

# **Elaborazione di dati MODIS e creazione di una banca dati geografica sulle variazioni di copertura del suolo in una serie multitemporale su base stagionale, per il progetto di ricerca interministeriale FISR-MICENA**

Fabrizio LUCIANI (\*), Maria Teresa MELIS (\*\*), Silvia MICHELI (\*), Tommaso SEDIARI (\*)

(\*) Dipartimento di Economia, Finanza e Statistica, Università degli Studi di Perugia

(\*\*) Dipartimento di Scienze della Terra, Laboratorio TeleGIS, Università degli Studi di Cagliari

## **Riassunto**

I mutamenti ambientali nel loro complesso, ma, nello specifico, quelli climatici attualmente in atto, rischiano di compromettere il delicato equilibrio biologico che sta alla base della vita umana. Da questa riconosciuta problematica deriva l'incarico che nel 2006 ben quattro ministeri (Economia e Finanze, Istruzione, Università e Ricerca, Ambiente, Tutela del Territorio e del Mare, Politiche Agricole, Alimentari e Forestali) hanno contemporaneamente conferito alla capofila dello studio, l'Università degli Studi di Perugia. Nel dettaglio, l'obiettivo è di realizzare una ricerca avente per scopo la creazione di un "Modello integrato per l'evoluzione degli ecosistemi naturali ed agricoli in relazione ai cambiamenti climatici nell'area mediterranea" ed, in questo momento, quale primo, importante risultato, si è ritenuto di privilegiare la creazione di un archivio multitemporale della copertura del suolo, ricavato dall'analisi di dati satellitari MODIS a 250 m. e che servirà anche per le successive indagini. Il modello è basato su di un algoritmo di classificazione per la mappatura delle variazioni di landcover, mediante l'adattamento in ambiente mediterraneo del VCC (Vegetative Cover Conversion – bande IR e Rosso), come indicatore di processi di cambiamento dovuti a fattori climatici in scala globale, conseguenti ad attività umane.

Parole chiave: MODIS, Land Cover, Mediterraneo, Cambiamenti globali

## **Abstract**

*This research is part of a F.I.S.R. (Fondo Integrativo Speciale per la Ricerca) Project having title "Integrated Model for Natural and Agricultural Ecosystem Evolution Related to Climate Change in the Mediterranean Area".*

*The study proposes a model based on MODIS 250mt satellite data for the analysis of the Mediterranean natural and agricultural systems, in order to produce multitemporal land cover archives.*

*A classification algorithm is employed in this model for mapping the Mediterranean land cover variation detected by adapting the VCC (Vegetative Cover Conversion) MODIS product (based on IR and visible Red bands), as indicator of possible changing process caused by global climate factors or human activity.*

*Key words: MODIS, Land Cover, Mediterranean area, Global Change*

## 1.1 Premessa

Lo studio realizzato durante questa fase del Progetto ha riguardato l'applicazione di un algoritmo di calcolo delle variazioni di copertura del suolo all'analisi dei dati multispettrali MODIS. Questo sistema di elaborazione, studiato presso il Laboratorio TeleGIS dell'Università di Cagliari, intende proporre le immagini del sensore MODIS come strumento per le valutazioni a scala regionale che utilizzano le variazioni di copertura del suolo, come possibili indici dello stato di salute dell'ambiente in Italia. Le fasi preliminari della ricerca hanno riguardato la validazione nell'intero territorio italiano delle classificazioni utilizzate. I risultati ottenuti hanno permesso di proporre un'analisi ampliata all'arco temporale di un anno e in quattro contesti geografici, dal nord al sud Italia: la pianura padana, le regioni del centro Italia, la Calabria e la Sardegna.

I dati MODIS sono disponibili per l'intera area del bacino del Mediterraneo in tempo reale attraverso il sistema di ricezione diretta denominato ANTENNA installato presso il Laboratorio TeleGIS dell'Università degli Studi di Cagliari. Il sistema riceve regolarmente i dati dei satelliti Terra e Aqua dal luglio 2004. I risultati dell'analisi verranno validati secondo una procedura che prevede, per una serie di siti, l'integrazione con dati ad alta risoluzione e verifiche sulle cartografie disponibili a scala nazionale (Progetto CORINE Land Cover). Lo scopo della ricerca è quello di definire i trend di variazione di copertura del suolo nel breve periodo (1 anno), quale punto di partenza per costruire un sistema di monitoraggio ed un modello di valutazione globale.

La relazione che segue presenta i risultati della ricerca e si articola nei seguenti paragrafi:

- *dati utilizzati*
- *metodologia di analisi*
- *risultati ottenuti*

## 2.1 Dati utilizzati

I dataset MODIS ed il pre-processamento

I dati MODIS, utilizzati in questo studio, sono stati acquisiti dalla stazione di ricezione ANTENNA del Laboratorio TeleGIS dell'Università di Cagliari, attiva dal Luglio 2004, che raccoglie i dati dei satelliti Terra e Aqua relativi all'intero bacino del Mediterraneo, (<http://telegis.unica.it/progetto/antenna>). Nella tabella che segue vengono riportate le caratteristiche spettrali e spaziali di questi dati.

Banda	Lunghezze d'onda (nm)	Campo Spettrale	Risoluzione spaziale
1	620 – 670	visibile	250 m
2	841 – 876	IR vicino	250 m

*Tab. 1. Bande spettrali e risoluzione geometrica del sensore MODIS*

Le immagini MODIS vengono quotidianamente acquisite dalla stazione ricevente in formato "Level 0" e trasformati (Level 1) dal sistema stesso, applicando correzioni di calibrazione radiometrica e di geo-localizzazione in relazione alle specifiche d'acquisizione della strumentazione di bordo. Le immagini MODIS Level 1 presentano sistematiche distorsioni geometriche (come l'effetto "bowtie"), che influenzano progressivamente le zone marginali delle scene all'allontanarsi dal nadir della ripresa, ma correggibili (Level 1B) mediante appropriati algoritmi. Al fine di limitare l'eventuale influenza di tali algoritmi di correzione sui valori numerici delle matrici, nel presente lavoro la scelta dei dataset è avvenuta tra le riprese in cui l'area di studio risulta lungo il nadir del satellite.

Le aree analizzate sono state scelte in anche in funzione della disponibilità di dati parzialmente o totalmente privi di copertura nuvolosa, sui quali non fosse pertanto necessario applicare funzioni di mascheramento che avrebbero abbassato la risoluzione spaziale (sono infatti disponibili sistemi di maschera automatica delle nuvole, che però, utilizzando come dati in input le bande con 1 Km di risoluzione portano ad un prodotto corretto con questa risoluzione spaziale.. In questo studio le aree totalmente coperte da nuvole costituiscono una classe a sé). Inoltre, volendo studiare un sistema di monitoraggio applicabile sull'intera penisola e come sistema ambientale con forte variabilità delle coperture ed un'intensa frammentazione delle stesse, sono state scelte quattro zone diverse, una prima che segue la pianura padana dal Piemonte sino all'Emilia Romagna, una seconda area nel centro Italia, il territorio della Calabria e la Sardegna.

Pianura padana	20 maggio 2005	26 maggio 2005	20 giugno 2005	21 giugno 2005	27 luglio 2005	30 luglio 2005	01 agosto 2005	17 agosto 2005
Appennino centrale	02 maggio 2005	26 maggio 2005	21 giugno 2005	29 giugno 2005	27 luglio 2005	01 agosto 2005	17 agosto 2005	01 settembre 2005
Sardegna	02 maggio 2005	20 maggio 2005	26 maggio 2005	21 giugno 2005	14 agosto 2005	02 maggio 2005		
Calabria	02 maggio 2005	29 giugno 2005	27 luglio 2005	09 agosto 2005	14 agosto 2005	03 settembre 2005		

*Tab. 2. Date di acquisizione dei dataset MODIS utilizzati*

## Metodologia di analisi

### 3.1 Introduzione

La copertura del suolo è definita come il livello di suolo, biomassa che include la vegetazione, le colture e le strutture umane che coprono la superficie terrestre. L'uso del suolo si riferisce al modo in cui l'uomo utilizza e sfrutta queste coperture. Il cambiamento di copertura del suolo è la completa sostituzione di un tipo di copertura da parte di un'altra, mentre le variazioni di uso si riferiscono anche ai cambiamenti di copertura ma soprattutto a variazioni in seno ad una stessa classe, come un cambiamento di pratica agricola.

Basandosi su questi concetti ci si è proposti di valutare come le variazioni di copertura del suolo, intese come passaggio da un tipo di copertura verso un altro, possano costituire oggetto di monitoraggio per essere inserite come indicatori di variazioni climatiche ed essere lette come guida negli studi sui cambiamenti globali.

Il progetto cui si riferisce questo studio intende analizzare il fenomeno su scala nazionale prevedendo di utilizzare un classificatore di dati telerilevati che sia in grado di caratterizzare le variazioni di copertura del suolo secondo una legenda applicabile sull'intera penisola. L'estensione territoriale dello studio e la necessità di costruire un modello di analisi continua ha fatto convergere l'attenzione sul sensore MODIS, i cui dati sono attualmente disponibili in tempo reale sull'intera area mediterranea attraverso le acquisizioni della stazione ANTENNA installata presso il Laboratorio TeleGIS dell'Università di Cagliari.

## 2.2 Gli algoritmi VCC (Vegetative Cover Conversion)

Il VCC nasce come prodotto designato a servire in guisa di allarme per le variazioni di copertura del suolo causate da attività umane e da eventi naturali estremi ed utilizza le due bande MODIS con risoluzione di 250 metri, che coprono gli intervalli dell'infrarosso vicino e del rosso, ritenute le più importanti nello studio della vegetazione e del passaggio vegetato/non vegetato.

Il metodo di analisi applicato in questo studio è basato sui lavori di X. Zhan et al. (2000, 2002) che hanno concentrato la loro attenzione sull'utilizzo dei dati MODIS a 250 metri per valutazioni di variazioni di land cover mediante l'applicazione della serie di algoritmi del Vegetation Cover Conversion su immagini MODIS livello 1b. Il VCC (Vegetation Cover Conversion) nelle sue prime fasi di sviluppo e nelle applicazioni già conosciute ha avuto come obiettivo quello di individuare le aree dove sono avvenuti cambiamenti attribuibili ad attività umane (incendi, urbanizzazione) o eventi climatici estremi (inondazioni, ampi dissesti), utilizzando set di dati input di anni differenti.

Sulla base di questi studi, presso il Laboratorio TeleGIS è stata studiata una procedura di applicazione di questo algoritmo nel contesto regionale mediterraneo. I primi risultati ottenuti sono stati positivi e hanno permesso di ampliare l'analisi i cui risultati vengono proposti di seguito. Si è comunque deciso di continuare la sperimentazione concentrando l'analisi delle variazioni stagionali delle coperture del suolo nel periodo primavera estate e estate avanzata durante l'anno 2005.

Questa scelta è anche dettata dalla possibilità di verificare i risultati della classificazione utilizzando i dati di validazione ad alta risoluzione e cartografici.

Il VCC utilizza cinque differenti metodi per determinare il cambiamento, tre basati sul dominio spettrale e due sulla tessitura dell'immagine. Questi metodi sono il metodo del *red-NIR space partitioning*, il metodo del *red-NIR space change vector*, il metodo del *modified delta space thresholding*, i cambiamenti nel coefficiente di variazione (NDVI) e i cambiamenti nelle caratteristiche lineari.

Il metodo utilizzato è il *red-NIR space partitioning* che ha come obiettivo quello di dividere lo spazio Rosso\_Vicino Infrarosso in cinque classi: foresta (vegetazione boschiva alta con un canopy cover >del 40%), non foresta (vegetazione boschiva bassa ed erbacea con un canopy cover < 40%), aree agricole, suoli nudi, aree urbane, corpi idrici e nuvole. Per ognuna delle immagini considerate sono stati calcolati l'NDVI e l'indice di greenness.

L'NDVI con la formula  $(R-VI)/(R+VI)$ , è utile per esaminare lo stato di salute e la densità della vegetazione. Come è noto valori di NDVI vicini a 0 indicano una vegetazione rada, mentre una vegetazione densa è indicata da valori di NDVI che approssimano a 1.

La combinazione di bassa riflettanza nel rosso ed elevata riflettanza nel vicino infrarosso è spesso chiamato "greenness". Il greenness indica l'intensità di verde dunque di vegetazione, è approssimativamente calcolato come differenza tra il valore di riflettanza in banda 2 (infrarosso) e in banda 1 (rosso) (X.Zhan et al.,2002).

Applicazione

## 2.3 Applicazione della metodologia

I 28 dataset sono stati scelti a georeferenziazione secondo il sistema di proiezione UTM (zona 32) con Datum WGS84, per consentire la confrontabilità reciproca delle risposte spettrali e la mappatura dei risultati dell'analisi. La georeferenziazione è avvenuta utilizzando i valori latitudine/longitudine di geo-localazione calcolati dal sistema sulla base dei dati dell'orbita satellitare trasmessi dagli strumenti di bordo. La distribuzione spaziale dei punti di geo-localazione corrisponde ad una griglia di 1000mx1000m per maglia con valori centrati sui pixel della matrice del dataset. Dalle immagini corrette sono stati estratti i subset per le diverse aree di studio. Dal punto di vista stagionale le immagini scelte si riferiscono al periodo primaverile e al periodo estivo per tutte le

aree individuate. Nelle immagini sono stati selezionati i pixel per le coperture: vegetazione fitta, vegetazione bassa e erbacea, suolo nudo, aree urbane, corpi idrici, utilizzando come riferimento per la verità a terra la banca dati Corine Land Cover d'Italia 2000. Dopo aver calcolato l'NDVI e l'indice di greenness sono stati analizzati gli istogrammi relativi ad ognuno degli indici considerati e attraverso una tecnica di density slicing sono stati individuati gli intervalli, riferiti rispettivamente all'NDVI e al greenness, per ognuna delle classi d'interesse. E' stato quindi applicato il metodo della classificazione con un *Decision tree*, che utilizza una tecnica di *splitting* ortogonale. Attraverso una sintassi i pixel vengono distribuiti nelle varie classi, utilizzando il concetto *IF....THEN*. Il *decision tree* prevede l'appartenenza alle classi dei pixel considerati, attraverso *splitting* successivi, fino ad ottenere i nodi puri terminali, ossia le classi d'interesse (Fig. 1).

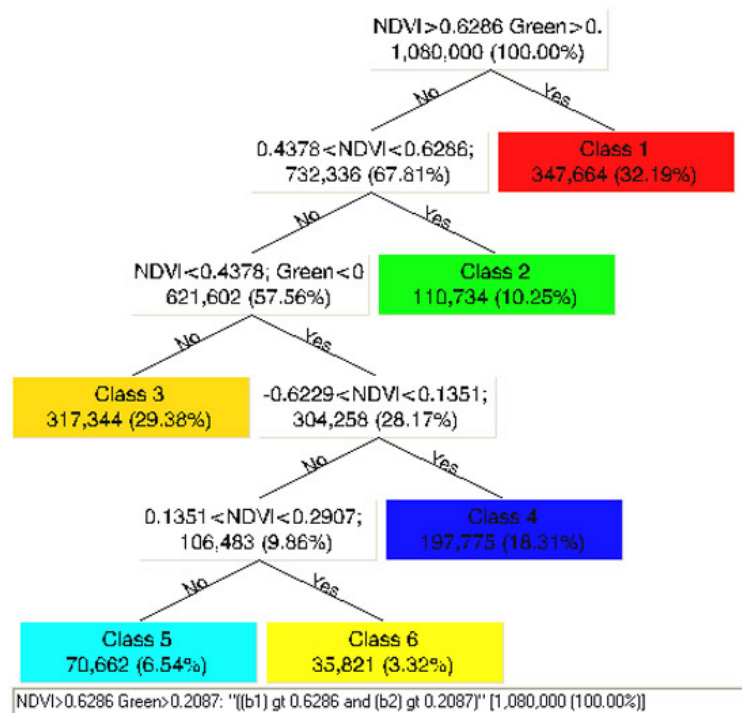


Fig. 1. Esempio di decision Tree

Il *decision tree* che utilizza NDVI e *greenness*, elabora due indici relativi alla vegetazione, quindi le immagini ottenute rappresentano meglio i cambiamenti fenologici.

## I risultati dell'elaborazione

Nelle pagine che seguono sono riportati i risultati delle classificazioni, osservabili attraverso la sintesi riportata nei grafici di seguito.

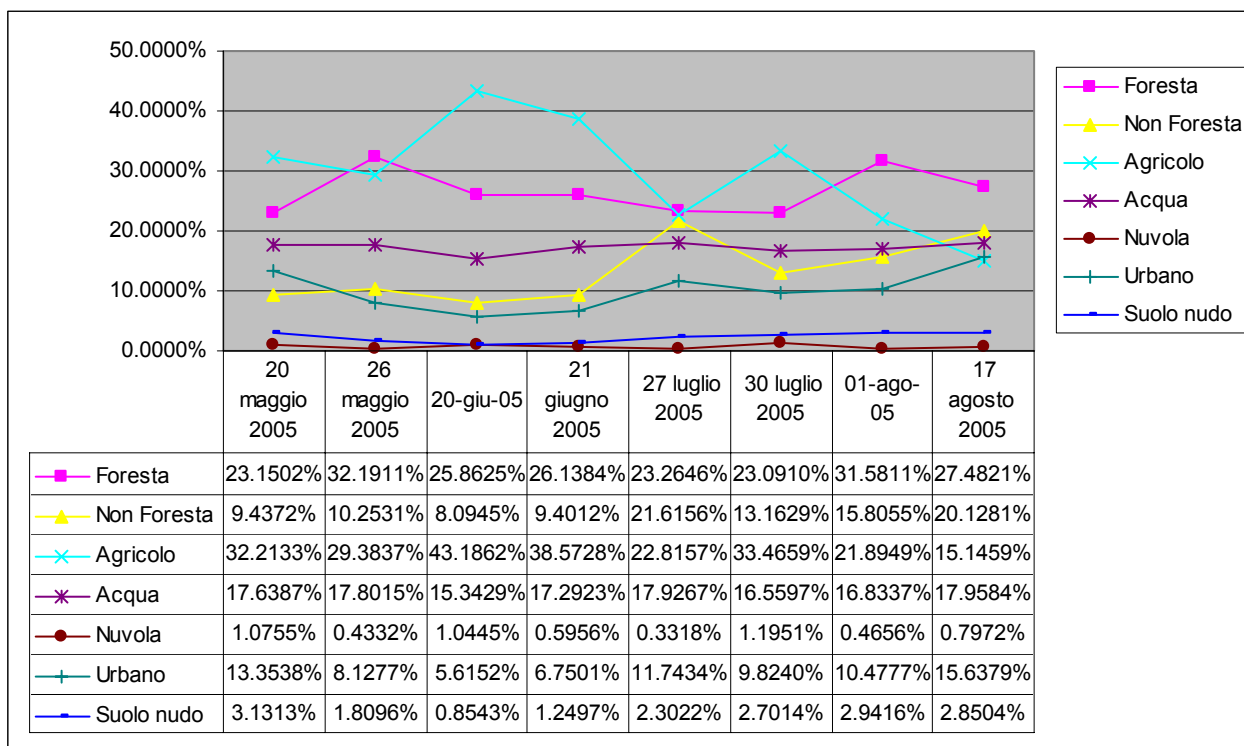


Fig. 2a - Risultati delle classificazioni: i dati della pianura Padana.

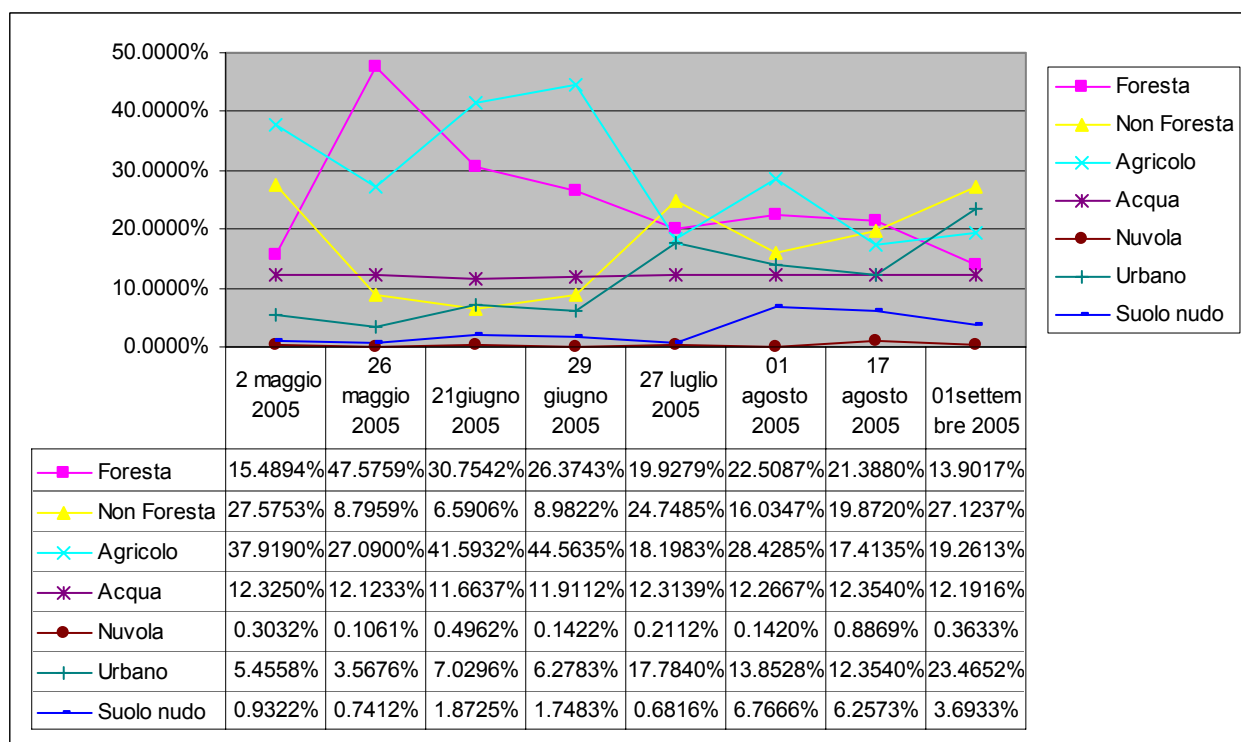


Fig. 2b - Risultati delle classificazioni: i dati del centro Italia.

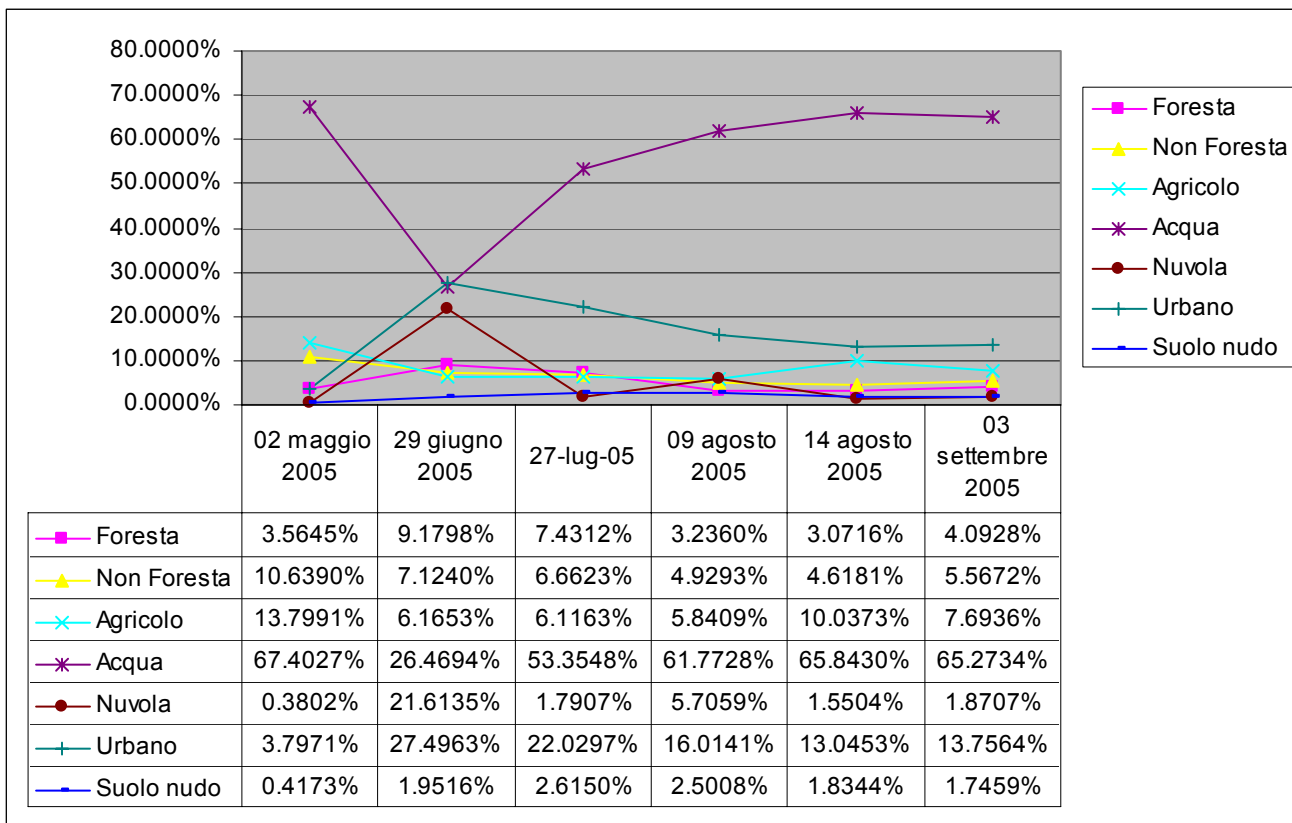


Fig. 3a - Risultati delle classificazioni: i dati della Calabria.

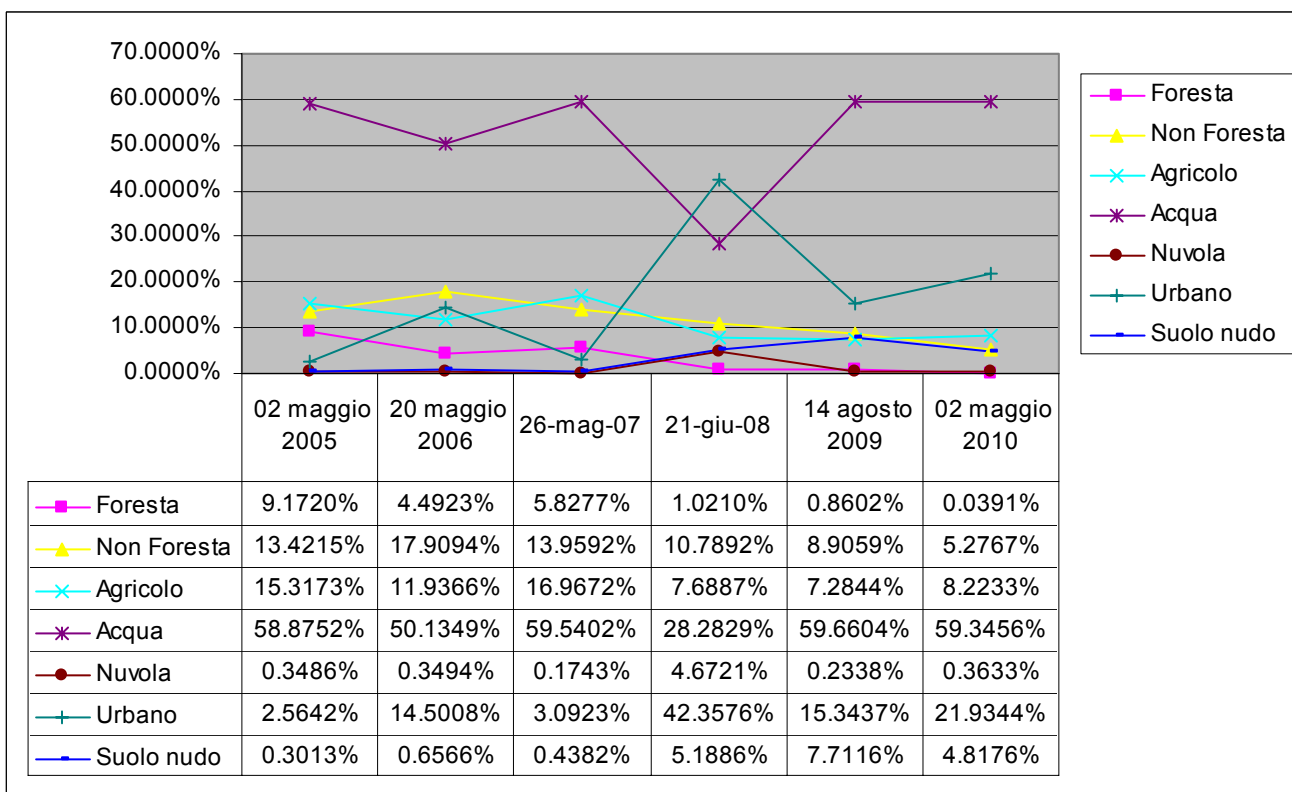


Fig. 3b - Risultati delle classificazioni: i dati della Sardegna.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Zhan X., Defries R., Townshend J. R. G., C. Dimiceli, M. Hansen, C. Huang And R. Sohlberg (2000), The 250m global land cover change product from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer of NASA's Earth Observing System, *Int. j. Remote Sensing*, vol. 21, no. 6 & 7, 1433–1460
- Zhan X. Sohlberg (2002) Detection of land cover changes using MODIS 250 m data, *Remote Sensing of Environment*, 83 336-350.