiamo parlando della Brebemi (62 km), della TEM con raccordo connesso e nuove varianti (74,8 km), dell'Autostrada della Valtrompia (35 km), della Mantova- Cremona (km 70), del Tibre Parma-Verona (85 km), del potenziamento della SS.38 e collegamenti (85 km), della Pedemontana Lombarda (157 km), della Broni-Mortara (67 km). A fronte di questo potenziamento autostradale è in campo il progetto di Alta Velocità Treviglio-Brescia-Verona, la risistemazione della gronda ferroviaria nord Novara-Brescia, il sistema di raccordo ed accesso con il sistema del Gottardo e del Loetschberg. Merita attenzione critica anche il progetto Alta velocità che se verrà confermato un tracciato esterno alle città con nuove stazioni posizionate a sud, come nel caso di Brescia nella zona di Montichiari, indurrà un elevato consumo di suolo e non costituirà una soluzione per il trasporto ferroviario, che serve prevalentemente il trasporto pendolare locale. Anche in questo caso con la TAV Milano-Verona si replica la struttura autostradale nei progetti ferroviari.

Non si sceglie il riequilibrio modale e si punta a realizzare maggiori e nuove infrastrutture a sostegno del traffico motorizzato. Facciamo qualche rapido calcolo di quanto consumo di suolo questo determini. Calcolando un fascio infrastrutturale di 30 metri (prudente) moltiplicato per 635,8 km di nuova rete, si ottengono 19.074.000 m^2 di costruito. Se aggiungiamo che per ogni km di nuova rete si debbono ristrutturare 400 mt di viabilità locale, ci sono caselli e raccordi da costruire, si può prudentemente stimare un incremento del 40% di suolo da utilizzare.

[12] Legambiente. Rapporto Pendolaria 2014. La situazione e gli scenari del trasporto ferroviario pendolare in Italia. Dicembre 2014

Il totale diventa dunque di 26.703.600 m^2 di territorio da consumare, pari quindi a 2.670,3 ettari di suolo agricolo da occupare solo per le nuove autostrade che si vogliono costruire in Lombardia.Ma a questi dati vanno aggiunti gli spazi interclusi, il degrado al contorno del territorio agricolo, l'induzione di nuove aree insediative, commerciali, industriali, logistiche, a ridosso dei caselli e lungo le autostrade (anche come prevede la nuova Legge 15 della regione Lombardia) che diventano rapidamente accessibili e cementificabili. Questo è dunque il modello che attende la regione Lombardia ed in genere l'Italia: non solo dobbiamo quindi censurare l'esasperato consumo di suolo già avvenuto in questo ultimo decennio ma intervenire per evitare l'aggravarsi della cementificazione. Peraltro considerando anche il parametro emissioni di CO_2, che vede in Italia ben il 26% delle emissioni derivare dai trasporti (nel 1990 erano il 21%), realizzare oltre 600 km di nuove autostrade solo in Lombardia (e tante altre sono previste nel resto d'Italia) aiuterà la crescita delle emissioni e non la sua riduzione come ci siamo impegnati a fare con il protocollo di Kyoto. Partendo da queste valutazioni sulla Regione Lombardia ed estendole a tutto il territorio italiano, è semplice dedurre come l'attuale programmazione delle infrastrutture indurrà l'incremento del consumo di suolo e delle emissioni di gas serra, che sarebbe utile al fine di assumere decisioni pesare sul piano quantitativo con una ricerca specifica ed accurata.

6. Regole e progetti per risparmiare consumo di suolo e traffico motorizzato

Dalle analisi e dalle considerazioni che sono state svolte è possibile avanzare qualche soluzione per nuove regole e progetti innovativi da adottare per risparmiare suolo e traffico motorizzato.

Applicare la Valutazione Ambientale Strategica ai piani esistenti, inclusa la lista delle opere in attuazione della legge obiettivo, ed a scala adeguata, per verificare la coerenza e la sostenibilità dei diversi piani infrastrutturali stradali, autostradali e ferroviari, aeroportuali, logistici elaborati, con l'obiettivo di verificare il rispetto degli obiettivi di riduzione dei gas serra, di contenimento del consumo di suolo, il riequilibrio modale e l'accessibilità delle aree urbane.

a) Approvare un provvedimento normativo per contenere il consumo di suolo e per il riuso del suolo edificato, capace di intervenire senza esclusione o deroghe, sulla pianificazione, piani e progetti, con una verifica complessiva degli investimenti infrastrutturali previsti.
b) Regolamentare i Piani Urbani della Mobilità, integrandoli in modo coerente con la pianificazioni urbanistica e territoriale, capaci di diventare strumenti stringenti per decidere la spesa per investimenti nelle reti e nei servizi di trasporto di area vasta e delle nuove Città Metropolitane.
c) Adeguare gli strumenti di pianificazione con una riforma della Legge Urbanistica che integri l'uso sostenibile del territorio con le reti infrastrutturali , di connessione con l'area vasta e le città metropolitane, di collegamento con le altre città e capoluoghi.

d) Sostenere gli investimenti per le reti tranviarie, metropolitane e l'uso metropolitano delle ferrovie nelle città; incrementare le risorse per gli investimenti ferroviari puntando ad un maggiore uso metropolitano e regionale, adeguando la rete alle trasformazioni territoriali, con l'apertura di nuove fermate e stazioni, con servizi cadenzati. Fondamentale per aumentare l'offerta di servizi è l'acquisto dei treni per i pendolari.
e) Migliorare la rete stradale con l'adeguamento ed il potenziamento delle infrastrutture e quindi rinunciare o riconvertire gli obsoleti progetti autostradali[13]. Nuove reti intelligenti da progettare con criteri innovativi, utilizzando sedimi esistenti, segni persistenti e puntando al risparmio di suolo, con sistemi di esazioni aperti (niente caselli e complanari), capaci di integrazione (e non concorrenza) con le reti ferroviarie e con i nodi di scambio ed accesso di area metropolitana.
f) Innovazione di servizio nell'offerta di mobilità ai cittadini. Tra l'auto privata e le reti di trasporto collettivo, c'è uno spazio intermedio di offerta di servizi di mobilità da pensare ed attuare. *Mobility manager, bike sharing, il carsharing* (che di recente ha avuto uno sviluppo notevole a Milano e Roma). Bisogna studiare un'offerta mirata per la mobilità nel tempo libero, gli spostamenti degli scolari, servizi integrati con il treno, si pongono nuove richieste per la mobilità degli anziani da soddisfare.
g) Finanziare ed incentivare la ricerca nel campo dei trasporti. Logistica, intermodalità, innovazione tecnologica, telematica applicata al traffico, riorganizzazione dei sistemi di produzione e distribuzione delle merci per risparmiare traffico, carburanti, veicoli puliti, innovazione di servizio, veicoli innovativi nel campo dei trasporti collettivi, sono soltanto alcuni dei principali segmenti che hanno bisogno di ricerche e progetti mirati.
h) Risparmiare traffico deve diventare un obiettivo strategico, puntando ad eliminare inutili chilometri percorsi ogni giorno da merci e cittadini. In questo senso per esempio vanno tutte le esperienze in corso nonché le proposte di legge per il "Kilometro zero", per incentivare la produzione, commercializzazione e consumo di prodotto alimentari locali freschi a livello locale. In questo modo si punta a produzioni di qualità e stagionali, si accorcia la filiera agroalimentare (con benefici anche economici per agricoltori e consumatori), e si risparmia traffico motorizzato[14]. Analoga attenzione deve essere posta sui carichi a vuoto delle merci ed alle potenzialità della "rivoluzione digitale" per risparmiare inutili spostamenti di persone e merci.

[13] A titolo di esempio è il caso della alternativa alla Brebemi, progettata dall'ing. Debernardi; al progetto di superstrada Pedemontana Veneta, reimpostato dalla prof.ssa Maria Rosa Vittadini.

[14] Food Miles è una espressione usata nei paesi anglosassoni per calcolare l'impatto ambientale del cibo che mangiamo ogni giorno, basato sul chilometraggio dei prodotti - ovvero i chilometri percorsi dal prodotto per arrivare sui nostri piatti. Su www.organiclinker.com un portale britannico, esiste un comodo calcolatore grazie al quale è possibile sapere quanta anidride carbonica è stata generata dai prodotti per arrivare in Gran Bretagna.

Riferimenti bibliografici

Cuda R (2013), *Strade senza Uscita, Banche, costruttori e politici. Le nuove autostrade al centro di un colossale spreco di denaro pubblico*, Edizioni Castelvecchi.

Ragazzi G. (2008), I Signori delle autostrade, Edizioni Il Mulino.

Tocci W., Insolera I., Morandi D. (2008), *Avanti c'è posto. Storie e progetti del trasporto pubblico a Roma*, Donzelli Editore 2008.

WWF Italia, a cura di (2006), Andrea Debernardi, *Metropoli tranquille, una politica dei trasporti ragionevole per il Nord Italia*, Edizione febbraio 2006.

Il consumo di suolo come perdita di superficie infiltrabile e di valore produttivo nel Veneto

di I. Vinci[*], S. Obber[*], F. Ragazzi[*], P. Giandon[*], F. Pocaterra[*] e P. Zamarchi[*]

Riassunto

L'impermeabilizzazione del suolo è una grave minaccia per la regione Veneto che risulta una delle regioni a maggior tasso di perdita di suolo. In base alla cartografia pedologica in scala 1.250.000 e 50.000 disponibile presso il Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche di ARPAV e a diverse basi cartografiche di copertura del suolo disponibili a livello regionale, nazionale ed europeo è stata analizzata la perdita di suolo del Veneto nel periodo 1990-2012, non solo in termini quantitativi ma anche in termini qualitativi, come perdita di valore produttivo (secondo l'indice di capacità d'uso dei suoli) e diminuzione di capacità di ritenzione idrica dei terreni, in base alle caratteristiche idrologiche dei suoli impermeabilizzati. Il consumo del suolo regionale, che risulta aver superato il 10% del territorio negli ultimi anni, è andato a incidere in buona parte sui suoli più produttivi e ha ridotto la capacità del suolo di immagazzinare l'acqua piovana con un valore stimato di 42 milioni di m^3 di acqua in meno negli ultimi 20 anni.

Parole chiave: consumo di suolo, capacità d'uso dei suoli, permeabilità del suolo, riserva idrica del suolo.

Summary

Soil sealing is a main threat for the Veneto region, that is one of the regions in Italy with the highest soil sealing rate. Using data from 1:250,000 and 1:50,000 scale map, available at the Soil Observatory of the Regional Environmental Agency, and data from different land covers available at regional, National and European level, soil sealing has been assessed for the Veneto region in the years 1990-2012, not only in terms of quantity, but also in qualitative terms. The productive value of soil lost has been assessed (following the Land Capability Classifica-

[*] Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto ARPAV, *ivinci@arpa.veneto.it, sobber@arpa.veneto.it, pgiandon@arpa.veneto.it*

tion) and the decrease of water storage capacity as well, according to hydrological characteristics of soils that have been sealed. Soil sealing in the Veneto region, that in the last years has exceeded 10% of the whole regional territory, has affected the more productive soils and has reduced the capacity of the soil to store rainwater for an estimated value of 42 million m^3 water in the last 20 years.

Key words: soil sealing, land capability, soil permeability, available water capacity.

1. Introduzione

L'impermeabilizzazione dei suoli è stata individuata come una grave minaccia nella Comunicazione per la protezione del suolo della Commissione Europea del 2006. In seguito alla maggior frequenza di fenomeni meteorologici intensi, i devastanti effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli risultano sempre più evidenti.

Attraverso la conoscenza dei suoli della regione Veneto, acquisita in vent'anni di rilevamento e organizzata in una base dati disponibile presso il Servizio Osservatorio Suolo e Bonifiche dell'ARPAV, è possibile dare una valutazione dell'impatto del consumo di suolo sulla qualità dei suoli, verificatosi negli anni 1990-2012.

Nel presente lavoro, le caratteristiche dei suoli consumati sono state definite innanzitutto in termini di perdita di valore produttivo, utilizzando l'indice di capacità d'uso dei suoli a fini agro-forestali.

Per **capacità d'uso dei suoli** (*Land Capability Classification* - LCC) si intende la potenzialità del suolo a ospitare e favorire l'accrescimento di piante coltivate e spontanee (Giordano, 1999). I suoli sono classificati, in funzione di proprietà che ne consentono, con diversi gradi di limitazione, l'utilizzazione in campo agricolo o forestale, valutando la capacità di produrre biomassa, la possibilità di riferirsi a un largo spettro colturale e il ridotto rischio di degradazione del suolo (tab. 1).

Il metodo di valutazione è stato definito nell'ambito di un gruppo di lavoro interregionale e adattato alla realtà del Veneto, utilizzando quale riferimento di base la proposta del *Soil Conservation Service* USDA (Klingebiel e Montgomery, 1961). Seguendo questa classificazione i suoli vengono attribuiti a otto classi, indicate con i numeri romani da I a VIII, che presentano limitazioni crescenti in funzione delle diverse utilizzazioni (tab. 2).

Per l'attribuzione alla classe di capacità d'uso, si considerano 13 caratteri limitanti relativi al suolo, alle condizioni idriche, al rischio di erosione e al clima. La classe viene individuata in base al fattore più limitante. La classe I non ha sottoclassi in quanto indica suoli che presentano poche o deboli limitazioni nei riguardi dei principali utilizzi.

Altre caratteristiche importanti per la valutazione qualitativa dei suoli consumati sono le caratteristiche idrologiche, valutate nel presente lavoro in termini di permeabilità e di riserva idrica dei suoli.

Tab. 1 – La valutazione dei suoli in base alla loro capacità d'uso. Fonte: Giordano, 1999.

CLASSE	*DESCRIZIONE*
I	I suoli hanno poche limitazioni che ne restringono il loro uso.
II	I suoli hanno limitazioni moderate che riducono la scelta delle colture oppure richiedono moderate pratiche di conservazione.
III	I suoli hanno limitazioni severe che riducono la scelta delle colture oppure richiedono particolari pratiche di conservazione, o ambedue.
IV	I suoli hanno limitazioni molto severe che restringono la scelta delle colture oppure richiedono una gestione particolarmente accurata, o ambedue.
V	I suoli presentano rischio di erosione scarso o nullo (pianeggianti), ma hanno altre limitazioni che non possono essere rimosse (es. inondazioni frequenti), che limitano il loro uso principalmente a pascolo, prato-pascolo, bosco o a nutrimento e ricovero della fauna locale.
VI	I suoli hanno limitazioni severe che li rendono per lo più inadatti alle coltivazioni e ne limitano il loro uso principalmente a pascolo, prato-pascolo, bosco o a nutrimento e ricovero della fauna locale.
VII	I suoli hanno limitazioni molto severe che li rendono inadatti alle coltivazioni e che ne restringono l'uso per lo più al pascolo, al bosco o alla vita della fauna locale.
VIII	I suoli (o aree miste) hanno limitazioni che precludono il loro uso per produzione di piante commerciali; il loro uso è ristretto alla ricreazione, alla vita della fauna locale, a invasi idrici o a scopi estetici.

La **permeabilità** (o conducibilità idraulica satura) è una proprietà del suolo che esprime la capacità di essere attraversato dall'acqua. Si riferisce alla velocità del flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo, in direzione verticale, in funzione della distribuzione e delle dimensioni dei pori e della presenza di vuoti planari (fessure e spazi tra gli aggregati). La permeabilità è un importante carattere del suolo in quanto rappresenta il principale fattore di regolazione dei flussi idrici: suoli molto permeabili sono attraversati rapidamente dall'acqua di percolazione e da eventuali soluti (nutrienti e inquinanti) che possono così raggiungere facilmente le acque di falda, viceversa suoli poco permeabili sono soggetti a fenomeni di scorrimento superficiale e favoriscono lo sversamento dei soluti verso le acque superficiali.

In base alla velocità del flusso dell'acqua attraverso il suolo saturo (Ksat), vengono distinte 6 classi di permeabilità (Soil Survey Division Staff USDA, 1993), riportate nella tabella 3. La permeabilità di un suolo è una caratteristica la cui misurazione è difficile e molto dispendiosa. Per questo motivo è un carattere che viene spesso stimato in campagna, sulla base di granulometria, struttura, consistenza, porosità e presenza di figure pedogenetiche.

Tab. 2 – Schema interpretativo utilizzato per la valutazione della capacità d'uso dei suoli.

CLASSE	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*sottoclasse*
Profondità utile alle radici (cm)	>100	>75	>50	>25	>25	>25	≥10	<10	s1
Lavorabilità	facile	moderata	difficile	molto difficile	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	s2
Pietrosità superficia-	<0,1	0,1-1	1-4	4-15	≤15	15-50	15-50	>50	s3

CLASSE	*I*	*II*	*III*	*IV*	*V*	*VI*	*VII*	*VIII*	*sottoclasse*
le>7cm (%)									
Rocciosità (%)	assente	assente	<2	2-10	≤10	<25	25-50	>50	s4
Fertilità chimica	buona	parz. buona	moderata	bassa	da buona a bassa	da buona a bassa	molto bassa	qualsiasi	s5
Salinità	non salino (primi 100 cm)	leg-germ. salino (primi 50cm) e/o moderat. salino (tra 50 e 100 cm)	moderat. salino (0-50cm) e/o molto salino o estrem. salino (50-100 cm)	molto salino o estrem. salino (0-100cm)	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	s6
Drenaggio	buono, mod. rapido, rapido	medio-cre	lento	molto lento	da rapido a molto lento	da rapido a molto lento	da rapido a molto lento	impedito	w7
Rischio di inondazione	nessuno	raro e <=2gg	raro e da 2 a 7gg o occasionale e <=2gg	occasionale e >2gg	frequente e/o golene aperte	qualsiasi	qualsiasi	qualsiasi	w8
Pendenza (%)	<10	<10	<35	<35	<10	<70	>70	qualsiasi	e9
Rischio di franosità	assente	basso	basso	moderato	assente	elevato	molto elevato	qualsiasi	e10
Rischio di erosione	assente	basso	moderato	alto	assente	molto alto	qualsiasi	qualsiasi	e11
Rischio di deficit idrico	assente	lieve	moderato	da forte a molto forte (con irrigazione)	da assente a molto forte (con irrigazione)	da forte a molto forte (senza irrigazione)	qualsiasi	qualsiasi	c12
Interferenza climatica	nessuna o molto lieve	lieve	moderata (200-800 m)	da nessuna a moderata	da nessuna a moderata	forte (800-1600 m)	molto forte (>1600 m)	qualsiasi	c13

Tab. 3 – Classi di permeabilità e relativi valori di conducibilità idraulica satura (Ksat).

	Classe	*Ksat (μm/s)*	*Ksat (mm/h)*
1	Molto bassa	<0,01	<0,036
2	Bassa	0,01-0,1	0,036-0,36
3	Moderatamente bassa	0,1-1	0,36-3,6
4	Moderatamente alta	1-10	3,6-36
5	Alta	10-100	36-360
6	Molto alta	>100	>360

Per avere stime più affidabili è possibile ricorrere a pedofunzioni di trasferimento (Pedo Transfer Functions - PTF) che consentono di derivare una stima della Ksat da altre caratteristiche del suolo rilevate routinariamente, come la tessitura, il contenuto in carbonio organico e, a volte, la densità apparente. In Veneto sono state elaborate delle pedofunzioni (Calzolari e Ungaro, 2002; Calzolari *et al*., 2004; Ungaro, 2006) a partire da misure di conducibilità idrica satura (Ksat) relative a 73 orizzonti di 27 profili (per lo più campionati e misurati in triplo). Per la valutazione della permeabilità ci si è avvalsi quindi della PTF del CNR per i suoli con caratteristiche simili a quelle delle misure mentre per gli altri suoli è stata utilizzata una PTF elaborata per il Soil Conservation Service USDA da Brakensiek *et al.* (1984).

Ad ogni tipologia di suolo è stata attribuita una classe di permeabilità (da 1 a 6), considerando la permeabilità dell'orizzonte meno permeabile entro 150 cm. La classe di permeabilità attribuita a ciascuna tipologia di suolo è stata estesa alle unità cartografiche attraverso la media ponderata in base alla frequenza di presenza di ciascun suolo.

La **riserva idrica dei suoli** o capacità d'acqua disponibile (indicata solitamente con la sigla AWC da Available Water Capacity) è un importante parametro utilizzato nel calcolo del bilancio idrico del suolo, soprattutto a fini irrigui, e rappresenta il quantitativo d'acqua utilizzabile dalle piante, presente all'interno del suolo. Si determina come differenza tra la quantità d'acqua presente alla capacità di campo e quella al punto di appassimento permanente. La capacità di campo è la massima quantità d'acqua che può essere trattenuta una volta che sia stata eliminata l'acqua gravitazionale, viene raggiunta al termine della fase di drenaggio rapido dopo che il suolo è stato saturato. Il punto di appassimento corrisponde alla quantità di acqua che rimane nel suolo nella situazione in cui le piante non riescono più ad assorbirla e appassiscono quindi in modo irreversibile. L'AWC dipende dalle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo e viene calcolata per l'intera profondità del suolo sommando i valori determinati nei singoli orizzonti. Per la valutazione del contenuto idrico alla capacità di campo e al punto di appassimento (poi utilizzati per calcolare l'AWC per differenza) sono state utilizzate delle pedofunzioni di trasferimento (PTF), sviluppate dal CNR-IRPI sezione di Firenze nel corso del progetto SINA (Calzolari *et al*., 2001; Ungaro *et al*. 2005). Per ciascun tipo di suolo è stata calcolata l'AWC espressa in mm, per una sezione di suolo di 150 cm o pari alla profondità della roccia se inferiore. L'estensione cartografica è stata ottenuta mediando il valore dell'AWC delle tipologie di suolo in base alla percentuale di presenza all'interno dell'unità cartografica.

2. Materiali e metodi

2.1. La copertura del suolo

Le informazioni disponibili per la regione Veneto relative al consumo di suolo sono diverse e a diverse scale di dettaglio. Alcune disponibili a livello europeo, *Corine Land Cover* e Copernicus, altre a livello nazionale, la rete di monitoraggio del consumo di suolo di ISPRA, e una sola fonte a livello regionale, la carta della copertura del suolo del Veneto.

Il *Corine Land Cover* (EEA, 2000) è disponibile per gli anni 1990, 2000, 2006 e 2012, con unità minima cartografata di 25 ha, a partire da dati satellitari con risoluzione dai 25 ai 50 m.

Il programma Copernicus (EEA, 2013) che fornisce, per gli anni 2006, 2009 e 2012, 5 strati ad alta risoluzione relativi all'impermeabilizzazione del suolo e alle aree edificate, alle foreste, ai prati pascoli, alle aree umide e ai corpi idrici. Questi strati sono in formato *raster* con un pixel di 20m, quindi con una risoluzione notevolmente superiore al *Corine Land Cover*. La rete di monitoraggio del consumo di

suolo di ISPRA (Munafò e Tombolini, 2014) è stata sviluppata a partire dal 2005 da ISPRA e dalla rete di agenzie ARPA-APPA per cercare di colmare le lacune informative e di omogeneità delle diverse fonti disponibili. Il sistema ricostruisce l'andamento del consumo di suolo in Italia a partire da un'indagine campionaria su una rete di punti (8.405 punti per il Veneto).

La Carta della Copertura del Suolo del Veneto (CCSV- Regione Veneto, 2009), pubblicata nel 2009, ma basata su dati 2006-2007, in scala 1:10.000, a partire da immagini satellitari con risoluzione dai 2,5 ai 10m, con verifiche e revisioni eseguite su ortofoto. Questa carta è stata realizzata integrando i dati del programma Copernicus *Land-Urban Atlas* (EEA, 2011, 2013).

Il primo passaggio del presente lavoro è stato la valutazione di quali fossero le informazioni sulla copertura del suolo più adatte da utilizzare per definire al meglio le caratteristiche dei suoli persi, a causa del consumo di suolo avvenuto nelle ultime decadi. Ognuna delle fonti disponibili presentava alcuni aspetti favorevoli, ma anche alcuni aspetti problematici. Tra le varie fonti ci sono notevoli differenze di risoluzione, di metodologia cartografica e, in alcuni casi, anche di legenda nelle diverse voci legate all'urbanizzazione e all'impermeabilizzazione. Per questi motivi, il primo principio seguito è stato quello di non valutare la variazione di consumo di suolo nei diversi anni, utilizzando carte diverse ma di mantenere le analisi separate per ogni tipo di fonte. Il *Corine Land Cover* è una base informativa conosciuta e consolidata ed è disponibile per quattro annate diverse. L'aspetto problematico è rappresentato dalla bassa risoluzione per cui vengono considerati solo i maggiori cambiamenti di copertura, trascurando una buona parte della dispersione sul territorio di infrastrutture e di insediamenti e sottostimando notevolmente, le aree artificiali (Munafò e Tombolini, 2014; Munafò *et al.*, 2010b; Romano e Zullo, 2013). La sottostima risulta particolarmente pesante in Veneto, dove il modello di urbanizzazione prevalente è propriamente quello della "città diffusa". Le superfici coinvolte dall'impermeabilizzazione sono molto estese, trattandosi della regione italiana (assieme alla Lombardia) dove il suolo consumato nel 2012 supera la soglia del 10% (Munafò e Tombolini, 2014). Un altro aspetto da sottolineare è la variazione nella classificazione di alcune superfici, a volte migliorativa e altre peggiorativa, nella carta del 2012 che non la rende perfettamente confrontabile con quelle degli anni precedenti. A titolo di esempio, si riporta che nel CLC 2012 rispetto al CLC 2000, 216 poligoni sono passati da codici "100" (superfici artificiali) ad altri codici per un totale di 1.824 ha, di cui 980 ha sono passati da "urbano" a "sistemi agricoli complessi", venendo quindi esclusi dal computo delle superfici consumate tra il 2000 e il 2012 e accentuando quindi la sottostima del tasso di consumo di suolo. Si tratta infatti di superfici ad urbanizzazione diffusa, coinvolte a pieno titolo nel consumo del territorio.

Il programma Copernicus, ha una risoluzione dettagliata ma presenta la criticità di considerare solo le superfici completamente impermeabilizzate (*imperviousness*) mentre non considera altri tipi di superfici urbanizzate coinvolte comunque nel consumo di suolo. Si sottolinea inoltre il fatto che la rete stradale risulta cartografata solo nella carta del 2012, a parte la rete autostradale, cosa che rende i confronti non omogenei con le annate precedenti. La rete di monitoraggio del consumo di

suolo di ISPRA, pur molto dettagliata non è risultata utilizzabile in quanto, essendo organizzata a punti, non fornisce una copertura delle superfici interessate da consumo di suolo.

La carta della copertura del suolo regionale, elaborata specificatamente sulla realtà veneta e ad alta risoluzione, risulta la più dettagliata e la più adeguata per la realtà veneta. È disponibile però per una sola annata cosa che esclude la possibilità di valutare la variazione nel tempo dell'uso delle superfici.

Considerando gli aspetti sopra descritti, sono state calcolate le superfici coinvolte nel processo di consumo di suolo per ogni anno disponibile di ogni fonte cartografica.Nel calcolo delle superfici totali consumate sono stati considerati per il *Corine Land Cover* tutti i codici "1" (superfici artificiali) della legenda, ad eccezione del codice "141" (aree verdi urbane). Lo stesso criterio è stato applicato alla carta di copertura del suolo regionale, escludendo dal calcolo le superfici con codice di quarto livello "1410" (aree verdi urbane).

La carta *Corine Land Cover* è stata scelta come fonte in base alla quale calcolare le differenze nelle diverse decadi in quanto risultava l'unica fonte disponibile in tutto l'intervallo di tempo.

Sovrapponendo le cartografie relative alla copertura del suolo CLC, riferite ai diversi anni, con la carta dei suoli sono state identificate le caratteristiche dei suoli non più disponibili a causa dell'urbanizzazione e impermeabilizzazione nei diversi intervalli di tempo. Di queste superfici sono state valutate la capacità d'uso, la classe di permeabilità e la riserva idrica del suolo.

2.2. Le carte dei suoli

Le informazioni sul suolo sono disponibili in scala 1:250.000 per tutto il territorio regionale (ARPAV, 2005) e su 40% del territorio (750.000 ha su 1.840.000 ha) dati in scala 1:50.000 (ARPAV, 2008 e 2013). Nella banca dati dell'Osservatorio Suolo e Bonifiche dell'ARPAV sono archiviate le informazioni relative a oltre 31.000 osservazioni pedologiche; queste consistono in profili, descritti approfonditamente in buche di 1,5m x 1,5m, campionati e analizzati nei vari orizzonti e trivellate, ossia osservazioni speditive descritte fino a 1,20m di profondità. Per questo lavoro sono state utilizzate le informazioni di maggior dettaglio, quindi la carta in scala 1:50.000, ove disponibile, e per il restante territorio la carta in scala 1:250.000.

3. Risultati e discussione

3.1. Il consumo di suolo

Dall'esame delle diverse fonti, carta della copertura *Corine Land Cover* (CLC), strato dell'impermeabilizzazione del suolo e delle aree edificate Copernicus (*imperviousness*) e carta della copertura del suolo del Veneto (CCSV), risulta un con-

sumo di suolo ripartito negli anni molto diverso (tabella 4), dato dal fatto che, come già accennato nel paragrafo precedente, le fonti partono da presupposti diversi e sono a una diversa risoluzione. Ciononostante è stato ritenuto utile riportare il confronto tra le stime risultanti, che possono essere utilizzate più che in termini assoluti, in termini relativi. Dall'esame dei dati risulta un incremento allarmante del consumo di suolo nella regione Veneto, già segnalato da altre fonti, quali la rete nazionale di monitoraggio di ISPRA (Munafò e Tombolini, 2014).

Tab. 4 – Consumo di suolo in Veneto, stimato a partire dalle diverse fonti disponibili in anni diversi, totale (ha) e relativo (percentuale del territorio regionale, pari a 1.840.000 ha)

	CLC		*Copernicus*		*CCSV*	
	ha	*%*	*ha*	*%*	*ha*	*%*
1990	133.948	7,3	-	-	-	-
2000	140.590	7,6	-	-	-	-
2006	149.230	8,1	108.716	5,8	242.971	13,1
2009	-	-	118.357	6,4	-	-
2012	158.672	8,6	139.077	7,5	-	-

Volendo esaminare l'arco temporale più ampio, 1990-2012, per il quale abbiamo disponibili solo i dati del *Corine Land Cover*, vediamo un andamento sempre crescente dell'urbanizzazione con 6.642 ha consumati nel primo decennio 1990-2000, 8.640 ha dal 2000 al 2006 e 9.442 dal 2006 al 2012. Dati ancora più allarmanti ci vengono forniti dalle stime Copernicus. Pur non essendo possibile mettere a confronto i dati assoluti, in quanto Copernicus fornisce una valutazione delle sole superfici impermeabilizzate, mentre nel *Corine* la valutazione viene fatta su tutte le aree artificiali, è più che preoccupante la stima che viene fatta nell'arco temporale 2006-2012 di 30.361 ha impermeabilizzati, praticamente tre volte tanto le stime fatte a partire dal *Corine* negli stessi 6 anni, superiore anche al suolo consumato in 22 anni (24.724 ha tra il 1990 e il 2012) sempre secondo il *Corine*, anche se una parte di questo incremento potrebbe essere dovuto alle differenze di interpretazione nei vari anni della copertura Copernicus, già evidenziate nel precedente paragrafo.

Per quanto riguarda la stima della percentuale di suolo "consumato" a livello regionale, un parametro di confronto ce lo fornisce la Carta della copertura del suolo del Veneto, che presenta una risoluzione migliore del *Corine* e comparabile con Copernicus, ma purtroppo è disponibile in un'unica edizione riferita agli anni 2006-2007. Dal confronto risulta che la superficie di suolo in aree artificiali stimata dal *Corine* è pari a 108.700 ha (5,8%), molto distante dai 242.971 ha (13,1%) stimati dalla copertura regionale, discrepanza su cui pesa sicuramente la tipologia di urbanizzazione che in Veneto è molto dispersa, sfuggendo quindi alle stime di bassa risoluzione come il *Corine*. La stima delle sole superfici impermeabilizzate fatta dal Copernicus, pari all'8,1% (149.230) e la stima del suolo "consumato" della rete nazionale ISPRA per il Veneto di poco inferiore al 10%, si avvicinano ai dati desunti dalla copertura regionale.

3.2. La capacità d'uso del suolo (LCC)

Cercando di dare una stima della qualità del suolo che è stato consumato, andiamo a vedere come si distribuisce il suolo consumato rispetto alle classi di capacità d'uso dei suoli. Dall'esame del grafico in fig. 1 risulta che il consumo di suolo va ad incidere sui suoli delle classi più alte, con il 4% nella I, il 43% nella II e il 37% nella III, e quindi con maggiore potenziale produttivo; d'altra parte i suoli più diffusi nella regione Veneto ricadono in queste classi (fig. 2) e storicamente sono quelli che hanno subito maggiormente il consumo di suolo. I 2/3 del territorio regionale, infatti, ricadono nella pianura padano-veneta che è tra le realtà più produttive del territorio nazionale.

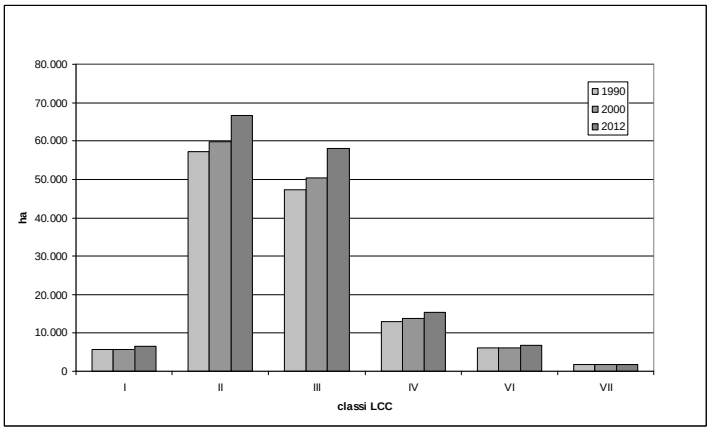


Fig. 1 – Quantità di suolo consumato nelle classi di Capacità d'uso dei suoli per gli anni 1990, 2000 e 2012.

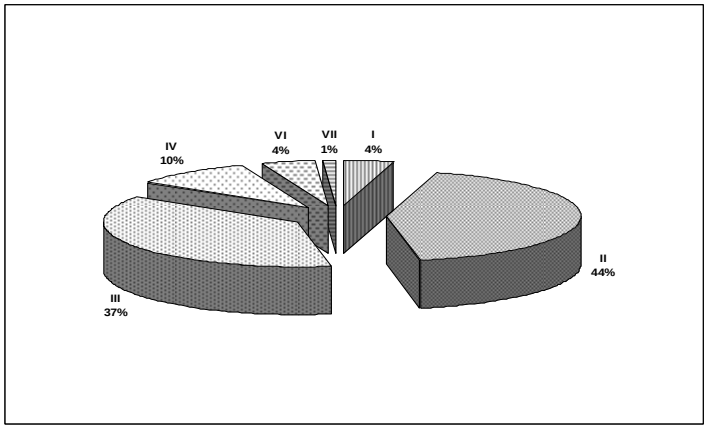


Fig. 2 –Capacità d'uso dei suoli della regione Veneto (2012).

3.3. La permeabilità del suolo

Riguardo alla distribuzione dei suoli nelle varie classi di permeabilità possiamo vedere dalla fig. 3 come il consumo di suolo vada a impermeabilizzare le superfici caratterizzate principalmente dalle classi moderatamente alta e moderatamente bassa, con una permeabilità (K satura) che varia da 0,36 a 36 mm/h. Sono superfici in grado di assorbire in massima parte le più frequenti piogge di media intensità, garantendo la sicurezza del territorio dal punto di vista idraulico, e che, una volta impermeabilizzate, possono dare origine a notevoli volumi di acque che vanno a scaricarsi sulla rete idrica superficiale.

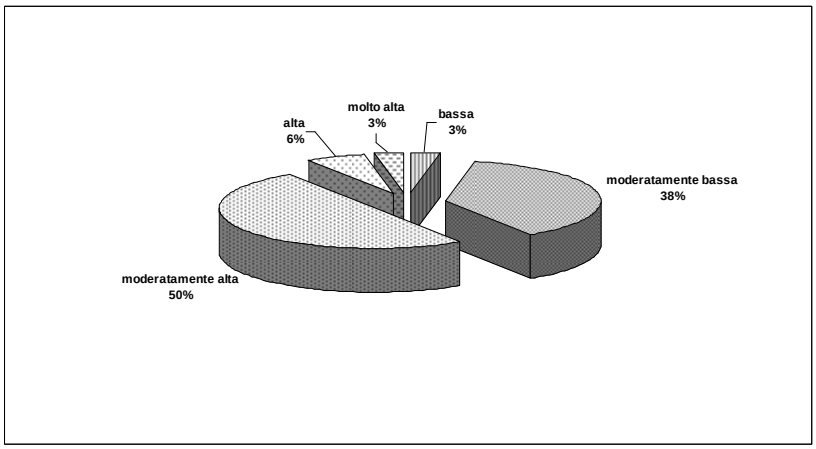


Fig. 3 – Permeabilità dei suoli persi per l'urbanizzazione nella regione Veneto, situazione al 2012.

3.4. La riserva idrica del suolo (AWC)

Un'altra misura che può darci conto del valore perso con il suolo è la riserva idrica del suolo che, come vediamo dal grafico in fig. 4, risulta essere diminuita di 11,5 milioni di m^3 nel decennio 1990-2000 e di ben 30,6 milioni di m^3 tra il 2000 e il 2012. Risulta quindi che il territorio ha perso la capacità di immagazzinare questi quantitativi di acqua provenienti dalle piogge, che pertanto vanno a caricare ulteriormente la rete idrica superficiale. Inoltre, questa riserva di acqua non risulta più disponibile né per l'evaporazione né per l'utilizzo da parte delle piante.

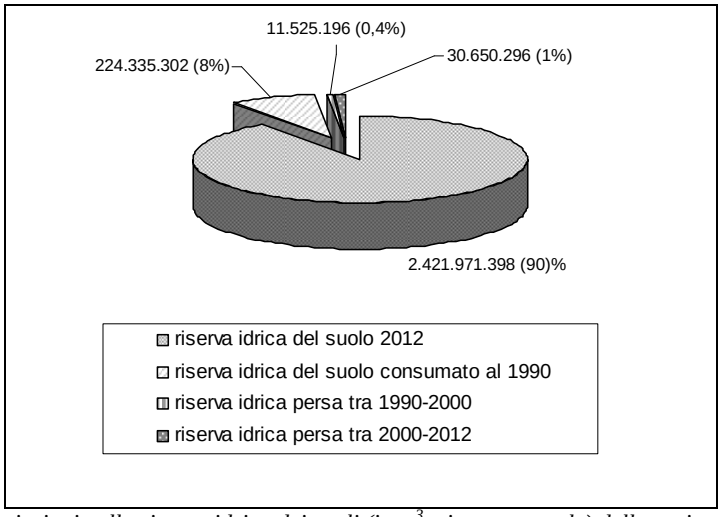


Fig. 4 – Variazioni nella riserva idrica dei suoli (in m^3 e in percentuale) della regione Veneto a causa dell'urbanizzazione.

4. Conclusioni

Le fonti disponibili attualmente per stimare il consumo di suolo nella regione Veneto presentano diversi problemi di risoluzione e di confrontabilità, a volte anche nell'ambito della stessa fonte, e non consentono attualmente stime su ampi archi temporali. Le valutazioni fatte del consumo di suolo tra il 1990 e il 2012 riportano comunque tutte allarmanti tassi di crescita del consumo di suolo, particolarmente negli ultimi 6 anni, nei quali è stato superato il valore del 10% del territorio regionale, secondo le stime fatte sui dati a maggior risoluzione. Il valore produttivo perso risulta di notevole entità, essendo il 47% di questi suoli nelle migliori classi di capacità d'uso (I e II). Anche la capacità del suolo di essere attraversato dall'acqua piovana e di fungere da serbatoio in grado di mitigare gli effetti devastanti delle piogge di intensità elevata, viene notevolmente diminuita negli ultimi 20 anni, per un valore stimato di 42 milioni di m^3 di acqua in meno, con un notevole aggravio a carico della rete idrica superficiale.

Riferimenti bibliografici

ARPAV (2005), *Carta dei suoli del Veneto in scala 1:250.000*.
ARPAV (2008), *Carta dei suoli della Provincia di Treviso in scala 1:50.000*.
ARPAV (2008), *I suoli della Provincia di Venezia in scala 1:50.000*.
ARPAV (2013), *Carta dei suoli della Provincia di Padova in scala 1:50.000*.
Brakensiek D. L., Rawls W. J. and Stephenson G. R. (1984), *Modifying SCS hydrologic soil groups and curve numbers for rangeland soils*, ASAE Paper No. PNR–84– 203; St. Joseph/ Michigan.

Calzolari C., Ungaro F. (2002), *Valutazione della capacità protettiva del suolo nei confronti dell'inquinamento delle falde nell'area del bacino scolante in laguna di Venezia*, Rapporto finale, convenzione ARPA Veneto - CNR ISE "Valutazione della capacità protettiva dei suoli del Veneto nei confronti dell'inquinamento delle falde nell'area del bacino scolante in laguna di Venezia" 49 pp. Dicembre 2002.

Calzolari C., Ungaro F., Guermandi M., Laruccia N. (2001), Suoli capisaldo della pianura padano-veneta: bilanci idrici e capacità protettiva, Rapporto 10.1, progetto SINA - Carta pedologica in aree a rischio ambientale, CNR-IGES.

Calzolari C., Ungaro F., Ragazzi F., Vinci I., Cappellin R., Venuti L. (2004), *Valutazione della capacità protettiva dei suoli nel bacino scolante in laguna di Venezia attraverso l'uso di modellistica*, Bollettino della Società Italiana di Scienza del Suolo, 53, pp. 415-421.

Commissione Europea (2004), *Towards a thematic strategy on the urban environment*, COM (2004) 60 final.

Commissione Europea (2006), *Strategia tematica per la protezione del suolo*, COM(2006) 231. Bruxelles, 22.9.2006http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=-COM:2006:0231:FIN:IT:PDF

Commissione Europea (2012a), *Attuazione della strategia tematica per la protezione del suolo e attività in corso*, COM(2012) 46. Bruxelles, 13.2.2012.http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012DC0046:EN:NOT

EEA (2000), *Corine Land Cover Technical Guide. Technical report N° 40*. http://www.eea.europa.eu/themes/landuse/clc-download

EEA (2011), *Mapping Guide for a European Urban Atlas*, European Environmental Agency, Copenhagen, http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas

EEA (2013), *GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) - summary of product specifications*, European Environment Agency, Copenhagen.

Giordano A. (1999), *Pedologia*, UTET, Torino.

Klingebiel A.A. e Montgomery P.H. (1961), *Land capability classification*, Agricoltural Handbook, 210, Washington DC.

Munafò M., Salvucci G., Zitti M., Salvati L. (2010b), *Proposta per una metodologia di stima dell'impermeabilizzazione del suolo in Italia*, Rivista di statistica ufficiale 2-3: 59-72.

Munafò M., Tombolini I. (2014), *Il consumo di suolo in Italia*, Edizione 2014, Rapporti 195/2014, ISPRA, http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/R-_195_14_ConsumoSuolo.pdf

Regione Veneto (2009), *Carta della Copertura del Suolo del Veneto*.

Romano B., Zullo F. (2013), "Models of Urban Land Use in Europe: Assessment Tools and Criticalities", *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 4(3):80-97.

Soil Survey Division Staff (1993), *Soil Survey Manual. United States Department of Agriculture*, Handbook n°18. Washington.

Ungaro F. (2006), *Valutazione della capacità protettiva del suolo nei confronti dell'inquinamento delle falde nella pianura veneta*, Rapporto 4.1, convenzione ARPA Veneto - CNR IRPI.

Ungaro F., Calzolari C., Busoni E. (2005), "Development of pedotransfer functions using a group method of data handling for the soil of the Pianura Padano-Veneta region of North Italy. Water retention properties", *Geoderma*, 124, 293-317.

Metodologia per il monitoraggio del consumo di suolo in Emilia Romagna

di G. Guaragno[*]*, E. Malossi*[**] *e Gruppo di lavoro RER*[***]

1. Premessa

La necessità di studiare una metodologia per il monitoraggio del consumo di suolo a livello regionale scaturisce a valle di un lungo dibattito maturato nel corso degli ultimi anni e che ha prodotto esisti importanti a livello europeo e nazionale. La Commissione Europea propone il traguardo del consumo zero al 2050[1] e a livel-

[*] Regione Emilia Romagna, Servizio programmazione territoriale e sviluppo della montagna, DG Programmazione territoriale e negoziata, Intese. Relazioni Europee e Relazioni Internazionali, *gguaragno@regione.emilia-romagna.it.*

[**] Regione Emilia Romagna, Servizio Pianificazione urbanistica, paesaggio e uso sostenibile del territorio, DG Programmazione territoriale e negoziata, Intese. Relazioni Europee e Relazioni Internazionali, Responsabile "Coordinamento del sistema informativo della pianificazione urbanistica e monitoraggio del consumo di suolo",*elmalossi@regione.emilia-romagna.it.*

[***] Al gruppo di lavoro interdirezionale della Regione Emilia Romagna, coordinato dall'Arch. Maria Luisa Bargossi, hanno partecipato: DG Agricoltura, economia ittica, attività faunistico-venatorie - Maria Luisa Bargossi, Mauro Fini e Marcella Isola per il Servizio Territorio rurale ed attività faunistico venatorie; Anna Fava e Andrea Furlan per il Servizio Programmi, monitoraggio e valutazione; DG Programmazione territoriale e negoziata, Intese. Relazioni Europee e Relazioni Internazionali – Daniela Cardinali e Barbara Nerozzi per il Servizio Pianificazione urbanistica, paesaggio e uso sostenibile del territorio; Graziella Guaragno e Alessandro Selva per il Servizio programmazione territoriale e sviluppo della montagna; Lucia Governatori e Michele Zanelli per il Servizio Qualità urbana; Maurizio Masetti per il Servizio Opere e lavori pubblici. Legalità e sicurezza. Edilizia pubblica e privata; DG Ambiente e difesa del suolo e della costa – Marina Guermandi e Francesco Malucelli per il servizio Geologico, sismico e dei suoli; DG Centrale Organizzazione, Personale,Sistemi Informativi e Telematica - Stefano Olivucci per il Servizio Statistica e Informazione geografica.

[1] Comunicazione della Commissione Europea "tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse" (COM (2011) 571). Altri atti fondamenti dell'Unione Europea contenenti indicazioni sulla riduzione del consumo di suolo sono la Comunicazione della Commissione Europea "Strategia tematica per la protezione del suolo (COM (2006) 231); lo studio Servizi della Commissione Europea "orientamenti in materia di buone prati-

lo nazionale sono stati elaborati diversi disegni di legge tra i quali quello di iniziativa del Governo "Contenimento del consumo del suolo e riuso del suolo edificato" del 13 dicembre 2013 che assegna alle Regioni un ruolo importante nella definizione di soglie di territorio "consumabile". Parallelamente la Giunta regionale ha presentato nel giugno 2014 un progetto di legge che da un lato fissa i principi cardine per contenimento del consumo di suolo ai quali informare gli strumenti di pianificazione e, dall'altro, prevede l'istituzione di un sistema informativo della pianificazione per monitorare gli strumenti di pianificazione. Nella consapevolezza che il contenimento del consumo di suolo è un aspetto strategico per affermare una nuova visione di sviluppo territoriale incentrata sul riuso dei sistemi urbani esistenti, si è avvertita la necessità di sviluppare una metodologia in grado non solo di monitorare quantitativamente il fenomeno del consumo di suolo, ma anche di restituirne una lettura qualificata capace di supportare più adeguatamente le politiche di pianificazione. Nel febbraio 2013 la regione Emilia Romagna ha costituito un Gruppo di Lavoro interdirezionale "Valorizzazione delle aree agricole e contenimento del consumo del suolo", con il compito di scambiare informazioni intersettoriali e progettualità al fine di strutturare ragionamenti e criteri da portare al tavolo della discussione parlamentare in atto, arricchendo il dibattito e rappresentando necessità ed interessi più vicini al territorio. Il prodotto del Gruppo di lavoro è una proposta di metodologia per il calcolo del consumo di suolo, con una sua prima applicazione, nonché l'individuazione delle condizioni, risorse ed ulteriori lavori necessari per renderla operativa. Lo sviluppo operativo della metodologia appare utile soprattutto nella prospettiva della attuazione della legge regionale e nazionale. Il monitoraggio del consumo di suolo ha infatti un ruolo chiave in entrambi i provvedimenti che, a tal fine, prevedono, in tempi ristretti, una serie di adempimenti di cui la Regione dovrà farsi carico.

2. Sintesi del lavoro svolto

Il Gruppo di lavoro ha innanzitutto deciso di condividere alcune definizioni utili sia a chiarire il fenomeno e l'oggetto della discussione - ovvero cosa si intende per consumo di suolo - sia a individuare e quantificare il territorio che allo stato attuale è da considerare "consumato" o "non consumato".

Si è quindi definita una classificazione delle aree utile al monitoraggio del consumo di suolo, individuando due sistemi principali che coprono l'intero territorio regionale: il Sistema insediativo/infrastrutturale (ovvero il "consumato") e il Sistema rurale (ovvero il "non consumato"). All'interno di ciascuno di questi sistemi sono state individuate ulteriori articolazioni, funzionali alle eventuali elaborazioni di politiche, di tipo più settoriale (agricole, urbanistiche, territoriali, ecc.), di contenimento del fenomeno del consumo di suolo. Il secondo *step* di lavoro ha consistito

che per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo (2012); il Programma generale di azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020 "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta".

nella messa a punto di una metodologia di lettura del territorio regionale che consente di assegnare ciascuna parte del territorio regionale alla predetta classificazione. La metodologia prevede tre passaggi distinti:

- la lettura della stato di fatto del territorio, che descrive lo stato oggettivo di ciascuna parte del territorio regionale rilevabile attraverso le banche dati geotopografiche disponibili;
- la lettura dello stato della pianificazione che, utilizzando i dati reperibili dagli strumenti urbanistici comunali, permette di considerare lo "stato di diritto" di quelle parti di territorio sulle quali ricadono delle previsioni urbanistiche insediative (considerando anche la loro effettiva possibilità di realizzazione);
- il confronto tra le due letture (stato di fatto e stato della pianificazione), che consente di assegnare definitivamente alle categorie della classificazione precedentemente individuata ciascuna parte di territorio.

Per la lettura dello stato di fatto si sono utilizzate tutte le banche dati geografiche a disposizione della Regione Emilia-Romagna: Uso del suolo, Data Base Topografico, Catasto e *Refresh Agea*, verificandone le effettive possibilità di utilizzo incrociato. È stata effettuata una lettura di tutto il territorio regionale dello stato di fatto, che ci restituisce uno scenario aggiornato al 2008. Per la lettura dello stato della pianificazione si sono affrontati diversi problemi legati in particolare:

- alla confrontabilità di due tipologie di piani urbanistici molto diverse derivanti dalla legge regionale 47/78 (PRG) e dalla legge regionale 20/2000 (PSC, POC, RUE), coesistenti sul territorio regionale;
- alla possibilità di poter disporre di un aggiornamento dello "stato di attuazione" delle previsioni urbanistiche le quali, attraverso i diversi strumenti, vanno via via conformandosi fino a diventare cogenti con il convenzionamento dei Piani Urbanistici Attuativi (PUA).

La metodologia così definita è stata poi condivisa e testata con le Province[2] attraverso il confronto con le loro esperienze e conoscenze del territorio e una prima sperimentazione a campione in particolare con le Province di Parma, Forlì-Cesena e Bologna. Ad oggi, attraverso le banche dati disponibili, non è possibile restituire una applicazione completa della metodologia su tutto il territorio regionale, poiché la Regione non dispone ancora di una banca dati completa e aggiornata degli strumenti urbanistici comunali. La lettura dello stato della pianificazione - nonché l'incrocio con lo stato di fatto - è stata effettuata solo sul territorio della provincia di Bologna, verificando criteri comuni ed omogenei, da poter estendere a tutto il territorio regionale.

[2] Fino ad oggi la Regione Emilia Romagna ha delegato alle Province la funzione di controllo della pianificazione urbanistica comunale: è quindi a questo livello amministrativo che nell'ultimo decennio si è consolidata e mantenuta la conoscenza di dettaglio degli strumenti di pianificazione urbanistica.

3. Le definizioni

Alla definizione di "Consumo di suolo" si è arrivati mediando tra quanto condiviso al Tavolo Interregionale per lo sviluppo territoriale sostenibile dell'area Padano-Alpina-Marittima[3], quanto introdotto all' art. 2 del Disegno di legge Nazionale nella versione del dicembre 2013 e dall'art. 1 del Disegno di Legge Regionale del giugno 2014. La classificazione assunta è l'esito finale di un lavoro continuo di revisione che, a partire da una prima articolazione teorica, si è via via affinata tenendo conto della effettiva possibilità di calcolare le superfici territoriali ricadenti in ciascuna categoria individuata, nonché delle osservazioni e dei suggerimenti delle Province.

3.1. Consumo di suolo

Per Consumo di suolo si intende «la riduzione di superficie agricola, per effetto di interventi di impermeabilizzazione, urbanizzazione ed edificazione non connessi all'attività agricola». (Art.2 Disegno di legge Nazionale – dic. 2013 e Art. 1 Disegno di Legge Regionale – giugno 2014[4]).

Il consumo di suolo è determinato dall' «insieme degli usi del suolo che comportano la perdita dei caratteri naturali producendo come risultato una superficie artificializzata, la cui finalità non è la produzione e la raccolta di biomassa. Deve essere considerato come processo dinamico che altera la natura del territorio, passando da condizioni naturali a condizioni artificiali, di cui l'impermeabilizzazione rappresenta l'ultimo stadio» (Fonte: Tavolo Interregionale per lo sviluppo territoriale sostenibile dell'area Padano-Alpina-Marittima, "Analisi, strumenti e politiche di controllo sull'uso del suolo", 2012). La definizione contenuta nella proposta legislativa nazionale, così come uscita dalle Commissioni riunite VIII e XIII il 20 gennaio 2015, è sensibilmente diversa da quella precedente in quanto definisce come consumo di suolo «l'incremento annuale netto della superficie oggetto di impermeabilizzazione del suolo»[5]. A tal proposito non si intende entrare nel merito della correttezza ed adeguatezza della definizione proposta, senz'altro accurata dal punto di vista disciplinare, ma si ritiene più efficace ed applicabile una definizione

[3] Il Tavolo Interregionale per lo sviluppo territoriale sostenibile dell'area Padano-Alpina-Marittima nasce nel 2007 su base volontaria per iniziativa di alcune Regioni del nord Italia. Di lì a poco ne faranno parte tutti i tecnici responsabili dei settori afferenti la pianificazione territoriale, urbanistica e paesaggistica di: Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Emilia-Romagna, Veneto e Friuli Venezia Giulia, nonché dalle Province Autonome di Trento e Bolzano con l'obiettivo di individuare un sistema di conoscenze reciproche, sviluppare una visione comune della macro-area e condividere strategie e obiettivi comuni.

[4] Si veda in proposito il contributo di Guaragno ed altri riportati in bibliografia.

[5] La Regione Emilia Romagna ha sviluppato diverse metodologie e indici per il calcolo dell'impermeabilizzazione collegati sia al database dell'uso del suolo 2003 che al database topografico 2008. Al riguardo si vedano i contributi di Corticelli ed altri riportati in bibliografia.

di consumo di suolo legata al concetto di territorio urbanizzato, che comprende anche i parchi pubblici e altri spazi non impermeabilizzati costitutivi dell'organizzazione urbana, e dunque riferita al processo di nuova urbanizzazione di suoli liberi, agricoli o naturali. Il consumo di suolo infatti è un fenomeno complesso che comprende non solo l'impermeabilizzazione, ma più in generale l'organizzazione spaziale del sistema territoriale e le sue dinamiche di trasformazione: concerne i problemi più complessi dello *sprawl* e della frammentazione territoriale.

3.2. Sistema insediativo-infrastrutturale

Il sistema insediativo/infrastrutturale è costituito da tutte le aree che, indipendentemente dal loro grado di impermeabilizzazione, possono considerarsi definitivamente passate ad una funzione urbana o comunque non più rurale.

Per qualificare questo sistema, nell'ottica dell'elaborazione di politiche di contrasto al consumo di suolo, sono state individuate alcune articolazioni:

- urbanizzato continuo: costituito dalle aree urbanizzate (totalmente o parzialmente edificate) che non presentano soluzione di continuità;
- urbanizzato suscettibile di rinaturalizzazione: costituito dalle aree che allo stato di rilevamento sono artificializzate (cave, cantieri, ecc.), ma potrebbero anche tornare ad essere rurali;
- urbanizzato sparso: costituito dagli edifici sparsi non compresi all'interno dell'urbanizzato continuo, ad esclusione di quelli funzionali all'attività agricola;
- infrastrutture extraurbane: costituite dal sistema delle reti, delle opere e dei servizi infrastrutturali non inclusi all'interno dell'urbanizzato continuo;
- urbanizzato di diritto: costituito dalle aree che allo stato di rilevamento sono rurali ma che, per condizioni di diritto, sono già urbanizzabili poiché insistono su di esse previsioni degli strumenti urbanistici conformative (comparti ad intervento diretto o con Piano Urbanistico Attuativo convenzionato).

3.3. Sistema rurale

Il sistema rurale è costituito dalle parti di territorio che presentano elementi di valore naturale, ambientale e paesaggistico. Questo Sistema è quindi costituito da tutte le aree naturali e semi naturali, nonché dalle aree agricole in quanto funzionali al mantenimento e riconoscimento dei valori richiamati. Per qualificare questo sistema al fine dell'eventuale elaborazione di politiche sono state individuate alcune articolazioni:

- *agricolo produttivo*: costituito dalle aree di fatto utilizzate a scopi agricoli (inclusi castagneti e acquacoltura);
- *agricolo intercluso*: costituito dalle aree che allo stato attuale sono agricole e

completamente intercluse all'interno dell'urbanizzato continuo e che quindi, per condizioni di fatto, potrebbero trasformarsi in urbanizzato;

- *agricolo artificializzato*: costituito dagli edifici sparsi funzionali all'attività agricola (come da categorie catastali) non inclusi all'interno dell'urbanizzato continuo;
- *naturale e seminaturale*: costituito da aree boscate, zone aperte con vegetazione rada o assente e dalle zone umide;
- *naturale e seminaturale in evoluzione*: costituito dalle aree con vegetazione arbustiva e/o erbacea in evoluzione caratterizzati da praterie e brughiere di alta quota, cespuglieti e arbusteti;
- *naturale e seminaturale indisponibile*: costituito dalle aree non coltivabili compresi gli specchi d'acqua quando non utilizzati per attività produttive;
- *rurale suscettibile di urbanizzazione*: all'interno del sistema rurale vengono inoltre distinte in questa specifica categoria quelle parti di territorio che allo stato attuale sono rurali ma sono classificate come "urbanizzabili" dagli strumenti urbanistici generali. Su tali aree non vi è ancora un diritto edificatorio conformativo, ma esse sono oggetto di particolare attenzione poiché, attraverso l'approvazione di successivi strumenti di pianificazione, potrebbero trasformarsi in territorio urbanizzato.

4. La metodologia per la lettura dello stato di fatto

La lettura dello stato di fatto è stata effettuata attraverso un'elaborazione congiunta di tutte le banche dati geo-topografiche a disposizione della Regione Emilia-Romagna: Data Base dell'Uso del suolo, Data Base Topografico, Catasto e Refresh AGEA. Per la classificazione del territorio regionale secondo le articolazioni della classificazione precedentemente descritta si è partiti da una prima elaborazione del *database* dell'Uso del suolo regionale[6] (2008), sulla quale, attraverso ulteriori procedure di calcolo, sono stati effettuati degli affinamenti, di seguito illustrati, utilizzando dati geografici più di dettaglio, in particolare:

- Il DB Topografico per il calcolo delle infrastrutture extraurbane e delle aree ad esse connesse;
- il DB Topografico associato al Catasto per il calcolo delle superfici degli edifici sparsi in territorio rurale, distinguendo quelli propriamente agricoli, che contengono almeno una unità immobiliare A6 o D10 (Agricolo artificializzato), da quelli destinati ad altri usi (Urbanizzato sparso)[7];

[6] La carta dell'uso del suolo regionale è articolata su quattro livelli, i primi tre seguono la classificazione di *Corine Land Cover* mentre il quarto è stato concordato nell'ambito del Centro Interregionale di cartografia.

[7] Per l'individuazione delle aree/fabbricati sparsi in territorio rurale e la loro suddivisione quelli agricoli e quelli afferenti ad usi urbani, si sono sperimentate diverse ipotesi di calcolo tramite l'incrocio di: DB topografico (che individua la superficie coperta dei fabbrica-

- il DB Topografico associato al catasto per l'individuazione di quelle aree effettivamente agricole che nella carta dell'uso del suolo sono accorpate in una unica classe 1.2.1.1 "Insediamenti produttivi industriali, artigianali e agricoli con spazi annessi";
- il Refresh AGEA per individuare quelle parti di territorio che per propria natura sono "indisponibili", cioè non utilizzabili né a fini urbani né a fini agricoli (aree non coltivabili ed acque)[8].

In sintesi la metodologia utilizzata, pur partendo dalla cartografia dell'uso del suolo regionale (che assicura anche una confrontabilità interregionale dei risultati) affina l'analisi ottenendo conoscenze di grande dettaglio anche sul fenomeno della dispersione insediativa, nonché sul grado di artificializzazione del territorio rurale.

Per monitorare nel tempo gli indicatori definiti sarà necessario tenere aggiornate le banche dati di riferimento. con l'evoluzione delle banche, ed in particolare della carta dell'uso del suolo, sarà possibile tenere conto anche della rilevazione di particolari usi del suolo ad oggi non considerati quali, ad esempio, gli impianti di pannelli solari in territorio agricolo.

5. La metodologia per la lettura dello stato della pianificazione

Il secondo passaggio di lavoro prevede la lettura degli strumenti di pianificazione urbanistica che restituiscono lo stato della pianificazione del territorio.

A dicembre 2014 in Emilia Romagna convivono ancora due diverse tipologie di strumenti urbanistici. Dei 348 comuni della regione[9]:

- 93 Comuni sono ancora dotati di Piano Regolatore Generale (PRG) elaborato ai sensi della LR n. 47/78;
- 255 Comuni sono invece passati, con diversi livelli di elaborazione, alla nuova strumentazione urbanistica prevista dalla LR n.20/2000, che prevede l'articolazione del piano comunale in tre strumenti: Piano Strutturale

ti), Catasto (che individua l'uso delle unità immobiliari presenti all'interno dei fabbricati), Refresh Agea (che potrebbe individuare le aree di pertinenza dei fabbricati).

La soluzione finale adottata, sebbene approssimativa, ha il pregio di essere affidabile e fornire una indicazione "di minima" distinguendo ciascun fabbricato con un metodo di prevalenza rispetto alle categorie catastali presenti al suo interno. In tal modo si identificano come certamente agricoli quei fabbricati in cui è presente un imprenditore agricolo unico possibile proprietario degli immobili di categoria catastale A6 e D10.

[8] In un primo momento si è tentato di utilizzare i dati derivanti dal Refresh Agea anche per individuare in dettaglio le aree in territorio rurale sulle quali insistono dei fabbricati. Purtroppo alla prova dei fatti la compilazione del dato, effettuata a livello provinciale, è risultata troppo eterogenea e non affidabile a questo scopo. Si è quindi deciso di limitare l'utilizzo di questa fonte per connotare nel sistema naturale e seminaturale le aree "indisponibili" (aree non coltivabili e acque) che il Refresh AGEA individua in modo univoco e omogeneo per tutto il territorio.

[9] A seguito delle fusioni avvenute i Comuni al dicembre 2014 sono 340, ma lo stato della pianificazione vigente fa riferimento ai 348 Comuni originari.

Comunale (PSC); Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) e Piano Operativo comunale (POC).

Per i PRG gli unici dati omogenei su tutto il territorio regionale oggi disponibili sono costituiti da una mosaicatura non aggiornata risalente al 2005 (Moka PRG).

Per quanto riguarda invece la nuova strumentazione sono stati acquisiti, in un nuovo modello dati (Moka PSC), 93 PSC. Queste due tipologie differenti di strumenti di pianificazione urbanistica non sono immediatamente confrontabili e hanno una differente strutturazione dei dati in essi contenuti, il che impone la necessità di parametrare attentamente le informazioni, considerando aspetti anche molto complessi (come il grado di cogenza delle previsioni) per giungere alla definizione di un dato confrontabile. Un elemento unificante è la macro classificazione del territorio che gli strumenti urbanistici distinguono in tre macro categorie: territorio urbanizzato, territorio urbanizzabile e territorio rurale. Oggetti di prioritario di interesse nella lettura dello stato della pianificazione sono:

- il territorio urbanizzato individuato dai piani, non necessariamente coincidente con quello dello stato di fatto, in quanto comprende anche aree parzialmente costruite con continuità, comprensive di lotti interclusi e margini urbani da completare, da attuare di norma tramite intervento diretto;
- il territorio urbanizzabile che comprende le aree che, sebbene ancora di fatto rurali, sono soggette a previsioni urbanistiche che ne sanciscono o ne prospettano nel tempo una trasformabilità in aree urbanizzate.

Il territorio rurale dei piani non viene considerato, in quanto si assume a riferimento la lettura dello stato di fatto. In particolare si è ritenuto di considerare alla stregua del territorio rurale anche le zone omogenee F (attrezzature pubbliche di interesse generale) e G (dotazioni e servizi) esterne al territorio urbanizzato (TU). Tali aree infatti, pur prevedendo una modalità di attuazione diretta, non sempre hanno indici di edificabilità (o hanno indici di valore trascurabile) e, pertanto, conteggiarle all'interno dell'urbanizzato o dell'urbanizzabile rischierebbe di falsare il dato. Il confronto tra stato di fatto e di diritto consente comunque di computarle nell'urbanizzato quando effettivamente realizzate. L'analisi del territorio urbanizzabile pone inoltre due principali ordini di problemi:

- in relazione alla tipologia di strumento urbanistico, le aree che, al momento della formazione del piano, rientrano nel territorio urbanizzabile possono essere interessate da previsioni urbanistiche con "forza" e livelli di conformazione/cogenza molto diversa;
- tale conformazione può inoltre mutare nel tempo e progressivamente consolidarsi attraverso il percorso di attuazione urbanistico-edilizio che si conclude con la realizzazione della previsione urbanistica e, quindi (almeno teoricamente), con il passaggio dell'area dal territorio "urbanizzabile" alla categoria del territorio "urbanizzato".

Per identificare in modo omogeneo e comparabile le previsioni per nuovi insediamenti dei diversi strumenti urbanistici è quindi preliminarmente necessario valutarne il grado di conformazione (e di cogenza) e definirne lo stato di attuazione che ne discrimina il passaggio dal territorio urbanizzabile a quello urbanizzato. Con una semplificazione generalmente adottata anche dai monitoraggio provincia-

li, si assume che il momento sostanziale che determina l'attuazione di una previsione urbanistica per nuovi insediamenti (e quindi il passaggio dell'area da territorio "urbanizzabile" a territorio "urbanizzato", ovvero da "rurale suscettibile di urbanizzazione" a "urbanizzato di diritto") è il convenzionamento dei Piani urbanistici attuativi (PUA). In sintesi, nel sistema insediativo-infrastrutturale, si riconducono alla categoria denominata "urbanizzato di diritto" sia le aree interne al perimetro del territorio urbanizzato degli strumenti urbanistici comunali (territorio "urbanizzato" dei Piani) non già individuate dallo stato di fatto, sia tutte le aree di nuova previsione con piano urbanistico attuativo già approvato e convenzionato (territorio "urbanizzabile" già attuato).

Per differenza, nel sistema rurale si riconducono alla categoria denominata "rurale suscettibile di urbanizzazione" tutte le aree classificate come urbanizzabili dagli strumenti urbanistici, ad esclusione di quelle già attuate, considerate urbanizzate. In particolare, per quanto riguarda i PRG ne fanno parte le zone omogenee C e D che non hanno ancora il PUA approvato/convenzionato; per le zone D fuori dal territorio urbanizzato e non assoggettate a Piano attuativo il confronto tra stato di fatto e di diritto consente di computarle nell'urbanizzato solo quando risultano già realizzate. La possibilità di effettuare un monitoraggio aggiornato del consumo di suolo deve per forza tenere conto anche della effettiva possibilità di reperire questa tipologia di dati. L'optimum sarebbe rappresentato dall'ottenere una elaborazione, da parte dei Comuni, che restituisca ad oggi lo stato di attuazione delle previsioni, cioè le aree dei piani particolareggiati approvati e con convenzione urbanistica sottoscritta. Nella prima sperimentazione della metodologia si è valutato ragionevole attestarsi all'ottenimento di un dato di attuazione degli strumenti urbanistici riferibile alla sola approvazione dei piani particolareggiati (PUA), dato peraltro disponibile solamente per il territorio della Provincia di Bologna.

Comunque, anche in assenza del dato relativo all'attuazione delle previsioni la metodologia è complessivamente valida in quanto lo stato di attuazione (dato di difficile reperimento) può essere compensato da una analisi dello stato di fatto sufficientemente e periodicamente aggiornata.

6. Confronto tra lo stato di fatto e lo stato della pianificazione

Una volta completata la lettura del territorio secondo le metodologie illustrate, si provvede ad effettuare un confronto dei risultati al fine di popolare correttamente tutte le categorie indicate nelle definizioni.

Questo confronto è utile soprattutto per verificare ed affinare la classificazione laddove tra stato di fatto e stato di diritto ci sono situazioni contrastanti.

In particolare, dove risultano casi di non coincidenza tra ciò che lo stato di diritto ha individuato come urbanizzato e ciò che lo stato di fatto ha individuato come agricolo si fa prevalere lo stato della pianificazione, in quanto si considerano tali aree non più appartenenti al sistema rurale poiché la pianificazione urbanistica riconosce loro una vocazione edificatoria, attuabile tramite intervento diretto ovvero oggetto di un piano attuativo già approvato e convenzionato.

Viceversa dove risultano casi di non coincidenza tra ciò che lo stato della pianificazione ha individuato come potenzialmente urbanizzabile (e quindi ancora agricolo) e ciò che lo stato di fatto ha individuato come urbanizzato, si fa prevalere lo stato di fatto in quanto l'area risulta di fatto edificata.

7. I primi risultati

L'applicazione completa della metodologia per tutta la regione non è stata possibile a causa della mancanza di dati omogenei relativi agli strumenti di pianificazione urbanistica. I primi risultati omogenei per tutta la regione si limitano, quindi, alla parte della metodologia che riguarda la lettura dello stato di fatto al 2008[10].

Tuttavia essa, come definita nei paragrafi precedenti, è stata tesata a campione grazie anche alla collaborazione delle Province. In particolare la lettura dello stato della pianificazione è stata condotta in via sperimentale solo sulla provincia di Bologna. Tale sperimentazione ha reso possibile definire, sulla base di dati e criteri comuni e omogenei, una griglia di lettura riferibile a tutta la regione.

Per lo stato di fatto esito del lavoro è la generazione di un geodatabase che contiene gli strati poligonali delle categorie individuate nelle definizioni, accompagnato da un progetto ArcGIS di visualizzazione e consultazione cartografica (fig. 1), nonché tabelle di sintesi dei risultati quantitativi.



Fig. 1 – Stralcio cartografia della provincia di Bologna.

Un primo dato di sintesi (fig. 2), organizzato per province, restituisce la ripartizione del territorio nelle tre macroaree del sistema insediativo-infrastrutturale, sistema agricolo e sistema naturale (che insieme compongono il sistema rurale).

[10] L'elaborazione dei dati è stata curata dal Servizio Statistica e Informazione geografica, Direzione Generale Centrale Organizzazione, Personale,Sistemi Informativi e Telematica.

Un ulteriore risultato di sintesi (fig. 3), di estrema importanza e novità per le politiche di governo del territorio rurale, è la numerosità della presenza di edifici sparsi esterni al territorio urbanizzato, e la relativa percentuale degli edifici che possono essere direttamente correlati all'attività agricola.

L'applicazione completa della metodologia sperimentata per la Provincia di Bologna (fig. 4) restituisce i dati complessivi, comprensivi della prospettiva di consumo di suolo legata alle previsioni insediative dei piani urbanistici comunali. Anche in questo caso il dato di sintesi è di particolare interesse perché, se raffrontato con lo stato di fatto, fornisce una base conoscitiva indispensabile per la riflessione sul tema della gestione delle previsioni di nuovo insediamento presenti nei piani urbanistici vigenti. Tali previsioni infatti solo state inserite negli strumenti di pianificazione comunale in una fase di espansione del mercato immobiliare ed oggi risultano decisamente sovradimensionati rispetto alle effettive necessità e alla capacità di assorbimento del mercato.

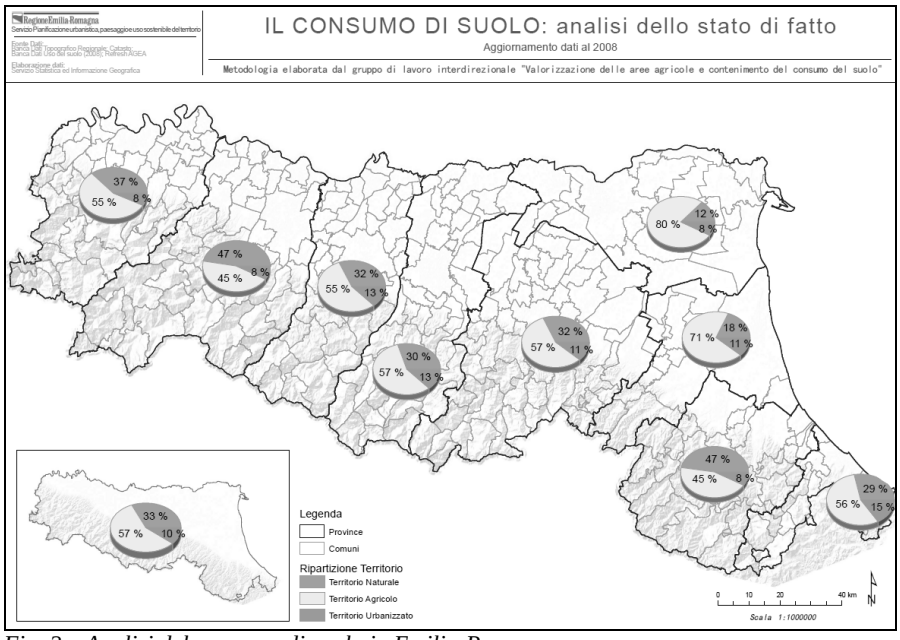


Fig. 2 – Analisi del consumo di suolo in Emilia-Romagna.

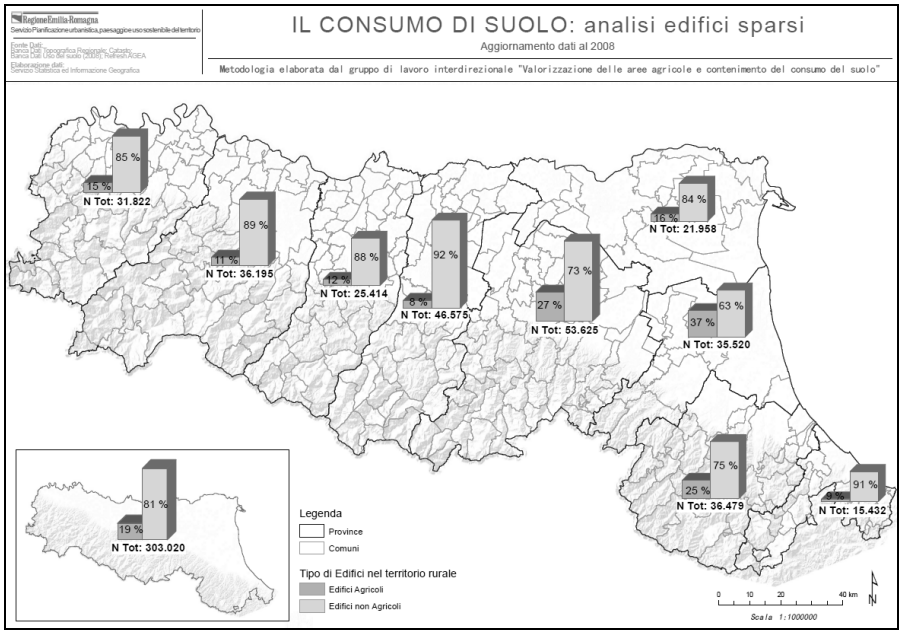


Fig. 3 – Analisi degli edifici sparsi in territorio rurale in Emilia-Romagna.

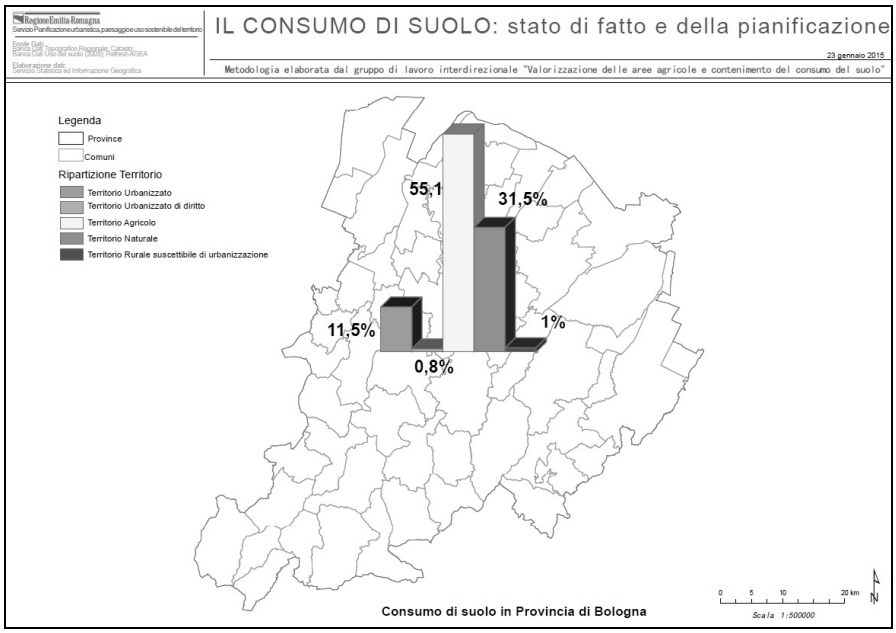


Fig. 4 – Il consumo di suolo in Provincia di Bologna (stato di fatto e della pianificazione).

7.1. Prospettive

Il consumo di suolo è un fenomeno complesso che comprende non solo l'impermeabilizzazione, ma più in generale l'organizzazione spaziale del sistema territoriale e le sue dinamiche di trasformazione: concerne i problemi più complessi dello *sprawl* e della frammentazione territoriale. La progressiva dispersione degli insediamenti nello spazio rurale, costituisce, infatti, un fattore di inefficienza del sistema territoriale e una delle principali minacce ad uno sviluppo territoriale sostenibile.

Il consumo di suolo è dunque un aspetto strategico che è necessario affrontare all'interno di una più ampia strategia di riqualificazione complessiva del territorio e di miglioramento della sua qualità, che si può perseguire solo attraverso un insieme diversificato di politiche settoriali dagli effetti interrelati, capaci di promuovere una vera politica di rigenerazione urbana e una più qualificata relazione fra spazio rurale e spazio urbano.

A tale scopo è necessario agire contemporaneamente e in modo coordinato sulla pianificazione territoriale (che, come sottolinea la Commissione Europea[11], è campo privilegiato di intervento), e in settori quali: la fiscalità locale, la tassazione della rendita fondiaria, l'edilizia, l'energia, l'agricoltura, l'ambiente, i trasporti, nonché la programmazione finanziaria.

È quindi necessario assumere un approccio di pianificazione capace di integrare e tradurre le politiche settoriali in una coerente strategia territoriale: il territorio è infatti il luogo in cui ricadono gli effetti di tutte le politiche e quello in cui è possibile creare sinergie e ricomporre eventuali conflitti.

La declinazione operativa di una politica per un uso razionale del suolo richiede pertanto un rinnovamento organico della strumentazione territoriale e urbanistica in grado di affrontare il cambio di paradigma di sviluppo e di riappropriarsi di una visione progettuale e orientata al futuro.

Proprio a supporto di tali pratiche è finalizzata la metodologia di monitoraggio del consumo di suolo messa a punto dalla Regione Emilia Romagna che, pur partendo dalla cartografia dell'uso del suolo regionale che assicura una confrontabilità interregionale dei risultati, affina l'analisi ottenendo conoscenze di dettaglio anche sul fenomeno della dispersione insediativa e sul grado di artificializzazione del territorio rurale. La capacità di misurazione, monitoraggio e controllo del fenomeno del consumo di suolo attraverso metodi comuni di calcolo e valutazione sono infatti attività preordinate e indispensabili alla elaborazione di politiche efficaci.

Riferimenti bibliografici

Baschenis G., Bussadori V., Guaragno G., a cura di (2014), "Strategia per un uso razionale del suolo", *RETICULA* n. 7/2014.

[11] Documento "Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo" 2012.

CE (2011), *Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*, COM (2011) 571, European Commission, Bruxelles

CE (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, Lussemburgo.

Corticelli S., Garberi M.L., Masi S., Mariani M.C., Bocci M., Gadenz S. (2011), "Dal Data Base Topografico ai territori impermeabilizzati della Regione Emilia-Romagna"**,** Atti della 15a Conferenza Nazionale ASITA.

Corticelli S., Guermandi M., Mariani M.C. (2008), "Due indici per valutare l'impermeabilizzazione e il consumo di suolo", Atti 12a Conferenza Nazionale ASITA.

Inventari d'uso e copertura del suolo per il monitoraggio del consumo di suolo in Italia

di N. Riitano [*], L. Sallustio[**], M. Munafò[***] e M. Marchetti[**]

Riassunto

Il monitoraggio dell'uso e della copertura del suolo rappresenta un essenziale strumento per la valutazione dei processi e degli effetti delle trasformazioni del paesaggio, oltre che fondamentale elemento di supporto per le politiche legate ad esso. Il presente lavoro analizza i dati relativi agli anni 2000 e 2012 dell'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia e della rete nazionale sul consumo di suolo di ISPRA. Le due metodologie adottano entrambe un approccio statistico campionario per la stima delle superfici, classificate secondo l'uso e copertura del suolo. L'integrazione delle due distinte classificazioni fornisce un quadro conoscitivo più esaustivo delle dinamiche dei cambiamenti di uso e copertura del suolo, quale valido supporto alla pianificazione del territorio. Un'analisi approfondita sulle differenze sia semantiche che tecniche tra le classificazioni di LU e LC è fornita all'interno di questo lavoro. Il caso studio condotto in Molise, in particolare, evidenzia l'entità del fenomeno del consumo di suolo, fornendo diversi spunti di discussione sulle metodologie di monitoraggio del fenomeno.

Parole chiave: uso del suolo, copertura del suolo, campionamento stratificato a tasselli, consumo di suolo, impermeabilizzazione di suolo.

Summary

Land use and land cover monitoring represents an essential tool for the assessment of the processes and the effects of the landscape changes, as well as a fundamental support for related policies. This work analyze the data for the years 2000 e

[*] Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, *nicola.riitano@uniroma1.it*.

[**] *Natural Resourses & Environmental Planning Lab.* , Dipartimento di Bioscienze e Territorio, Univerità del Molise, *lorenzo.sallustio@studenti.unimol.it*, *marchettimarco@unimol.it.*

[***] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), *michele.munafo@isprambiente.it*.

2012 of the Italian Land Use Inventory (IUTI) and the land take and soil sealing network by ISPRA. The two methodologies adopt both a statistical approach for the estimation of land use (LU) and land cover (LC) surfaces. An in depth analysis of both semantic and technical differences between land use (LU) and land cover (LC) is provided.

The interaction of two distinct classifications provides a more exhaustive knowledge of the LU and LC dynamics, as a valuable support for the land use planning. The case study of Molise, in particular, highlights the extent of the phenomenon of land take, providing several discussion points on the methods for monitoring the phenomenon.

Key words: land use, land cover, tessellated stratified sampling, land take, soil sealing.

1. Introduzione

Il suolo è una risorsa da considerarsi limitata da considerarsi di fatto, non rinnovabile (Munafò e Tombolini, 2014). Esso fornisce infatti beni e servizi ecosistemici non sostituibili, ha un ruolo fondamentale nella produzione di biomassa e nella filtrazione delle acque, cattura ed immagazzina enormi quantità di CO_2, Le preoccupazioni crescenti riguardanti questo comparto hanno ispirato studiosi di varie discipline nella ricerca di metodologie per la comprensione delle distribuzioni e delle dinamiche delle coperture dei suoli (De Fries e Eshleman, 2008, Vitousek, 1997). Oltre all'alterazione degli ecosistemi (Ellis e Ramankutty, 2008; Sala, 2000) è inoltre opportune sottolineare come alcuni *Land Use Land Cover Changes* (LULCC), come ad esempio l'urbanizzazione, sono ormai largamente riconosciuti come tra i principali fattori scatenanti conflitti politici e sociali (Plotkin, 1987).

Il quadro conoscitivo di tale sistema è quindi elemento essenziale degli strumenti di pianificazione ambientale, territoriale e paesistica. Nelle cartografia tradizionale, il suolo è classificato attraverso l'uso o la copertura ma la confusione tra i due concetti è stata presente in letteratura per almeno 30 anni (Anderson *et al.*, 1976), la loro ibridazione è divenuta così diffusa che è attualmente raro trovare una classificazione "pura" di *Land Use o Land Cover* (LU o LC) (Di Gregorio e Jansen, 2000). Un esempio della diffusioni delle classificazioni ibride è dato da Lund (2000), che stima che circa l'86% delle 624 classi identificate come Bosco possono essere riferite indistintamente a significati di uso o copertura. Alla base delle difficoltà di integrazione vi è sicuramente la mancanza di una definizione universalmente riconosciuta dei due aspetti. Solitamente vengono prese a riferimento le definizioni utilizzate all'interno del progetto Land Cover Classification System (LCCS) della FAO (2000) qui sinteticamente riportate:

- copertura del suolo: è la copertura bio-fisica osservata sulla superficie terrestre, il tipo di strato superficiale di una specifica area di suolo, includendo la vegetazione, il suolo nudo, i corpi d'acqua aperta e le superfici artificiali che possono essere osservate in campo e registrate da fotografie aeree e satellitari;

- uso del suolo: l'intento per cui una specifica area di suolo è utilizzata dall'uomo ossia la sua funzione socio-economica.

I cambiamenti di LU e LC sono processi dinamici, fortemente collegati all'azione diretta o indiretta delle scelte dell'uomo. Tali cambiamenti sono in grado di influenzare il clima a scala regionale e globale (Bonan, 1997; Ramankutty e Foley, 1998; Bounoua *et al.*, 2002). La conoscenza delle transizioni e dei flussi tra diverse categorie di uso e copertura è indispensabile per affrontare fenomeni collaterali legati ai cambiamenti d'uso e copertura del suolo (LULCC) come ad esempio la dispersione urbana, la perdita di suolo agricolo e più in generale tutte quelle transizioni, a maggior ragione se irreversibili, che comportano un'alterazione degli equilibri e della funzionalità degli ecosistemi.

Con l'intento di supportare valutazioni ambientali e territoriali, le moderne tecniche di cartografia digitale hanno prodotto mappature dell'uso e della copertura del suolo, tramite classificazioni automatiche o fotointerpretazioni, solitamente su base poligonale, ma la realizzazione di questi supporti presenta limiti nei costi e nei tempi di produzione, nonché nella verifica dell'accuratezza (Marchetti *et al.*, 2012). Ai limiti delle classificazioni automatiche vanno aggiunte le scarse possibilità di aggiornamento e l'impossibilità di misurare e classificare in maniera diretta il LU mediante *remote sensing*, deducibile solamente attraverso l'interpretazione della copertura e grazie all'utilizzo di informazioni ancillari di base e conoscenze a priori. In quest'ottica, una soluzione ai limiti di accuratezza e di risorse proviene dalle indagini campionarie. A fronte di un periodo di elaborazione relativamente limitato, gli inventari riescono a fornire stime dei LULCC e della relativa affidabilità statistica, permettendo confronti su distanze temporali anche ravvicinate. L'approccio statistico campionario consente il superamento del limite dalla Minimum Mapping Unit (MMU), principale elemento di svantaggio delle principali metodologie di mappatura quali *Corine Land Cover* (Maricchiolo *et al.*, 2004) e *Land Cover Classification System* (Di Gregorio e Jansen, 2005) spesso causa di sottostima delle dimensioni di tutte le classi che tipicamente sono maggiormente frammentate o lineari (Munafò e Tombolini, 2014).

Lo scopo del presente lavoro è quello di analizzare le transizioni occorse nel territorio della Regione Molise dall'anno 2000 al 2012 grazie alle stime derivate dall'Inventario dell'Uso delle Terre d'Italia (IUTI). Il Molise rappresenta un eccellente caso di studio per via delle sue caratteristiche ambientali e socioeconomiche, che rendono l'area rappresentativa dei cambiamenti avvenuti a scala nazionale. Parte della provincia di Isernia è compresa nel Parco Nazionale d'Abruzzo Lazio e Molise ed al suo interno ricadono importanti catene montuose come il Matese e le Mainarde. L'altra provincia, Campobasso, si affaccia invece sul mar Adriatico, è notevolmente più antropizzata, con evidente predominanza del comparto agricolo di natura intensiva nella zona più vicina alla costa e più pianeggiante, divenendo più estensiva e con buona presenza di prati e pascoli nell'entroterra. Le pressioni antropiche possono apparire contenute in termini assoluti, tutt'altro se rapportate al contesto socio-economico, visto ad esempio il saldo demografico negativo registrato nell'ultimo ventennio. La popolazione di 312.686 abitanti rapportata alla superficie regionale ha una densità di 70 ab/km^2 , tra le più basse in Italia. L'analisi è

stata eseguita sia con classificazione di LU che con una nuova codifica di LC. Sarà illustrato come la comparazione tra le stime provenienti dalla doppia classificazione possa costituire un veloce ed efficace strumento, capace di fornire informazioni essenziali per il supporto alla pianificazione degli usi del suolo, sia per classi naturali che semi-naturali, oltre che per le superfici urbane e artificiali.

2. Materiali e metodi

Al fine di implementare un inventario nazionale dei gas serra, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha promosso e realizzato IUTI contestualmente al Piano Straordinario per il Telerilevamento Ambientale. L'inventario adotta uno schema di campionamento denominato Tesselled Stratified Sampling (Fattorini, Marcheselli e Pisani, 2006)[1] per la classificazione tramite fotointerpretazione su ortofoto del territorio Italiano in categorie di uso del suolo. La copertura del campione a livello nazionale è di circa 1.260,000 tasselli ed un punto in ognuno di esso. Per l'area di studio sono stati utilizzati i 17737 punti IUTI ricadenti nella regione Molise, il risultato è una copertura di 18.341 tasselli con un'area totale di 458,25 ha, contro una superficie reale di 446.051. I 604 punti, facenti parte dei tasselli che intersecano i confini regionali sono stati classificati con un codice diverso e scartati dalle stime di superfici delle classi di LU e LC. La numerosità del campione è giustificata dall'esigenza di ottenere stime delle superfici e dei cambiamenti relativi di LU e con una adeguata accuratezza statistica anche per i cambiamenti più piccoli maggiormente probabili su brevi intervalli temporali (Corona *et al.*, 2012).



Fig. 1 – Schema di campionamento: tesselled stratified sampling (TSS).

I risultati di IUTI sono stati ufficialmente rilasciati per gli anni 1990-2000 (par-

[1] Dal quale è ripresa la metodologia statistica di produzione delle stime e dei relativi errori standard.

zialmente) e 2008. I dati dell'Inventario sono stati resi disponibili per ulteriori indagini ed applicazioni, quali l'analisi di paesaggio, il supporto alle politiche agricole e forestali e la pianificazione urbanistica per lo sviluppo degli insediamenti.

2.1. Classificazione di Uso e Copertura del suolo

Per giungere ad una comprensione integrata dei processi dinamici di trasformazione del suolo e stabilire le connessioni tra uso e coperture analizzandone le differenze di stime, si è scelto di accostare alla legenda di uso del suolo IUTI (Tabella. 1), una codifica di copertura del suolo, già adottata per la rete di monitoraggio del consumo di suolo e dell'impermeabilizzazione di ISPRA. I punti sono quindi stati fotointerpretati con doppia classificazione per il 2012, mentre per l'anno 2000 la classificazione di IUTI è stata integrata con quella di ISPRA[2].

Nella classificazione originale di IUTI, la codifica del LU avviene mediante fotointerpretazione, individuando gli elementi omogenei in cui ricade il punto di campionamento contestualmente ad una verifica degli standard dimensionali minimi di riferimento, quali: a) superficie o estensione maggiore o uguale a 5.000 m^2; b) larghezza dell'area considerata maggiore o uguale a 20 m. Il primo livello di classificazione adotta sei categoria di uso del suolo: *Forest land* (1), *Cropland* (2), *Grassland* (3), *Wetland* (4), *Settlements* (5) and *Other lands* (6). Il primo livello viene approfondito con criterio gerarchico, con le sottocategorie di secondo livello per *Forest land* (1), *Cropland* (2) e *Grassland* (3), e al terzo livello per i *Permanent crops* (2.2) (Fig.1). Per la distinzione tra alberi, arbusti e praterie si è resa necessaria la stima della copertura delle chiome arboree (Marchetti *et al*., 2012). Tale classificazione è nata anche dall'esigenza di integrare l'indagine con INFC che definisce le macrocategorie inventariali di bosco e altre terre boscate sulla base delle corrispondenti categorie FAO (2000). Si può notare come le classi 4.5 e 6 possano essere indistintamente trattate come classi di copertura o d uso del suolo. La confusione e l'ibridazione delle due classificazioni presenta analogie marcate con il sistema adottato da Anderson *et al.* (1976) per l'interpretazione di dati telerilevati a varie scale e risoluzioni, tra i primi a sottolineare le differenze tra uso e copertura del suolo. Per la classificazione di copertura è stata adottata la codifica proposta da ISPRA, per la rete nazionale sul consumo di suolo e l'impermeabilizzazione (Munafò e Tombolini, 2014). Tale classificazione è attualmente utilizzata per la caratterizzazione del consumo di suolo in Italia, viene integrata, confrontata o validata con indici di vegetazione per la componente naturale e seminaturale, e con gli strati ad alta risoluzione per la matrice impermeabile resi disponibili dal programma GMES Copernicus (EEA, 2013). Il secondo livello presenta un approfondimento specifico per le classi di *consumato*, e *non consumato.*

[2] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Tab. 1 – Sistema di classificazione di uso del suolo IUTI.

Categoria IPCC	*Categoria IUTI*	*Sottocategoria*
I livello	*II livello*	*III livello*
1. Forest Land	1.1 Bosco	
	1.2 Aree boscate temporaneamente prive di soprassuolo arboreo	
2. Cropland	2.1 Seminativi e altre colture erbacee	
	2.2 Colture Arboree	2.2.1Arboricoltura da frutto e vivai
		2.2.2 Arboricoltura da legno
3. Grassland	3. Praterie, Pascolo ed incolti erbacei	
4. Wetlands	4. Zone umide e acque	
5. Settlements	5. Urbano	
6. Other lands	6. Zone improduttive con vegetazione rada o assente	

Tab. 2 – Sistema di classificazione di copertura del suolo ISPRA.

ISPRA Land Cover I livello		*ISPRA Land Cover II Livello*
Consumato	*1*	11. Edifici 12. Strade asfaltate 13. Strade sterrate 17. Piazzali e altre aree in terra battuta 18. Serre 19. Aeroporti e porti 20. Aree e campi sportivi impermeabili 21. Sede ferroviaria 22. Altre aree impermeabili 23. Campi fotovoltaici 24. Aree estrattive Discariche Cantieri
Non consumato	*0*	31. Alberi in aree urbane 32. Alberi in aree agricole 33. Alberi in aree naturali 34. Seminativi 35. Pascoli/ Prati 36. Corpi idrici 37. Alvei di fiumi 38. Zone umide (paludi, stagni) 39. Rocce/spiagge/dune 40. Ghiacciai e superf. innevate 41. Aree sportive permeabili 42. Altre aree permeabili 43. Altre aree permeabili in ambito agricolo 44. Altre aree permeabili in ambito naturale



Fig. 2 – Confronto tra classificazione di Uso del Suolo e di Copertura del suolo, con misure di superficie per i parametri dimensionali (area omogenea minima di 5000 m^2), numerate da sinistra a destra. Immagine 1: classe LU 1.1 (Bosco),classe LC 35 (Prati e Pascoli). Immagine 2: classe LU 2.1 (Seminativi), classe LC 13 (Strada Sterrata). Immagine3: classe LU 1.1 (Seminativi e altre colture erbacee), classe LC 34 (Seminativi).

3. Risultati e discussioni

3.1. Stima delle superfici di uso e di copertura del suolo

Nelle tabb. 3 e 4 è possibile osservare la ripartizione del territorio in classi d'uso e copertura del suolo nell'anno 2012 con stima delle superfici in ha (A), percentuale rispetto alla superficie totale dei tasselli (p). L'analisi dei cambiamenti è condotta successivamente con la costruzione delle matrici di transizione, basate sul metodo dei flussi (Pontius *et al.*, 2004; ONCS, 2009).

Tab. 3- Stima delle superfici per categoria di uso del suolo IUTI per gli anni 2000 e 2012 nella regione Molise, i cambiamenti relativi.

IUTI uso del suolo	*p (%) 2000*	*A (ha) 2000*	*p (%) 2012*	*A (ha) 2012*	*Differenza (ha)*
1.1	32,95	151.100	34,91	160.050	8.950
1.2	0,09	425	0,20	900	475
2.1	46,98	215.425	43,33	198.675	-16.750
2.2.1	5,06	23.200	5,70	26.125	2.925
2.2.2	0,08	350	0,13	575	225
3.1	6,26	28.700	5,89	27.025	-1.675
3.2	2,20	10.100	2,96	13.575	3.475
4	0,51	2.350	0,50	2.300	-50
5	2,50	11.450	3,03	13.875	2.425
6	0,07	325	0,07	325	0

Tab. 4 – Stima delle superfici per categoria di copertura del suolo ISPRA per gli anni 2000 e 2012 nella regione Molise.

ISPRA copertura del suolo	*p (%) 2000*	*A (ha) 2000*	*p (%) 2012*	*A (ha) 2012*	*Differenza (ha)*
11	0,95	4.350	1,07	4.925	575
12	1,34	6.125	1,40	6.425	300
13	0,43	1.975	0,44	2.000	25
17	0,13	575	0,17	775	200
19	0,00	0	0,01	25	25
20	0,01	25	0,02	75	50
21	0,03	150	0,03	150	0
22	0,13	600	0,20	900	300
23	0,01	25	0,03	125	100
24	0,26	1.175	0,35	1.625	450
31	0,03	150	0,03	125	-25
32	5,41	24.825	5,89	27.025	2.200
33	30,97	142.000	33,06	151.600	9.600
34	43,57	199.775	40,47	185.575	-14.200
35	4,98	22,850	4,90	22.450	-400
36	0,33	1.500	0,34	1.575	75
37	0,27	1.225	0,31	1.425	200
38	0,03	150	0,03	125	-25
39	0,26	1.200	0,22	1.025	-175
41	0,02	75	0,02	100	25
42	0,80	3.675	0,92	4.200	525
43	2,09	9.575	2,19	10.050	475
44	4,67	21.425	4,61	21.125	-300

3.2. Analisi dei cambiamenti di uso e copertura del suolo

Relativamente alla classificazione di LU, dalla tabella 3 si evince come al primo livello di classificazione il territorio italiano sia largamente caratterizzato dalla presenza delle classi 2.Cropland (43,3% del campione totale) e 1.Forest Land (34,91%). Complessivamente la classe più dinamica in termini di variazione di superficie risulta la 1.1.Woodland, che nell'arco dei 12 anni considerati ha subito un aumento di 8.950 ha. Dal punto di vista qualitativo, relativamente agli impatti dei cambiamenti sulla funzionalità degli ecosistemi coinvolti, non è trascurabile il dato dell'incremento della superficie urbanizzata, pari a circa 2.425 ha, avvenuto soprat-

tutto a danno della classe 2.1, come del resto osservato per l'intero territorio nazionale (Marchetti *et al*., 2014). Tale incremento è consistente se si considera la variazione relativa fra le due annualità (+21,18%). Tale valore, vicino alla media nazionale, risulta anomalo se messo in relazione al saldo demografico negativo osservato nel periodo di riferimento (Sallustio *et al*., 2013).

Osservando la ripartizione dei punti IUTI con classe d'uso 5.Settlements nelle varie classi di copertura (fig. 3), è interessante osservare come il 31,9% degli stessi ricada in classi di copertura "non consumate" (31-44), di cui ben il 27,4% nella classe Altre aree permeabili (42). Questo dato oltre ad avere un'importanza dal punto di vista conoscitivo fornisce informazioni rispetto alla densità ed all'effettiva impermeabilizzazione del suolo. Tanto maggiore è la superficie urbanizzata classificata come non impermeabilizzata, tanto maggiore sarà infatti il grado di permeabilità della stessa, ad indicare una minore densità di sedime a fronte di maggiori spazi e superfici in grado di assolvere ad importanti funzioni ecologiche.

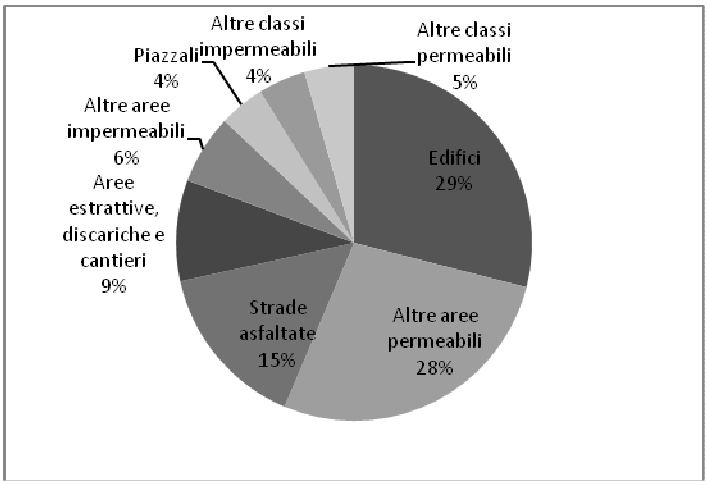


Fig. 3 – Ripartizione delle stime di superficie della classe di uso del suolo Settlements nelle classi di copertura del suolo (valori percentuali delle superfici di LU).

La classe di copertura del suolo predominante nella regione Molise è la Seminativi (34), con una superficie stimata nel 2012 di 185.575 ha pari al 40,47% della superficie regionale. In virtù dei 199.775 ha (43,57% della superficie regionale) stimati per l'anno 2000, si registra una perdita di 14.200 ha (-7,1%). Tale decremento è il maggiore in valore assoluto tra le due annualità registrato tra le diverse classi di copertura, ed è in buona parte imputabile alle transizioni verso le classi prati/pascoli (35) e alberi in aree agricole (32). I suoli consumati (primo livello della classificazione di copertura del suolo) complessivamente occupano il 3,71% (17.025 ha) della superficie regionale al 2012, in aumento di 0,44 punti percentuali al 2000. Tale incremento di circa 2.025 ha è avvenuto soprattutto a carico della classe seminativi (70%). Analizzando il dettaglio del secondo livello di classificazione dei suoli consumati, si rileva un forte incremento soprattutto nella classe edi-

fici (11) che passa da 4.350 ha a 4.925 ha, con una occupazione di suolo al 2012 dell'1,07% (circa il 29% delle superfici consumate.

Tab. 5 – Stima dei cambiamenti di LC tra il 2000 e il 2012 tra la matrice artificiale (classi da 11 a 24) e quella naturale e seminaturale (classi da 31 a 44) e al suo interno nella Regione Molise. (valori in ettari).

		2012	
		Matrice Artificiale	*Matrice Naturale e Seminaturale*
2000	*Matrice Artificiale*	300 ha	400 ha
	Matrice Naturale e Semi-Naturale	2.425 ha	33.625 ha

La maggior parte delle transizioni osservate avvengono a scapito delle superfici agricole e prati/pascoli, seppur per ragioni e con modalità diverse (Marchetti et *al.*, 2013). La classe d'uso del suolo dei seminativi, pur subendo una forte riduzione pari a 16.750 ha dal 2000 al 2012 (-7,78%), rappresenta tutt'oggi la classe più diffusa (43.33%, tab.3), ancor più di quanto osservato mediamente a livello nazionale all'anno 2008 (37,5%).

La lettura dei fenomeni di transizione che interessano le superfici agricole è agevolata dall'analisi dei flussi riguardanti le classi di copertura del suolo. Come si evince dalla lettura della fig. 4, il bilancio negativo della classe Seminativi (34) è da imputarsi principalmente al cambiamento di copertura in alberi in aree agricole e pascoli\prati (32), mentre solo una piccola percentuale viene persa a causa del consumo di suolo per impermeabilizzazione.

Dalla lettura sintetica dei dati analizzati sinora, la Regione Molise si rivela come area relativamente resistente ai LUCC: l'8,01% della superficie regionale è interessata da cambiamenti di LC e il 7,97% da cambiamenti di LU. A livello nazionale, al 2008 la superficie urbanizzata secondo IUTI è pari al 7,6%, mentre nell'area studio il dato relativo al 2012 è pari al 3,03% se si considera il LU, ed al 3.72% se si considera la macroclasse "consumato" di LC. Il consumo di suolo è avvenuto a danno dei terreni agricoli (classi 34 e 43) e in piccola parte a scapito di prati e pascoli (classi 33 e 35). Tali risultati sono concordi con quelli ottenuti da altri inventari di LU/LC come LUCAS e ISPRA (Munafò, Salvati e Zitti, 2013).

3.3. Confronto tra Uso e Copertura

Sebbene LU e LC rappresentino due aspetti distinti, essi sono strettamente interconnessi e si influenzano a vicenda, come evidenziato dall'analisi congiunta dei dati. La MMU è un parametro tipico delle classificazioni di LU che incide sulle stime di alcuni particolari fenomeni come l'impermeabilizzazione del suolo, a cau-

sa della frammentazione e polverizzazione del nuovo tessuto urbano, fenomeno particolarmente diffusa in alcune Regioni d'Italia tra cui il Molise (Romano e Zullo, 2013). Tale aspetto è facilmente riscontrabile se si pensa che a fronte di una stessa intensità campionaria e metodo di campionamento, il suolo urbanizzato utilizzando la classificazione d'uso, è pari al 3,03% (13.875 ha), decisamente inferiore rispetto al 3.71% (17.025 ha) relativo alle classi di copertura delle superfici impermeabili/consumate. Nonostante nella classe d'uso del suolo "urbano" siano comprese anche aree urbane permeabili con funzioni ricreative (e.g.: campi sportivi e parchi urbani), il risultato del confronto rivela come la classificazione di copertura si presti meglio ad identificare le superfici artificiali che pur non essendo considerate urbane ai fini della classificazione d'uso, svolgono un ruolo sicuramente comparabile dal punto di vista ecologico e funzionale Al fine di confrontare numericamente le stime di superficie delle due diverse classificazioni, è stata inoltre realizzata un'aggregazione al secondo livello, con dati riferiti all'ultima annualità disponibile (tab. 6).

Tab. 6 – Confronto tra le stime di uso e di copertura in classi aggregate per l'anno 2012.

	LU classes	LC classes	LU (%)	LC (%)	Differenze assolute (%)
Terre boscate	1.1- 1.2- 2.2.2	33	35,23	33,06	2.16
Seminativi	2.1	34- 43	43,33	42,66	0.67
Arboricoltura	2.2.1	32	5,82	5,89	0.07
Praterie e Pascoli	3.1- 3.2	35- 44	8,85	9,50	0.65
Acque e zone umide	4	36- 37- 38	0,50	0,68	0.18
Urbano e artificiale	5	da 11 a 24	3,03	3,71	0.69
Zone improduttive permeabili	6	da 39 a 42	0,07	1,16	1.09



Il disallineamento delle classi dipende dalla non completa corrispondenza semantica nelle definizioni dei codici oltre che dalle già citate differenze tra le procedure di classificazione. L'aggregazione restituisce buone percentuali di corrispondenza per le classi di arboricoltura e seminativi, mentre le differenze di stima divergono nelle classi interessate dai parametri di valutazione del LU.

4. Conclusioni

Le differenti caratteristiche delle classificazioni di LC e LU si prestano come elemento chiave per il supporto alle valutazioni di trasformazione delle aree urbane e periurbane per quanto riguarda il LC e per la pianificazione agricola e forestale per il LU. Per la pianificazione delle aree urbane, infatti, un importante ruolo è rivestito dagli elementi artificiali di tipo lineare e puntuale (strade, strade asfaltate e piazzali), che pur rappresentando buona parte della superficie impermeabile dell'area di studio (54% nel 2012), sono intercettati quasi esclusivamente dalla

classificazione di LC, a causa della difficoltà di raggiungimento dei parametri dimensionali minimi previsti dalla classificazione d'uso (estensione e larghezza). L'utilizzo di un sistema di classificazione in grado di identificare questo tipo di oggetti riveste una notevole importanza per la pianificazione di un territorio densamente segnato dalla rete infrastrutturale di trasporto come quello italiano. Altrettanto importante è la lettura incrociata dei dati di LU e LC. Nel caso delle superfici urbane, ad esempio, se è vero che il LU esprime la quantità di territorio interessato da agglomerati di edifici, infrastrutture ed opere accessorie, è altrettanto vero che dal punto di vista ecologico-funzionale, è il LC ad avere una maggiore importanza, basti pensare al deflusso idrico. Nell'area di studio, ad esempio, si è osservato come in realtà, quasi il 32% della superficie urbana secondo la classificazione di LU, risulti permeabile, dato questo che può essere molto importante in termini di pianificazione perché capace di fornire indicazioni riguardo alla eventuale necessità di aumentare la porosità delle superfici urbane o quanto meno evitarne un'ulteriore impermeabilizzazione.

La disponibilità di stime accurate di LU e LC, unitamente alla capacità di distinzione o integrazione tra uso e copertura, rappresenta un bisogno primario per le politiche del territorio che si rivolgono ai problemi dei servizi ecosistemici. La maggiorparte degli studi sulla crescita urbana e l'impermeabilizzazione del suolo (Marinosci *et al.*, 2014; EC, 2012) suggeriscono due principali strategie per il contenimento dell'espansione urbana: 1) la protezione dei confini urbani dalle espansioni a bassa densità, favorendo la rigenerazione urbana ed il recupero delle aree dismesse 2) la conservazione dei terreni agricoli, del bosco e dei pascoli, attraverso urbanizzazioni a media densità e compatte che si integrino nel paesaggio rurale. Lo scopo di queste strategie è di controbilanciare gli impatti delle attività umane sul comparto suolo, attraverso meccanismi e processi come la rigenerazione urbana o la compensazione ecologica (Pileri e Maggi, 2007) In quest'ottica si inserisce il presente lavoro, con una proposta metodologica capace di fornire misure affidabili delle tendenze temporali del consumo di suolo e dell'*urban sprawl*.

I risultati hanno evidenziato una polarizzazione dei fenomeni di cambiamento d'uso e copertura del suolo riconducibili in gran parte a: a) la ricolonizzazione da parte di superfici naturali, bosco ed altre terre boscate a seconda degli stadi successionali, nelle zone alto collinari e montane; b) una forte dinamicità tra le diverse classi riconducibili a superfici naturali e seminaturali; c) l'*urban sprawl* nella bassa collina e pianura, soprattutto a ridosso dei più grandi centri urbani e poli produttivi della Regione. Alla luce di questi risultati e dei confronti appena descritti, si può concludere affermando che l'utilizzo combinato delle classificazioni d'uso e di copertura del suolo apre la strada a nuove opportunità di comprensione delle dinamiche d'uso del suolo, aumentando il potere informativo degli inventari nel contesto dell'analisi territoriale. Considerata la disponibilità e la frequenza di aggiornamento delle immagini satellitari, la doppia classificazione si apre, in prospettiva, ad una sua applicazione su tutto il territorio Nazionale, grazie alla sua economicità rispetto alle più laboriose e dispendiose cartografie. Se da un lato gli inventari risultano particolarmente utili in virtù della loro economicità e possibilità di stima dell'affidabilità statistica, d'altra parte essi non permettono la spazializzazione del

dato. Quest'ultima risulta una limitazione soprattutto in quanto le sole statistiche non sono sufficienti come dato di input in molti modelli spazialmente espliciti come quelli per la valutazione e mappatura degli ecosystem services (InVEST, ARIES etc.). Nonostante queste limitazioni, le stime di LU e LC forniscono un valido strumento di supporto alla pianificazione, accrescendo la consapevolezza delle dinamiche del passato e facilitando la costruzione di scenari alternativi di LU/LC (*e.g.* Schirpke *et al.*, 2012).

Riferimenti bibliografici

Anderson J.R., Hardy E.E., Roach J.T., and Witmer R.E. (1976), *A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data*.

Bonan G. B. (1997), "Effects of Land Use on the Climate of the United States", *Climatic Change*, *37*(3):449-486. doi:10.1023/A:1005305708775.

Bounoua L., DeFries R., Collatz G. J., Sellers P., and Khan, H. (2002), "Effects of Land Cover Conversion on Surface Climate" *Climatic Change*, 52(1-2):29-64. doi:10.1023/A:1013051420309.

Corona P., Barbati,A., Tomao A., Bertani R., Valentini R., Marchetti M., Fattorini L. e Perugini L. (2012), "Land use inventory as framework for environmental accounting: an application in Italy", *iForest - Biogeosciences and Forestry*, *5*(4):204-209. doi:10.3832/ifor0625-005.

DeFries R., and Eshleman K. N. (2004), "Land-use change and hydrologic processes: a major focus for the future", *Hydrological Processes*, *18*(11):2183-2186. doi:10.1002/hyp.5584.

Di Gregorio A. and Jansen L.J. (2000). *Land Cover Classification System: Classification Concepts And User Manual*, FAO, Rome.

Di Gregorio A. and Jansen L.J., (2005), *Land Cover Classification System: Classification Concepts and User Manual, Software Version 2*, in Fo*od and Agriculture Organization of the United Nations*, Environmental and Natural Resources Series Rome.

Ellis E.C., and Ramankutty N. (2008), « Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world", *Frontiers in Ecology and the Environment*, *6*(8):439-447. doi:10.-1890/070062.

European Commission (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*, Lussemburgo, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea. http://ec.europa.eu/environment/soil/sealing_-guidelines.htm

FAO (2000), "On definition of forest and forest change", Forest Resources Assessment Working Paper 33. Rome. from www.fao.org/forestry/fo/fra/index.jsp.

Fattorini L., Marcheselli M., e Pisani C. (2006), A three-phase sampling strategy for large-scale multiresource forest inventory. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, *11*(3):1-21.

Lund H.G. (2002). "When is a forest not a forest?", *J-For*, 100:21–27, Available at: http://home.comcast.net/~gyde/lundpub.htm.

Marchetti M., Bertani R., Corona P. e Valentini R. (2012), "Changes of forest coverage and land uses as assessed by the inventory of land uses in Italy", *Forest@ - Rivista Di Selvicoltura Ed Ecologia Forestale*, *9*(4), 170–184. doi:10.3832/efor0696-009.

Marchetti M., Lasserre B., Pazzagli R., Sallustio L. (2013), "Rural areas and urbanization: analysis of a change", *Scienze del territorio* (2):239-258. ISSN 2284-242X. Available

at: http://www.fupress.net/index.php/SdT/article/view/14333/13324.
Maricchiolo C., Sambucini V., Pugliese A., Blasi C., Marchetti M., Chirici G. e Corona P. (2004), La realizzazione in Italia del progetto europeo I&CLC2000: metodologie operative e risultati, atti dell'8ª conferenza Nazionale ASITA "Geomatica: standardizzazione, interoperabiltà e nuove tecnologie", Rome.
Marinosci I., Assennato F., Congedo L., Luti T., Munafò M., Ferrara A., Riitano N., Lucchesi F. e Zetti, I. (2014), *Forme di urbanizzazione e tipologia insediativa*, in X Rapporto sulla Qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
Munafò M., e Tombolini I. (2014), *Il Consumo di suolo in Italia* - Edizione 2014. ISPRA.
Munafò M., Salvati L., e Zitti M. (2013), "Estimating soil sealing rate at national level Italy as a case study", *Ecological Indicators*, *26*:137-140. doi:10.1016/j.ecolind.2012.11.001
Pileri P., e Maggi M. (2010), "Sustainable planning? First results in land uptakes in rural, natural and protected areas: the Lombardia case study (Italy)", *Journal of Land Use Science*, *5*(2):105-122. doi:10.1080/1747423X.2010.481078.
Plotkin S. (1987), "Property, policy and politics: towards a theory of urban land-use conflict, *International Journal of Urban and Regional Research*", *11*(3):382–404. doi:10.-1111/j.1468-2427.1987.tb00056.x.
Pontius R. G., Shusas E., and McEachern M. (2004), "Detecting important categorical land changes while accounting for persistence", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *101*(2-3), 251–268. doi:10.1016/j.agee.2003.09.008.
Ramankutty N., and Foley J.A. (1998). "Characterizing patterns of global land use: An analysis of global croplands data", *Global Biogeochemical Cycles*, *12*(4):667-685. doi:10.1029/98GB02512.
Romano B. e Zullo F. (2013), "Models of urban land use in Europe: assessment tools and criticalities", *International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems*, 4(3), ISSN 80–97. doi: 10.4018/ijaeis.2013070105
Sala O.E. (2000), "Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100", *Science*, 287(5459):1770-1774. doi:10.1126/science.287.5459.1770.
Sallustio L., Vizzarri M., Marchetti M. (2013), Trasformazioni territoriali recenti ed effetti sugli ecosistemi e sul paesaggio italiano. Territori (18), 46-53.
Schirpke U., Leitinger G., Tappeiner U., Tasser, E. (2012), "SPA-LUCC: Developing land-use/cover scenarios in mountain landscapes", *Ecological Informatics*, 12:68-76. doi:10.1016/j.ecoinf.2012.09.002.
Vitousek P. M. (1997), Human Domination of Earth's Ecosystems, *Science*, 277(5325), 494-499. doi:10.1126/science.277.5325.494.

Rete di monitoraggio a scala locale del consumo di suolo: il caso di studio del Comune di Bari

di V. La Ghezza[*] L. Congedo[**], M. Munafò[**], E. Barbone, F. Lacarbonara*, V.M. Perrino*, B. Radicchio* e M. Blonda**

Riassunto

Migliorare la conoscenza sul consumo di suolo è un'attività necessaria ai fini degli obiettivi della Unione Europea che consistono nell'occupazione netta di terreno pari a zero entro il 2050. ARPA Puglia, in collaborazione con ISPRA, ha effettuato un monitoraggio del consumo di suolo per il territorio di Bari (1988-2013) basato sulla fotointerpretazione di ortofoto e sulla divisione dell'area in celle di analisi di ridotte dimensioni (10x10 m). I risultati sono stati confrontati con i dati sul consumo di suolo derivanti dalla Rete di Monitoraggio ISPRA e dall'EEA (Degree of Imperviousness). Sebbene le tre stime mostrino trend comparabili di aumento del consumo di suolo, il metodo proposto da ARPA si distingue per una maggiore semplicità di elaborazione, soprattutto in fase di aggiornamento.

Parole chiave: consumo di suolo, fotointerpretazione, rete di monitoraggio, HRL, Copernicus.

Summary

The improvement of the information on land consumption is an essential step towards the objectives of the European Union, namely the net zero land take by 2050. ARPA Puglia, in collaboration with ISPRA, carried out an analysis of land consumption for the territory of Bari Municipality (1988-2013) based on the interpretation of orthophotos and consisting in the partition of the study area in cells of analysis of small size (10X10 m). The results were compared to data on land consumption resulting from the Monitoring Network of ISPRA and from the European Environmental Agency (Degree of imperviousness). While the three estimates show comparable trends of increasing land consumption from 1988 to 2013, the

[*] ARPA Puglia - Agenzia Regionale per la Prevenzione e la Protezione dell'Ambiente.
[**] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ISPRA.

method proposed by ARPA stands out for a greater simplicity of processing, especially during the update steps.

Key words: land cosumption, HRL, land take, Copernicus.

1. Introduzione

Migliorare la conoscenza sul consumo di suolo in Italia è attività necessaria per garantire gli obiettivi della Commissione Europea che con la Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse, propone il traguardo di un incremento dell'occupazione netta di terreno pari a zero da raggiungere, in Europa, entro il 2050 (EC, 2006). Infatti, il suolo costituisce un sistema ambientale unico, che è a tutti gli effetti una risorsa limitata in quanto si sviluppa in tempi estremamente lunghi (Lal, 2005). Normalmente, il consumo di suolo è associato con la rimozione della parte superficiale del suolo, o l'isolamento irreversibile del suolo superficiale dal resto dell'ambiente, causando quindi una riduzione dei servizi ecosistemici (Munafò e Tombolini, 2014; Verburg *et al*., 2013).

In Italia l'abusivismo edilizio ha influenzato lo sviluppo del territorio dal dopoguerra ad oggi, causando un elevato consumo di suolo a discapito delle aree agricole (Berdini, 2010). Inoltre, nel corso degli ultimi decenni, il consumo del suolo è cresciuto in modo notevolmente maggiore rispetto alla popolazione (Munafò e Tombolini, 2014). Dal 2006 l'Agenzia Europea dell'Ambiente ha sviluppato uno strato ad alta risoluzione (*Degree of imperviousness*) per il monitoraggio dell'impermeabilizzazione del suolo. L'ISPRA da numerosi anni è impegnata nel monitoraggio del consumo del suolo nazionale, sviluppando una rete di monitoraggio puntuale che ha permesso di stimare il consumo del suolo negli ultimi decenni (Munafò e Tombolini, 2014). L'obiettivo di questo studio è quello di proporre una metodologia che tenga conto delle seguenti di una serie di vantaggi metodologici e che, nel contempo, permetta una riduzione dei tempi di elaborazione del dato. I risultati verranno confrontati con i valori di consumo di suolo ottenuti tramite la metodologia ISPRA e il *Degree of Imperviousness* dell'EEA.

2. Materiali e metodi

2.1. Descrizione dell'area di studio

Il metodo è stato applicato sull'intero territorio comunale di Bari, che si estende su 117,4 km^2. Tale superficie è stata suddivisa in una griglia che ha generato 1.169.381 punti. La fotointerpretazione è stata ripetuta su 4 ortofoto a disposizione dell'Agenzia negli anni 1988, 2000, 2006 e 2010.

2.2. Descrizione del metodo proposto

Al fine di fornire una stima della perdita della risorsa "*suolo*", omogenea a livello regionale, si propone una metodologia basata sulla fotointerpretazione di immagini ad alta risoluzione. La metodologia proposta il seguente flusso di operazioni:

- la suddivisione dell'area di studio in celle di analisi (10x10m);
- il calcolo e l'individuazione cartografica del centroide per ogni singola cella;
- la classificazione binaria del centroide basata su fotointerpretazione, in funzione della presenza (suolo consumato, codice "1") o non presenza (suolo non consumato, codice "0") di elementi antropizzati, come illustrato in figura 1;
- la ripetizione della fase 3 per le ortofoto/immagini satellitari facenti parte del lasso di tempo del quale si vuole valutare il consumo di suolo;
- la conversione dell'informazione, attraverso un join spaziale, dal valore puntuale alla propria cella di riferimento.

La figura 1 mostra 4 casi possibili:

- caso 1: la cella racchiude un'area non consumata e il centroide ha codice "0";
- caso 2: una parte della cella è costituita da una superficie non consumata, ma il centroide ha codice "1";
- caso 3: una parte della cella è costituita da una superficie consumata, ma il centroide ha codice "0";
- caso 4: la cella racchiude un'area consumata e il centroide ha codice "1".

La semplicità del metodo consiste proprio nella facile attribuzione del codice "1" (suolo consumato) e del codice "0" (suolo non consumato) al punto centrale della cella, anche quando questa presenti situazioni intermedie.

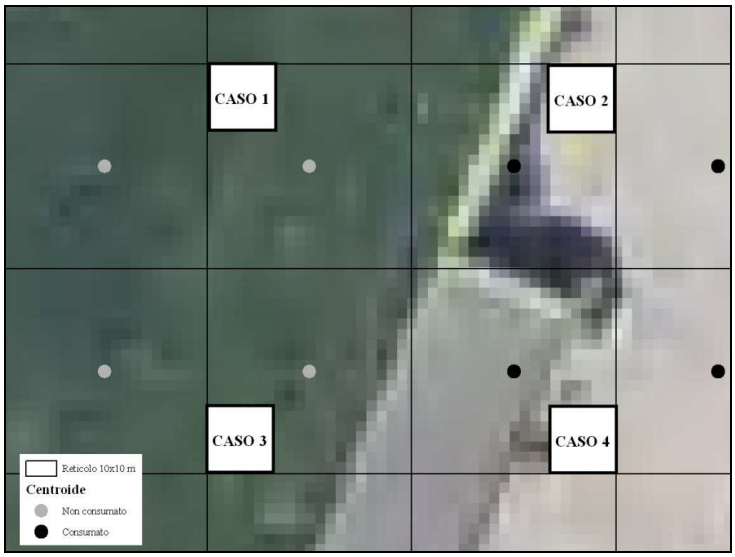


Fig. 1 – Esempio di applicazione del metodo.

2.3. Rete di monitoraggio ISPRA

La rete di monitoraggio ISPRA è una rete di punti selezionati in modo casuale sul territorio italiano, che rappresentano il campione utilizzato per derivare le stime di consumo del suolo. I punti sono classificati manualmente da fotointerpreti su immagini ad elevatissima risoluzione acquisite in vari anni, permettendo quindi una stima delle variazioni del consumo di suolo al livello nazionale, regionale e per i principali comuni italiani (Munafò e Tombolini, 2014).

2.4. Degree of Imperviousness

Lo strato ad alta risoluzione *Degree of Imperviousness*, prodotto dall'Agenzia Europea dell'Ambiente, è un prodotto derivato da immagini telerilevate con una risoluzione spaziale di 20 m (EEA, 2013). Tali immagini sono classificate in modo semi-automatico con varie tecniche che permettono la misurazione della percentuale di impermeabilizzazione del suolo. Il prodotto (in formato raster) è aggiornato con cadenza triennale (2006, 2009, e 2012) ha una risoluzione di 20 m. Questo dato quindi è adatto per la rappresentazione cartografica delle superfici impermeabilizzate, ma la risoluzione spaziale determina una precisione inferiore sulla stima delle superfici rispetto alla rete di monitoraggio ISPRA.

3. Risultati

L'analisi effettuata mostra che la superficie consumata nel 1988, all'interno del comune di Bari, corrispondeva a circa un terzo (quasi 40 km^2) della superficie amministrativa totale. Il consumo di suolo è cresciuto costantemente nel tempo, con un tasso di crescita medio annuo di 36,2 ha. La superficie consumata nel 2010 risulta essere di 47 km^2 circa, pari al 40.5 % della superficie comunale. L'incremento maggiore sembra esserci stato durante il periodo temporale 2000 - 2006, con un tasso di consumo medio annuo che nel decennio 2001-2010 supera i 60 ha/anno (come mostrata la tabella 1). La figura 2 mostra la distribuzione delle aree consumate e non consumate negli anni 1988, 2000 e 2010. Si possono notare le aree di massima espansione urbanistica che corrispondono prevalentemente con la zona industriale, l'aeroporto e aree residenziali lungo il litorale, a SE del centro abitato. Le aree naturali, seminaturali o agricole sono molto limitate e ormai frammentate da un fenomeno di antropizzazione ormai diffuso.

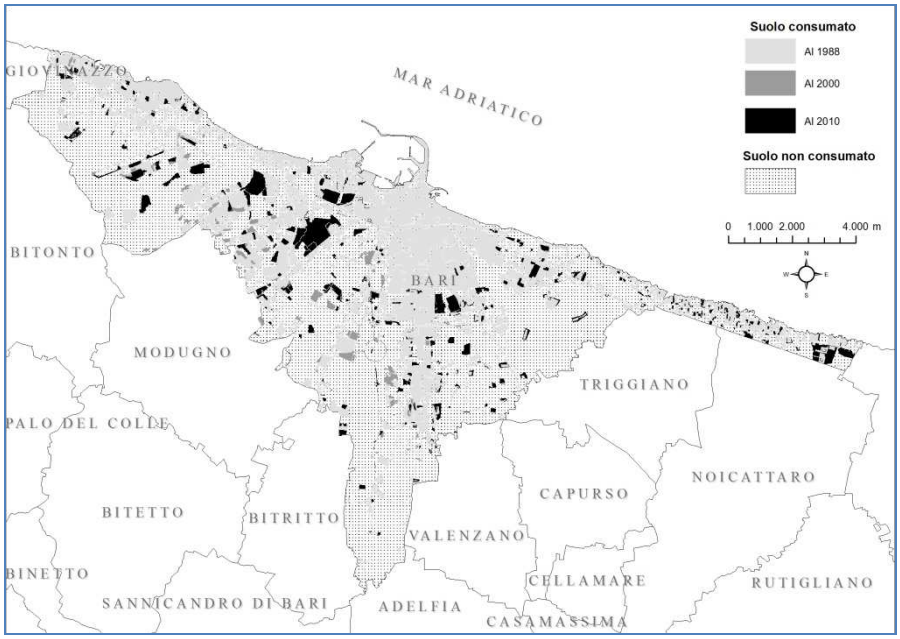


Fig. 2 – Distribuzione delle aree consumate e non consumate all'interno territorio del comune di Bari.

Tab. 1 – Tassi di consumo di suolo medi annui.

	Metodo ARPA Pugia	Metodo ISPRA	*Imperviousness*
Tasso di consumo annuo	36,2 ha	45,3 ha (1989-2010)	---
Tasso medio di consumo annuo (1988-2000)	14,5 ha	41,2 ha (1989-1998)	---
Tasso medio di consumo annuo (2001 - 2010)	62,2 ha	44,9 ha (1998-2010)	62,2 ha (2006 - 2012)

La figura 3 mostra il confronto tra il consumo di suolo osservato con la metodologia presentata in questo documento (celle 10x10m), la Rete di Monitoraggio ISPRA (rilievo puntuale), ed il dato *Degree of Imperviousness*, realizzato dalla Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) per gli anni 2006, 2009 e 2012 (celle 20x20m). Le maggiori differenze tra le stime si rilevano per gli anni precedenti al 1990. Tutte le stime mostrano un sostanziale incremento del consumo di suolo con trend comparabili. È importante mettere in evidenza come la risoluzione del dato influenzi la precisione delle stime. Si può notare comunque un graduale allineamento tra i vari rilievi, in particolare per gli ultimi anni. Ciò è in parte dovuto ad un miglioramento nel tempo della metodologia utilizzata per la creazione del dato *De-*

gree of Imperviousness, e della qualità delle immagini utilizzate per il monitoraggio del consumo di suolo.

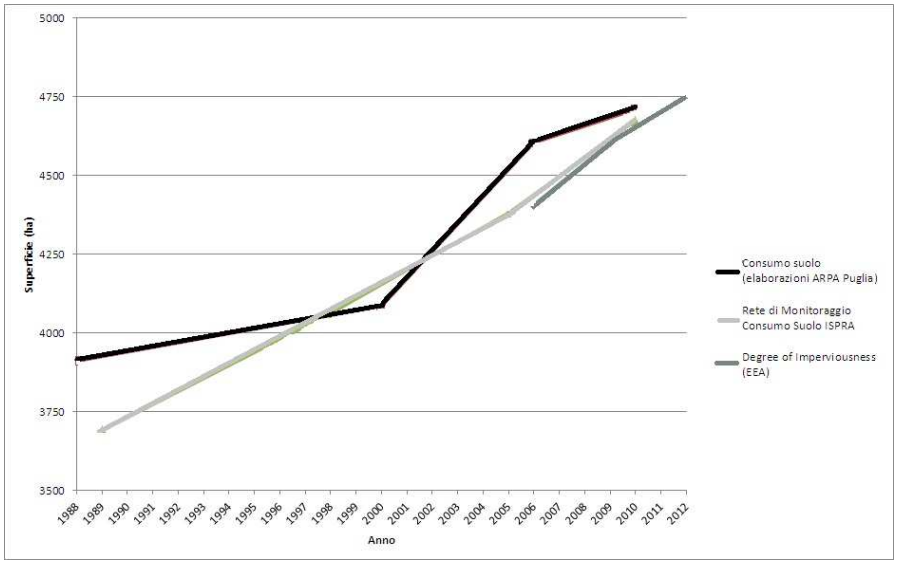


Fig. 3 – Confronto tra il consumo del suolo elaborato da ARPA Puglia, la rete di monitoraggio predisposta da ISPRA e Degree of Imperviousness (EEA).

4. Conclusioni

Questo studio contribuisce all'obiettivo di costituire, a livello locale, una rete di monitoraggio del consumo di suolo, tale da permettere di valutare in maniera diretta le variazioni legate ai cambiamenti di copertura del suolo, anche di modesta entità. Una rete di monitoraggio che sia in grado di stimare il consumo di suolo e l'impermeabilizzazione di un territorio (anche attraverso l'uso di indicatori specifici già presenti in letteratura) al fine di garantire una valutazione attendibile ed omogenea delle dinamiche in atto a scala comunale.

Tale rete di monitoraggio si può basare sulla metodologia proposta che sebbene richieda, rispetto le altre, un discreto dispendio di tempo durante la costruzione della griglia di monitoraggio e nell'inserimento dei dati iniziali (per il comune di Bari, circa 40 ore/uomo per completare il monitoraggio del primo anno), consente un aggiornamento del dato negli anni successivi più speditivo e semplice.

Riferimenti bibliografici

Berdini P. (2010), *Breve storia dell'abuso edilizio in Italia dal ventennio fascista al prossimo futuro*, Roma, Donzelli.

EC (2006), *Strategia tematica per la protezione del suolo*, COM(2006)231, Commissione Europea, Bruxelles.
EEA (2013), *GIO land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs)* – summary of product specifications.
Lal R. Press, C. (2005), a cura di, *Encyclopedia of Soil Science*, CRC Press.
Munafò M., Tombolini I. (2014), *Il consumo di suolo in Italia*, ISPRA rapporti 195/2014.
Verburg P. H., Erb K. H., Mertz O., Espindola G. (2013), "Land System Science: between global challenges and local realities", *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5:433-437.

Consumo di suolo, consumo di suoli in Abruzzo

M. Paolanti[*], *M. Munafò*[**], *F. Fumanti*[***], *M. Di Leginio*[***], *I Chiuchiarelli*[****] *e S. Santucci*[****]

Riassunto

Il consumo di suolo interessa indistintamente coperture pedologiche che esprimono servizi ecosistemici differenziati per qualità e capacità d'uso. Per una corretta valutazione della risorsa suolo è quindi fondamentale conoscere il modello geografico di distribuzione dei suoli. La carta dei suoli d'Abruzzo è stata confrontata con le fonti informative sul consumo di suolo elaborate da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) con la finalità di passare dalla semplice misura del suolo in termini di metri quadri alla verifica di quali siano le caratteristiche e le qualità dei suoli "consumati". Il contenimento del consumo di suolo, la valorizzare del territorio inedificato e la rigenerazione dei suoli urbani sono ad oggi obiettivi prioritari, riconosciuti anche su scala europea. In attesa della legge quadro nazionale, molte Regioni hanno già varato una propria legislazione per frenare il consumo del suolo. La regione Abruzzo ha in discussione in commissione una propria proposta di legge diretta in tal senso. L'attività legislativa ed amministrativa necessita di strumenti tecnici affidabili su cui fondare le proprie decisioni in maniera efficace.

Parole chiave: suolo, pedologia, consumo di suolo, capacità d'uso.

Summary

Soil sealing generally concerns many type of soils providing different ecosystem services. For this reason, the knowledge of soil geographical distribution is ex-

[*] Libero professionista *choros@tin.it.*

** Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale – ISPRA, *michele.munafo@isprambiente.it*

[***] Dipartimento Difesa del Suolo/Servizio Geologico d'Italia ISPRA *fumanti@isprambiente.it, marco.dileginio@isprambiente.it.*

[****] Regione Abruzzo, *igino.chiuchiarelli@regione.abruzzo.it.*

tremely important. The soil map of Abruzzo has been compared with ISPRA (Institute for Environmental Protection and Research) soil sealing datasets. This overlay has permitted to analyse the soil typology "sealed" providing, at the same time, a useful tool for management and planning strategies. Soil sealing control and the exploitation of *non-build-up areas* are currently priority target, also recognised at European level. Looking forward to a national framework law, many Regions have a specific legislation to reduce soil sealing (other regions like Abruzzo are moving in this direction). The assessment of soil quality is a management tool for ensuring a relevant legislation (national and/or regional)

Key words: soil, pedology, soil sealing, soil capability.

1. Premessa

Il suolo rappresenta un complesso e interattivo laboratorio biogeochimico che supporta tutta le forme di vita terrestri ed esplica una serie di servizi ecosistemici vitali per l'umanità. Ma il suolo è anche una risorsa fragile, praticamente non rinnovabile nei tempi umani, troppo spesso percepito solo come supporto alla produzione agricola e come base fisica sulla quale sviluppare le attività umane. L'alterata percezione dell'essenzialità del suolo ne determina il suo uso/abuso nell'incuranza degli effetti derivanti dalla perdita delle sue funzioni. La degradazione del suolo rappresenta ormai un'emergenza a livello mondiale ed assume rilievo anche in Italia anche a causa dell'alta diversità ambientale e pedologica (Costantini *et al.*, 2013) quest'ultima caratterizzata da molti tipi di suolo con vulnerabilità senza dubbio più alta rispetto a quelli presenti negli altri Paesi Europei (Paolanti, 2010). Tra i molteplici processi, di natura essenzialmente antropogenica, che determinano il depauperamento della risorsa, l'insieme di pratiche legate all'espansione urbana, compresi nel termine generale di impermeabilizzazione dei suoli o *soil sealing*, ne rappresenta certamente uno dei principali.

Pur non trattandosi in senso assoluto del processo più esteso, poiché altri fenomeni come l'erosione o la diminuzione della sostanza organica interessano superfici ancora più vaste, l'alterazione/perdita di suolo legata all'urbanizzazione rappresenta un processo praticamente irreversibile. In questo caso le sue funzioni biologiche ed ecologiche sono fortemente compromesse o annullate, in particolare la capacità di assorbimento di gas serra, di filtrare le sostanze inquinanti e di regolare i flussi idrici. I processi di espansione urbana interessano, soprattutto nell'ambito della pedo diversità italiana, ambiti con una copertura pedologica diversificata, costituita da diverse tipologie di suoli cui corrispondono diverse resilienze, diverse qualità e diverse capacità di fornire servizi ecosistemici Analisi svolte in altri territori hanno già evidenziato come il consumo di suolo abbia interessato in maniera preferenziale suoli di elevato valore agricolo (Brenna, 2011). Conoscere i suoli significa anche poter passare dalla misura del suolo in termini di territorio urbanizzato alla valutazione, anche economica, della perdita reale del capitale naturale e dei

servizi ecosistemici svolti dal suolo. Ciò può rappresentare un ausilio importante nell'elaborazione di informazioni più adeguate al fine di perseguire il benessere e la sicurezza della popolazione, la salvaguardia del paesaggio e degli ecosistemi, le difesa del suolo agricolo e delle sue produzioni, etc. (Cafiero et *al.*,2015). La carta della capacità d'Uso dei suoli, in particolare, è uno strumento che pur non cogliendo tutta la complessità dei valori, permette di offrire al pianificatore un'informazione sintetica in grado di supportare in maniera efficace il processo decisionale.

2. Le banche dati sul consumo di suolo

Per studiare il fenomeno del consumo di suolo ISPRA ha predisposto diversi strati informativi differenziati per struttura, dettaglio, modalità di elaborazione e quindi ovviamente come dato di output. Nell'ambito della presente indagine sono state fatte delle valutazioni analizzando quelle relative *"all' impermeabilizzazione del suolo e delle aree costruite* (*Built up areas*)" ed i dati del *Corine Land Cover* (*change*).

2.1. Corine Land Cover

Il progetto *Corine Land Cover* (CLC) (Fonte dati ISPRA SINANET) è un data base europeo, organizzato specificamente per il rilevamento ed il monitoraggio delle caratteristiche di copertura e uso del territorio. La prima realizzazione del progetto CLC risale al 1990, con aggiornamenti riferiti agli anni 2000, 2006 e 2012. La realizzazione del database prevede l'elaborazione di una banca dati dei cambiamenti (*Change*), intercorsi fra i periodi di riferimento con un'area minima di 5 ha. ISPRA ha elaborato, per conto dell'Agenzia Europea dell'Ambiente, il dato relativo al territorio Italiano. Si tratta di un dato capace di informare circa le dinamiche territoriali, ma il cui limite informativo, rispetto al tema del consumo di suolo, risiede nel dettaglio cartografico. Viceversa, rispetto ad una rilevazione puntuale del cosidetto "*built-up*" evidenzia le aree in cui vi è la probabilità che suoli inclusi in una matrice soggetta a processi di "*artificializzazione*" possano aver subito impatti o trasformazioni. Ricordiamo a tal proposito che intermini quantitativi, i processi di degrado dei suoli legati all'urbanizzazione od alla costruzione di infrastrutture, possono portare ad una perdita netta di servizi ecosistemici spesso almeno paragonabile a quella legata alle superfici permanentemente impermeabilizzate.

2.2. La banca dati dell'impermeabilizzazione del suolo e delle aree costruite

Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia si basa sull'impiego di diverse

fonti, sia cartografiche, sia campionarie, permettendo di ricostruire l'andamento del consumo di suolo nel nostro Paese dal secondo dopoguerra ad oggi, mediante una metodologia di campionamento stratificato, che unisce la fotointerpretazione da ortofoto e carte topografiche storiche con i dati telerilevati ad alta risoluzione (Munafò *et al*., 2013; Munafò e Tombolini, 2014).

In particolare, con il programma *Copernicus* (precedentemente noto come *GMES - Global Monitoring for Environment and Security*) è stato avviato un piano per la realizzazione dei servizi di *Land Monitoring* (*GIO-GMES Initial Operations - Land Monitoring Implementation Plan 2011–2013*) che prevede l'acquisizione di una copertura satellitare europea al 2012 e la produzione di 5 strati ad alta risoluzione relativi all'impermeabilizzazione del suolo e alle aree costruite (*HRL Imperviousness & Built Up* – già disponibili con riferimento al 2006 e al 2009 nell'ambito dell'iniziativa *Fast Track Service Precursor on Land Monitoring - Degree of soil sealing*), alle foreste, ai prati-pascoli, alle aree umide e ai corpi idrici. Tali dati sono disponibili in formato raster con un dettaglio spaziale notevolmente superiore rispetto al *Corine Land Cover* (Commissione Europea, 2012; European Environment Agency, 2013).

Nel 2014 sono state completate da ISPRA le attività di validazione e di miglioramento e sono state rilasciate le carte nazionali dell'impermeabilizzazione del suolo e delle aree costruite con risoluzione a 20 metri, sono state avviate le attività di produzione di una carta del consumo del suolo con una risoluzione ancora più elevata (risoluzione di 5 metri), che permetterà di migliorare ulteriormente l'accuratezza delle stime e la qualità della rappresentazione cartografica e che sarà rilasciata nel mese di maggio 2015.

La cartografia utilizzata per le analisi riportate nel presente contributo è quella relativa alle aree costruite del 2012, con una classificazione di tipo binario (aree costruite, aree non costruite) e risoluzione di 20 metri.

Questo strato ha il pregio del dettaglio ma è un dato statico, che non ci permette di comprendere l'evolversi dei fenomeni, nella presente analisi è stato associato, per conoscere appunto le dinamiche, al dato *Corine Land Cover*.

Per valutare il reale consumo di suolo associato alle diverse classi CLC, si è operato secondo modalità analoghe a quelle utilizzate per il confronto tra la carta pedologica e la carta delle aree costruite (vedi paragrafi successivi).

In particolare, ogni classe di copertura del suolo è stata caratterizzata valutando la percentuale di aree costruite sul totale della superficie della classe.

Dall'analisi dei valori ottenuti, sono state successivamente individuate due tipologie diverse di classi di copertura artificiale del suolo (livello 1 della classificazione *Corine Land Cover*):

- classi con percentuale di aree costruite superiore al 20%;
- classi con percentuale di aree costruite inferiore al 20%.

Nella prima categoria sono rientrate tutte le coperture relative alle zone urbanizzate di tipo residenziale (**classi 1.1.x**) e le zone industriali, commerciali e infrastrutturali (**1.2.x**). Nella seconda categoria sono rientrate le restanti classi, relative alle zone estrattive, cantieri, discariche e terreni artefatti e abbandonati (**1.3.x**) e le zone verdi artificiali non agricole (**1.4.x**). In tal modo si può definire un consumo di suolo di

maggiore intensità, che sarà presente, quindi, in corrispondenza di superfici in cui è avvenuta una trasformazione da superficie naturale ad aree residenziali, industriali, commerciali e infrastrutturali, e un consumo di suolo a minore intensità, presente nelle altri classi di superfici artificiali.

Da segnalare che la percentuale di aree costruite si è rilevata non trascurabile anche in classi di copertura non artificiale, in particolare nelle zone agricole eterogenee (classe 2.4.2, sistemi colturali e particellari complessi). Questo dato non deve stupire visto che si tratta di una classe "mista", ovvero con la compresenza di diverse coperture del suolo, in particolare la classe *Corine* LC 2.4.2, comprende il cosiddetto "urbano diffuso od urbano sparso" ed ammette una copertura del costruito fino ad un massimo del 30% (EEA, 2000) e quindi nei diversi contesti territoriali individua "*pattern di uso del suolo*", anche abbastanza differenziati. Tuttavia, anche in considerazione della marginalità dei cambiamenti di copertura del suolo verso tale classe nella regione Abruzzo, misurati in circa 25 ettari complessivi, si è ritenuto di non includerla nell'insieme delle aree in cui si è riscontrato il consumo di suolo.

3. La banca dati dei suoli d'Abruzzo

La Regione Abruzzo, ha costruito e mantiene aggiornata una banca dati dei suoli regionali, da cui deriva la Carta dei Suoli della Regione Abruzzo in scala 1:250.000 (Chiuchiarelli *et al.*, 2006). La banca dati raccoglie informazioni puntuali dei siti di rilevamento pedologico (dati raccolti in campo e valutazioni), degli orizzonti corredati da analisi di laboratorio ed immagini dei siti stessi. Il sistema di organizzazione dei dati si articola su due settori: il database dei dati puntuali e tipologici e il geodatabase dei dati areali. (Chiuchiarelli *et al.*, 2009)

Le informazioni della banca dati sono utilizzate a supporto della pianificazione nei settori agricolo e forestale, nella pianificazione urbanistica, nella tutela delle risorse idriche superficiali e sotterranee, nella gestione delle aree irrigue e di bonifica, così come nell'assistenza tecniche alle aziende.

Con attività recente la Regione Abruzzo (*Dipartimento Sviluppo Economico e Politiche Agricole- Servizio Gestione del Territorio, del Suolo e Green Economy*), ha predisposto un aggiornamento della banca dati con le attività di rilevamento svolte nel periodo 2006 – 2010 (in pubblicazione).

La banca dati pedologica consta ad oggi di 2.999 osservazioni ed archivia dati relativi a 7.528 orizzonti. La cartografia è organizzata secondo un sistema gerarchico a scale diverse, dalla più generale, a scala 1:5.000.000 finalizzata alla correlazione europea e all'organizzazione operativa dei rilevamenti, fino alla scala di dettaglio (1:10.000 - 1:50.000) in aree campione. Livelli intermedi, a completa copertura regionale, sono i Sistemi di Suolo a scala 1:500.000 (livello Nazionale) ed i Sottosistemi di suolo a scala 1:250.000. In Abruzzo sono state riscontrate 3 "Soil Region", 29 Sistemi e 102 Sottosistemi. I profili pedologici con le relative informazioni puntuali sono stati organizzati in unità e sottounità tipologiche di suolo, che riuniscono osservazioni simili, cioè "pedon" che hanno delle relazioni funzionali che possono essere di carattere geografico, di carattere genetico, (suoli che

hanno processi pedogenetici simili, quindi orizzonti, proprietà e materiali diagnostici simili) o di carattere funzionale (suoli che mostrano problematiche gestionali, di conservazione ed attitudine colturale simili). Il catalogo dei suoli della regione Abruzzo è attualmente costituito da 61 Unità e 186 Sottounità Tipologiche di suolo. Importante sottolineare come la cartografia pedologica individui e disegni i "pedopaesaggi", ossia tratti di territorio omogenei per aspetti morfologici e morfometrici, substrati e clima ed i suoli che vi sono presenti. Questo ci permette di conoscere, se il fenomeno di consumo di suolo interessi fondovalle alluvionali, piuttosto che aree costiere od aree pianeggianti interne e quindi di avere un'informazione completa del contesto territoriale consumato.

3.1. La cartografia regionale della capacità d'uso dei suoli

La Cartografia Regionale della Capacità d'Uso dei Suoli, classifica il territorio secondo ampi sistemi agro-silvo-pastorali e non in base a specifiche pratiche colturali. La Capacità d'Uso dei Suoli non definisce attitudini per specifiche utilizzazioni del suolo, ma si basa sulle limitazioni presenti nei confronti di un uso agricolo generico; limitazioni che derivano dalla qualità del suolo, ma anche dalle caratteristiche dell'ambiente in cui il suolo è inserito. (Klingebiel et al., 1961; Costantini, 2006). I suoli privi di limitazioni sono, di fatto, i più versatili, potenzialmente idonei ad un'ampia varietà di utilizzazioni agricole, quelli che hanno la maggior probabilità di essere adattabili anche a scenari futuri diversi da quelli attuali (esigenze per nuovi ordinamenti colturali, necessità di cambiare le agrotecniche applicate, ecc.). La classificazione della capacità d'uso prevede fino a tre livelli: la classe; la sottoclasse e l'unità. Le classi di capacità d'uso raggruppano sottoclassi che possiedono lo stesso grado di limitazione o rischio e sono designate con numeri romani dal I all' VIII in base al numero ed alla severità delle limitazioni.

SUOLI ARABILI: classi dalla I (suoli senza o con poche limitazioni all'utilizzazione agricola) alla IV, con quest'ultima che riunisce suoli con limitazioni molto forti all'utilizzazione agricola.

SUOLI NON ARABILI: classi dalla V alla VII con limitazioni crescenti che ne riducono il loro uso alla forestazione, alla produzione di foraggi, al pascolo o al mantenimento dell'ambiente naturale fino ai suoli dell'VIII classe per i quali sono previste solo misure conservative della risorsa e non è possibile alcuna attività agro-silvo-pastorale.

Questa cartografia, per il suo valore informativo diretto e per la semplicità della struttura informativa che gli permette di essere accolta e gestita facilmente nell'ambito di normative e regolamenti urbanistici, è inserita nell'apparato normativo di varie regioni. Possiamo citarne, tra i molti riferimenti, alcuni come esempio:

Regione Lazio: *L.R. 22 Dicembre 1999, n. 38 Norme sul governo del territorio (e successive modifiche)***.** Richiede di produrre uno studio agropedologico che consiste nella "**Land Capability Classification** *USDA 1961"*;

Regione Calabria: *L.R. 16 aprile 2002, n. 19, "Norme per la tutela, governo ed uso del territorio" e le Linee Guida della Pianificazione Regionale.* Richiede la

*"**Definizione delle classi di capacità d'uso del suolo**";*

Provincia di Torino: *Piano Territoriale di Coordinamento provinciale (PTC) e sua variante (PTC2)(Deliberazione del Consiglio Regionale 21 luglio 2011, n. 121 – 29759).* Prevede che solo nelle aree dense e di transizione sono congruenti nuovi processi insediativi e vengono comunque escluse aprioristicamente dalla trasformabilità, fatte salve limitatissime eccezioni **i terreni ricadenti I e II Classe di Capacità d'Uso dei Suoli** (ed in *classe III ove le prime due non siano che marginalmente rappresentate*).

Le **carte di capacità d'uso dei suoli** possono fornire agli amministratori e al decisore politico una via da seguire, con l'obiettivo evidente di ridurre il consumo della risorsa e, in particolare, di limitare l'occupazione di suoli ad alto valore produttivo o naturalistico.

4. Il consumo di suoli

Nella tab. 1, sono riportati i dati relativi al suolo consumato in Abruzzo, riassunti a livello di Sistema di Suolo. Si può notare come nella Soil Region A si concentri la maggior parte del fenomeno. Si tratta dell'area che comprende l'area costiera mesoadriatica con l'esigua striscia di litorale, l'area collinare retrostante con substrato prevalentemente argilloso-limoso plio-pleistocenico ed i fondovalle alluvionali dei grandi corsi d'acqua perpendicolari alla costa. La figura 1 riassume la diffusione geografica del fenomeno di consumo di suolo, classificando i poligoni dei sottosistemi della carta dei suoli secondo il grado di copertura delle superfici impermeabilizzate. Quasi 19.000 ha, circa il 45% del territorio complessivamente consumato in tutta la Regione Abruzzo riguarda la stretta fascia costiera, i fondovalle e le superfici terrazzate (Sistemi A1, A2 e A3, Tabella 1). In particolare la fascia costiera, come già altre analisi hanno evidenziato (Lega Ambiente, 2013), risulta impermeabilizzata per oltre il 60% (tab. 1).

Il fenomeno del consumo di suolo si accompagna, in queste superfici, a quello della frammentazione che interrompe la continuità e la funzionalità della rete ecologica. Quindi proprio lì, ove gli impatti dell'attività antropica sono più elevati per la concentrazione delle attività legate all'urbanizzazione e per l'insistenza delle attività agricole a maggiore livello di input (concimazioni, trattamenti ecc.), è ridotta in maniera drastica la possibilità dei suoli di fornire servizi ecosistemici, soprattutto quelli legati alla possibilità di proteggere le altre risorse ambientali (acque, aria).

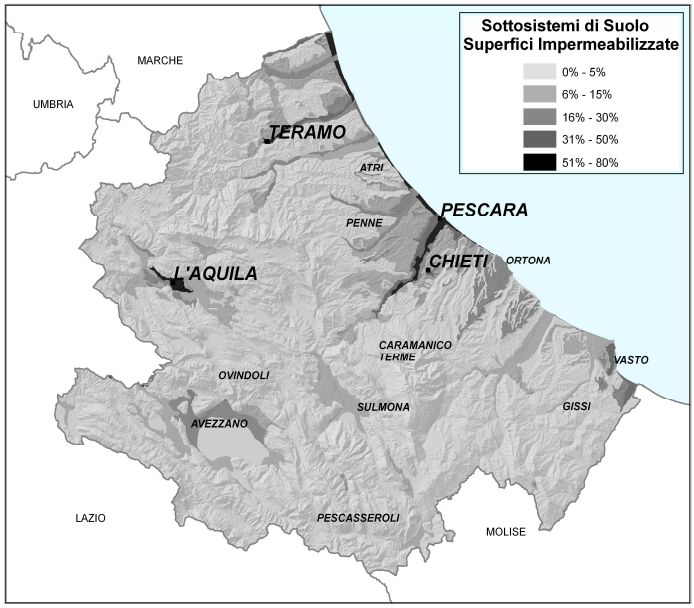


Fig. 2 – Superfici impermeabilizzate dei sottosistemi di suolo.

Analizzando la tabella 1 si può notare come un altro valore significativo sia quello relativo al Sistema C5 che riguarda le superfici poste prevalentemente tra i 300 ed i 1.000 metri s.l.m. e comprende le conche intermontane dell'Aquila, di Sulmona, del Fucino, per quanto riguarda l'area esterna alla bonifica ed altre conche di dimensioni più piccole che a queste sono riferibili. Si tratta anche in questo caso di ambienti pianeggianti di particolare valore strategico, in una regione connotata da morfologie prevalentemente acclivi.

Tab. 1 – Analisi del consumo di suolo per i diversi Sistemi di suolo.

	Sistemi di Suolo (Legenda semplificata)	*ST (cop. reg) (%)*	*Built_UP (ha)*	*Built_up (cop. ST) (%)*
A1	Fascia litoranea costiera.	0,43%	2794,52	60,1%
A2	Fondovalle e terrazzi	6,85%	11568,08	15,5%
A3	Terrazzi sommitali dei rilievi pliopleistocenici	2,49%	4466,76	16,5%
A4	Rilievi pliopleistocenici con substrato argilloso-limoso, posti tra i 50 ed i 300 m s.l.m.	9,57%	5203,44	5,0%
A5	Rilievi pliopleistocenici con substrato argilloso-limoso, con diffussi fenomeni di erosione calanchiva.	1,64%	369,52	2,1%
A6	Rilievi pliopleistocenici con substrato argilloso.	2,20%	460,88	1,9%

	Sistemi di Suolo (Legenda semplificata)	*ST (cop. reg) (%)*	*Built_UP (ha)*	*Built_up (cop. ST) (%)*
A7	Rilievi pliopleistocenici con substrato argilloso-limoso, posti tra i 200 ed i 800 m s.l.m.	1,23%	322,32	2,4%
Soil Region A Area collinare costiera mesoadriatica con substrato prevalentemente argilloso-limoso.		**24,4%**	**25185,52**	**9,5%**
B1	Rilievi con substrato costituito da alternanze calcaree e marnose, argille varicolori caotiche e localmente da alternanze pelitico-arenacee.	3,45%	440,2	1,2%
B2	Rilievi delle alternanze pelitico-arenacee, posti tra 100 e 500 m s.l.m.	6,68%	2967,56	4,1%
B3	Rilievi delle alternanze pelitico-arenacee posti p tra 400 e 800 m s.l.m.	2,23%	224,16	0,9%
B4	Rilievi delle alternanze pelitico-arenacee, con dissesti diffusi, posti tra 300 e 800 m s.l.m.	2,13%	229,84	1,0%
B5	Rilievi delle alternanze pelitico-arenacee, con dissesti diffusi, posti tra 600 e 1.200 m s.l.m.	2,59%	261,92	0,9%
B6	Rilievi delle alternanze pelitico-arenacee posti tra 800 e 1600 m s.l.m.	4,69%	252,56	0,5%
B7	Aree sommitali dei rilievi pelitico-arenacei posti tra 1.600 e 2.400 m s.l.m.	0,37%	1,08	0,0%
B8	Rilievi con substrato costituito da calcari marnosi e marne	2,46%	162,24	0,6%
Soil Region B Aree collinari e montane, con substrati costituiti da alternanze pelitico arenacee e marnoso calcaree. (sec. gli ambienti costituiti da argille varicolori e successione evaporitica.		**24,6%**	**4539,56**	**1,7%**
C1	Versanti con substrato terrigeno inseriti all'interno dei rilievi calcarei.	0,82%	190,84	2,2%
C2	Versanti con substrato terrigeno parzialmente coperti da coltri detritiche, affioranti all'interno delle valli dei rilievi calcarei	4,56%	1058,52	2,1%
C3	Conche intermontane con depositi fluviolacustri e vulcanici.	0,32%	212,32	6,2%
C4	Piana bonificata della conca intermontana del Fucino (AQ) con depositi fluviolacustri.	1,31%	141,84	1,0%
C5	Conche intermontane poste tra 300 e 1.000 m s.l.m. con depositi fluviolacustri e detritico-colluviali.	6,93%	7833,4	10,4%
C6	Conche intermontane poste prevalentemente tra 1.000 e 1.400 m s.l.m. con depositi fluviolacustri e detritici.	0,86%	154,8	1,7%
C7	Conche intermontane prevalentemente tra 1.400 e 1.800 m s.l.m.	0,60%	37,12	0,6%
C8	Rilievi costituiti da alternanze calcareo marnose e calcaree	1,55%	67,64	0,4%
C9	Versanti dei rilievi carbonatici posti tra 600 e 1.200 m s.l.m.	7,26%	920,56	1,2%

	Sistemi di Suolo (Legenda semplificata)	*ST (cop. reg) (%)*	*Built_UP (ha)*	*Built_up (cop. ST) (%)*
C10	Versanti boscati dei rilievi carbonatici posti tra 1.000 e 1.800 m s.l.m.	4,99%	233,52	0,4%
C11	Versanti coperti da praterie dei rilievi carbonatici posti tra 1.000 e 1.800 m s.l.m.	16,05%	794,64	0,5%
C12	Ripiani dei rilievi carbonatici con morfologie carsiche dominanti, posti tra 1.000 e 1.600 m s.l.m.	0,90%	51	0,5%
C13	Versanti sommitali dei rilievi carbonatici posti prevalentemente oltre i 1.600 m s.l.m.	2,41%	27,84	0,1%
C14	Versanti sommitali dei rilievi carbonatici con forme di modellamento glaciale posti prevalentemente oltre i 1.600 m s.l.m.	2,24%	5,12	0,0%
Soil Region C. Soil Region dell'Appennino centrale su rocce carbonatiche con incluse le conche intermontane.		**50,8%**	**11729,16**	**2,1%**
	Totale		**3,8%**	

In Abruzzo i suoli potenzialmente appartenenti (ossia se non vi fosse stato consumo di suolo) alla prima e seconda e seconda classe di capacità d'uso, coprono meno del 5% del territorio regionale, i suoli di 3 e 4 classe coprono oltre il 66% del territorio regionale ed un rimanente 27% non è utilizzabile ai fini agricoli.

Analizzando il consumo di suolo relativamente alla Classe di Capacità d'Uso (Tabella 2), si può notare come ben il 18% dei suoli di seconda classe siano stati consumati. I suoli di seconda classe sono suoli versatili, disponibili per più utilizzi ai fini agricoli, con un elevato grado di capacità di protezione delle falde e di filtrare gli agenti inquinanti. Si tratta in questo caso di una risorsa non riproducibile irrimediabilmente persa.

Tab. 2 – Analisi del consumo di suolo per le diverse classi di capacità d'uso dei suoli.

Classe LC	*Copertura regionale*		*Superficie consumata*	
	ha	*%*	*ha*	*%*
1	4.293	0,4%	63	1,5%
2	44.335	4,1%	7.962	18,0%
3	463.898	42,8%	24.741	5,3%
4	268.823	24,8%	6.289	2,3%
5	3.875	0,4%	63	1,6%
6	132.083	12,2%	1.474	1,1%
7	89.109	8,2%	416	0,5%
8	65.223	6,0%	437	0,7%
Altre superfici prive di suolo	12.128	1,1%	4	0,0%
Totale	1.083.765	100%	41.449	3,8%

4.1. La dinamica territoriale del consumo di suolo

I cambiamenti di copertura del suolo, sono stati valutati utilizzando i dati CLC relativi ai cambiamenti riscontrati nel periodo 2006-2012. Tali cambiamenti sono rappresentati solo in caso di variazioni maggiori di 5 ettari e, quindi, rappresentano solo una parte dei cambiamenti complessivi. Nonostante questa evidente limitazione, si è ritenuto valido l'approccio in quanto, ai fini del presente lavoro, è importante avere un'analisi relativa alla distribuzione del consumo di suolo tra i diversi suoli, piuttosto che una stima quantitativa assoluta delle superfici affette da tale fenomeno.

Per tali ragioni, sono stati sovrapposti i dati dei cambiamenti con la carta pedologica, individuando le superfici relative al consumo di suolo complessivo (suddiviso tra quello a maggiore intensità (cambiamenti nelle classi 1.1.x e 1.2.x) e a minore intensità (nelle classi 1.3.x e 1.4.x), per ogni sottosistema pedologico.

La tabella 3 segnala i Sistemi d Suolo ove nel periodo 2006-2012 l'analisi evidenzia consumo di suolo. Nel periodo in esame, al di là del suolo valore assolutoil consumo di suolo si concentra per oltre l'80 % nelle aree dei fondovalle e terrazzi (Sistema A2) che incidono in senso est ovest i rilievi collinari dell'area "*mesoadriarica*" ed nel sistema delle conche interne (Sistema C5).

Tab. 3 – analisi della dinamica del consumo di suolo nel periodo 2006 – 2012.

ST	*Consumo Suoli Verso classi 11x 12x -(m2)*	*Consumo Suoli Verso classi 13x 14x (m2)*	*Consumo Totale (m2)*	*Cambiamenti Totali (m2)*	*Consumo Sist Consumo Tot (%)*
A1	31.509		**31.509**	31.509	0,43%
A2	2.499.953	354.080	**2.854.033**	5.160.726	38,64%
A3	69.467	109.086	**178.553**	414.071	2,42%
A4	447.286	128.499	**575.784**	727.626	7,80%
A6	1.715		**1.715**	1.715	0,02%
B1		99.363	**99.363**	174.676	1,35%
B2	83.765	106.647	**190.412**	780.001	2,58%
C2	103.500		**103.500**	217.800	1,40%
C3	72.941		**72.941**	533.183	0,99%
C4			**-**		0,00%
C5	2.633.195	429.684	**3.062.879**	3.786.389	41,47%
C11	93.933	121.308	**215.241**	12.969.284	2,91%
Tot	**6.037.264**	**1.348.667**	**7.385.930**	**42.062.913**	**100%**

5. Conclusioni

L'analisi sul consumo dei suoli in Abruzzo, riportata in questo rapporto pur non essendo uno studio esaustivo del fenomeno, illustra le principali caratteristiche del fenomeno, valuta l'importanza dell'informazione pedologica nell'analisi delle dinamiche e quale supporto alle decisioni di pianificazione e gestione territoriale.

La Regione Abruzzo (*Dipartimento Sviluppo Economico e Politiche Agricole-*

Servizio Gestione del Territorio, del Suolo e Green Economy), ha predisposto una banca dati dei suoli che copre tutto il territorio regionale, che ci permette di conoscere, ad esempio, quali suoli siano interessati dal tracciato di un'infrastruttura o da un progetto di nuova urbanizzazione, valutare le possibili alternative o stimare l'efficacia di sistemi di compensazione ambientale. Ovviamente il processo decisionale e progettuale deve tenere conto dell'accuratezza tematica e geometrica della banca dati ed utilizzare. La Banca dati dei suoli d'Abruzzo contiene anche approfondimenti a scala di maggior dettaglio (1:10.000/1:50.000), che coprono solo parzialmente il territorio. È possibile progettare nuove indagini di dettaglio su altre zone, ottimizzando costi e tempi, grazie alle informazioni presenti nella banca dati regionale, da questo punto di vista, avanzamenti metodologici legate a tecniche di *Digital Soil Mapping*, permettono di ottimizzare processi di "downscaling" con una migliore "efficienza" nell'uso delle risorse economiche utilizzate (Paolanti et *al.*, 2014). La banca dati dei suoli d'Abruzzo, inoltre, è configurata in maniera tale da poter essere integrata da nuove informazioni puntuali che ne aumentino il grado di attendibilità od essere implementata per valutazioni più complesse, quali la possibilità di misurare qualità e quantità dei servizi ecosistemici forniti dai suoli stessi, e puoi essere integrata all'interno di modelli o di sistemi esperti.

Attualmente l'Abruzzo, come molte altre Regioni, in attesa della legge quadro nazionale, sta discutendo in commissione una propria proposte di legge sul consumo dei suoli.

ISPRA sta sempre più evolvendo la qualità dei propri *layer* informativi, in virtù di nuove metodologie e dei nuovi sensori disponibili. Questi strati informativi, opportunamente confrontati con le informazioni sui suoli, permetteranno di passare da una mera contabilità delle superfici impermeabilizzate alla valutazione di quali suoli e di quali servizi ecosistemici ad essi connessi, siano realmente consumati.

Le informazioni sui suoli d'altronde sono molto costose e complesse da acquisire, richiedono tempi lunghi e personale tecnico specializzato, ma è la quasi totalità delle Regioni, analogamente alla Regione Abruzzo, hanno predisposto, o stanno ultimando, cartografie, cataloghi e banche dati sui suoli, che possono proficuamente essere utilizzate.

Riferimenti bibliografici

Cafiero G., a cura di (2014), *Servizio di carattere specialistico relativo allo sviluppo a livello locale del progetto europeo "Rurbance ". Relazione Metodologica*, Regione Piemonte, Roma, Telos SRL.

Chiuchiarelli I.; Paolanti M., Santucci S. (2009), *La banca dati dei suoli d'Abruzzo*, 12a conferenza utenti ESRI, Roma.

Chiuchiarelli I.; Paolanti M., Rivieccio R., Santucci S. (2006), *Suoli e paesaggi d'Abruzzo - Carta dei suoli d'Abruzzo, in scala 1:250.000*, Agenzia Regionale per i servizi di sviluppo agricolo della regione Abruzzo (ARSSA).

Commissione Europea (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*, Bruxelles.

Costantini E.A.C. (2006), *La classificazione della capacità d'uso delle terre (Land Capabi-*

lity Classification), in Costantini E.A.C., a cura di, *Metodi di valutazione dei suoli e delle terre*, Siena, Cantagalli.

Brenna S. (2011), *L'uso del suolo in Lombardia negli ultimi 50 anni*, Milano, ERSAF.

European Commission (2004), *Final report of the European Commission, directorate general environment, task group 5 on soil sealing, soil in urban areas*, Land use and Land Use Planning, European Commission, Essen.

European Environment Agency (EEA) (2000), *Technical report No 40. Corine land cover technical guide*. Addendum.

European Environment Agency (EEA) (2013), *GIO Land (GMES/Copernicus initial operations land) High Resolution Layers (HRLs) - summary of product specifications*, European Environment Agency, Copenhagen.

Finvers, M.A. (2008), *Application of e DPSIR for analysis of soil protection issues and an assessment of British Columbia's soil protection legislation*, M.Sc. Thesis, Cranfield University, UK.

KlingebielA.A.and Montgomery P.H. (1961), *Land Capability Classification. United States Department of Agriculture* (USDA), Handbook n. 210. Washington D.C.

Legambiente (2013), *Il consumo delle aree costiere Italiane. La costa Abruzzese, da Martinsicuro a San Salvo: l'aggresione deò cemento e i cambiamenti del paesaggio*.

Munafò M., Salvati L. e Zitti M. (2013), *Estimating soil sealing rate at national level - Italy as a case study*, Ecological Indicators 26, 137-140.

Munafò M. e Tombolini I. (2014), *Il Consumo di suolo in Italia*, Rapporti 195/2014, ISPRA Roma.

Paolanti M. (2010), *Linee guida per il trattamento dei suoli nei ripristini ambientali legati alle infrastrutture,* Manuali e linee guida 65.2/2010 ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) – AIP Associazione Italiana Pedologi) CATAP (Coordinamento delle Associazioni Tecnico-scientifiche per l'Ambiente ed il Paesaggio).

Paolanti M., Napoli R., Rivieccio R., di Ferdinando S. e Marchetti A. (2014), *La carta dei suoli della Regione Lazio*, Atti della 15a Conferenza Utenti Esri.

Uso del suolo e servizi ecosistemici: primi risultati di uno studio pilota sulle aree verdi nel Comune di Imola.

di G. Falsone[*], I. Diti[*], P. Tassinari[*],T. La Malfa[*], P. Guidi[*] e D. Torreggiani[*]

Riassunto

Come noto, il suolo svolge un ruolo fondamentale nella fornitura di servizi ecosistemici. Il presente lavoro si colloca nell'ambito di una più ampia ricerca interdisciplinare che indaga come le variazioni di uso del suolo delle aree urbane e periurbane possono influenzare la quantità di carbonio presente nel suolo, permettendo quindi una valutazione del contributo potenziale delle trasformazioni territoriali alla mitigazione di emissioni di CO_2. Nel presente lavoro si illustrano i primi risultati di uno studio pilota condotto nel comune di Imola. In particolare sono state indagate le caratteristiche di suoli attualmente a copertura verde artificiale con differenti evoluzioni del loro uso. I risultati preliminari consentiranno di validare e calibrare l'approccio metodologico della ricerca e di estendere gli scenari spazio-temporali oggetto di studio, con l'obiettivo ultimo di supportare scelte di sviluppo urbanistico sostenibili.

Parole chiave: GIS, uso del suolo, stock di carbonio, aree verdi urbane.

Summary

As known, the soil plays a fundamental role in providing ecosystem services. The present work is a part of a wider interdisciplinary research concerns on the effect of urban and periurban land use changes on soil carbon stocks, in order to evaluate the potential contribution of the land use transformation in the mitigation of CO_2 emission. We present the preliminary results of a case study in the municipality of Imola. In particular we have investigated the soil characteristic of several areas currently classified as "artificial green areas" but characterised by a different

[*] Dipartimento di Scienze Agrarie, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, *gloria.falsone@unibo.it, irene.diti@unibo.it, patrizia.tassinari@unibo.it, tommaso.lamalfa@studio.unibo.it, patrizia.guidi4@unibo.it, daniele.torreggiani@unibo.it.*

variation in their land use. These preliminary results can allow the validation and calibration of a methodological approach that can be extended to different spatio-temporal scenarios and that can support sustainable development territorial choices.

Key words: GIS, land use, carbon stocks, urban green areas.

1. Introduzione

Il suolo è un sistema complesso che svolge fondamentali funzioni ecosistemiche, tra cui il sequestro e lo stoccaggio del carbonio (de Groot *et al*., 2002; Dixon *et al*., 1994). Negli ultimi decenni il suolo è stato soggetto a forti minacce, dovute principalmente all'urbanizzazione (ISPRA, 2014). Di recente, l'Unione Europea ha redatto la "*Strategia tematica per la protezione del suolo*" (CE, 2006) ed elaborato linee guida finalizzate alla diminuzione degli impatti sulle vitali funzioni che esso svolge (CE, 2012). Risulta infatti importante, nell'ambito dei processi di pianificazione territoriale, valorizzare azioni che limitino il consumo di suolo, preferendo l'inserimento nel tessuto urbano di superfici permeabili oltre che preservando gli spazi verdi urbani già esistenti, in quanto attori fondamentali nel mantenimento dell'equilibrio ecosistemico.

La ricerca si propone quindi di mettere a punto e sperimentare una metodologia per la valutazione della quantità di C stoccato nelle aree verdi urbane e periurbane, in relazione alle dinamiche di uso del suolo occorse nel periodo tra il 1976 ed oggi. Della metodologia, concepita con validità generale, si propone un primo test pilota su di un'area studio.

2. Materiali e metodi

2.1. Inquadramento dell'area studio

Lo studio ha interessato la porzione pianeggiante del territorio del Comune di Imola (Bologna), area già oggetto di precedenti studi relativi all'analisi dei fenomeni di urbanizzazione diffusa (Tassinari *et al*., 2007a, b), dove ancora convivono ambiti urbani in espansione e un vitale comparto agricolo.

2.2. Metodologia di analisi territoriale e scelta dei siti

Attraverso l'analisi territoriale è stato individuato un set di aree verdi con idonee caratteristiche ambientali ed evolutive, profilandole in funzione delle precedenti dinamiche di uso del suolo, connesse sia alle trasformazioni agricole che ai processi di pianificazione territoriale. Il territorio è stato analizzato attraverso

l'utilizzo di basi cartografiche quali mappe di uso del suolo riferite al 1976 e 2008, altre mappe tematiche (quali carte pedologiche, DTM, ecc.) e ortofoto aree. L'elaborazione del materiale cartografico è avvenuta tramite software ArcGIS 10.2. In questo caso studio si è focalizzata l'attenzione su 4 siti attualmente destinate a verde urbano (Figura 1), la cui similitudine connessa alle suddette caratteristiche è stata valutata attraverso strumenti GIS. Nell'arco temporale investigato la dinamica d'uso del suolo di questi siti è stata: permanenza della copertura ad area verde artificiale (transizione BB) oppure trasformazione da aree agricole a seminativi a coperture verdi artificiali (transizione CB). Per ogni transizione sono stati individuati due siti (siti 22-18 e 15-10 per la transizione BB e CB, rispettivamente; fig. 1).

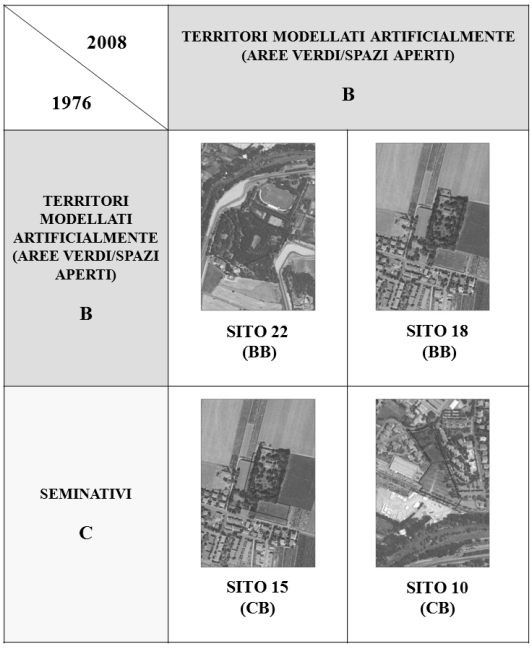


Fig. 1 – Siti selezionati sulla base della dinamica d'uso del suolo.

2.3. Campionamento ed analisi dei suoli

Nell'autunno del 2014 in ogni sito sono stati individuati due punti di scavo in cui si è provveduto ad aprire dei minipit fino alla profondità di 40 cm. Gli orizzonti genetici del suolo sono stati descritti e campionati. Inoltre sono stati prelevati campioni indisturbati di suolo a profondità definite (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 cm) tramite cilindri a volume noto.

I campioni di ogni orizzonte sono stati essiccati all'aria e setacciati a secco (<2 mm). La frazione <2 mm è stata investigata per il contenuto di C organico e di N

totale mediante analizzatore elementare (EA-1110 *Thermo Scientific Lab*.) previa rimozione dei carbonati tramite attacco con HCl. I campioni indisturbati prelevati a profondità definite sono stati essiccati a 105°C e la densità apparente è stata determinata rapportando la massa secca al volume noto del cilindro, entrambi corretti per la massa o il volume di scheletro e radici (Blake e Hartge, 1986). I valori degli stock di C organico (kg C/m^2) di ogni strato (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) sono stati calcolati considerando la concentrazione di C organico degli orizzonti, ponderandone il contenuto in funzione della profondità degli orizzonti stessi, e i relativi valori di densità apparente.

Le differenze significative tra i valori analitici sono state valutate attraverso l'analisi della varianza ad una via (ANOVA) utilizzando il software SPSS.

3. Risultati e discussione

I valori della concentrazioni di C organico variano da 7.5 e 44.3 g/kg ed, in generale, decrescono con la profondità degli orizzonti (Tabella 1). Il range di variazione dei valori del rapporto C/N è 7.1-10.1 e, anche in questo caso, i valori diminuiscono con la profondità (Tabella 1). Rilevante notare che sia i valori quantitativi che quelli qualitativi che fanno riferimento alla sostanza organica (i.e., valori di C organico e C/N, rispettivamente) sono simili (p>0.05) tra le transizioni. La similitudine tra i valori quantitativi e qualitativi della sostanza organica dei siti trasformati in area verde da almeno 38 anni (dal 1976 al 2014; transizione CB) e quelli osservati nelle aree verdi storiche (transizione BB) indicherebbe un'attuale analogia nella dinamica del C.

Le densità apparente degli strati del suolo è in generale crescente con la profondità: si osservano valori minimi negli strati superficiali (1.024 e 1.087 g/cm^3 valore medio nello strato 0-5 cm per le transizioni BB e CB, rispettivamente; Figura 2A-B) e valori massimi negli strati più profondi (1.516 e 1.477 g/cm^3 valore medio nello strato 20-40 cm per le transizioni BB e CB, rispettivamente). Tale range di variazione è conforme con i dati medi riportati per gli strati di orizzonti minerali (Schaetzl e Anderson, 2005).

Tab. 1 – Valori di C organico e rapporto C/N delle transizioni BB e CB. [¥] *C/N: rapporto tra C organico e N totale*

Transizione	*Sito*	*Orizzonte*	*Profondità (cm)*	*C (g/kg)*	*C/N*[¥]
BB	18	A1	0-7	42.8 ± 12.6	9.4 ± 0.3
		A2	7-12.5	20.1 ± 7.3	8.0 ± 0.6
		Bw	12.5-25.5	9.7 ± 0.8	7.6 ± 0.2
		BC	25.5-40	7.5 ± 1.9	7.1 ± 0.5
	22	A1	0-10	27.5	9.8
		A2	10-21.5	7.5 ± 1.4	7.3 ± 0.1
		A3	21.5-28	9.3 ± 0.4	8.3 ± 1.0

Transizione	*Sito*	*Orizzonte*	*Profondità (cm)*	*C (g/kg)*	*C/N*[¥]
		AC	28-40	13.2 ± 2.4	8.6 ± 0.3
CB	15	A1	0-4	44.3 ± 11.0	9.9 ± 0.4
		A2	4-10	23.4 ± 5.3	8.7 ± 0.2
		Bw	10-25	10.7 ± 5.2	7.4 ± 1.0
		BC	25-40	10.3 ± 0.3	8.1 ± 0.5
	10	A1	0-7.5	43.2 ± 19.1	10.1 ± 0.5
		A2	7.5-13	21.0 ± 8.8	9.1 ± 0.6
		Bw	13-25	9.0 ± 0.9	8.4 ± 1.0
		BC	25-40	9.5 ± 4.0	8.6 ± 0.5

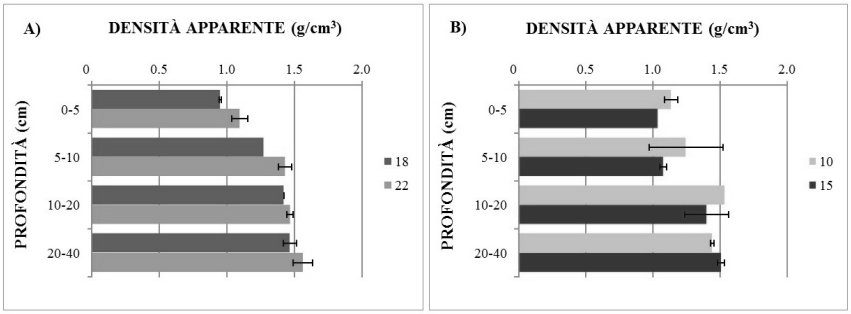


Fig. 2 – Valori di densità apparente delle transizioni BB (A) e CB (B).

La quantità media di C stoccato riferita all'intero scavo (0-40 cm) è pari a 7.49 kg C/m^2 nelle transizioni BB e 8.42 kg C/m^2 in CB. Queste quantità di stocks di C sono coerenti a quelli riportati per siti urbani verdi in analoghe condizioni (Bae e Ryu, 2015). In Figura 3 sono riportati i valori degli stock di C organico calcolati per ogni strato campionato. La quantità di C organico immagazzinata non risulta statisticamente diversa (p>0.05) tra le transizioni. Questo dato conferma l'andamento già osservato nel caso dei valori di concentrazione di C negli orizzonti dei suoli investigati. Considerando i primi 20 cm di suolo, lo strato generalmente più influenzato dalla variazione d'uso del suolo, i valori di C immagazzinato sono in media pari a 4.92 e 5.38 kg C/m^2 per BB e CB, rispettivamente. Per la transizione CB il valore ben si discosta da quanto riportato per gli orizzonti lavorati in aree utilizzate come seminativo (e.g., <3 kg C/m^2; Edmondson *et al*., 2014). Questo permette di evidenziare che la conversione da seminativo ad aree verdi nei siti CB ha permesso di accumulare C negli strati più superficiali come ben noto (e.g., Freibauer *et al.*, 2004), confermando strategica la conversione d'uso per la riduzione delle emissioni di CO_2 dal suolo negli ambienti urbani. Infine, considerando l'intervallo di tempo studiato, si può affermare che l'efficacia della conversione si è sviluppata in un arco temporale inferiore a 38 anni (dal 1976 ad oggi).

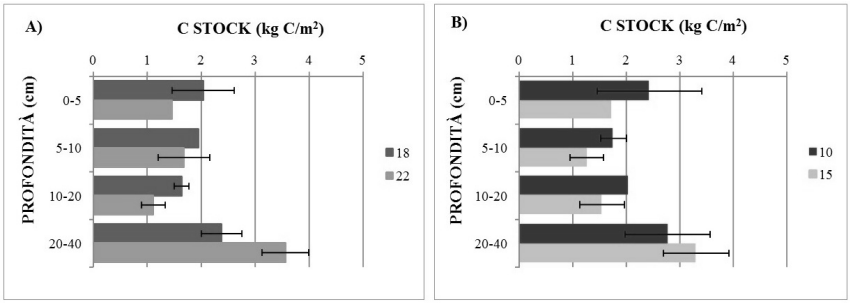


Fig. 3 – Valori di stock di C delle transizioni BB (A) e CB (B).

4. Conclusioni

L'indagine storica delle dinamiche d'uso del suolo attraverso strumenti GIS abbinata alla determinazione analitica degli *stock* di C organico nell'area pilota di Imola ha permesso di determinare e confrontare la quantità di C organico immagazzinato in aree verdi con diverse variazioni d'uso del suolo occorse nel periodo 1976-2014. La metodologia ha permesso inoltre di valutare l'efficacia della conversione da seminativo ad aree verde. I dati di stock di C della transizione CB sono infatti superiori a quelli tipici dei seminativi e simili a quelli della transizione BB. Ciò permette di affermare che la conversione da seminativo ad area verde, nella area pilota investigata, ha incrementato la capacità ecosistemica del suolo di immagazzinare C organico, limitando le emissioni di CO_2 dal suolo: in meno di 38 anni in ex seminativi di questi ambienti è possibile raggiungere quantità di C nel suolo del tutto simili a quelle immagazzinate in aree che presentano storicamente copertura verde artificiale. Considerando i risultati ottenuti, tale approccio metodologico verrà esteso e testato a scenari spazio-temporali più ampi, con l'obiettivo ultimo di supportare scelte di sviluppo urbanistico sostenibili.

Riferimenti bibliografici

Bae J. e Ryu Y. (2015), *Land use and land cover changes explain spatial and temporal variation of the soil organic carbon stocks in a constructed urban park*, Land and Urban Planning, 136:57-67.DOI: 10.1016/j.landurbplan.2014.11.015

Blake G.R. e Hartge K.H. (1986), *Bulk density*, second ed, in Klute A., a cura di , *Methods of soil analysis, Part 1*, pp. 363-375 Agron Mongr.

Commissione Europea (2006), COM(2006) 231 final, Thematic Strategy for Soil Protection, EC, Brussels.

Commissione Europea (2012), *SWD (2012)101 final/2, Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing*, CE, Brussels,

de Groot R., Wilson M.A. e Boumans R.M. (2002), "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services", *Ecological Economics*, 41:393-408.

Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Texler M.C. e Wisniewski J. (1994), "Carbon pools and flux of global forest ecosystems", *Science*, 263:185-190.

Edmodson J.L., Davies Z.G., McCormack S.A., GastonK.J.,Leake J.R. (2014), "Land-cover effects on soil organic stocks in a European city", *Science of the Total Environment*, 472:444-453.

Freibauer A., Rounsevell M.D.A., Smith P. e Verhagen J. (2004), "Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe", *Geoderma*, 122:1-23.

ISPRA (2014), *Il consumo di suolo in Italia*, ISPRA Rapporti 195/2014, ISPRA, Roma.

Schaetzl R. e Anderson S. (2005), *Basic concepts: soil morphology*, in Soils – genesis and geomorphology, Cambridge, Cambridge University Press, pp. 9-31.

Tassinari P., Torreggiani D. e Benni S. (2007a), *Agriculture and development process: critical aspect, potential and multilevel analysis of periurban landscape*, Part I, Agricultural Engineering International, *the CIGR EJournal*, Manuscript MES 07 005.

Tassinari P., Torreggiani D. e Benni S. (2007b), *Agriculture and development process: critical aspect, potential and multilevel analysis of periurban landscape*, Part I, Agricultural Engineering International, *the CIGR EJournal*, Manuscript MES 07 006.

Parte Seconda
Il consumo di suolo ed i suoi molteplici impatti: dal dissesto idrogeologico, al cambiamento climatico e sicurezza alimentare

L'agricoltura urbana come strumento innovativo di contrasto al consumo di suolo

di D. Iacopini[*]

Riassunto

Il testo si organizza in due parti. Nella prima, dopo una riflessione generale sul consumo di suolo, vengono messe in luce, da un lato, le criticità che questo fenomeno produce sul territorio agricolo e, dall'altro, la necessità e la possibilità di arginarle attraverso azioni e politiche opportune. In particolare, si sottolinea che il consumo di suolo causa una perdita, oltre che quantitativa, anche qualitativa delle aree agricole e che, nello stesso tempo, proprio l'attento progetto e la riorganizzazione dei paesaggi agrari possono costituire uno strumento per contrastare lo *sprawl* urbano. Nella seconda parte vengono illustrate forme innovative di agricoltura urbana, caratterizzate da una particolare sensibilità alla questione: sono portati ad esempio progetti di filiera corta e esperienze innovative fondate sulla pratica di orti urbani. Il testo si conclude affermando quindi che, senza attribuire banalmente all'agricoltura urbana una funzione di panacea per il contenimento del consumo di suolo, determinate esperienze possono giocare un ruolo rilevante nelle politiche pubbliche, apportando, inoltre, anche altre esternalità positive.

Parole chiave: *sprawl*, agricoltura urbana, filiera corta, orti urbani.

Summary

The text is structured in two parts. The first, after a general reflection about soil consumption, highlights, on the one hand, the criticalities caused by this phenomenon on agricultural land and, on the other hand, the need and the possibility to contain them by appropriate actions and policies. Particularly, it is noted that soil consumption causes a loss of quality of agricultural areas, as well as a loss of their number, and that, at the same time, the careful design and the reorganization of ag-

[*] Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, *deborа.iacopini@gmail.com.*

ricultural landscapes can be a useful tool to counter urban sprawl. The second part discusses innovative forms of urban agriculture, characterized by a particular sensibility to the issue: projects of short food supply chain and innovative experiences based on the practice of community gardens are cited as an example. The text then concludes that, without attributing to urban agriculture a panacea function for the control of soil consumption, some experiences can play an important role in public policies and they can also lead other positive externalities.

Key words: sprawl, urban agriculture, short food supply chain, community gardens.

1. Il suolo agricolo e lo *sprawl*: una perdita quantitativa e qualitativa

Le ultime decine di anni sono state caratterizzate, in forme più o meno intense a seconda dei contesti, da una crescita veloce e caotica delle aree urbane e da un imponente processo di artificializzazione del territorio, che hanno comportato l'erosione di una delle più importanti risorse non rinnovabili offerte dall'ambiente: il suolo. Nel recente report del WWF "Riutilizziamo l'Italia"[1] si mette in luce come la questione sia di rilevanza globale e come tali problematiche non siano solo di stretta competenza urbanistica ma vadano ad interessare la salvaguardia della biodiversità, le strategie per la produzione di energia e per l'adattamento ai cambiamenti climatici. A livello nazionale, il consumo di suolo nel 2010 si avvicinava al 7%, quando alla metà degli anni '50 del XX secolo era inferiore al 3%[2]. In particolare, le principali tendenze di questo fenomeno sono, schematicamente, tre: riduzione delle aree agricole, espansione dell'urbanizzazione e aumento delle aree boscate ed estensivizzate[3] (quest'ultima è di solito un effetto correlato all'abbandono di zone agricole). Nel già citato rapporto del WWF, si sottolinea come, negli ultimi quindici anni, le trasformazioni urbane abbiano inciso in media per l'83% sulle aree agricole, e che l'Italia possegga in questo senso uno dei più alti valori europei[4].

1.1. Le criticità

La maglia agraria che caratterizzava l'orditura delle campagne, oltre ad essersi sensibilmente ridotta con il dilagare dello sprawl urbano, si è anche fortemente semplificata: le dimensioni delle tessere dei campi coltivati che vanno a costituire

[1] AA. VV. (2014), *Riutilizziamo l'Italia. Land transformation in Italia e nel mondo: fermare il consumo di suolo, salvare la natura e riqualificare le città - Report 2014*, WWF Italia. Retrieved from: http://www.wwf.it/news/?13660/Consumo-del-suolo-quadruplicato-in-50-anni.

[2] Fonte ISPRA, 2013.

[3] Confronta il contributo di Iacopo Bernetti Stefano Bologna in: Magnaghi A. e Fanfani D., a cura di (2010), *Patto città campagna. Un progetto di bioregione urbana per la Toscana centrale*, Alinea editrice, Firenze.

[4] "Riutilizziamo l'Italia..." cit., p. 76.

il mosaico agricolo sono mediamente aumentate, contribuendo alla diminuzione dell'articolazione, e quindi della diversità, del paesaggio e, inoltre, in molti casi le monocolture hanno preso il posto di colture promiscue.

I nuclei urbani che avevano, prima della massiccia espansione urbana recente, dei confini definiti, si sono sfrangiati: il consumo di suolo ha quindi causato, soprattutto nei contesti di medi o grandi centri urbani, la perdita della distinzione netta tra città e campagna; pertanto, in questi casi, oltre alla diminuzione quantitativa di terreno agricolo si assiste anche alla sua diminuzione qualitativa poiché, spesso, le zone che rimangono intercluse tra le aree artificializzate, pur mantenendo caratterizzazione agricola, risultano territori senza identità né specificità, non di rado interessati da fenomeni di degrado. D'altro canto, anche gli spazi urbani senza una forma definita che hanno invaso molte campagne sono di solito distinti da un grado di qualità urbana non elevato e da un alto livello di frammentazione causato da un'edificazione a bassa densità; queste situazioni sono quindi caratterizzate da una duplice criticità: una città senza un fronte urbano riconoscibile e una campagna indefinita che si trova ad essere terreno piuttosto che territorio.

1.2. Le istanze e le opportunità

Nel contesto della situazione appena descritta, risulta di primaria importanza promuovere politiche e azioni volte non solo a frenare ma soprattutto ad invertire le tendenze in atto. L'attento progetto degli spazi aperti e la riorganizzazione dei paesaggi agrari possono essere dei validissimi strumenti per contenere il consumo di suolo, da un lato, e per ritessere i legami tra le città e la loro campagna periurbana, dall'altro, ricostituendo delle relazioni virtuose per il territorio ed il suo vitale funzionamento[5]. In particolare, trattando di spazi (ancora) aperti in contesti metropolitani, Indovina (2014)[6] afferma che la realizzazione di estese aree verdi o la costituzione di parchi agricoli possono essere uno strumento di contrasto alla tendenza dei territori agricoli di trasformarsi in aree in attesa di essere edificate. Inoltre, sempre seguendo lo stesso ragionamento, l'autore propone, tra gli altri, l'utilizzo di aree orticole per contrastare il degrado che spesso caratterizza gli spazi risultanti da soluzioni di continuità tra gli insediamenti[7]. Del resto, il più naturale e diretto utilizzo della terra da parte dell'uomo è quello volto alla produzione di cibo, e se ispirato a principi o valori innovativi, questo può costituire oggi anche un mezzo efficace per il contrasto al consumo di suolo.

[5] Come afferma Alberto Magnaghi in Magnaghi A. e Fanfani D., a cura di (2010), *Patto città campagna. Un progetto di bioregione urbana*... cit., pp. 38-39.

[6] Indovina F. (2014), *La metropoli europea. Una prospettiva*, FrancoAngeli, Milano, p. 155.

[7] Indovina F. (2014), *La metropoli europea*... cit., p. 137.

2. Il contrasto al consumo di suolo attraverso l'agricoltura urbana, tra qualità, tradizione e innovazione

Gli approcci all'agricoltura urbana possono assumere molteplici espressioni: alcune esperienze hanno contribuito alla nascita di casi estremamente interessanti[8].

2.1. La filiera corta

Una forma di agricoltura urbana è quella che si basa su progetti di filiera corta, che prevedono rapporti diretti tra produttori e consumatori. Tali pratiche possono possedere, come "esternalità positiva", la capacità di tutelare i luoghi, aumentandone la qualità, la strutturazione e facendo della campagna periurbana uno spazio integrato in modo virtuoso con la città, che nello stesso tempo costituisca una fascia di naturale contenimento di consumo del suolo. Molte delle caratteristiche che distinguono le iniziative in questione sono riscontrabili in casi storici, e del resto le casse rurali, le cantine sociali e le cooperative di produzione e di consumo non sono una novità[9]. Le esperienze contemporanee, però, inserite all'interno del contesto del perseguimento dello sviluppo sostenibile, hanno acquisito una maggiore consapevolezza sul valore della produzione agricola e degli effetti positivi che il lavoro compiuto per ricavare cibo comporta per il territorio. È dagli anni Sessanta che si organizzano le prime forme di filiera corta, strutturandosi in vere e proprie reti, anche in parti del mondo molto lontane tra loro. Dal 2004 le singole iniziative si sono riunite in un'unica rete mondiale, chiamata *Réseau International Urgenci*. L'Italia presenta diversi legami a livello locale tra cibo, territorio e relazioni sociali che si sono organizzati in svariati tipi di pratiche e di patti locali, come, ad esempio, i mercati di produttori che vendono direttamente prodotti biologici, i Gruppi di Acquisto Solidale e le cooperative che coltivano terreni confiscati alla mafia, peculiarità del tutto italiana, uno dei tanti strumenti utili per contrastare l'illegalità.

2.2. Gli orti urbani

Uno dei modelli più consolidati e diffusi di agricoltura urbana sono i *community gardens*, di stampo anglosassone, tradotti in italiano con la definizione di "orti urbani"; tale pratica è volta di solito verso il recupero e la riqualificazione

[8] Alcuni contenuti di questo secondo paragrafo sono tratti da un saggio dal titolo *Urban gardening. Suggestioni dal passato e innovazioni per il futuro: esperienze e progetti*, redatto dall'autrice del presente lavoro come tesina finale per l'esame di "Radici, teorie e modelli della pianificazione territoriale" tenuto dal Prof. G. Paba nell'anno accademico 2012-2013 nell'ambito del Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione e Progettazione della Città e del Territorio dell'Università degli Studi di Firenze.

[9] Calori A. (2009), *Coltivare la città. Giro del mondo in dieci progetti di filiera corta*, Terredimezzo, Milano.

di aree dismesse o significative per la città ed i suoi abitanti e, in passato, è stata utilizzata come fonte locale di cibo, soprattutto in periodi di depressione economica. In questo senso, un esempio emblematico di come gli orti urbani possano essere reinterpretati è Detroit[10], negli Stati Uniti, dove, sotto gli effetti di una profonda crisi economica, l'amministrazione ha promosso l'utilizzo dell'agricoltura urbana con la forma dei *community gardens* per rilanciare aree abbandonate e degradate della città e come fonte di sostentamento alimentare.

3. Conclusioni

La sintetica trattazione vuol mettere in luce, senza cadere in banali considerazioni cha attribuiscano all'agricoltura urbana una funzione di panacea per il contenimento del consumo di suolo, che determinate esperienze possono giocare un ruolo rilevante nelle moderne pratiche di politiche pubbliche, e che alcune soluzioni possono più efficacemente rispondere agli obiettivi che si persegue apportando, nello stesso tempo, ulteriori utilità.

Così le pratiche di agricoltura urbana possono essere un valido strumento come contrasto all'espansione selvaggia delle aree urbanizzate e al degrado di zone residuali e periferiche delle città, e contemporaneamente costituire fonte di prodotti alimentari di qualità.

Riferimenti bibliografici

AA. VV. (2014), *Riutilizziamo l'Italia. Land transformation in Italia e nel mondo: fermare il consumo di suolo, salvare la natura e riqualificare le città - Report 2014*, WWF Italia.

Calori A. (2009), *Coltivare la città. Giro del mondo in dieci progetti di filiera corta*, Milano, Terredimezzo.

Fedeli V. (2011), "Detroit, la città in discussione: crisi urbana e agricoltura urbana", *Il Progetto Sostenibile*, 29:44-51.

Indovina F. (2014), *La metropoli europea. Una prospettiva*, Milano, FrancoAngeli.

Magnaghi A. e Fanfani D., a cura di (2010), *Patto città campagna. Un progetto di bioregione urbana per la Toscana centrale*, Firenze, Alinea editrice

.

[10] Fedeli V. (2011), "Detroit, la città in discussione: crisi urbana e agricoltura urbana", *Il Progetto Sostenibile*, 29: 44-51.

Sistemi agroforestali per un nuovo uso del suolo ad alta valenza produttiva ed ecologica

di P. Paris[*], A. Pisanelli[*], A. Massacci[*], D. Marandola[**], A. Rosati[***] e F. Camilli[****]

Riassunto

La necessità di aumentare in modo sostenibile le produzioni alimentari e legnose richiede modelli colturali in grado di coniugare sostenibilità ambientale ed efficienza produttiva. L'agroselvicoltura può contribuire all'obiettivo grazie alla consociazione di alberi fuori foresta, colture erbacee e zootecnia estensiva, permettendo un'intensificazione ecologica della produttività e un uso efficiente delle risorse naturali. Questo sia con nuovi sistemi agroforestali (SAF), sia attraverso la valorizzazione dei residui SAF tradizionali, importanti presidi di biodiversità e paesaggio. La Politica Agricola Comune (PAC) ha avuto un ruolo determinate a scapito dell'agroselvicoltura, finanziando solo la monocoltura agricola o forestale. La nuova PAC sembra offrire spunti di apertura per tutelare e promuovere l'agroselvicoltura in Europa.

Parole chiave: agroselvicoltura, alberi fuori foresta, servizi ecosistemici.

Summary

Agriculture is currently facing a dramatic trilemma of producing food, energy and wood for a growing world population, while preserving the environment as

[*] CNR-IBAF, *piero.paris@ibaf.cnr.it, andrea.pisanelli@ibaf.cnr.it, angelo.massacci@ibaf.cnr.it.*

[**] INEA, Roma, *marandola@inea.it.*

[***] CRA-Oliv.

[****] CNR-IBIMET, Firenze, *f.camilli@ibimet.cnr.it*

Ringraziamenti: Lavoro svolto con il contributo finanziario del progetto AGFORWARD (Grant Agreement N° 613520) cofinanziato dalla Commissione Europea (CE) nell'ambito del 7° Programma Quadro. Le opinioni espresse nel lavoro sono esclusiva responsabilità degli Autori e non possono essere considerate in alcun modo posizioni ufficiali della CE.

well. Agroforestry systems can be able to address those issues integrating on the same land unit crops and/or husbandry with trees, throughout an ecological intensification of productivity and an higher and synergic use efficiency of natural resources and cultural inputs. This objective can be accomplished with the implementation of new modern agroforestry systems, as well with the preservation of traditional systems, currently under strong pressure, but also fundamental for preserving biodiversity and landscape amenity. The Common Agricultural Policy (CAP) has had a tremendous role in discouraging farmers to adopt agroforestry. So far, mostly crop or tree monoculture had been supported by CAP. The new CAP shows some new elements for promoting agroforestry in European agriculture.

Key words: agroforestry, trees outside forest, ecosystem services.

1. Deforestazione delle aree agricole ed agroselvicoltura

La progressiva semplificazione degli agroecosistemi, causata da pratiche agricole intensive, rappresenta un punto di debolezza dello scenario agricolo attuale. L'agricoltura tradizionale, antecedente l'avvento delle moderne pratiche agricole industrializzate (meccanizzazione, pesticidi, erbicidi, fertilizzanti di sintesi), era caratterizzata da un stretto legame funzionale tra componente erbacea, arborea e zootecnica, con efficienti flussi di energia ed elementi fertilizzanti che garantivano la sostenibilità del sistema nel tempo, in uno scenario di disponibilità energetica fortemente limitata. Il massiccio avvento dei combustibili fossili ha velocemente cambiato i paradigmi delle partiche agricole tradizionali, permettendo un grande progresso della produttività agricola, ma con una progressiva semplificazione strutturale degli agroecosistemi. Questa semplificazione si è tradotta in una progressiva ed incontrollata "deforestazione" nelle zone agricole, con affermazione della monocoltura agricola (Eichhorn *et al.*, 2006). Ciò ha contribuito ad esacerbare problematiche sia produttive sia ambientali: la riduzione di materia prima legnosa; l'erosione del suolo; la diminuzione della biodiversità e l'aumento dell'inquinamento agricolo. La riduzione di materia prima legnosa ha soprattutto riguardato il legname da opera di qualità, prodotto da specie agroforestali quali il noce (*Juglans regia* L.), il ciliegio selvatico (*Prunus avium* L.), i frassini (*Fraxinus* spp), gli aceri (*Acer* spp), etc., particolarmente adatti ai fertili suoli agricoli e specie multifunzionali in grado di produrre frutti eduli per l'alimentazione umana e la fauna, nonché frasca da foraggio. Attualmente gran parte del legname di qualità che alimenta la fiorente industria del mobile nazionale è importata da Paesi tropicali, contribuendo alla deforestazione locale.

In risposta alle suddette problematiche, l'agroselvicoltura studia e promuove la coltivazione consociata nell'unità di gestione agricola di colture arboree con colture erbacee e/o attività zootecniche, per sviluppare un moderna agricoltura più sostenibile, basta sul concetto di intensificazione ecologica.

L'interesse della ricerca agroforestale è orientata verso sistemi d'uso del suolo in grado di contribuire significativamente al miglioramento dell'ambiente e dello

spazio rurale. Sia tutelando i sistemi agroforestali tradizionali, oramai in forte pericolo di abbandono, ma anche sviluppando sistemi agroforestali innovativi, in cui la consociazione tra alberi, colture ed allevamento animale rappresenti una nuova rivoluzione agricola in grado di rispondere al trilemma cibo, energia e tutela ambientale (Paris *et al.*, 2008).

2. I vantaggi dell'agroselvicoltura in base alla ricerca

La ricerca scientifica ha oramai ben evidenziato l'indispensabile ruolo positivo svolto dagli ecosistemi forestali in risposta alle emergenze globali dei cambiamenti climatici, dell'erosione del suolo e della biodiversità. Meno conosciuto è il ruolo dell'agroselvicoltura nell'ambito delle suddette problematiche, attraverso il benefico ruolo degli "alberi fuori foresta" (AFF) sugli ecosistemi agricoli. Gli AFF possono contribuire significativamente al sequestro di Carbonio (C) nei suoli agricoli, alla difesa del suolo dall'erosione, alla tutela della biodiversità, nonché al disinquinamento dei suoli da inquinanti.

La presenza costante e duratura degli AFF garantisce un continuo e costante input di sostanza organica al terreno nelle limitrofe aree agricole, attraverso la deposizione della lettiera ed al *turn-over* del capillizio radicale. Recenti ricerche in Sardegna, su pascoli arborati, hanno evidenziato un significativo incremento di sostanza organica e C nel suolo sottostante gli alberi di quercia (Rossetti *et al.*, 2015), confermano quanto già rilevato da numerose ricerche su pascoli arborati in vaste aree pastorali del Globo. Le radici degli AFF e la migliore porosità del suolo determinano un significativo contenimento dell'erosione idrica diminuendo la velocità di deflusso idrico e la capacità di assorbimento dell'acqua da parte del suolo. Simulazioni biofisiche e matematiche hanno dimostrato una riduzione significativa dell'erosione del suolo in moderni sistemi silvo-arabili di consociazione tra alberi a rapida crescita (*e.g.*: pioppo, noce e ciliegi da legno) e colture erbacee (Palma *et al.*, 2007). I suddetti apparati radicali degli AFF possono intercettare e degradare gli inquinati agricoli, nelle fasce tampone arborate costituite ex novo ai bordi dei campi, lungo le scoline e canali agricoli. Quest'azione di disinquinamento può essere utilizzata con successo anche su suoli contaminati da inquinanti di origine industriale, utilizzando sistemi arborei temporanei (2-10 anni) per la produzione di biomassa ad energia (*Short Rotation Forestry*)(Paris *et al.*, 2011) ed il biorimedio (Bianconi *et al*., 2010).

3. Limiti e prospettive dell'agroselvicoltura nella PAC

La Politica Agricola Comunitaria (PAC) ha svolto in passato un ruolo fondamentale nel disincentivare l'agroselvicoltura in Europa attraverso i contributi agli agricoltori bastati sulla monocoltura sia agricola sia forestale. I finanziamenti agricoli sono stati sempre incentrati sulla massimizzazione della produzione unitaria o della superficie agricola utile. Negli ultimi anni i contributi agli agricoltori poteva-

no essere significativamente ridotti a causa della presenza degli AFF all'interno della superficie agricola aziendale. Anche nel settore forestale, i contributi a favore delle forestazione dei terreni agricoli non permettevano la costituzione di nuovi sistemi agroforestali, escludendo ogni pratica agricola consociativa all'interno delle piantagioni legnose. Recentemente è stato introdotto in Europa una misura agroforestale (Mis. 222, Costituzione di nuovi sistemi agroforestali) che ha trovato scarsa applicazione negli ultimi 7 anni per l'esiguità dei finanziamenti e per la scarsa divulgazione (Pisanelli *et al*., 2013). La nuova PAC, attualmente in applicazione, sembra aver cambiato direzione riguardo l'agroselvicoltura, con un maggiore attenzione alla tutela di sistemi agricoli multifunzionali e meno focalizzati sulla monocoltura. La nuova Mis. 222 è stata potenziata finanziariamente, e sono state introdotte le Aree di Interesse Ecologico, che includono i sistemi agroforestali, con finanziamenti a beneficio di agricoltori che indirizzano una percentuale della superfice aziendale ai servizi ecosistemici (sequestro C, biodiversità, riduzione della lisciviazione dell'azoto, etc.). Nell'ambito della PAC un ruolo significativo è svolto dall'EURAF (*European Agroforestry Federation*, www.euraf.eu), che promuove e sostiene l'agroselvicoltura a Bruxelles.

Riferimenti bibliografici

Bianconi D., De Paolis M., Agnello A.C., Lippi D., Pietrini F., Zacchini M, Polcaro C., Donati E., Paris P., Spina S. and Massacci A. (2011), *Field-scale Rhyzoremediation of a contaminated soil with hexachlorocyclohexane (HCH) isomers: the potential of poplars for environmental restoration and economic sustainability*, in Ivan A. Golubev, a cura di, *Phytoremediation: Processes, Characteristics, and Applications*, Nova Science Publisher, Hauppauge. NY. Vol. 10, pp.231. ISBN: 978-1-61728-753-4.

Eichhorn M.P., Paris P., Herzog F., Incoll L.D., Liagre F., Mantzanas K., Mayus M., Moreno G., Papanastasis V.P., Pilbeam D.J., Pisanelli A., Dupraz C. (2006), *Silvoarable systems in Europe-past, present and future prospects. Agroforestry Systems*, 67:29-50. DOI 10.1007/s10457-005-1111-7.

Grandi M.C., Massacci A., Passatore L., Romagnolli F. (2014), *Le Piante che Depurano l'Acqua. Applicazioni in Fitorimedio, Fitodepurazione e Biopiscine*, II Campo Editore, Bologna, 2014, pp. 240, ISBN: 88-88860-60-6.

Palma J.H.N., Graves A.R., Bunce R.G.H., Burgess P.J., de Filippi R., Keesman K.J., van Keulen H., Liagre F., Mayus M., Moreno G., Reisner Y. and Herzog F. (2007), "Modeling environmental benefits of silvoarable agroforestry in Europe", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 119: 320-34. DOI:10.1016/j.agee.2006.07.021.

Paris P., Mareschi L., Ecosse A., Pisanelli A., Sabatti M., Scarascia Mugnozza G. (2011), *Comparing Hybrid Populus Clones For SRF Across Northern Italy After Two Biennial Rotations: Survival, Growth And Yield*, Biomass and Bioenergy, 35:1524-32. DOI: 10.1016/j.biombioe.2010.12.050.

Paris P., Pisanelli A., Perali A., Scarascia-Mugnozza G. (2008), "Recenti avanzamenti scientifici dell'agroselvicoltura e contraddizioni della P.A.C. verso i sistemi agroforestali", O. Ciancio Ed., Atti III Congresso Nazionale di Selvicoltura, Taormina, Italy, 16-19 Ott. 2008 *Accademia Italiana di Scienze Forestali*, p. 1131-1136, ISBN 978-88-87553-16-1, doi: 10.4129/CNS2008.153.

Pisanelli A., Perali A. and Paris P. (2012), “Potentialities and uncertainties of novel agroforestry systems in the European CAP: farmers’ and professionals’ perspectives in Italy”, *L’Italia Forestale e Montana*, 67:289-297. DOI: 10.4129/ifm.2012.3.07.

Rossetti I., Bagella S., Cappai C., Caria M.C., Lai R., Roggero P.P., Martins da Silva P., Sousa J.P., Querner P. and Seddaiu G, (2015), “Isolated cork oak trees affect soil properties and biodiversity in a Mediterranean wooded grassland”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 202:203-216. DOI: 10.1016/j.agee.2015.01.008.

Neoruralità e pratiche connesse

di C. Zamponi[*]

1. Dove si sperimentano innovazione sociale, politica, e alternative economiche, reinventando e riproducendo paesaggio.

Questo contributo muove dall'ipotesi che le pratiche di neoruralità costituiscano un punto di vista privilegiato da cui è possibile osservare l'elaborazione di processi innovativi a livello economico, sociale e politico. Le nuove attività agricole, promosse da privati o gruppi di privati, non solo infatti sperimentano nuovi modelli produttivi ed economici che «promuovono la valorizzazione di una pluralità di elementi contestuali» attraverso «forme di integrazione e processi di apprendimento interattivi» (Magatti, 2014), ma soprattutto immaginano e producono una nuova accezione di "pubblico". Il termine pubblico non si riferisce qui al soggetto pubblico come attore, né all'interesse pubblico come oggetto/prodotto dell'azione pubblica, bensì alla dimensione pubblica di un bene, che non può darsi né attraverso un'azione intenzionale o un'imposizione normativa, ma è piuttosto legata «alla molteplicità di relazioni che la sua fruizione instaura» (Crosta, 1998).

Dati questi presupposti, si intende ragionare sulle potenzialità di alcune esperienze specifiche tra Italia e Francia che, sperimentando diversi modelli proprietari e gestionali, si configurano come ambiti di intersezione tra pubblico e privato, tra «urbano e non (o meno) urbano» (De Bonis, 2003), tra territori, società civile e – eventualmente – soggetti istituzionali.

L'attitudine fortemente relazionale e la mutevolezza veicolata dai soggetti e dalle loro pratiche – promotori di istanze contadine e cittadine - ne fanno delle esperienze complesse, capaci di superare gli atteggiamenti dualistici (riduttivi, inadatti a descrivere la complessità delle situazioni contemporanee) e costruire nuove alleanze sociali tra chi produce cibo e chi lo consuma. Le nuove forme di agricoltura contadina, esperienze «endogene e quasi anarchiche» (Ploeg, 2008, p.xx), si configurano quindi come forme di autorganizzazione sociale e come pratiche finalizzate a riappropriarsi, dal basso, non solo del suolo agricolo e dell'uso che se ne

[*] Dottoranda presso il Dipartimento di Ingegneria Civile Edile ed Ambientale, Università di Roma La Sapienza, Facoltà di Ingegneria, *zamponi.cecilia@gmail.com.*

fa, ma di un intero ciclo economico produttivo. Il termine "contadino" intende qui «porre l'accento sul "metodo contadino di fare le cose", vale a dire sulle attività, le pratiche e i processi e sull'evoluzione delle strutture di relazione in cui essi si collocano piuttosto che su presunte identità» (Ploeg, 2008, p. 31).

I nuovi contadini, contadini per scelta (Canale, Ceriani, 2013), cercano il raggiungimento di autonomia e progresso attraverso «un processo di coproduzione tra uomo e natura» (Ploeg, 2008, p. 28), processo di apprendimento collettivo, in cui «l'elemento di contesto – e in particolare la cura dei suoi aspetti problematici – diviene un volano per l'innovazione». (Magatti 2014, p.61). Questa è spesso prodotta dalla riorganizzazione e creazione di nuove connessioni (Ploeg, 2008) all'interno del contesto e della collettività, con i quali – per prosperare – le nuove iniziative agricole scambiano valore attraverso relazioni paritarie, *win win* (Magatti, 2014). Le nuove attività agricole sono infatti capaci di incrementare la produzione di valore aggiunto senza accrescere la produzione agricola totale (al contrario dell'agroindustria) condizione che avrebbe conseguenze negative non solo per i mercati, ma soprattutto per la situazione ambientale internazionale.

Una delle caratteristiche fondamentali di queste soluzioni, immaginate e insediate su scala locale, è che esse non si limitano ad aumentare il valore aggiunto, ma lo ridistribuiscono nel luogo stesso e all'interno della collettività che lo ha prodotto.

L'azienda agricola contemporanea si configura quindi come un organismo multifunzionale, che si relaziona in modi nuovi con la società e la natura, in un processo di ampliamento dei margini e conquista di maggiore autonomia «da modelli di dipendenza e processi di marginalizzazione e privazione» (Ploeg, 2008, p.212).

Mentre produce prodotti e servizi, genera al tempo stesso nuovi mercati e circuiti di mercato (Ploeg, 2008), caratterizzandosi dunque come un attività molteplice che presenta nuovi livelli di competitività.

Attraverso lo sviluppo di nuove connessioni sul territorio (vicino e non solo) i nuovi contadini generano una rete di relazioni entro cui inserirsi, reti che spesso contribuiscono all'ispessimento di zone delle reti d'interazione sociale già esistenti (Crosta, 1998). Questo risulta possibile anche e soprattutto grazie a nuove forme di collaborazione locale, che può avvenire solo all'interno di una forte rete di relazioni – economiche, produttive ed affettive – e che permette una «dissociazione dell'agricoltura dalla dipendenza diretta dal capitale finanziario e industriale» (Ploeg, 2008, p. 208). La ricerca di autonomia muove infatti da un iniziale ampliamento delle risorse dell'azienda, estese e diversificate, spesso, a partire da un processo di riscoperta di risorse più o meno dimenticate. Una di queste (e forse la più significativa) è la rinnovata centralità del lavoro. Lavoro altamente specializzato, connesso all'uso di "tecnologie orientate alle competenze" (Bray, 1986 cit. in Ploeg, 2008) e contestualizzato all'interno di un processo produttivo che implica la possibilità di realizzare miglioramenti costanti e cumulativi.

Parallelamente, molte delle strategie messe in atto dai nuovi contadini sono comunque finalizzate a svincolarli dai meccanismi finanziari (debito e dipendenza dalle banche), facendo affidamento innanzitutto sul sostegno attivo di altri soggetti territoriali.

Questo diventa possibile tramite innovazioni rispetto a istanze sociali e/o ambientali che possono determinarsi solo nel contesto di azione dell'impresa stessa (Magatti, 2014). È il territorio, infatti, che offre le condizioni necessarie affinché l'azienda possa inserirsi in un sistema di relazioni che favoriscono il processo di diversificazione e di stabilizzazione dei redditi (Henke e Salvioni, 2010) producendo valore contestuale (o condiviso), «premessa per rilegare economia e società» (Magatti, 2014, p. 12).

Le aziende agricole - connettendo nuovi soggetti territoriali produttivi (e non) - stimolano la riconnessione tra valori esistenti spesso sottoutilizzati e creano nuova ricchezza aggiuntiva, varcando di fatto «le linee di confine create dai diversi imperi, anche quando lo sconfinamento è considerato un'infrazione tabù» (Ploeg, 2008, p. 213). Nella pratica quindi, lo sviluppo rurale promosso dai contadini si presenta come una «lotta contro gli apparati statali, i loro schemi normativi e l'agribusiness» (Marsden, 2003, cit. in Ploeg, 2008, p. 213) rivelando un ampio processo di mutamento endogeno prodotto dalla base (Ploeg, 2008). Processo che «non propone una soluzione globale per una serie di problemi e situazioni locali, ma si sviluppa in un insieme crescente di soluzioni locali diversificate» (Ploeg, 2008, p. 213), che sembrano co-evolvere nello spazio e nel tempo tramite tanti passaggi interconnessi.

Un'attenta osservazione di questi processi di "relazione-trasformazione" (Pizziolo, 2003) potrebbe contribuire alla contaminazione e quindi alla diffusione di esperienze simili, promuovendo uno sviluppo virtuoso e sostenibile del territorio basato sul prodursi di campi di relazione, intesi come «ambiti delle evoluzioni dei rapporti tra cultura, natura e società» (Pizziolo, 2003, p. 16).

Riferimenti bibliografici

Canale G. e Ceriani M. (2013), *Contadini per scelta*. *Esperienze e racconti di nuova agricoltura*, Jaca Book, Milano.

Crosta P. (1998), Politiche. Quale conoscenza per l'azione territoriale, Milano, FrancoAngeli.

De Bonis L. (2003), *Mumford e oltre*, in De Bonis L., a cura di, *La nuova cultura delle città, trasformazioni territoriali e impatti sulla società*, Atti dei Convegni Lincei, vol. 194, pp. 69-79, Roma, Bardi.

Gherardi L. e Magatti M. (2014), *Una nuova prosperità. Quattro vie per una crescita integrale*, Roma, Feltrinelli.

Henke R. e Salvioni G. (2010), "Diffusione, struttura e redditività delle aziende multifunzionali", *Agriregionieuropa*, n°20, Marzo 2010, consultato su http://-agriregionieuropa.univpm.it/content/article/31/20/diffusione-struttura-e-redditivita-delle-aziende-multifunzionali.

Pizziolo G, Micarelli R. (2003), *L'arte delle relazioni*, Firenze, Alinea editrice.

Ploeg J. D. van der (2009), N*uovi contadini. Le campagne e le risposte alla globalizzazione*, Roma, Donzelli.

Paesaggi infrastrutturali. Strategie di rigenerazione urbana per una città adattiva

di S. Massaro[*] e G. De Francesco[*]

1. Premessa

Alla necessità di sviluppare città più sostenibili per popolazioni ancora più grandi, si affianca la sfida di una crescente complessità dei mutamenti climatici, le cui dinamiche irreversibili stanno per mutare la geografia del territorio con implicazioni considerevoli sui manufatti urbani. L'acqua rappresenta la principale minaccia. L'aumento del livello dei mari, il più macroscopico tra gli effetti di tali cambiamenti, ridisegna costantemente i margini costieri, inglobando intere porzioni di città. L'abbassamento delle falde freatiche genera incessanti inondazioni che paralizzano gli agglomerati urbani. Precipitazioni meteoriche, sempre più frequenti e intense in un arco di tempo limitato, compromettono quotidianamente spazi e reti della mobilità. Episodi, considerati estremi e inaspettati, tsunami e uragani, mostrano la fragilità della città contemporanea con ripercussioni catastrofiche sull'abitato. Tali eventi aggravano uno scenario già fortemente drammatico, in cui l'emergenza del dissesto idrogeologico rappresenta uno dei principali fattori di rischio della città contemporanea che, operando illimitatamente la sua espansione, sulla base di una domanda di alloggi non correlata a un reale fabbisogno (Settis, 2010), divora superfici agricole e aree naturali nei pressi dei comparti urbani e al loro interno. Gli esiti del continuo consumo di suolo sono ormai noti.

Il deterioramento del suolo si ripercuote sull'equilibrio dell'intero ecosistema. L'acqua, principale minaccia dei contesti antropizzati, incapace di defluire naturalmente, genera inondazioni, frane e alluvioni che investono le città. Mutazioni climatiche in atto, al cui corso contribuisce anche l'impermeabilizzazione dei suoli, ne amplificano gli effetti (CEE, 2012).

L'Italia, seconda in Europa soltanto a Germania, Francia e Spagna, consuma otto metri quadri di terreno al secondo, circa 70 ettari al giorno, oltre 255 km^2 l'anno. Una fotografia aerea mostra meglio di qualsiasi numero un territorio nazionale devastato da un insostenibile modello insediativo a bassa densità abitativa i cui edifici

[*] Sapienza, Università di Roma, *saverio.massaro@uniroma1.it, gaetano.defrancesco@uniroma1.it.*

costituiscono il 30% di quei 22.000 chilometri quadrati urbanizzati (pari a 6.600 km^2) mentre autostrade, strade e ferrovie il 28% (pari a 6.160 km^2), dato ancor più impressionante (ISPRA, 2014).

Ciò che invece è meno noto sono gli esiti dei mutamenti climatici. La scienza non è in grado di offrire previsioni certe ma la comunità scientifica è concorde nell'affermare il progressivo peggioramento delle condizioni climatiche, dunque l'aumento dei rischi idrogeologici per le nostre città.

L'imprevedibilità dei suddetti fenomeni palesa la necessità di una concezione adattiva della città. L'adeguamento e la trasformazione della città in un sistema co-evolutivo con l'ambiente rappresentano le principali sfide dell'era contemporanea, di cui l'immanenza dei cambiamenti apre il campo a una forma di pianificazione a geometria variabile, capace di mutare struttura al rapido variare dei parametri esterni.



Fig. 1 – Alluvione di Borghetto Vara, ottobre 2011 © L'Architetto.

Se il governo italiano è intervenuto sul tema del consumo di suolo attraverso il disegno di legge "Contenimento del consumo di suolo e riuso del suolo edificato", nel quale si fa riferimento all'obiettivo del "consumo di suolo zero", fissato temporalmente al 2050 (Mezzi, 2014), manca invece uno strumento legislativo che preveda una riforma organica del governo del territorio, probabilmente anche a causa della mancata presa di coscienza del rischio cui si è sottoposti. Eppure molte città europee hanno provveduto a redigere piani di adattamento, includendo all'interno dei loro sistemi di gestione urbanistica e di pianificazione i temi del rischio rispetto al clima che cambia, in una prospettiva a lungo termine. Esemplari sono il Rotterdam Climate Proof, il Climate Adaptation Plan di Copenhagen e il Managing risks di Londra.

In Italia, nonostante i fenomeni estremi che si susseguono ininterrottamente, solo la città di Ancona ha un piano approvato (Mezzi, 2014b). I comuni di Padova e

Alba hanno sviluppato i primi passi in questa direzione mentre a Bologna l'amministrazione comunale ha intrapreso un percorso denominato BLUE AP (*Bologna Local Urban Environment Adaptation Plan for a Resilient City*), tramite cui realizzare il "Piano locale di adattamento ai cambiamenti climatici", che dedica un focus su tre argomenti principali: siccità e scarsità d'acqua, ondate di calore nelle aree urbane ed eventi meteorici estremi. Roma ha invece aderito al programma "*100 Resilient Cities"* (100RC), promosso dalla Rockefeller Foundation, che sostiene le città di tutto il mondo nel diventare più resilienti, muovendo da una concettualizzazione della resilienza che comprende non solo eventi catastrofici, ma anche stress ciclici e quotidiani che indeboliscono il tessuto di una città, tra cui si possono considerare l'inefficienza dei trasporti pubblici oppure la carenza cronica di risorse primarie per parte della popolazione.

Pianificazione e gestione urbana, basi dati per le scelte urbane, community resilience, patrimonio storico e archeologico, ciclo delle acque e rischio idraulico, sono i temi intorno ai quali si sono sviluppate le riflessioni.

La domanda comune cui tutti tentano di rispondere è come intervenire nella città costruita? Come mitigare i suddetti rischi? In qualità di progettisti, ciò che ci interessa maggiormente è delineare possibili strategie d'intervento per una città adattiva ai mutamenti climatici. Siamo convinti che il suolo rappresenti lo strumento principale per mitigare gli effetti catastrofici. Alleato silenzioso, esso costituisce un giacimento cui l'uomo attinge da tempi immemori le proprie fonti di sostentamento. In tale scenario i suoli in abbandono, le *brown areas*, possono rappresentare il principale strumento attraverso cui intervenire nella città contemporanea, divenendo ambiti attraverso cui instaurare migliori equilibri eco-sistemici a livello urbano.

2. La teoria dei sistemi adattivi come approccio

Affrontare i problemi fin qui citati significa innanzitutto prendere atto della transizione da un pensiero funzionalista, di matrice positivista, che caratterizzò l'era moderna, ad uno sistemico che caratterizza il pensiero scientifico contemporaneo.

La scienza della complessità offusca i modelli riduzionisti ereditati da Galileo, Bacone, Descartes per far posto al pensiero sistemico. L'epistemologia della complessità riconosce la realtà come sistema aperto ipercomplesso, in cui le componenti sono interessate da interazioni che provocano continui cambiamenti nella struttura complessiva. Nel 1926, anticipando di circa cinquanta anni quella che viene considerata la scienza recente, il mineralogo, radiogeologo e geochimico russo Vladimir I. Vernadsky, nel suo libro *La biosfera*, fu il primo scienziato a teorizzare che la Terra fosse un sistema complesso in cui i fenomeni geologici, biologici, atmosferici e umani rappresentassero un insieme interagente di forze e forme. Fritjof Capra (2001) successivamente l'ha definita "un insieme straordinariamente complesso e interconnesso di fenomeni in continua evoluzione". Riconoscere la città come parte di un sistema complesso implica una metodologia strutturata su un mo-

dello di studio interdisciplinare dei sistemi complessi adattivi e dei fenomeni emergenti ad essi associati.

La città può resistere ai cambiamenti, esercitare un principio di resistenza, che possiamo associare al concetto di *robustness* indicato da Kevin Lynch (McGlynn 1985, p. 145) come chiave di lettura per studiarne lo stato di fatto. Tuttavia non è sufficiente indagare lo stato di fatto, quindi urge identificare fattori ed elementi in grado di guidare la pratica progettuale verso la definizione di strumenti operativi per l'adeguamento della città contemporanea alle metamorfosi dell'ambiente naturale.

L'ecologia rappresenta un'utile lente d'analisi di tali sviluppi, che possono rivelare una struttura del sistema altamente elaborata: in tal senso città e infrastrutture possono essere ecologiche quanto foreste e fiumi. Si assiste dunque allo sviluppo di un'ecologia spazio-temporale che considera tutte le forze e gli agenti che lavorano nel campo urbano come un sistema a rete continuo di interrelazioni.

Diverse teorie evoluzionistiche convergono nel decretare la resilienza e l'adattività come le *conditio sine qua non* per la sopravvivenza di un sistema complesso. Il concetto ecologico di resilienza, introdotto sin dai primi anni Settanta, dall'ecologo Crawford Holling (1973), definisce la capacità dei sistemi naturali e dei cosiddetti *social ecological systems* (i sistemi integrati ecologici ed umani), di assorbire un disturbo e di riorganizzarsi mentre ha luogo il cambiamento, in modo tale da mantenere le proprie funzioni vitali, gli stessi feedback.

Servono approcci progettuali graduali e versatili, capaci di preservare funzioni ecologiche degli assetti territoriali e instaurarne di nuove, utili al loro naturale adattamento, dunque alla loro evoluzione.

3. Luoghi della dismissione. Risorse potenziali

Le città della civiltà post-industriale stanno vivendo un'inevitabile trasformazione dovuta alla crisi del modello industriale. Il modello tayloristico aveva sancito la nascita della città funzionalista che ha incorporato nella propria logica formativa quella della catena di montaggio. Frutto di un pensiero deterministico che riduceva il tutto in parti costituenti, costruita attraverso lo strumento dello *zoning*, essa fu la città della separazione, delle zone omogenee, ognuna delle quali caratterizzata da specifici standard, densità e tipi edilizi, e direttamente concatenata con altre funzionalmente distinte. La crisi di Detroit, sintomo manifesto del crollo del sistema manifatturiero, ne ha sancito la morte.

Tra i suoi più macroscopici effetti, la dismissione di vaste aree. Nel ripensare oggi il ruolo e gli usi di queste aree, un valore aggiunto è rappresentato dal considerarle non come singole entità separate ma come parte di una rete più ampia. Tale considerazione invita a configurare possibili nuove reti territoriali di spazi polifunzionali di nuova generazione capaci di fornire risposte alle esigenze della società e di contribuire a regolare e preservare l'equilibrio ambientale. Brown areas, urban voids, vecchi scheletri abbandonati, rappresentano innanzitutto una strategia contro il consumo di suolo e l'espansione infinita della città. Vale la pena infittire e intes-

sere nuove relazioni operando per ricucitura dei frammenti, nello spazio *in-between*, tra le cose, secondo una logica di trasformazione dell'esistente. La riqualificazione di tali suoli è in grado di agire da volano per la rigenerazione di interi comparti urbani, la ricucitura di aree marginali e periferiche, aumentandone notevolmente il valore complessivo.

4. Multifunzionalità, infrastrutturazione e progetto di paesaggio

Una prima generazione di progetti multifunzionali ha già mostrato il ruolo cruciale che i vuoti urbani possono assumere nella rigenerazione urbana e nell'infrastrutturazione della città, attraverso l'introduzione di attività molteplici e di soluzioni integrate. Nell'era del paesaggio quale paradigma dell'architettura e dell'urbanistica contemporanea, le suddette aree rappresentano l'occasione di un progetto integrato in cui natura e costruito si fondono in un *unicum*. A Seoul, dopo aver tombato per cinquant'anni il fiume Cheonggyecheon sotto un manto di asfalto, la città gode ora di un grande parco lineare polifunzionale che ha reso evidente come un semplice risarcimento ambientale possa riqualificare un intero quartiere.

Se la città moderna è stata il frutto della giustapposizione, e l'oggettività del corpo edilizio ne è stato il riflesso, la città contemporanea è la città dell'intreccio in cui essenze disparate si fondono continuamente dando vita a tipologie ibride e programmi inediti. Lo dimostra il progetto dell'High Line a New York, un'importante operazione di densificazione urbana per fasi, veicolata attraverso il recupero di una ferrovia sopraelavata dismessa, la cui *mixité* ha rappresentato la sostanza imprescindibile per la riuscita del progetto. Se autostrade e ferrovia rappresentavano le infrastrutture della città moderna, paesaggi infrastrutturali in grado di conciliare tecnica e natura rappresentano le infrastrutture della contemporaneità. La riqualificazione del Manzanarre a Madrid ha chiaramente mostrato come intervenire nella città contemporanea per invertire la direzione di uno sviluppo urbano ed economico ormai insostenibile e dannoso. Si tratta di un'imponente opera di ricucitura urbana tra la parte settentrionale con quella sud-orientale di Madrid, un tempo separate dall'autostrada, e di risarcimento ambientale attraverso un parco polifunzionale e la restituzione del Rio Manzanares alla città.

Attraverso tali casi studio possiamo affermare di assistere a una nuova sinergia tra l'infrastruttura (si pensi anche alle infrastrutture naturali) e la morfologia urbana, che rievoca i miti di fondazione delle città di matrice greca o etrusca, caratterizzata da una visione integrata tra artificio e natura. Dopo decenni di scollamento tra forma della città e disegno delle infrastrutture, oggi una serie di esperienze mostrano il ruolo cruciale che il progetto di inediti sistemi infrastrutturali diffusi e decentralizzati può assumere, sia per quanto riguarda complesse operazioni di trasformazione e rigenerazione urbana, sia per la capacità di indirizzare futuri sviluppi nei territori della città dispersa.



Fig.2 – West8, progetto di riqualificazione del Manzanarre a Madrid, © West8.

5. Eco-infrastrutture idrauliche: ibridazioni simbiotiche

Ora, riflettendo sui cambiamenti climatici, la domanda che si pone è: possono i luoghi della dismissione, i vuoti abbandonati assumere un ruolo decisivo nel conferimento di morfologie adattive per la città contemporanea?

Recenti paesaggi infrastrutturali appartenenti a diversi contesti geografici, sembrano avvalorare questa tesi. Tipologie ibride, anche esse prive di una caratterizzazione d'uso univoca, si confrontano con diverse scale territoriali al fine di trasformare la città in sistema reagente agli effetti dei mutamenti climatici. Essi reinventano i luoghi del degrado e dell'abbandono in infrastrutture della resistenza, della resilienza e dell'adattività ai mutamenti climatici.

Nel 2007, nell'ambito del programma governativo per San Paolo che prevedeva la realizzazione di 150 *reservoires* per la regolazione dei flussi idrici, per una capienza totale di 15,5 milioni di metri cubi d'acqua, Mmbb Arquitetos propone, di trasformare le vecchie cave abbandonate in spazi ludici e per il tempo libero capaci di riempirsi d'acqua durante il periodo delle piogge. Premiati alla Terza Biennale di Rotterdam, i progettisti hanno associato al ruolo eminentemente tecnico delle *piscinaoes*, un ruolo di rigenerazione delle periferie informali di San Paolo, prendendo in esame la realtà geomorfologica, urbana e sociale del territorio. Attraverso una rete di cavi – i *Vazios de Agua* o *Watery Voids* – essi donano una nuova vitalità

alle zone degradate e risolvono contestualmente il problema del rischio inondazioni della pianura fluviale, i cui suoli sono resi ormai impermeabili. L'emergenza idraulica diventa così veicolo di nuove strategie di trasformazione della città.

Nello stesso anno il Waterplan per Rotterdam individua nelle *watersquare* una soluzione per intervenire nelle zone centrali della città. Negli ultimi anni la crescita del livello del mare e l'aumento di fenomeni temporaleschi, sempre più concentrati nel breve periodo, hanno messo in crisi l'efficienza del sistema fognario. Esclusa l'ipotesi di una sua ricostruzione, troppo lunga e costosa, lo studio olandese *De Urbanisten* propone spazi pubblici multifunzione, spazi attrezzati per il tempo libero e lo sport, che durante le piogge di eccezionale portata, trattengono l'acqua piovana senza riversarla immediatamente nel sistema fognario. Idea che i progettisti riproporranno nel 2010 all'amministrazione singaporiana nel progetto *Changing Waterscape*.

Concettualmente simile è il progetto dei *Rain Garden* per la città di Sendai. Il gruppo di ricerca Sendai Oasis ha previsto il riuso dei vuoti urbani per la costituzione di una rete di migliaia di piccoli bacini idrici, diffusi capillarmente all'interno della città, come alternativa alle grandi reti infrastrutturali che durante il terremoto del marzo del 2011 si sono dimostrate vulnerabili. Questi giardini che integrano il riciclaggio dell'acqua con la gestione del rischio inondazioni, formerebbero gradualmente una rete resiliente in grado di fornire la città di nuovi spazi pubblici, piccole aree verdi e di ripristinare i suoi pozzi storici.

Se i suddetti progetti rappresentano dei veri e propri spazi pubblici capillari ove convogliare l'acqua, i progetti di Turenscape, ormai noto studio cinese, tentano di operare un salto. Riflettendo sull'effetto spugna degli elementi naturali, sui concetti di *Landscape Urbanism* e infrastruttura ecologica, essi realizzano nel continente asiatico delle zone umide assorbenti che tendono a liberarsi della componente tecnica. Kongjian Yu, fondatore dello studio e professore alla Peking University, riconosce all'infrastrutturazione del suolo una delle principali cause di disastro idraulico. «Il risultato è che l'ingegneria delle infrastrutture grigie industriali e meccaniche di gestione dell'acqua, prevalente nell'attuale urbanizzazione, non solo fallisce nel risolvere i problemi che ci troviamo ad affrontare, ma distrugge la capacità dell'ecosistema idrico di correggersi e autoregolarsi» (Yu, 2014, p. 28).

La necessaria infrastrutturazione di aree urbane può essere occasione per una rifondazione del significato stesso di "infrastruttura", per una sua nuova definizione che viaggi di pari passo con il concepimento di modelli atti a trasformare le città in sistemi adattivi autoregolanti, attraverso interazioni sistemiche e cicli virtuosi che vadano oltre gli aspetti funzionali primari (Ferlenga, 2012).

I paesaggi infrastrutturali dello studio cinese Turenscape, o come li definisce Kongjian Yu (2014) – le "eco-idro-infrastrutture" – sono capaci di attivare nuovi cicli, fornendo molteplici servizi ecosistemici, dall'approvvigionamento alla regolazione delle acque, dalla depurazione dei suoli alla produzione di elementi nutritivi, senza dimenticare funzioni culturali e ricreative, mobilità sostenibile e bellezza.

Nel Tianjin Qiauoyaun Wetland Park e nel Qunli Stormwater Park (2008-2009), un vecchio poligono di tiro dismesso, poi diventato discarica e baraccopoli abusiva, vengono trasformati in infrastrutture naturali della resilienza. Attraverso

progetti di micro-topografia, di rimodellazione del suolo, sono state realizzate una serie di cavità, bacini di fitodepurazione che come “spugne verdi” oltre alla raccolta dell’acqua piovana accolgono funzioni ricreative e culturali. Nel 2012 Turenscape conclude a Liupanshui City il *Minghu Wetland Park* e nel 2014 ad Harbin il *Cultural Center Wetland Park* riqualificando le rive deteriorate dei fiumi cinesi Shuicheng e Songhuajiang.



Fig. 3 – Turenscape, Qunli Stormwater Wetland Park, © Turenscape.



Fig. 4 – Turenscape, Minghu Wetland Park, © Turenscape.

Questo approccio progettuale incentrato sul concetto di margine, contrapposto a quello di limite, conforma nuovi paesaggi elastici dalla capacità metamorfica di adattarsi ai processi della dinamica fluviale. Si tratta di bordi interattivi che superano la nota pratica di edificare barriere difensive atte a stabilire un limite, una separazione netta tra due elementi (Nicolin 2010, p. 52).

Chiaramente esse rappresentano strategie di dispersione idraulica. Dilatazioni marginali e ramificazioni tentacolari rendono possibile dissipare l'acqua in eccesso. Allo stesso tempo *blueways, boulevard,* percorsi tematici si diramano dal fiume, vettore principale che solca numerose città, si insinuano tra le maglie della città costruita rivitalizzandola.

Un simile approccio è quello dello Studio Associato Bernardo Secchi e Paola Viganò, che da anni lavora sul tema dell'emergenza idraulica. Nei loro numerosi progetti, da Venezia a Parigi, da Anversa a Marsiglia, essi propongono membrane omeostatiche per le metamorfosi climatiche a cui si affiancano interventi più tradizionali nella città consolidata. È doveroso sottolineare come lo studio italiano tenga a precisare che «*non sempre si può scegliere di essere resilienti*» (Viganò, 2014). Dato che la città già esiste, con le sue forme, i suoi vincoli e i suoi gradi di libertà, alla resilienza è necessario coniugare sovente la resistenza e proporre soluzioni più tradizionali, magari reinterpretarle. La città di Rotterdam si sta trasformando seconda questa direzione. Il suo Waterproof, il piano che asseconda gli effetti dei nuovi fenomeni climatici, la porterà ad essere nel 2025 una città porosa e adattiva in grado convivere con l'acqua, integrando barriere contenitive – piccole dighe multifunzionali e polder tradizionali – a infrastrutture naturalistiche.

6. Conclusioni

Ben si comprende come le suddette strategie, frutto di una progettazione multidisciplinare, rappresentino alternative sostenibili alle grandi opere ingegneristiche, come ad esempio la Diga della Baia della Neva di San Pietroburgo, o quella sotterranea di Tokyo (Metropolitan Area Outer Dicharge Channel), che risultano insostenibili dal punto di vista economico e che hanno enormi impatti ambientali, oltre ad essere vulnerabili e inefficaci in una visione a lungo termine, a causa dei continui cambiamenti climatici e delle metamorfosi geografiche dei territori.

È evidente inoltre come vecchi scheletri abbandonati, vuoti urbani, brown areas, brownfields e più in generale aree dismesse possano rappresentare occasione di trasformare la città contemporanea in quella città porosa (Secchi, et al., 2011), permeabile capace di adattarsi.

Occorre infine sottolineare come i progetti, brevemente descritti nell'ultimo paragrafo, pochi casi studio rispetto ai numerosi progetti che affrontano il tema dell'emergenza idraulica in un'ottica di rigenerazione urbana, operino un importante salto concettuale nel ricostruire degli ecosistemi naturali. A un'etica della salvezza della natura, essi integrano una nozione sistematica ed evolutiva dell'ambiente.

L'architettura diventa così dispositivo performativo in grado di garantire il raggiungimento di un equilibrio simbiotico con il contesto, che deve poter adattarsi rapidamente al mutare delle circostanze e – ecco il vero salto concettuale – mutare l'ambiente stesso. La sua essenza è intimamente interattiva. Infrastrutture e parchi urbani possono dunque costituire gli ambiti privilegiati per l'attivazione di nuovi cicli eco-sistemici.

Nel fronteggiare gli effetti del cambiamento climatico, le città stanno riscoprendo il ruolo dell'acqua come opportunità di rinaturalizzazione e di riattivazione dei suoli abbandonati, ma anche come occasione per fondare un nuovo concetto di spazio pubblico.Come i fiumi *Minghu*, Cheonggyecheon, anche il fiume Tevere a Roma diventa catalizzatore di processi di rigenerazione urbana. Il tema del rapporto fra la città e l'acqua è al centro dell'attenzione di Roma Resiliente fin dalla formulazione della proposta con la quale la Capitale è stata selezionata fra le prime 33 città del programma 100 Resilient Cities e di differenti ricerche universitarie ancora in atto a La Sapienza, tra cui vogliamo citare "Tevere Cavo", "ReCycle Italy" e "Roma 2025". Chi scrive, in accordo con quanto confermato dall'azione congiunta dell'amministrazione pubblica e delle università, sostiene come le criticità caratterizzanti l'ecosistema urbano delle brown-areas e del fiume Tevere possano rappresentare al contrario una grande risorsa, a partire dalla ridefinizione dei margini e dalle relazioni che il corso d'acqua intrattiene con le aree che attraversa. Se nell'area Nord il fiume potrebbe svolgere una funzione di regolazione del flusso idrico, nella parte centrale del suo percorso, quando solca il tessuto urbano più compatto, potrebbe contribuire alla rivitalizzazione delle numerose aree abbandonate e non. Mentre nella vasta area che termina alla foce sul mar Tirreno, interessata da profondi processi di degrado e inquinamento e fenomeni di allagamento, la riqualificazione del fiume, e delle aree golenali a esso attigue, potrebbe costituire un elemento determinante nel regolare il metabolismo urbano della città. In questo visione ripensare i vuoti urbani come aree attivatrici o regolatrici di processi ecosistemici può dar vita a nuove relazioni simbiotiche con il Tevere, che da elemento isolato può tornare ad essere un'infrastruttura di primaria rilevanza nel metabolismo urbano della Capitale.

Riferimenti bibliografici

Caperna A. (2012), *La città come network adattivo ipercomplesso*. *Planum. The Journal of Urbanism*, 25. Retrieved from: www.planum.net/download/xv-conferenza-siu-caperna-atelier-1.

Capra F. (2001), *La rete della vita*, Milano, Rizzoli.

Castro E., Ramirez J. A. (2012), Multiplying the Ground, In Hensel M., a cura di, *Design Innovation for the built Environment. Research by Design and the Renovation of Practice*, London, Routledge.

CEE Commissione Europea (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'impermeabilizzazione del suolo*, Retrieved from: http://ec.-europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/IT%20%20Sealing%20Guidelines.pdf

Clément G. (2005), *Manifesto del Terzo paesaggio*, Macerata, Quodlibet.

De Cesaris A. (2012), *Il progetto del suolo - sottosuolo.* Roma, Gangemi Editore.
De Francesco G. (2013), *Foreste Urbane. Strategie per la riqualificazione delle aree estrattive*. Raleigh, Lulu Press.
De Greef P. (2006), *Rotterdam Waterstad 2035*. Rotterdam, Episode Publishers.
EEA European Environment Agency (2006), *EEA Report | N°10/2006, Urban Sprawl in Europe. The ignored challenge*. Retrieved from: http://www.eea.europa.eu-/publications/eea_report_2006_10
Ferlenga A., Biraghi M., Albrecht B., a cura di (2012), *L'architettura del mondo. Infrastrutture, mobilità, nuovi paesaggi*. Milano, Compositori.
Geddes P. (1970). *Città in evoluzione*. Milano: il Saggiatore.
Geuze A. (1996). Nuovi parchi per nuove città. *Lotus International*, 88: 50-71.
Gregory P. (1998). *La dimensione paesaggistica dell'architettura. L'architettura come metafora del paesaggio*. Bari: Laterza 1998.
Gregory P. (2003), *Territori della complessità. New scapes*. Torino, Testo & Immagine.
Holling (1973), "Resilience and stability of ecological systems", *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4:1-23.
IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press. Retrieve from: http://www.climatechange2013.org/report/full-report/.
ISPRA (2014), *Il consumo di suolo in Italia. Edizione 2014*. Roma, ISPRA. Retrieved from: http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/rapporti/Rapporto_Consumo_di_Suolo_in_Italia_2014.pdf.
Kauffaman S. A. (2003). *The origins of order: self organization and selection in evolution*. Città, Oxford University Press.
Kennon S., De Meulder B. (2014), *Water Urbanisms - East.* Zurich, Park Books.
Kretzer M., Hovestadt L., a cura di (2014), *ALIVE: Advancements in Adaptive Architecture*. Basel, Birkhäuser.
Lamark J.B. (1809), *Philosophie zoologique*, Paris, Libraire F.Savy.
Lovelock J. (1979), *Gaia. A New Look at Life on Earth*, London, Oxford University.
Lynch K. (1990) *Wasting away*, a cura di, Michael Southworth. San Francisco, Sierra Club Books.
Margulis, L., Sagan, D. (1986), *Microcosmos, Four Billion Years of Evolution from Our Microbial Ancestors*. New York, Summit Books.
Maturana, U., Varela, F. (1985), *Autopoiesi e cognizione. La realizzazione del vivente*, Venezia, Marsilio.
McGlynn S., Smith G., Alcock A., Murrain P., Bentley I., (1985), *Responsive Environments*. London, Routledge.
Mezzi P. (2014), "Cambia il clima e le città si attrezzano. Alluvioni e disastri non si evitano ma si possono proporre piani strategici per contenere le conseguenze. Gli esempi in europa e in Italia", *L'architetto*, 16, Retrieved from: http://magazine.larchitetto.it/maggio-2014.
Mezzi P. (2014), "Consumo di suolo un passo avanti", *L'Architetto*, 12, Retrieved from: http://magazine.larchitetto.it/gennaio-2014/gli-argomenti/attualita/consumo-di-suolo.-un-passo-avanti.html
Nicolin P. (2014). "Le proprietà della resilienza/The Properties of Resilience", *Lotus International*, 155:52-57.
Saggio A. (2007), *Introduzione alla rivoluzione informatica in architettura*, Roma, Carocci.
Saggio A. (2014), "Nuova generazione di infrastrutture. La direzione dello sviluppo va rapidamente invertita. Servono nuovi strumenti per far rinascere nuovi pezzi di città esclusi

e abbandonati", *L'Architetto*, 15, Retrieved from: http://magazine.larchitetto.it/aprile-2014.
Saunders W. (2012), *Design Ecologies, The Landscape Architecture of Kongjian Yu*. Città, Birkhäuser Architecture.
Secchi B. (2004), Orographie de la città diffusa, *Techniques & Architecture*, 474:21-23.
Secchi B., Viganò P. (2011), *La ville poreuse. Un projet pour le Grand Paris et la métropole de l'après-Kyoto*. Genève, Metis Presse.
Sennett R. (2006), *The Open City*, Retrieve from: http://www.richardsennett.com/site/senn/-UploadedResources/The%20Open%20City.pdf
Settis S. (2010), *Paesaggio Costituzione cemento*, Torino, Einaudi.
Waldheim C., a cura di (2006), *The Landscape Urbanism Reader*, New York, Princeton Architectural Press.
Wamsler C., a cura di (2013), *Cities, Disaster Risk and Adaptation*, London, Routledge.
Yu K. (2014). "Progettare nuove infrastrutture idriche/Designing new Hydrological Infrastructures", *Lotus International*, 155:28-31.
Yu K. e Padua M. (2007), *Art of Survival: Recovering Landscape Architecture*, Mulgrave, Images Publishing Group Pty Ltd.

Il suolo nella pianificazione del territorio per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici

di L. Di Marco[*]

Riassunto

Il consumo e il degrado del suolo è causa e conseguenza dei cambiamenti climatici. Una diversa gestione della risorsa suolo riconosciuta come risorsa non-rinnovabile, consente di attivare meccanismi naturali che ne fermino il degrado operando nello stesso tempo misure di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Richiamando il principio guida di *lavorare con natura e non contro di essa*, queste misure sono riconosciute in letteratura scientifica come *Ecosystem based Adaptation* o *verdi.* L'utilizzo delle soluzioni *verdi* in alternativa totale o parziale alle tradizionali soluzioni ingegneristiche e infrastrutturali definite *grigie*, sono produttive di co-benefici ambientali e in genere meno costose. L'autore evidenzia come l'uso del suolo e delle infrastrutture verdi consente di ridurre e controllare in tutto o in buona parte gli impatti dei cambiamenti climatici quali ondate di calore, alluvioni, scarsità d'acqua e siccità, perdita di biodiversità. Oltre a ciò, evidenzia come allo stato dell'arte il potenziale di mitigazione attraverso lo stoccaggio della CO_2 nel suolo attraverso le pratiche dell'agro-ecologia sia scarsamente considerato. L'uso efficiente delle risorse e del suolo in particolare contribuiscono attraverso la pianificazione territoriale al conseguimento di obiettivi di mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Secondo l'autore i principi espressi dall'attuale assetto normativo Europeo e nazionale così come le chiare evidenze scientifiche sull'argomento, obbligano i pianificatori a integrare in maniera efficace negli atti di pianificazione misure per l'uso efficiente delle risorse e misure integrate per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

Parole chiave: suolo, cambiamenti climatici, infrastrutture verdi, mitigazione, adattamento, pianificazione territoriale.

[*] Architetto-pianificatore-paesaggista, Coordinatore del Comitato Tecnico di AIAS (Associazione professionale Italiana Ambiente e Sicurezza) Sviluppo Sostenibile e Responsabilità Sociale, *ldimarco@networkaias.it.*

Summary

Soil consumption and degradation is both a cause and a consequence of climate change. A different way of managing soil, acknowledged as a non-renewable resource, enables natural mechanism to stop degradation, while boosting mitigation and adaptation measures to climate change. These measures are known in science as *ecosystem based adaptation* or *green*, recalling the guide principle of *working with nature, not against. Green solutions*, totally or partially alternatives to *grey* traditional engineering or infrastructural solutions, lead to environmental co-benefits and generally are less costly. The author highlights how working with soil and green infrastructure reduces and copes with all or the most part of climate change impacts, such as heat waves, floods, water scarcity and droughts, biodiversity loss. The author also highlights that, at the state of the art, mitigation potential with soil as carbon sink it is barely considered. Resource efficiency in general, and particularly soil management efficiency supports territorial planning achievement of mitigation and adaptation. According to the author, principles expressed in the current European and national regulatory frameworks, supported by clear scientific evidence, commit planners to integrate effectively measures on resource efficiency, mitigation and adaptation to climate change in urban and territorial planning.

Key words: soil, climate change, green infrastructure, mitigation, adaptation, territorial planning.

1. Suolo degradato e suolo sano

«L'utilizzo del suolo e la trasformazione dello stato dei suoli è allo stesso tempo causa e conseguenza dei cambiamenti climatici. Il suolo è il principale responsabile delle attuali trasformazioni di stato degli ecosistemi e della biodiversità, è un fattore chiave nel cambiamento del ciclo delle acque.»

In questo modo l'IPCC nel suo V rapporto del 2014[1] introduce alla descrizione del fattore LUCC (*land use and cover change*). Ad oggi i principali fattori di utilizzo e cambiamento dello stato dei suoli dipendono dal loro sfruttamento antropico (produzione di cibo, fibre, bionergia, urbanizzazione del territorio), mentre dal 2050, sempre secondo l'IPCC, i cambiamenti climatici prenderanno il sopravvento diventando il principale fattore incidente di trasformazione dello stato dei suoli. Questa trasformazione dello stato dei suoli vuol dire, trasformazione *non reversibile* e dunque *perdita* della capacità produttiva del suolo o *perdita a tutti gli effetti di suolo* nella sua qualità oggi riconosciuta di risorsa *non-rinnovabile*.[2] «Il degrado

[1] IPCC (2014), *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Part A: Global and Sectoral Aspects - Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Chapter 4, pag.283.

[2] Commissione Europea, DG Environment http://ec.europa.eu/environment/soil-/index_en.htm, il sito della FAO http://www.fao.org/soils-2015/news/news-

del suolo contribuisce a riduzione della capacità produttiva di cibo, all'innalzamento dei prezzi della merce, alla desertificazione e alla distruzione degli ecosistemi. La società ha il dovere che le risorse del suolo nei loro territori siano gestite in maniera appropriata e sostenibile» (EEA, JRC 2010).[3]

«La salute del suolo è definita come la «capacità del suolo di funzionare come un sistema vivente. Suoli sani mantengono una moltitudine di organismi del suolo che aiutano a tenere sotto controllo le malattie delle piante, insetti ed erbe infestanti, formando benefiche associazioni simbiotiche con le radici delle piante, riciclando i nutrienti essenziali delle piante, migliorando la struttura del suolo con effetti positivi nella capacità di trattenere acqua e nutrienti, migliorandone infine la produttiva delle coltivazioni. Un suolo sano contribuisce anche a mitigare i cambiamenti climatici mantenendo o accrescendo il suo contenuto di carbonio» (FAO 2015).[4] Nella tabella di marcia verso un Europa efficiente nell'uso delle risorse della Commissione Europea[5], per l'uso del suolo è previsto che «entro il 2020 le strategie dell'UE terranno conto delle ripercussioni dirette e indirette sull'uso dei terreni nell'UE e a livello mondiale, la percentuale di occupazione dei terreni sarà conforme all'obiettivo di arrivare a quota zero entro il 2050; l'erosione dei suoli sarà ridotta e il contenuto di materia organica aumentato, nel contempo saranno intraprese azioni per ripristinare i siti contaminati».

È decisivo il fatto che la Commissione Europea quale nostra alta istituzione individui un percorso dell'Unione per preservare il suolo, riconoscendo con *zero consumo* un obiettivo virtuoso e necessario.

Non c'è bisogno però di attendere che l'Europa ci imponga un obbligo di valutazione *delle ripercussioni dirette e indirette sull'uso dei terreni,* già chiaramente comprovati dai fatti e dall'evidenza scientifica.

È già dato di fatto provato che cambiando il modo in cui gestiamo e utilizziamo il suolo è possibile arrestarne il consumo e il degrado, e allo stesso tempo contribuire a costruire ecosistemi resilienti[6] agli effetti ambientali e ai danni socio-economici, destinati nel tempo ad essere sempre più gravemente esacerbati dal fenomeno dei cambiamenti climatici. Ambito tecnico di privilegio in cui ridefinire un

detail/en/c/275770/, l'enciclopedia Treccani *online* http://www.treccani.it/enciclopedia-/suolo/: «Visti i tempi estremamente lunghi di formazione del suolo, si può ritenere che esso sia una risorsa sostanzialmente non rinnovabile».

[3] European Environment Agency (EEA) e Joint Research Centre (JRC) (2010). *The European Environment State and Outlook 2010, Soil*, pag.8

[4] FAO (2015), *Healthy soils are the basis for healthy food production.*

[5] Commissione Europea COM(2011) 571, *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse*, pag.17

[6] «Resilienza: La capacità di un sistema socio-ecologico di far fronte a un evento pericoloso, o ad anomalie, reagendo o riorganizzandosi in modi che ne preservano le sue funzioni esenziali, l'identità e la struttura, mantenendo tuttavia anche le capacità di adattamento, apprendimento trasformazione», definizione riportata nel *glossario* del MATTM (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, con riferimento all'IPCC (2014)

diverso uso del suolo integrandolo altresì con la mitigazione[7] e l'adattamento[8] ai cambiamenti climatici, è la pianificazione del territorio.

2. Lavorare con la natura, non contro

Come principio guida per l'uso del suolo nella pianificazione per l'adattamento, così come per tutte le altre risorse naturali, richiamiamo un principio adottato anche dall'Agenzia Europea per l'Ambiente sul report del 2012 "*Urban Adaptation in Europe*": *lavorare con la natura non contro di essa.*[9]Ciò vuol dire impostare con le risorse naturali un nuovo rapporto: non più di sfruttamento ma gestione consapevole e *intelligente*. Ciò a garanzia che sia mantenuta nel tempo la capacità degli ecosistemi di offrirci tutti i servizi[10] indispensabili per la vita sul pianeta.

Il suolo svolge molteplici ruoli nell'ambito della pianificazione per l'adattamento rientrando nelle tipologie d'intervento definite come *Ecosystem based Adaptation (EbA)* ovvero attraverso soluzioni basate comprendendo e attivando la capacità adattativa degli ecosistemi.[11] Per analogia, si può considerare le EbA come un attivazione indotta nel sistema immunitario per reagire alle malattie in un organismo vivente. Più in generale le opzioni indicate dalla corrente letteratura scientifica sulla pianificazione per l'adattamento ai cambiamenti climatici dall'IPCC, all'EEA, dal MATTM nel documento *Elementi per una strategia nazionale d'addattamento ai cambiamenti climatici*, individuano tre categorie di soluzioni:

- *Grigie*: interventi d'ingegneria, tecnologici e infrastrutturali;
- *Verdi*, ovvero utilizzando la capacità degli ecosistemi di reagire ai cambiamenti e dunque le EbA;
- *Soft*, ovvero interventi di ordine organizzativo, gestionale, che modificano i comportamenti umani e lo stile di governo.

[7] «Mitigazione (dei cambiamenti climatici): Qualsiasi intervento umano che riduca le fonti (*sources*) di rilascio, o rafforzi e potenzi le fonti di assorbimento (*sinks*) dei gas serra» definizione riportata nel *glossario* del MATTM (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, con riferimento all'IPCC (2014)

[8] «Adattamento: Nei sistemi umani, l'adattamento al clima attuale e atteso e ai suoi impatti cerca di limitare i danni o di sfruttare le opportunità favorevoli. Nei sistemi naturali, l'intervento umano può agevolare l'adattamento al clima atteso e ai suoi impatti (…)», per la definizione completa di *adattamento* si veda il *glossario* del MATTM (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, con riferimento all'IPCC (2007).

[9] European Environment Agency (EEA) (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe*, pag.91.

[10] secondo la definizione data nel *Millenium Ecosystem Assessment* (2005) sostenuto dalle Nazioni Unite, per *Servizi Ecosistemici* s'intende "i benefici multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano".

[11] in proposito si veda il sito dell'UNEP e le relative pubblicazioni disponibili: http://www.unep.org/climatechange/adaptation/EcosystemBasedAdaptation/tabid/29583/Default.aspx,

Le soluzioni tra i diversi tre ambiti possono essere alternative o integrate fra loro. Sarà il caso e la situazione specifica, la valutazione e la considerazione dei co-benefici possibili di una soluzione rispetto alle altre, l'analisi costi-benefici, i costi di gestione, a informare il processo decisionale che determinerà la scelta. L'uso intelligente del suolo e dei servizi eco sistemici, ovvero le soluzioni *verdi* svolgono un ruolo chiave nelle azioni d'adattamento e hanno una posizione di privilegio rispetto alle soluzioni *grigie* quanto più flessibili e produttive di co-benefici e in genere più economiche in termini di costi economici e consumo di risorse.

Su questo assunto c'è un generale consenso nella letteratura tecnica e scientifica:

- Le opzioni di adattamento infrastrutturali tipicamente hanno due generi di limiti. Il primo dovuto al fatto che devono affrontare l'incertezza associata con i cambiamenti climatici previsti valutati secondo assunti scenari ipotetici futuri su clima, crescita di popolazione e comportamento umano. Il secondo il costo e la durata nel tempo dell'infrastruttura che rendono difficile la fattibilità. Infine sono soggette a conseguenze che non è possibile prevedere in anticipo. Per contro lavorando con le capacità della natura perseguendo opzioni ecologiche, quali recupero e manutenzione delle coste e dei terreni acquitrinosi per assorbire e controllare l'impatto dei cambiamenti climatici in aree urbane e rurali, può essere una misura efficace ed efficiente di adattamento (IPCC 2014).[12]
- Tradizionalmente rischi da fenomeni naturali sono stati gestiti con misure tecnico-ingegneristiche. Queste sono state testate per lavorare fino a un certo punto, ma quando cedono, gli effetti possono essere disastrosi, mentre lavorare con la natura può produrre benefici per gli stessi sistemi naturali (EEA 2012).[13]
- Ogni forma di adattamento deve tener conto del principio della sostenibilità e dell'equità intergenerazionale a fronte della limitatezza delle risorse non rinnovabili […] Dal punto di vista ambientale andranno quindi favorite misure con effetti positivi sull'ambiente e sui servizi degli ecosistemi e misure che favoriscono ed utilizzano i processi naturali (MATTM 2014).[14]

3. Suolo, mitigazione e adattamento

L'uso intelligente del suolo concorre alla mitigazione e all'adattamento dei cambiamenti climatici producendo benefici diretti al suo stesso recupero dal degrado. I benefici sono molteplici: mitigazione dei cambiamenti attraverso le proprietà

[12] IPCC (2014), *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Part A: Global and Sectoral Aspects - Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Chapter 14, pag.846.

[13] European Environment Agency (EEA) (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe*, pag. 91.

[14] Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, pag.12.

di *carbon sink* del suolo, capacità di drenaggio delle acque in caso di alluvioni, capacità di trattenere acqua smorzandone il fabbisogno nei periodo di siccità, capacità di filtrare l'acqua per ricaricare gli acquiferi della falda, favorire la biodiversità, supporto alla crescita di biomassa, capacità di smorzamento del fenomeno isole di calore nelle aree urbane, e non ultimo ovviamente capacità di produrre cibo, fibre e altre risorse essenziali socialmente ed economicamente.

3.1. uso del suolo come carbon sink

C'è diffusa consapevolezza del fatto che le biomasse hanno capacità di immagazzinare CO_2. Da cui nei meccanismi del protocollo di Kyoto si è introdotto la possibilità anche di avere *carbon credits* con opere la riforestazione. Non altrettanto diffusa è la conoscenza della capacità del suolo d'*immagazzinare* CO_2. Questa proprietà è positiva non solo in se ma perché si abbina alla ricchezza del suolo in contenuto di materia organica, di biodiversità, di capacità di trattenimento dell'acqua. Quindi favorendo anche la fertilità naturale dei suoli. Per valorizzare queste proprietà del suolo è necessario adottare specifiche pratiche agronomiche. La banca mondiale sta diffondendo nei paesi in via di sviluppo una metodologia denominata SALM (Sustainable Agriculture Land Management) a cui ha abbinato lo strumento di calcolo della CO_2 catturata nel suolo.[15] Oltre a rendere più fertili naturalmente i terreni contrastando il fenomeno della desertificazione, l'adozione di queste pratiche riduce i costi sostenuti dagli agricoltori per l'acquisto di concimi chimici e accresce il loro guadagno grazie anche al riconoscimento di *carbon credits*.

Ad oggi, i pianificatori che si devono occupare di mitigazione dei cambiamenti climatici non hanno a disposizione strumenti di calcolo ponderati attraverso cui valutare questa importante potenzialità del territorio agricolo. Nella pianificazione a scala comunale e ancor meglio a scala regionale, sarebbe auspicabile che il cambio di pratiche agricole sia valutato nei piani di riduzione delle emissioni, quantificandone numericamente il potenziale e prevedendo l'adozione di adeguate misure e azioni. La ricerca multidisciplinare deve essere sviluppata in questo ambito, valutando le potenzialità di mitigazione ai cambiamenti climatici tra gli aspetti sostanziali della sostenibilità delle pratiche agricole. Da considerare inoltre che riduzione o eliminazione di concimi chimici e pesticidi dall'agricoltura oltre agli altri cobenefici ambientali (primariamente biodiversità e disponibilità di risorse idriche) produce altresì mitigazione dei cambiamenti climatici per il ridotto uso di energia nei processi di produzione e smercio di queste sostanze.

[15] World Bank, http://wbi.worldbank.org/wbi/stories/monitoring-climate-smart-agriculture's-triple-wins-power-knowledge-sharing

3.2. uso del suolo per il miglioramento del microclima e contrasto del fenomeno isole di calore

Suolo, biomasse, corsi d'acqua, migliorano il microclima delle aree urbanizzate. Possono svolgere un ruolo decisivo nell'adattamento degli insediamenti urbani al fenomeno delle isole di calore da cui deriva un co-beneficio diretto in termini di riduzione del fabbisogno energetico sopratutto per il raffrescamento degli edifici nel periodo estivo. L'onda di calore dell'estate 2003 in Europa centrale e occidentale ha causato 70.000 decessi, ed è prevedibile che con i cambiamenti climatici questi fenomeni si possano riproporre in futuro con maggiore frequenza, durata e intensità.[16] Prima ancora dei cambiamenti climatici, il problema sussiste per una non corretta valutazione tecnica delle caratteristiche degli edifici e dell'ambiente costruito rispetto all'incidenza dei fenomeni naturali. Basti pensare che sono state calcolate differenze di oltre 10° di temperatura tra spazi abitabili inclusi in isole di calore e limitrofe aree verdi.[17] Oltre ai rischi per la salute umana, le ondate di calore possono produrre danni alle infrastrutture[18] e discontinuità nei servizi (ad esempio black-out dei servizi elettrici per eccesso di domanda). In termini operativi nella pianificazione delle aree urbane, la disponibilità di suolo inedificato e non urbanizzato svolge un ruolo fondamentale come supporto alle cosiddette infrastrutture verdi. Le stesse vanno ove presenti conservate, e ancora integrate ovunque ci sia la possibilità di farlo, sopratutto all'interno delle aree urbane che presentano maggiore vulnerabilità al fenomeno isola di calore.[19] I benefici addizionali sono numerosi e già di per se importanti: spazi per attività ricreative all'aperto, biodiversità, riduzione degli inquinanti dell'aria, attenuazione dell'inquinamento acustico, drenaggio e stoccaggio delle acque meteoriche.

3.3. Uso del suolo per la prevenzione delle alluvioni e dal rischio idro-geologico

Le alluvioni sono riconosciute come il fenomeno responsabile delle maggiori perdite economiche in Europa.[20] Nella pratica urbanistico/edilizia corrente una ve-

[16] European Environment Agency (EEA) (2012), *Urban adaptation to climate change in Europe*, pag. 18.

[17] European Environment Agency (EEA) (2012), *Urban adaptation to climate change in Europe*, pag. 21.

[18] Sui danni alle infrastrutture da ondate di calore, con particolare riferimento ai trasporti si veda l'articolo di Lorenzo Barbieri (2014), *Trasporti, infrastrutture e cambiamenti climatici a Roma*, pubblicato in *U3 Giornale online di Urbanistica*, a p.69.

[19] Sulla mappature delle vulnerabilità in ambito urbano si veda l'articolo di Andrea Filpa & Simone Ombuen (2014), *La carta della vulnerabilità climatica di Roma 1.0*, pubblicato in *U3 Giornale online di Urbanistica*, a p.47.

[20] *"In europa i rischi naturali che hanno causato le più grandi perdite economiche sono inondazioni e tempeste"* European Environment Agency (EEA) (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe*, pag. 35.

rifica che viene o *dovrebbe* di regola essere richiesta ai professionisti che presentano una pratica in Comune per nuova costruzione o trasformazione dell'esistente è la *verifica della superficie drenante*. La pianificazione per l'adattamento richiede però un ripensamento più generale del problema. Suolo e vegetazione possono svolgere un importante ruolo nella prevenzione delle alluvioni riducendo i picchi di scarico delle acque dai bacini fluviali. Anche lontano dalle aree a rischio, alla scala regionale il modo in cui le aree agricole e le aree forestali sono gestite, può collaborare nella prevenzione rischio alluvione.[21] Ciò introducendo pratiche agronomiche che migliorino la capacità dei terreni agricoli di trattenere acqua. Nelle aree di più alta vulnerabilità va migliorato il drenaggio naturale delle acque meteoriche, considerando anche ipotesi di de-impermeabilizzazione[22] e creando ovunque possibile adeguate aree verdi tampone lungo fiumi e corsi d'acqua. Anche in questo caso i co-benefici sono di assoluta utilità e valore: maggiori superfici drenanti e verdi in città contribuiscono al miglioramento del microclima urbano, alla diffusione di biodiversità, all'utilizzo ottimale delle acque meteoriche nelle pratiche agricole, alla ricarica delle acque di falda nel sottosuolo. Le aree verdi tampone lungo fiumi e corsi d'acqua possono inoltre essere utilizzate come spazi aperti ricreativi e su scala più ampia per attività economiche quali turismo, pesca, pascolo.[23]

3.4. Uso del suolo per contrastare scarsità di acqua e siccità

La scarsità di acqua rappresenta un gravissimo problema, destinato ad aggravarsi nel tempo con l'affluenza, crescita della popolazione e quindi della domanda e dei consumi. Il fenomeno è ulteriormente esacerbato dai cambiamenti climatici.

Il ciclo delle acque di fatto si lega strettamente al suolo e alla presenza di biomassa e alberi in uno scambio di processi tra eventi meteorici, trattenimento dell'acqua nella biomassa e nel suolo, successiva evapotraspirazione o drenaggio nel sottosuolo per la ricarica delle falde acquifere. Il sistema di scambio è compromesso laddove tra terra e cielo non sono più presenti biomasse e alberi che svolgono il ruolo protettivo del suolo dallo stillicidio delle acque attraverso la chioma. L'assenza di piante espone il suolo al fenomeno dell'erosione. Lo stesso apparato radicale delle piante svolge la funzione di mantenere aggrappato il suolo prevenendo l'erosione e il fenomeno di smottamento nelle zone collinari/montane, favorendo la penetrazione dell'acqua piovana negli acquiferi del sottosuolo, l'assorbimento dell'acqua in eccesso e l'evaporazione attraverso la chioma della

[21] European Environment Agency (EEA) (2012), *Urban adaptation to climate change in Europe*, pag. 50.

[22] Sul contribuito possibile della de-impermeabilizzazione, interessanti le ipotesi presentate nell'articolo di Emma Biscossa (2014), *Adattamento Climatico in Ambito Urbano. Scenari di sostenibilità idraulica per il bacino sud di Padov*a, pubblicato in *U3 Giornale online di Urbanistica*, a p. 37.

[23] Tra gli esempi che si possono citare si veda il progetto di recupero del basso Danubio evidenziato dall' European Environment Agency (EEA) (2013), nel Report *Adaptation in Europe*, a pag.42.

pianta rimettendola a disposizione dell'atmosfera. La soluzione al problema della scarsità dell'acqua attraverso soluzioni verdi deve essere promossa quindi preservando e favorendo ovunque possibile la presenza di vegetazione, foreste e aree boschive per consentire la rigenerazione delle risorse idriche. Altresì, pratiche agricole che migliorano la capacità di ritenzione idrica del suolo concorrono alla riduzione della domanda lasciando a disposizione maggiori risorse idriche per usi civili. Il suolo che come abbiamo visto ha un potenziale ruolo di mitigazione dei cambiamenti climatici riducendo anche il fabbisogno d'energia attraverso lo smorzamento del fenomeno isole di calore, contribuisce in questo modo indirettamente anche alla riduzione del fabbisogno idrico. Infatti secondo l'IEA per il 15%, i consumi di acqua sono attribuibili alla produzione energetica prevedendone una futura crescita percentuale.[24]

3.5. Uso del suolo per contrastare la perdita di biodiversità

La diversità biologica è essenziale *per l'evoluzione e per il mantenimento del sistema che sostiene la vita della biosfera.*[25] Il degrado del suolo è immediatamente correlato con la biodiversità. Il suolo sostiene la biodiversità e la vita sul pianeta, così come lo stesso suolo per essere considerato *sano* e per poter prestare un adeguato supporto alla biodiversità deve essere ricco di sostanza organica e biodiversità. La perdita di biodiversità significa perdita della capacità di stoccaggio naturale della CO_2 dalle biomasse e dunque rappresenta concausa con i combustibili fossili dell'effetto serra e dei cambiamenti climatici. Gli effetti dei cambiamenti climatici incidono a loro volta sulla biodiversità accelerandone il depauperamento. L'aggiornamento del rapporto sui *Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet*[26] pubblicato su *science* lo scorso gennaio 2015, evidenzia come la perdita di biodiversità abbia ampiamente sforato nella zona di alto rischio ovvero di perdita irreversibile, mentre il cambio d'uso del suolo e i cambiamenti climatici restano ancora nella zona intermedia cosiddetta d'*incertezza*.

Collaborano al contenimento della perdita di biodiversità tutte le azioni di mitigazione e adattamento *verdi* sopra descritte, così come sicuramente l'azzeramento del consumo di suolo. Suolo e agricoltura possono e devono contribuire alla resilienza della biodiversità che a sua volta contribuisce alla resilienza delle stesse, nel mutuo sostegno alla resilienza ai cambiamenti climatici.

La pianificazione del territorio deve a tal fine assumere come regola l'introduzione di pratiche di *agro-ecologia*[27] istituendo rapporti di collaborazione

[24] International Energy Agency (EIA) (2014) http://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2014/march/name,48015,en.html.

[25] dal preambolo alla Convenzione sulla diversità biologica (1992).

[26] Steffen *et al*. (2015), *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*, sulla rivista *Sciencexpress, http:www.sciencemag.org.*

[27] "Agro-ecologia: un approccio ecologico all'agricoltura che osserva le aree agricole come ecosistemi e che si preoccupa degli impatti ecologici delle pratiche agricole", FAO (2013), Climate Smart agriculture Sourcebook, pag. 547.

permanente tra i gestori istituzionali della pianificazione, centri di ricerca e addetti del settore agricolo.

4. Suolo e uso efficiente delle risorse

Contabilizzare la presenza di edifici e immobili inutilizzati o sotto-utilizzati è una misura obbligatoria per impostare atti di pianificazione improntati al principio di uso efficiente delle risorse[28], anche nel perseguimento di obbiettivi di mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. Un obiettivo strategico di piano per l'uso efficiente delle risorse già esistenti quali edifici e infrastrutture dovrebbe prevedere un analisi dell'ambiente costruito che consenta la riduzione o meglio l'azzeramento del consumo di suolo o ancora di più interventi di *de-impermeabilizzazione*. In che modo? Il patrimonio edilizio attuale oltre a essere sul piano nazionale sovradimensionato rispetto agli utilizzi civili e produttivi, è di fatto anche sottoutilizzato. Ci sono edifici che lavorano di giorno (ad esempio gli uffici), altri di notte (esempio case ed appartamenti). Il trasporto casa-ufficio richiede utilizzo di risorse e infrastrutture permanenti costose in termini sociali ed economici per la costruzione, manutenzione, gestione, e dispendiose in termini di consumo di risorse. Suolo incluso. Tutte le forme di trasporto pubblico o privato condiviso contribuiscono al contrario a ridurre il fabbisogno di risorse e concorrono di fatto alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici. Qualora, ovviamente pianificate e progettate, rilevando con criterio flussi attuali e futuri della domanda. Il consumo di suolo per nuove infrastrutture stradali lo si può in pratica annullare in previsione della riduzione dei volumi di traffico privato. Di conseguenza, meno automezzi in circolazione e in sosta possono consentire la realizzazione di nuovi percorsi ciclo-pedonali e la *de-impermeabilizzazione* e il recupero a verde di parte delle aree urbanizzate. Anche il telelavoro può contribuire alla riduzione del traffico. Nello steso tempo consentendo la possibilità di utilizzare in maniera efficace gli stessi edifici sia di giorno che di notte. Utilizzando dunque in maniera più efficiente le abitazioni, così come tutti i servizi necessari alla sua manutenzione e funzionamento, evitando sprechi di risorse. A titolo di mero esempio, si pensi al calore residuo che viene disperso/non utilizzato da nessuno nelle ore notturne negli uffici che necessitano di riscaldamento invernale. In alcune situazioni, il telelavoro consentirebbe anche, oltre a una migliore conciliazione dei tempi lavoro-famiglia anche la possibilità di ripopolare paesi e preziosi centri storici in stato di abbandono o semi-abbandono favorendone il recupero e la creazione di un indotto locale. Così contrastando i fenomeni della polarizzazione della popolazione sulle grandi città, e gli squilibri territoriali.

[28] Secondo i principi riportati dalla Commissione Europea nella COM(2011) 571, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse".

5. L'evidenza scientifica non ammette ignoranza

Ad oggi, *apparentemente* non c'è alcun obbligo d'impostare la pianificazione del territorio tenendo conto dei cambiamenti climatici. Ma è così di fatto? Esistono due strumenti volontari promossi dall'Unione Europea rispettivamente per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici e precisamente il *Patto dei Sindaci* [29] lanciato nel 2009 e la più recente iniziativa del 2014 *Mayors Adapt*[30].

Di fatto lo strumento della VIA (Valutazione d'Impatto Ambientale) è già obbligo di legge per tutti gli atti di pianificazione territoriale.

In principio ciò dovrebbe obbligare a considerare che nella pianificazione siano presi in carico tutti gli aspetti ambientali incidenti incluso i cambiamenti cimatici. La Direttiva Europea 2014/52/UE che aggiorna la precedente Direttiva 2011/92/UE sulla VIA (a cui la nostra norma nazionale deve essere aggiornata entro il 16 maggio 2017), integra specificamente prescrizioni per considerare le cosiddette nuove questioni ambientali quali efficienza e sostenibilità nell'uso delle risorse, tutela della biodiversità, cambiamenti climatici, rischi di incidenti e calamità. L'OECD e l'EEA[31]già da tempo hanno evidenziato la necessità d'integrare l'adattamento ai cambiamenti climatici in altri strumenti già esistenti quali la VIA. Scelta effettivamente opportuna al fine di valutare in maniera integrata e sinergica tutte le politiche sul territorio incluso le politiche per il clima. L'EEA riconosce alla pianificazione del territorio il ruolo privilegiato di strumento d'integrazione delle politiche[32]. Questo concetto d'integrazione delle politiche nella sua semplicità riveste un ruolo fondamentale. Pianificare considerando i cambiamenti climatici comporta una visione dinamica nel tempo che considera come fattori variabili tanto gli aspetti ambientali quanto quelli sociali ed economici nel loro insieme. L'integrazione di questi tre aspetti rientra nel concetto di sviluppo sostenibile riportato tra l'altro all'interno del nostro codice dell'ambiente Decreto Legislativo n.152/2006 art.3 quater. Già solo nel rispetto di questo principio[33], peraltro già presente nei trattati europei[34], discenderebbe l'obbligo cogente d'integrare i cambiamenti climatici nella pianificazione del territorio. Rappresenta di fatto imperizia tecnica e miopia politica pensare ancora oggi di predisporre un piano urbanistico che non contempli il fenomeno cambiamenti climatici. Rafforzano questa posizio-

[29] http://www.pattodeisindaci.eu/index_it.html.

[30] http://mayors-adapt.eu/.

[31] European Environment Agency (EEA) (2012). *Urban adaptation to climate change in Europe*, pagg.78, 114.

[32] ibid, pag.112.

[33] «Ogni attività umana giuridicamente rilevante ai sensi del presente codice deve conformarsi al principio dello sviluppo sostenibile, al fine di garantire che il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali non possa compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future», art.3 quater, comma 1 del Decreto Legislativo n.152/2006 e s.m.i..

[34] Trattato di Lisbona che modifica il trattato sull'Unione europea e il trattato che istituisce la Comunità europea, firmato a Lisbona il 13 dicembre 2007 - art 2 comma 5 – *"L'Unione (…) Contribuisce alla pace, alla sicurezza, allo sviluppo sostenibile della Terra."*

ne le norme deontologiche dei pianificatori architetti che più in generale impongono in capo al professionista precisi obblighi di responsabilità sociale: «il Professionista nell'esercizio della professione deve vigilare con diligenza sull'impatto che le opere da lui realizzate andranno a provocare sulla società e sull'ambiente. Così come anche corre l'obbligo d'aggiornamento: nel migliore interesse dell'utente e della collettività (…) ogni Professionista ha l'obbligo di curare il continuo e costante aggiornamento della propria competenza professionale».[35] Come si usa dire che *la legge non ammette ignoranza*, si può dire anche *l'evidenza scientifica non ammette ignoranza*. Pianificatori, estensori della VIA, autorità competenti per la VIA, uffici delle ARPA chiamati a esprimere giudizi e pareri sugli atti di pianificazione, hanno l'obbligo professionale e morale cogente di fare in modo che la pianificazione territoriale sia a *prova di clima*. Ciò presuppone un radicale cambiamento nelle modalità di pianificare, un coordinamento attento di diversi aspetti concomitanti relativi a diverse discipline scientifiche e tecniche, il coinvolgimento di diverse competenze e di nuovi livelli istituzionali nel processo di pianificazione, il coinvolgimento e la partecipazione della società civile, non in termini puramente formali, ma il più possibile concreti ed effettivi. E infine, la necessità di rafforzare lo scambio e l'interfaccia politica/scienza, cosi come in più punti auspicato nel testo della dichiarazione RIO+20 *"Il futuro che vogliamo"*[36]. Come propugnato da Andrea Filpa e Simone Ombuen, «la sfida dell'adattamento climatico, la cui misura ci è data dalla impressionante riscossa della natura nel rivendicare il suo essenziale ruolo di determinante primo delle condizioni di vita sulla Terra, dimostra senza appello la fatuità della difesa dei compromessi di breve termine, delle preoccupazioni elettorali, degli interessi particolari, della negazione delle evidenze scientifiche».[37]

Riferimenti bibliografici

CNA_PPC (Consiglio Nazionale Architetti, pianificatori, paesaggisti, conservatori) (2014), *Codice Deontologico degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti, Conservatori, Architetti Iunior e Pianificatori Iunior Italiani.*

Commissione Europea COM(2011) 571, *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse.*

Commissione Europea COM(2013) 216. *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni*, Infrastrutture verdi – Strategia Europea d'adattamento ai cambiamenti climatici.

Commissione Europea COM(2013) 249, *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle*

[35] CNA_PPC (Consiglio Nazionale Architetti, pianificatori, paesaggisti, conservatori) (2014), *Codice Deontologico degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti, Conservatori, Architetti Iunior e Pianificatori Iunior Italiani.*

[36] http://www.uncsd2012.org/thefuturewewant.html.

[37] Andrea Filpa & Simone Ombuen (2014), *Cambiamenti climatici e pianificazione. Introduzione dei curatori*, pubblicato in *U3 Giornale online di Urbanistica*, a p.9.

Regioni. Infrastrutture verdi – Rafforzare il capitale naturale in Europa.
European Environment Agency (EEA) (2012), *Climate change, impact and vulnerability in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
European Environment Agency (EEA) (2012), *Urban adaptation to climate change in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
European Environment Agency (EEA) (2013), *Adaptation in Europe.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
European Environment Agency (EEA) e Joint Research Centre (JRC) (2010), *The European Environment State and Outlook 2010, Soil.* Luxembourg: Publications Office of the European Union.
FAO (2013), *Climate Smart agriculture Sourcebook*. Retrieved from: http://www.fao.org/3/-a-i3325e.pdf
FAO (2014), *International Symposium on Agroecology for Food Security and Nutrition.* Retrieved from: *http://www.fao.org/3/a-i4327e.pdf*
FAO (2015), *Healthy soils are the basis for healthy food production.* Retrieved from: http://-www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/en/c/277682/.
International Energy Agency (2014), *For World Water Day, IEA shares in-depth analysis of energy sector's use*. Retrieved from: http://www.iea.org/newsroomandevents/-pressreleases/2014/march/name,48015,en.html.
IPCC (2014), *Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability - Part A: Global and Sectoral Aspects - Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press.
ISPRA (2013). Reticua n.4/2013. *Climate change, naturalità diffusa e pianificazione territoriale.* Retrieved from: http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/periodici-tecnici/reticula/reticula-n.-4-2013-numero-monografico.
Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare (2014), *Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici.*
Steffen et al. (2015), "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet", Science, 347(6223).
U3 Giornale online di Urbanistica (2014), *Comprendere i cambiamenti climatici. Pianificare per l'adattamento.* Retrieved from: http://www.urbanisticatre.uniroma3.it/-dipsu/?page_id=3077.
UNCTAD (2013). *Wake up before it is too late: Make agriculture truly sustainable now for food security in a changing climate.* Retrieved from: http://unctad.org/en/pages/-publicationwebflyer.aspx?publicationid=666.
UNEP. *Building Resilience of Ecosystems for Adaptation*, Retrieved from: http://www.unep.org/climatechange/adaptation/EcosystemBasedAdaptation/tabid/29583/Default.aspx.
Unione Europea (2007), Trattato di Lisbona che modifica il trattato sull'Unione europea e il trattato che istituisce la Comunità europea, firmato a Lisbona il 13 dicembre 2007.
United Nation (1992), Convention on biological diversity.
United Nation (2012), *Rio + 20 declaration: The future we want.*
WORLD BANK (2014), *Monitoring Climate-Smart Agriculture's Triple Wins: The Power of Knowledge Sharing.* Retrieved from: http://wbi.worldbank.org/wbi/stories/monitoring-climate-smart-agriculture's-triple-wins-power-knowledge-sharing.

Analisi del ruolo dei vigneti sulla stabilità di versante in un'area soggetta a frane superficiali

di C. Meisina[*], M. Bordoni[*], M.G. Persichillo[*], A. Vercesi[**], G.B. Bischetti[***], E. Chiaradia[***], C. Bassanelli[***], C. Vergani[****], R. Valentino[*****], M. Bittelli[******] e S. Chersich[*]

Riassunto

Sono presentati i primi risultati di uno studio multidisciplinare realizzato nell'area collinare dell'Oltrepò Pavese finalizzato a studiare i meccanismi di innesco delle frane superficiali e in particolare il ruolo del rinforzo meccanico dei suoli provocato dalle radici di vite oltre che gli effetti che le pratiche gestionali dei vigneti hanno nel promuovere o nel contrastare l'instabilità di versanti adibiti alla viticoltura. Le tecniche colturali, in particolare l'utilizzo del vigneto a rittochino, influenzano l'instabilità dei versanti. La distribuzione delle radici di vite nel suolo è massima nei primi 0.6 m e tende a diminuire con la profondità. Laddove le radici sono presenti, esse determinano un rinforzo meccanico, espresso come coesione radicale basale, al suolo, fino a 18.3 kPa in pendii stabili. Lo studio ha importanti ripercussioni sulle politiche di pianificazione territoriali e può incidere positivamente sul presidio del territorio e sulla prevenzione dei fenomeni di dissesto.

Parole chiave: vigneti, frane superficiali, Root Area Ratio, rinforzo radicale.

Summary

We present in this work the first results of a multidisciplinary study realized in the hilly area of Oltrepò Pavese for studying the triggering mechanism of shallow landslides. The role of the soil mechanical reinforcement made by grapevines roots and the management practices of vineyards are investigated aiming to identify the conditions which can promote or avoid the slope instability in vineyards. The man-

[*] Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente, Università di Pavia.
[**] Istituto di Frutti-Viticoltura, Università Cattolica Milano.
[***] Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università di Milano.
[****] Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Davos.
[*****] Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Ambiente, del Territorio e Architettura, Università di Parma.
[******] Dipartimento di Scienze Agrarie, Università di Bologna.

agement practices, in particular the tillage pattern parallel to maximum slope gradient, have effects on the slope instability. The ditribution of grapevine roots is highest in the first 0.6 m of the soil and it trends to decrease along the depth. Where the roots are present, they make a mechanical reinforcement, expressed as basal root cohesion, on soil till 18.3 kPa in stable slopes. The study has significant effects on land planning policies and can influence positively the land protection and the preventative measures for avoiding slope instabilities.

Key words: vineyards, shallow landslides, Root Area Ratio, root reinforcement.

1. Introduzione

Le aree a vocazione vitivinicola si trovano molto spesso su versanti acclivi e talvolta terrazzati. Tale collocazione è spesso connessa a problemi di erosione superficiale e/o di instabilità dei versanti. Le frane superficiali, interessanti i primi 2 m di suolo e indotte da intense precipitazioni meteoriche a carattere stagionale o concentrate nel tempo, costituiscono i fenomeni di instabilità più diffusi nelle aree a vocazione vitivinicola. In queste aree, essi hanno elevata distribuzione nelle zone colpite e provocano la parziale o completa distruzione di vasti settori di versante coltivati a vigneto, contribuendo fortemente alla perdita di sostanza organica e di potenziale produttivo nel suolo (e relativo degrado delle funzioni ecologiche/ecosistemiche). Tali problematiche si verificano attualmente con sempre maggior frequenza. Nell'ultimo ventennio, i casi più significativi in Italia hanno interessato le Langhe nel 1994 e nel 2009 (Tiranti e Rabuffetti, 2010), l'Oltrepò Pavese nel 2009 e nel 2013 (Zizioli *et al.*, 2013, 2014), le Cinque Terre nel 2011 (Cevasco *et al*., 2014). Se sul tema dei problemi legati all'erosione superficiale in versanti coltivati a vigneto esiste già una grande mole di dati sperimentali (Arnaez *et al.*, 2007; Tarolli *et al.*, 2014), vi è una pressoché totale mancanza di informazioni sull'interazione tra la vite e la stabilità dei versanti. L'analisi di tale interazione costituisce la base per definire fino a che punto e con quale tecniche di gestione queste coltivazioni possano esercitare un ruolo di prevenzione ai fenomeni di dissesto. Inoltre, fino ad oggi gli studi sul ruolo protettivo dell'apparato radicale hanno riguardato generalmente piante di interesse forestale (Abe e Ziemer, 1991; Bischetti *et al.*, 2009; Schwarz *et al.*, 2010) e mai quelle di interesse agrario come le viti.

Vengono qui presentati i primi risultati sul ruolo operato dalle viti in relazione alla franosità superficiale, in termini di resistenza meccanica del loro apparato radicale e degli effetti che le pratiche gestionali dei vigneti hanno nel promuovere o nel contrastare l'instabilità.

2. L'area di studio e i metodi utilizzati

L'area di studio corrisponde al settore collinare nord-orientale dell'Oltrepò Pa-

vese (Provincia di Pavia), tra i comuni di Broni, Canneto Pavese e Stradella (fig. 1), dove la vitivinicoltura rappresenta un importante fattore ambientale, paesaggistico ed economico.

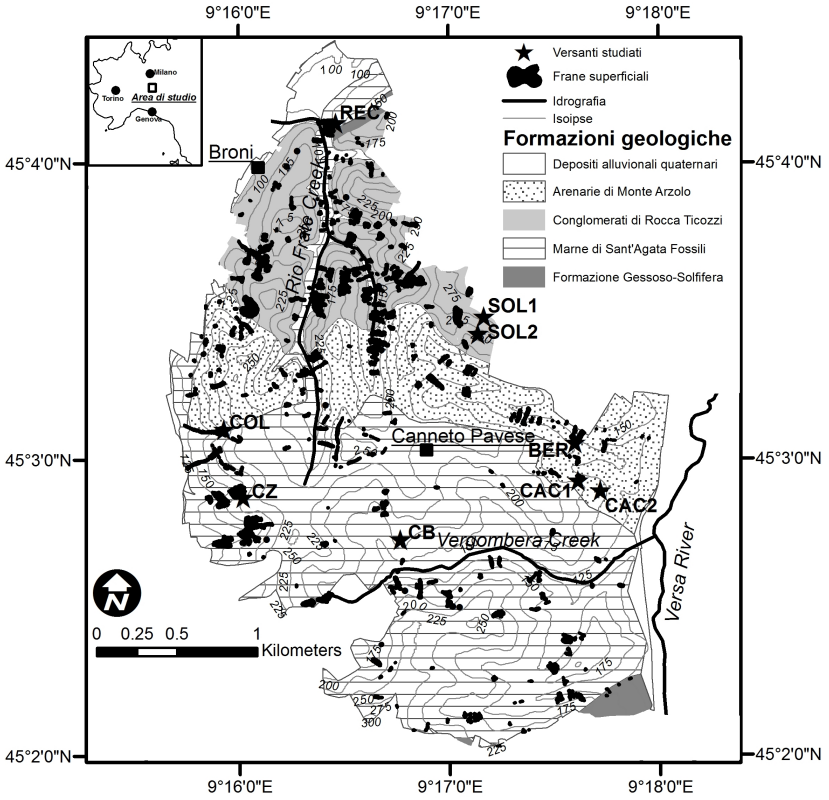


Fig. 1 – Inquadramento geologico dell'area di studio, localizzazione dei siti-campione e distribuzione dei fenomeni franosi.

I versanti presentano coltri eluvio-colluviali, derivanti dall'alterazione di formazioni geologiche arenacee, conglomeratiche e marnose, costituite essenzialmente da limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi non plastici, con spessori tra 0.5 e 2.5 m. Nella coltre di copertura si sviluppa una circolazione idrica superficiale separata rispetto a quella profonda (substrato) da uno strato a minore permeabilità che favorisce il flusso della falda lungo il pendio e determina, in condizioni di precipitazioni critiche, situazioni di sovrappressioni idrauliche che causano l'innesco delle frane (Bordoni *et al.*, 2014). Numerose frane superficiali hanno avuto negli ultimi anni ripercussioni negative sull'attività vitivinicola (fig. 2). In particolare, le intense precipitazioni del 27-28 aprile 2009 (160 mm in 48 h, 20% della pioggia media annua) hanno innescato circa 1600 frane superficiali in 180 km^2, mentre eventi meno diffusi si sono avuti tra Marzo e Aprile 2013 e a Marzo 2014 (fig. 1).

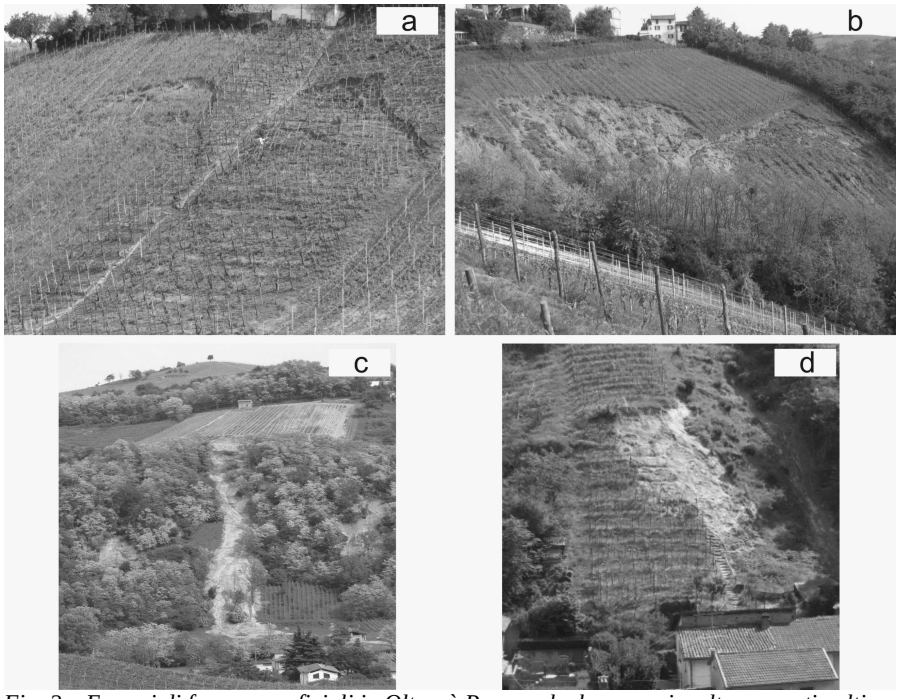


Fig. 2 – Esempi di frane superficiali in Oltrepò Pavese che hanno coinvolto versanti coltivati a vigneto. a) porzioni della coltre di alterazione superficiale che hanno subito traslazioni di limitata entità tali da non esporre la superficie di movimento; b) porzioni della coltre di alterazione superficiale che hanno subito traslazione di entità tale da esporre la superficie di rottura; c) porzioni della coltre di alterazione superficiale che a seguito del movimento iniziale e della successiva destrutturazione della massa spostata degenerano in colata; d) porzione della coltre di alterazione superficiale che, a seguito della traslazione iniziale e della destrutturazione della massa, degenerano in colata estremamente fluida.

La distribuzione dei fenomeni franosi è stata confrontata con la mappa dell'uso del suolo e le tecniche di gestione dei vigneti, mentre, per comprendere i fattori che influenzano il rinforzo meccanico operato dalle radici di vite, sono stati selezionati alcuni versanti campione con vigneti di diversa età (fig.1). La selezione è avvenuta sulla base della morfologia (pendenza, quota, esposizione) dei versanti, della disposizione e età dei filari, delle principali pratiche agricole condotte, dello spessore e del tipo di suolo, del tipo di substrato, della presenza o meno di frane superficiali. In prossimità di piante di vite vive, sono stati realizzati scavi per il prelievo di radici sottoposte a prove di laboratorio per valutarne la resistenza a trazione. È stata inoltre analizzata la distribuzione delle radici con la profondità e sono stati eseguiti dei profili pedologici con prelievo di campioni per la caratterizzazione geotecnica e pedologica.

3. Risultati

3.1. Il ruolo della gestione dei vigneti nell'instabilità dei versanti

La maggior parte delle frane superficiali si è innescata in corrispondenza di versanti coltivati a vigneti (53.9 %), o con boschi (21.4 %) formatisi negli ultimi 20-30 anni da vigneti abbandonati e ripopolati da vegetazione spontanea infestante arbustiva e boschiva (sambuchi, robinie ecc.). Nell'ambito delle superfici coltivate a vigneto, i vigneti "rittochino" (filari di vigneti disposti lungo la linea di massima pendenza), senza soluzione di continuità (assenza di capezzagne e scoline) per lunghezze superiori a 100 m, favoriscono l'innesco di frane superficiali.

Queste pratiche agricole si sono diffuse in particolare dopo il 1980 per raggiungere una più efficiente meccanizzazione nella gestione del vigneto, portando a rimpiazzare i tradizionali vigneti "a girapoggio" (filari di vigneti disposti paralleli alle curve di livello) che appaiono meno predisposti all'instabilità superficiale.

3.2. Il ruolo delle radici dei vigneti sull'instabilità dei versanti

La distribuzione delle radici di vite non presenta significative relazioni con il tipo di suolo e di *bedrock* e con l'età del vigneto. Il numero di radici è massimo tra 0.2 e 0.6 m e diminuisce con la profondità (fig. 3), annullandosi spesso tra 0.6 e 0.9 m in corrispondenza del contatto tra suolo e *bedrock* (WB). Solo radici con diametro tra 1 e 5 mm sono presenti in tutti gli orizzonti di suolo. Differenze nel numero di radici e nella densità radicale (Root Area Ratio, RAR) si osservano tra siti caratterizzati dalla presenza o meno di frane superficiali (fig. 3). Laddove sono avvenute frane superficiali il numero di radici è inferiore ed esse generalmente si arrestano a profondità tra 0.8 e 1 m; viceversa, su pendii stabili, esse sono presenti fino a profondità di 1.5 m.

Dalle prove di resistenza a trazione condotte in laboratorio emerge un'unica relazione forza-diametro delle radici di vite indipendentemente da età della pianta e caratteristiche del pendio. Tramite il modello Fiber Boundle Model FBM (Pollen and Simon, 2005), sulla base delle proprietà meccaniche misurate e della densità di radici con la profondità è stato stimato il rinforzo radicale del suolo come "coesione basale".

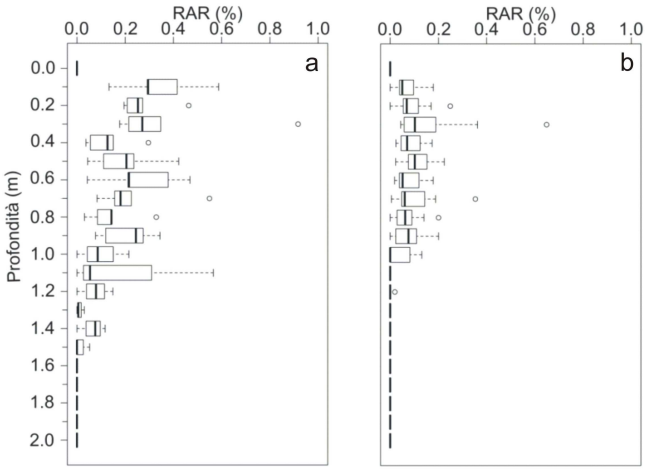


Fig. 3 – a) Distribuzione della RAR con la profondità nei siti-campione stabili, b) distribuzione della RAR con la profondità nei siti-campione interessati da frane superficiali.

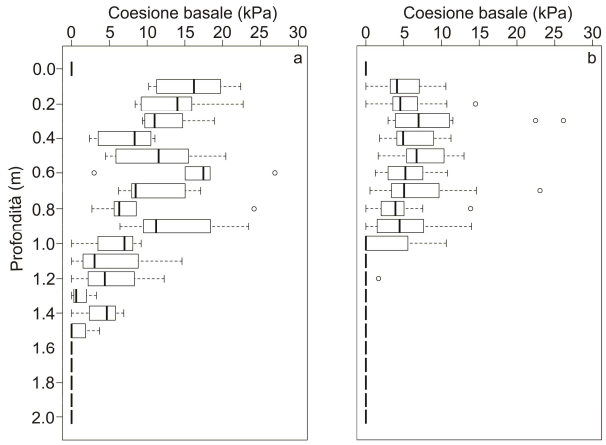


Fig. 4 – a) Distribuzione della coesione basale in pendii stabili, b) distribuzione della coesione basale in pendii con frane superficiali.

Pur con notevoli variazioni tra i siti, la coesione basale presenta valori medi più bassi in pendii dove nel passato si sono verificate frane superficiali (0-12.6 kPa) rispetto a pendii stabili (0-18.3 kPa), con diminuzione maggiormente evidente fino a 0.7 m (fig. 4). Il rinforzo radicale è massimo tra 0.1 e 0.6 m e tende a diminuire con la profondità fino ad annullarsi a quote superiori a 1.2-1.5 m dal piano campagna (fig. 4).

4. Conclusioni e sviluppi futuri

I risultati preliminari dello studio indicano come le scelte e le tecniche colturali influenzino il dissesto in versanti coltivati a vigneto. Nonostante un'importante dispersione dei valori, la distribuzione delle radici di vite con la profondità influenza anche la stabilità del pendio. Lo studio ha quindi importanti ripercussioni nell'ambito della pianificazione territoriale, ove fornisce un contributo alla valutazione della predisposizione alla franosità delle aree a viti, e nella gestione del territorio, in quanto le attività agricole, attraverso pratiche di gestione sostenibile, possono incidere positivamente sul presidio del territorio e sulla prevenzione dei fenomeni di dissesto.
Gli sviluppi futuri della ricerca riguarderanno:

- la definizione di pratiche agricole più idonee alla conservazione del suolo in vigneti;
- la caratterizzazione della dinamica del contenuto idrico del suolo in presenza di vite;
- la definizione di un modello di valutazione della stabilità dei versanti in presenza della vite, al fine di zonare il territorio e di individuare le aree in cui adottare particolari tecniche di gestione per prevenire l'instabilità;
- la definizione di un metodo di valutazione del rischio d'instabilità dei versanti su cui sono previsti nuovi impianti.

Riferimenti bibliografici

Abe K. and Ziemer R.R. (1991), "Effect of tree toots on a shear zone: modeling reinforced shear-stress", *Canadian Journal of Forest Research*, 21:1012-1019. DOI:10.1139/x91-139.

Arnaez J., Lasanta T., Ruiz-Flanno P. and Ortigosa L. (2007), "Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards", *Soil & Tillage Research*, 93:324-334. DOI:10.1016/j.still.2006.05.013.

Bischetti G.B., Chiaradia E.A., Epis T. and Morlotti E. (2009), "Additional root reinforcement of forest species in the Italian Alps", *Plant Soil*, 324:71-89. DOI:10.1007/s11104-009-9941-0.

Bordoni M., Meisina C., Zizioli D., Valentino R., Bittelli M., Chersich S. (2014), *Rainfall-induced landslides: slope stability analysis through field monitoring*, in Sassa K., Canuti, P., and Yin, Y., a cura di, *Landslide Science for a Safer Geoenvironment, vol. 3*. Heidelberg: Springer International Publishing, pp. 273-279.

Cevasco A., Pepe G. and Brandolini P. (2014), "The influences of geological and land use settings on shallow landslides triggered by an intense rainfall event in a coastal terraced environment", *Bulletin of Engineering Geology and Environment*, 73(3):859-875. DOI: 10.1007/s10064-013-0544-x.

Schwarz M., Preti F., Giadrossich F., Lehmann P. and Or D. (2010), "Quantifying the role of vegetation in slope stability: a case study in Tuscany (Italy)", *Ecological Engineering*, 36: 285-291. DOI:10.1016/j.ecoleng.2009.06.014.

Tarolli P., Sofia G., Calligaro S., Prosdocimi M., Preti F. and Dalla Fontana G. (2014), "Vineyards in terraced landscapes: new opportunities from lidar data", Land *Degradation & Development*, 26 (1): 92-102. DOI:10.1002/ldr.2311.

Tiranti D. and Rabuffetti D. (2010), "Estimation of rainfall thresholds triggering shallow landslides for an 24 operational warning system implementation", *Landslides*, 7:471-481. DOI: 10.1007/s10346-010-0198-8.

Zizioli D., Meisina C., Valentino R. and Montrasio L. (2013), "Comparison between different approaches to modelling shallow landslide susceptibility: a case history in Oltrepo Pavese, Northern Italy", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13:559-573. DOI: 10.5194/nhess-13-559-2013.

Zizioli D., Meisina C., Bordoni M., and Zucca F. (2014), *Rainfall-triggered shallow landslides mapping through Pleiades images*, in Sassa K., Canuti, P., and Yin, Y. ,a cura di, Landslide Science for a Safer Geoenvironment, *vol. 2*. Heidelberg: Springer International Publishing, pp. 325–329.

Progettare l'adattamento per Venezia Città Metropolitana: la sperimentazione nel progetto "SEAP Alps"

di D. Maragno[*], G. Lucertini[*], F. Musco[*], F. Magni[*] e S. Verones[*]

Introduzione

Fino a pochi anni fa, la principale, se non sola, forma di risposta ai cambiamenti climatici operava nell'ambito della riduzione delle emissioni di gas serra, soprattutto grazie alla promozione di politiche specifiche da parte dell'Unione Europea[1] (Biesbroek *et al.*, 2010). Tuttavia, oggigiorno è ampiamente riconosciuto ed accettato che il processo del cambiamento climatico, con i relativi impatti, sia ormai inevitabile, anche procedendo immediatamente ad una riduzione delle emissioni globali (IPCC, 2007). È con questa nuova consapevolezza che le politiche, i piani e le azioni di adattamento sono entrati a far parte delle esplicite risposte ai cambiamenti climatici. L'adattamento agli impatti si è imposto come una necessità, non più prorogabile, visti i rischi crescenti a cui è sottoposta la popolazione, ma anche le infrastrutture, i settori economici e strategici, l'ambiente e gli ecosistemi. Le misure per l'adattamento si sono così affiancate a quelle per la mitigazione, benché abbiano caratteristiche molto diverse. La riduzione dei gas serra è una sfida globale, che senza un reale impegno di tutti non può essere raggiunta. Pertanto, le misure di mitigazione hanno un respiro globale, cercano di inserirsi e cambiare l'attuale modello di sviluppo e di utilizzo delle risorse. Certamente la mitigazione è frutto anche di applicazioni molto localizzate, come l'efficientamento energetico degli edifici, la riduzione delle auto private supportando i trasporti pubblici ecc., ma la logica rimane pur sempre quella di una sfida globale in cui tutti devono fare la loro parte. L'adattamento invece è per sua natura una sfida locale. Infatti è uno specifico territorio, con i suoi residenti, le sue infrastrutture, i suoi servizi, che deve trovare ed implementare mirate forme di adattamento ai rischi specifici che li minacciano, senza alterare ambiente e stili di vita. La riuscita di un piano d'adattamento di-

[*] Dipartimento di Progettazione e Pianificazione in ambienti complessi, Università Iuav di Venezia, *climatechange@iuav.it*.

[1] Con la pubblicazione del Green Paper 'Adapting to climate change in Europe – options for EU action' (CEC, 2007) e del successivo White Paper 'Adapting to climate change: Towards a European Framework for action' (CEC, 2009) la Commissione Europea riconosce la necessità di una strategia di adattamento per tutti gli Stati Membri.

pende solamente da coloro che lo mettono in atto e contribuisce a difendere dai rischi solo quel determinato territorio (Musco *et al*., 2014; Carmin *et al.*, 2012).

Nello specifico, dovranno essere proprio le città e le aree urbane nel loro insieme, con il loro sempre crescente numero di residenti, con il loro costante fabbisogno suolo, acqua, aria e verde, a doversi adattare agli impatti dovuti al cambiamento climatico, poiché proprio queste sono le più soggette a rischi e le più vulnerabili.

Il paper ha l'obiettivo di mostrare un possibile approccio all'adattamento da parte delle città nelle attività di governo del territorio. Attraverso la sperimentazione sviluppata, all'interno del progetto Europeo "*SEAP Alps"*, viene mostrato come le analisi e le tecniche prodotte approcciate alle "*nuove tecnologie*[2]*"* *(remote-sensing*[3]*)* siano utili per sviluppare livelli informativi validi a supportare una pianificazione del territorio "*climate proof*". Il lavoro ha delineato delle linee guida per trattare i temi dell'adattamento all'interno di piani già esistenti come i PAES, che però, fino ad oggi, erano rivolti esclusivamente alla mitigazione. L'articolo illustrerà, nella prima parte, il legame tra il cambiamento climatico e la città, mettendone in evidenza le peculiarità, e mostrandone le relazioni con l'adattamento e la resilienza (primo paragrafo 1). Nel terzo paragrafo è presentato il progetto "*SEAP Alps*[4]*"* e saranno descritte le linee guida sviluppate in collaborazione con dieci Amministrazioni Comunali dell'area metropolitana veneziana. Un approfondimento sarà posto per il processo d'analisi del territorio utilizzato. Il processo, mediante la tecnica di *Remote Sensing*, sviluppa livelli informativi utili all'analisi della vulnerabilità del territorio rispetto gli effetti generato dal cambiamento climatico. Analisi propedeutica all'individuazione delle strategie di adattamento.

1. Cambiamento climatico e città

Negli ultimi anni la relazione tra cambiamento climatico e città è andata rafforzandosi sempre di più. Numerose sono le pubblicazioni che mettono in luce lo stretto legame tra le attività e lo stile di vita di chi vive nelle città e la produzione di gas serra, principali fautori dell'innalzamento globale della temperatura (Rosenzweig *et al*., 2011; Musco, 2008), ma altrettanto numerose quelle che identificano le città stesse come i luoghi più vulnerabili agli impatti del cambiamento climatico (Bulkeley e Tuts, 2013; UFPP, 2009). I rischi causati dal cambiamento climatico,

[2] Per nuove tecnologie si intendono le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (Information and Communication Technology, ICT) e i moderni sistemi di gestione dell'informazione geo-riferita, i geo-database.

[3] Il telerilevamento (Remote Sensing) è la disciplina tecnico-scientifica il cui scopo è di ricavare informazioni qualitative e quantitative sugli oggetti del territorio mediante un sensore che misura la radiazione elettromagnetica emessa, riflessa o trasmessa dagli oggetti stessi.

[4] Il SEAP_Alps (http://seap-alps.eu/hp2/Startseite.htm), è supportato e implementato da 12 partner provenienti da cinque nazioni situate nelle Alpi. L'obbiettivo è sperimentare l'integrazione delle dinamiche di adattamento ai CC all'interno del Piano PAES, che al momento invece prevede considerazioni solamente in ambito di mitigazione.

negli ultimi 30 anni, sono quadruplicati provocando perdite umane ed economiche (UNISDR, 2012). Questi rischi anche detti *natural hazard* sono generalmente riconducibili ad eventi climatici estremi come: forti venti e precipitazioni (*storm intensity*), alte temperature (*urban heat island*), periodi di siccita (*drought*) e allagamenti (*flooding*), ma anche l'aumento del livello dei mari (*sea level rise*) e l'erosione costiera (*coastal erosion*) (IPCC, 2007a). Storicamente, le città e le aree urbane sono state viste, e spesso continuano ad esserlo, come un rifugio da tutte queste calamità, poiché lontane dalla natura. Oggi, invece, si sono trasformate in luoghi rischiosi e fonte di disastri (UNDP, 2004; Pelling, 2003). Le città, in questa nuova prospettiva, diventano allo stesso tempo problema e soluzione.

Carte *et al.* (2015) identificano tre principali motivi per cui le città occupano una posizione centrale nell'implementazione delle misure di adattamento:

- l'urbanizzazione è il segno distintivo del ventunesimo secolo, e la popolazione che risiede nelle aree urbane nei prossimi decenni è destinata a crescere enormemente;
- il design e la progettazione delle città crea microclimi unici, che vanno a modificare variabili rilevanti come temperature e vento (si pensi alle isole di calore);
- le città, grazie alla poca resilienza delle infrastrutture, all'alta densità della popolazione, all'alto numero di poveri e alla grande concentrazione dei settori economici e strategici, sono particolarmente minacciate e vulnerabili dai cambiamenti climatici.

Per tutte queste ragioni diventa fondamentale portare in primo piano la questione dell'adattamento, non solo della mitigazione, e diventa fondamentale progettare e lavorare alla scala urbana.

2.1. Adattamento, rischio e resilienza urbana

Nel 2010 con l'adozione del "Cancun Adaptation Framework" sotto il "UN Framework Convention on Climate Change" (UNFCCC) si stabilisce che l'adattamento ai cambiamenti climatici deve essere affrontato con lo stesso livello di priorità che è stato dato alla mitigazione per ridurre le emissioni dei gas serra. In Europa dal Gennaio del 2013 ben 15 Stati Membri hanno adottato piani e strategie nazionali di adattamento (European Commission, 2013a, 2013b). Ma cosa significa adattamento? L'IPCC (2007b, p.76) definisce l'adattamento come:

«Initiatives and measures to reduce the vulnerability of natural and human systems against actual or expected climate change effects. Various types of adaptation exist, e.g. anticipatory and reactive, private and public, and autonomous and planned. Examples are raising river or coastal dikes, the substitution of more temperature-shock resistant plants for sensitive ones, etc».

L'adattamento così delineato, negli ultimi anni, è andato legandosi al concetto di "resilienza". Infatti, tra gli obiettivi ultimi della Strategia Europea sull'adattamento ai cambiamenti climatici c'è il supporto per la creazione di una "*climate-resilient Europe*" (European Commission, 2013a). Il concetto di resilien-

za (spesso si parla di "climate resilient", "climate-proofing" e "resilient city"), affonda le sue radici nell'ecologia, ma ha attualmente assunto connotazioni più ampie ed è stato adottato, con declinazioni del tutto particolari, da diversi ambiti e tradizioni di ricerca (Zhou *et al*., 2010; Leichenko, 2010). L*'United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNISDR, 2012, p.92) definisce la resilienza:

«Resilience means the ability of a system, community or society exposed to hazards to resist, absorb, accommodate to and recover from the effects of the hazard in a timely and efficient manner, including through the preservation and restoration of its essential basic structures and functions».

Alla vulnerabilità, cioè l'insieme dei fattori che favoriscono la probabilità di un sistema di subire danni, si contrappone la "resilienza", ovvero l'abilità, riferibile a qualsiasi organismo, individuo od organizzazione, di fronteggiare e riprendersi dall'effetto di un'azione perturbante (Graziano *et al.,* 2013).

In questo modo si lega concettualmente l'adattamento ad un'ampia prospettiva di resilienza urbana. La valutazione del rischio, e delle conseguenti vulnerabilità, diventa così il supporto per un approccio dell'adattamento nelle aree urbanizzate, dove l'individuazione e la conseguente riduzione del rischio dagli eventi estremi, causati dal cambiamento climatico, agiscono per ridurre la frequenza e/o l'intensità degli *shock* sul sistema urbano (Carter *et al*., 2015).

3. Il Progetto "SEAP Alps"

Il progetto "SEAP Alps" è un progetto europeo cofinanziato nell'ambito del Programma Operativo "Spazio Alpino 2007-2013", di cui fanno parte 12 partner provenienti da Italia, Austria, Francia, Germania e Slovenia. L'obiettivo principale del progetto è quello di promuovere la pianificazione dell'energia sostenibile a livello locale condividendo una metodologia comune a tutti i partner. Più nello specifico, tuttavia, il progetto si propone di integrare le questioni dell'adattamento nelle fasi di definizione dei Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile[5] (PAES/*SEAP*), attraverso le seguenti azioni:

- sensibilizzare la componente politica su una visione di lungo termine, sia sulla produzione e l'utilizzo sostenibile dell'energia, sia sulla gestione delle conseguenze del cambiamento climatico sul territorio;
- favorire l'integrazione delle competenze nelle attività di governo del territorio;
- sviluppare una fase si analisi delle vulnerabilità al cambiamento climatico da affiancare all'inventario base delle emissioni (IBE);
- individuare azioni per la gestione e la riduzione della vulnerabilità riscontrata

[5]Nel 2008 la Commissione Europea, dopo aver adottato il Pacchetto "Clima ed Energia" con cui si impegnava a ridurre le proprie emissioni di gas serra del 20% entro il 2020, rispetto ai valoro del 1990, ha lanciato un nuovo progetto con il nome di "Patto dei Sindaci" (Covenant of Mayor). Gli enti locali firmatari si impegnano nella riduzione delle emissioni, e devono predisporre un PAES, un piano in cui vengono delineate azioni e politiche che verranno sviluppate al fine di raggiungere l'obiettivo prestabilito. Per maggiori informazioni sui PAES in Italia e in Europa si rimanda a Magni e Musco, 2014.

nell'analisi, da affiancare alle azioni per il supporto del risparmio energetico e delle energie rinnovabili;
- monitorare la realizzazione e gli effetti prodotti delle azioni implementate.

In questo modo, i nuovi PAES saranno in grado di considerare azioni orientate a diminuire la produzione di CO_2, e ad aumentare energia rinnovabile, e valutare azioni strategiche per adattare la citta e aumentarne la resilienza ai cambiamenti climatici

3.1. La Metodologia

La metodologia sviluppata dal progetto è la *"SEAP Alps Methodology: Integration of adaptation in SEPAs"*, la quale contiene gli indirizzi base, (linee guida) concordati tra i partner del progetto, per integrare la procedura esistente, che considera solamente la mitigazione, con anche delle considerazioni sull'adattamento. Nel documento vengono definite come azioni di mitigazione tutte le attività in grado di limitare gli effetti prodotti dalle attività umane sul cambiamento climatico[6], e vengono definite come azioni di adattamento tutte quelle azioni adatte a ridurre i possibili impatti del cambiamento climatico sul territorio.

A partire dalle indicazioni generali è stata sviluppata una metodologia specifica[7] per la Provincia di Venezia[8], al fine di implementare su scala locale l'approccio integrato delle strategie di mitigazione e adattamento[9]. La metodologia si basa su 6 fasi (tab. 1):

- Fase 1: Analisi delle strategie proposte nel PAT. In questa fase viene analizzata l'agenda politica dell'amministrazione comunale, attraverso le linee strategiche del PAT.
- Fase 2: Analisi delle "nuove vulnerabilità". In questa fase viene analizzato il territorio comunale per individuare le principali\nuove vulnerabilità.
- Fase 3: sintesi progetti/azioni esistenti. Oltre alle strategie proposte dal PAT, vengono sinteticamente analizzati i progetti\azioni avviati sul territorio, anche da altri enti pubblici o pubblico\privati.
- Fase 4: nuove azioni di adattamento. In questa fase vengono proposte e co-

[6] La mitigazione viene definita dall'IPCC (2007b, p.84) come: «Technological change and substitution that reduce resource inputs and emissions per unit of output. Although several social, economic and technological policies would produce an emission reduction, with respect to Climate Change, mitigation means implementing policies to reduce greenhouse gas emissions and enhance sinks»

[7] La metodologia è stata sviluppata da un team di lavoro dell'Università Iuav di Venezia, il servizio Ambiente della Provincia di Venezia e col la collaborazione attiva di 10 amministrazioni comunali del territorio metropolitano veneziano.

[8] La Provincia di Venezia, che come altre nove Province in Italia sta ora affrontando il riassetto istituzionale verso la Città Metropolitana.

[9] Nell'Aprile del 2014 la necessità di un approccio sinergico tra le strategie di mitigazione e di adattamento ha trovato espressione anche a livello comunitario, con il lancio dell'iniziativa Mayors Adapt, questa iniziativa affianca, integrandolo, il Patto dei Sindaci.

struite nuove azioni per la riduzione delle vulnerabilità emerse durante la fase di analisi.

- Fase 5: individuazione degli strumenti urbanistici che meglio possono implementare le azioni individuate. Questa fase, molto delicata, oltre ad individuare lo strumento urbanistico più idoneo per ogni singola azione, cerca di capire il carattere normativo più appropriato (premiale o vincolistico).
- Fase 6: monitoraggio. In questa fase attraverso strumenti e tecnologie adeguate si monitorano i risultati delle azioni implementate.

Tab.1 – La tabella riassume gli step metodologici individuati durante il lavoro svolto il collaborazione con la Provincia di Venezia e 10 Amministrazioni Comunali (personale politico e tecnico) della futura Città Metropolitana Veneziana. Elaborazione: Iuav (2015).

PROPOSTA DI PROCESSO						
STEP	1 – ANALISI STRATEGIE PROPOSTE DAL PAT	2 – ANALISI DELLE "NUOVE" VULNERABILITÀ	3 – SINTESI PROGETTIVAZIONI GIA' IN ESSERE	4 – NUOVE AZIONI PROPOSTE	5 – STRUMENTI LEGATI ALLE NUOVE AZIONI	6 – TIPOLOGIA STRUMENTI DI MONITORAGGIO
Contenuto	In questa fase viene presa in considerazione l'agenda politica dell'amministrazione comunale tradotta nelle strategie generali del PAT.	Attraverso il supporto tecnologico fornito dalla Provincia di Venezia, viene analizzato il territorio comunale per far risaltare le principali nuove vulnerabilità.	Oltre alle strategie proposte dal PAT, vengono sinteticamente elencate tutti i progettazioni che gli enti pubblici e pubblico/privati hanno avviato sul territorio	Costruzione di nuove azioni per rispondere alle vulnerabilità emerse dalle nuove analisi.	- Selezione degli strumenti già abili per implementare le nuove azioni proposte. - Integrazione degli stessi in caso di necessità attraverso logiche premiali o vincolistiche	Se possibile, proporre soluzioni per il monitoraggio delle azioni proposte.
Output	Allegato cartaceo	Allegato cartografico digitale - Carta delle vulnerabilità territoriali	Allegato cartaceo descrittivo e allegato cartografico con mappatura dei progetti	Allegato cartaceo: Schede tecniche con descrizione delle azioni	Allegato cartaceo: schema riassuntivo con legame azione-strumento	indicatori

Il nuovo processo si vuole affiancare alla procedura esistente per la composizione dei PAES, ponendosi come un allegato integrativo. Ciò permette di eseguire i lavori sia in fase di stesura dei PAES, sia in Paes già adottati. Tecnicamente, all'analisi delle emissioni di CO_2 (IBE), utile a individuare le strategie di mitigazione, si aggiunge l'analisi di vulnerabilità dei territori. Attraverso la metodologia proposta si vuole arrivare allo sviluppo di una pianificazione climatica *evidence-based* in grado di aiutare il *policy-maker* nella fase decisionale. Infatti, attraverso la valutazione dei rischi e delle vulnerabilità, viene prodotta una zonizzazione del territorio in grado restituire la sensibilità (in termini numerici) delle aree urbane ai possibili impatti del cambiamento climatico. In questo modo, si ottiene un *renking* delle aree in base al loro livello di vulnerabilità, il quale è in grado di suggerire priorità d'intervento (Maragno *et al.*, 2014).

L'attenzione, durante il loro sviluppo, è stata posta per favorire la cooperazione e l'integrazione tra le competenze e gli attori che convivono sul territorio.

3.2. L'analisi e le nuove tecnologie

La principale complessità che si presenta nella fase di analisi delle vulnerabilità dei territori ai cambiamenti climatici è data dall'inadeguata base conoscitiva per sostenere il processo. La base informativa necessaria non è normalmente in possesso delle Pubbliche Amministrazioni, poiché non richieste e non presenti negli attuali strumenti urbanistici. Informazioni come: m^2 di vegetazione, l'altezza delle alberature, l'incidenza solare, la permeabilità del suolo privato e pubblico, ecc., difficilmente sono disponibili a livello comunale. Per risolvere questo problema è possibile ricorrere alle *nuove tecnologie*, classificabili come *ICT* (Information and Communication Technology), in quanto permettono di creare e gestire un'appropriata informazione territoriale ed ambientale.

Nel progetto, la Provincia di Venezia, ha ottenuto mediante un volo dedicato al rilievo aerofotogrammetrico[10] (copertura di 3000 km^2 pari al territorio della Provincia) dati estremante innovativi. Attraverso questo volo si sono ottenute 4000 immagini ad altissima risoluzione, che grazie alla tecnica della *Dense Image Matching*11, hanno permesso la realizzazione di un modello digitale del territorio in 3D (Hirschmuller, 2008).

L'elaborazione dei dati acquisiti garantisce la possibilità di generare immagini *raster* ad alta risolizione: il DSM (*Digital Surface Model*) e il DTM (*Digital Terrain Model*) con una precisione di 25 cm (Pixel 0,25 m). Il DSM è una superfice che riporta l'altimetria di tutti gli elementi di un dato territorio, naturali ed antropici. Il DTM, invece, riporta la morfologia del terreno depurato dalle opere antropiche e dalla vegetazione presente.

I modelli così ottenuti e l'accurata precisione nel dettaglio dell'informazione presente, consentono di elaborare nuove informazioni, analisi e visualizzazioni tematiche quali ad esempio:

- Composizione delle superfici (distinguendo per ogni 0,25 m se è permeabile o impermeabile) altezza e volumetrie dell'edificato urbano;
- potenzialità energetica degli edifici con fonti rinnovabili (Wilson *et al.*, 2000);
- pendenze e orientamento delle falde dei tetti;
- aree potenzialmente allagabili;
- visualizzazione e calcolo delle aree impermeabili;
- valutazione e mappatura del verde urbano (pubblico, privato) con la relativa altezza;
- *sky view factor*[12].

[10] Volo affidato e realizzato da UniSky, spin-off dell'Università Iuav di Venezia.

[11] Fase preliminare alla produzione di un modello 3D con "Dense Image Matching" (DIM) è l'esecuzione di un rilievo fotogrammetrico (da aereo) con un'elevata sovrapposizione tra le immagini sia trasversalmente che longitudinalmente. Nella seconda fase, mediante l'utilizzo di software di ultima generazione (basati sul'algoritmo DIM), è possibile estrarre una nuvola di punti 3D attraverso l'individuazione di corrispondenze tra primitive estratte in due o più immagini.

[12] Sky-View Factor (SVF) indica la porzione di cielo visibile da un punto di osservazione. Più alto è lo SVF e maggiore è la perdita di calore in atmosfera. Ad esempio, una conca

Attraverso queste tecnologie è così possibile creare un Atlante digitale in grado di distinguere le superfici permeabili ed impermeabili con un dettaglio di 25 cm. Inoltre, grazie alla terza dimensione è possibile il calcolare i volumi dell'ambiente costruito e naturale. Mentre, indicatori come lo Sky View Factor, l'incidenza solare, il rapporto permeabilità/impermeabilità, la densità, ecc. oltre all'analisi di vulnerabilità, saranno in grado di supportare la stesura delle strategie non solo di adattamento ma anche di mitigazione. La classificazione urbana, restituita dalle analisi, suddivide il tessuto urbano in classi mediante una maglia esagonale. Le griglie ricavate pongono in evidenza gli esagoni soggetti a vulnerabilità idraulica e di accumulo di calore (fig. 1). Se si osserva l'immagine 1 si può notare la chiarezza con la quale viene individuata la vulnerabilità (esagoni con perimetro marcato).

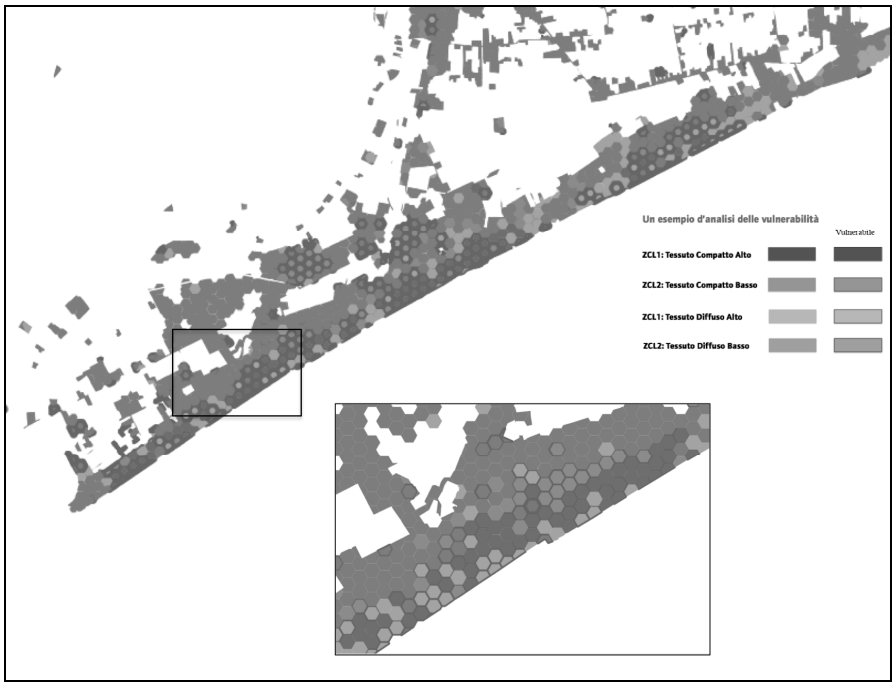


Fig. 2 – Le immagini illustrano i primi output dell'analisi delle vulnerabilità urbana i CC sviluppata al momento sul territorio di Jesolo (Ve). Le informazioni ottenute dalle elaborazioni dei dati DIM sono state inserite all'interno di due griglie esagonali di lato 60 e 100m (mediante un processo di calcolo automatizzato). In questo modo è possibile visualizzare e interrogare ogni singola cella e ottenere le informazioni ambientali e territoriali in essa contenute. Le celle con la stessa colorazione hanno le stesse specificità urbane in risposta agli indicatori utilizzati. Le celle con contorno marcato hanno impermeabilità superiore all'80% (precisione 0,5 m). Elaborazioni: Iuav, Denis Maragno (2015).

piccola e profonda ha un SFV basso e quindi un raffreddamento notturno ridotto, mentre al contrario una radura ha un SVF elevato ed è sensibile ad un raffreddamento più accentuato.

3.3. Risultati attesi

Il nuovo PAES completato dell'allegato adattamento, dovrà e potrà considerare strategie orientate a ridurre l'esposizione ai rischi ed aumentare la resilienza urbana ai rischi dovuti al cambiamento climatico. Le azioni presenti saranno divise in:

- azioni strutturali o di indirizzo, volte ad evitare o ridurre l'esposizione a rischi (standard di costruzione, tetti verdi per la protezione dal surriscaldamento e la laminazione delle acque, green Infrastructure, ecc.);
- azioni di sensibilizzazione e coinvolgimento dei cittadini;
- azioni derivanti dall'utilizzo delle tecnologia ICT, utile ad aumentare la capacità di reperire, analizzare e diffondere le informazioni.

Il progetto, avviatosi alle fasi conclusive, vede il gruppo di lavoro impegnato nei tavoli di lavoro instaurati con la Provincia di Venezia e i Comuni dell'area metropolitana per produrre i primi allegati tecnici di adattamento al cambiamento climatico.

5. Conclusioni

Il cambiamento climatico e l'adattamento ai suoi impatti sono destinati a rimanere tra le questioni più pressanti delle città e più in generale le aree urbane, per i prossimi decenni (Carter *et al*., 2015). Diventa pertanto fondamentale sviluppare sistemi e metodologie in grado di analizzare, valutare e supportare i *policy-maker* nella costruzione di politiche, piani e azioni volti a contrastare, non solo il cambiamento climatico in generale, ma anche i suoi più immediati impatti. Per fare questo, è indispensabile non solo, un'approfondita conoscenza del territorio, dei suoi sistemi socio-economici, ma anche degli strumenti attualmente in uso. Non possiamo, infatti, pensare di lavorare su di un fogli bianco. Le misure di mitigazione, ma ancor più quelle di adattamento, saranno in grado di essere efficaci tanto quanto saremo bravi ad integrarle nei quadri normativi e strategici esistenti, senza forzare radicali ristrutturazioni e senza creare nuovi castelli burocratici.

Le esperienze maturate, durante gli anni del progetto, in sinergia tra i la ricerca (università) e le pubbliche amministrazioni indicano una via percorribile per l'adattamento ai cambiamenti climatici. Tale sinergia ha, infatti, incontrato il favore e l'ampia partecipazione di comuni, istituzioni e associazioni, tanto da far ben sperare per collaborazioni future. Perseguendo questa strada sarà possibile diffondere efficacemente ed efficientemente la sensibilità verso un approccio integrato contro il cambiamento climatico, che necessità ora più che mai il diretto interessamento delle amministrazioni locali e della popolazione.

Riferimenti bibliografici

Biesbroek, G.R., Swart R.J., Carter T.R., Cowan C., Henrichs T., Mela H., Morecroft M.D., Rey D. (2010), *Europe adapts to climate change: Comparing National Adaptation Strategies*, Global Environmental Change, 20 pp.440-450.

Bulkeley, H. and Tuts, R. (2013), "Understanding urban vulnerability,adaptation and resilience in the context of climate change", *Local Environment*,18:646-662.

Carmin, J., Nadkarni, N., Rhie, C. (2012), *Progress and challenges in urban climate adaptation planning. Results of a global survey*, Cambridge, Massachussetts Institute of Technology (MIT).

Carter, J.G., Cavan G., Connely A., Guy S., Handley J. and Kazmierczak A. (2015), "Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation", *Progress in Planning*, v.95:1-66.

CEC (2007), Green Paper. *Adapting to climate change in Europe-options for Eu action* (No. COM (2007) 354 final [SEC (2007) 849]), Commission of the European Communities, Brussels.

CEC (2009), White Paper. Adapting to climate change: Towards a European framework for action (COM (2009) 147 final). Commission of the European Communities, Brussels.

European Commission (2013a). *An EU strategy an adaptation to climate change – Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, (COM (2013) 216 final). European Commission, Brussels.

European Commission (2013b). Guidelines on developing adaptation strategies. (SWD (2013) 134 final). European Commission, Brussels.

Graziano P., Rischio (2013), *Vulnerabilità e resilienza territoriale: il caso delle provincie italiane*, XXXIV Conferenza Italiana delle scienze regionali.

Hirschmuller H. (2008), "Stereo processing by semi-global matching and mutual information", *IEEE Transaction on Pattern Analysis an Machine Intelligence*, 30(2):328-341.

IPCC (2007a), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva.

IPCC (2007b), *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland

Leichenko R. (2011), "Climate change and urban resilience", *Current opinion in Environmental Sustainability*, 3:164-168.

Magni F., Musco F. (2014). *Governance locale per la mitigazione al cambiamento climatico: il Patto dei Sindaci*, in Musco F. e Zanchini E., a cura di (2014), *Il clima cambia le città – Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, Milano FrancoAngeli/Urbanistica.

Maragno D., Musco F., Magni F., Gattolin M., Pastore A. e Lionello D. (2014), "Verso la Città Metropolitana: strategie di adattamento al cambiamento climatico mediante nuove tecnologie e approcci integrati", *INU Informazioni*, 257(8):26-30.

Musco F. (2008). *Cambiamenti climatici, politiche di adattamento e mitigazione: Una prospettiva urbana*, Archivio di Studi Urbani e Regionali, Milano, n.93

Musco F., Zanchini E., a cura di (2014), *Il clima cambia le città – Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*, Milano, FrancoAngeli/Urbanistica.

Pelling M. (2003), The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience, Earthscan.

Rosenzweig C., Solecki, W.D., Hammer S.A., Mehrohtra S., a cura di (2011), *Climate change and cities first assessment report of the urban climate change research network*, Cambridge, Cambridge University Press.
UFPP (2009), *Cambiamenti climatici e protezione della popolazione: valutazione delle misure necessarie*, Berna, Confederazione Svizzera.
UNDP (2004), Reducing disaster risk. A challenge for development- a global report, Bureau for Crisis Prevention and Recovery, UNDP.
UNISDR (2012), *2011 – Disasters in numbers*, UNISDR; USAID; CRED.
Wilson J.P, Gallant J.C., (2000), *Terrain Analysis - Principles and Applications*, John Wiley & Sons, Inc., New York.
Zhou H., Wang J., Wan J., Jia J. (2010), "Resilience to natural hazards: a geographic perspective", *Natural Hazards*, 53:21-41.

Effetti dell'urbanizzazione sulla risposta idrologica del bacino del torrente Seveso a Milano

di G. Ravazzani[*], A. Ceppi[*], G. Lombardi[*] e M. Mancini[*]

Riassunto

Questa memoria presenta i risultati dell'analisi di un sistema di allerta di piena non strutturale proposto per la riduzione del rischio di esondazione della città di Milano. Si mostra come l'aumento del grado di urbanizzazione del territorio ha incrementato nel tempo la propensione del bacino idrografico a generare deflusso superficiale, portando così a rendere insufficienti le opere strutturali già realizzate a protezione della città. I risultati mostrano come nel 74 % dei casi il sistema sia in grado di prevedere correttamente la pericolosità dell'evento di piena.

Parole chiave: urbanizzazione, Milano, previsione di piena.

Summary

This paper presents the results of the analysis of an early warning system proposed for flood risk mitigation of the City of Milan. We show how the increase in the degree of urbanization has raised the propensity of the catchment to generate runoff, so that the existing structural works to protect the city have become insufficient. The results show that in 74% of cases the system is able to correctly predict the hazard of the flood event.

Key words: urbanization, Milan, flood forecast.

[*] Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Politecnico di Milano, *giovanni.ravazzani@polimi.it, alessandro.ceppi@polimi.it, gabriele.lombardi@mail.polimi.it, marco.mancini@polimi.it.*

1. Introduzione

La forte crescita dell'urbanizzazione del territorio a nord della città di Milano, ha portato ad una modifica della risposta idrologica dei bacini idrografici dei corsi che convogliano le loro acque verso la città stessa. Uno di questi corsi d'acqua, il torrente Seveso, ha provocato una lunga serie di esondazioni negli ultimi decenni, causando ingenti danni e provocando disagi alla popolazione. Per la riduzione del rischio residuo di esondazione che rimane anche in presenza di opere strutturali, è possibile utilizzare sistemi di tipo non strutturale basati sulla previsione in tempo reale del superamento della portata di esondazione (Amengual *et al.*, 2007; Rabuffetti *et al.*, 2008; Ceppi *et al.*, 2013). In questa memoria si presenta un prototipo di sistema di allerta basato sull'utilizzo di un modello idrologico spazialmente distribuito che simula la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi di piena. La rianalisi dei più recenti eventi di piena mostra come questa applicazione possa prevedere correttamente le piene causate da eventi stratiformi, mentre l'incertezza aumenta nella previsione degli eventi convettivi.

2. L'area di studio

L'area di Milano ed il suo hinterland è una delle più densamente popolate in Europa (1.316.000 di abitanti in 182 km^2), e rappresenta un punto cardine per l'economia nazionale. Milano è al centro di un sistema imbrifero che drena le acque di un'area a sud delle Prealpi ricoprendo una superficie di circa 1.300 km^2. I corsi d'acqua principali sono il Lambro (500 km^2), il Seveso (207 km^2) e l'Olona (208 km^2).

Per ridurre il rischio di esondazione, a partire dalla metà degli anni '50 fu dato inizio alla costruzione del Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO), entrato in funzione nel 1980. Tuttavia, a partire dai primi anni del dopoguerra, si è assistito ad un forte aumento dell'urbanizzazione nel territorio a nord della città di Milano, ed in particolar modo all'interno del bacino del torrente Seveso. Dall'analisi dei livelli informativi cartografici relativi all'uso del suolo degli anni 1954, 1980 e 2000, messi a disposizione dal Portale Cartografico di Regione Lombardia, si evince come la percentuale di area del bacino del torrente Seveso sia passata da un valore pari al 17% nel 1954, al 51% nel 2000, fino a un 38% nel 1980 (fig. 1).

A causa dell'aumento della percentuale di suolo impermeabile e all'espansione del reticolo di drenaggio urbano che altera i tempi di propagazione del deflusso superficiale, il CSNO è risultato insufficiente a far fronte ai numerosi eventi di piena che continuano a provocare esondazioni in città. Un indice di propensione del bacino a generare deflusso superficiale è il parametro Curve Number (CN). Il CN può assumere un valore compreso tra 0 e 100. All'aumentare del valore del CN, aumenta la propensione del bacino a generare deflusso superficiale. La ricostruzione delle mappe di CN a partire dalle mappe di uso del suolo e di tipo di suolo (che si può certamente assumere immutato nel periodo considerato) conduce ad un valore medio del bacino del torrente Seveso che è passato da 74 nel 1954 a 77 nel 1980 e a

80 nel 2000 (fig 1).

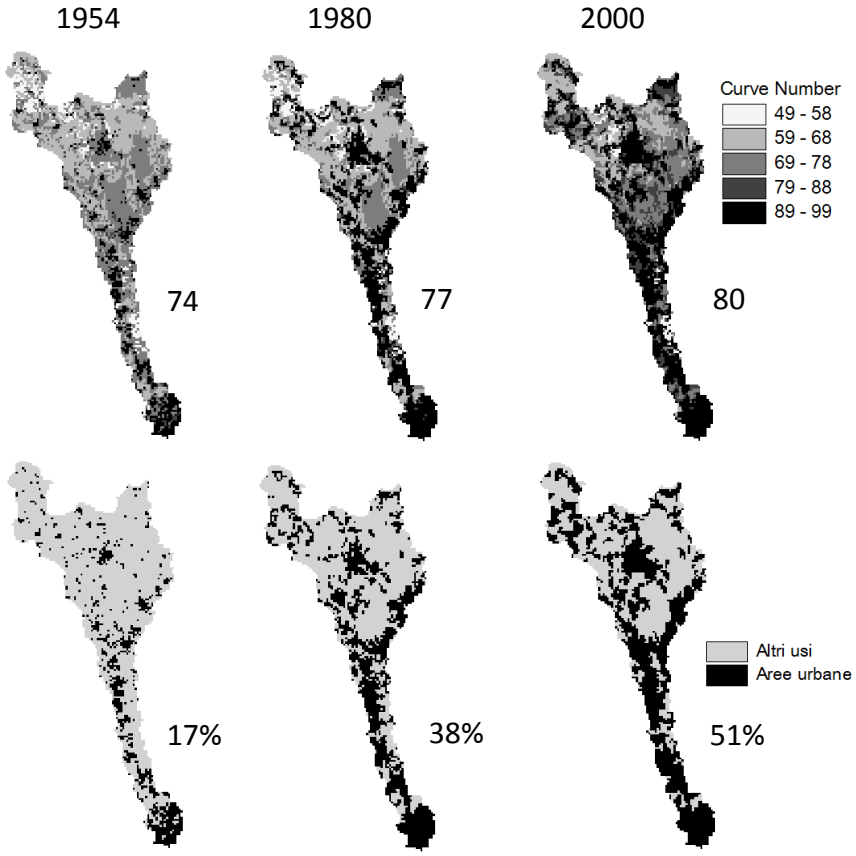


Fig. 1 – Mappe relative al bacino del torrente Seveso del Curve Number (sopra) e della aree urbanizzate (sotto) negli anni 1954, 1980 e 2000. I numeri vicini alla mappa indicano il valore medio del Curve Number (sopra) e la percentuale di area urbanizzata (sotto).

3. Il sistema di allerta

Il sistema di allerta di piena proposto si compone di un modello idrologico per la trasformazione afflussi-deflussi, alimentato con campi di forzanti atmosferiche previste da un modello meteorologico. Il modello idrologico è il FEST-WB (acronimo di flash–Flood Event–based Spatially distributed rainfall–runoff Transformation, including Water Balance) sviluppato presso il Politecnico di Milano (Rabuffetti *et al.*, 2008; Pianosi and Ravazzani, 2010) e basato sulla libreria MOSAICO (Ravazzani, 2013).
Il modello idrologico è stato accoppiato al modello meteorologico WRF (Weather Research and Forecasting) - ARW (Advanced Research WRF) versione 3.5, svi-

luppato da NCAR (National Center of Atmospheric Research). La risoluzione spaziale del modello meteorologico è di 1 km. Il sistema di allerta è stato implementato sull'intero territorio afferente alla città di Milano. Le sezioni considerate nell'analisi di affidabilità del sistema di allerta sono mostrate in fig. 2.

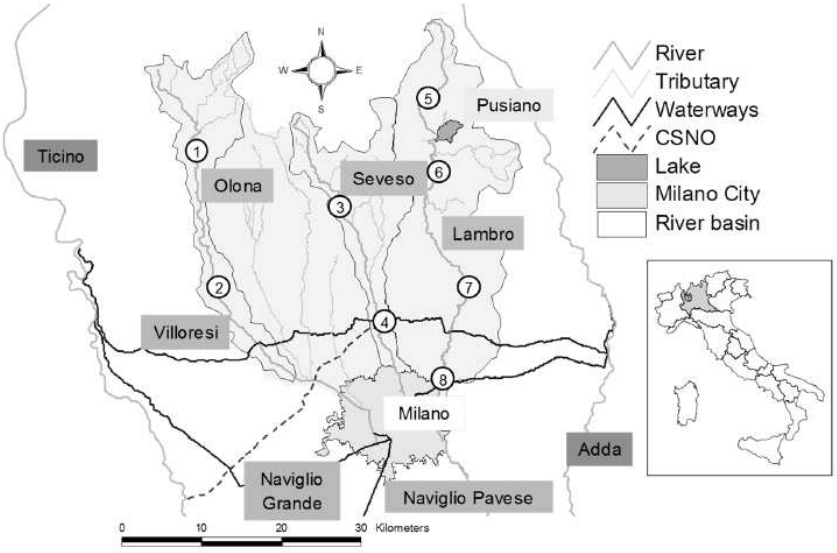


Fig. 2 – Reticolo idrografico dei corsi d'acqua che interessano la città di Milano. I cerchi indicano le sezioni considerate nel sistema di previsione di piena: 1) Lozza, 2) Castellanza, 3) Cantù, 4) Paderno, 5) Caslino, 6) Lambrugo, 7) Peregallo, 8) Milano.

4. Validazione del sistema di previsione

Per la validazione del sistema di allerta di piena è stata fatta una rianalisi di 15 eventi di piena che hanno interessato l'area nel periodo compreso tra il 2008 ed il 2010, per diverse orizzonti di previsione, per un totale di 45 corse del modello.
Per ognuna delle corse si è verificato il superamento o meno della soglia di portata di allerta definita per la singola sezione, arrivando a costruire una tabella di contingenza per il singolo corso d'acqua e per l'intero sistema (tabella 1).

Tab. 1 - Tabella di contingenza ottenuta per i singoli bacini idrografici e per l'area totale.

Caso	*Olona*	*Seveso*	*Lambro*	*Totale*
Evento (h)	13	7	41	48
Falso allarme (f)	2	12	4	18
Mancato allarme (m)	10	2	54	66
Non evento (c)	75	79	36	190
Totale (n)	87	100	135	322

Le prestazioni del sistema di allerta possono essere valutate in base a degli indici

calcolabili a partire dalla tabella di contingenza: probability of detection (POD) calcolato come $h/(h + m)$, false alarm ratio (FAR) calcolato come $f/(f + c)$, critical success index (CSI) calcolato come $1/[1/(1 – FAR) + (1/POD) – 1]$ e correct performance index (CPI) calcolato $(c + h)/n$. I risultati complessivi dell'analisi sono mostrati in Tabella 2. Si noti come il sistema dia risultati migliori per il fiume Olona in termini di POD e CSI rispetto al torrente Seveso, mentre il grado complessivo di buon funzionamento del sistema, espresso dal CPI, si asssesti al 74% che significa che il sistema è in grado di prevedere correttamente la pericolosità di un evento di piena 74 volte su 100.

Tab. 2 – Indici di prestazione del sistema di allerta di pien. per i singoli bacini idrografici e per l'area totale.

Indice	*Olona*	*Seveso*	*Lambro*	*Totale*
POD	0.57	0.37	0.43	0.45
FAR	0.03	0.03	0.10	0.04
CSI	0.52	0.33	0.41	0.42
CPI	0.88	0.84	0.57	0.74

5. Conclusioni

L'analisi delle mappe di uso del suolo disponibili per gli anni 1954, 1980 e 2000 ha permesso di verificare un significativo aumento della percentuale di territorio urbanizzato nell'area che drena le precipitazioni verso la città di Milano. Questo ha causato un incremento della frequenza degli eventi di piena che causano inondazioni in città.
L'analisi di un sistema di allerta di piena composto da un modello meteorologico deterministico ad alta risoluzione ed un modello idrologico spazialmente distribuito, ha permesso di verificare che nel 74 % dei casi è possibile prevedere correttamente la pericolosità di un evento di piena.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Centro Epson Meteo per aver fornito la rianalisi degli eventi di piena con il modello meteorologico ad alta risoluzione. Si ringraziano, inoltre, Ilaria Bocus e Gianluca Di Luccio per l'aiuto nella simulazione degli eventi di piena.

Riferimenti bibliografici

Amengual A., Romero R., Gómez M., Martín A. e Alonso S. (2007), "A hydrometeorological modeling study of a flash flood event over Catalonia, Spain", *Journal of Hydrometeorology*, 8:282-303.

Ceppi A., Ravazzani G., Salandin A., Rabuffetti D., Montani A., Borgonovo E. Mancini M. (2013), "Effects of temperature on flood forecasting: analysis of an operative case study in Alpine basins", N*atural Hazards and Earth System Sciences*, 13(4):1051-1062.

Pianosi F e Ravazzani G. (2010), "Assessing rainfall-runoff models for the management of Lake Verbano", *Hydrological Processes*, 24(22):3195-3205.

Rabuffetti D., Ravazzani G., Corbari C. e Mancini M. (2008), "Verification of operational Quantitative Discharge Forecast (QDF) for a regional warning system – the AMPHORE case studies in the upper Po River", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 8:161-173.

Ravazzani G. (2013), "MOSAICO, a library for raster based hydrological applications", *Computers & Geosciences*, 51:1-6.

Effetti dell'impermeabilizzazione dei suoli sulle dinamiche idrologiche nel bacino del fiume Elsa in Toscana

di M. Napoli[*], S. Cecchi[*] e S. Orlandini[*]

Riassunto

Le caratteristiche e le dinamiche idrologiche dei suoli devono essere tenute in debita considerazione nelle elaborazioni mirate alla prevenzione del dissesto idrogeologico. Alcune attività antropiche concorrono a diminuire l'assorbimento per infiltrazione delle precipitazioni e di conseguenza determinano un aumento in volume e velocità dei deflussi superficiali. Attraverso la fotointerpretazione di foto aeree (anni 1954, 1978, 1988, 1996 e 2007) e l'uso del modello ArcSWAT è stata verificata l'incidenza della variazione di uso del suolo nel bacino idrografico del fiume Elsa sulle portate misurate a Castelfiorentino (FI). L'analisi ha consentito di quantificare l'effetto dell'impermeabilizzazione dei suoli sulle dinamiche idrologiche a scala di bacino.

Parole chiave: deflusso, impermeabilizzazione del suolo, uso del suolo.

Summary

The hydrological characteristics of the soil i.e. permeability, infiltration rate and water storage capacity, must be taken into account in the assessment of land use change impact on hydrological regime. Some human activities contribute to decrease absorption by infiltration of rainfall and consequently result in an increase in the volume and speed of runoff. A GIS-based hydrologic model (ArcSWAT) and elaboration of aerial photos (year 1954, 1978, 1988, 1996, 2007) are applied to assess the impacts of land use changes in the Elsa River Watershed upon flood volume measured at Castelfiorentino (FI). The analysis made it possible to quantify the effect of soil sealing upon surface runoff at watershed scale.

Key words: runoff, soil sealing, land uses.

[*] Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agro-alimentari e dell'Ambiente, Università di Firenze, *marco.napoli@unifi.it, stefano.cecchi@unifi.it, simone.orlandini@unifi.it.*

1. Introduzione

Tra le funzioni che il suolo svolge negli agro-ambienti, per le sue caratteristiche idrologiche di permeabilità e capacità di invaso vi è quella di contribuire alla regimazione dei deflussi superficiali, per evitare che le acque di scorrimento acquistino volume e velocità pericolose, e favorire così il contenimento sia dell'erosione sia dei fenomeni di dissesto idrogeologico (frane, smottamenti, alluvioni).

Il territorio rurale della Toscana ha subito e sta ancora oggi subendo profonde modifiche dal punto di vista gestionale e strutturale che concorrono a deteriorare le naturali caratteristiche dei suoli. Il consumo di suolo dovuto alla costruzione di edifici e infrastrutture, il cambiamento degli indirizzi produttivi, la progressiva specializzazione e meccanizzazione delle colture possono innescare processi di degradazione delle funzioni idrologiche dei suoli, tra i quali risultano di particolare importanza la compattazione e la impermeabilizzazione del suolo (soil sealing). In entrambi i casi avviene la diminuzione/impedimento dell'assorbimento per infiltrazione di una parte delle acque e di conseguenza aumenta in volume e velocità il deflusso superficiale, incrementando sia i fenomeni di erosione e dissesto idrogeologico nei versanti collinari, sia i danni alle sottostanti zone con una maggiore frequenza dei fenomeni esondativi (Cecchi *et al.*, 2010). La ricerca si è posta l'obiettivo specifico di quantificare l'effetto dell'impermeabilizzazione dei suoli nel bacino idrografico del fiume Elsa sulle portate misurate a Castelfiorentino in provincia di Firenze.

2. Materiali e metodi

L'area di studio è costituita dalla sezione di bacino del fiume Elsa (931 km^2) compresa tra la sorgente (300 m s.l.m.) e la stazione di misura posta nel comune di Castelfiorentino (FI) (36 m s.l.m.). Questo tratto di fiume scorre in direzione sud-nord per una lunghezza di circa 52 km attraverso la Toscana centrale, interessando una popolazione di circa 116570 abitanti. Negli ultimi anni, le forti piogge hanno spesso determinato condizioni di piena del fiume con rischi a carico degli abitanti dei centri urbani attraversati.

Attraverso la fotointerpretazione di foto aeree (anni 1954, 1978, 1988, 1996 e 2007) e l'uso del modello ArcSWAT2009 (Neitsch *et al*., 2011) è stata verificata l'incidenza della variazione di uso del suolo nel bacino idrografico del fiume Elsa sulle portate misurate a Castelfiorentino (FI).

Validato il modello per ciascuno degli anni in esame, sono stati utilizzati i dati relativi al periodo 2007-2014 per verificare la risposta idrologica dei 5 data-set di uso del suolo alle stesse condizioni meteorologiche.

Le carte di uso del suolo (pixel di 200 m) sono state realizzate dalle relative ortofoto aeree attraverso la *unsupervised classification* come proposto da Cleave *et al*. (2008). Si è quindi proceduto ad analizzare statisticamente le variazioni di uso del suolo per gli anni considerati. Il modello digitale delle elevazioni (DEM) (pixel

di 20 m) è stato ottenuto dalla rielaborazione delle carte tecniche regionali (CTR) della regione Toscana (in scala 1:10000). La carta dei suoli è stata derivata dalla mappa del suolo della Regione Toscana (in scala 1:250000). I dati meteorologici (25 stazioni) e idrometrici (stazione di Castelfiorentino – FI), forniti dal Servizio Idrologico Regionale, sono stati analizzati come proposto da Napoli *et al*. (2014).

3. Risultati

Dalla comparazione dei trend di variazione dei 5 usi del suolo nel periodo 1954-2007 (tab. 1) risulta come le superfici artificiali siano aumentate del 2.2%. Al contempo il restante tessuto agricolo è stato modificato col passaggio da superfici dedicate a colture promiscue a superfici maggiormente specializzate.

Tab. 1 – Distribuzione percentuale dell'uso del suolo all'interno del bacino tra il 1954 e il 2007.

Uso del suolo	*Percentuale di superficie occupata*				
	1954	*1978*	*1988*	*1996*	*2007*
Colture annuali associate a colture permanenti	49.9%	25.0%	22.7%	20.9%	18.2%
Foreste, aree semi naturali e pascoli	41.7%	42.0%	42.4%	43.3%	43.5%
Oliveto specializzato	0.2%	0.5%	1.8%	2.2%	2.8%
Seminativo specializzato	7.2%	28.1%	24.9%	22.6%	23.4%
Aree urbane e industriali	0.3%	1.1%	1.6%	2.3%	2.5%
Vigneto specializzato	0.7%	3.3%	6.6%	8.6%	9.6%

Il contributo medio giornaliero alla formazione del deflusso degli usi agricoli del suolo è variato proporzionalmente con la variazione percentuale delle superfici occupate. Al contrario, a fronte di un processo di urbanizzazione che nel periodo di osservazione ha visto un aumento delle superfici costruite di circa 8 volte, il contributo di quest'ultime alla generazione del deflusso medio giornaliero è aumentato di circa 14 volte (tab.). Infatti, la superficie impermeabilizzata pari al 2.5% della totale contribuisce per 8.3% alla formazione delle portate medie giornaliere.

Per quanto riguarda i valori medi di picco è importante rimarcare il ruolo di contenimento svolto dalle foreste e dalle aree semi naturali che occupando più del 40% della superficie contribuiscono soltanto per il 4% alla formazione delle portate di picco. Si può inoltre osservare come per i seminativi e le colture arboree specializzate il peso in termini di contributo alla formazione dei deflussi medi di picco è rispettivamente di 1.5 e 2 volte superiore al peso in termini di superficie occupata. Per quanto riguarda le aree urbanizzate, detto peso è di quasi 5 volte i peso della relativa superficie.

Tab. 2 – Incidenza percentuale dell'uso del suolo sulla formazione del deflusso all'interno del bacino tra il 1954 e il 2007.

Uso del suolo	*Contributo percentuale alla formazione delle portate*				
	1954	*1978*	*1988*	*1996*	*2007*
Valori medi giornalieri					
Colture annuali associate a colture permanenti	49.5%	23.3%	20.8%	18.0%	15.1%
Foreste, aree semi naturali e pascoli	40.8%	39.5%	39.3%	39.2%	38.4%
Oliveto specializzato	0.2%	0.5%	1.9%	2.4%	2.9%
Seminativo specializzato	8.1%	30.1%	26.3%	23.2%	23.9%
Aree urbane e industriali	0.6%	3.1%	4.2%	6.7%	8.3%
Vigneto specializzato	0.7%	3.6%	7.6%	10.5%	11.4%
Valori medi di picco					
Colture annuali associate a colture permanenti	72.9%	28.4%	24.1%	21.5%	18.6%
Foreste, aree semi naturali e pascoli	7.1%	5.6%	5.5%	5.5%	4.0%
Oliveto specializzato	0.6%	1.2%	3.7%	4.4%	5.4%
Seminativo specializzato	16.7%	52.6%	46.8%	42.6%	37.9%
Aree urbane e industriali	1.4%	5.4%	6.9%	9.8%	11.9%
Vigneto specializzato	1.5%	6.8%	13.0%	16.3%	22.3%

Riferimenti bibliografici

Cecchi S., Napoli M. e Zanchi C. (2010), *La carta del rischio erosivo per l'uso sostenibile del territorio agricolo del Chianti,* In: E. Bonari, M. Debolini. *Agricoltura e erosione del suolo in Toscana*. p. 91-106, Pisa: Felici Editore.

Cleve C., Kelly M., Kearns F.R. and Morltz M. (2008), *Classification of the wildland–urban interface: a comparison of pixel- and object-based classifications using highresolution aerial photography*, Computers Environment and Urban Systems, 32: 317–326. DOI:10.1016/j.compenvurbsys.2007.10.001

Napoli M., Cecchi S., Orlandini S. and Zanchi C. (2014*), Determining potential rainwater harvesting sites using a continuous runoff potential accounting procedure and GIS techniques in central Italy*, Agricultural Water Management, 141: 55-65. DOI:10.1016/j.agwat.2014.04.012

Neitsch S.L., Arnold J.G., Kiniry J.R. and Williams J.R. editors (2011), *Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation version 2009*, College Station (Texas): Texas Water Resources Institute Press.

Il consumo di suolo tra politiche ambientali e politiche economiche: un'analisi dell'impatto dei Programmi di Sviluppo Rurale nelle aree protette della Regione Lazio

di M. C. Natalia[*]*, D. Marino*[**] *e M. Palmieri*[***]

Riassunto

I cambiamenti d'uso del suolo sono profondamente connessi a determinanti sociali ed economiche dipendendo, quindi, anche dalle politiche territoriali e di incentivazione finanziaria messe in campo dagli organi di governo, anche in recepimento alle normative comunitarie. In Italia negli ultimi vent'anni due sembrano essere i fattori di maggiore impatto: il primo è costituito dalla classica politica economica come la Politica Agricola Comune (PAC), e il secondo dal ruolo delle politiche di Conservazione della Natura. La PAC, attraverso l'erogazione dei fondi per mezzo dei Programmi di Sviluppo Rurale, ha profondamente influenzato le scelte degli imprenditori agricoli, soggetti "costruttori" del paesaggio agricolo e d'altro canto, la mutata sensibilità ambientale ha comportato sia la modifica della struttura dei finanziamento della PAC stessa sia un aumento della superficie afferente al "Sistema" delle Aree Protette. Tuttavia il Sistema delle Aree Protette, che comprende al suo interno una percentuale significativa di suoli agricoli, ha profondamente influenzato le scelte degli agricoltori, determinando fenomeni di cambiamento dell'uso del suolo e quindi del paesaggio agrario e rurale. Il paper propone una metodologia di lettura del fenomeno di consumo di suolo agricolo correlato ai vincoli/opportunità delle Aree Protette e agli incentivi economici erogati dalla PAC. L'obiettivo è quello di verificare in quale misura la PAC ha favorito il permanere dell'attività agricola in area protetta impedendone la cementificazione e/o in quale misura la PAC ha contribuito all'abbandono delle campagne in area protetta contribuendo al consumo di suolo. L'analisi, su base comunale, viene applicata al territorio della Regione Lazio attraverso la caratterizzazione del sistema territoriale laziale con particolare riferimento al grado di conservazione (Sistema delle Aree Protette e relativo suolo agricolo); viene successivamente effettuata l'analisi quantitativa e qualitativa dei cambiamenti di uso del suolo agricolo sia su base sta-

[*] ISPRA – Dip. Difesa della Natura – Servizio Aree Protette e Pianificazione territoriale – Settore Aree Protette, *mariacecilia.natalia@isprambiente.it.*

[**] Dipartimento di Bioscienze e Territorio – Università del Molise, *dmarino@unimol.it*.

[***] CURSA – Consorzio Universitario per la Ricerca Socioeconomica e per l'Ambiente, *m.palmieri@cursa.it.*

tistica che cartografica (georeferenziazione); segue l'analisi quantitativa degli importi erogati dalla PAC negli ultimi due Programmi di Sviluppo Rurale e relativa georeferenziazione e, in ultimo, l'analisi delle correlazioni tra consumo di suolo agricolo, fondi erogati e sistema dei vincoli derivanti dall'agricoltura in Area Protetta. Per l'analisi dei tematismi è stato utilizzato l'"Indice di Specializzazione" (ISP) che consente la comparazione di un tematismo calcolato su base comunale normalizzandolo rispetto alla base regionale.

Parole chiave: consumo di suolo, Politica Agricola Comune, Programma di Sviluppo Rurale, Aree Protette, agricoltura.

Summary

The political economy and the nature conservation policy have been conditioning agricultural soil use in Italy, in the last 20 years. The Common Agricultural Policy (CAP) was implemented to ensure a fair standard of living for farmers by means of a range of measures, among which the distribution of funds through a Rural Development Programme action. The CAP was expected to influence profoundly the choices of the people who shape the rural landscape, i.e. the farmers. The increased environmental awareness has determined successive reforms in the structure of the CAP financing rules, and in Italy lead to an enlargement of the protected area system, which includes both national and regional protected areas and Nature 2000 sites. A significant part of the agricultural soil available for farming, notably, is found inside the protected area system. Agricultural soil sealing is due to many causes, and is especially developed in peri-urban rings. At the national scale, 6% of agricultural land has been lost up to 2006; this abandonment is a serious damage especially for valuable agricultural areas such as those included in the Protected Area System. The paper presents a methodology for interpreting the soil sealing related to constraints/opportunities provided by protected areas and to the financial incentives delivered by the CAP. The aim is to analyze if and how the CAP has sustained the preservation of agricultural activity in protected areas, reducing overbuilding and uncontrolled development, or if the CAP has contributed to the abandonment of land used for agricultural purposes in protected areas, increasing soil sealing. The methodology has been tested by calculating the specialization indexes for all the municipality in Latium Region.

Key words: soil sealing**,** Common Agricultural Policy, Rural Development Program, Protected Areas, agriculture.

1. Premessa

Il suolo, specie in paesi di diffusa e storicamente radicata antropizzazione come

l'Italia, è stato modellato principalmente dall'agricoltura. Questa, almeno sino alla "Rivoluzione Verde" e all'industrializzazione dei processi produttivi, è stata condotta all'interno dei vincoli pedoclimatici, ed ha contribuito alla creazione delle forme tradizionali di paesaggio agrario, al presidio del territorio e alla salvaguardia, o addirittura all'incremento, della biodiversità. A scala europea l'evoluzione dell'attività agricola ha coinciso in gran parte, con l'introduzione, nel 1962, della Politica Agricola Comune (PAC) che si è posta come obiettivi primari l'autosufficienza alimentare, l'incremento di reddito degli agricoltori e l'integrazione dell'agricoltura nel sistema economico. Se, a distanza di più di mezzo secolo, tali obiettivi possono dirsi ampiamente centrati va anche sottolineato che la PAC ha concorso a delineare un modello agricolo poco sostenibile, con effetti negativi sull'ambiente e sul paesaggio dovuti tra l'altro a un uso eccessivo di fertilizzanti chimici e di fitofarmaci e al predominio delle colture di tipo intensivo. Lo spettacolare aumento delle rese ha peraltro reso possibile "liberare" suolo agricolo la cui destinazione è stata da un lato l'urbanizzazione e l'infrastrutturazione del territorio e dall'altro l'abbandono e la riforestazione. L'accresciuta sensibilità rispetto agli effetti negativi susseguenti alla perdita della biodiversità, degli habitat e del paesaggio e la coscienza delle potenzialità della matrice agricola nella conservazione della natura ha portato, in anni più recenti, ad una profonda rivisitazione delle politiche ambientali ed agricole, anche se va sottolineato come i due ambiti risultino di fatto ancora nettamente separati (Cavallo e Marino, 2014). Nel primo caso si è assistito ad un forte incremento della superficie delle Aree Protette, nell'introduzione di specifici strumenti di pianificazione e programmazione (Piani per i Parchi, Piani Paesaggistici, Piani di Gestione di Distretto Idrografico, Valutazione di Impatto Ambientale e Ambientale Strategica ecc.), nel secondo all'introduzione delle politiche agroambientali e dei Programmi di Sviluppo Rurale (PSR); questi strumenti rappresentano una fondamentale opportunità per il miglioramento ambientale nelle zone rurali poiché introducono incentivi economici finalizzati a favorire l'utilizzo di pratiche agricole ambientalmente sempre più sostenibili, anche specificatamente dedicati all'agricoltura nelle Aree Protette[1]. Tuttavia, nonostante l'ingente mole di risorse finanziarie messe a disposizione dalla Politica Agricola Comune anche a sostegno della multifunzionalità e della diversificazione nelle aree meno favorite, l'abbandono dell'attività agricola fa segnare un trend negativo specie in contesti in cui vincoli e norme rischiano di incidere sulla redditività aziendale. Ciò comporta gravi rischi per il presidio del territorio agricolo, tanto più accentuati se si manifestano in aree di pregio come quelle afferenti al Sistema delle Aree Protette. Le indagini effettuate sul consumo di suolo (Munafò, 2014) evidenziano come il fenomeno si verifichi in ampie aree vocate all'agricoltura (dal 7,9% di suolo consumato nel 1990 al 9% nel 2006). Il recente Disegno di Legge quadro in materia di valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del con-

[1] La rilevanza potenziale degli incentivi trova conferma nel dato del Parlamento Europeo che indica in 10,6 la percentuale nazionale di Superficie Agricola Utilizzata (SAU) classificata come zona Natura 2000.

sumo del suolo[2] rafforza il ruolo ambientale dell'attività agricola sottolineandone l'importanza ai fini non solo della sicurezza alimentare e della tipicità agroalimentare ma anche in quanto erogatrice di servizi ecosistemici. Viene inoltre stabilito che «Per le superfici agricole in favore delle quali sono stati erogati aiuti dell'Unione europea previsti dalla politica agricola comune o dalla politica di sviluppo rurale sono vietati, per almeno cinque anni dall'ultima erogazione, usi diversi da quello agricolo e la adozione di atti amministrativi finalizzati al cambiamento della destinazione d'uso». Il paper intende proporre un contributo alla metodologia di analisi del consumo di suolo agricolo mettendo in luce le relazioni tra politiche pubbliche e scelte dell'imprenditore agricolo, e tra queste e consumo di suolo. In particolare ci si concentra sull'efficacia delle politiche settoriali – ossia la PAC, – e su quella delle politiche ambientali, ossia i provvedimenti finalizzati alla conservazione della natura. Le prime agiscono attraverso strumenti di carattere economico, quali gli incentivi di tipo finanziario erogati attraverso i Programmi di Sviluppo Rurale finalizzati alla conservazione/creazione/gestione del paesaggio agrario[3], le seconde attraverso strumenti di tipo "*command & control*". Entrambe possono influenzare – positivamente o negativamente – il mantenimento dell'uso agricolo dei suoli. La PAC, agendo sui redditi degli agricoltori, può da un lato ridurre la tendenza verso l'abbandono della produzione e, dall'altro, attraverso l'intensificazione della produzione, può incrementare l'abbandono delle aree meno produttive. Anche le Aree Protette possono avere in questo senso un duplice effetto: da un lato contrastare la tendenza verso il consumo di suolo per la presenza di vincoli alla trasformazione, dall'altro attraverso gli stessi vincoli imposti agli agricoltori, possono favorire anche in questo caso l'abbandono dei terreni meno produttivi. Il paper propone questa lettura attraverso una prima applicazione al territorio della Regione Lazio e si concentra soprattutto sulla costruzione del modello e quindi sugli aspetti metodologici. Sotto il profilo dei dati disponibili infatti l'analisi non riesce, in questa prima fase, a coprire tutte le aree di lavoro, rimandando una più ampia validazione a successivi approfondimenti. In particolare:

- i dati relativi ai finanziamenti erogati in ambito PAC sono limitati ai PSR, e non comprendono quelli relativi al cosiddetto I Pilastro;
- i cambiamenti d'uso del suolo sono stati analizzati su base *Corine Land Cover* (1990-2006) considerando esclusivamente i cambiamenti dalla Classe 2. "Territori agricoli" alla Classe 1. "Urbanizzato", escludendo la transizione dall'uso agricolo a quello forestale[4] e con i noti limiti di rappresentatività del fenomeno derivanti dall'unità minima cartografabile che, per i cambiamenti, è pari a 5 ha (Sambucini, 2010) e non consente di cogliere il consumo di suolo dovuto alla sommatoria degli ha < 5 ha.

Nonostante la necessità di estendere il set di dati le analisi condotte possono in

[2] Bollettino delle Giunte e delle Commissioni Parlamentari Commissioni Riunite (VIII e XIII) n. 372 del 20 gennaio 2015.

[3] Questo dovrebbe avere effetto positivo incentivando la permanenza degli agricoltori nelle aree rurali.

[4] A scala regionale i cambiamenti da Classe 2. a Classe 3. sono presenti solo per i cambiamenti CLC 1990-2000 (166 ha).

ogni caso consentire una prima valutazione del grado di efficacia delle politiche analizzate nel contrasto al consumo di suolo agricolo.

2. Approccio metodologico

Il lavoro è articolato su quattro passaggi fondamentali:

1) caratterizzazione del sistema territoriale laziale attraverso l'analisi della localizzazione e concentrazione del Sistema delle Aree Protette e delle superfici agricole;
2) analisi quantitativa e qualitativa dei cambiamenti di uso del suolo agricolo a livello comunale su base GIS con particolare riferimento al consumo di suolo;
3) analisi quantitativa su base comunale e relativa georeferenziazione degli importi erogati dagli ultimi due Programmi di Sviluppo Rurale (PSR) del Lazio;
4) analisi delle correlazioni tra il consumo di suolo agricolo, il sistema degli incentivi (fondi erogati) e grado di protezione/vincolo (sistema delle aree protette).

Al fine di elaborare i dati su basi territorialmente omogenee il lavoro è stato effettuato su base amministrativa comunale per i 378 comuni laziali. Dal punto di vista cartografico tutte le elaborazioni sono state effettuate su *shapefiles* elaborati in WGS 84 – fuso 33 utilizzando come base i limiti regionali e comunali.

Per l'analisi dei tematismi è stato utilizzato l'"Indice di Specializzazione"[5] (ISP) che consente la comparazione di un tematismo calcolato su base comunale normalizzandolo rispetto alla base regionale. La caratterizzazione del sistema delle aree protette laziali è stata effettuata sulla base del IV Elenco Ufficiale delle Aree Protette (2010), utilizzando gli *shapes* disponibili sul sito del Ministero dell'Ambiente[6]. Si è proceduto al calcolo della superficie protetta regionale al netto delle sovrapposizioni delle varie tipologie di aree protette[7]. Si è successivamente calcolato l'"Indice di Specializzazione in Aree Protette"[8] (ISP AAPP) consideran-

[5] Indice utilizzato nella statistica territoriale - misura della dissomiglianza tra quota comunale e quota regionale di un'attività economica - la "normalizzazione" è un'operazione statistica che permette di mettere a confronto distribuzioni diverse.

[6] ftp://ftp.dpn.minambiente.it/Cartografie/Natura2000/.

[7] Nel Sistema delle aree protette sono stati compresi Parchi Nazionali, Riserve Naturali, Parchi Regionali, Parchi Naturali e i siti Natura 2000.

[8] "Indice di specializzazione in Aree Protette": misura della dissomiglianza tra quota comunale e quota regionale delle "superfici protette" e descrive la specializzazione in "aree protette" di un comune rispetto alla situazione media regionale: al crescere dell'indice cresce la specializzazione del comune nel settore considerato - Il campo di variazione è sempre contenuto tra -1 e +1: il valore minimo (-1) si osserva nei comuni in cui non è presente superficie protetta; i valori prossimi allo zero (0) si osservano nei comuni dove la superficie di "aree protette" risulta simile a quella rilevata a livello regionale (assenza di specializzazio-

do comuni "Specializzati" quelli in cui almeno il 50% del territorio ricade nel Sistema delle Aree Protette e il cui ISP AAPP, conseguentemente, è compreso tra 0,56 e 0,28. Gli 80 comuni specializzati hanno costituito la base di confronto per tutte le elaborazioni successive[9]. Per la determinazione della copertura agricola regionale sono stati utilizzati i dati del progetto *Corine Land Cover* (2006), utilizzando gli *shapefiles* disponibili sul sito dell'European Environment Agency; lo strato informativo di primo livello "2. Territori agricoli" è stato utilizzato come base per il calcolo della percentuale di suolo agricolo all'interno e all'esterno del Sistema delle Aree Protette.

I principali indicatori del consumo di suolo agricolo e della struttura aziendale (SAU, SAT, n. di aziende, ecc.) sono stati misurati attraverso i dati disponibili sul Data Wharehouse ISTAT[10] e in riferimento al IV, V e VI Censimento dell'Agricoltura (1990, 2000 e 2010). La lettura cartografica è stata effettuata attraverso la quantificazione dei dati *Corine Land Cover* relativi ai cambiamenti tra 1990-2000 e 2000-2006[11] e la loro gerarchizzazione per classe di uso del suolo. Sono stati calcolati e georiferiti[12] l'Indice di Specializzazione in Superficie Agricola Utilizzata (ISP SAU) per il 1990, 2000 e 2010 ed l'Indice di Specializzazione in Cambiamento di Classe da 2.a 1. (ISP Cons. Suolo).

Definito il quadro territoriale di riferimento sono stati analizzati i dati forniti dalla Regione Lazio[13] relativi ai fondi erogati dai Programmi di Sviluppo Rurale negli ultimi due periodi di programmazione della PAC (2000-2007 e 2007-2013). L'elaborazione dei dati, relativi al periodo 2003-2013[14], ha consentito di calcolare l'Indice di Specializzazione in PSR/SAU (ISP PSR/SAU) facendo riferimento al totale dei fondi erogati nel periodo considerato e alla SAU 2010. Per individuare le correlazioni esistenti tra la specializzazione in agricoltura e i fondi erogati dai PSR e il consumo di suolo agricolo, gli Indici di Specializzazione precedentemente calcolati sono stati correlati e analizzati con grafici a dispersione e relativa georeferenziazione secondo lo schema seguente:

ne); il valore massimo (+1) si potrebbe registrare qualora tutta la superficie protetta del Lazio si concentrasse in un solo comune (massima specializzazione).

[9] Per la graficizzazione in GIS sono state definite 4 classi in funzione della % di protezione rispetto al territorio comunale: le classi 1 e 2 (comuni "specializzati") comprendono rispettivamente comuni con una percentuale protetta che va dal 75 al 100% (ISP 0,46-0,56) e dal 74 al 50% (ISP 0,28 - 0,44); analogamente i comuni "non specializzati" sono stati suddivisi in due classi 3 e 4 che comprendono rispettivamente con percentuale di territorio protetto dal 49 al 25% (ISP da 0,27 a -0,06) e dal 24 allo0% (ISP da -007 a -1).

[10] http://dati-censimentoagricoltura.istat.it/?lang=it

[11] http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-3

[12] La graficizzazione dell'ISP in SAU e degli altri ISP è stata effettuata individuando 4 intervalli di variazione: -1>ISP>-0,5; -0,49>ISP>0 ;0,1>ISP>0,5;0,51>ISP>1.

[13] Direzione Regionale Agricoltura e Sviluppo Rurale, Caccia e Pesca - Area Programmazione comunitaria, monitoraggio e sviluppo rurale.

[14] I dati informatizzati sono disponibili a partire dal 2003 - nel paper è stato utilizzato il totale dei fondi erogati,il totale dei fondi erogati per ciascun comune,il totale dei fondi erogati per ciascuna misura dei PSR per ciascuno anno e il totale dei fondi erogati per ciascun comune suddivisi per misura.

- ISP SAU ↔ ISP PSR/SAU;
- ISP SAU ↔ ISP Cons. Suolo;
- ISP Cons. Suolo ↔ ISP PSR/SAU.

3. Il contesto territoriale: analisi dei risultati

3.1. Caratterizzazione del Sistema delle Aree Protette e delle superfici agricole

Il sistema delle aree protette regionali costituisce poco meno del 28%[15] del territorio regionale (fig. 1 A). La classe 2. *Corine Land Cover* 2006 ("Territori agricoli) copre quasi il 57% del territorio regionale e il 13% del Sistema delle Aree Protette (Tab. 1).

Tab. 1 – Regione e Sistema delle Aree Protette: dati di copertura del suolo agricolo

	Regione Lazio (A)	*Sistema Aree Protette Regione Lazio (B)*	*B/A (%)*
Superficie (ha)	1.717.946,84	478.948,82	27,88
Superficie agricola Classe 2. *Corine Land Cover* 2006	977.213,42	128.053,97	13,10
Suolo agricolo (%)	56,88	26,74	

I comuni specializzati in aree protette[16] (fig. 1 B) coprono una superficie di 371.649,70 ha (21% del territorio regionale) e la superficie protetta al loro interno è pari al 72%. La localizzazione geografica mostra la principale concentrazione di comuni specializzati nella fascia compresa tra la Provincia di Roma e di Viterbo e nella porzione meridionale della regione.

Il confronto degli indicatori Superficie Agricola Totale – SAT e Superficie Agricola Utilizzata – SAU tra "comuni specializzati in AAPP" e "altri comuni" nell'intervallo 1982-2010 (tab. 2, fig. 2) ha consentito di analizzare il cambiamento dell'uso del suolo in tutto il territorio regionale. In particolare nel trentennio considerato si nota una sostanziale contrazione della SAT nei comuni specializzati in area protetta e della SAU negli altri comuni evidenziando come l'abbandono dell'agricoltura sia più accentuato in aree non sottoposte a vincoli di tutela.

[15] In particolare le percentuali di suolo agricolo delle Aree Protette del IV EUAP e dei siti Natura 2000 sono pari rispettivamente al 6% e al 21%

[16] ISP AAPP = (Sup. protetta Comune/Sup. Comune) / (Sup. protetta Regione/Sup. Regione); segue la normalizzazione applicando la formula (ISP AAPP - 1) / (ISP AAPP + 1)

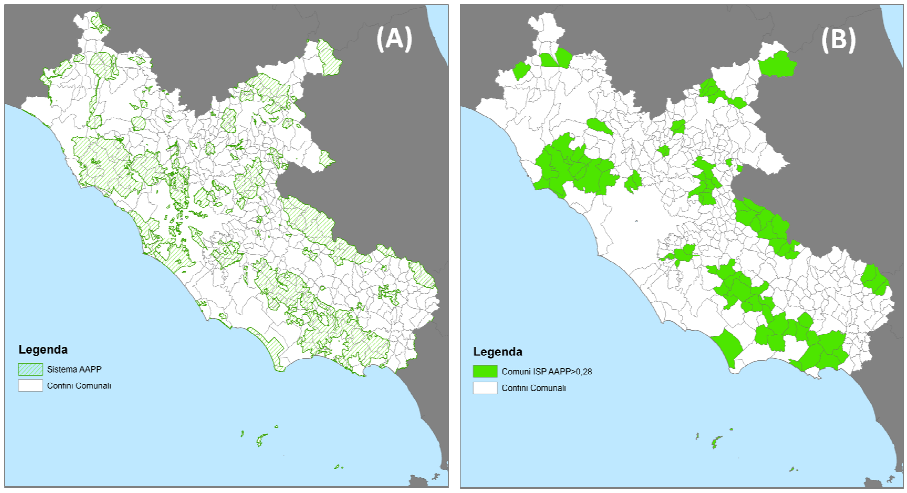


Fig. 1 – Il Sistema delle Aree Protette (A) e l'Indice di Specializzazione in Aree Protette (B).

A partire dal 1982 si è assistito ad una progressiva frammentazione dei territori pianeggianti e collinari ad elevata specializzazione agricola che si è estesa via via alla fascia costiera (Provincia di Roma e di Latina), alla porzione orientale della Provincia di Roma fino a interessare l'intero territorio regionale nel 2010.

Tab. 2- Variazione SAT- SAU 1982-2010 – Comuni ISP AAPP e altri comuni.

SAT - COMUNI SPECIALIZZATI IN AAPP

1982	1990		2000		2010		
SAT (ha)	SAT (ha)	1982-1990 variazione SAT (%)	SAT (ha)	1990-2000 - variazione SAT (%)	SAT (ha)	2000-2010 - variazione SAT (%)	Totale 1982-2010 (%)
274.054,59	275.328,71	0,46	233.200,81	-15,3	189.622,54	-18,69	-33,53

SAT - ALTRI COMUNI

1982	1990		2000		2010		
SAT (ha)	SAT (ha)	1982-1990 variazione SAT (%)	SAT (ha)	1990-2000 - variazione SAT (%)	SAT (ha)	2000-2010 - variazione SAT (%)	Totale 1982-2010 (%)
970.166,54	936.462,37	-3,47	805.808,27	-13,95	711.844,11	-11,66	-29,08

SAU - COMUNI SPECIALIZZATI IN AAPP

1982	1990		2000		2010		
SAU (ha)	SAU (ha)	1982-1990 variazione SAU (%)	SAU (ha)	1990-2000 - variazione SAU (%)	SAT (ha)	2000-2010 - variazione SAU (%)	Totale 1982-2010 (%)
156.171,87	151.076,47	-3,26	135.031,40	-10,62	118.998,14	-11,87	-25,75

SAU - ALTRI COMUNI

1982	1990		2000		2010		
SAU (ha)	SAU (ha)	1982-1990 variazione SAU (%)	SAU (ha)	1990-2000 - variazione SAU (%)	SAU (ha)	2000-2010 - variazione SAU (%)	Totale 1982-2010 (%)
721.713,59	680.522,04	-5,71	585.716,16	-13,93	519.603,69	-11,29	-30,93

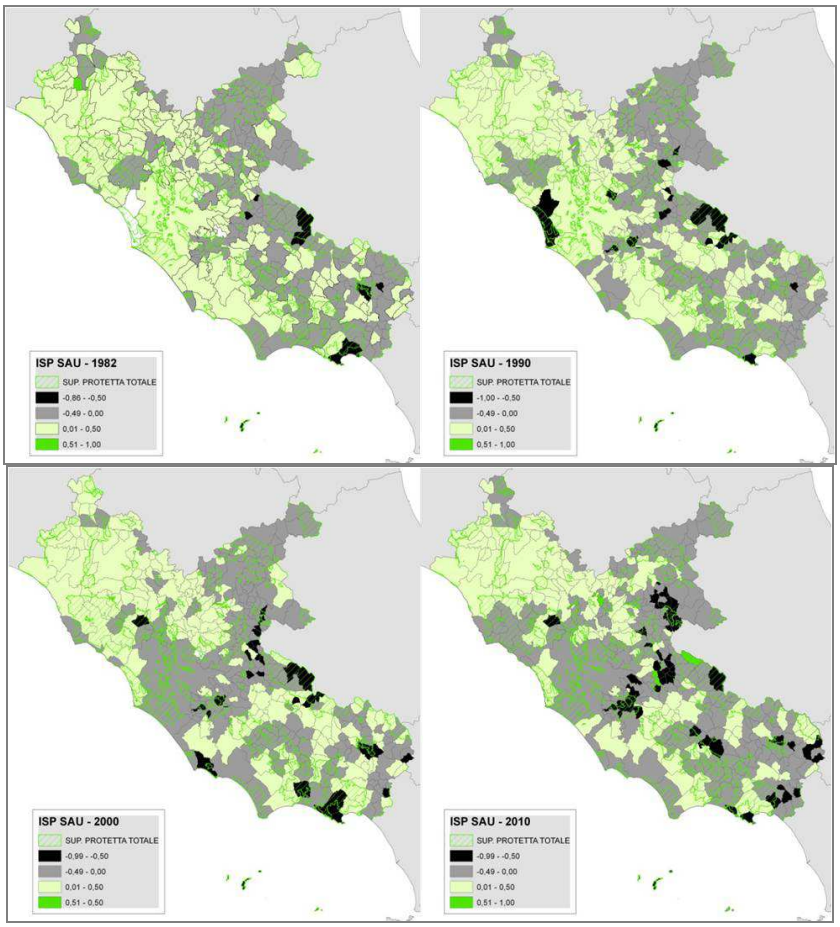


Fig. 2 – Indice di Specializzazione in SAU (ISP SAU) 1982, 1990, 2000 e 2010.

I dati relativi alle Aree Protette (ISP AAPP) e alla copertura agricola regionale relativi al 2010 (ISP SAU) sono stati correlati al fine di definire 4 classi di comuni e "disegnare" il rapporto tra superficie agricola e Sistema delle Aree Protette (tab. 3, fig. 3).

Tab. 3-Sistema agricolo regionale e Sistema delle Aree Protette: schema di sintesi.

		ISP SAU > 0					
		DESPECIALIZZATO CLASSE NON AGRICOLI NON PROTETTI			*SPECIALIZZATO CLASSE AGRICOLI NON PROTETTI*		
ISP AAPP >0,28	*DESPECIALIZZATO*	Comuni (n.,% regionale)	189	50,00%	Comuni (n., % regionale)	109	28,84%
		Sup. (ha, % regionale)	752.952	43,83%	Sup. (ha e % regionale)	597.349	34,77%
		SAU (ha, % regionale	199.389	31,22%	SAU (ha,% regionale	321.685	50,37%
		CLASSE NON AGRICOLI PROTETTI			*CLASSE AGRICOLI PROTETTI*		
	SPECIALIZZATO	Comuni (n., % regionale)	61	16,14%	Comuni (n., % regionale)	19	5,03%
		Sup. (ha, % regionale) e	263.340	15,33%	Sup. (ha,% regionale)e	104.303	6,07%
		SAU (ha,% regionale	63.657	9,97%	SAU (ha,% regionale	53.869	8,44%

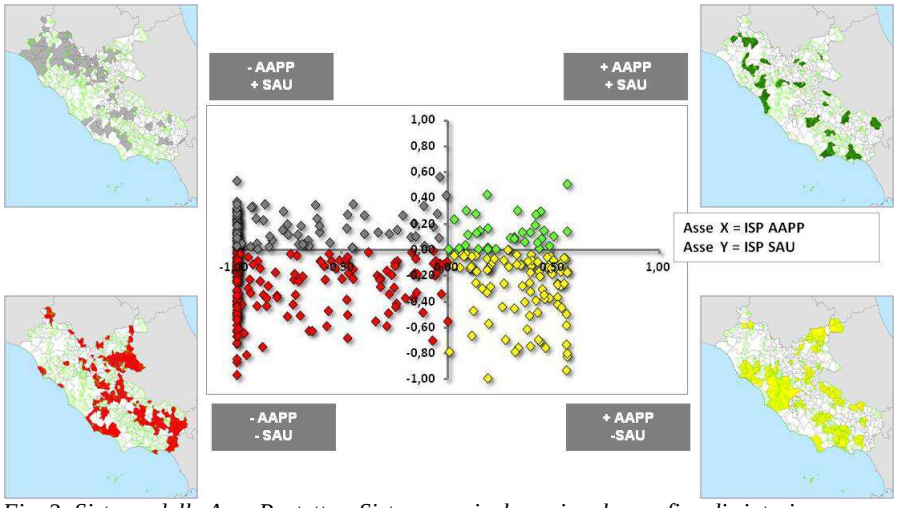


Fig. 3- Sistema delle Aree Protette e Sistema agricolo regionale: grafico di sintesi.

La classe più rappresentata dei comuni laziali (189, pari al 50% del totale) è esterna alle aree protette e non presenta una spiccata vocazione agricola (il maggior numero dei comuni è localizzata nelle zone di Monte Velino, Monti Tiburtini e Valle del Sacco); segue il 29% di comuni ad alta vocazione agricola (otre il 50% della SAU), esterno alle aree protette (principalmente nella porzione settentrionale della Provincia di Viterbo e nell'Agro Pontino). I comuni con più alta specializzazione in area protetta sono meno del 22% e la maggior parte (16% localizzato nei Monti Sabatini, Simbruini, Lepini, e Ausoni) non risultano vocati all'agricoltura poiché solo il 5% unisce alla vocazione agricola la specializzazione in area protetta (Litorale Roma,Veio, Bracciano e Aurunci).

La pratica agricola viene svolta in modo preponderante all'esterno del sistema delle aree protette e solo una minima parte interessa territori in cui vocazione agricola e e conservazione del capitale naturale sono strettamente correlati.

3.2. Consumo di suolo agricolo

Il consumo di suolo agricolo è stato calcolato analizzando le coperture *Corine Land Cover* 1990-2000 e 2000 2006 (tab. 4) considerando i cambiamenti dalla Classe 2. "Territori agricoli" alla Classe 1. "Superfici artificiali" (tab. 5). Complessivamente dall'analisi dei dati a livello regionale si registra una variazione della superficie pari a 30.651,12 ha (1,78% del territorio); i dati aggregati a livello regionale (tab. 5) mostrano che la perdita di suolo agricolo ha riguardato quasi il 38% del totale dei cambiamenti intervenuti nell'intervallo 1990-2006 solo in minima parte avvenuti nei comuni specializzati in Aree Protette (2,39%).

Tab. 4- Cambiamenti Corine Land Cover 1990-2000 e 2000-2006 – Regione Lazio.

	Sup. Totale	*Cambiamenti 1990-2000 (ha)*	*Cambiamenti 2000 -2006 (ha)*	*TOTALE*	
				ha	*% su Sup. Totale Regione*
Lazio	1.717.946,84	11.262,64	19.388,47	30.651,12	1,78

Tab. 5- Consumo di suolo agricolo- dati aggregati Corine Land Cover 1990-2000-2006.

	CLC 1990 – Classe 2 – Territori agricoli (ha)	*Da Classe 2 a classe 1 (ha)*			
		1990-2000	*2000 -2006*	*TOTALE*	*% su totale cambiamenti Regione*
Lazio	985.349,50	7.933,69	3.707,28	11.640,97	37,98
Comuni ISP AAPP	129.363,80	575,51	156,79	732,30	2,39
Comuni non ISP AAPP	855.985,70	7.358,18	3.550,49	10.908,67	35,59

Il dato è confermato dalla correlazione tra l'ISP Cons. Suolo[17] e ISP AAPP (fig. 4) che evidenzia il ruolo centrale svolto dalle Aree Protette non solo nella protezione della biodiversità e dei servizi ecosistemici ad essa correlati ma anche nel contrastare il consumo di suolo agricolo: l'analisi localizzativa mostra,infatti, che solo nell'area romana e nel PN del Circeo, a causa dell'alta pressione insediativa e turistica, il regime di protezione non è stato efficace, mentre la perdita maggiore di suolo si è avuta nei comuni con minore specializzazione in AAPP.

[17] ISP Cons. Suolo= (Sup totale 1990-2006 da Classe 2 a classe 1 Comune / Sup. Classe 2 CLC 1990 Comune) / Sup totale 1990-2006 da Classe 2 a classe 1 Regione / Sup. Classe 2 CLC 1990 Regione); segue la normalizzazione applicando la formula (ISP Cons. Suolo - 1) / (ISP Cons. Suolo+ 1).

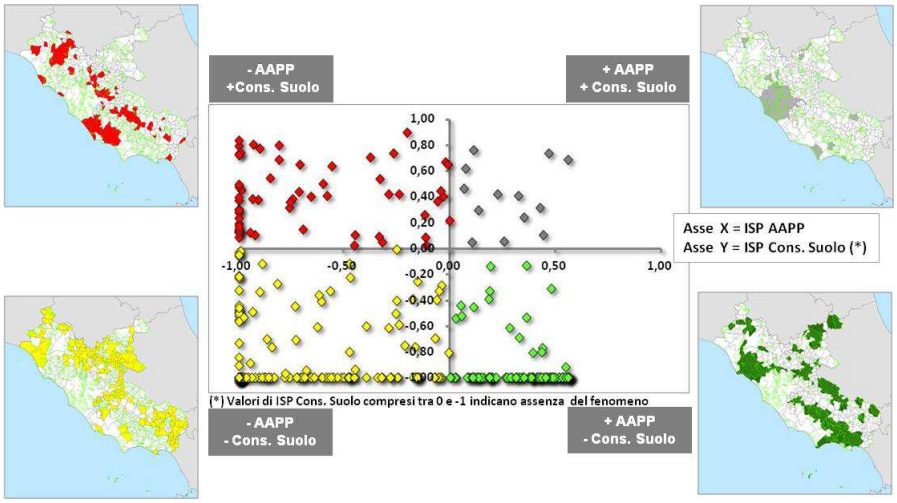


Fig. 4- Sistema delle Aree Protette e Consumo di suolo: grafico di sintesi.

3.3. I fondi dei Programmi di Sviluppo Rurale

A partire dall'analisi dei finanziamenti del PSR nel periodo 2003-2013 (Tab. 6) per ciascuna annualità è stato calcolato l'ISP PSR/SAU[18]. Come si evince dalla Tab. 7 la quota consistente dei finanziamenti che hanno interessato la Regione Lazio è indirizzata ai comuni non specializzati in aree protette (64%).

Tab. 6- Fondi PSR erogati 2003-2013 – Totale annuale Comuni ISP AAPP e altri comuni

	TOTALE LAZIO		*TOTALE COMUNI ISP AAPP*		*TOTALE COMUNI NON ISP AAPP*	
	Fondi PSR (€)	*Fondi/ha SAU (€)*	*Fondi PSR (€)*	*Fondi/ha SAU (€)*	*Fondi PSR (€)*	*Fondi/ha SAU (€)*
2003	3.673.718	5,10	455.141	3,37	3.218.577	5,50
2004	95.000.915	131,81	15.554.601	115,19	79.446.314	135,64
2005	91.805.527	127,38	15.146.372	112,17	76.659.155	130,88
2006	97.951.650	135,90	16.595.656	122,90	81.355.994	138,90
2007	28.351.522	39,34	3.275.962	24,26	25.075.561	42,81
2008	12.177.167	16,90	1.228.237	9,10	10.948.930	18,69
2009	79.351.513	110,10	35.261.654	261,14	44.089.859	75,28
2010	322.880.203	505,60	116.688.382	980,59	206.191.821	396,83
2011	318.049.077	498,04	143.700.879	1.207,59	174.348.199	335,54

[18] ISP PSR/SAU = (Fondi PSR Comune/SAU Comune) / (Fondi PSR Regione/SAU Regione); segue la normalizzazione applicando la formula (PSR/SAU - 1) / (PSR/SAU + 1).

	TOTALE LAZIO		*TOTALE COMUNI ISP AAPP*		*TOTALE COMUNI NON ISP AAPP*	
	Fondi PSR (€)	*Fondi/ha SAU (€)*	*Fondi PSR (€)*	*Fondi/ha SAU (€)*	*Fondi PSR (€)*	*Fondi/ha SAU (€)*
2012	375.368.326	587,80	142.475.547	1.197,29	232.892.779	448,21
2013	275.210.978	430,96	125.910.295	1.058,09	149.300.682	287,34

Tab. 7- Fondi PSR erogati 2003-2013 – Totale Comuni ISP AAPP e altri comuni

	Totale fondi PSR erogati (€)	%
Lazio	1.702.556.625,54	
Comuni ISP AAPP	616.292.726,47	36
Comuni non ISP AAPP	1.086.263.899,07	64

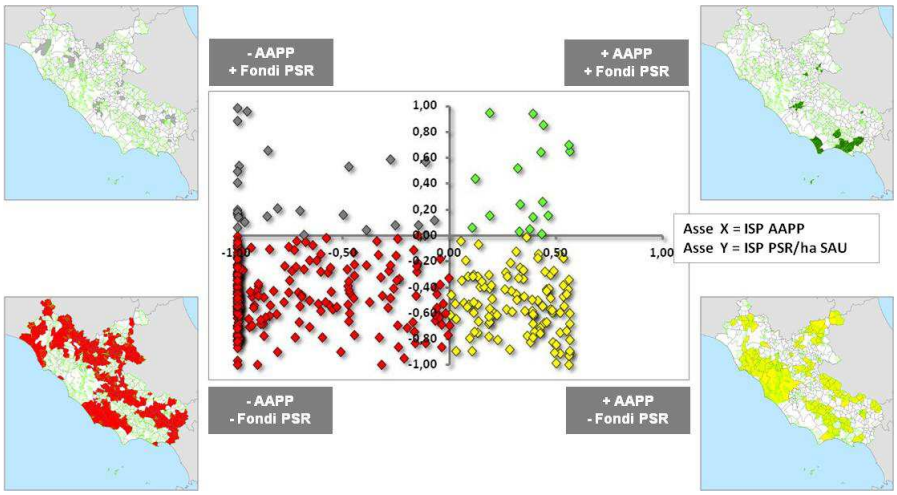


Fig. 5- Sistema delle Aree Protette e Totale fondi PSR 2003-2013: grafico di sintesi

In ultimo, al fine di completare il quadro di riferimento per le correlazioni successive, è stato calcolato l'ISP PSR/SAU 2010[19] e messo in relazione con l'ISP AAPP (fig. 5). Si evidenzia che solo una piccola parte dei fondi erogati dai PSR è stata indirizzata ai comuni specializzati in area protetta e in agricoltura (Aurunci e Circeo) al contrario la maggior parte dei comuni presenta un l'ISP PSR/SAU negativo.

[19] ISP PSR/SAU 2010 = (Totale Fondi PSR Comune/SAU Comune 2010) / (Fondi PSR Regione/SAU Regione 2010); segue la normalizzazione applicando la formula (PSR/SAU 2010 - 1) / (PSR/SAU 2010 + 1).

3.4. Correlazioni tra consumo di suolo agricolo, incentivi economici e grado di protezione/vincolo

Le correlazioni tra consumo di suolo agricolo e fondi PSR sono state effettuate correlando le seguenti coppie di ISP ed elaborando i relativi grafici:

- ISP SAU ↔ ISP PSR/SAU 2010 (fig. 6);
- ISP SAU ↔ ISP Cons. Suolo (fig. 7);
- l'ISP Cons. Suolo ↔ ISP PSR/SAU (fig. 8).

La figura 6 evidenzia l'assenza di correlazione tra la specializzazione in SAU e l'erogazione di fondi PSR: questi ultimi infatti si concentrano sia in aree specializzate in agricoltura (Monti Volsini e Cimini, litorale laziale, porzione settentrionale della Valle del Sacco) sia in aree non specializzate (area romana dei Monti Sabatini,, Monti della Tolfa, area metropolitana romana, Monti Simbruini, Monti Ernici e Prenestini).

Dalla fig. 7 si evince che il minor consumo di suolo agricolo si verifica in modo massiccio nei comuni montani con basso ISP SAU (Provincia di Rieti e settore settentrionale della Provincia di Frosinone) e nelle Province di Viterbo e Frosinone con alto ISP SAU; i comuni con valore positivo di consumo di suolo agricolo presentano sia ISP SAU positivi (Monti Cimini, Litorale Romano, media valle del Tevere, Agro Pontino) sia negativo (Provincia di Roma e fascia litorale della Provincia di Latina). Sembra quindi emergere una correlazione tra una scarsa specializzazione in agricoltura e un minor consumo di suolo.

Infine, la fig. 8 indica che la maggioranza dei comuni che non ha avuto consumo di suolo presenta la minima specializzazione in PSR/SAU; tra i comuni con minor consumo di suolo solo pochi hanno avuto accesso ai fondi (Circeo, Lepini, Monti Ernici a sud e Cimini- Maremma Laziale a nord).

Il maggior consumo di suolo non è correlato all'erogazione di fondi. Infatti nelle aree in cui sono stati erogati meno fondi (intera Provincia di Roma, litorale laziale e Monti Cimini) vi è un consumo di suolo dovuto principalmente ad una espansione delle aree urbane e periurbane legato a logiche speculative di tipo edilizio.

Una ulteriore chiave di lettura viene dal confronto con la Fig. 7 che evidenzia il legame tra mancata erogazione dei fondi e limitazione del consumo di suolo.

Mentre la specializzazione agricola non sembra avere un ruolo determinante nella quantità di importi erogati tramite i PSR. lo è, positivamente, nel contrasto al consumo di suolo agricolo che non si verifica nei comuni con ISP SAU positivo e negativo.

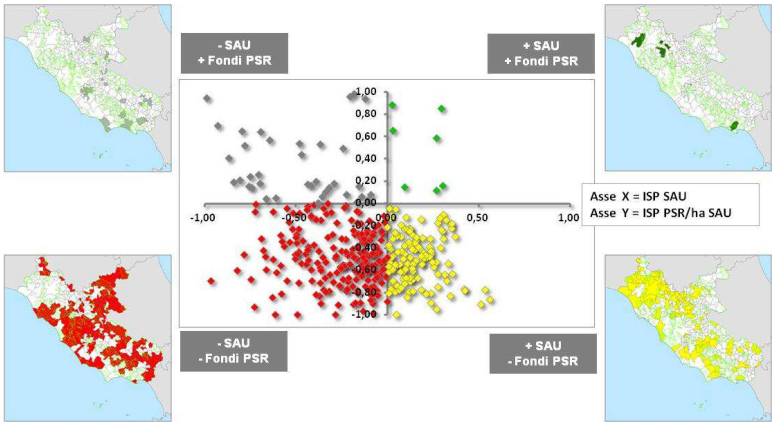


Fig. 6 – Totale fondi PSR 2003-2013 e Specializzazione in agricoltura: grafico di sintesi.

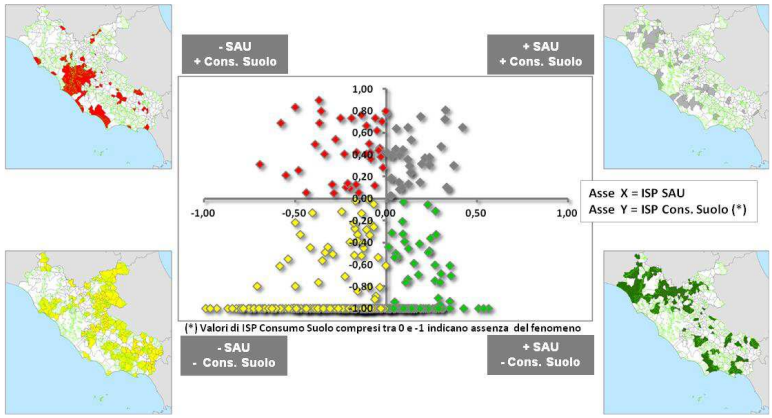


Fig. 7 – Specializzazione in agricoltura e Consumo di suolo: grafico di sintesi

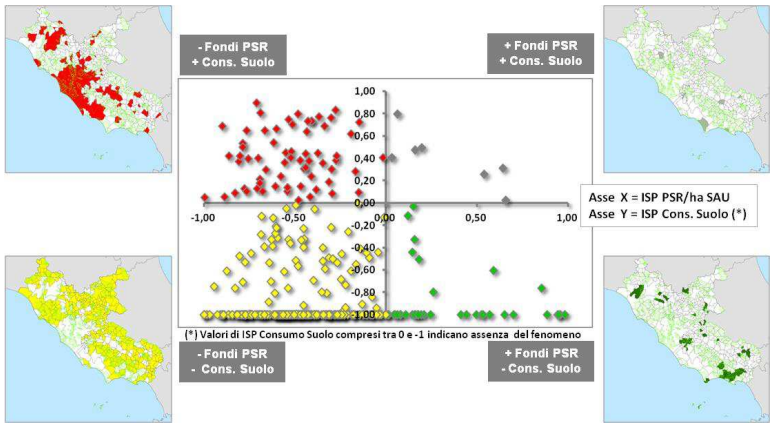


Fig. 8 – Totale Fondi PSR 2003-2013 e Consumo di suolo: grafico di sintesi.

3. Conclusioni

L'approccio seguito in questo contributo – pur con la difficoltà, già dichiarata, di mettere pienamente in luce le trasformazioni del suolo agricolo e di valutare in modo esaustivo l'impatto delle politiche – permette tuttavia di esplorare alcune relazioni tra consumo di suolo, vocazionalità agricola e politiche pubbliche. In particolare si nota come l'erogazione dei fondi per lo Sviluppo Rurale non abbia contribuito a contrastare il consumo di suolo poiché emerge chiaramente come il fenomeno sia più accentuato dove si ha una maggiore distribuzione della spesa. Nonostante gli incentivi quindi il suolo agricolo viene "sacrificato" per usi urbani o infrastrutturali. Al contrario per i comuni all'interno del Sistema delle Aree Protette si registra un consumo decisamente inferiore a quello al di fuori. I dati confermano quindi il ruolo efficace delle politiche ambientali imperniate su strumenti di protezione e vincolo di tipo "*command&control*" derivanti in questo caso dal sistema delle aree protette, mentre viene evidenziata la scarsa efficacia di strumenti "di mercato" come quelli basati sugli incentivi della PAC. Tuttavia, visto il peso modesto dell'agricoltura all'interno dei comuni con una ISP positivo in AAPP, le politiche ambientali possono rappresentare uno strumento efficace anche per il settore agricolo.

Per contrastare il consumo di suolo agricolo risulterebbe quindi fondamentale un sistema di governance multilivello che veda le politiche settoriale per la multifunzionalità e lo sviluppo rurale, agire in modo coerente con quelle ambientali. La nuova PAC, con le importanti novità in tema di *greening*, e il completamento degli strumenti di gestione della aree protette possono essere quindi l'occasione per una nuova governance del territorio e del paesaggio.

Riferimenti bibliografici

Ackrill R. W. (2000), "CAP reform 1999: a crisis in the making", *JCMS: Journal of Common Market Studies*, 38(2):343-353.

Agenzia Regionale Parchi Lazio (2010), *Atti della 2° conferenza del sistema delle aree protette del Lazio*, parchi 2.0 le risorse della tutela, Roma.

Azienda Romana Mercati (2013), *L'agricoltura e il sistema agroalimentare romano verso la nuova PAC.*

Bazzoffi P., Bonelli C. Z. (2011), "Cross compliance GAEC standards implemented in Italy: environmental effectiveness and strategic perspectives", It*alian Journal of Agronomy*, 6(1s).

C2039 Governo e abb (2015), *Legge quadro in materia di valorizzazione delle aree agricole e di contenimento del consumo del suolo*, Bollettino delle Giunte e delle Commissioni parlamentari Commissioni Riunite (VIII e XIII) n. 372 del 20 gennaio 2015.

Calaciura B., De Amicis T., Gisotti M., Zaghi D. (2012), *Rete Natura 2000 e Agricoltura*, Progetto Life 10INF/IT/272 "Fa.Re. Na.It: Fare Rete Natura 2000 in Italia".

Cavallo A., Marino D. (2014), "Governo e governance del paesaggio in Italia tra profili giuridici, politiche e pianificazione", *GA- Gazzetta Ambiente*, ISSN: 1123-5489.

Commissione Europea (2012*), Politica agricola comune Un partenariato tra l'Europa e gli agricoltori*, Lussemburgo, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea.

Commissione Europea (2012), *Report on the distribution of direct aids to agricultural producers* (financial year 2011).
Commissione Europea, *COM (2010) 672, La PAC verso il 2020: rispondere alle future sfide dell'alimentazione, delle risorse naturali e del territorio.*
Commissione Europea, SWD (2012), *Orientamenti in materia di buone pratiche per limitare, mitigare e compensare l'imprermeabilizzazione del suolo*.
Consiglio Europeo Decisione del Consiglio del 20 febbraio 2006 relativa agli orientamenti strategici comunitari per lo sviluppo rurale (periodo di programmazione2007-2013) (2006/144/CE).
De Filippis F., Sardone R. (2010), *Il dibattito sul bilancio UE e il ruolo della PAC Funzionamento, evoluzione e prospettive*, INEA.
De Filippis F., a cura di (2012), La nuova Pac 2014-2020 - Un'analisi delle proposte della Commissione, Edizioni Tellus.
EEA Technical report (2012), *Streamlining European biodiversity indicators 2020, Building a future on lessons learnt*, Copenhagen, EEA.
European Commission (2014), *Farming for Natura 2000 – Guidance on how to support Natura 2000 farming systems to achieve conservation objectives, based on Member States good practice experiences.*
Forconi V., Mandrone S., Vicini C., a cura di (2010), *Multifunzionalità dell'azienda agricola e sostenibilità ambientale*, ISPRA Rapporti -128/2010.
Giacomini V., Romani V. (1992), *Uomini e parchi*, Milano, FrancoAngeli.
Henke R, a cura di (2008), *Verso il riconoscimento di una agricoltura multifunzionale. teorie, politiche, strumenti*, Edizioni Scientifiche Italiane.
Henke R., Salvioni C. a cura di (2013), *I redditi in agricoltura – Processi di diversificazione e politiche di sostegno*, Roma, INEA.
Abate Daga I., Ballocca A. Il progetto europeo OSDDT-MED, verso un Osservatorio sul consumo di suolo del Mediterraneo.
Lefebvre M., Espinosa M. y Paloma S. G. (2012), *The influence of the Common Agricultural Policy on agricultural landscapes. JS a. P. Report*, European Commission, Joint Research Center, 7.
Marino D. (2012), *La valutazione di efficacia per le aree protette*, Milano, FrancoAngeli.
Marino D., Cavallo A. (2009), "Il paesaggio agrario tradizionale - Riflessioni per un inquadramento metodologico per l'analisi e la catalogazione", *Agriregionieuropa*, anno 5(19).
MATTM (2013), *Parchi Nazionali: dal capitale naturale alla contabilità ambientale, Roma* consultabile al sito http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/comunicati/-Attuazione_Interno_VI_bozza_okx7x_Layout_1.pdf.
MIPAAF-INEA (2010), *La discussione sul futuro della PAC: quadro comunitario e interessi dell'Italia.*
Munafò M., Tombolini I. (2014), *Il consumo di suolo in Italia*, edizione 2014, Rapporto I-SPRA.
Paracchini M. L., Petersen, J. E. Hoogeveen, Y. Bamps, C. Burfield, I., van Swaay, C. (2008), *High nature value farmland in Europe. An estimate of the distribution patterns on the basis of land cover and biodiversity data*, Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
Sambucini V., Marinosci I., Bonora N., Chirici G. (2010), *La realizzazione in Italia del Progetto europeo Corine Land Cover 2006*, Rapporto ISPRA 131.
Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014), *Global Biodiversity Outlook* 4. Montréal, 155 pages.
Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2010), *Global Biodiversity Outlook* 3, *Montréal*, 94 pages.

Servadei L. (2008), *La programmazione finanziaria 2007-2013: sviluppo rurale e condizionalità*, Atti del Seminario sulla Programma zione Finanziare 2007-2013, MIPAAF.
Settis S. (2010), *Paesaggio, costituzione, cemento*, Einaudi
Spaziante, A. (2014), *Rural Development. Challenges and opportunities for Europe*, E3S Web of Conferences (Vol. 2, p. 03005), EDP Sciences.
Unione Europea (2009), *La condizionalità – Guida per le aziende agricole*
Vantaggiato F. (2010), *La PAC. Origine, evoluzione e prospettive dell'agricoltura, in Parma economica*, Anno 2010 - Fascicolo: 4-Pagg. 56-65.

ATTI
2015

