

Validazione della mappa europea delle aree impermeabili ad alta risoluzione a livello locale

Michele Munafò (*), Vito De Pasquale (**), Daniela Iasillo (**), Vincenzo Barbieri (**)

(*) Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA),

Via Vitaliano Brancati 48, Roma, michele.munafò@isprambiente.it

(**) Planetek Italia s.r.l, Via Massaua 12, Bari, depasquale@planetek.it, iasillo@planetek.it, barbieri@planetek.it

Riassunto

Lo scopo di questo lavoro è quello di verificare l'utilizzo dello strato informativo europeo delle aree impermeabili ad alta risoluzione spaziale per lo studio del consumo del suolo a livello comunale in Italia. Le mappe relative alle aree impermeabilizzate e del grado di impermeabilizzazione dei 32 paesi membri dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) più 6 paesi balcanici (Albania, Bosnia-Erzegovina, Croazia, Macedonia, Montenegro e Serbia) sono state realizzate nell'ambito del progetto Geoland 2, per l'EEA, nel 2009-2010, utilizzando immagini satellitari bi-temporali provenienti da satelliti Spot e IRS-P6 relative all'anno 2009, aventi una risoluzione spaziale di 20 m. Questi strati informativi sono stati realizzati come un aggiornamento del prodotto analogo realizzato nel 2007-2008 su immagini acquisite nel 2006. I vari layer informativi che costituiscono questo prodotto verranno rilasciati dall'EEA al termine del processo di validazione a livello europeo attualmente in corso. L'EEA ha in programma di aggiornare queste mappe ogni 3 anni che quindi rappresentano un patrimonio informativo che può essere molto valorizzato dalle Amministrazioni Locali per le proprie attività di monitoraggio del territorio. Per una prima validazione e per valutare la possibilità di utilizzare i dati a livello locale, sono stati utilizzati i dati della rete di monitoraggio del consumo di suolo delle aree urbane, disponibili sui principali comuni italiani e pubblicati annualmente sul Rapporto sulla Qualità dell'Ambiente Urbano, a cura di ISPRA e del sistema delle Agenzie Ambientali. L'accordo tra i due dataset è buono se si considera l'estensione delle aree impermeabilizzate. Tale valore diminuisce se si considera il grado di impermeabilizzazione. Questo è principalmente dovuto alle differenti metodologie di estrazione dell'informazione e dagli errori intrinseci del dataset derivato da immagini satellitari.

Abstract

The aim of this work is the use of the European High Resolution (HR) Imperviousness layers to study the sealed areas at local level in Italy. In the framework of Geoland 2 project, the high resolution maps of impervious areas on the 32 Countries of EEA (European Environmental Agency) and on the 6 Countries of Balkan area (Albania, Bosnia-Herzegovina, Croatia, Macedonia, Montenegro and Serbia) were created for the EEA in the 2009-2010 using bi-temporal satellite data from SPOT and IRS-P6 sensors of 2008-2009. These layers were realized as an update of similar layers realized in 2007-2008 using satellite data acquired in 2006. Currently, it is on going the validation of the HR Imperviousness layers at European level by the EEA, and the data will be released at the end of this process. As in situ data it has been used the data from the monitoring network of sealed area in urban zones, available for the main Italian municipalities realized by ISPRA and by local environmental agencies. The two dataset shown a good agreement if the comparison is done only on the built-up areas. For the Degree of Imperviousness layer the agreement is lower. This is mainly due to the very different methodology used to extract the two datasets, and in the intrinsic errors in the satellite derived maps.

Introduzione

Tra gli obiettivi chiave del programma GMES va considerata la capacità di guardare al territorio europeo per interpretarne lo stato ambientale e territoriale ed individuare i potenziali scenari futuri. Questa visione richiede la conoscenza di territori molto vasti e differenti tra di loro che a livello nazionale o regionale vengono monitorati con diversi strumenti e diverse chiavi interpretative. Per disporre di strumenti omogenei di conoscenza del territorio sono partiti da molti anni programmi come il Corine Land Cover e più di recente progetti per il monitoraggio di singoli temi come acqua, foreste e aree urbanizzate. Uno dei temi di maggior interesse riguarda lo stato di urbanizzazione e quindi di impermeabilizzazione dei suoli in tutta Europa. Per questo nel 2006 l'EEA ha realizzato un progetto di mappatura dei suoli impermeabilizzati in tutta Europa. Questo primo risultato è stato molto utile a livello europeo per avere il quadro complessivo del livello di urbanizzazione. Ma il dato più interessante per chi si occupa di pianificazione è la variazione nel tempo dell'urbanizzazione e il valore del consumo del suolo. Pertanto il progetto Geoland2 ha messo a punto le specifiche di un prodotto di impermeabilizzazione del suolo migliore rispetto al primo esercizio del 2006 e che ingloba anche i cambiamenti. Per dimostrare l'effettiva maturità del prodotto nell'ambito del progetto è stato prodotto un nuovo layer nel 2009. Planetek ha realizzato il prodotto per l'Italia e in collaborazione con ISPRA ha effettuato alcune analisi sul grado di aderenza del prodotto europeo rispetto ai dati raccolti a livello comunale. L'EEA ha in programma l'aggiornamento di queste mappe con cadenza triennale, facente parte di un progetto a lungo termine di monitoraggio del consumo del suolo a livello europeo. Infatti, è attualmente in corso la produzione dell'aggiornamento delle mappe al 2012. Questa presente e futura disponibilità di dati regolarmente aggiornati sullo stato dei suoli impermeabilizzati, rende particolarmente interessante la verifica della sua applicabilità su scala locale dove i dati sono spesso frammentari o del tutto assenti.

Metodologia di estrazione delle mappe

La stima del grado di impermeabilità dei suoli utilizzando immagini telerilevate può essere effettuata usando una qualche grandezza che sia relativa alla percentuale di copertura vegetale del suolo. In prima approssimazione, questo tipo di grandezza può essere considerata inversamente correlata con la quantità di superficie urbana impermeabilizzata. Tra i vari indici di vegetazione definiti in letteratura, l'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) è quello più largamente utilizzato (Kawamura et al. 1997, Fung e al. 2000, Slonecker e al. 2001, Braun e al. 2003). Esso presenta, infatti, diversi vantaggi per questo tipo di applicazione, p.es., per come è definito, vengono ridotti gli effetti dovuti alle differenti condizioni di illuminazione nella scena, e si possono, quindi, estrarre informazioni anche nelle aree in ombra che sono frequenti in ambiente urbano (Chen et al. 2005). Inoltre, l'NDVI mostra una lieve differenziazione tra le varie specie di copertura vegetale e non è molto sensibile alla struttura della vegetazione. Infine esso è sensibile alle aree di suolo nudo, per cui ha la potenzialità di distinguere anche le aree impermeabili più piccole all'interno di zone completamente vegetate.

Essendo le mappe di impermeabilità dei suoli 2009 realizzate come un aggiornamento dell'analogo prodotto relativo al 2006, il dataset utilizzato comprendeva le immagini bitemporali SPOT e IRS-P6 acquisite nel periodo 2006 (Image2006) e l'analogo dataset composto da immagini relative al periodo fine 2008-2009 (Image2009). Tutte le immagini hanno una risoluzione spaziale di 20 m. Per l'Italia sono state utilizzate 135 scene IRS-P6 appartenenti dataset Image2009, ed una quantità analoga per il dataset Image2006. Tutti i dati sono stati forniti ai Service Provider dall'ESA già ortorettificate, con i due dataset tra loro coregistrati con un RMS inferiore a 0.5 pixel (<10 m). Questo pre-processamento è stato completato estraendo, per ciascuna di esse, una maschera che escludesse le aree nuvolose e quelle in ombra. Inoltre, come riferimento, sono state utilizzate le mappe di impermeabilità dei suoli del 2006, FTSP2006 (Tinz, M., 2009).

Il seguente processamento è largamente automatizzato: per ogni scena appartenente ad Image2006 o ad Image2009 è stato estratto l'NDVI e questo calibrato in modo tale da ricostruire il grado di

impermeabilità dei suoli ricavato nel 2006 (FTSP2006). L'assunto è che non ci siano stati cambiamenti significativi all'interno delle aree di built-up estratte nel 2006, nel periodo 2006-2009, quindi, queste aree, dovrebbero presentare lo stesso valore di percentuale di aree impermeabilizzate sia nel 2006 che nel 2009. La calibrazione è basata sul confronto degli istogrammi dei dati ricavati dalle immagini con il dato FTSP2006, ed è effettuato iterativamente più volte con un processo completamente automatizzato. Le singole immagini così calibrate sono state quindi mosaicate sia per il 2006 che per il 2009, dividendo l'Italia in due parti. Questo è stato fatto per rendere più agevole il trattamento di così alto numero di scene. Essendo state utilizzate immagini bitemporali, il valore di NDVI, e quindi anche la percentuale di impermeabilità dei suoli, varia a seconda della stagione. Per tenere traccia di questo, per ogni pixel è stato calcolato il valore massimo e quello minimo relativo all'immagine calibrata (sia per il 2006 che per il 2009).

Il passo successivo è quello di estrarre le potenziali aree che sono state soggette a consumo del suolo nel periodo 2006-2009, oltre che le potenziali aree che nel 2006 erano state erroneamente incluse nelle aree impermeabili. Per fare questo, sono state utilizzate una serie di regole basate sulla percentuale di aree impermeabilizzate nel 2006 e nel 2009 oltre che nella differenza 2006-2009, oltre che in base ad altre regole topologiche. L'output di questo processo è un file raster che contiene una serie di classi che rappresentano differenti livelli di probabilità che un pixel sia un nuovo pixel di built-up. Quindi questa mappa è visivamente controllata da un operatore alla ricerca di eventuali errori di classificazione. Questa parte della catena di processamento è quella per cui occorre più tempo, ed è stata preparata con una serie di sessioni di training fra i vari service providers. Infine la mappa edita è utilizzata per lo step finale in cui i prodotti finali vengono generati automaticamente.

Dati in situ

Il consumo e l'impermeabilizzazione del suolo nelle principali aree urbane italiane figurano tra i temi approfonditi all'interno del Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano (ISPRA, 2011).

Il Rapporto, giunto alla sua ottava edizione, rende disponibili i principali indicatori ambientali sulle città grazie al coinvolgimento delle Agenzie Ambientali delle Regioni e delle Province autonome e alla collaborazione con Enti centrali e amministrazioni locali. Gli indicatori sono relativi alle tematiche di maggiore rilievo per la qualità della vita nei centri urbani, quali: fattori demografici, suolo, rifiuti, mobilità e trasporti, verde urbano, consumi idrici ed energetici, qualità dell'aria.

Per la valutazione dell'impermeabilizzazione e del consumo delle aree comunali interessate sono state completate delle reti di monitoraggio specifiche che ampliano e infittiscono quella utilizzata da ISPRA a livello nazionale. Nell'ultima edizione del Rapporto il monitoraggio ha riguardato il territorio comunale al fine di valutare il consumo del suolo dovuto all'impermeabilizzazione e ad altri usi artificiali quali cave, discariche e cantieri negli anni compresi tra il 1949 e il 2011. Il consumo del suolo è, quindi, collegato all'utilizzo per fini insediativi di suolo extraurbano, agricolo o naturale, come misura della continua cementificazione e impermeabilizzazione di un bene comune, il suolo appunto, la cui disponibilità è sempre più limitata. La stima del consumo di suolo nelle aree urbane viene effettuata attraverso diversi indicatori, tra i quali la percentuale di suolo consumato riferita all'intera superficie comunale, la superficie consumata totale, la superficie consumata pro-capite e l'intensità d'uso del suolo (Munafò et al., 2012).

La metodologia è stata definita al fine di garantire una valutazione del consumo di suolo su scala urbana, omogenea e confrontabile a livello nazionale. La stima è basata su un approccio di tipo statistico campionario puntuale con la classificazione e la fotointerpretazione, la verifica e la validazione, su ortofoto e su altre cartografie disponibili di circa 90.000 punti complessivi, inquadrati in reti di monitoraggio predisposte a livello nazionale e per ogni area comunale studiata. Viene anche stimato, sulla base di altre immagini temporalmente vicine, lo stato di aree oblitee o mascherate nelle ortofoto.

Aree di studio

I territori comunali su cui si è effettuata l'analisi appartengono a 51 città italiane e sono elencate in Tabella 1. L'estensione totale è di circa 11.000 km² pari a circa il 4% del territorio nazionale. I comuni su cui è stato possibile completare l'analisi sono stati 37, in quanto, al momento dell'elaborazione, non erano stati ancora completati e validati tutti i dati delle reti di monitoraggio comunali.

Ancona	Campobasso	Milano	Piacenza	Siracusa
Andria	Catania	Modena	Potenza	Taranto
Aosta	Ferrara	Monza	Prato	Terni
Arezzo	Firenze	Napoli	Ravenna	Torino
Bari	Foggia	Novara	ReggioCalabria	Trento
Bergamo	Forlì	Padova	ReggioEmilia	Trieste
Bologna	Genova	Palermo	Rimini	Udine
Bolzano	Latina	Parma	Roma	Venezia
Brescia	Livorno	Perugia	Salerno	Verona
Brindisi	Messina	Pescara	Sassari	Vicenza
Cagliari				

Tabella 1. Elenco dei comuni italiani il cui territorio è stato oggetto dell'analisi comparativa.

Risultati

La mappa binaria di built-up è stata costruita ponendo ad valore pari ad uno tutte quelle aree che avevano un grado di impermeabilità maggiore di zero. Analizzando, quindi, la percentuale di territorio per ogni comune che risulta impermeabile (quindi con una qualunque percentuale), i risultati sono quelli riportati in Tabella 2. Le colonne relative agli anni 2005-2008 sono state ottenute dai dati derivati dalle reti di monitoraggio delle aree urbane, mentre la colonna denominata "2009 (TLR)" si riferisce ai dati estratti dalle mappe ricavate dalle immagini satellitari. Come si può notare dalla tabella, l'accordo è abbastanza buono. Considerando solo il dato 2008-2009, eccetto il caso di Forlì con una differenza pari a circa il 6% negli altri casi le differenze sono limitate ad un massimo di un paio di punti percentuali. Facendo un confronto con gli anni antecedenti al 2008, le differenze sono più marcate, ma in questi casi una parte non determinabile è imputabile ad una reale variazione della superficie impermeabile.

Una successiva analisi comparativa puntuale è stata realizzata sovrapponendo geograficamente i dati relativi alle due basi informative e utilizzando il grado di impermeabilizzazione di ogni cella. Dalla Figura 1 emerge che la componente principale dell'errore potrebbe dipendere dalla minima unità cartografata della cartografia EEA. In generale, l'approssimazione è ottima per le aree ad alta impermeabilizzazione (parte destra del grafico), mentre per valori bassi (tra 0 e 40%) i dati divergono e la cartografia EEA tende a sottostimare il fenomeno, a conferma che il problema è principalmente legato alla non rappresentazione di aree impermeabilizzate, e solo in minima parte al contrario. In particolare si può stimare pari all'11% il valore delle superfici impermeabili non presenti nelle celle considerate completamente permeabili.

Città	2005	2006	2007	2008	2009 (TLR)	Città	2005	2006	2007	2008	2009 (TLR)
Ancona			13,60%		12,77%	Padova			41,30%		44,80%
Andria					4,43%	Palermo	38,10%				35,99%
Aosta					23,78%	Parma		19,20%			14,55%
Arezzo					3,90%	Perugia				12,60%	10,44%
Bari	37,70%				40,17%	Pescara					47,87%
Bergamo				45,50%	44,24%	Piacenza			21,40%		16,40%
Bologna			36,40%		31,61%	Potenza			12,90%		10,07%
Bolzano				23,40%	22,90%	Prato			29,60%		31,42%
Brescia			43,90%		49,19%	Ravenna	13,30%				7,75%
Brindisi					5,87%	ReggioCalabria					14,39%
Cagliari		25,40%			29,23%	ReggioEmilia			17,70%		12,23%
Campobasso					15,99%	Rimini			22,90%		21,62%
Catania	24,30%				24,56%	Roma				26,10%	26,02%
Ferrara		15%			7,00%	Salerno		28,10%			25,72%
Firenze			36,20%		38,37%	Sassari					5,54%
Foggia	7,40%				5,12%	Siracusa					13,69%
Forlì				16,20%	10,74%	Taranto	23,60%				19,37%
Genova			18,60%		21,07%	Terni					6,64%
Latina					14,64%	Torino			54,80%		66,50%
Livorno			21,80%		27,56%	Trento					15,29%
Messina					16,37%	Trieste				33%	26,17%
Milano			61,20%		63,53%	Udine			39,30%		38,27%
Modena			21,70%		16,36%	Venezia		12,90%			11,28%
Monza			47%		54,09%	Verona			25,90%		25,62%
Napoli		62,10%			63,36%	Vicenza			26,50%		29,86%
Novara					20,83%						

Tabella 2. Percentuale di copertura del suolo per i comuni italiani analizzati. I valori dal 2005 al 2008 sono valori di rilevazione a terra puntuali, mentre il valore relativo al 2009 sono estratti dalla mappa derivata dai dati satellitari.

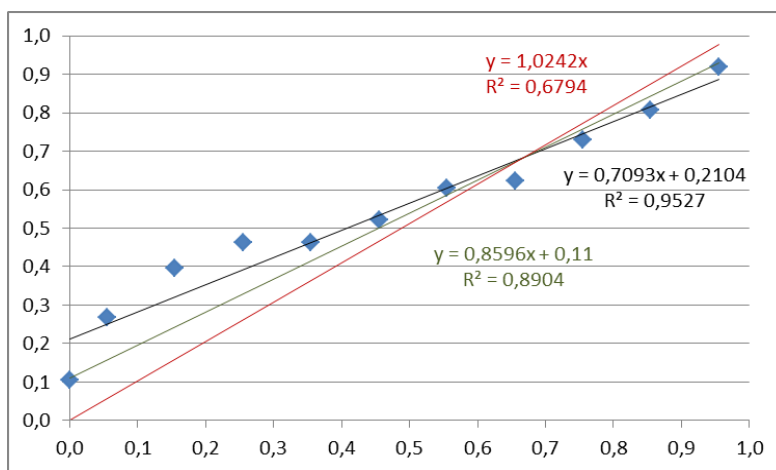


Figura 1. Confronto tra i dati delle mappe EEA (sulle ascisse) e i dati ISPRA/ARPA (sulle ordinate).

Conclusioni

La progressiva impermeabilizzazione del territorio, legata alle dinamiche insediative e all'espansione delle aree urbane residenziali e delle infrastrutture connesse, con la relativa perdita dei terreni agricoli e naturali permeabili e la frammentazione del paesaggio, è una questione che ha ormai assunto un'importanza fondamentale nell'ambito delle politiche di tutela e salvaguardia del nostro territorio e di una pianificazione attenta alle questioni ambientali locali e globali. Il territorio e il paesaggio vengono quotidianamente invasi da nuovi quartieri, ville, seconde case, alberghi, capannoni industriali, magazzini, centri direzionali e commerciali, strade, autostrade, parcheggi, serre, cave e discariche, comportando la perdita di aree agricole e naturali ad alto valore ambientale e un uso del suolo sempre più estensivo e scomposto, non sempre adeguatamente governato da strumenti di pianificazione del territorio, di programmazione delle attività economico-produttive e da politiche efficaci di gestione del patrimonio naturale.

Poter disporre di una base informativa omogenea per analizzare le trasformazioni e l'impermeabilizzazione del suolo, in grado di rappresentare efficacemente anche la dimensione locale, ma esaustivamente riferibile all'intero territorio nazionale, rappresenta il necessario presupposto per porre un freno al fenomeno. La valutazione comporta necessariamente l'impiego di tecniche e di strumenti di lettura di processi spaziali e di analisi geografica, la definizione del contesto e la comprensione dei limiti dei diversi approcci, anche al fine di una corretta lettura dei dati disponibili. Molto spesso si assiste, infatti, a errate interpretazioni dei fenomeni in atto a causa, ad esempio, della non conoscenza delle modalità di acquisizione dei dati, dell'accuratezza dei risultati o della classificazione utilizzata.

A tal fine, riconoscendo i limiti in termini di accuratezza, disponibilità e omogeneità delle cartografie esistenti relative alla copertura e all'uso del suolo, i dati delle aree impermeabilizzate e del grado di impermeabilizzazione dell'EEA possono costituire una utile e rilevante base di analisi. L'impiego di cartografia come quella analizzata in questo lavoro consente di localizzare sul territorio i fenomeni in questione attraverso la componente cartografica dei dati. Al livello di analisi di dettaglio e su aree di estensione limitata, come possono essere quelle dei piccoli comuni, alcuni limiti permangono (Munafò, 2010). Infatti, dal punto di vista statistico e ai fini della valutazione delle superfici, possono essere sottostimate le dimensioni delle aree urbanizzate o impermeabilizzate che tipicamente sono maggiormente frammentate e che, quindi, hanno maggiori probabilità di avere la singola area omogenea di ampiezza inferiore alla minima unità cartografata o spessore inferiore a quello minimo. Man mano che l'area analizzata cresce di estensione, questa componente tende a diminuire la sua importanza, aumentando, quindi, l'accuratezza complessiva. Già a livello regionale le mappe di impermeabilizzazione dell'EEA possono raggiungere un'accuratezza simile a quella nazionale (superiore all'85% ed oggetto di precisa valutazione da parte dell'EEA in questo momento).

I risultati ottenuti dal confronto con i dati puntuali del monitoraggio dimostrano comunque che è possibile utilizzare i layer informativi europei delle aree impermeabili ad alta risoluzione al fine di assicurare una mappatura del territorio adeguata a fornire una rappresentazione cartografica completa e dettagliata del territorio anche a livello locale e una spazializzazione dei dati di monitoraggio e degli indicatori statistici.

Riferimenti bibliografici

Braun, M. and M. Herold (2003), "Mapping imperviousness using NDVI and linear spectral unmixing of ASTER data in the Cologne-Bonn region (Germany)", *Proceedings of the SPIE 10th International Symposium on Remote Sensing*. http://www.geogr.uni-jena.de/~c5hema/pub/spie_paper_mhfinal_4.pdf

Chen, X., L. Vierling, and D. Deering (2005), A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time, *Remote Sensing of Environment* 98, 63-79.

Fung, T. and Siu, W-L. (2000), "Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI", *International Journal of Remote Sensing* 22, 1305-1334.

ISPRA (2012), "Qualità dell'ambiente urbano - VIII Rapporto", ISPRA, Roma.

Kawamura, M., S. Jayamana, and Y. Tsujiko (1997), "Comparison of Urbanization and Environmental Condition in Asian Cities using Satellite Remote Sensing Data", *GIS Development, Proceeding ACRS*. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ps1/ps2008.asp>

Munafò, M. (2010), "Analisi e governo delle trasformazioni". *Rappresentare il territorio e l'ambiente*, Bonanno, Acireale-Roma, 67-78.

Munafò M., Martellato G., Salvati L. (2011), "Il consumo di suolo nelle città italiane", *Ecoscienza*, 2011-4: 10-15.

Slonecker, E.T., D. B. Jennings, and D. Garofalo (2001), "Remote sensing of impervious surfaces: A review", *Remote Sensing Reviews* 20,3, 227-255. (Now published as *International Journal of Remote Sensing*)

Tinz, M. (2009), "GMES Fast Track Service Precursor on Land Monitoring", *Presentation held at the Geoland 5th Forum*. http://www.gmes-geoland.info/events/download/Tinz_ITD0490_EEA-FTSP-g2Forum-0905214_I1.pdf