

TOP SECRET

Telerilevamento

- Definizione
 - “Il telerilevamento è un insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi che consentono di ottenere informazioni qualitative e quantitative sugli oggetti senza entrare in contatto con essi”.

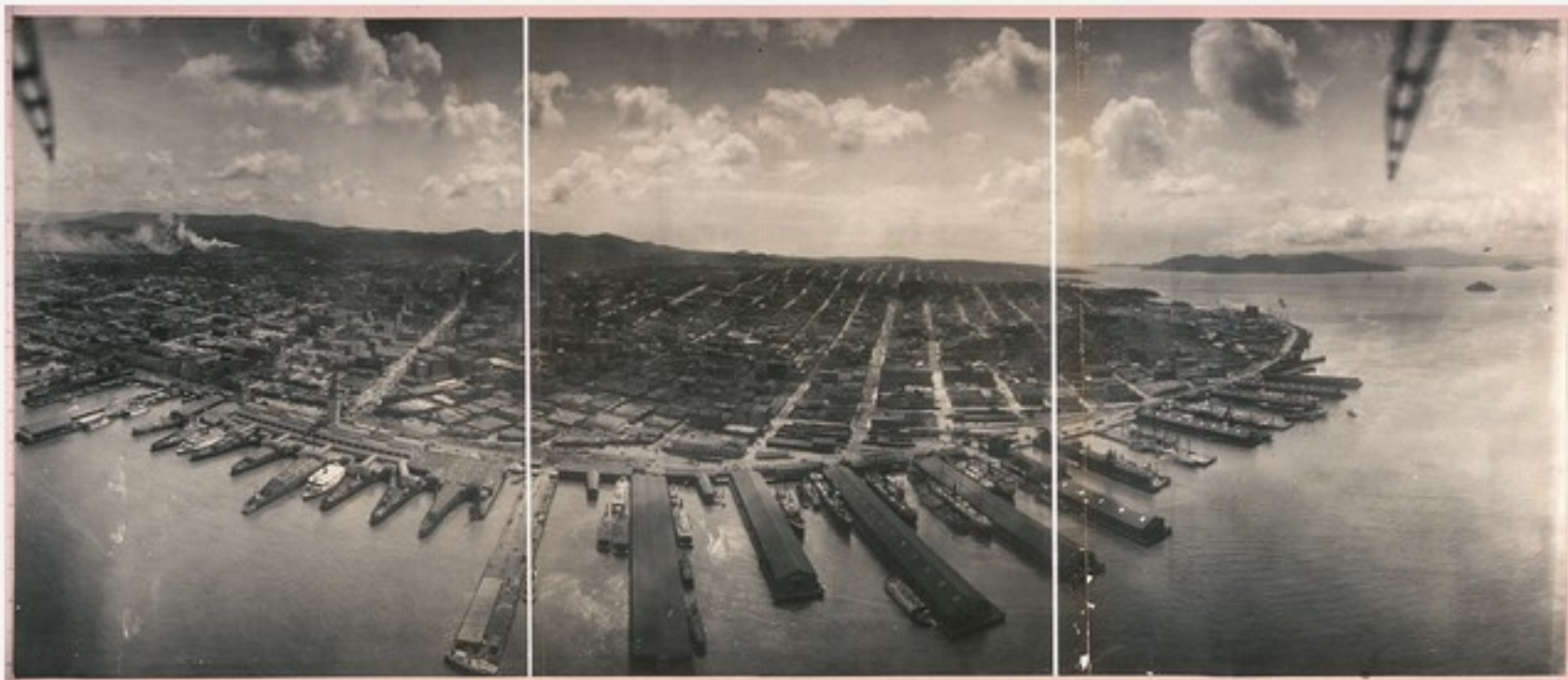


Figura 3.2.2 Félix Tournachon, detto Nadar che nel 1856 attrezzò un pallone ed effettuò le prime riprese stereoscopiche aeree a Parigi.

La prima fotografia aerea superstite è una foto di Boston scattata nel 1860 da una mongolfiera, da circa 630 metri di altezza.



Circa 20 anni più tardi, un paio di fotografi intraprendenti hanno cominciato a scattare foto con macchine fotografiche fissate agli aquiloni—il primo volo senza pilota. Di solito, per riuscire a sollevare la pesante attrezzatura fotografica dovevano legare insieme numerosi aquiloni.



Immagini di San Francisco scattate da un aquilone dopo il terremoto del 1906, realizzate dal famoso e mostruosamente ricco fotografo George Lawrence. Via [Library of Congress](#)

Nel 1903, un fotografo europeo ideò delle macchine fotografiche da far trasportare ai piccioni viaggiatori. Erano impostate in modo tale da scattare foto in automatico durante il volo degli animali. Il Corpo dei Piccioni Bavaresi ha raccolto informazioni di spionaggio molto utili, fino a quando le truppe nemiche non li hanno tirati giù a colpi di fucile per arrostarli.



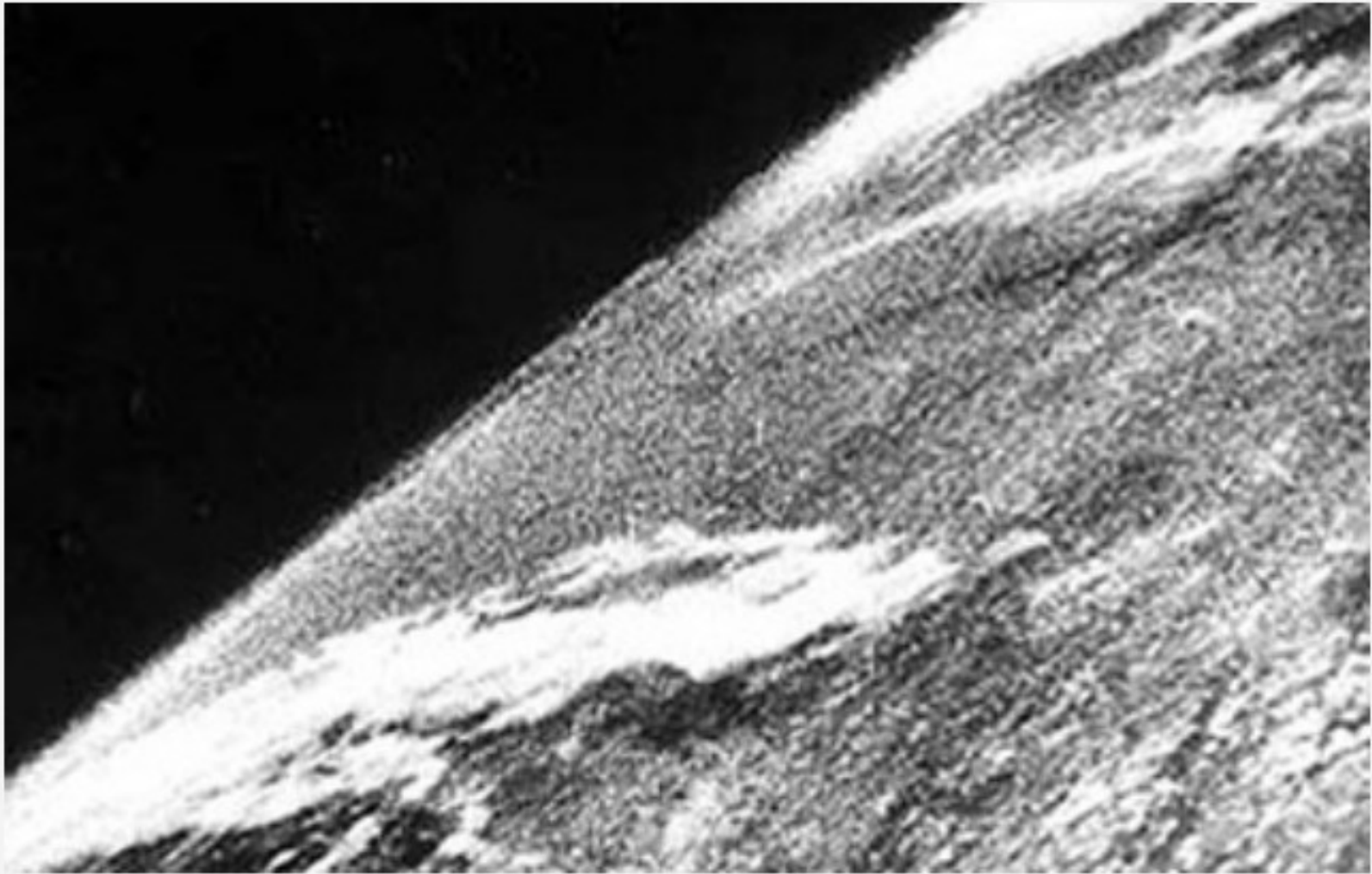
Foto aeree di Schlosshotel Korenberg e Francoforte, datate intorno al 1900. Via [Wikimedia](#)

Con la Seconda guerra mondiale, i militari hanno iniziato a utilizzare aerei più piccoli e veloci per la sorveglianza, e in tandem, la tecnologia delle fotocamere è migliorata in modo da potere scattare foto a velocità e altitudini maggiori e ottenere informazioni più preziose. Le truppe alleate si sono affidate moltissimo alle immagini aeree per pianificare lo sbarco in Normandia durante il D-Day.



Veduta aerea di Omaha Beach, Normandia, Francia, scattata il 6 giugno 1944. Via Wikimedia

Quando ci siamo stancati della vista dalla stratosfera, siamo saliti ancora più in alto. Le prime foto scattate dallo spazio sono state realizzate da razzo sub-orbitali a metà degli anni Quaranta. Sono state prese da 105 chilometri di altitudine—ben cinque volte più in alto rispetto al passato.

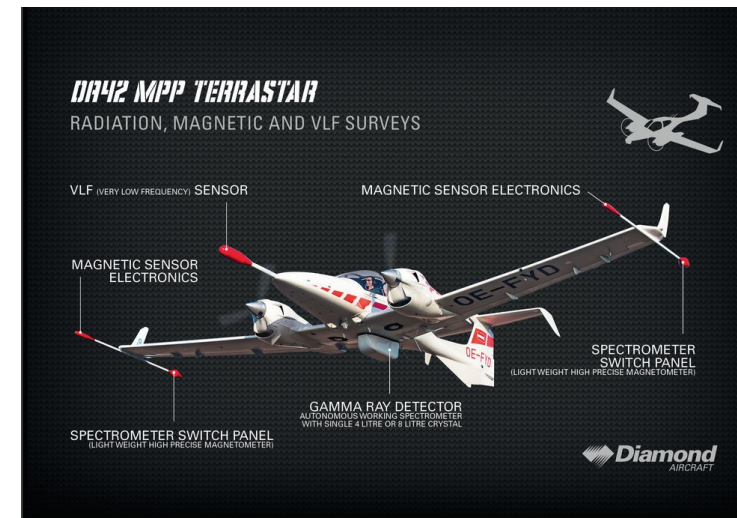
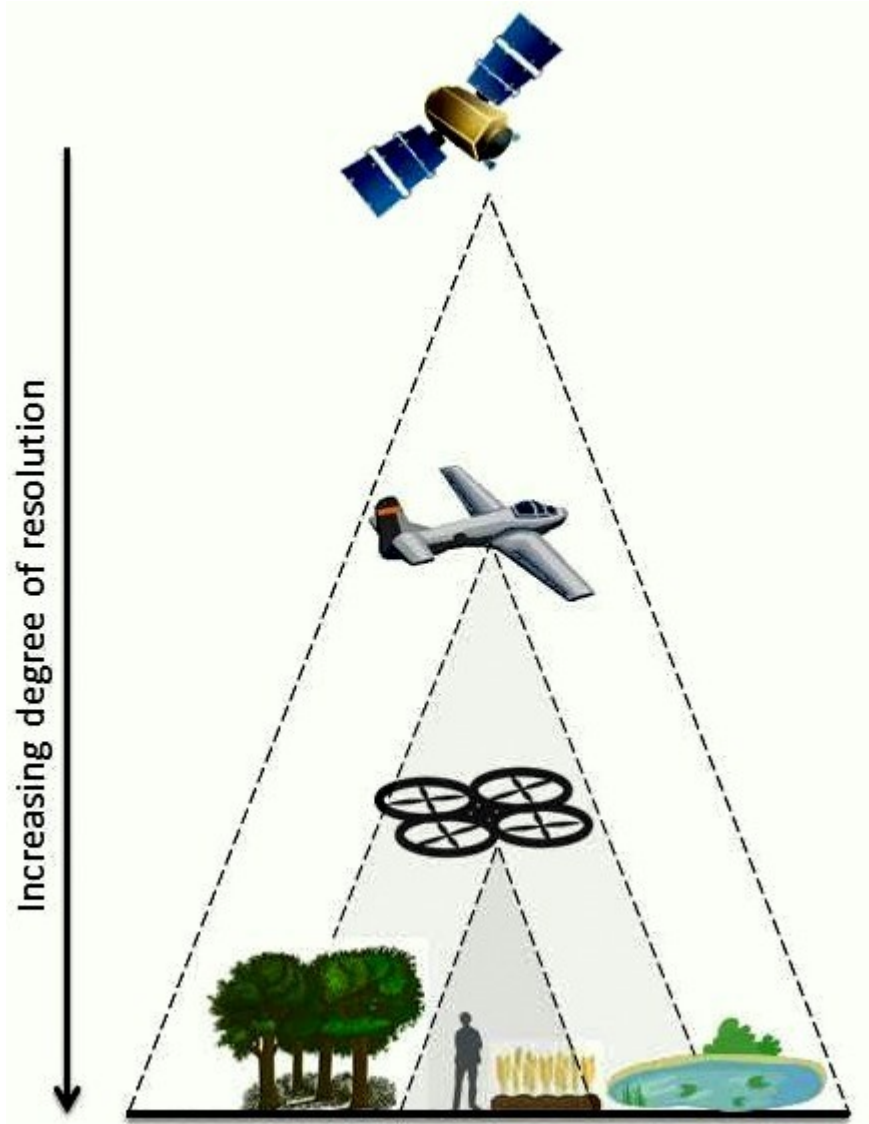


Prima foto dallo spazio, 1946. Via [Wikimedia](#)

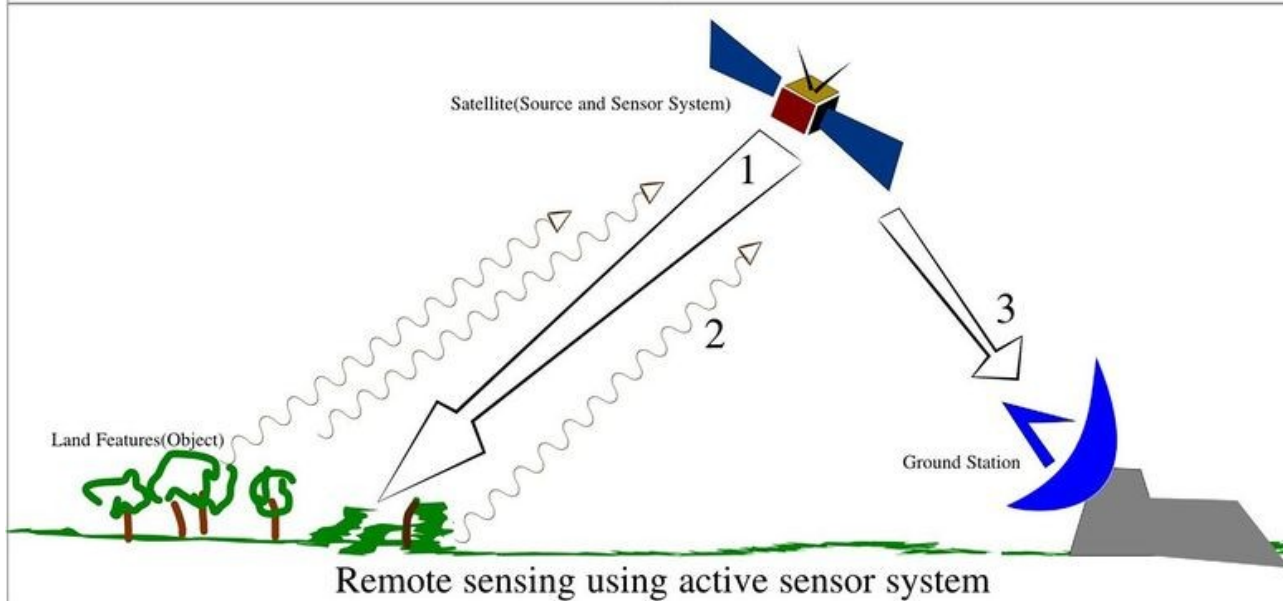
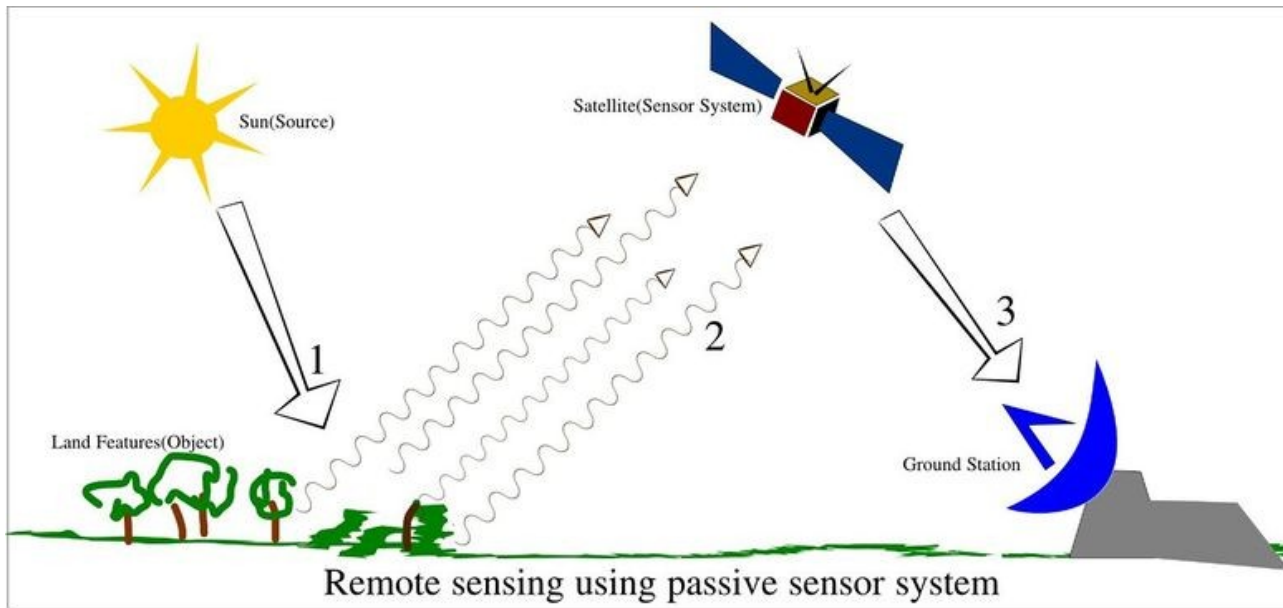
Gli strumenti del telerilevamento

- Piattaforme
 - Terrestri
 - Aeree
 - Satellitari
- Sensori
 - Attivi (vedi LIDAR lezione DEM)
 - Passivi
 - Fotografici
 - A scansione

Piattaforme telerilevamento



Sensori attivi e passivi



Sensori di (tele)rilevamento

Le macchine fotografiche. Le macchine fotografiche possono essere considerate i veri precursori dei sistemi moderni di Telerilevamento, i cui inizi si fanno risalire ai primi esperimenti di Daguerre e Nièpiece.

Per sistema fotografico s'intende un insieme strumentale comprensivo di: ottica, camera, pellicola e sviluppo, con lo scopo di acquisire e produrre immagini, che per gli studi di Telerilevamento hanno importanza sia dal punto di vista delle informazioni geometriche che una fotografia può dare, sia dal punto di vista del colore e quindi delle informazioni



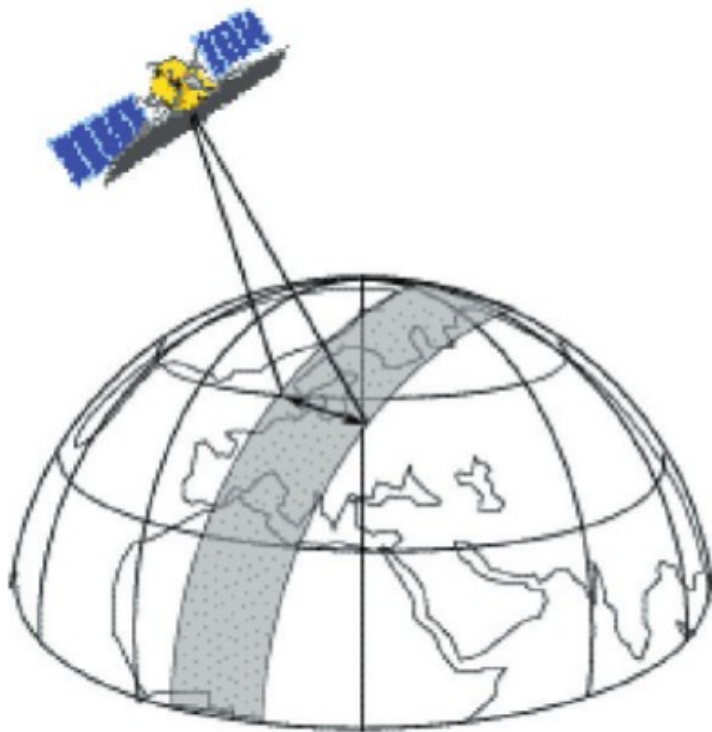


Figura 3.2.18 Gli scanner montati sui satelliti effettuano rilevamenti secondo strisciate, composte da un insieme di linee successive, che vengono poi suddivise in scene

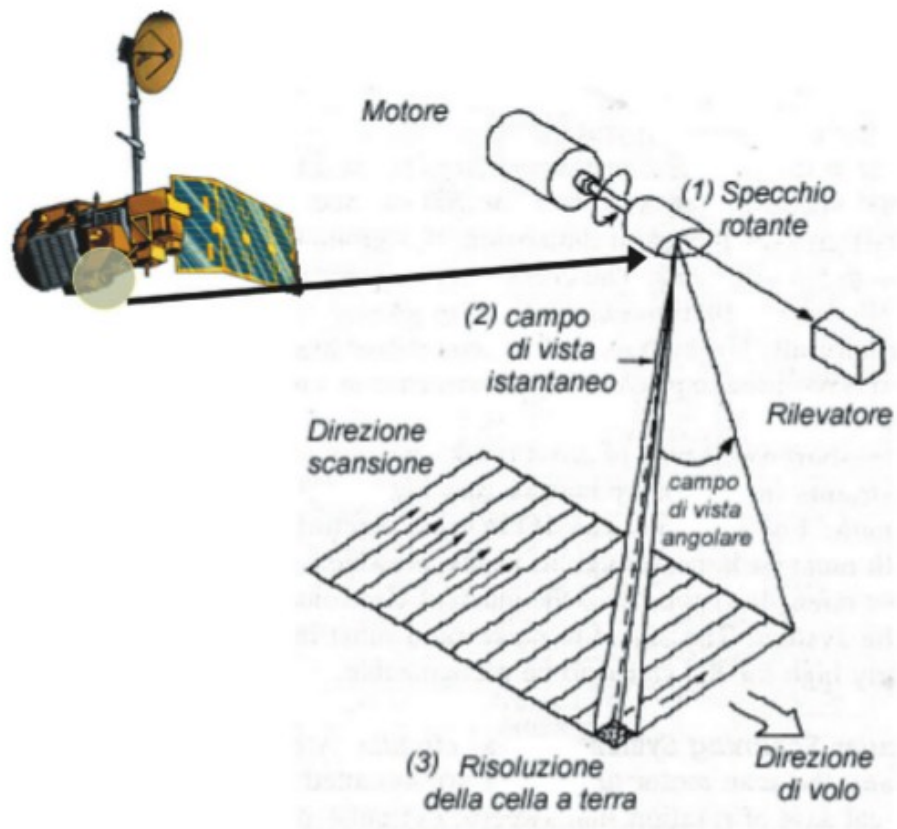
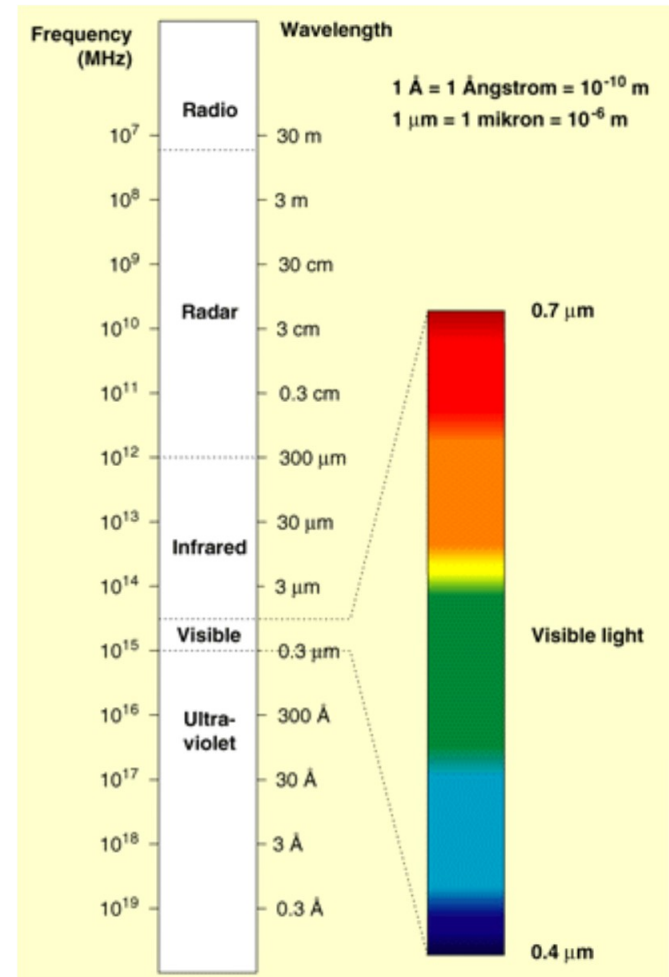


Figura 3.2.19 Scanner CROSS-TRACK, montato sui satelliti LANDSAT.

Onde elettromagnetiche

- Qualunque superficie esterna di un corpo, a temperatura superiore allo zero assoluto emette radiazioni elettromagnetiche proprie che dipendono dalla temperatura del corpo e dalla natura della superficie.



Onde elettromagnetiche

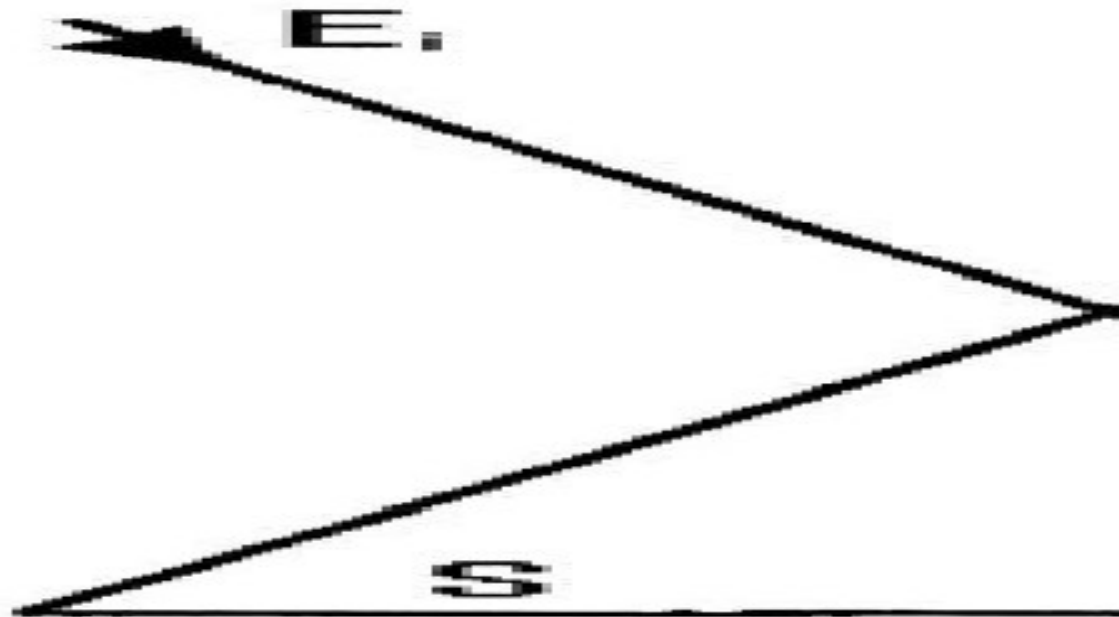


Fig. n. 1.3

- E_i = l'energia incidente sulla superficie S
- E_r = l'energia riflessa dalla superficie S
- E_a = l'energia assorbita dalla superficie S
- E_t = l'energia trasmessa dalla superficie S

Onde elettromagnetiche, immagini e percezione

Un'immagine può infatti essere scomposta, attraverso filtri o altre tecniche, in questi colori base che miscelati tra loro danno quasi tutto lo spettro dei colori visibili, con l'eccezione delle **porpore**.

Più specificamente i 3 colori principali corrispondono a forme d'onda (radiazioni luminose) di periodo fissato, quali:

- *Rosso*, con una lunghezza d'onda di 700,47 nm
- *Verde*, con una lunghezza d'onda di 546,09 nm
- *Blu*, con una lunghezza d'onda di 455,79 nm

L'RGB è un modello additivo: unendo i tre colori con la loro intensità massima si ottiene il bianco (tutta la luce viene riflessa). La combinazione delle coppie di colori dà il **ciano**, il **magenta** e il **giallo**.



Per poter trasferire un'immagine video è necessario inviare anche un segnale di sincronismo che fornisca le informazioni su quando inizia un'immagine (**sincronismo verticale**) e su quando inizia una riga dell'immagine (**sincronismo orizzontale**). Questi due sincronismi possono essere combinati in un unico sincronismo (**sincronismo composito**)

La scelta dei colori primari è correlata alla fisiologia dell'occhio umano; i colori primari sono stimoli che massimizzano la differenza tra le risposte delle **cellule cono** della **retina** alle differenze di lunghezza d'onda della luce, cioè hanno un **triangolo di colore** esteso.^[1]

I tre tipi normali di **cellule fotorecettive** sensibili alla luce nell'occhio umano (le cellule cono) rispondono più alla luce rossa (lunghezza d'onda lunga), verde (media), e blu (corta), con picchi vicini ai 570 nm, 540 nm e 440 nm, rispettivamente^[1]. La differenza nei segnali ricevuti dai tre tipi permette al cervello di differenziare un largo **gamut** di colori diversi, essendo più sensibile soprattutto alla luce verde-giallognola e alle differenze di **tonalità** nella regione verde-arancione.

RGB



R



Red



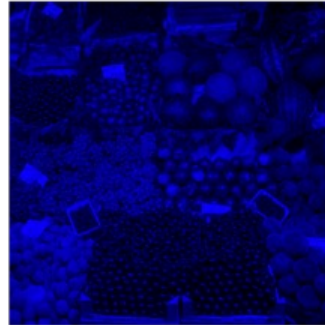
G



Green



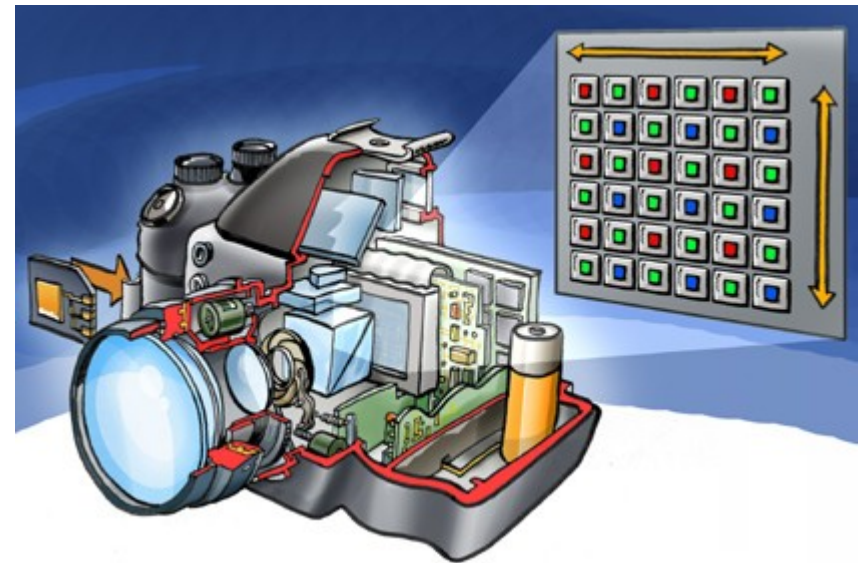
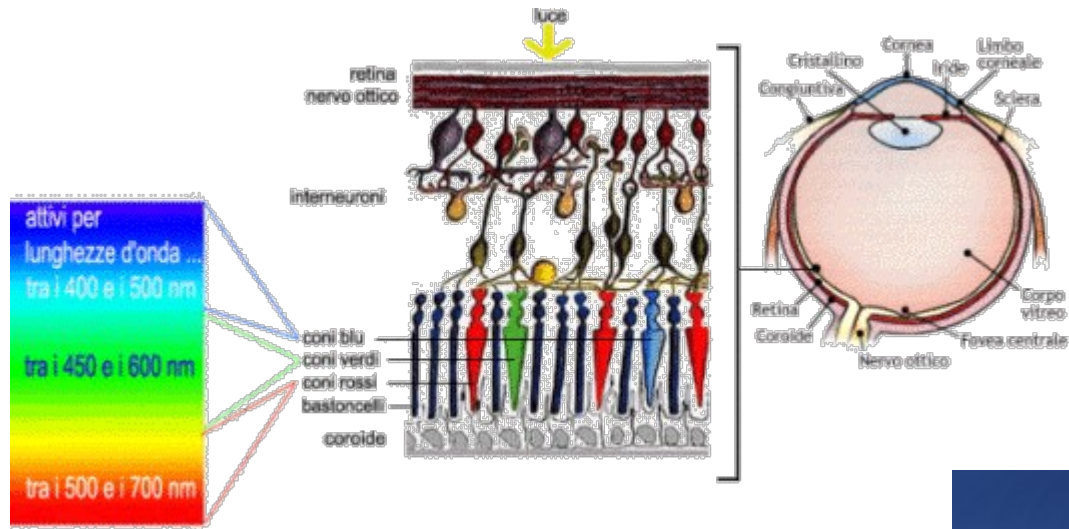
B



Blue

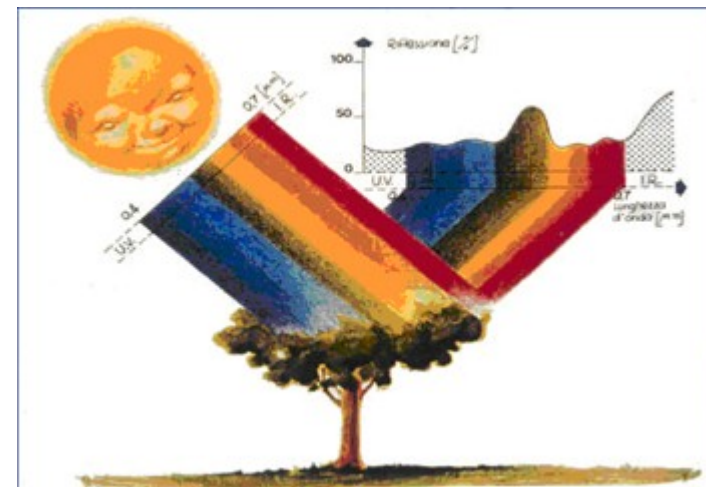
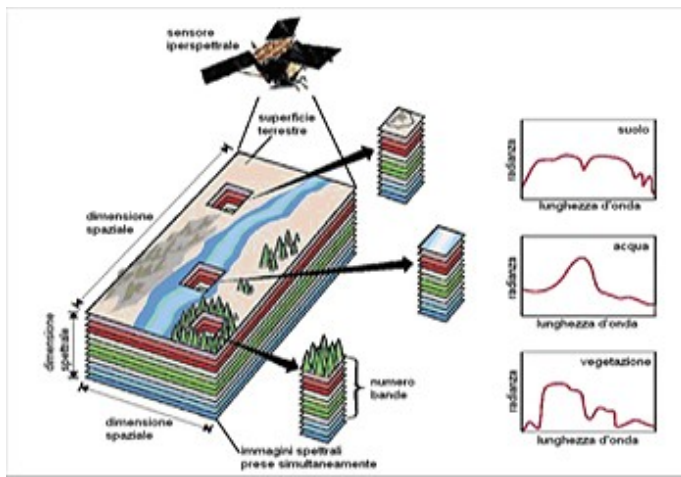


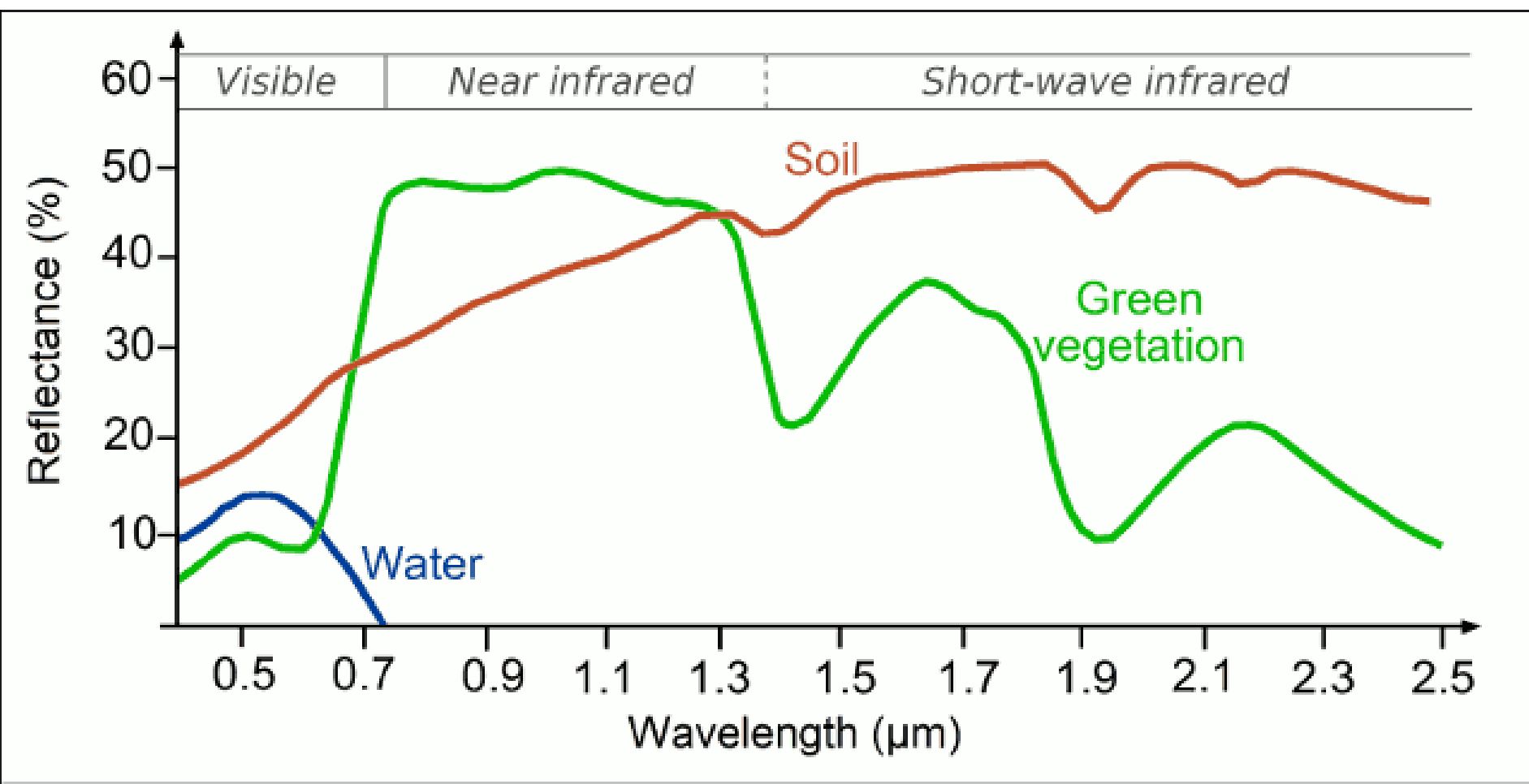
Bande elettromagnetiche, occhio e sensori

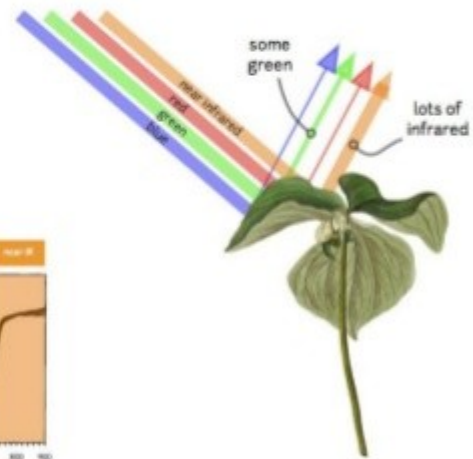
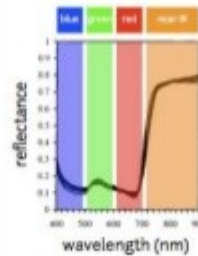
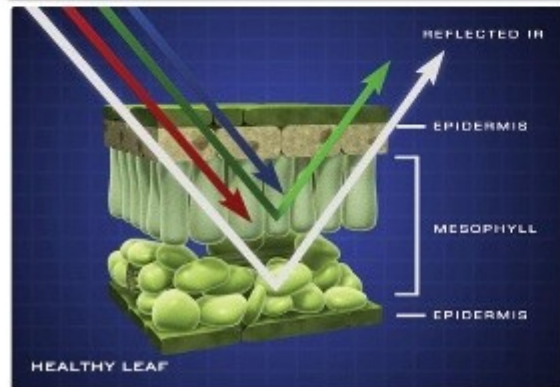
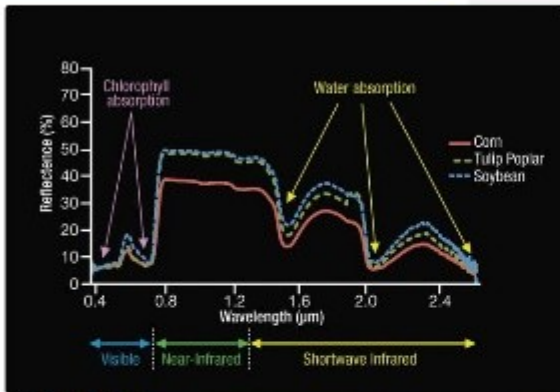


Il concetto di firma spettrale

- La firma spettrale è una caratteristica che ogni materiale ha, ed è specifica per ogni combinazione di riflessi e assorbimenti delle radiazioni elettromagnetiche (EM) a diverse lunghezze d'onda.
- Conoscendo la firma spettrale di un oggetto, è possibile identificarlo univocamente.

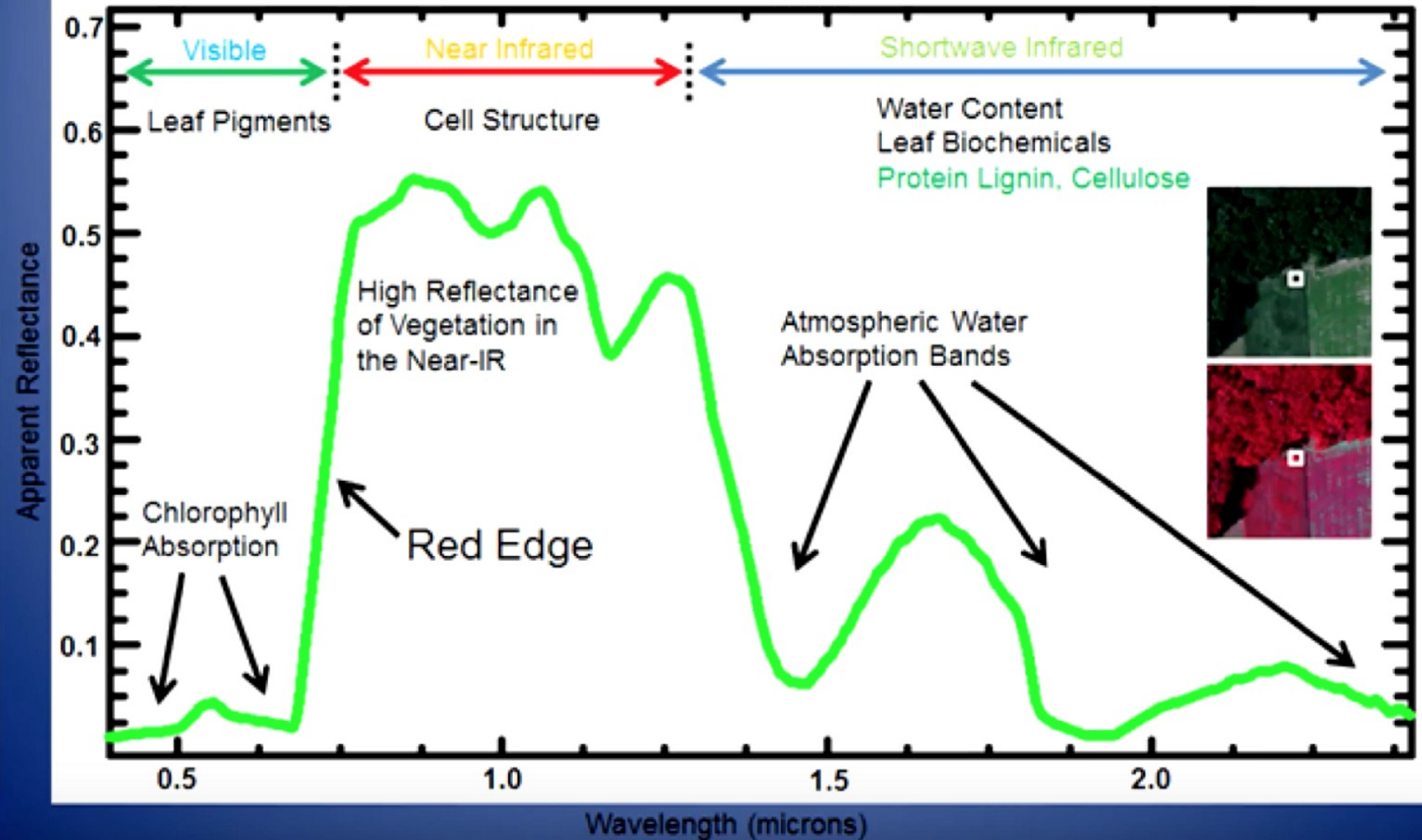




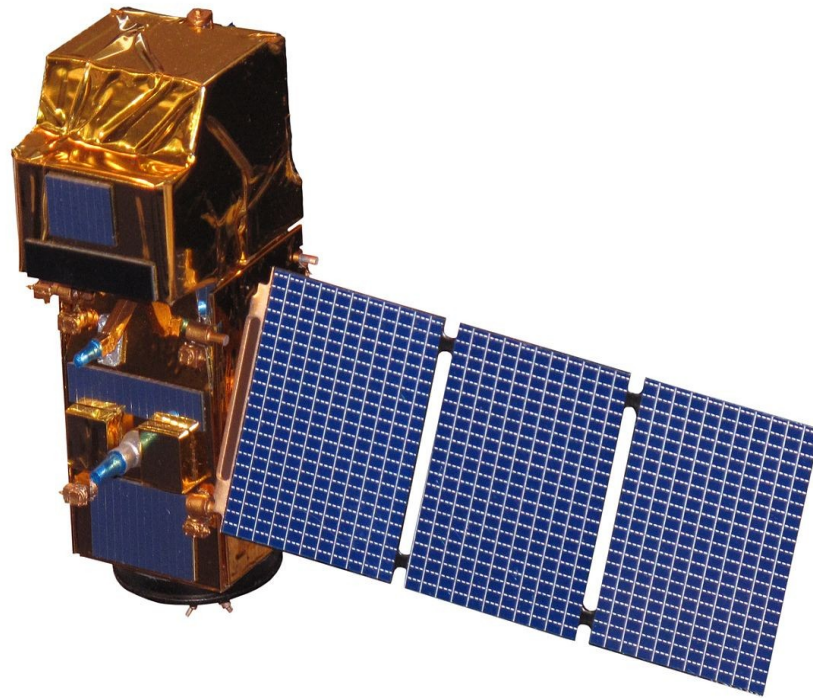


Sentinel 2: le bande

The Vegetation Spectrum in Detail



La piattaforma Sentinel



Il programma Copernicus

- Il Global Monitoring for Environment and Security (GMES) ora ribattezzato Copernicus è un'iniziativa dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e della Commissione europea.
- L'obiettivo è razionalizzare l'utilizzo delle innumerevoli informazioni che vengono raccolte dai satelliti messi in orbita dall'Agenzia Spaziale Europea al fine di utilizzare solo i dati di miglior qualità e più aggiornati.
- Componente spaziale: L'ESA ha in programma sei nuovi tipi di satellite chiamati 'Sentinel' per soddisfare i vari requisiti del programma.

I satelliti Sentinel

- Sentinel-1 : servizi di monitoraggio di aree terrestri e marine con immagini radar. Il primo satellite Sentinel-1a è stato lanciato il 3 aprile 2014 con un razzo Sojuz dalla Guyana francese.
- Sentinel-2 : immagini ottiche in alta risoluzione per servizi terrestri (es. monitoraggio della vegetazione, del suolo, delle acque interne e delle aree costiere). Sentinel-2 potrà fornire informazioni in casi di emergenza.
- Sentinel-3 : servizi per il monitoraggio globale di aree terrestri e oceaniche.
- Sentinel-4 e 5 : dati sulla composizione atmosferica.
- Sentinel-6 : rilievi altimetrici di precisione.

COPERNICUS AND ITS SENTINELS

European Earth Observation Programme Copernicus: observing our planet for a safer world

- Known as **GMES** until 2012 - Global Monitoring for Environment and Security
- 30** Public and Private missions are also contributing data
- 16** years of development and testing
- Sentinel-Missions** at the heart of the space component
- Civil Security.** Allowing early warning and crisis prevention in conflict and disaster areas
- Emergency Management.** Accurate and timely data for emergency plans and rescue for disaster management
- Land Surface Monitoring.** Geographical information on land cover, related variables and urban development
- Marine Environmental Monitoring.** Observations and forecasts on the state of the physical oceans and regional seas
- Climate Change Monitoring.** Helps to understand the reasons for climate change, rising sea levels and melting ice caps
- Earth Atmosphere Monitoring.** Daily information on the global atmospheric composition and when Sentinel-4 is in service this will be hourly

SENTINEL-1

- All-weather, day-and-night radar imaging satellite for land and ocean services
- Able to "see" through clouds and rain
- Data delivery within 1 hour of acquisition
- Airbus Defence and Space developed C-band radar instrument

SENTINEL-2

- Medium Res Multispectral optical satellite for observation of land, vegetation and water
- 13 spectral bands with 10, 20 or 60m resolution and 290km swath width
- Global coverage of the Earth's land surface every 5 days
- Airbus Defence and Space prime contractor for satellites and instruments

SENTINEL-3

- Measures sea-surface topography with a resolution of 300 m, sea and land surface temperature and colour with a resolution of 1km
- Measures water vapour, cloud water content and thermal radiation emitted by the Earth
- Determines global sea surface temperatures with an accuracy greater than 0.3 K
- Airbus Defence and Space supplies Microwave Radiometer

SENTINEL-5P

- Global observation of key atmospheric constituents, including ozone, nitrogen dioxide, sulphur dioxide and other environmental pollutants
- Improves climate models and weather forecasts
- Provides data continuously during five-year gap between the retirement of Envisat and the launch of Sentinel-5
- Airbus Defence and Space prime contractor for satellite and TROPOMI instrument

SENTINEL-4

- Provides hourly updates on air quality with data on atmospheric aerosol and traces gas concentrations
- Spatial sampling is 8 km and spectral resolution between 0.12 nm and 0.5 nm
- Airbus Defence and Space prime contractor for spectrometer
- Carried aboard EUMETSAT's MetOp Second Generation (MG) satellites

SENTINEL-5

- Measures air quality and solar radiation, monitors atmospheric ozone and the climate
- Global coverage of Earth's atmosphere with an unprecedented spatial resolution
- Airbus Defence and Space prime contractor for instrument
- Carried aboard EUMETSAT's MetOp Second Generation satellites

SENTINEL-6

- Observes changes in sea surface height with an accuracy of a few centimeters
- Global mapping of the sea surface topography every 10 days
- Enables precise observation of ocean currents and ocean heat storage, vital for predicting rises in sea levels
- Airbus Defence and Space prime contractor for satellite

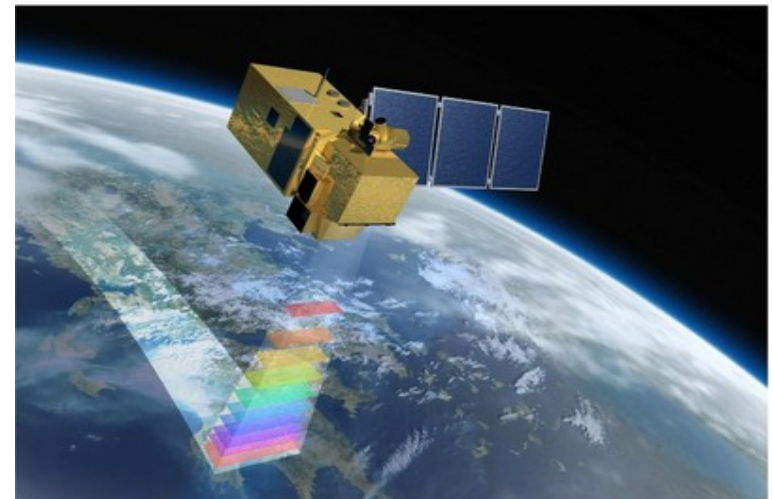
2014

2020

Sentinel 2

- Missione: monitorare le aree verdi del pianeta e fornire supporto nella gestione di disastri naturali. Si costituisce di due satelliti identici, Sentinel-2A e Sentinel-2B.

Sentinel 2	
Altitude	786 km
Swath	290 km (FOV : 20.6°)
LTDN	10:30
Revisite (2 satellites)	5 jours (3 days à 45°)
Résolution VNIR	10 / 20 / 60 m
Masse totale	1200 kg
Masse MSI	290 kg



10 metre spatial resolution:

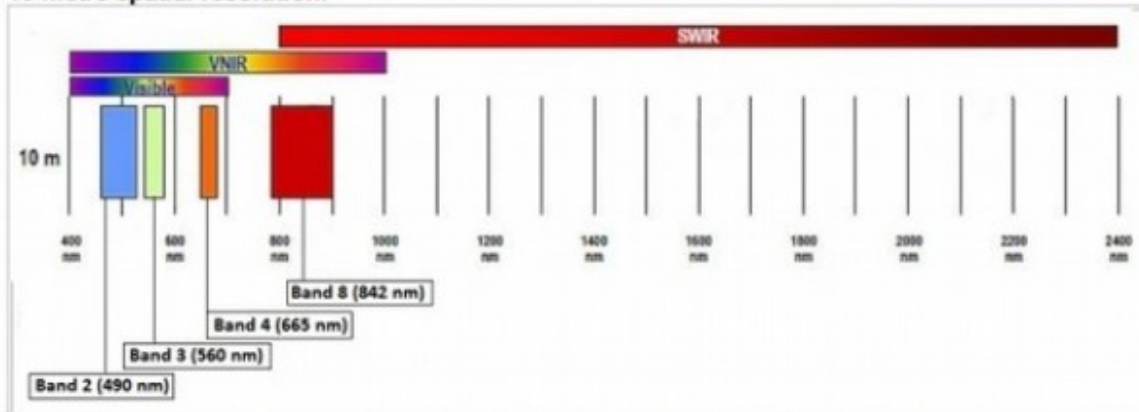


Figure 1: SENTINEL-2 10 m spatial resolution bands: B2 (490 nm), B3 (560 nm), B4 (665 nm) and B8 (842 nm)

20 metre spatial resolution:

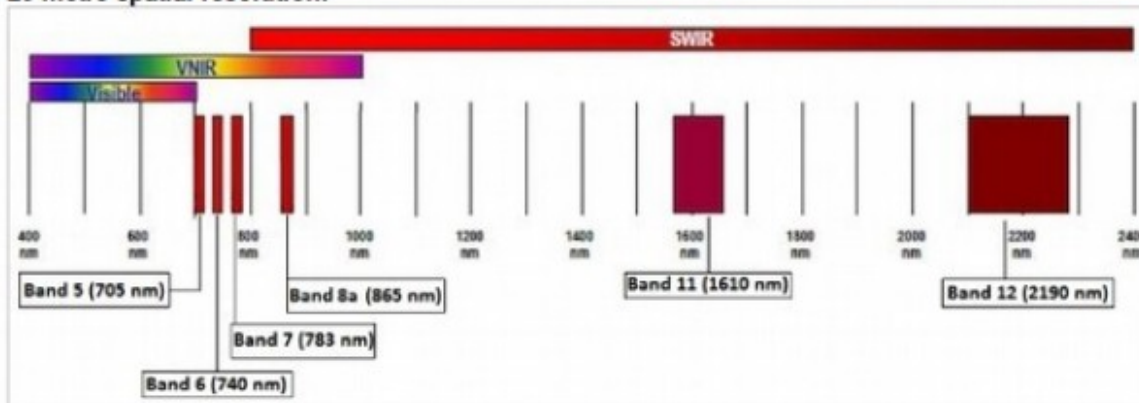


Figure 2: SENTINEL-2 20 m spatial resolution bands: B5 (705 nm), B6 (740 nm), B7 (783 nm), B8a (865 nm), B11 (1610 nm) and B12 (2190 nm)

60 metre spatial resolution:

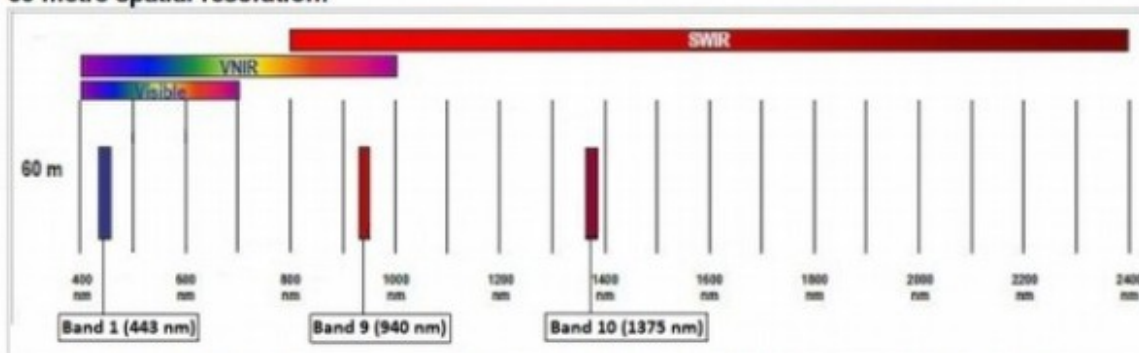
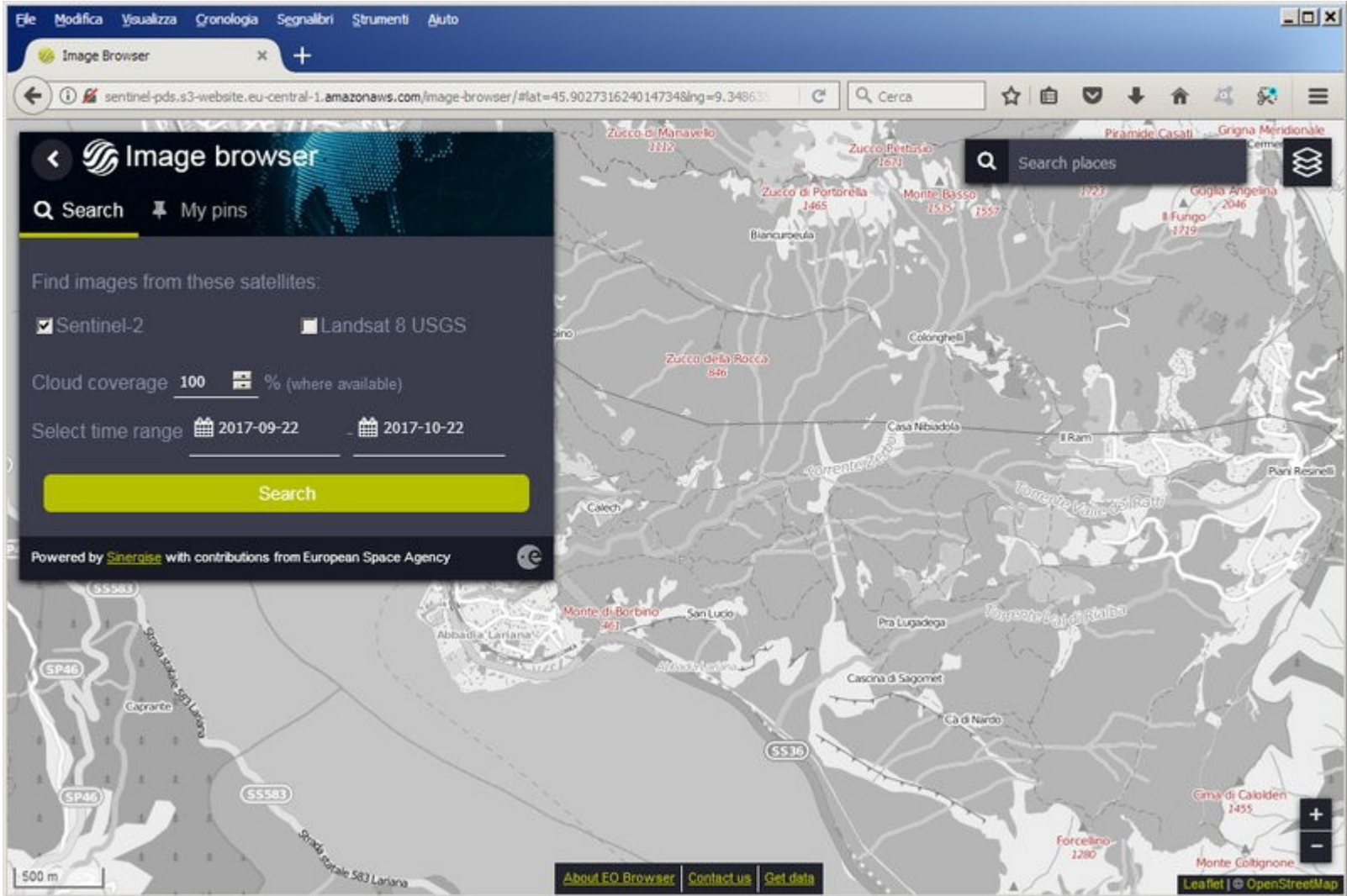


Figure 3: SENTINEL-2 60 m spatial resolution bands: B1 (443 nm), B9 (940 nm) and B10 (1375 nm)

Band	Band	Central wavelength (nm)	Bandwidth (nm)	Spatial resolution (m)	Objective
B1	VNIR	443	20	60	Aerosol Correction
B2		490	65	10	Aerosol Correction, Land Measurement Band
B3		560	35	10	Land Measurement Band
B4		665	30	10	Land Measurement Band
B5		705	15	20	Land Measurement Band
B6		740	15	20	Land Measurement Band
B7		783	20	20	Land Measurement Band
B8		842	115	10	Water Vapor Correction, Land Measurement Band
B8a		865	20	20	Water Vapor Correction, Land Measurement Band
B9		945	20	60	Water Vapor Correction
B10	SWIR	1380	20	60	Cirrus Detection
B11		1610	90	20	Land Measurement Band
B12		2190	180	20	Aerosol Correction, Land Measurement Band

Scaricare immagini Sentinel

<http://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>





Banda 2 (Blue):

Massima penetrazione nell'acqua.

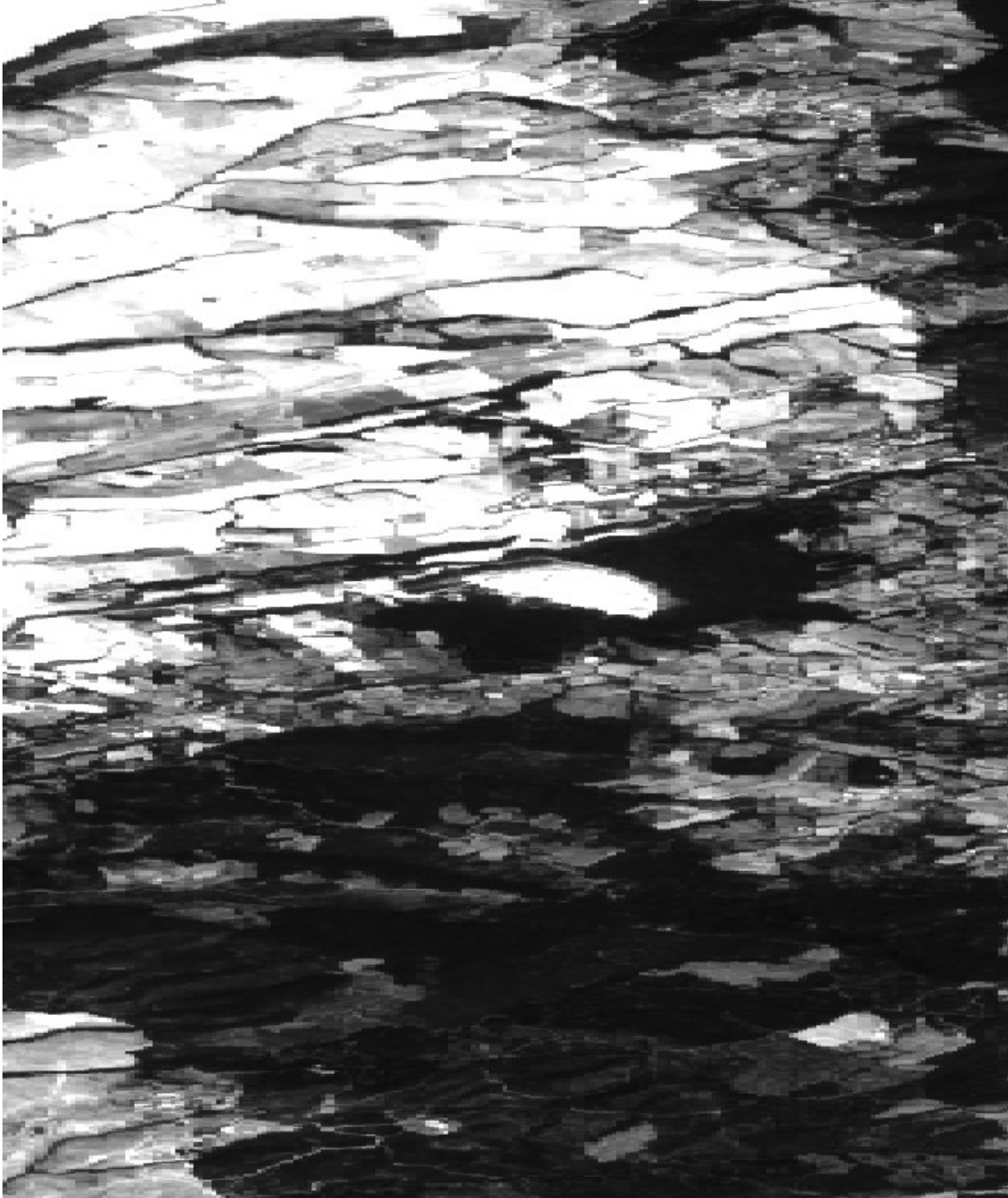
Studi sedimentazione, batimetria.



Banda 3 (Verde):

Massima
penetrazione
nell'acqua.

Studi
sedimentazione,
batimetria.



Banda 3 (Verde):

Differenziazione
suolo coltivato e
bosco



Banda 4 (Rosso):

Differenzia i vari tipi vegetazionali.

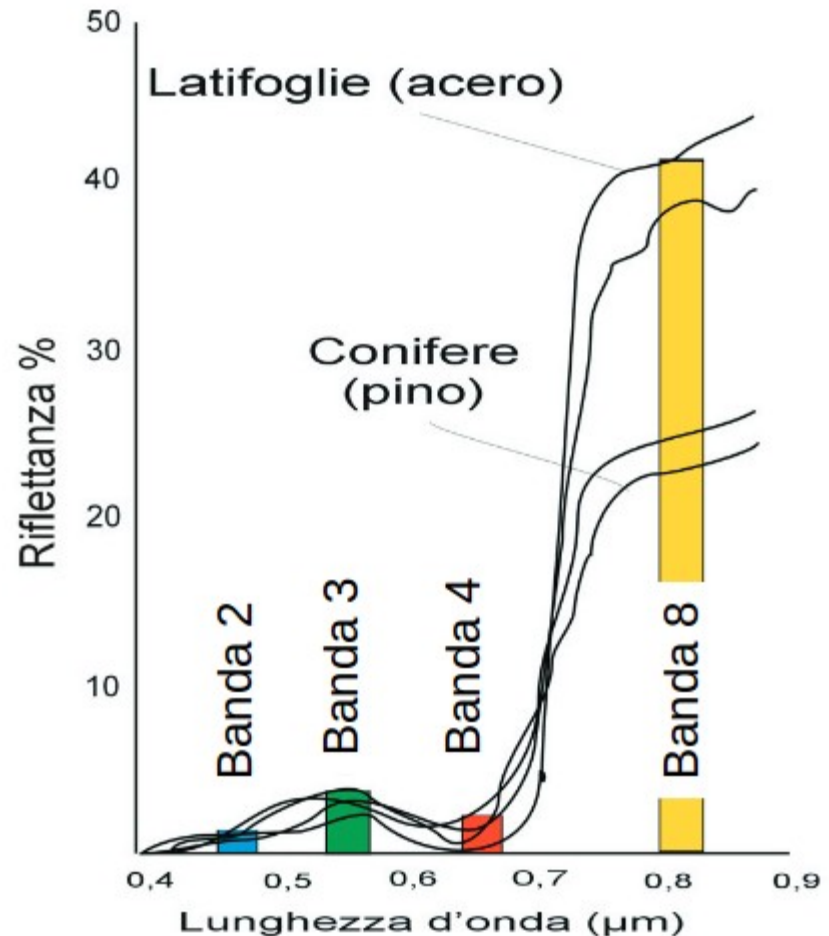


**Banda 8
(Infrarosso):**

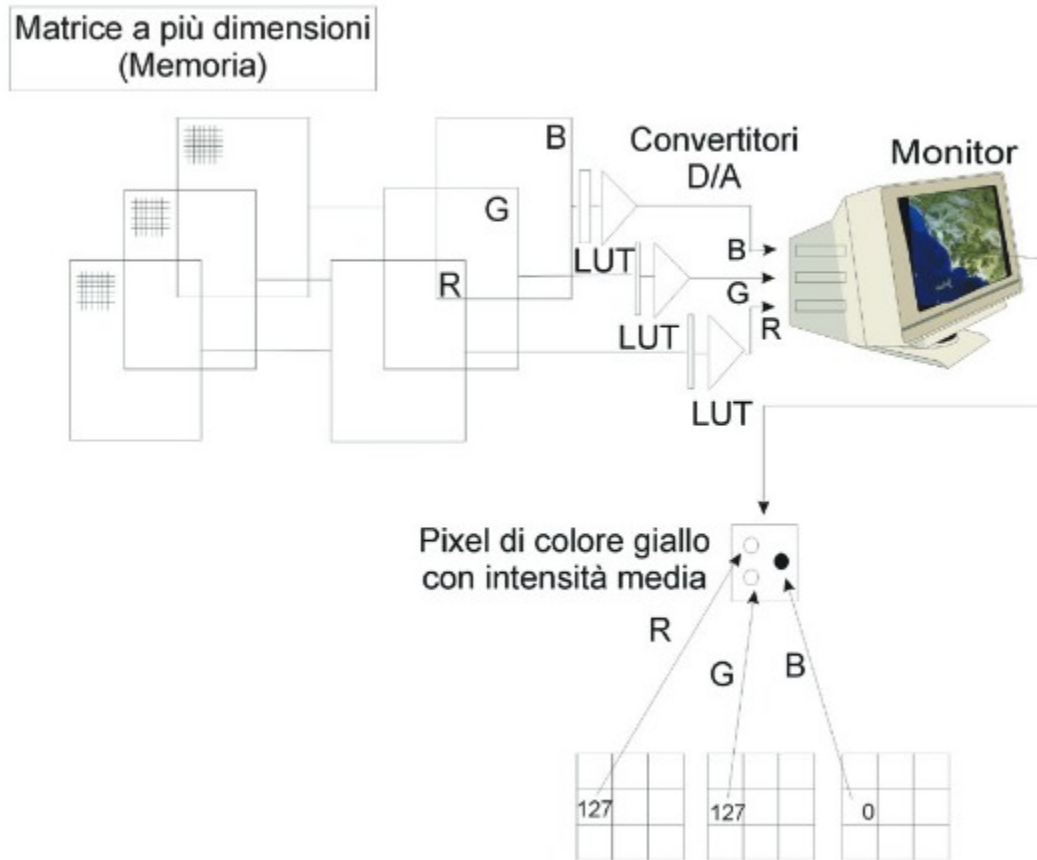
Molto sensibile al
contenuto idrico.

Le combinazioni "falso colore"

- La tecnica fotografica dei falsi colori viene usata per rendere visibili informazioni o immagini normalmente non percepibili all'occhio umano.



Composizione falso colore



Colori naturali

Bande Sentinel:

Red = 4 (rosso) Green = 3 (verde) Blue = 2 (blu)



Falso colore vegetazione

Bande Sentinel:

Red = 8 (InfraRosso) Green = 3 (Rosso) Blue = 2 (Verde)



Altre composizioni falso colore

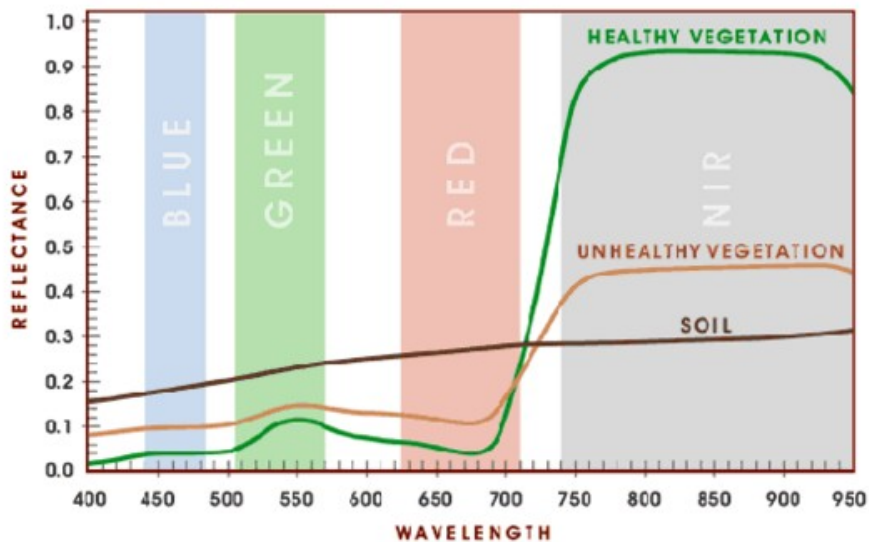
- Aree urbane: 12 11 4
- Agricoltura: 11 8 2
- Stato salute vegetazione: 8 11 2
- Umidità del suolo: 8 11 4
- Aree agricole/Forestali: 11 8 4

Indici

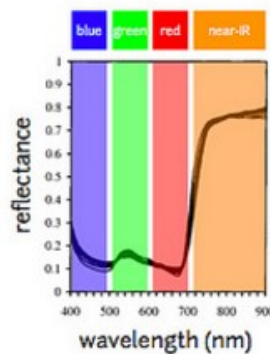
- I rapporti territorio/radiazione elettromagnetica rilevati tramite le bande satellitari possono essere utilizzati anche per costruire indici quantitativi finalizzati studiare alcune caratteristiche ambientali:
 - Indici di vegetazione: consentono di ottenere una mappa che riporti la complessità della vegetazione nel territorio in esame
 - Indici di artificializzazione: come sopra, ma riferito al grado di artificializzazione del territorio
 - Indici di umidità

NDVI: Indice di vegetazione differenziato

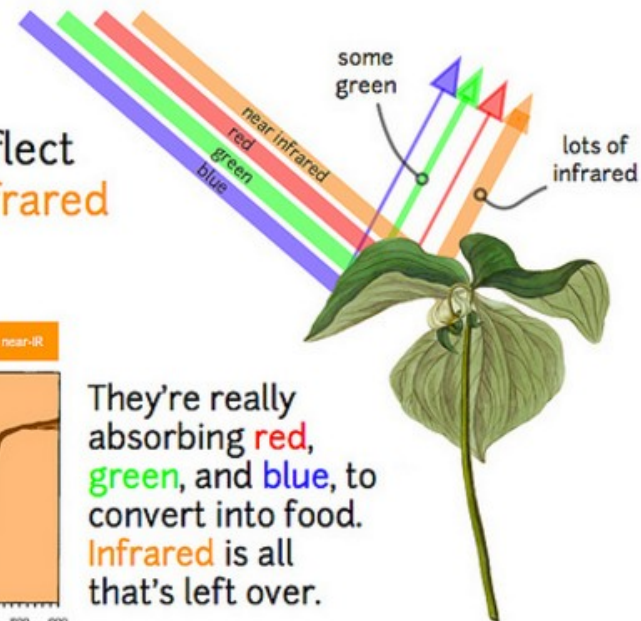
- Combina la banda 8 (infrarosso) e la banda 4 (rosso)
(banda 8 - banda 4)/(banda 8 + banda 4)

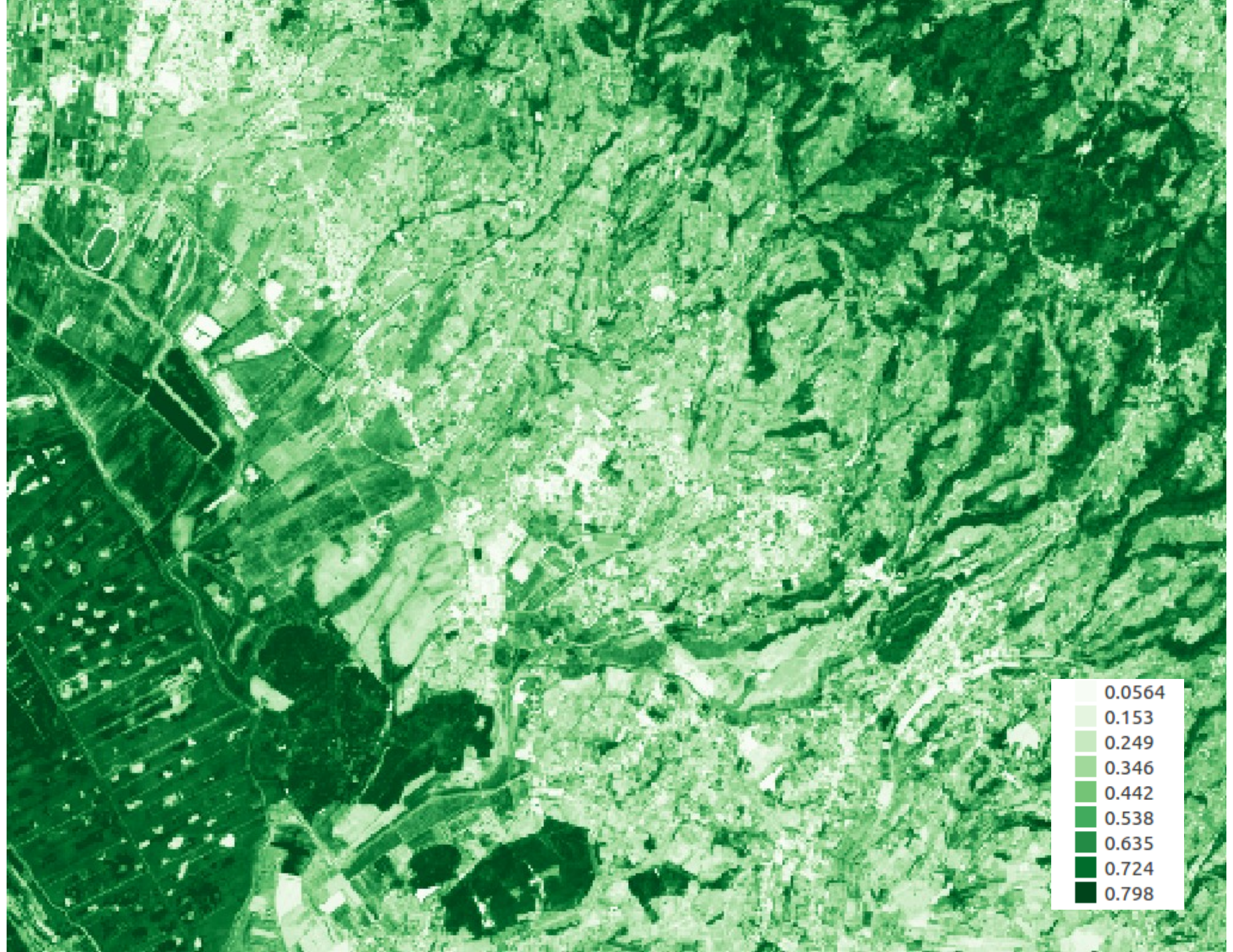


Why do plants reflect lots of **infrared** light?



They're really absorbing **red**, **green**, and **blue**, to convert into food. **Infrared** is all that's left over.

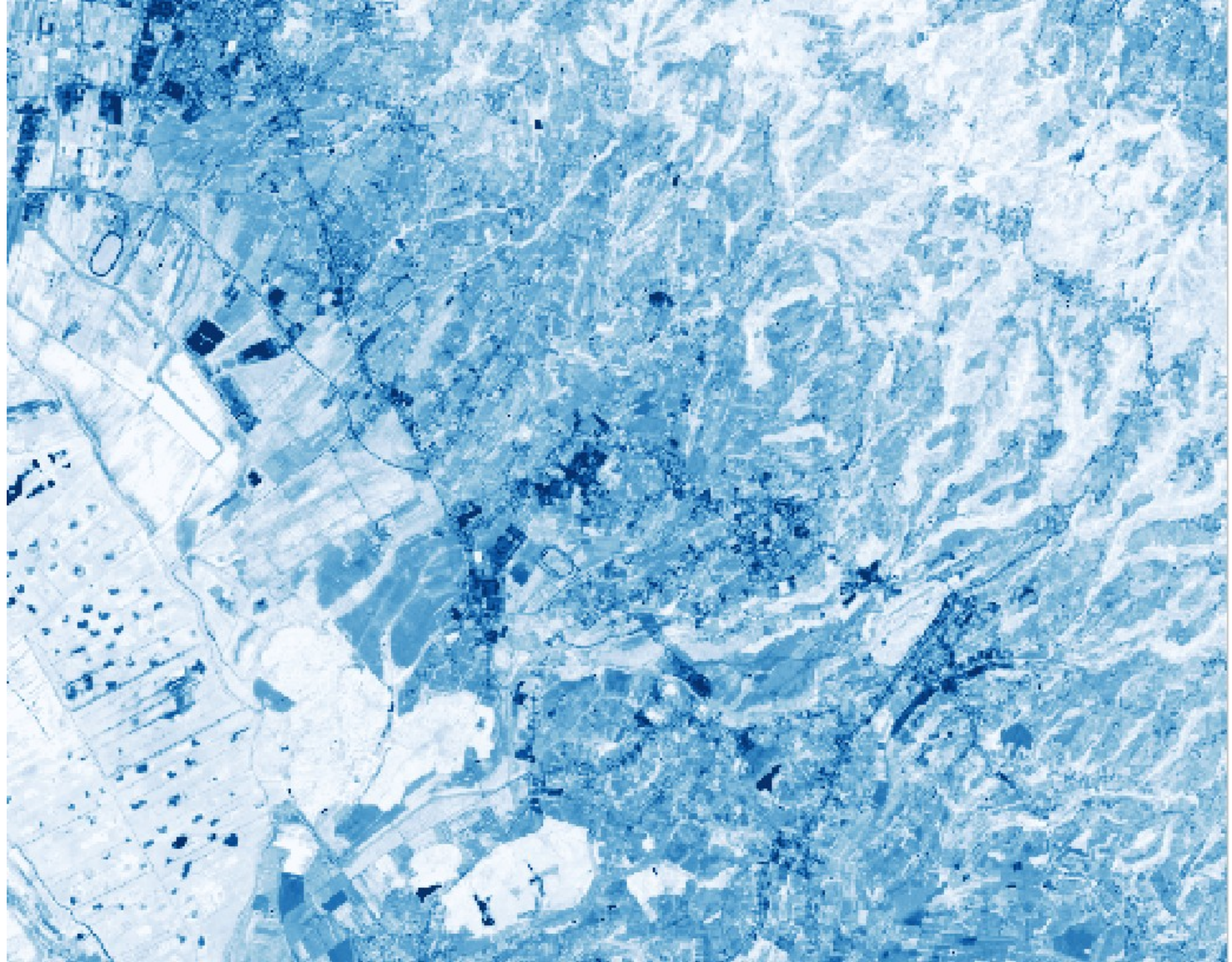




0.0564
0.153
0.249
0.346
0.442
0.538
0.635
0.724
0.798

NDWI: indice contenuto umidità

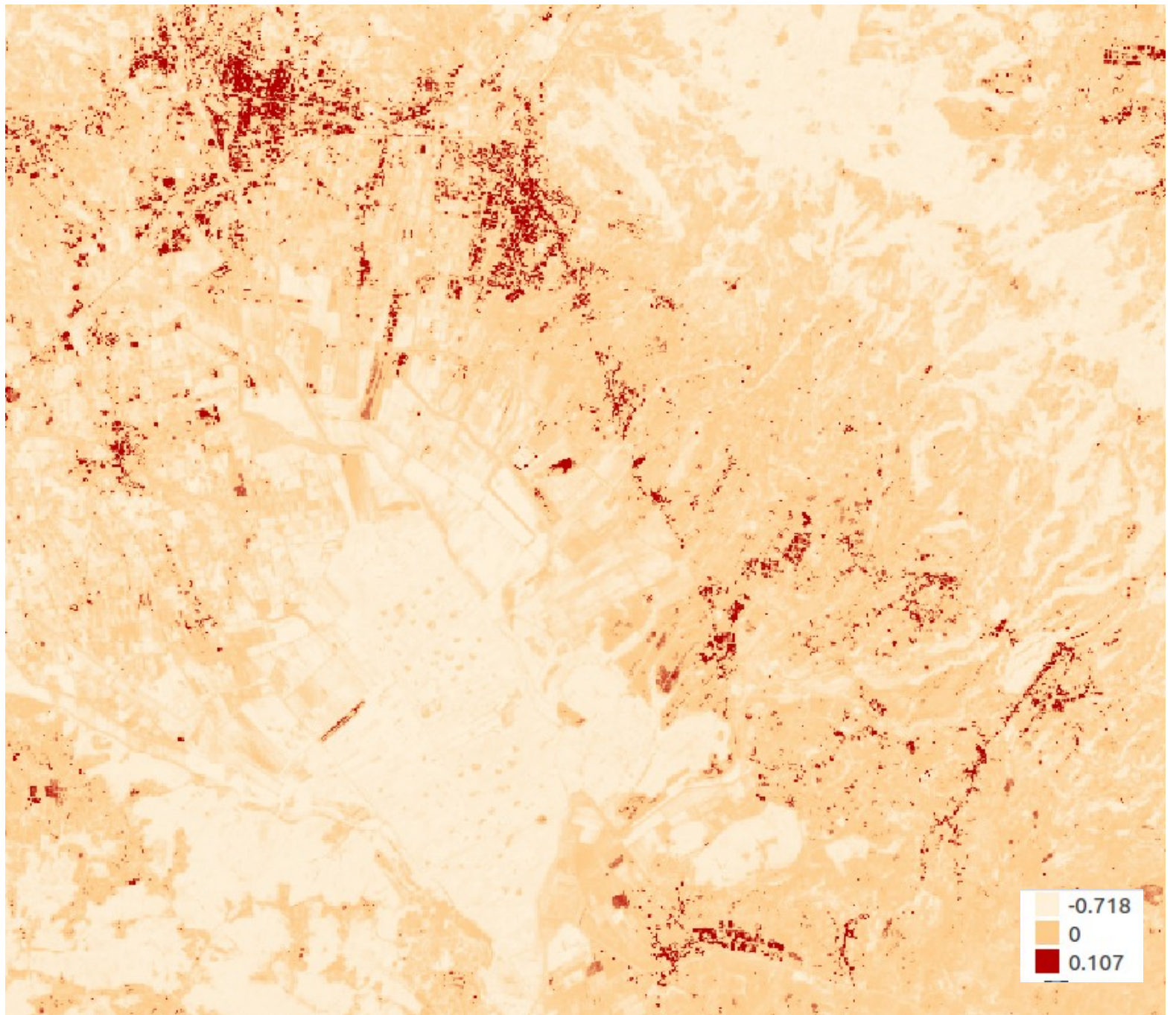
- Combina le bande Verde e Infrarosso
- $[(B03 - B08) / (B03 + B08)]$



NDBI: Aree urbane, aree
artificializzate, suolo nudo

$$\text{NDBI} = (\text{B11} - \text{B08}) / (\text{B11} + \text{B08})$$

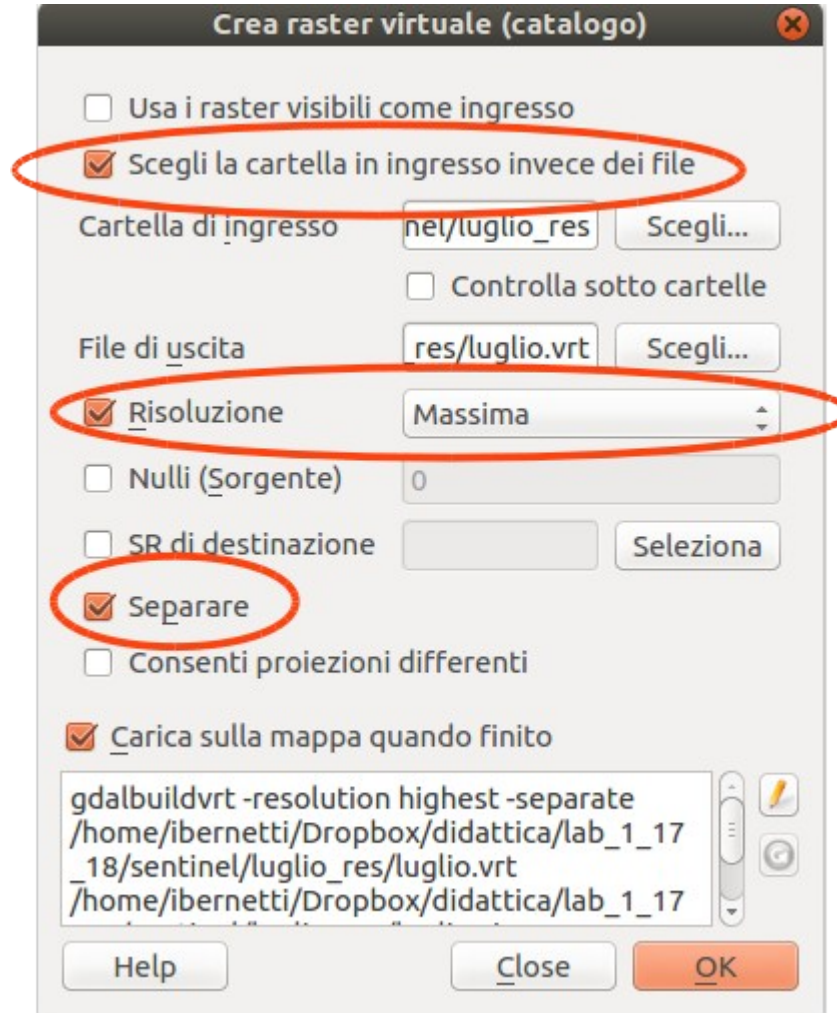
Le aree urbanizzate hanno valori positivi



Dalla teoria alla pratica...

Elaborazione delle immagini satellitari tramite
QGIS

Preparazione del database: creazione di un raster virtuale (catalogo)



Corrispondenza bande raster virtuale e bande Sentinel

VRT	Sentinel
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	8A
10	9
11	10
12	11
13	13

Creazione immagine falso colore: attenzione alla corrispondenza del numero banda

Proprietà layer - luglio | Stile

Generale

Stile

Trasparenza

Piramidi

Istogramma

Metadati

Legenda

Visualizzazione banda

Tipo visualizzazione: Colori banda multipla

Banda rosso: Banda 07
Min: 1637.47 Max: 4111.71

Banda verde: Banda 03
Min: 389.275 Max: 2383.08

Banda blu: Banda 02
Min: 668.43 Max: 1927.42

Miglioramento contrasto: Stira a MinMax

Carica i valori min/max

Cumulative count cut: 2,0 - 98,0 %

Min / max

Media +/- deviazione standard x: 2,00

Accuratezza: Stimato (più veloce)

Clip extent to canvas

Visualizzazione colore

Modalità fusione: Normale

Luminosità: 0 Contrasto: 0

Saturazione: 0 Scala di grigi: Spento

Tinta: Colora Forza: 100%

Ricampionamento

Ingrandito: Vicino più prossimo Rimpicciolito: Vicino più prossimo Sovracampionamento: 2,00

Miniature Legenda Tavolozza

Help Stile Apply Cancel OK

NDVI: calcolatore raster

Calcolatore raster

Bande raster

- luglio@1
- luglio@2
- luglio@3
- luglio@4
- luglio@5
- luglio@6
- luglio@7
- luglio@8
- luglio@9
- luglio@10
- luglio@11
- luglio@12

Risultato del layer

Layer in uscita: e/ibernetti/ndviluglio ...


Formato in uscita: GeoTIFF

Estensione del layer in uso

X min: 1638749,54933 XMax: 1674770,23234

Y min: 4843285,88128 Y max: 4867216,33504

Colonne: 3602 Righe: 2393

SR in output: SR selezionato (EPSG:3003, ...) 

Aggiungi al progetto

Operatori

+	*	sqrt	cos	sin	tan	log10	(
-	/	^	acos	asin	atan	ln)
<	>	=	!=	<=	>=	AND	OR

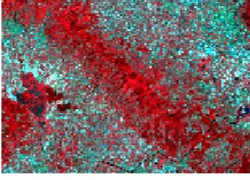
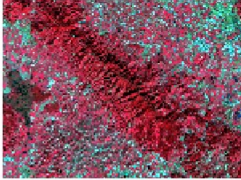


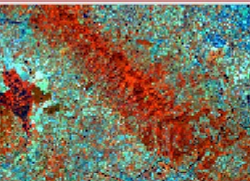
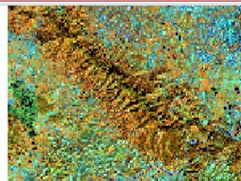
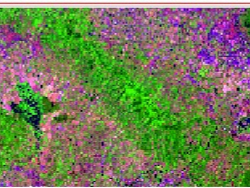
Espressione del calcolatore di raster

("luglio@7" - "luglio@2") / ("luglio@7" + "luglio@2")

Espressione valida

Cancel OK



<p>DESCRIZIONE DELLA TAVOLA</p> <p>Il presente documento illustra i risultati della classificazione di territorio, elaborati in base alle immagini satellitari (compositi di bande) e ai dati di campo, per il territorio comunale di Montalbano Elicona (Catania).</p> <p>La classificazione è stata effettuata utilizzando la tecnica del "Maximum Likelihood Classification" (MLC) applicata alle immagini satellitari Landsat 8.</p> <p>Le informazioni relative alla classificazione sono riportate nella tabella sottostante.</p> <p>Legenda</p> <p>1. Aree agricole 2. Aree edificatorie 3. Aree forestali 4. Aree industriali 5. Aree naturali 6. Aree urbane</p> <p>Il presente documento è parte integrante del progetto di studio e di progettazione urbanistica per il territorio comunale di Montalbano Elicona (Catania).</p>	<p>Composizione n° 1 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>		<p>Composizione n° 2 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>	
<p>Legenda</p> <p>1. Aree agricole 2. Aree edificatorie 3. Aree forestali 4. Aree industriali 5. Aree naturali 6. Aree urbane</p> <p>Il presente documento è parte integrante del progetto di studio e di progettazione urbanistica per il territorio comunale di Montalbano Elicona (Catania).</p>	<p>Composizione n° 3 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>		<p>Composizione n° 4 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>	
<p>Legenda</p> <p>1. Aree agricole 2. Aree edificatorie 3. Aree forestali 4. Aree industriali 5. Aree naturali 6. Aree urbane</p> <p>Il presente documento è parte integrante del progetto di studio e di progettazione urbanistica per il territorio comunale di Montalbano Elicona (Catania).</p>	<p>Composizione n° 5 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>		<p>Composizione n° 6 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>	
<p>Il Montalbano visto dal satellite: composizioni falso colore della piattaforma Landsat 8</p> <p>Serie di immagini satellitari Landsat 8</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>	<p>Composizione n° 7 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>		<p>Composizione n° 8 di 20 giugno 2016</p> <p>Autore: [nome]</p> <p>Descrizione: [descrizione]</p> <p>Scale: [scala]</p>	