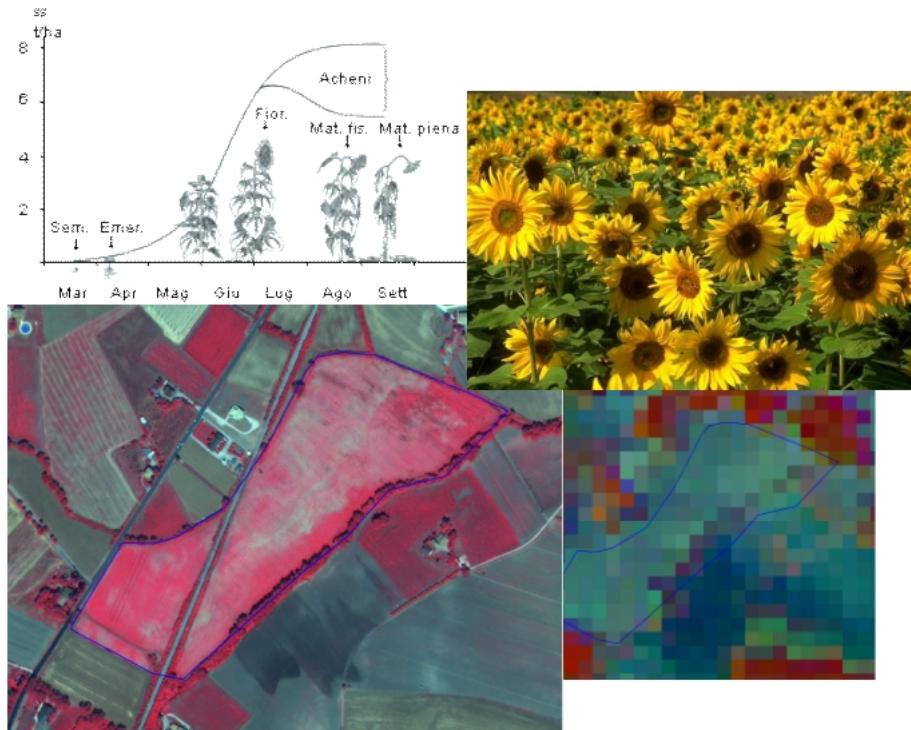


## Controlli oggettivi superfici - campagna2007

# MANUALE PER LA FOTOINTERPRETAZIONE DI IMMAGINI SATELLITARI MULTISPETTRALI E MULTITEMPORALI



**INDICE**

<b>1</b>	<b>Introduzione .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Il telerilevamento e i sensori satellitari ottici .....</b>	<b>4</b>
	Le orbite satellitari.....	7
	La ricezione dei dati.....	8
	I satelliti utilizzati nel progetto Controlli Oggettivi Superfici.....	8
	Satelliti ad alta risoluzione .....	8
	Satelliti ad altissima risoluzione .....	10
<b>3</b>	<b>La fotointerpretazione .....</b>	<b>11</b>
	L'analisi della vegetazione .....	11
	I parametri della fotointerpretazione .....	13
	Contesto: localizzazione, dimensioni e forma .....	13
	Tono, colore .....	13
	Tessitura .....	13
	Associazione .....	13
	Ombre .....	14
	Struttura o pattern .....	14
	PROCEDURA DI FOTOINTERPRETAZIONE ATTIVITA' CONTROLLI OGGETTIVI .....	15
	CEREALI.....	18
	Cereali a ciclo autunno-verneto .....	18
	FORAGGERE NON SEMINABILI.....	25
	FORAGGERE SEMINABILI.....	28
	FRUTTA A GUSCIO .....	31
	LEGUMINOSE .....	35
	ORTAGGI .....	35
	PIANTE ARBOREE .....	38
	ALBERI DA FRUTTA.....	40
	PIANTE INDUSTRIALI.....	42
	PIANTE OLEIFERE .....	46
	PROTEICHE .....	47
	SUPERFICI NON SEMINABILI.....	49
	SUPERFICI SEMINABILI.....	51
	ALCUNI CASI ESEMPLIFICATIVI .....	52

## 1 INTRODUZIONE

Lo scopo di questo documento è quello di fornire, una sintetica guida alla fotointerpretazione nelle attività di individuazione, classificazione e valutazione degli elementi del progetto “CwRS” 2007 in Italia.

Nella prima parte, vengono elencati e definiti alcuni aspetti concettuali generali sul telerilevamento e sulla fotointerpretazione multispettrale.

Nella seconda parte viene descritto, per linee generali, il flusso di lavoro attraverso schemi esemplificativi delle diverse situazioni di lavoro, inglobando per quanto possibile diversi “casi limite”.

I principali quattro schemi operativi dell’attività 2007 si possono riassumere in:

- ammissibilità della domanda di aiuto “non accoppiata”
- eleggibilità delle superfici aziendali
- ammissibilità della domanda di aiuto “accoppiata alla coltura”
- analisi della condizionalità

Questo documento deve essere inteso come un puro e semplice supporto al fotointerprete, ricordando sempre che ogni gruppo di immagini satellitari multispettrali è univoco e non generalizzabile, in quanto differenti date di ripresa e condizioni atmosferiche al momento dell’acquisizione, così come differenti fasi fenologiche culturali (o loro variazioni a causa del clima) possono determinare differenti condizioni di risposta spettrale, radiometrica e tessiturale dell’immagine telerilevata.

Ogni singola area campione va quindi sempre valutata attraverso l’esperienza dei tecnici, attenti conoscitori del territorio agronomico da esaminare.

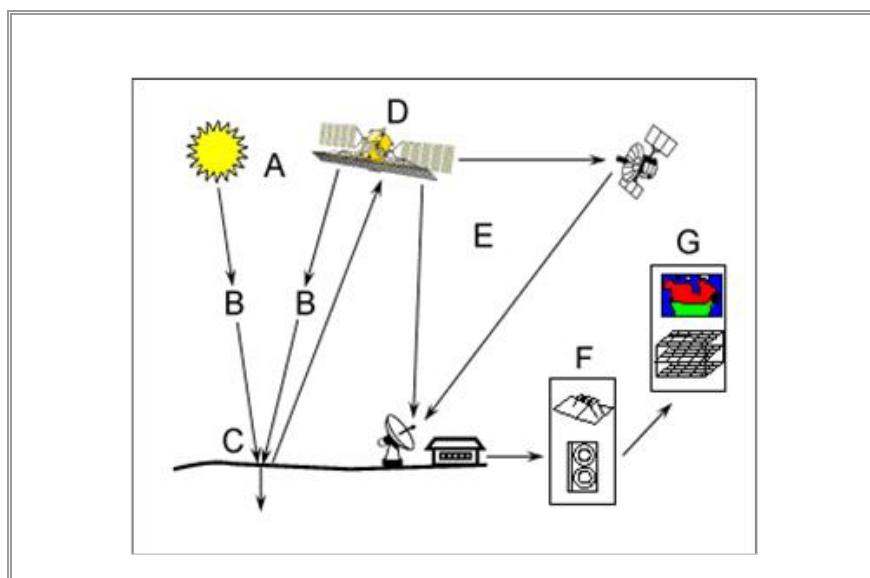


Fig.1 - Schema di acquisizione di un sensore satellitare ottico

## 2 IL TELERILEVAMENTO E I SENSORI SATELLITARI OTTICI

Il termine telerilevamento indica l'acquisizione di dati della superficie terrestre dall'atmosfera o dallo spazio e l'insieme dei metodi e delle tecniche per la successiva elaborazione ed interpretazione.

Tra i sistemi di telerilevamento sono inclusi sia i sistemi aerei che quelli satellitari.

I sensori satellitari ottici, oggetto del presente manuale, misurano la radiazione disponibile emessa o riflessa dagli oggetti, registrando quindi l'energia che è disponibile naturalmente. Come per tutte le energie riflesse, questo può avvenire unicamente quando il sole illumina l'oggetto (la superficie terrestre), mentre l'energia che viene emessa naturalmente (infrarosso termico) può invece essere acquisita sia di giorno che di notte, purché la quantità di energia sia sufficiente da poter essere registrata dai sensori.

Nel nostro caso, l'energia del sole riflessa dalle aree agricole da investigare, viene acquisita dal sensore-radiometro e trasformata in un segnale elettrico che viene poi convertito, attraverso un processo di discretizzazione, in matrici digitali. Il dato matriciale digitale viene quindi ancora riconvertito via software, per ricreare l'immagine della porzione territoriale di interesse acquisita.

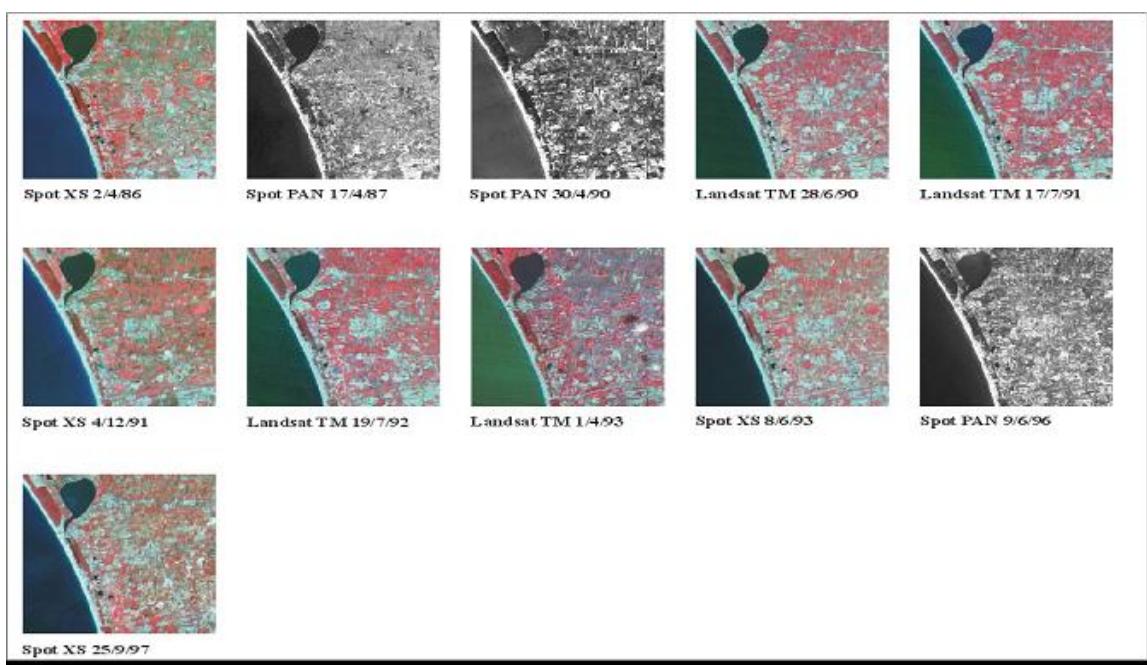


Fig.2 - Esempio di acquisizioni multitemporali satellitari per attività di monitoraggio ambientale

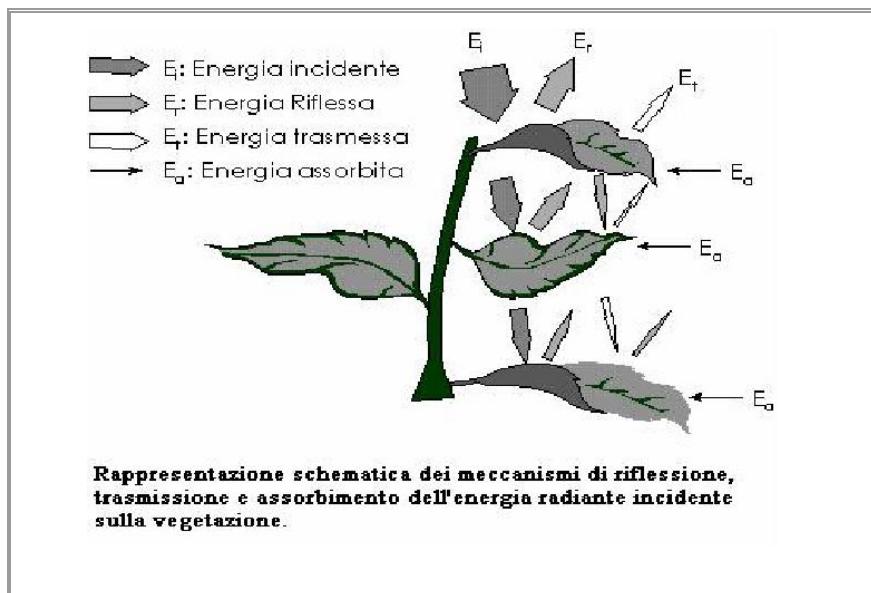


Fig. 3 - Schema delle energie in gioco nel calcolo della riflettanza della vegetazione

#### Energia incidente = $E_r + E_t + E_a$

Dalla formula suddetta si deduce che l'energia radiante misurata dal sensore dipende non solo dall'oggetto riflettente ma dai meccanismi di trasmissione e assorbimento, propri del mezzo e delle condizioni al contorno.

Le immagini acquisite con sistemi satellitari ottici digitali, possono inoltre essere classificate sulla base delle seguenti caratteristiche:

- risoluzione spaziale
- risoluzione spettrale
- risoluzione radiometrica
- risoluzione temporale

La **risoluzione spaziale** o geometrica fa riferimento alla dimensione dell'area minima rilevata al suolo dal sensore e quindi esprime la capacità dello strumento ad identificare due oggetti separati, definendo il grado di dettaglio dell'immagine. Nei dati digitali tale risoluzione coincide con la dimensione del pixel. La risoluzione spaziale dipende sia dall'altezza del satellite che dalle caratteristiche intrinseche del sensore.

La **risoluzione spettrale** definisce il numero e la dimensione degli intervalli di lunghezza d'onda dello spettro elettromagnetico ai quali è sensibile il sensore. Non tutte le lunghezze d'onda esistenti sono ovviamente utilizzate nel telerilevamento; infatti l'atmosfera terrestre presenta significativi assorbimenti o diffusioni delle radiazioni per piccole lunghezze d'onda. Questo è il motivo per cui i sensori ottici registrano unicamente informazioni nel campo del visibile e dell'infrarosso (mediamente da 0,4 micron fino 8-10 micron in modalità "termico") in modo discontinuo e pre-selezionato.

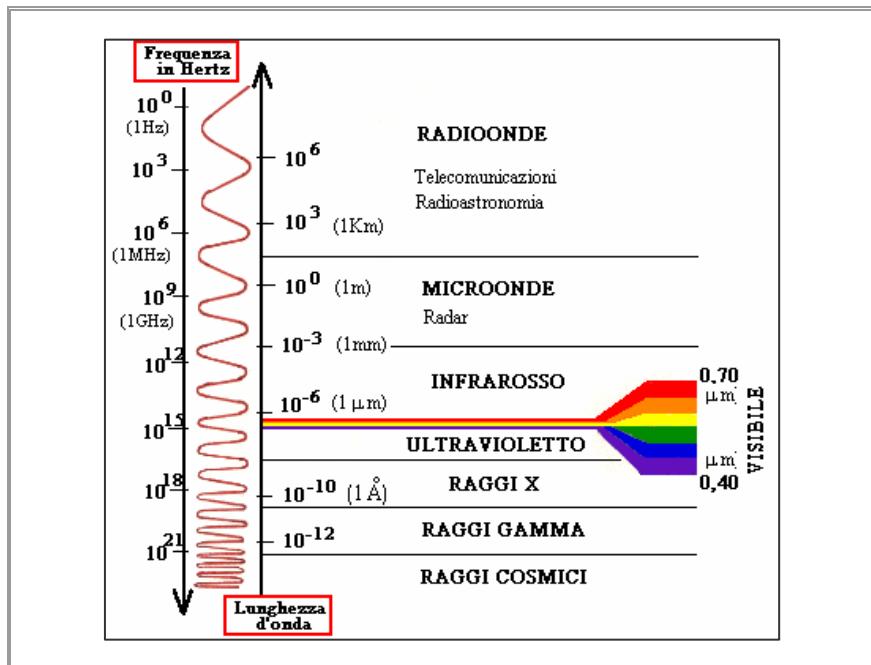


Fig. 4 - Spettro delle onde elettromagnetiche in base alle frequenze ed alle lunghezze d'onda

In base a questa premessa le due principali modalità di acquisizione sono:

1. pancromatico (B/N): viene acquisito un unico intervallo, abbastanza ampio, dello spettro elettromagnetico (generalmente lo spettro del visibile, talvolta includendo l'infrarosso vicino per alcuni sensori satellitari)
2. multispettrale (colore e falso colore): vengono acquisiti separatamente vari intervalli dello spettro elettromagnetico a partire dal visibile (blu-verde-rosso) fino all'infrarosso (vicino-medio-infrarosso-termico). I singoli intervalli acquisiti vengono definiti come "bande spettrali".

Più sottile è l'intervalle di lunghezze d'onda per una particolare banda, migliore è considerata la risoluzione spettrale.

La risoluzione **radiometrica** rappresenta la minima energia in grado di stimolare l'elemento sensibile per produrre un segnale elettrico rilevabile dallo strumento, oltre il rumore di fondo intrinseco. Tale energia è connessa alla capacità che ha il sensore di rilevare il segnale elettromagnetico proveniente dal target.

Le caratteristiche radiometriche descrivono quindi il contenuto informativo in un'immagine.

Un sensore quindi, più è sensibile nel registrare piccole differenze nell'energia riflessa o emessa, migliore è la sua risoluzione radiometrica.

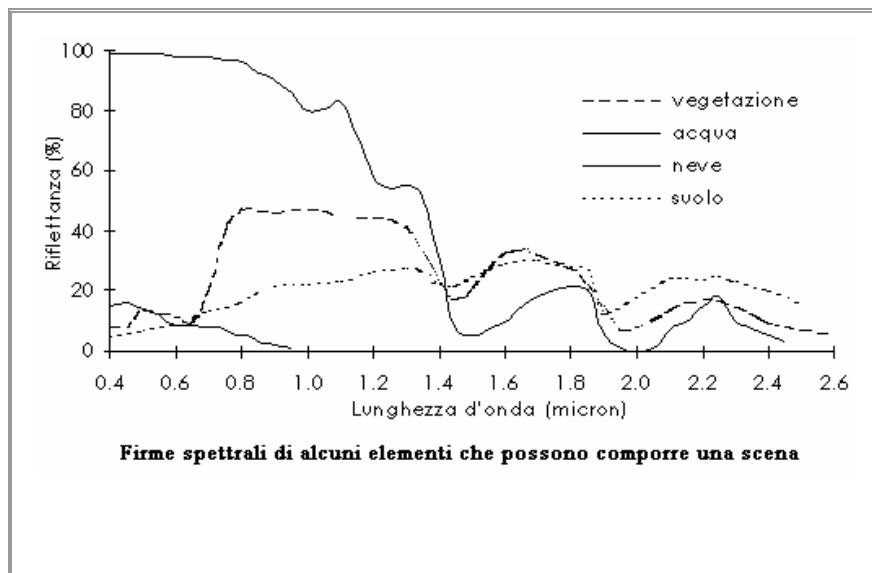


Fig. 5 - Andamento della riflettanza nel campo del visibile e dell'infrarosso per alcuni elementi territoriali di base

La risoluzione radiometrica è anche definita come il numero di livelli discreti in cui può essere suddiviso un segnale (o una banda).

Riassumendo, i dati in un'immagine sono generalmente visualizzati in un intervallo di toni di grigio con il nero che rappresenta il numero digitale 0 e il bianco che rappresenta il valore massimo (per esempio 255 a 8 bit nei dati tradizionali, 2048 livelli a 11 bit nei dati satellitari "very high resolution" -VHR). Confrontando quindi immagini con differente numero di bit possiamo facilmente osservare la grande differenza nel livello di dettaglio informativo, in funzione della loro risoluzione radiometrica.

La risoluzione **temporale** è il tempo che intercorre tra acquisizioni telerilevate successive sulla stessa area.

Il periodo di rivisitazione di un sensore satellitare VHR o "high resolution"-HR varia normalmente da pochi a diversi giorni. La risoluzione temporale assoluta di un sistema di telerilevamento per riprendere una seconda volta la stessa area, con lo stesso angolo di vista, è uguale a questo periodo.

Tuttavia, per il fatto che c'è una certa sovrapposizione sull'ampiezza di ripresa di orbite adiacenti, e che questa sovrapposizione aumenta in genere all'aumentare della latitudine, alcune aree della Terra possono essere riprese più frequentemente. Nel nostro caso applicativo (arie campione in aggregati territoriali sub-provinciali), tutti i satelliti VHR di ultima generazione hanno la capacità di orientare i loro sensori per riprendere la stessa area in passaggi differenti con intervalli temporali ristretti. Quindi, la risoluzione temporale di un sensore dipende dalle caratteristiche del satellite e del sensore, dalla sovrapposizione dell'ampiezza di ripresa e dalla latitudine del target da osservare.

#### **Le orbite satellitari**

I satelliti caratterizzati da orbite che sorvolano la prossimità dei poli terrestri (pulari) sono detti eliosincroni. Il nome eliosincrono deriva dal fatto che in tale configurazione orbitale l'angolo fra la congiungente Sole-Centro della Terra con il piano orbitale del satellite è mantenuto costante nel tempo.

Poiché il valore di tale angolo indica l'ora locale (ovvero l'angolo di elevazione del sole sull'orizzonte), il passaggio di questi satelliti avviene sempre, per le stesse latitudini, alla stessa ora. Ciò consente di mantenere relativamente costanti le condizioni di illuminazione della superficie terrestre durante le acquisizioni; in questo modo vengono minimizzati gli effetti di variazione della firma spettrale dovuti alla variazione di illuminazione (anche se in realtà nel corso dell'anno si registrano variazioni di illuminazione per la diversa inclinazione dell'asse terrestre). I dati telerilevati utilizzati nel progetto Controlli Oggettivi Superfici in Italia sono tutti eliosincroni, mantenendo quindi, anche per acquisizioni multitemporali (o all'interno di una finestra) gli stessi orari di ripresa.

### **La ricezione dei dati**

I dati-immagine sono ricevuti dalla stazione ricevente, fornita di antenna parabolica, in formato digitale grezzo, non elaborato. Quasi tutti i moderni sensori hanno anche la possibilità di scaricare su registratore di bordo i dati, per poi trasferirli quando sono "in vista" dell'antenna alla stazione.

Su richiesta, la stazione che riceve realizza anche un pre-processing per correggere tutte le distorsioni sistematiche, geometriche ed atmosferiche e convertire il tutto in formati standard pre-definiti. Tale processing può essere effettuato lontano dalle stazioni, in remoto. I dati sono poi registrati su diversi media come CD Rom, DVD o inviati direttamente all'utente via FTP. Gli archivi di solito sono ubicati nelle stazioni di ricezione e sono gestiti da agenzie governative, consorzi internazionali o da compagnie commerciali private.

### **I satelliti utilizzati nel progetto Controlli Oggettivi Superfici**

Di seguito vengono sintetizzate le caratteristiche dei sensori satellitari ottici digitali utilizzati dal progetto Controlli Oggettivi in Italia. Il primo gruppo è costituito da satelliti che acquisiscono immagini ad **alta risoluzione spaziale – HR** (da 10 metri dello Spot 5 ai 30 metri del Landsat 5); il secondo gruppo invece è costituito dai satelliti che acquisiscono immagini ad **altissima risoluzione spaziale – VHR** con risoluzione metrica.

## **Satelliti ad alta risoluzione**

### **LANDSAT**

è stato il primo satellite civile costruito specificatamente per l'osservazione della Terra in modo multispettrale (1° lancio: 23 Luglio 1972).

Ha permesso sin d'allora di coprire innumerevoli volte e continuamente la superficie terrestre. Landsat 5 acquisisce dal 1984. Di seguito si riporta una tabella in cui sono state sintetizzate le principali caratteristiche dei satelliti Landsat 5 e 7:

<b>Orbita</b>	polare eliosincrona
<b>Quota</b>	700 Km circa
<b>Ciclo di ripetitività</b>	16 giorni
<b>Aampiezza della strisciata</b>	185 Km
<b>Numero di Bande</b>	7
<b>Risoluzione spaziale</b>	Pancromatico 15 m, solo Landsat 7 (1999-2003) Multispettrale 30 m Termico 60/120 m

### **SPOT**

versione 1.0 - bozza		Pagina 8 di 69
----------------------	--	----------------

Serie di satelliti francesi per lo studio delle risorse terrestri, il primo dei quali fu lanciato il 22 Febbraio 1986. Attualmente sono in servizio 3 satelliti SPOT (2,4,5) che percorrono un'orbita polare eliosincrona ad un'altezza di circa 830 km.

Il satellite SPOT è costituito da una piattaforma standard progettata per diverse missioni e da un carico utile formato da due sistemi sensoristici identici. Di seguito si riporta una tabella in cui sono state sintetizzate le principali caratteristiche dei satelliti Spot 4 e 5:

<b>Orbita</b>	polare eliosincrona
<b>Quota</b>	830 Km
<b>Ciclo di ripetitività</b>	26 giorni a nadir
<b>Aampiezza della strisciata</b>	60 Km
<b>Numero di Bande</b>	3/4 + PAN
<b>Risoluzione spaziale</b>	Pancromatico 5/10 m (fino a 2,5 m in super mode) Multispettrale 10/20 m

## IRS

La serie dei satelliti IRS fa parte di una costellazione indiana di sensori spaziali a varia risoluzione e ampiezza di acquisizione. Le immagini multispettrali ad ampia frame di acquisizione sono quelle usate nell'analisi multitemporale del progetto Controlli Oggettivi. Il satellite P6 esprime l'ultima generazione e la risoluzione spettrale migliore.

Nella tabella sottostante si riportano le principali caratteristiche del satellite IRS 1C-1D:

<b>Orbita</b>	polare eliosincrona
<b>Quota</b>	700 Km
<b>Ciclo di ripetitività</b>	24 giorni
<b>Aampiezza della strisciata</b>	70 (pan)-142 (xs) Km
<b>Numero di Bande</b>	4 + PAN
<b>Risoluzione Spettrale</b>	0.55 – 1,5 $\mu$ m
<b>Risoluzione spaziale</b>	Pancromatico 5,8 m Multispettrale 23 m Swir 70 m

Nella tabella sottostante si riportano le principali caratteristiche del satellite IRS P5 /P6:

<b>Orbita</b>	polare eliosincrona
<b>Quota</b>	700 Km
<b>Ciclo di ripetitività (teorico minimo)</b>	26 giorni (P5) 5 giorni (P6)
<b>Ciclo di ripetitività (potenziale max.)</b>	5 giorni
<b>Aampiezza della strisciata</b>	23 (P6 5,8m), 50 (P5 Cartosat), 140 (P6 Liss)
<b>Numero di Bande</b>	1 pan (P5); 3 (P6 5,8m); 4 (P6 Liss)
<b>Risoluzione Spettrale</b>	visibile (P5); 0.55-0,9 $\mu$ m (P6 5,8m) – 0,55-1,5 $\mu$ m (P6 liss)
<b>Risoluzione spaziale</b>	Pancromatico 2,5 -5,8 m Multispettrale 23 m

## Satelliti ad altissima risoluzione

### IKONOS

lanciato il 24 settembre 1999, è stato il primo satellite commerciale al mondo in grado di acquisire immagini alla risoluzione geometrica di 1 metro. Nella tabella sottostante si riportano le principali caratteristiche del satellite Ikonos:

<b>Orbita</b>	polare eliosincrona
<b>Quota</b>	680 Km
<b>Ciclo di ripetitività (teorico minimo)</b>	14 giorni
<b>Ciclo di ripetitività (potenziale max)</b>	2,5 giorni
<b>Aampiezza della strisciata</b>	11 Km
<b>Numero di Bande</b>	4 + PAN
<b>Risoluzione Spettrale</b>	0.45 - 0.90 $\mu$ m
<b>Risoluzione spaziale</b>	Pancromatico 1 m Multispettrale 4 m

### QUICKBIRD

lanciato nell'ottobre del 2001 è attualmente il satellite multispettrale per usi civili con la risoluzione geometrica più alta al mondo. Nella tabella sottostante si riportano le principali caratteristiche del satellite QuickBird:

<b>Orbita</b>	polare eliosincrona
<b>Quota</b>	450 Km
<b>Ciclo di ripetitività (teorico minimo)</b>	14 giorni
<b>Ciclo di ripetitività (potenziale max)</b>	3,5 giorni
<b>Aampiezza della strisciata</b>	16,5 Km
<b>Numero di Bande</b>	4 + PAN
<b>Risoluzione Spettrale</b>	0.45 - 1 $\mu$ m
<b>Risoluzione spaziale</b>	Pancromatico 0,6 m Multispettrale 2,4 m

La tabella seguente riassume le principali caratteristiche dei satelliti precedentemente elencati:

Satellite	SPOT 4/5	IRS	LANDSAT	IKONOS	QUICKBIRD
Dimensione scena (km <sup>2</sup> )	3.600	19.600	32.600	121	272
Ris. Radiometrica (bit)	8	7	8	11	11
Ris. spaziale (metri) multispettrale	20/10	23	30	1	0,6
Numero di bande spettrali	3/4	3/4	7	4	4
Frequenza temporale (giorni)	27 (variabile)	24	16	4/5 (variabile)	4/5 (variabile)

### 3 LA FOTOINTERPRETAZIONE

L'attività di fotointerpretazione può essere definita come la raccolta sistematica di informazioni georiferite secondo degli obbiettivi e dei criteri predeterminati, attraverso l'utilizzo di immagini prese a distanza, in genere aeree o satellitari.

L'attività di fotointerpretazione richiede un'ampia esperienza da parte del tecnico che la esegue, che deve essere in grado di riconoscere e definire geometricamente gli elementi che compongono il territorio in osservazione, a partire dalle immagini a sua disposizione.

La prima fase dell'attività prevede quasi sempre una prima ricognizione del territorio da fotointerpretare, sfruttando le informazioni contenute anche nei dati ancillari esistenti e a disposizione, utilizzando fattori di zoom che consentano di ottenere una visione di insieme dell'area in esame. Solo dopo aver preso familiarità con il territorio di indagine, sia dal punto di vista paesaggistico-morfologico che agronomico nel suo complesso, si può passare ad esaminare i vari elementi nel dettaglio.

#### ***L'analisi della vegetazione***

Il comportamento tipico della vegetazione in campo spettrale è determinato dall'apparato fogliare, la cui struttura e vitalità condiziona la misurazione della radiazione solare. Nel campo del visibile (0,4-0,7 micron) le foglie hanno una bassa riflettività (ca. 15% al massimo) e una debole trasmittività, mentre la maggior parte della radiazione viene assorbita dai pigmenti fogliari ed utilizzata per le attività di fotosintesi. L'assorbimento massimo avviene nel blu (0,45 micron) e nel rosso (0,66 micron), con un massimo di riflettività nel campo del verde-giallo (0,55 micron).

Nella regione dell'infrarosso vicino, invece, la radiazione dell'apparato vegetale viene in massima parte riflessa dalle pareti delle cellule e dalla loro struttura, con deboli fenomeni di assorbimento dovuti al differente contenuto idrico delle foglie. La ricettività passa quindi, bruscamente, da pochi punti percentuali fino a valori vicini al 50%, con un ripido gradiente nei pressi dei valori di 0,75 micron di lunghezza d'onda, raggiungendo anche valori del 70-80% di riflettività in condizioni particolari. Il comportamento spettrale in questa regione è fortemente influenzato dalle caratteristiche bio-chimiche delle foglie, dalla struttura della copertura (canopy) o della chioma e dallo stato complessivo della pianta, divenendo perciò diagnostico per la discriminazione delle varie specie vegetali e il loro stato fito-sanitario.

L'interazione della radiazione a livello delle foglie è regolata sostanzialmente, oltre che dallo spessore della foglia, anche dalla concentrazione per unità di area dei principali costituenti bio-chimici, quali clorofilla, acqua, cellulosa, lignina e proteine. Oltre all'interazione a livello di foglia, la risposta spettrale misurata dai sensori telerilevati dipende anche da tutto l'insieme di riflessioni, trasmissioni e assorbimenti che la radiazione subisce attraversando l'intero mezzo vegetato (canopy) che risulta regolato sostanzialmente dai suoi principali parametri strutturali e misurabile attraverso i suoi principali indici: indice di area fogliare (LAI), distribuzione dell'angolo di inclinazione delle foglie (LDIF) e copertura frazionaria (FC).

A seconda del tipo di analisi e di target prefissato (tipo di coperture, strutture, biomasse, distribuzione geometrica) possono quindi essere applicati i diversi indici di vegetazione che in genere si basano su rapporti più meno complessi di bande spettrali.

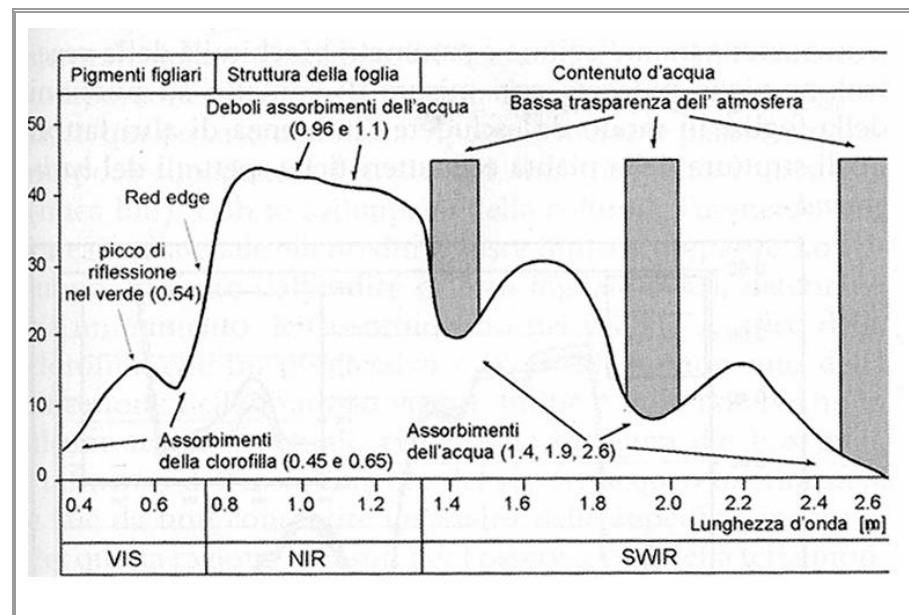


Fig. 6 - Riflettività degli apparati fogliari in relazione alle lunghezza d'onda del visibile e dell'infrarosso

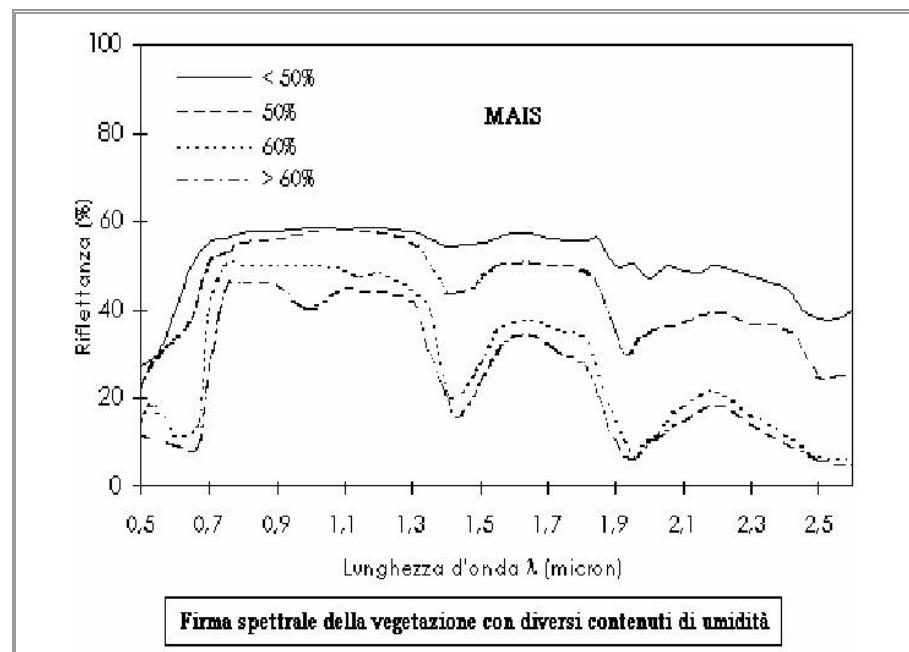


Fig. 7 - La figura mostra diverse risposte di riflettanza del mais a seconda del contenuto di umidità della coltura

### **I parametri della fotointerpretazione**

Di seguito vengono sintetizzati i principali “parametri immagini”, da utilizzare in modo sistematico come ausilio per la fotointerpretazione.

### **Contesto: localizzazione, dimensioni e forma**

In seguito alla prima ricognizione sinottica del territorio, vengono delineate delle zone omogenee caratterizzate da forme e dimensioni proprie, che spesso costituiscono un punto di partenza molto valido per l’identificazione delle categorie di uso del suolo in genere e agronomiche in particolare. Prima ancora di analizzare gli aspetti citati è importante considerare però la posizione dell’area omogenea individuata. Rispetto alle forme dei vari target, quelle molto irregolari sono quasi sempre associate alla morfologia e di conseguenza agli usi naturali del territorio, mentre le superfici agricole o urbane (semi-naturali e artificiali) sono caratterizzate da forme geometriche solitamente regolari. In genere, si può affermare che negli usi del suolo di derivazione antropica prevalgono le linee dritte o spezzate, talvolta con curvature ed andamenti regolari (strade, ferrovie), mentre in quelli naturali (elementi idrografici, boschi e praterie naturali) si riscontrano forme più irregolari, dai margini spesso ondulati o frastagliati e talvolta indefiniti (aree di transizione).

### **Tono, colore**

Uno dei parametri più importanti da valutare e sistematizzare è quello relativo ai toni di grigio (per un’immagine pancromatica B/N) o al colore ed alle sue sfumature (per immagini multispettrali) assunti dai vari elementi che si stanno indagando. Tali parametri possono essere comunque influenzati da diversi fattori quali la morfologia, che modifica le condizioni di illuminazione e le ombre, le condizioni atmosferiche e ovviamente i periodi orari e stagionali di acquisizione. Nonostante i toni e colori assunti dai diversi oggetti dipendano quindi da numerosi fattori, si possono fornire alcune indicazioni sistematiche generali. In un’analisi di uso del suolo, in genere, i terreni più umidi appaiono ad esempio più scuri di quelli asciutti (a parità di substrato lito-pedologico), mentre le rocce affioranti possono assumere tonalità classificabili a seconda della composizione mineralogica o il grado di ossidazione atmosferica. Per l’analisi boschiva, le conifere in genere appaiono sempre più scure rispetto alle latifoglie, a causa della sostanziale diversità del loro apparato fogliare. Per le colture erbacee, la densità dell’apparato fogliare, l’umidità e il contenuto di biomassa esercitano una differente, ma sempre direttamente proporzionale risposta di riflettanza in fase di acquisizione da parte del sensore.

### **Tessitura**

La tessitura di un oggetto in un’immagine è definita dai micro cambiamenti nella distribuzione dei toni/cromatismi associati ai singoli elementi. In genere, è possibile distinguere zone in cui il tono/colore presenta notevoli variazioni fra pixel contigui e zone in cui questo è quasi costante. Le varie tipologie di tessitura vengono di solito descritte con i seguenti termini: piatta o uniforme, fine, liscia o levigata, media, scabra, grossolana, eterogenea, irregolare, striata, chiazzata. Tale terminologia associata alla tessitura individua parametri strettamente legati alla scala di osservazione, proprio perché mette in relazione elementi unitari dell’immagine, non considerandoli singolarmente, ma sempre in un’analisi e confronto spaziale con gli elementi vicini. Ad esempio, la presenza di vegetazione evidenzia sull’immagine spesso aree più o meno adiacenti di tonalità diversa, che possono essere distribuite in modo regolare o irregolare a seconda che si tratti di vegetazione naturale e spontanea o semi-naturale e coltivi, anche all’interno dello stesso campo.

### **Associazione**

L’osservazione attenta, integrata, sinottica ed esperta del territorio in fotointerpretazione porta quasi sempre a rilevare alcune particolari associazioni fra i diversi elementi che facilitano l’interpretazione stessa. E’ quindi molto importante che l’analisi degli elementi al contorno sia effettuata da esperti, sia del tematismo che si deve ricercare, che del territorio di interesse. Le principali correlazioni sono di tipo agronomico (associazioni e rotazioni culturali, presenza di disponibilità idrica, macro-tipi di suoli, ecc.) oppure morfologico (pendenze limite, quote minime o massime, esposizioni versanti, ecc.)

## Ombre

Le ombre possono rappresentare, da un lato un ostacolo all'interpretazione del target, oscurando a volte porzioni anche cospicue, specialmente in regioni dalla morfologia accidentata (valli impervie) ed in funzione della stagione di acquisizione (per i dati satellitari l'orario è costante), dall'altro possono fornire indizi importanti nell'identificazione di diversi elementi. Ad esempio, la proiezione delle ombre dei fabbricati o degli alberi è molto utile per ricostruire la terza dimensione e lo sviluppo verticale degli elementi da interpretare ed in particolare per le essenze arboree. Nei dati VHR addirittura l'ombra di riporto dei campi di Mais, identificando una "terza dimensione" aiuta la separazione delle diverse classi erbacee.

Le immagini caratterizzate da una risoluzione radiometrica di 11 bit (2048 livelli di grigio), possono inoltre essere sottoposte a particolari trattamenti che permettono di identificare, almeno in parte, le caratteristiche degli oggetti presenti all'interno delle zone in ombra.

## Struttura o pattern

La struttura considera la modalità con cui oggetti diversi sono distribuiti ed organizzati spazialmente nel territorio. La struttura può essere spesso condizionata dal substrato geologico e dall'andamento geomorfologico, oltre che dai caratteri podologici, climatici ed antropici. Ad esempio, strutture antropiche possono essere individuate dai sistemi viari che delimitano i campi dalle forme regolari e viceversa (centuriazioni o strutture storiche). Esempi di struttura naturale sono rappresentati dalle reti idrografiche, stratificazioni rocciose e gradini morfologici, campi di faglie.

### **PROCEDURA DI FOTOINTERPRETAZIONE ATTIVITA' CONTROLLI OGGETTIVI**

E' importante ricordare che prima di procedere ad analizzare la singola particella è necessario prevedere una prima riconoscione dell'area coperta da foglio catastale dell'immagine VHR a disposizione da fotointerpretare, sfruttando le informazioni acquisite nella fase di addestramento, utilizzando un fattore di zoom che consenta di ottenere una visione di insieme dell'area in esame. Solo dopo aver preso familiarità con il territorio di indagine, sia sul piano geomorfologico che del paesaggio colturale nel suo complesso, si può passare ad esaminare le particelle nel dettaglio.

Il fotointerprete esamina contemporaneamente le immagini satellitari multi temporali a disposizione, acquisite in autunno, primavera ed estate, ove presenti; verifica il confine della particella sull'immagine satellitare VHR di riferimento e provvede ad effettuare le seguenti operazioni:

- suddividere la particella nelle diverse classi di uso del suolo individuate,
- punitinare, quando previsto dalle specifiche, le piante eventualmente presenti di olivo, fagi, agrumi, pere o pesche generando il corrispondente poligono di uso del suolo,
- assegnare a ciascuno poligono la classe di uso del suolo corrispondente comprese, se presenti, le superfici non eleggibili, utilizzando i codici di non eleggibilità a sua disposizione,
- verificare, nel caso in cui la particella appartenga al campione condizionalità, il rispetto delle norme BCAA;
- identificare i fabbricati agricoli, le opere strutturali e le discariche e i depositi di rifiuti all'interno delle aree protette "Natura 2000".

Il riconoscimento delle colture presenti in legenda viene effettuato sfruttando la **multispettralità** e la **multitemporalità** dei dati telerilevati. La prima operazione da effettuare è quella di individuare e comparare le tonalità cromatiche e successivamente di correlare le date di acquisizione delle immagini con i cicli fenologici delle colture. La disponibilità dei passaggi temporali consente di monitorare gran parte del ciclo di sviluppo delle colture agrarie nazionali.

Ad esempio, nel caso del frumento duro, in genere la prima immagine invernale viene acquisita quando la coltura si trova nella fase di accestimento, la seconda in primavera durante la fase di levata e la terza nella fase di maturazione o addirittura a coltura raccolta.

Le immagini satellitari per l'Attività Controlli Oggettivi 2007 vengono acquisite nei periodi indicati nella tabelle seguente. Per ciascuna provincia sono indicate le date o le finestre di acquisizione delle immagini satellitari. In celeste sono state evidenziate le acquisizioni ad altissima risoluzione spaziale. Le date in cui è riportata anche la tipologia del satellite sono la data in cui è avvenuta l'acquisizione, in caso di assenza di indicazione del tipo di satellite, si riporta la finestra di acquisizione teorica prevista.

PROVINCIA	SATELLITE	DATA di ACQUISIZIONE
Aosta		--
Aosta	Spot5	15/04/07
<b>Aosta</b>		<b>12 Jun-04 Aug</b>
Arezzo		--
<b>Arezzo</b>		<b>1 May-15 Jun</b>
Arezzo		1 Jul-1 Aug
Asti	Landsat5	02/11/06
Asti	Spot4	18/04/07
<b>Asti</b>		<b>15 Jun-31 Jul</b>
Bari	Landsat5	02/11/06
<b>Bari</b>	<b>Ikonos</b>	<b>20-23/04/2007</b>
Bari		1 Jul-1 Aug
Taranto	Landsat5	24/11/06
<b>Taranto</b>	<b>Ikonos</b>	<b>20-23/04/2007</b>
Taranto		1 Jul-1 Aug
Biella	Landsat5	02/11/06
Biella	Spot4	18/04/07
<b>Biella</b>		<b>12 Jun-4 Aug</b>
Caserta	Landsat5	01/12/06
<b>Caserta</b>	<b>Ikonos</b>	<b>13/05/07</b>
Caserta		
Napoli	Landsat5	01/12/06
<b>Napoli</b>	<b>Ikonos</b>	<b>13/05/07</b>
Napoli		1 Jul-1 Aug
<b>Catanzaro</b>	<b>QuickBird</b>	<b>19-24/04/2007</b>
Catanzaro		
Catanzaro		
<b>Catania</b>	<b>QuickBird</b>	<b>9-22/05/2007</b>
Catania		20 Jun-20 Jul
Catania		25 Aug-15 Sept
Chieti		--
<b>Chieti</b>	<b>Ikonos</b>	<b>29/04-10/05/2007</b>
Chieti		1 Jul-1 Aug
Como	Landsat5	02/11/06
Como	Spot5	16/04/07
<b>Como</b>		
<b>Cosenza</b>	<b>Ikonos</b>	<b>23/04/07</b>
Cosenza		1 Jul-1 Aug
Cosenza		25 Aug-15 Sept
Cremona		--
Cremona	Spot2	15/04/07
<b>Cremona</b>		<b>15 Jun-31 Jul</b>

PROVINCIA	SATELLITE	DATA di ACQUISIZIONE
Latina		--
Latina	Spot2	16/04/07
<b>Latina</b>		<b>15 Jun-31 Jul</b>
<b>Lecce</b>	<b>QuickBird</b>	<b>22/04/07</b>
Lecce		20 Jun-20 Jul
Lecce		25 Aug-15 Sept
Macerata		--
<b>Macerata</b>	<b>Ikonos</b>	<b>21/04-10/05/2007</b>
Macerata		1 Jul-1 Aug
<b>Nuoro</b>	<b>Ikonos</b>	<b>07-18/04/2007</b>
Nuoro		20 Jun-20 Jul
Nuoro		25 Aug-15 Sept
Oristano	Spot4	17/04/07
<b>Oristano</b>		
Oristano		25 Aug-15 Sept
Pesaro		--
<b>Pesaro</b>	<b>QuickBird</b>	<b>14-19/05/2007</b>
Pesaro		1 Jul-1 Aug
<b>Potenza</b>	<b>Ikonos</b>	<b>12/04/07</b>
Potenza		20 Jun-20 Jul
Potenza		25 Aug-15 Sept
<b>Reggio Calabria</b>	<b>Ikonos</b>	<b>12/04/07</b>
Reggio Calabria		20 Jun-20 Jul
Reggio Calabria		25 Aug-15 Sept
Modena	Landsat5	04/11/06
Modena		15 Apr-15 May
<b>Modena</b>		<b>12 Jun-3 Aug</b>
Reggio Emilia	Landsat5	04/11/06
Reggio Emilia	IRS p6	16/04/07
<b>Reggio Emilia</b>		<b>12 Jun-3 Aug</b>
Salerno		--
<b>Salerno</b>	<b>QuickBird</b>	<b>20-22/05/2007</b>
Salerno		1 Jul-1 Aug
<b>Ragusa</b>	<b>Ikonos</b>	<b>12/04/07</b>
Ragusa		20 Jun-20 Jul
Ragusa		25 Aug-15 Sept
<b>Siracusa</b>	<b>Ikonos</b>	<b>12/04/07</b>
Siracusa		20 Jun-20 Jul
Siracusa		25 Aug-15 Sept
Terni	Landsat5	13/11/06
<b>Terni</b>	<b>Ikonos</b>	<b>21/04/07</b>
Terni		1 Jul-1 Aug

Cremona		--
Cremona	Spot2	15/04/07
<b>Cremona</b>		<b>12 Jun-4 Aug</b>
Cuneo	Landsat5	02/11/06
Cuneo	Spot5	16/04/07
<b>Cuneo</b>		<b>12 Jun-4 aug</b>
Firenze	Landsat5	04/11/06
<b>Firenze</b>	<b>Ikonos</b>	<b>18/04/07</b>
Firenze		1 Jul-1 Aug
Frosinone		--
<b>Frosinone</b>	<b>QuickBird</b>	<b>9-12/05/2007</b>
Frosinone		1 Jul-1 Aug
Isernia	Landsat5	06/11/06
<b>Isernia</b>	<b>Ikonos</b>	<b>10/05/07</b>
Isernia		1 Jul-1 Aug

<b>Trapani</b>	<b>Ikonos</b>	<b>07-10/04/2007</b>
Trapani		20 Jun-20 Jul
Trapani		25 Aug-15 Sept
<b>Vibo Valentia</b>	<b>Ikonos</b>	<b>12/04/07</b>
Vibo Valentia		
Vibo Valentia		
Padova	Landsat5	04/11/06
Padova	Spot5	16/04/07
<b>Padova</b>		
Vicenza	Landsat5	04/11/06
Vicenza	Spot5	16/04/07
<b>Vicenza</b>		

Di seguito si analizzano in modo sintetico i diversi gruppi culturali presenti in legenda, descrivendone i cicli per individuare le rispettive e più comuni risposte spettrali nelle immagini a disposizione.

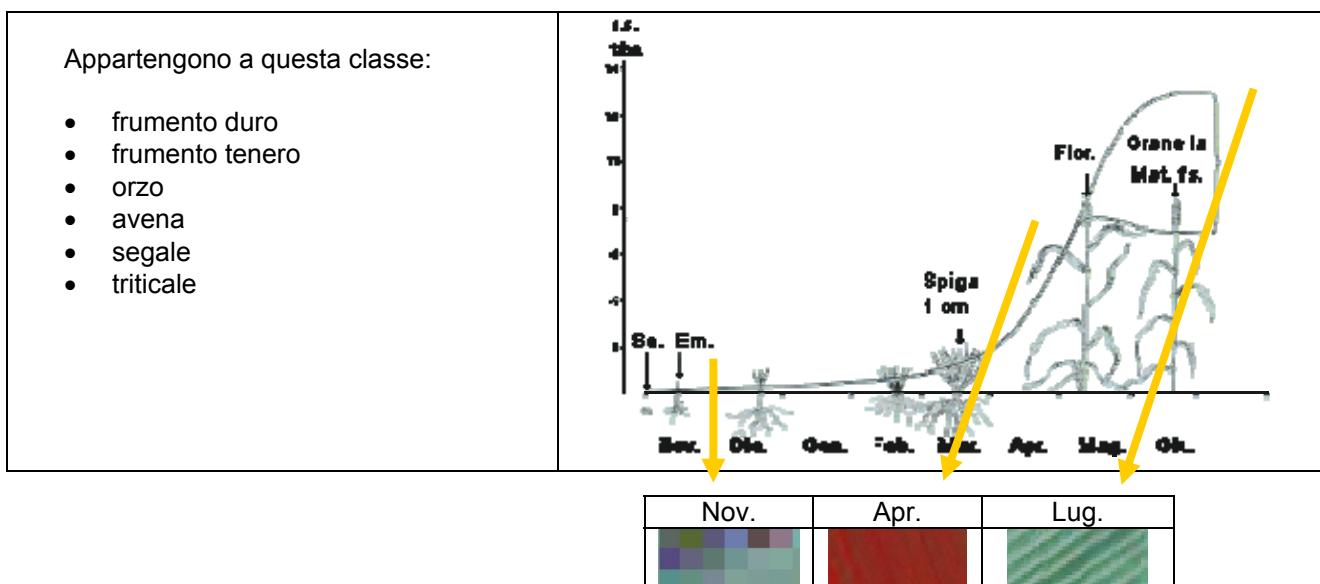
## CEREALI

gruppo coltura	codice GIS	descrizione uso del suolo rilevato
CEREALI	20	ALTRI CEREALI DEPAUPERANTI (A PAGLIA)
	202	AVENA
	2	GRANO (FRUMENTO) DURO
	200	GRANO (FRUMENTO) TENERO
	12	GRANO SARACENO
	1	GRANTURCO (MAIS)
	8	ORZO
	19	RISONE
	201	SEGALE
	203	SORGONO

I gruppi che fanno riferimento ai cereali possono essere distinti in due macro classi:

- cereali a ciclo autunno-vernino (in arancio nella tabella)
- cereali a ciclo primaverile-estivo (in celeste nella tabella)

### Cereali a ciclo autunno-vernino



Le figure mettono in relazione le varie fasi di crescita dei cereali invernali e le risposte cromatiche che appaiono sui dati satellitari normalmente utilizzati per il progetto Controlli Oggettivi, ai vari periodi di acquisizione.

Frumento duro

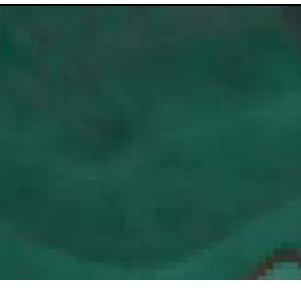
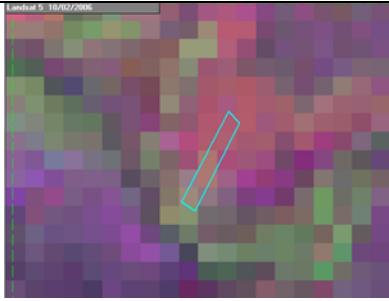
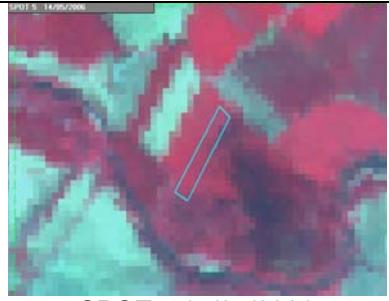
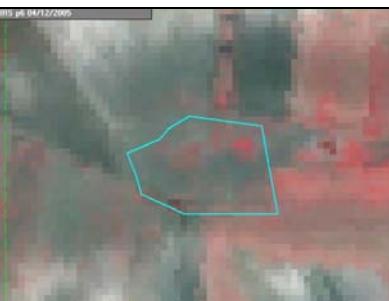
Epoca	Descrizione	Tono	Tessitura	Esempio
Immagine autunnale HR	La coltura copre una porzione limitata di terreno, la componente principale della risposta spettrale è rappresentata dal terreno lavorato	Toni dell'azzurro e del verde	Non distinguibile pixel eterogenei	
Immagine primaverile VHR	La coltura presenta un apparato vegetativo che ricopre tutta la superficie del terreno	Rosso intenso, tendente allo scuro	Generalmente la superficie mostra fasce regolari dovute al passaggio della seminatrice	
Immagine primaverile HR	La coltura presenta un apparato vegetativo che ricopre tutta la superficie del terreno	Rosso intenso	Generalmente gli appezzamenti appaiono uniformi e compatti	
Immagine estiva HR	La coltura ha raggiunto la maturazione completa o è stata raccolta	Verde che tende al verde-celeste	Generalmente gli appezzamenti appaiono uniformi e compatti	
Immagine estiva VHR	La coltura ha raggiunto la maturazione completa o è stata raccolta, possono essere presenti le andane della paglia o le rotoballe	Verde, celeste chiaro	Quando la coltura è ancora in campo gli appezzamenti sono uniformi. Quando la coltura è stata raccolta sono presenti strisce parallele disomogenee.	

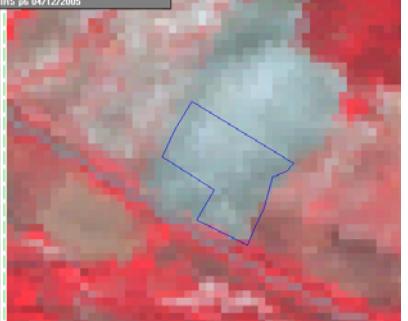
Immagine estiva VHR	La coltura ha raggiunto la maturazione completa e la raccolta è in atto	Verde chiaro, celeste chiaro		 <p>Proprietà   Valore</p> <table border="1"><tr><td colspan="2">GENERALI</td></tr><tr><td>Tara</td><td>0 Mg</td></tr><tr><td>Stato</td><td>2 - Stoppe</td></tr><tr><td colspan="2">TERRITORIO</td></tr></table>	GENERALI		Tara	0 Mg	Stato	2 - Stoppe	TERRITORIO	
GENERALI												
Tara	0 Mg											
Stato	2 - Stoppe											
TERRITORIO												

Esempi:

Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
TO Frumento Tenero	 Landsat 5 10/02/2006	 SPOT 5 14/05/2006	 Ikonos 13-24/06/2006
FG Frumento Duro	 IRS p6 04/12/2005	 QuickBird 22/05-14/06/2006	 SPOT 19-21/07/2006
CL Frumento Duro	 Landsat 5 12/11/2005	 Ikonos 15/04/2006	 SPOT 5 21/06/2006

Il fotointerprete è tenuto a valutare anche la “ordinarietà” della coltura in esame prendendo in considerazione principalmente la densità di piante a m<sup>2</sup> e lo sviluppo delle stesse. In caso di non ordinarietà della coltura l’area interessata viene delimitata ed al poligono così creato si attribuisce il codice utilizzo del seminativo con lo stato di “Cultura non ordinaria”.

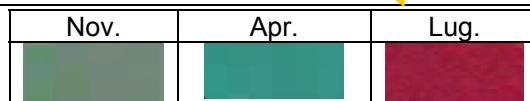
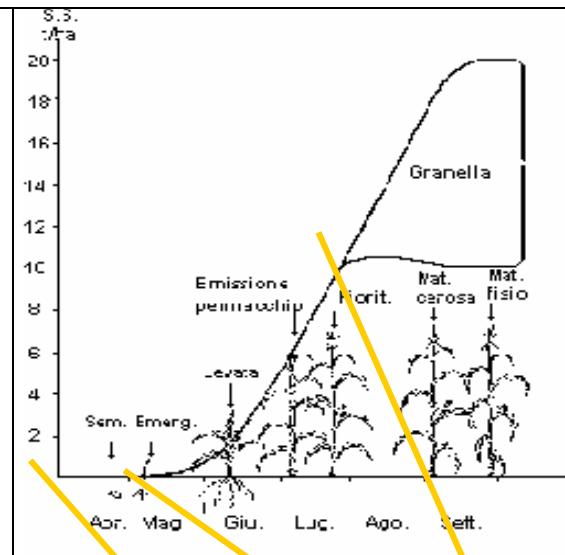
Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
----------------------	--------------------	----------------------	-----------------

FG Frumento Duro Non Ordinario	 IRS p6 04/12/2005	 QuickBird 22/05-14/06/2006	 SPOT 19-21/07/2006

### Cereali a ciclo primaverile-estivo

Appartengono a questa classe:

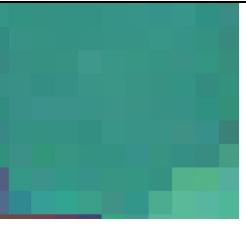
- granoturco (mais)
- sorgo
- risone



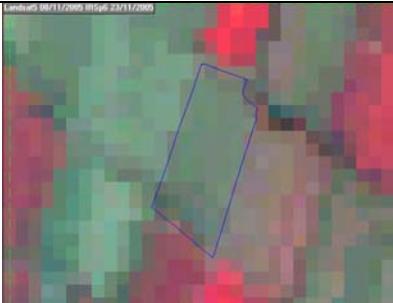
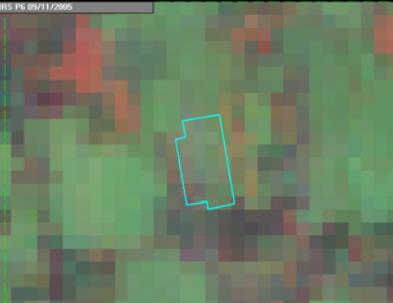
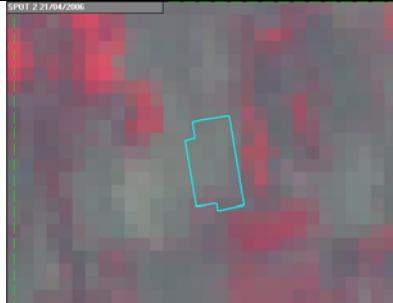
Le figure mettono in relazione le varie fasi di crescita dei cereali estivi e le risposte cromatiche che appaiono sui dati satellitari normalmente utilizzati per il progetto Controlli Oggettivi, ai vari periodi di acquisizione.

#### Granoturco (mais)

Epoca	Descrizione	Tono	Tessitura	Esempio
Immagine autunnale HR	L'immagine può presentare risposta spettrale molto variabile, a seconda che siano presenti ancora i residui culturali, il terreno sia stato arato o siano presenti erbe o infestanti			
Immagine primaverile VHR	La coltura si trova in fase di emergenza, la componente principale della risposta spettrale è rappresentata dal terreno lavorato	Celeste, verde	Possono essere evidenti i segni regolari della lavorazione del terreno	

Immagine primaverile HR	La coltura si trova in fase di emergenza, la componente principale della risposta spettrale è rappresentata dal terreno lavorato	Celeste, verde	La tessitura appare discretamente omogenea, in seguito alla lavorazione del terreno	
Immagine estiva HR	La coltura ha completato l'apparato vegetativo, copre completamente il terreno	Rosso cupo, l'irrigazione può rendere il rosso abbastanza scuro		
Immagine estiva VHR	La coltura ha completato l'apparato vegetativo, copre completamente il terreno	Rosso cupo, l'irrigazione può rendere il rosso abbastanza scuro	Si possono notare gli allineamenti delle file e se presenti le scoline divisorie; talvolta è evidente la struttura non omogenea della "canopy"	

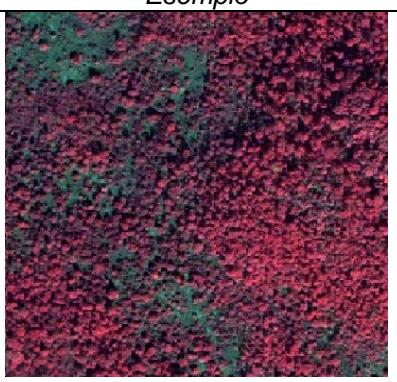
Esempi:

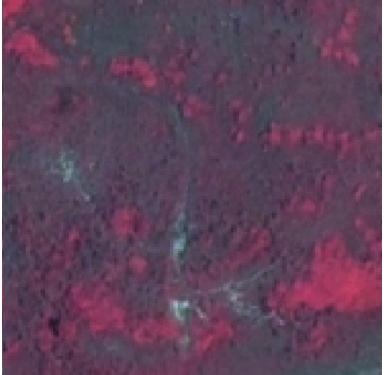
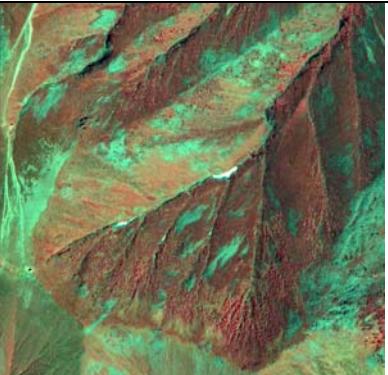
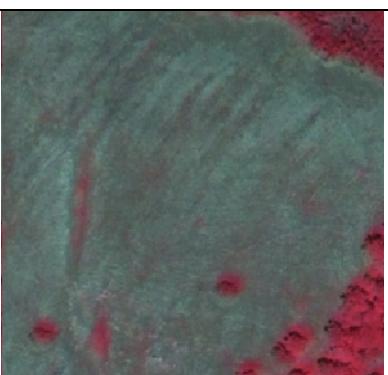
Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
BS Mais	 Landsat 5 08/11/2005	 Landsat 5 05/04/2005	 Ikonos 12/06/2006
TV Mais	 IRS p6 09/11/2005	 SPOT 2 21/04/2006	 Ikonos 15/07/2006

**FORAGGERE NON SEMINABILI**

<b>gruppo coltura</b>	<b>codice GIS</b>	<b>descrizione uso del suolo rilevato</b>
<b>FORAGGERE NON SEMINABILI</b>	653	PASCOLO ARBORATO (BOSCO ALTO FUSTO ) TARA 20%
	654	PASCOLO ARBORATO (BOSCO CEDUO) TARA 50%
	659	PASCOLO CESPUGLIATO
	40	PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) CON ROCCIA AFFIORANTE TARA 20%
	50	PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) CON ROCCIA AFFIORANTE TARA 50%
	638	PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) SENZA TARE PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) SENZA TARE NON PASCOLATO
	938	PASCOLO ARBORATO (BOSCO ALTO FUSTO ) TARA 20% NON PASCOLATO
	953	PASCOLO ARBORATO (BOSCO CEDUO) TARA 50% NON PASCOLATO
	954	PASCOLO CESPUGLIATO NON PASCOLATO
	959	PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) CON ROCCIA AFFIORANTE TARA 50% NON PASCOLATO

Si tratta di superfici naturali adibite al pascolo. Si riconoscono **sull'immagine VHR** dove sono evidenti gli elementi distintivi (alberi, cespugli, affioramenti rocciosi, tessitura spesso disomogenea della copertura erbacea); per il pascolo polifita è necessario valutare la sua localizzazione (lontano dal seminativo, in alta quota). Possono essere aggregate come segue:

<i>Classe</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Esempio</i>
PASCOLO ARBORATO	Area caratterizzata dalla presenza di <b>specie arboree forestali</b> che possono occupare anche tutta la superficie	

PASCOLO CESPUGLIATO	Area a vegetazione erbacea naturale caratterizzata dalla presenza di <b>specie arbustive</b> , distribuita anche in modo disomogeneo	
PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) CON ROCCIA AFFIORANTE	Aree a vegetazione erbacea naturale, localizzate in alta quota lontano dalle zone a seminativo, con presenza di <b>affioramenti rocciosi</b> (azzurro o grigio all'infrarosso) in diversa percentuale	
PASCOLO POLIFITA (TIPO ALPEGGI) SENZA TARE	Aree a vegetazione erbacea naturale, localizzate in alta quota <b>lontano dalle zone a seminativo</b>	

Al fotointerprete, una volta classificato il tipo di foraggera presente, viene richiesto di valutarne anche la effettiva pascolabilità. Tale classificazione si esegue sulla base della presenza o meno di alcune caratteristiche tipiche che è possibile osservare dall'analisi delle immagini VHR a disposizione, quali:

- . presenza diretta di bovini, ovi-caprini, bufalini, suini, equini, ecc.
- . presenza diretta di macchine agricole preposte allo sfalcio della vegetazione
- . riscontro di vegetazione erbacea sfalciata
- . presenza di fieno raccolto in andane o in balle
- . presenza di abbeveratoi e/o mangiaioie
- . presenza di recinzioni preposte alla rotazione ed al razionale utilizzo dei pascoli
- . presenza di strutture fisse o mobili per il ricovero degli animali
- . contiguità della particella con stalle od ovili.

Nel caso di assenza di tali caratteristiche il fotointerprete dovrà utilizzare per la classificazione i codici di non ammisibilità dei pascoli (938, 950, 953, 954, 959).



La presenza di fabbricati e la tessitura disomogenea del manto erboso fanno ipotizzare l'utilizzo a pascolo dell'area al centro del bosco.



L'assenza completa di manufatti (strade, sentieri, edifici, recinzioni) determinano la non pascolabilità dell'area in figura.

**FORAGGERE SEMINABILI**

<b>gruppo coltura</b>	<b>codice GIS</b>	<b>descrizione uso del suolo rilevato</b>
<b>FORAGGERE SEMINABILI</b>	103	ERBAIO DI GRAMINACEE
	104	ERBAIO DI LEGUMINOSE
	105	ERBAIO MISTO E ALTRI
	107	PRATO E PRATO PASCOLO DI GRAMINACEE
	108	PRATO E PRATO PASCOLO DI LEGUMINOSE
	109	PRATO E PRATO PASCOLO MISTO

Si distinguono in erbai e prati, prati-pascoli. I primi sono colture annuali inserite nel normale avvicendamento colturale, i secondi generalmente sono colture poliennali non incluse nell'avvicendamento.

Erbai

Sono rappresentati da numerose specie coltivate per granella (avena, orzo, loiessa, trifoglio, veccia, etc.), in questo caso vengono raccolte quando raggiungono il massimo sviluppo della massa vegetativa (fioritura).

A seconda dell'epoca in cui si svolge il loro ciclo vegetativo, gli erbai possono distinguersi in:

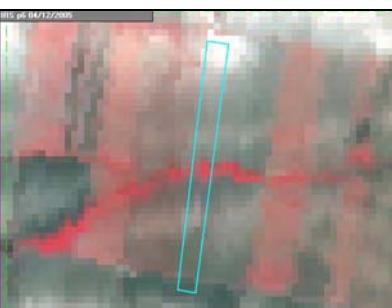
**Erbai autunno - vernini (autunno - primaverili)**, vengono seminati in autunno e raccolti in primavera: avena, veccia, favino, segale, loietto, trifoglio.

**Erbai primaverili**, vengono seminati in primavera e raccolti a giugno: avena

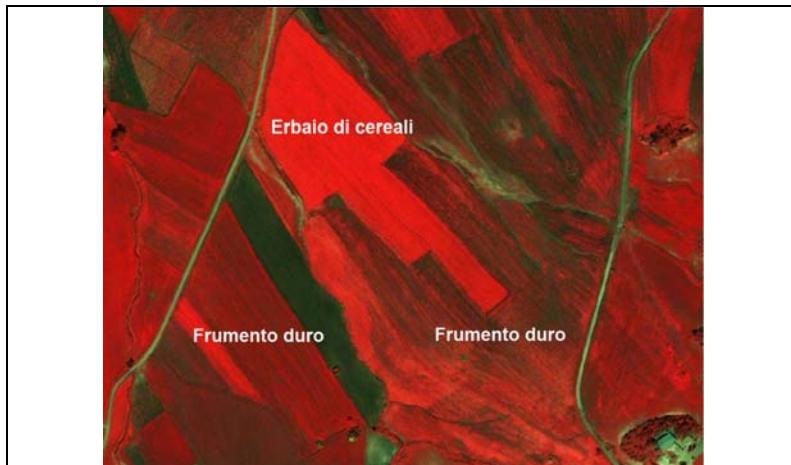
**Erbai primaverili – estivi**, erbai annuali con semina in primavera e raccolta a fine estate: mais insilato

**Erbai estivi**, erbai intercalari: mais granturchino

Esempio di risposte spettrali di erbai a ciclo autunno-vernino:

Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
FG Erbao di legumi- nose			
FG Erbao di legumi- nose			
SS Erbao di grami- nacee			

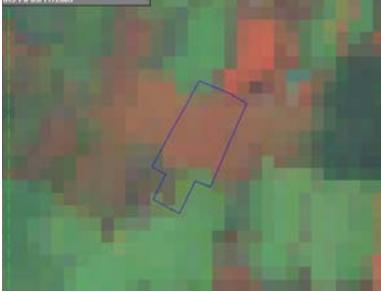
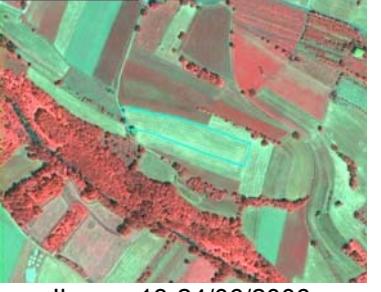
Nell'immagine VHR primaverile gli erbai sono generalmente caratterizzati da un rosso brillante intenso dovuto all'alta concentrazione di biomassa, sovente visibile in modo compatto ed uniforme, come evidenziato nella figura seguente.



### Prato e prato pascolo

Sono costituiti da numerose specie foraggere, durano anche oltre un decennio. Ogni anno si possono effettuare 2 -3 tagli nei prati asciutti, 4 - 5 in quelli irrigui. Il primo sfalcio nella prima metà di maggio; gli altri vengono effettuati a distanza variabile dai 35 - 40 giorni per i prati irrigui sino ai 50 - 60 giorni per quelli asciutti. Si distinguono dai pascoli della macro classe precedente per la loro prossimità con i seminativi. Generalmente sull'immagine VHR di Maggio, presentano superfici vegetate non uniformi, mentre sull'immagine VHR di Giugno spesso si può notare che è stato effettuato lo sfalcio, con le andane (talvolta le balle) ben evidenti. L'immagine autunnale presenta un rosso più o meno acceso, che si distingue dal resto dell'ambiente agronomico privo ancora di vegetazione. L'immagine estiva può presentare una superficie con scarsa riflettanza, a causa degli sfalci già effettuati.

Esempi di risposte spettrali di un prato pascolo

Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
TV Prato di medica	 IRS p6 09/11/2005	 SPOT 2 21/04/2006	 Ikonos 15/07/2006
TO Prato pascolo	 Landsat 10/02/2005	 SPOT 5 14/05/2006	 Ikonos 13-24/06/2006

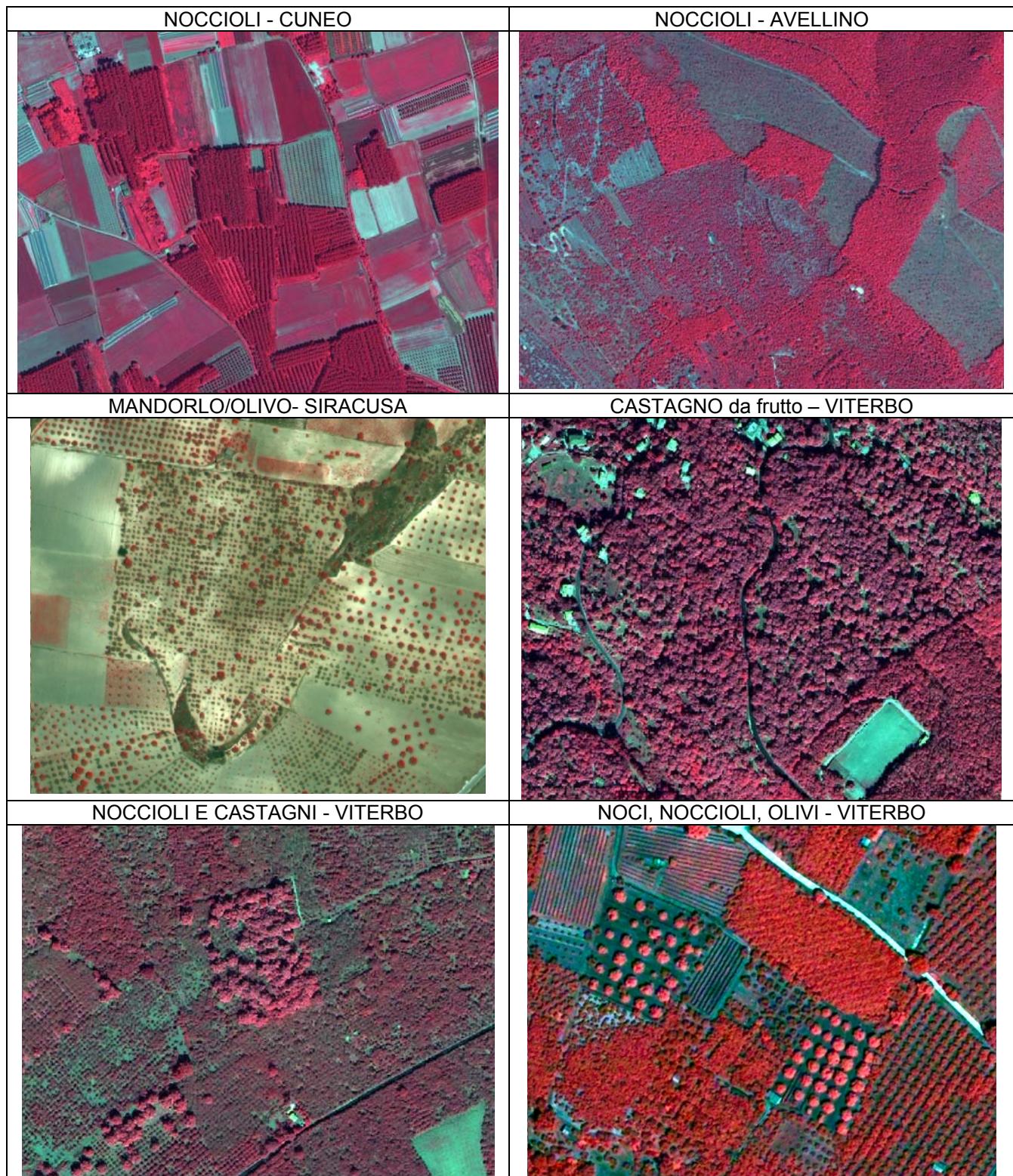
**FRUTTA A GUSCIO**

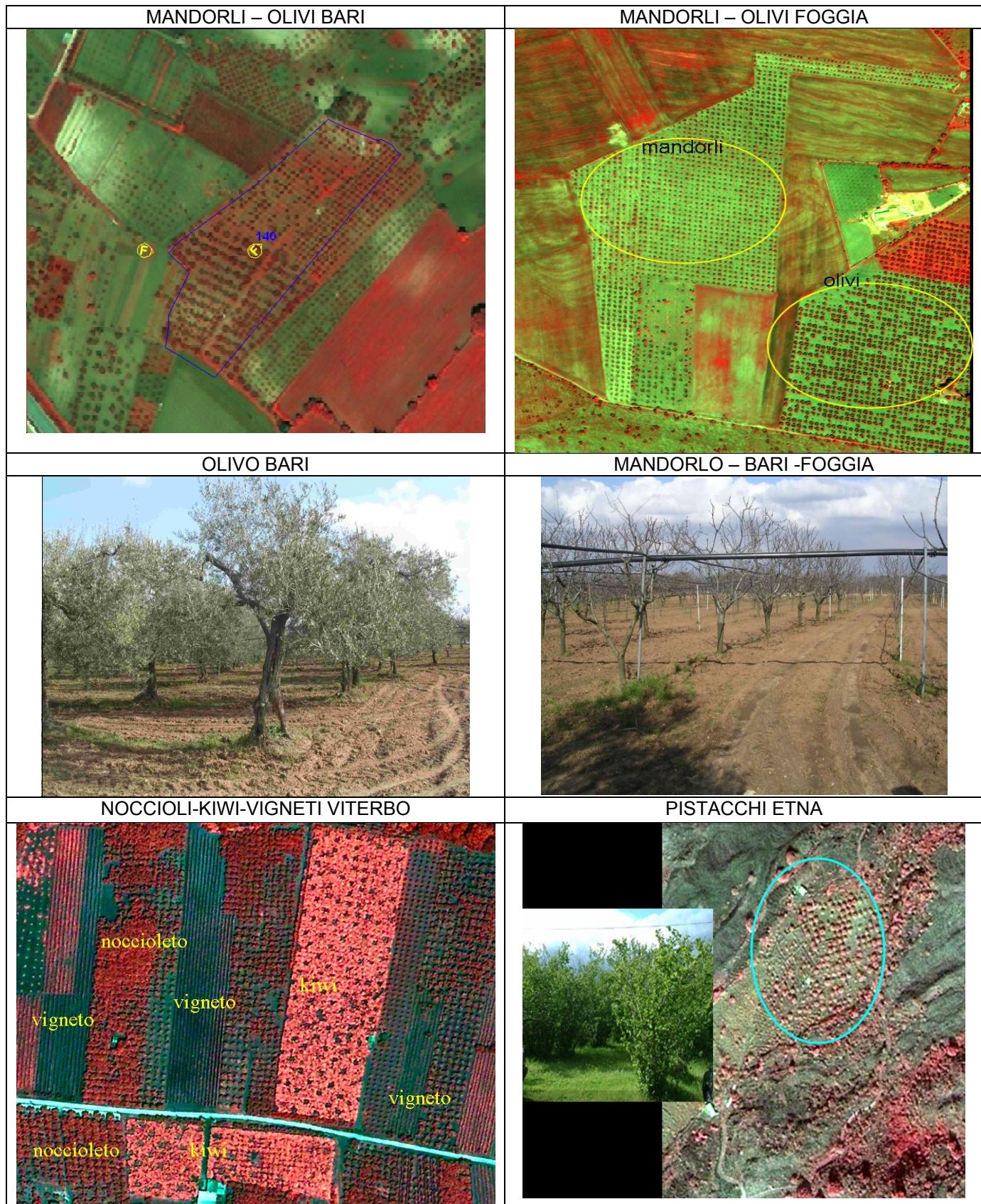
<i>gruppo coltura</i>	<i>codice GIS</i>	<i>descrizione uso del suolo rilevato</i>
<b>FRUTTA A GUSCIO</b>	491	CARRUBO
	492	CASTAGNO
	493	MANDORLO
	494	NOCCIOLO
	495	NOCE
	497	PISTACCHIO

Per le coltivazioni arboree a Frutta a Guscio (FAG) si raggiungono sulle **immagini VHR** buone discriminazioni ed identificazioni delle specie; buona anche la valutazione della densità e dei sesti di impianti, mentre più difficile e talvolta arbitraria appare la definizione delle superfici degli appezzamenti irregolari.

Si ricorda che non sempre le stesse specie appaiono con la stessa firma spettrale, forma e associazione. Tali parametri infatti dipendono dalla fascia climatica (sviluppo delle chiome), dalla forma d'allevamento (tipo di potatura) e dalle associazioni colturali con altre arboree o erbacee che sono tipiche del paesaggio agronomico di ogni area vocata.

Esempi delle diverse risposte spettrali, forma, tessitura e associazioni della frutta a guscio (FAG) in Italia.







**LEGUMINOSE**

<b>gruppo coltura</b>	<b>codice GIS</b>	<b>descrizione uso del suolo rilevato</b>
LEGUMINOSE	208	LENTICCHIE, CECI, VECCE, CICERCHIA

Tutte le colture appartenenti a questo gruppo sono colture a ciclo autunno-verneto. Le risposte spettrali possono essere schematizzate come segue:

Nov.	Apr.	Lug.

Durante la fase di acquisizione delle chiavi di lettura è necessario verificare la possibilità di correlare una firma specifica ad ognuna delle colture presenti nella classe in base a tono e tessitura dell'immagine primaverile. Ad esempio, nelle immagini primaverili alcune coltivazioni possono dare risposte con tonalità di rosso chiaro, talvolta tendente al rosa.

**ORTAGGI**

<b>gruppo coltura</b>	<b>codice GIS</b>	<b>descrizione uso del suolo rilevato</b>
ORTAGGI	90	ALTRI ORTAGGI
	84	ASPARAGO
	82	CARCIOFO
	83	CAROTA
	85	CAVOLO
	89	CICORIA
	210	FRAGOLA
	680	POMODORO
	88	RABARBARO
	209	TOPINAMBUR

Le colture appartenenti a questa classe presentano cicli culturali molto diversi tra di loro e in alcuni casi molto brevi, vengono coltivate inoltre in aree abbastanza specializzate, di conseguenza per esempi di risposte spettrali si rimanda alle informazioni da reperire nel corso della fase di acquisizione delle chiavi di lettura.

Il pomodoro presenta un ciclo primaverile-estivo, le risposte spettrali possono essere schematizzate come segue:

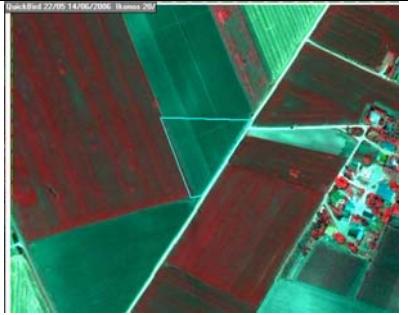
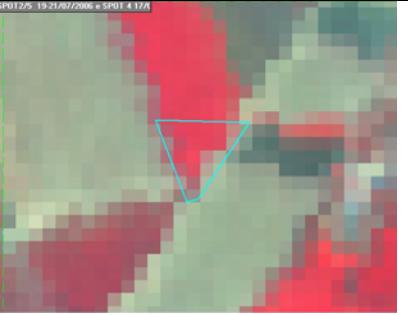
Coltura	Nov.	Apr.	Lug.
Pomodoro			

Il ciclo culturale del carciofo può essere schematizzato ad esempio come segue:

versione 1.0 - bozza		Pagina 35 di 69
----------------------	--	-----------------

Coltura	Gen.	Mag.	Lug.
Carciofo			

Di seguito si riportano esempi per il pomodoro e il carciofo.

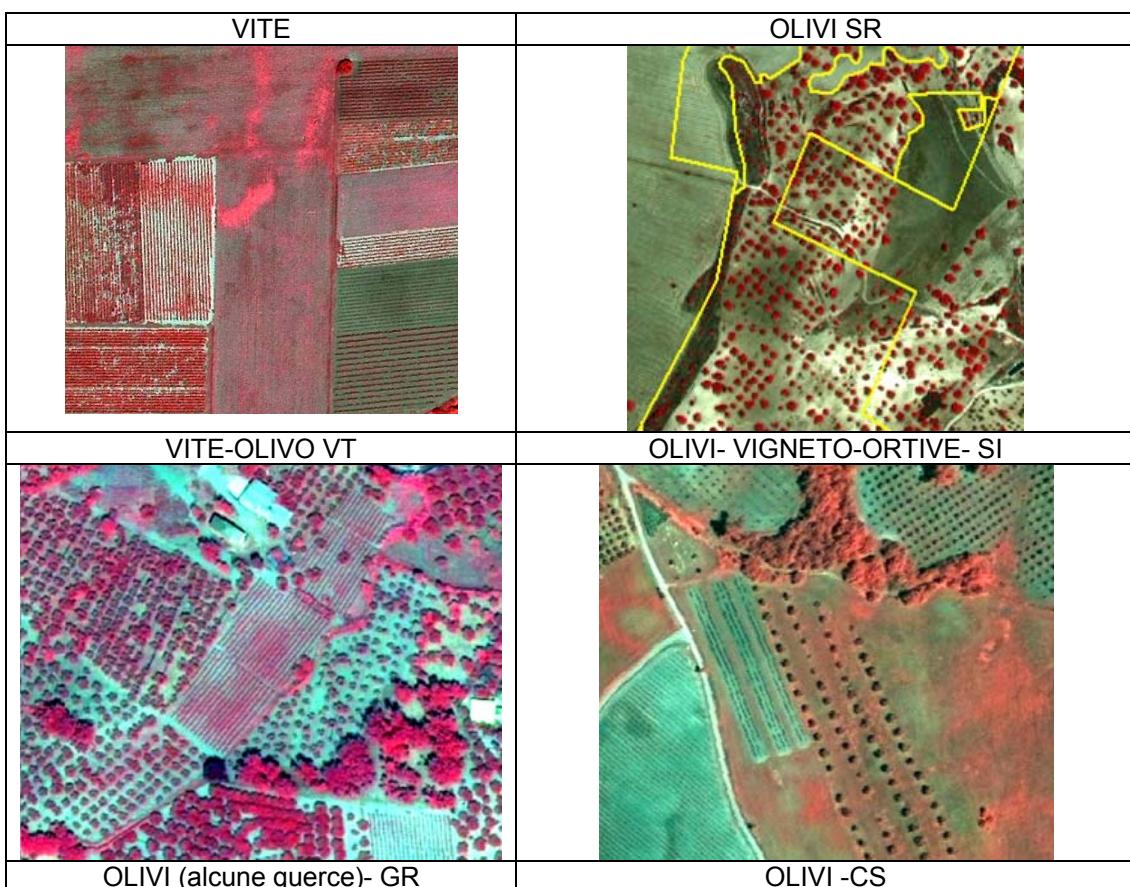
Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
FG Pomodoro	 IRS p6 04/12/2005	 Quickbird 22/05/2006	 Spot4 17/07/2006
FG Pomodoro	 IRS p6 04/12/2005	 Ikonos 20/05/2006	 Spot4 17/07/2006
SA Carciofo	 Spot 08/01/2005	 Irs 02/05/2005	 QuickBird 25/07/2005

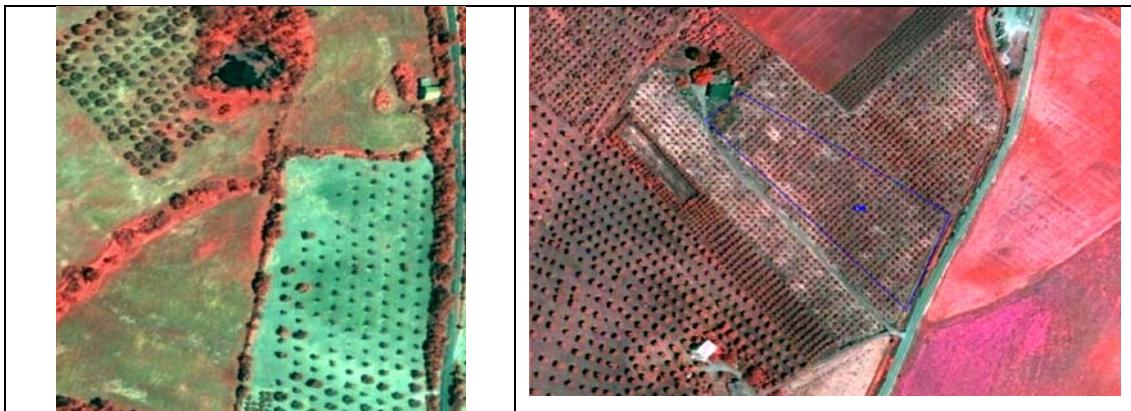
### PIANTE ARBOREE

gruppo coltura	codice GIS	descrizione uso del suolo rilevato
PIANTE ARBOREE	410	VITE NON CLASSIFICATA
	681	COLTIVAZIONE ARBOREA A CICLO BREVE (MAX 20 ANNI)
	420	OLIVO NON CLASSIFICATO

Attraverso i **dati VHR** si possono identificare abbastanza agevolmente le colture legnose, grazie alla risoluzione geometrica, spettrale ed alle forme di allevamento tipiche che le distinguono, sempre tenendo conto delle diversità climatiche ed agronomiche lungo la penisola.

Esempi di risposte spettrali, forma, tessitura e associazioni di piante arboree in immagini VHR sono le seguenti:



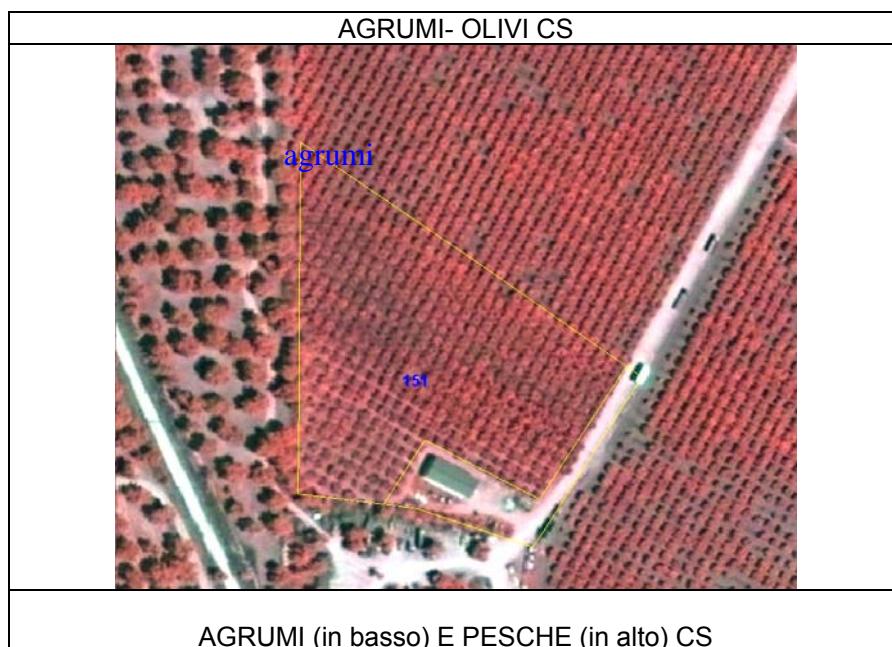


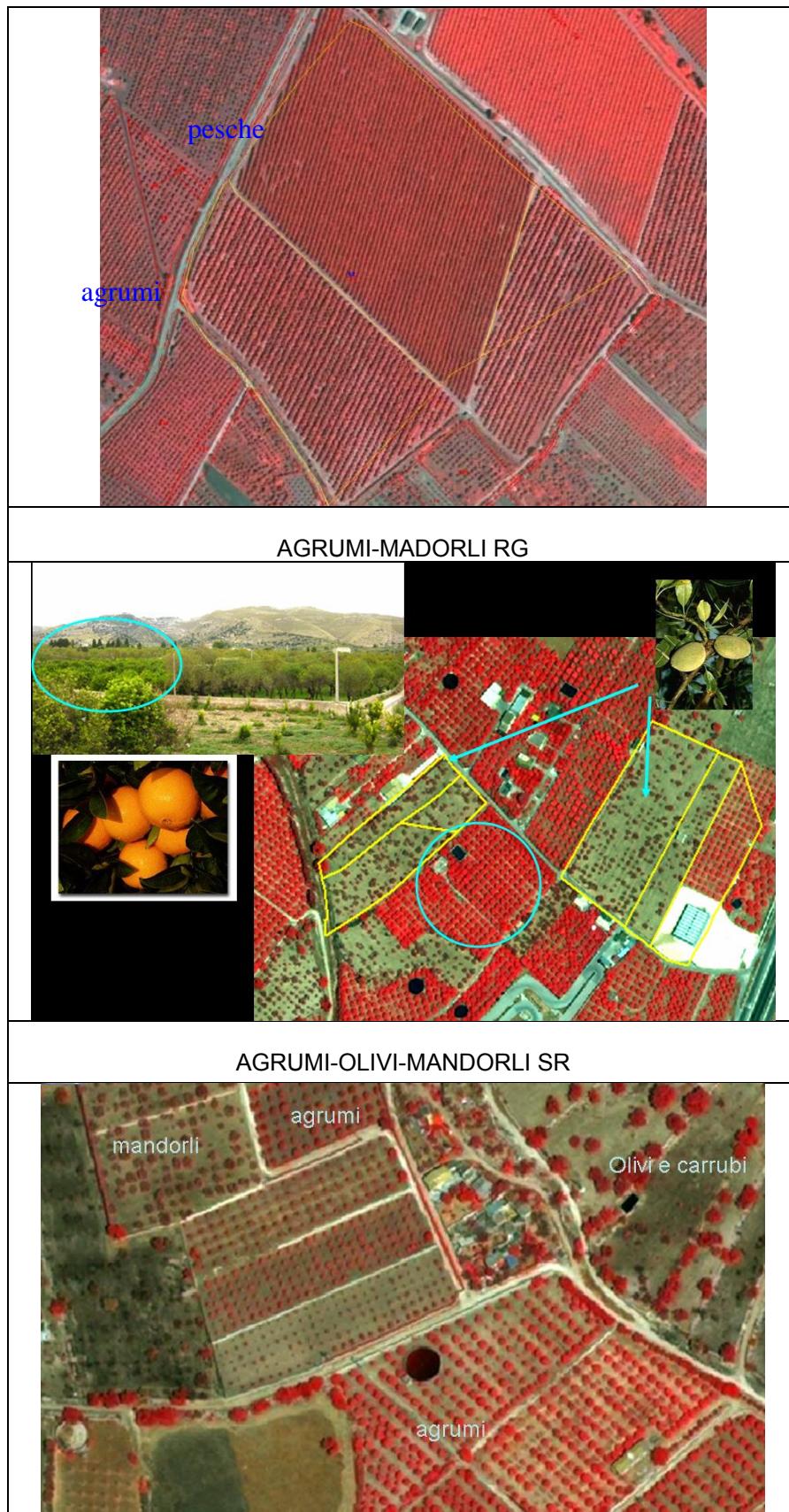
### ALBERI DA FRUTTA

<i>gruppo coltura</i>	<i>codice GIS</i>	<i>descrizione uso del suolo rilevato</i>
ALBERI DA FRUTTA	470	FRUTTETO NON SPECIFICATO
	430 - 439	AGRUMI
	450 - 453	PERI
	460 - 461	PESCHE

Sulle **immagini VHR** appare buona la distinzione per quanto riguarda i frutteti a filare, senza ovviamente entrare nella identificazione delle singole specie o varietà (se non per forme d'allevamento tipiche e sempre distinte). L'elevata biomassa della struttura fogliare degli agrumi, unitamente alla localizzazione delle aree coltivate, ne consente inoltre la buona fotointerpretazione.

Alcuni esempi di risposte spettrali di frutteti in immagini VHR sono i seguenti:





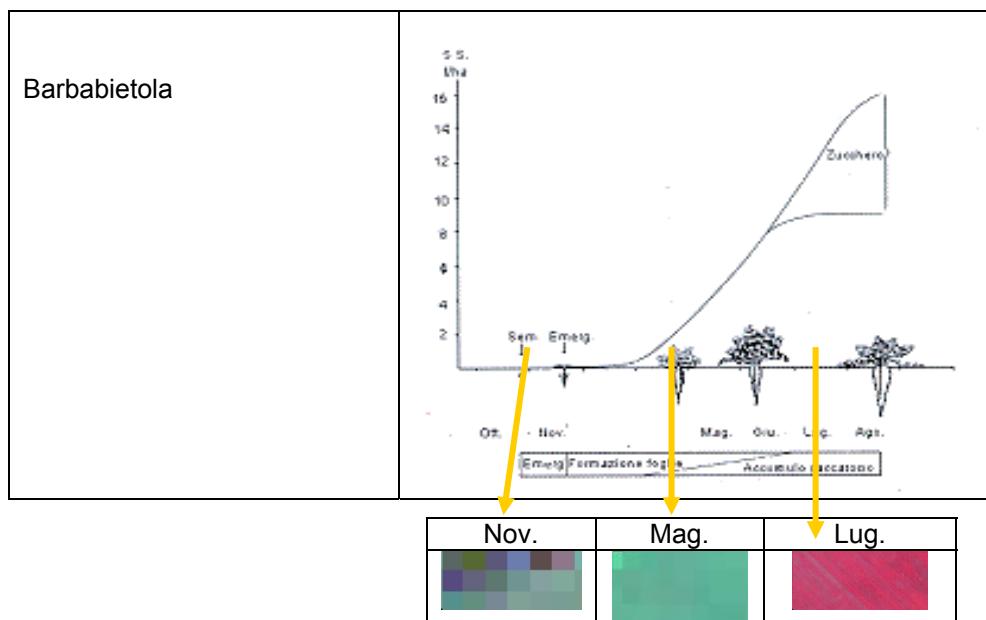


#### **PIANTE INDUSTRIALI**

<b>gruppo coltura</b>	<b>codice GIS</b>	<b>descrizione uso del suolo rilevato</b>
<b>PIANTE INDUSTRIALI</b>	76	LUPPOLO
	95	ALTRE PIANTE INDUSTRIALI
	560	BARBABEIOLA
	80	CANNA CINESE o MISCANTO
	81	FETTUCCIA D'ACQUA - PHALARIS ARUNDICEA
	670	TABACCO

#### Barbabietola

La barbabietola presenta una firma abbastanza caratteristica nelle immagini acquisite in estate, generalmente gli appezzamenti appaiono con tessitura omogenea e di un colore rosso tendente al rosa-violaceo, come evidenziato negli esempi riportati.



Epoca	Descrizione	Tono	Tessitura	Esempio
Immagine autunnale HR	L'immagine può presentare risposta spettrale molto variabile, a seconda che siano presenti ancora i residui culturali, il terreno sia stato arato o siano presenti erbe o infestanti			
Immagine primaverile VHR	La coltura non ha ancora coperto il terreno, la componente principale della risposta spettrale è rappresentata dal terreno lavorato	Celeste, verde	Possono essere evidenti i segni regolari della lavorazione del terreno	
Immagine primaverile HR	La coltura non ha ancora coperto il terreno, la componente principale della risposta spettrale è rappresentata dal terreno lavorato	Celeste, verde chiaro	La tessitura appare discretamente omogenea, in seguito alla lavorazione del terreno	
Immagine estiva HR	La coltura ha completato l'apparato vegetativo, copre completamente il terreno	Rosso tendente al rosa	La tessitura appare omogenea, con la direzione della semina	

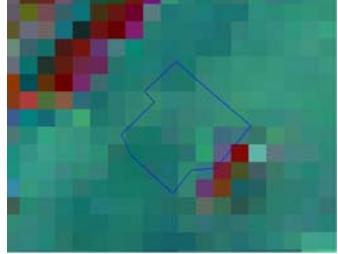
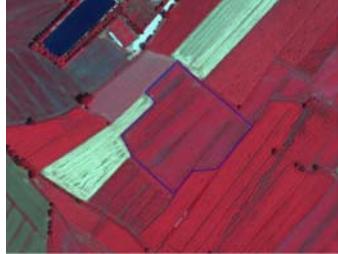
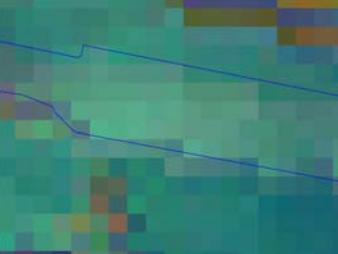
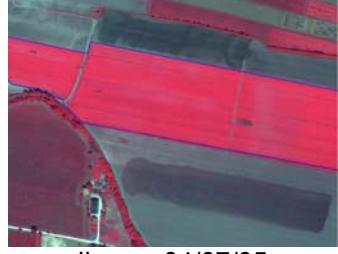
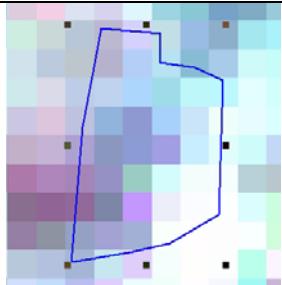
Immagine estiva VHR	La coltura ha completato l'apparato vegetativo, copre completamente il terreno	Rosso tendente al rosa	Si possono notare se presenti le scoline divisorie; talvolta è evidente la struttura non omogenea della "canopy"	
---------------------	--	------------------------	--	---

### Tabacco

La coltura si evidenzia nelle immagini estive quando le piante riescono a coprire le file. La tonalità spettrale varia dal rosso vinaccia fino al rosso-rosaceo. Il ciclo può essere schematizzato come segue:

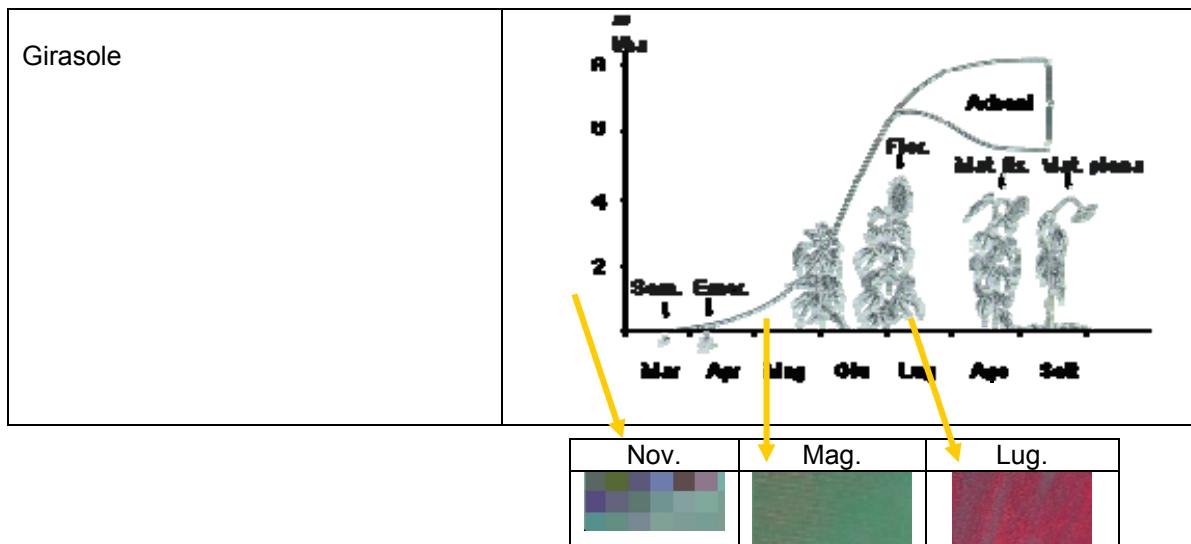


Nella tabella seguente sono riportati esempi di risposte spettrali del Tabacco, si noti la strutturazione del campo in primavera e la relativa disomogeneità della canopy.

Provincia Coltura	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
PG Tabacco	L'immagine può presentare risposta spettrale molto variabile, a seconda che siano presenti ancora i precedenti residui culturali, il terreno sia stato arato o siano presenti erbe o infestanti	 Landsat 02/05/2005	 Ikonos 04/07/2005
PG Tabacco		 Landsat 02/05/2005	 Ikonos 04/07/2005
BN Tabacco	 Landsat 12/11/2005	 Ikonos 18-20/05/2006	 Spot2 10/07/2006
BN Tabacco	 Landsat 12/11/2005	 Ikonos 18-20/05/2006	 Spot2 10/07/2006

## PIANTE OLEIFERE

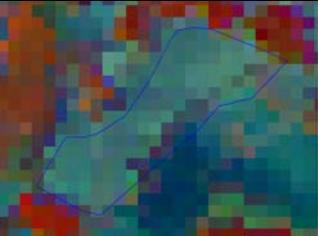
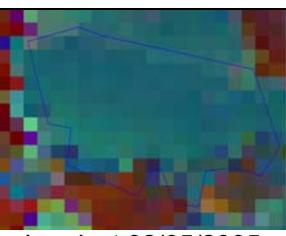
gruppo coltura	codice GIS	descrizione uso del suolo rilevato
PIANTE OLEIFERE	94	ALTRÉ PIANTE OLEIFERE
	6	COLZA E RAVIZZONE
	5	GIRASOLE
	4	SOIA



### Girasole

Il girasole è caratterizzato sulle immagini satellitari VHR estive dalla tessitura variabile. Infatti gli appezzamenti coltivati a tale coltura generalmente appaiono disomogenei con tessitura irregolare e da un colore tendente al rosa man mano che il giallo della calatide influenza la firma spettrale. Il Colza invece assume tonalità tendenti al rosa, con tessitura disomogenea. Nelle immagini VHR è possibile notare, come un effetto ottico geometrico, la componente "terza dimensione" delle colture colza e girasole.

Provincia	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
FG Girasole			
Ikonos 20/05/2006			
versione 1.0 - bozza		Pagina 46 di 69	

	IRS p6 04/12/2005	Landsat 02/05/2005	SPOT 2/5 19-21/07/2006
PG Girasole		 Landsat 02/05/2005	 Ikonos 28/06/05
PG Girasole		 Landsat 02/05/2005	 Ikonos 28/06/05
TR Colza	 Raccolto- 21/06/07	 Ikonos 21/04/07	

**PROTEICHE**

gruppo coltura	codice GIS	descrizione uso del suolo rilevato
PROTEICHE	206	FAVE E FAVETTE
	207	LUPINI
	204	PISELLI

Soprattutto per le fave/favette la risposta spettrale può assumere diverse tonalità di rosso (da chiaro a vinaccia). In taluni casi è possibile associare alla tessitura disomogenea della canopy la terza dimensione colturale, come effetto ottico sull'immagine 2D.

Provincia	Immagine autunnale	Immagine primaverile	Immagine estiva
-----------	--------------------	----------------------	-----------------

versione 1.0 - bozza		Pagina 47 di 69
----------------------	--	-----------------

FG Fave e favette	 IRS p6 04/12/2005	 Ikonos 20/05/2006	 SPOT 2/5 19-21/07/2006
TR favette	 Raccolto – 22/06/07	 Ikonos 21/04/07	

**SUPERFICI NON SEMINABILI**

<b>SUPERFICI NON SEMINABILI</b>	690	ACQUE
	770	AREA NON PASCOLABILE
	660	FABBRICATO GENERICO - STRADA - SERRE FISSE
	652	INCOLTI STERILI PASCOLABILI

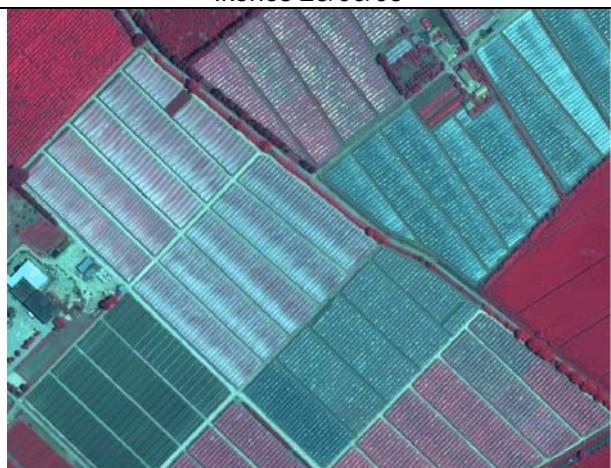
<i>Provincia Coltura</i>	
PG Cod.690 superfici idriche artificiali	 Ikonos 28/06/05
BN  Cod. 770 area non pascolabile (calanco)	 Ikonos 18-20/05/2006

PG  
Cod. 660 Fabbricato generico- strada



Ikonos 28/06/05

SA  
660 Fabbricato generico- strada  
serre fisse



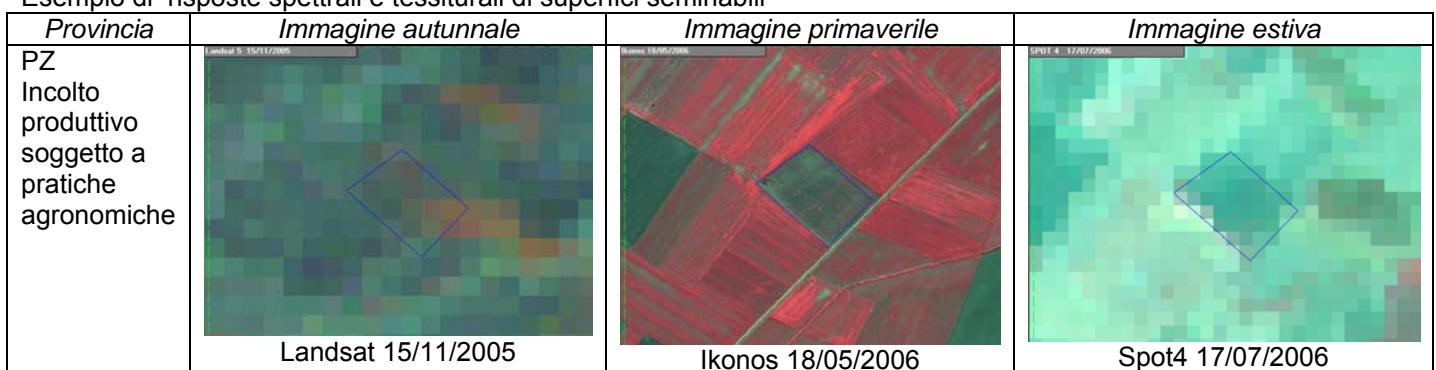
QuickBird 25/07/2005

**SUPERFICI SEMINABILI**

<b>gruppo coltura</b>	<b>codice GIS</b>	<b>descrizione uso del suolo rilevato</b>
<b>SUPERFICI SEMINABILI</b>	102	INCOLTO PRODUTTIVO NON SOGGETTO A PRATICHE AGRONOMICHE A BASSO IMPATTO OBBLIGATORIE
	100	INCOLTO PRODUTTIVO SOGGETTO A PRATICHE AGRONOMICHE A BASSO IMPATTO
	99	LAVORAZIONI MECCANICHE PROFONDE SU TERRENI A RIPOSO - DOPO IL 15 LUGLIO
	98	LAVORAZIONI MECCANICHE PROFONDE SU TERRENI A RIPOSO - PRIMA DEL 15 LUGLIO
	96	MISCUGLIO DI SORGO GIRASOLE MAIS (COLTURE A PERDERE PER LA FAUNA)
	101	PASCOLAMENTO BOVINO SU INCOLTO PRODUTTIVO
	97	PRATICA DEL SOVESCIO, CON SPECIE DA SOVESCIO O PIANTE BIOCIDE

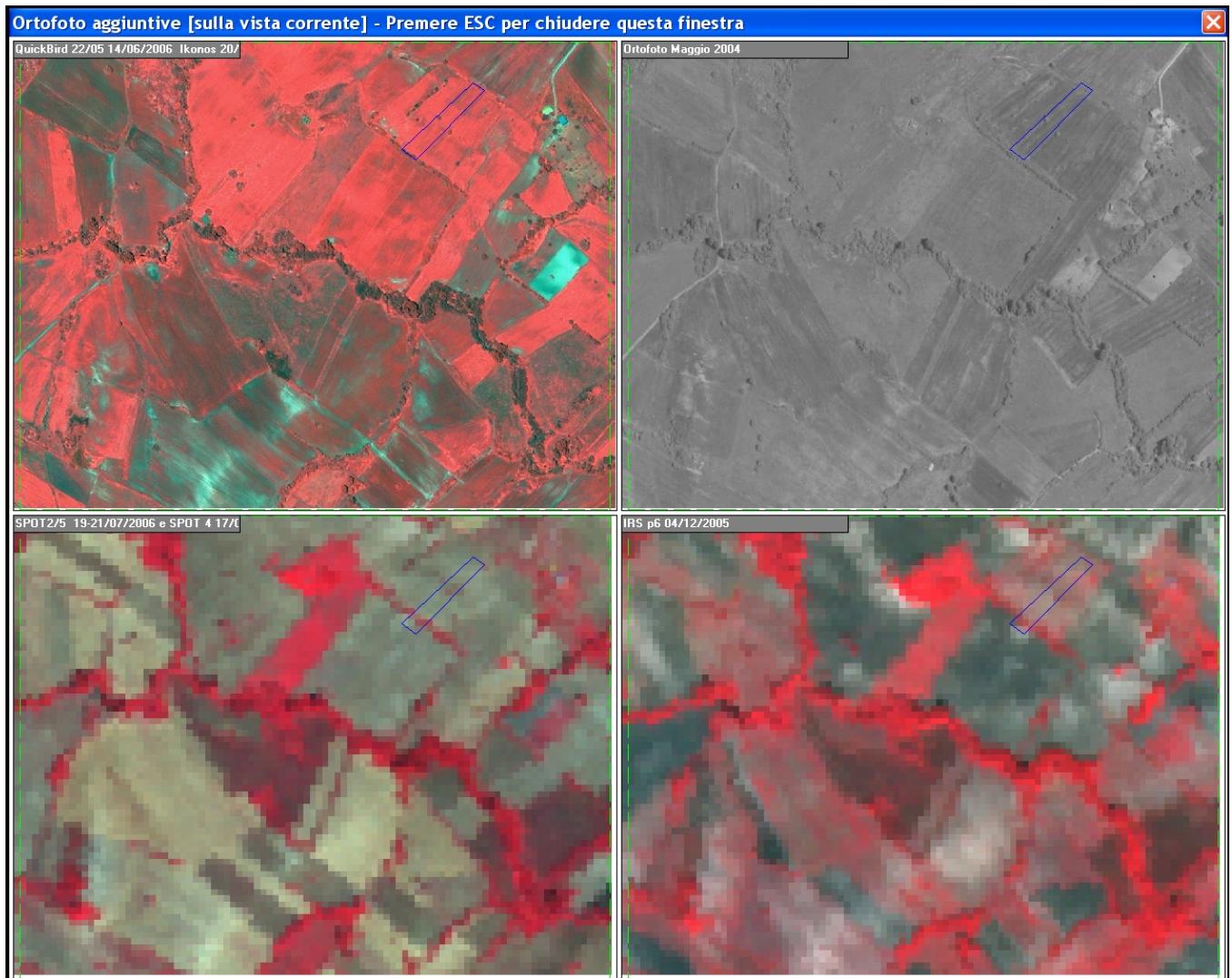
Appartengono a questa classe superfici non facilmente riconducibili ad uno schema come è stato fatto per le colture precedentemente descritte. Il fotointerprete dovrà per questa classe, in funzione della coltura dichiarata, analizzare tutte le immagini a disposizione, VHR e HR. Oltre a cercare le risposte spettrali e tessiturali di possibili superfici seminabili occorrerà cercare gli elementi antropici-agronomici (ad esempio presenza di terreno lavorato o inerbimento nelle date stabilite) volti a confermare o meno la presenza della classe.

Esempio di risposte spettrali e tessiturali di superfici seminabili

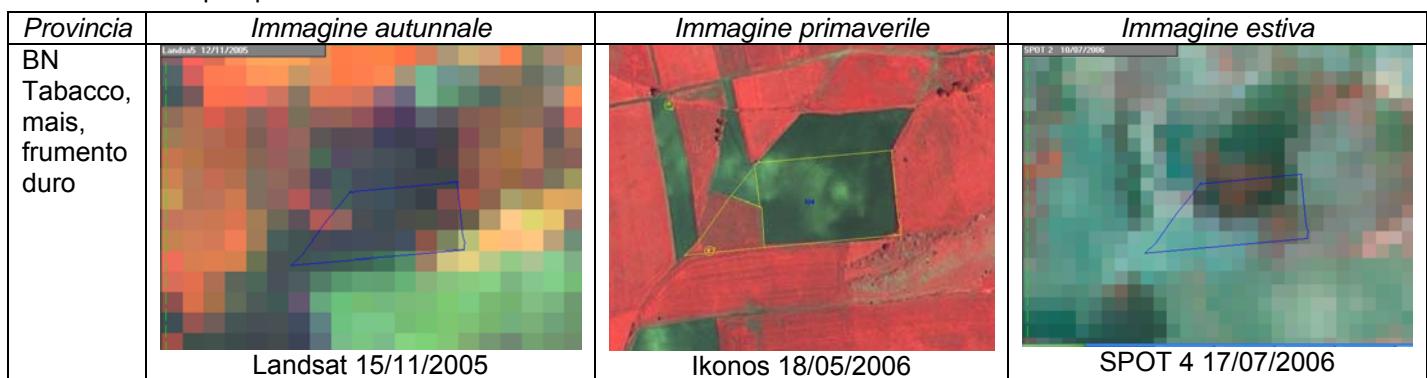


**ALCUNI CASI ESEMPLIFICATIVI**

Nell'immagine successiva si nota la differente risposta spettrale degli erbai, nella parte nord, caratterizzati da un rosso brillante intenso, compatto e più uniforme rispetto al frumento duro, presente nella parte sud, caratterizzato da un rosso più cupo con zone a tonalità verde che evidenziano sia aree a maturazione raggiunta sia aree con minor densità della coltura. Si noti il corretto andamento fenologico delle colture sulle altre due finestre temporali di immagini HR; l'ortofoto in B/N, viene invece usata come dato ancillare storico d'archivio per supportare eventuali dubbi di utilizzazione del suolo.



Le immagini successive consentono il confronto tra le immagini multitemporali, l'uso del suolo riportato a video e la foto di campo ripresa da nord-ovest



Ulteriori esempi sull'uso di immagini satellitari (e multitemporali) per consentire il riconoscimento delle varie colture presenti nel passaggio primavera - estate.

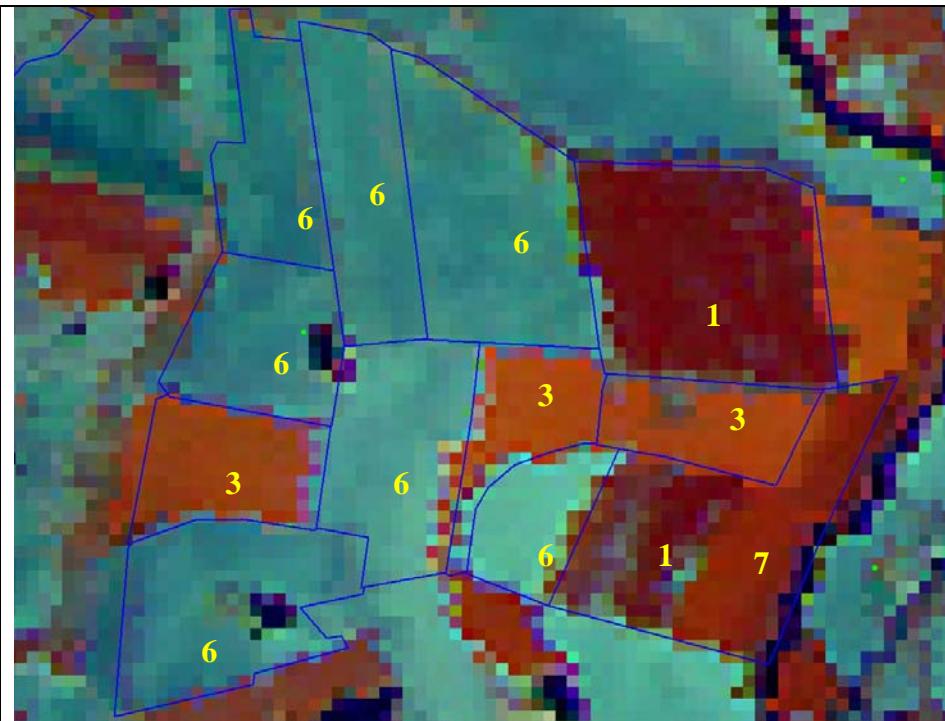


Immagine HR Landsat del 02/05/2005

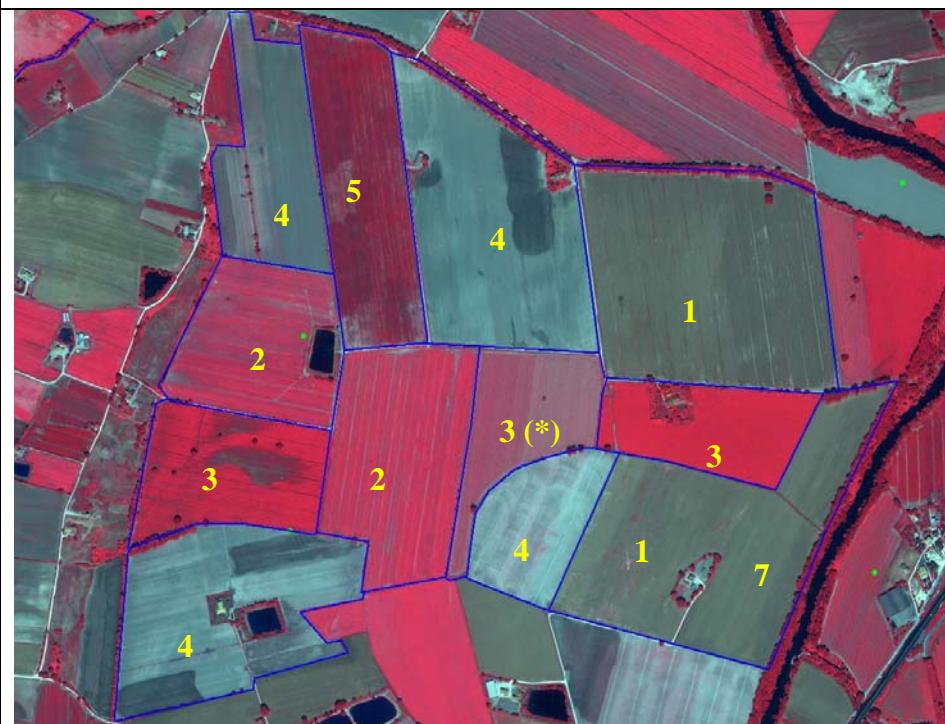


Immagine Ikonos del 28/06/05



VHR estiva (Quickbird 0,6m) – provincia di Ravenna: buona distinzione spettrale tra mais (rosso cupo), barbabietola (rosso vinaccia) e prato poliennale (rosso vivo)



VHR estiva (Quickbird) – stessa distinzione colturale con ben evidenti zone danneggiate da ristagno e deflusso idrico, in zone con e senza presenza di scoline (Condizionalità- BCAA)

### **Fotointerpretazione delle Norme di Condizionalità (BCAA)**

Una certa percentuale delle particelle da fotointerpretare è soggetta non solo al controllo di Ammissibilità delle colture presenti, ma anche al controllo del rispetto delle norme di Condizionalità relative alle Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA).

Questo tipo di controllo è assai importante, poiché quando viene accertato il mancato rispetto di una norma di Condizionalità l'amministrazione pratica una decurtazione di parte del premio da corrispondere al produttore.

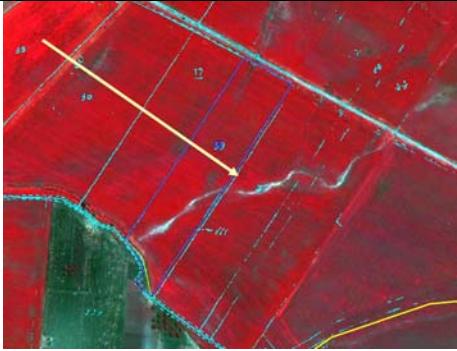
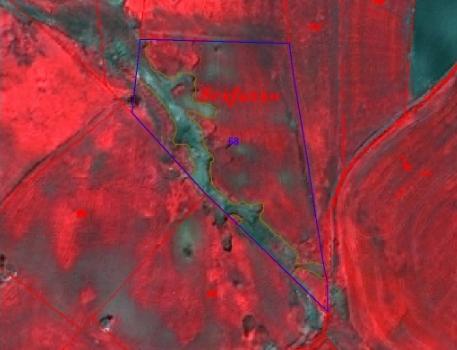
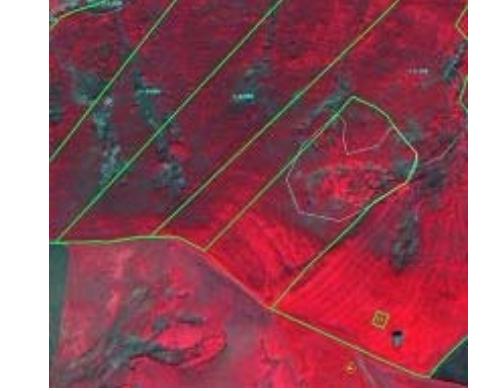
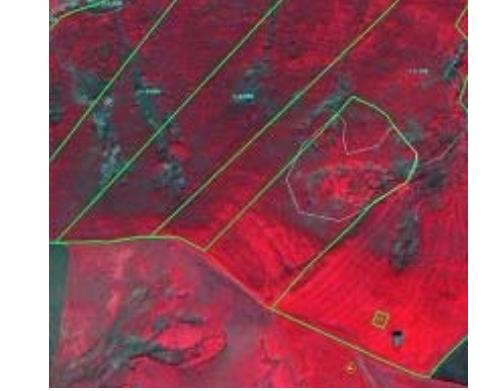
La tabella successiva riporta le varie norme di condizionalità con le seguenti indicazioni:

- applicabilità, ovvero per quali colture/usi del suolo è obbligatorio il rispetto della norma;
- modalità di individuazione dell'eventuale trasgressione della norma in fotointerpretazione;
- Interventi mitiganti che, pur in presenza di fenomeni che comporterebbero il non rispetto della norma, rendono rispettata la norma stessa.

Norma BCAA	TITOLO	APPLICABILITÀ'	INDIZI VISIBILI DI MANCATO RISPETTO	INTERVENTI MITIGANTI VISIBILI
<b>1.1 EROSIONE DEL SUOLO</b>	interventi di regimazione temporanea delle acque superficiali di terreni in pendio	superfici a seminativo, esclusi i terreni a set-aside (ad eccezione del set-aside no-food): seminativi autunno-vernni e primaverili, erbai annuali, ortaggi, terreni arati o lavorati recentemente	presenza di solchi naturali di incisione delle acque superficiali, mancata crescita della coltura, zone di distacco e/o accumulo di terreno, affioramento del substrato roccioso, frane	esecuzione di solchi acquai o fasce inerbite di larghezza $\geq 3$ m, con andamento livellare o trasversale alla max. pendenza a distanza reciproca non superiore ad 80 m
<b>2.1 GESTIONE DELLE STOPPIE</b>	gestione delle stoppie e dei residui vegetali	superfici a seminativo in produzione e a set-aside obbligatorio o volontario: seminativi autunno-vernni e primaverili, erbai annuali, ortaggi, terreni arati o lavorati recentemente, pascolo – foraggere pluriennali, terreno incolto o inerbito sfalcato o meno	presenza sull'immagine estiva di aree incendiate	nessuno
<b>3.1 RETE DI SGRONDO</b>	mantenimento in efficienza della rete di sgrondo per il deflusso delle acque superficiali	intera superficie agricola aziendale. seminativi autunno-vernni e primaverili, erbai annuali, ortaggi, terreni arati o lavorati recentemente, pascolo – foraggere pluriennali, terreno incolto o inerbito sfalcato o meno, colture permanenti, boschi, pioppieti	presenza di aree allagate, mancata crescita della coltura a seminativo in aree pianeggianti e/o depresse	rete di sgrondo efficiente (fossi, scoline e canali collettori), baulatura dei terreni
<b>4.1 PASCOLO PERMANENTE</b>	protezione del pascolo permanente	superfici a pascolo permanente seminato e/o spontaneo: pascolo – foraggere pluriennali, terreno incolto o inerbito sfalcato o meno	presenza di altro uso del suolo, di lavorazione meccanica, di eccessivo carico di bestiame	nessuno
<b>4.2 SET-ASIDE</b>	gestione delle superfici ritirate dalla produzione	superfici soggette a set-aside obbligatorio: terreni arati o lavorati recentemente, terreno incolto o inerbito sfalcato o meno	lavorazioni meccaniche del terreno, sfalci in epoche non consentite (verificare deroghe)	nessuno
<b>4.3 MANUTENZIONE OLIVETI</b>	manutenzione degli oliveti	oliveti (anche piante sparse)	assenza di potatura pluriennale, presenza di rovi e cespugli	nessuno
<b>4.4 MANTENIMENTO DEL PAESAGGIO</b>	mantenimento degli elementi caratteristici del paesaggio	intera superficie agricola aziendale	presenza di terrazzamenti eliminati o degradati	nessuno

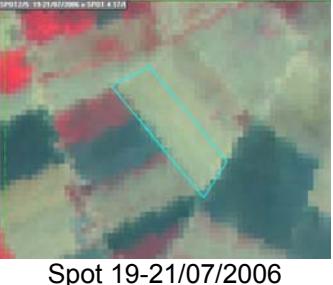
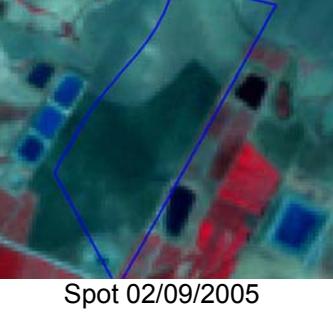
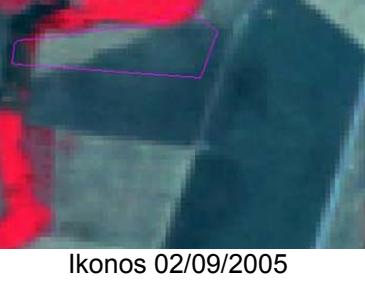
## ESEMPI DI VIOLAZIONI DELLE NORME DI CONDIZIONALITA' BCAA

### Esempio 1: trasgressione della norma 1.1

Provincia	Quickbird 25/04/2005	Quickbird 05/05/2005
Catania e Enna  Esempi di erosione lineare e frana di scivolamento su campi di frumento		
Caltanissetta  Erosione lineare e diffusa in aree a seminativo (frumento e foraggiere)		
Grosseto  Erosione, soliflussione e frane superficiali in zone a seminativo		
Enna  Smottamenti, lineari e diffusi su campi di frumento		
Esempi di mitigazione	Quickbird 20/06/2006	Quickbird 05/05/2005



### Esempio 2: trasgressione della norma 2.1

Provincia	Immagine primaverile	Immagine estiva	Immagine tardo estiva
Foggia Bruciatura delle stoppie	 Ikonos 20/05/2006	 Spot 19-21/07/2006	 SPOT 5 02/09/2006
Catania Bruciatura residui colturali	 Quickbird 08/05/2005	 Spot 26/06/2006	 Spot 02/09/2005
Catania Bruciatura residui colturali	 Quickbird 08/05/2005	 Ikonos 27/06/2005	 Ikonos 02/09/2005

**Esempio 3: trasgressione della norma 3.1**

Provincia	Immagine VHR
<p>Torino</p> <p>Ristagno idrico facilmente riscontrabile senza presenza evidente di scoline efficaci</p>	 <p>Ikonos 13-24/06/2006</p>
<p>Grosseto</p> <p>Ristagno idrico evidente pur in presenza di un sistema di scoline (la strada impedisce il corretto deflusso delle acque)</p>	 <p>QuickBird 20/06/2006</p>



**Esempio 4: trasgressione della norma 4.1**

<i>Provincia</i>	<i>Immagine VHR</i>
Grosseto  Lavorazioni vietate su aree a pascolo (si noti la rimozione del cotico erboso di superficie)	 QuickBird 20/06/2006

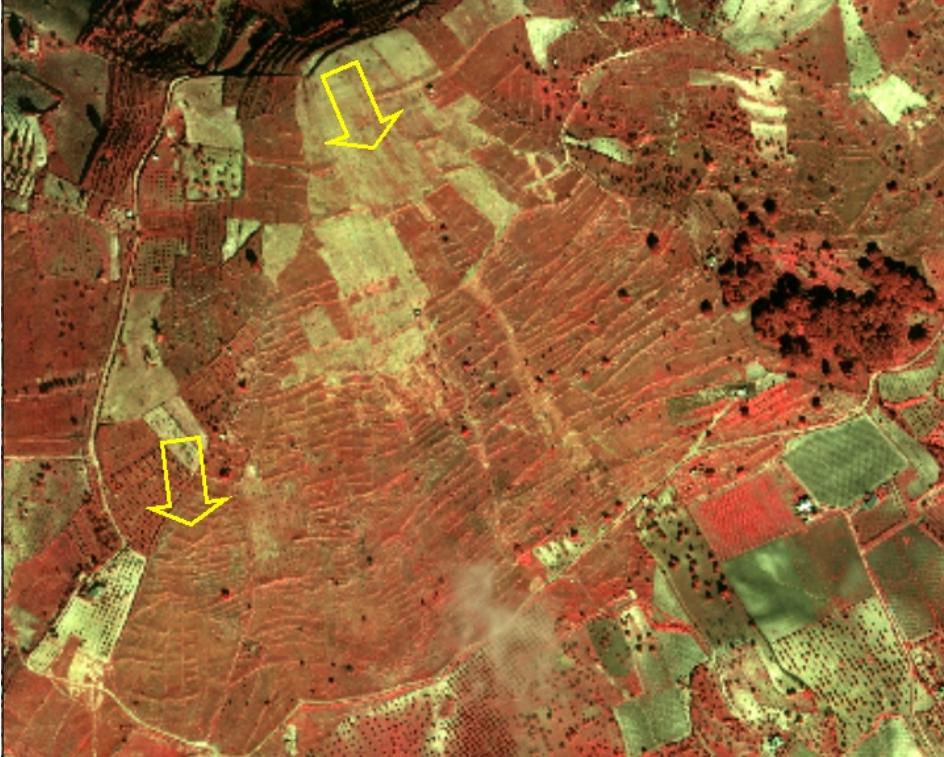
**Esempio 5: trasgressione della norma 4.2**

<i>Provincia</i>	<i>Immagine VHR</i>
Grosseto  Esempio di evidenza degli sfalci, anche parziali su aree non seminative (pascolo e/o set-aside).	 <p>QuickBird 20/06/2006</p>

**Esempio 6: trasgressione della norma 4.3**

Provincia	Immagine VHR
Potenza Vegetazione infestante In oliveto, in evidente fase di abbandono	 Ikonos 18/05/2006
Grosseto Oliveto in abbandono parziale; appare evidente la fase di ingressione della vegetazione spontanea	 Quickbird 20/06/2006

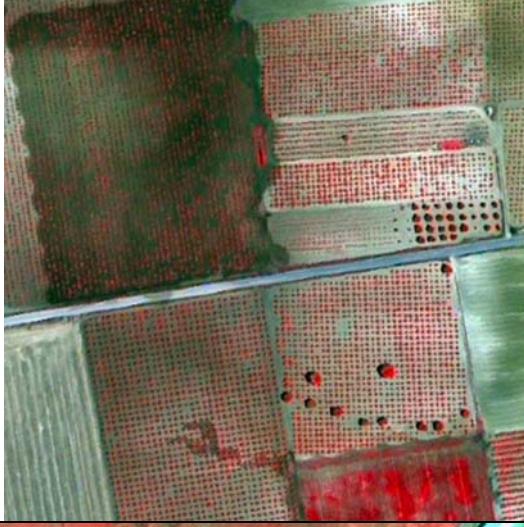
**Esempio 7: trasgressione della norma 4.4**

Provincia	Immagine VHR
Agrigento  Terrazzamenti Degradati, in fase di progressivo abbandono ed erosione	 <p>Quickbird aprile 2004</p>
Agrigento  Terrazzamenti Attivi, in fase di abbandono e ormai abbandonati (quest'ultimi con terreno in frana)	 <p>Quickbird aprile 2004</p>

***Individuazione degli edifici rurali, delle opere strutturali e delle discariche, per la valutazione dei rischi ambientali nelle aree protette Natura 2000***

Gli esempi che seguono danno un'idea del tipo di informazione tematica deducibile, relativamente a potenziali elementi inquinanti o di degrado ambientale, nei paesaggi agronomici delle zone protette.

Tipologia di identificazione	Immagine VHR
Capannone in costruzione. Si notino le due zone più scure di probabile accumulo o discarica di materiali	
Edificio industriale o commerciale. Si notino le superfici intorno all'edificio di alta riflettanza per il passaggio continuo dei mezzi meccanici	
Fabbricato agricolo con pertinenze. Si notino le due zone di accumulo di materiale (da verificare in situ). Una terza area sospetta è visualizzabile a destra, anche attraverso le tracce camionabili	

Azienda agricola con stalla annessa. Si notino i solchi acquai che si dirigono pericolosamente verso il fosso, partendo dalle pertinenze della stalla	
Zone a vigneto ad alberello. Si notino le differenze tra i campi irrigati (più scuri) e non e l'acqua in eccesso	
Solco erosivo in espansione non controllata su seminativo. A destra stalla con aree di pertinenza con anomalie di risposta spettrale (da verificare in situ).	

<p>Cava di calcare senza più evidenza diretta di estrazione, con presenza di accumuli di inerti</p>		
<p>Azienda agricola. Le aree con evidente assenza o anomalia culturale non sono dovute a fenomeni di ristagno idrico (Condizionalità BCAA), ma essenzialmente alla diversa granulometria dei sedimenti di un paeoalveo fluviale</p>		
<p>Discarica su parcella non più coltivata. Zona a rischio in quanto in prossimità di un canale collettore di un bacino idrico ad uso irriguo. Da verificare in situ.</p>		

<p>Edifici probabilmente adibiti ad allevamento, circondati da vegetazione protettiva. Si noti presenza di scarichi (liquami?) su terreno libero</p>		
<p>Zone con evidenza di ricovero per bestiame. Il suolo senza più vegetazione e le zone scure evidenziano possibili liquami dispersi al suolo</p>		

## BIBLIOGRAFIA

- G. Chirici, P. Corona – Utilizzo di immagini satellitari ad alta risoluzione nel rilevamento delle risorse forestali – Aracne edizioni - Regione Lazio, Dir. Regionale Agricoltura
- A cura di: Maria Antonietta Dessenà, Maria Teresa Melis – Telerilevamento Applicato –Mako edizioni –AIT (Associazione Italiana Telerilevamento)
- M. Gomarasca – Elementi di Geomatica – AIT (Associazione Italiana di Telerilevamento)
- W.G. Rees Physical principles of remote sensing . Cambridge University press- Cambridge (UK)