

Mappa dei suoli impermeabilizzati in Europa

Claudio La Mantia (*), Daniela Iasillo (*), Valter Sambucini (**), Nico Bonora (**)

(*) Planetek Italia srl, Via Massaua 12, I-70123 Bari ITALY, lamantia@planetek.it - <http://www.planetek.it>

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

Sommario

Nell'ambito del programma *GMES Fast Track Service on Land Monitoring* l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha commissionato la produzione della mappa dei suoli impermeabilizzati relativa ai 32 paesi membri dell'EEA più 6 paesi balcanici occidentali (Albania, Bosnia-Erzegovina, Croazia, Macedonia, Montenegro e Serbia) per un totale di circa 5,8 milioni di Km². La mappa è stata estratta dalla copertura satellitare multitemporale (2006 +/- 1 anno) SPOT e IRS (*Image 2006*) fornita dall'ESA, attraverso l'applicazione di procedure di *image processing (pixel based)* implementate in ambiente ERDAS Imagine. Il prodotto finale è consistito nella realizzazione di uno strato informativo ad alta risoluzione dei suoli impermeabilizzati (2 classi: *Built up* e *Non-built up areas*) e del loro livello di impermeabilizzazione in una scala da 0 a 100%. Le mappe finali sono state prodotte per ogni singola nazione nel sistema di riferimento nazionale ad una risoluzione di 20 metri e un mosaico di tutta Europa nel sistema di riferimento europeo ad una risoluzione di 20 e 100 metri.

Le mappe sono state realizzate da un *team* internazionale composto da Infoterra GmbH (Germania), Planetek Italia, Metria (Svezia), Geoville (Austria), GISAT (Rep. Ceca) e Tragsatec (Spagna) e validate dagli utenti di riferimento di ogni Stato. Planetek Italia ha prodotto le mappe di 7 paesi dell'area mediterranea dell'Europa tra cui la mappa del *soil sealing* dell'Italia di cui l'ISPRA (*National Reference Centre on Land Use e Spatial Analysis* di EIONet, *National Authorities* a livello nazionale per la realizzazione dei progetti *GMES Fast Track Service on Land Monitoring*) ha realizzato la valutazione qualitativa e quantitativa dell'accuratezza tematica.

Il *soil sealing* è definito come la copertura del suolo dovuta alla urbanizzazione e alla costruzione di infrastrutture in modo tale che il suolo non abbia più la capacità di svolgere gran parte delle funzioni sue proprie. Si tratta di un processo di degradazione del suolo cui sono sottratte aree naturali in favore di nuove aree artificiali.

Summary

In the frame work of *GMES Fast Track Service on Land Monitoring* program a homogeneous map of high resolution core land cover data for built-up areas, including degree of soil sealing, has been commissioned by the European Environment Agency (EEA) for 38 countries in Europe: 32 Member States of EEA as well as the western Balkan countries Albania, Bosnia-Herzegovina, Croatia, Former Yugoslavian Republic of Macedonia, Montenegro and Serbia, for a total of 5.8 mio square kilometres.

The products have been based on multi-temporal SPOT 4/5 and IRS-P6 images for two dates in a time window of 2006 +/- 1 year provided by ESA. The Methodological approach consisted on a pixel based image processing implemented in ERDAS Imagine. The final products consisted in a binary mask at 20m pixel resolution of built up e non-built up areas with associated degree of imperviousness ranging from 0 to 100%. The final maps have been produced at full resolution (20m x 20m) for every single country in the national projection system and then a transformation to the European reference system has been implemented for the generation of seamless European wide mosaic of national datasets at a resolution of 20 and 100 meters.

The products have been realized by an European service provider network composed of GeoVille GmbH (Austria), GISAT s.r.o. (Czech Republic), Metria (Sweden), Planetek Italia srl. (Italy), Tragsatec SA (Spain), and Infoterra GmbH (Germany). The maps have been validated by the National Reference Centres on Land Cover (NRCs). Planetek Italia produced the soil sealing layer for 7 countries in the Mediterranean area among which Italy. ISPRA (Eionet NRCs for land use and spatial analysis, National Authorities for the realization of GMES Fast Track Service on Land Monitoring) has performed the qualitative and quantitative validation for the Italian product.

Soil sealing is the loss of soil resources due to the covering of the soil surface with impervious materials as a result of urban development and infrastructure construction. Sealed areas are lost to uses such as agriculture or forestry while the ecological soil functions are severely impaired or even prevented.

1 - Il progetto

Il progetto è stato sviluppato nell'ambito del programma *GMES Fast Track Service on Land Monitoring* con l'obiettivo di realizzare un servizio di mappatura estesa a tutta Europa dei suoli impermeabilizzati e del loro livello di impermeabilità – *high-resolution core land cover data built-up areas, including degree of soil sealing*.

Ma perché è importante sapere quanti e quali sono i suoli impermeabilizzati? Il *soil sealing* è causato dalla copertura del suolo con materiali "impermeabili" o comunque da un cambiamento delle caratteristiche del suolo tanto da renderlo impermeabile in modo irreversibile o difficilmente reversibile. L'EEA ha definito il *soil sealing* come la copertura del suolo dovuta alla urbanizzazione e alla costruzione di infrastrutture, in modo tale che il suolo non abbia più la capacità di svolgere gran parte delle funzioni sue proprie. Il terreno impermeabilizzato è sottratto agli altri usi, come l'agricoltura e le foreste, e le funzioni ecologiche del suolo, quali lo stoccaggio di carbonio e la funzione di *habitat* per il biota del suolo, sono limitate o impediti. Il *sealing* può inoltre causare o favorire la frammentazione degli *habitat* e l'interruzione dei corridoi migratori per le specie selvatiche. Il maggiore impatto si ha comunque sul flusso delle acque. L'incapacità delle aree impermeabilizzate di assorbire per filtrazione una parte delle acque, aumenta notevolmente lo scorrimento superficiale in volume e in velocità e può favorire le inondazioni e la contaminazione delle falde acquifere. Il fenomeno è inoltre aggravato dal fatto che la crescente domanda di terreni ad uso residenziale e industriale ha portato a volte a costruire in aree a rischio di esondazione. In definitiva è importante sapere quanti e quali sono i suoli impermeabilizzati perché il *soil sealing* è in netto contrasto con le politiche di sviluppo sostenibile.

Il servizio ha generato per 38 paesi europei 2 prodotti: (1) un *layer* intermedio con incluso il livello di impermeabilità ad una risoluzione di 20 m e (2) un *layer*, alla risoluzione di 1 ha, delle aree "*built-up*" definite come le celle aventi impermeabilità $\geq 80\%$ il quale è stato qualitativamente e quantitativamente validato per una accuratezza $> 85\%$.

2 – L'approccio metodologico

L'approccio metodologico per la derivazione delle mappe di *soil sealing* si è basato su tecniche di *image processing* "*pixel based*" applicate ad una copertura bi-temporale (2006 +/- 1 anno) del territorio ottenuta con immagini SPOT 4/5 e IRS-P6 fornite dall'ESA e ortorettificate da DLR. L'intera copertura satellitare bi-temporale è stata suddivisa in singole *Working Unit* (WU) rappresentanti le singole aree di lavoro per l'implementazione dei successivi *steps* della procedura di classificazione. Ogni WU è stata generata con l'obiettivo di

- ✓ minimizzare la copertura nuvolosa
- ✓ massimizzare l'estensione delle WUs in modo da minimizzarne il numero
- ✓ rispettare una differenza bi-temporale di almeno 6 settimane tra le 2 acquisizioni
- ✓ preferire lo stesso tipo di sensore per le 2 acquisizioni bi-temporali

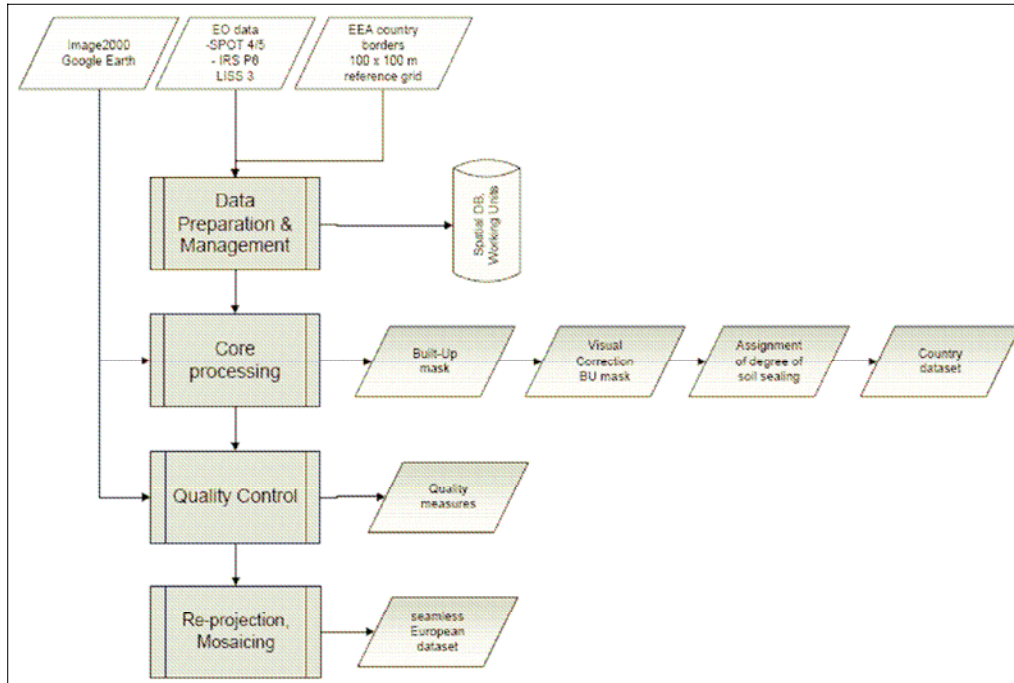


Figura 1 – Diagramma di flusso dell'approccio metodologico applicato

La strategia per il processamento ha coinvolto una classificazione ibrida (*supervised - unsupervised*): *supervised* perché l'utente definisce inizialmente le *training areas* per le aree *built-up*, ed è *unsupervised* perché successivamente le firme spettrali sono create mediante un algoritmo ISODATA. Seguendo il razionale della migliore combinazione delle 2 tipologie di classificazione, la metodologia implementata si è basata da un lato sulla capacità dell'interprete di definire le *training areas* e sulla corretta allocazione delle classi di copertura, dall'altro sulla capacità del processore di rendere spettralmente separabili le classi individuate. L'occhio umano rimane sempre il migliore mezzo disponibile per identificare le classi di copertura del suolo attraverso la definizione di aree campione definite in funzione di un mix di informazioni spettrali-spaziali-tessiturali e di contesto. Nonostante ciò, il processore è migliore nel definire le firme spettrali di riferimento a partire dalle le *training areas* originali eliminando le ridondanze e raggruppandole in firme spettrali maggiormente separabili.

Il *core processing* dell'approccio metodologico applicato ad ogni WU si può riassumere nell'applicazione dei seguenti *steps*:

1. Definizione delle *training areas* per le classi *built-up* e relative firme spettrali
2. Implementazione di *supervised classification* e produzione di maschera *built-up* preliminare
3. Produzione delle firme spettrali *non-built-up*
4. Implementazione di *supervised classification* basata su entrambe le firme spettrali
5. Identificazione delle classi miste e relative firme spettrali
6. Produzione dell'*output* finale mediante *supervised classification* con firme spettrali finali
7. *Post-processing* manuale
8. Calcolo dell'NDVI per le aree *built-up*
9. Determinazione delle soglie di NDVI per le aree *sealed* e *non-sealed*
10. Riscaldamento dell'NDVI tra 1 (poco sealed) e 100 (totalmente sealed)

Gli ultimi 3 *steps* dell'approccio sopra descritto sono stati utilizzati per la determinazione del livello di impermeabilità, in una scala da 0 a 100%, da associare ad ogni *pixel* della mappa. Per tutti i *pixel* classificati come *non built-up* il livello di impermeabilità è stato posto uguale a 0 mentre per tutti gli altri *pixel* classificati come *built-up* il livello di impermeabilità è stato derivato sulla base dell'indice NDVI (*Normalised Difference Vegetation Index*) calcolato sull'immagine satellitare che presentava il maggiore vigore vegetativo tra le 2 acquisizioni bi-temporali di ogni WU. Poiché l'NDVI non poteva essere direttamente traslato in "*sealing level*" è stato necessario ricorrere nuovamente alla fotointerpretazione dell'operatore per determinare le soglie per i valori di NDVI che dovevano limitare il *range* (minimo = 1% e massimo = 100%) della scala. Al fine di rendere robusto su scala europea l'approccio basato sull'NDVI è stato previsto, per ogni WU, di ri-scalare sempre i valori calcolati di NDVI in un *range* di valori con uguale media e deviazione standard in modo da poter uniformare la successiva suddivisione lineare tra 1 e 100% assumendo che in questo *range* esista una relazione lineare tra vigore vegetativo e *sealing level*.

3 - Il Team di progetto

Le mappe sono state realizzate da un *team* internazionale composto da Infoterra GmbH (Germania), Planetek Italia, Metria (Svezia), Geoville (Austria), GISAT (Rep. Ceca) e Tragsatec (Spagna) e validate dagli utenti di riferimento di ogni Stato. Planetek Italia ha prodotto le mappe di 7 paesi dell'area mediterranea dell'Europa tra cui la mappa del *soil sealing* dell'Italia di cui l'ISPRA (*National Reference Centre on Land Use e Spatial Analysis* di EIONet, *National Authorities* a livello nazionale per la realizzazione dei progetti *GMES Fast Track Service on Land Monitoring*) ha realizzato la valutazione qualitativa e quantitativa dell'accuratezza tematica.

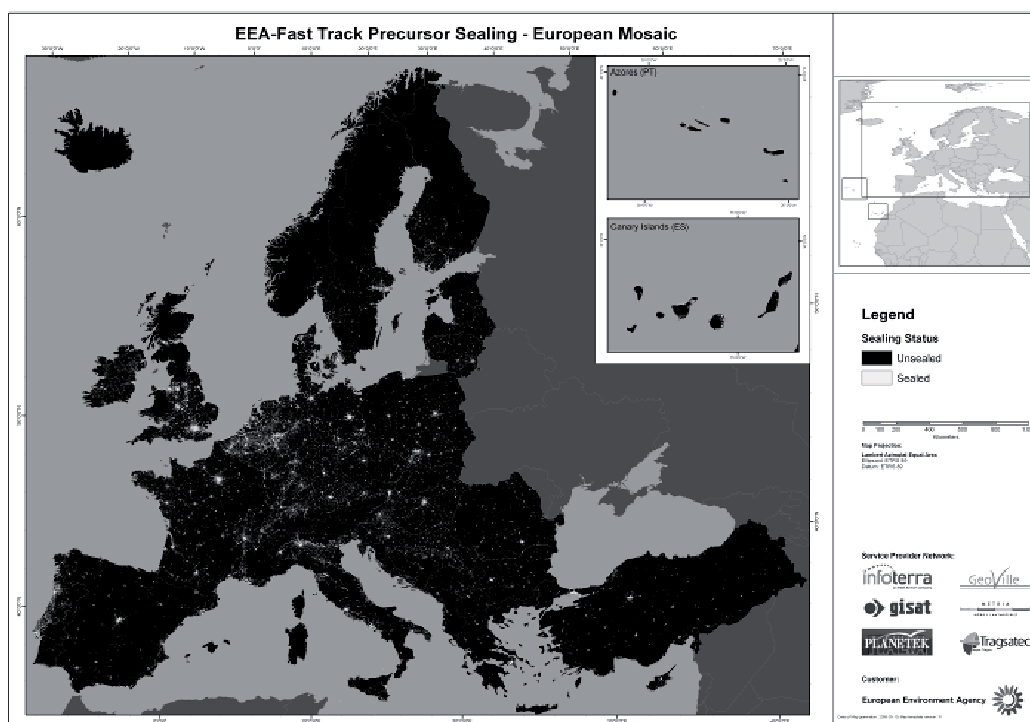


Figura 2 – Visualizzazione delle aree sealed dell'Europa: le aree in giallo indicano un *sealing level* del 20% o più (rappresentando un consumo significativo di suolo) per i 38 Stati Membri dell'EEA

L'approccio vincente del *team* di progetto è stato quello di sfruttare le proprie competenze e conoscenze del territorio al fine di superare le differenti caratteristiche fisiche e morfologiche evidenti all'interno dei confini nazionali per giungere ad una classificazione il più possibile omogenea ed estesa a tutta l'Europa. Questo è stato possibile attraverso l'implementazione di una metodologia di *image processing* comune a tutti i *service provider* di progetto, attendibile, riproducibile e adattabile localmente con semplici operazioni di calibrazione.

4 - La Validazione dei prodotti

La validazione dei prodotti finali è stata svolta sia internamente sia esternamente al progetto e realizzata dai National Reference Centre di ogni Paese.

La validazione interna a sua volta è consistita in un controllo di qualità finale dei prodotti attraverso una verifica qualitativa, al fine di assicurare l'armonizzazione e consistenza dei risultati, e una validazione quantitativa per assicurare la richiesta accuratezza tematica > 85%.

Al fine di realizzare una validazione quantitativa indipendente e realistica è stato effettuato il confronto delle mappe prodotte con le immagini ad alta risoluzione fornite da Google Earth, in grado di garantire:

- ✓ dati di riferimento a più alta risoluzione e non utilizzati nel processamento
- ✓ applicabilità del metodo a livello europeo
- ✓ disponibilità dei dati a livello europeo

In Italia la validazione esterna quantitativa è stata condotta applicando la metodologia concordata a livello europeo tra l'Agenzia Europea per l'Ambiente e i NRC dei vari paesi partecipanti (G. Maucha and G. Büttner, Recommendations GMES HR soil sealing final300408, EEA 2008).

Obiettivo della validazione era la verifica che l'accuratezza della classificazione tematica (overall) raggiungesse almeno l'85% con una confidenza statistica del 95%.

A tal fine sono stati predisposti due strati vettoriali, il primo contenente 500 (100x100 m) celle scelte in maniera casuale all'interno della classe built-up ed il secondo composto da 2000 celle distribuite in maniera casuale all'interno della classe not built-up.

Queste 2500 celle sono state successivamente classificate sulla base delle Ortofoto IT 2006, identificando come built-up le celle che sulle ortofoto avevano almeno una copertura artificiale pari all'80%, intendendo come area artificiale anche le miniere, le discariche e i cantieri avviati.

Il risultato della comparazione tematica dei 2500 poligoni di test con lo strato HR è stato che :88 celle delle 500 built-up sono risultate classificate in maniera errata e parimenti sono mal classificate 24 celle delle 2000 not built-up.

L'analisi quantitativa condotta, sull'ultimo strato HR soil sealing realizzato per l'Italia, è riassunta in Tabella 1, e mostra una accuratezza del 82,40% per la classificazione del built up e del 98,80% per il not built-up. L'overall accuracy complessiva è risultata del 95,54%.

		Reference data			
		B	O	Sum	User's accuracy
Classified data	Built-up (B)	412	88	500	82,40%
	Other (O)	24	1976	2000	98,80%
	Sum	436	2064	2511	
	Producer's accuracy	94,50%	95,74%		
Overall accuracy:					95,54%

Tabella 1 HR built up accuracy

In tabella 2 sono rappresentati i valori che assumono gli errori di commissione e omissione definiti come segue:

- ✓ errore di commissione: la proporzione delle celle scelte nell'area urbanizzata ed erroneamente classificati rispetto al totale delle celle scelte nella stessa area;
- ✓ errore di omissione: il numero delle celle scelte nell'area non urbanizzata ed erroneamente classificati rispetto al totale delle celle scelte nella stessa area;

Error type	Number of all samples	Number of wrong samples	Statistical results of the validation			
			P_0 (p_{min})	P_1 (p_{max})	Mean error	Confidence interval
Commission	500	88	15.03%	20.65%	17.84%	2.81 %
Omission	2 000	24	20.88%	40.56%	30.72%	9.84 %

Tabella 2 Risultati statistici della validazione dello strato italiano HR built up

E' possibile notare che l'errore medio di commissione è risultato del 17,84% con un intervallo di confidenza del 2,81%, mentre l'errore di omissione è del 30,72% con un intervallo del 9,84%.

Questi risultati, che da una parte hanno confortato sulla possibilità di realizzazione questo Servizio centrale nell'ambito del GMES, hanno però indotto a livello Europeo una riflessione ulteriore, ancora aperta, sull'efficienza di un unico algoritmo di classificazione europeo per tutte le latitudini e sull'utilizzo di immagini con un numero limitato di bande spettrali.