

Caratteristiche dei dati satellitari

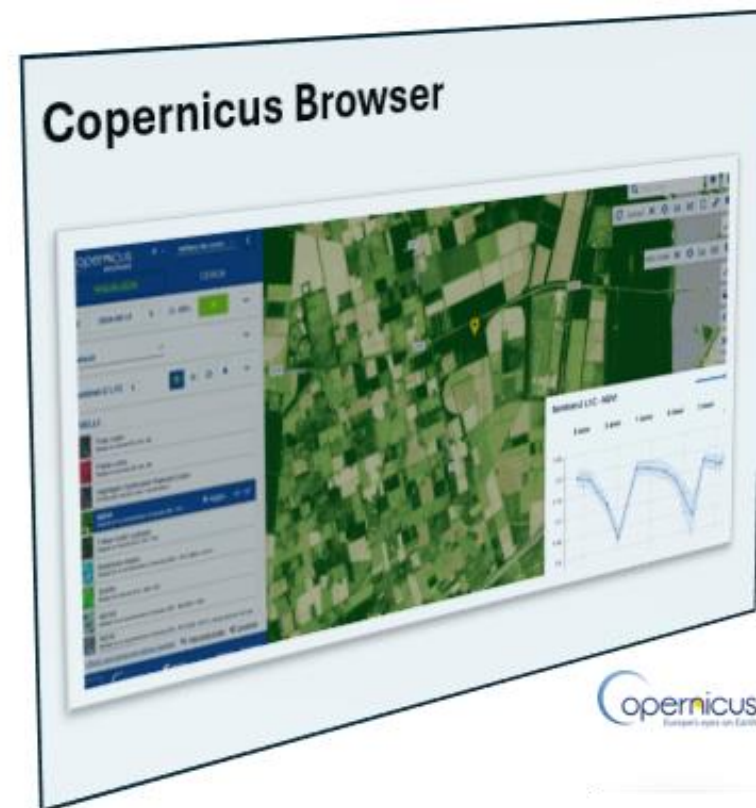
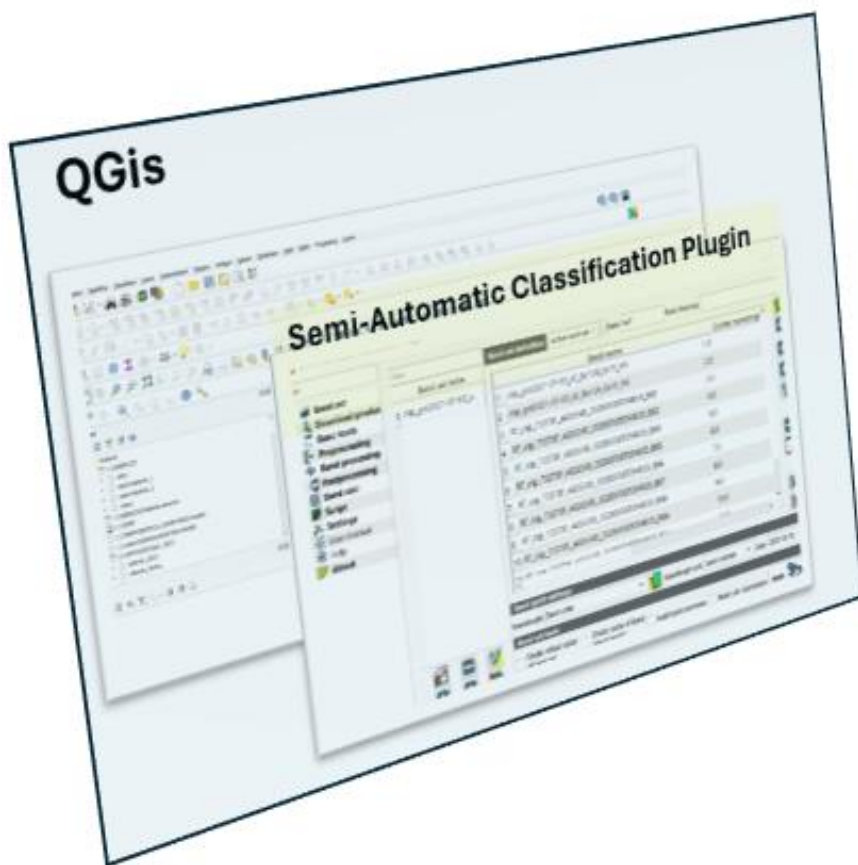
Stefano De Corso
ISPRA - DG SINA

*Introduzione al Telerilevamento e all'utilizzo dei dati
satellitari per il monitoraggio ambientale - V Edizione*

Indice

- ✓ Applicazioni utilizzate nel corso di Telerilevamento
- ✓ Telerilevamento
- ✓ Teoria della radiazione
- ✓ Sensori
- ✓ Spettro elettromagnetico
- ✓ Finestre atmosferiche
- ✓ Contenuto informativo dei dati satellitari
- ✓ Immagini composite
- ✓ Visualizzazione dei dati satellitari
- ✓ 'Copernicus Browser' visualizzatore del portale 'Copernicus Data Space Ecosystem'
- ✓ Matrici e Istogrammi delle immagini satellitari
- ✓ Radianza e Riflettanza
- ✓ Livelli di processamento dei dati satellitari
- ✓ Firma spettrale
- ✓ Caratteristiche delle immagini satellitari
- ✓ Risoluzione spaziale
- ✓ Risoluzione radiometrica
- ✓ Risoluzione spettrale
- ✓ Risoluzione temporale
- ✓ Ingombro delle immagini satellitari
- ✓ Processi di Correzione di immagini satellitari
- ✓ Ortorettifica
- ✓ Correzione atmosferica
- ✓ Accuratezza Posizionale e Precisione
- ✓ Algoritmi di interpolazione
- ✓ Copernicus Browser: Ricerca e Catalogo dei dati
- ✓ Copernicus Data Space Ecosystem : Documentazione
- ✓ SNAP: Lettura Metadati

Applicazioni utilizzate nel corso di Telerilevamento



Telerilevamento

Il termine Telerilevamento (Remote Sensing), indica l'insieme dei metodi e delle tecniche di acquisizione di dati a distanza riguardanti il territorio e l'ambiente.

Misurazione a distanza, mediante l'utilizzo di sensori, dell'energia elettromagnetica emessa dagli oggetti.

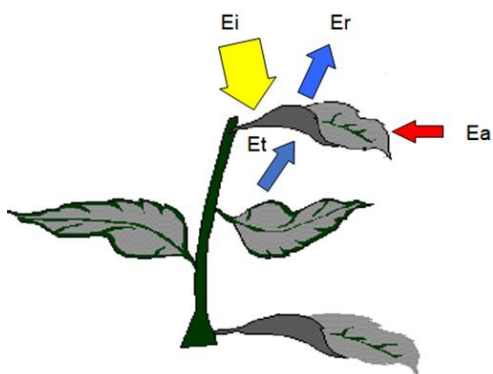
Il principio del Telerilevamento si basa sulla capacità di differenziare il maggior numero possibile di elementi o oggetti sul territorio (suolo, vegetazione, acqua, urbanizzato ecc.) cercando di descrivere le caratteristiche spettrali di ciascuno di loro.

Obiettivo: definire superfici di **iso-comportamento** che identificano oggetti al suolo di natura simile

Teoria della radiazione

Data una superficie l'energia che raggiunge tale superficie (E_i) si divide in una componente che viene riflessa (E_r), una componente che viene assorbita (E_a), una che viene trasmessa (E_t).

I sensori misurano l'**energia riflessa** dalle superfici dei vari corpi presenti al suolo.



$$E_i = E_t + E_a + E_r$$

$$t + r + a = 1$$

coefficiente di trasmissione

$$t = E_t / E_i$$

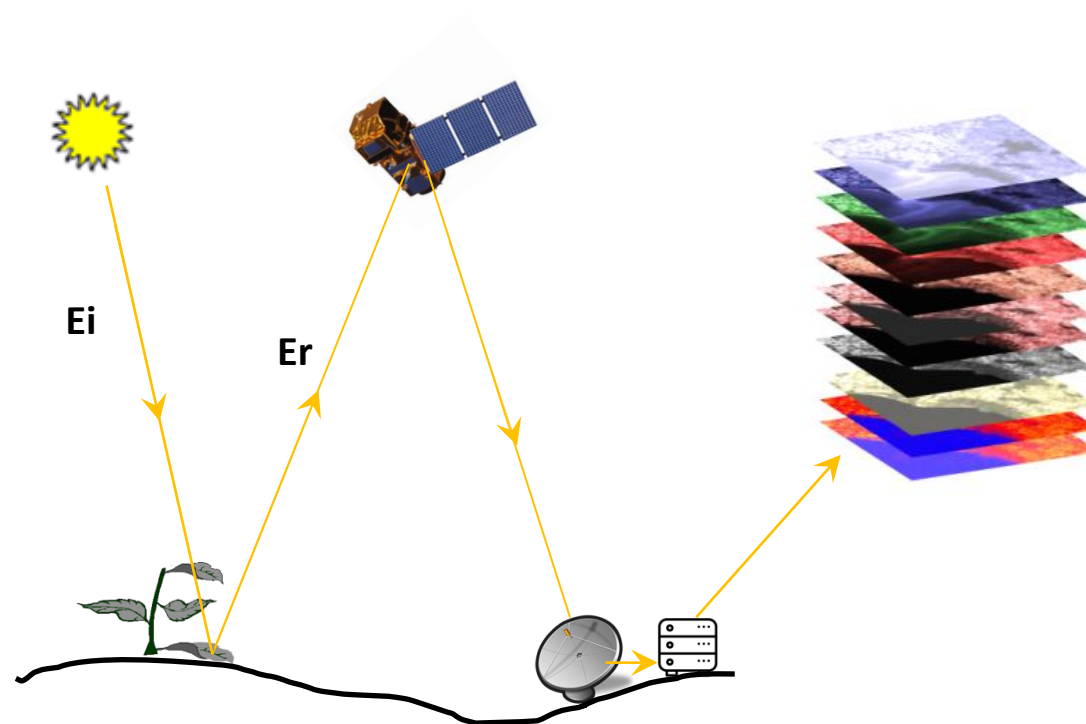
coefficiente di riflessione

$$r = E_r / E_i$$

coefficiente di assorbimento

$$a = E_a / E_i$$

Sistema di Telerilevamento Satellitare (ottico)



Sensori

Il telerilevamento viene anche distinto in:

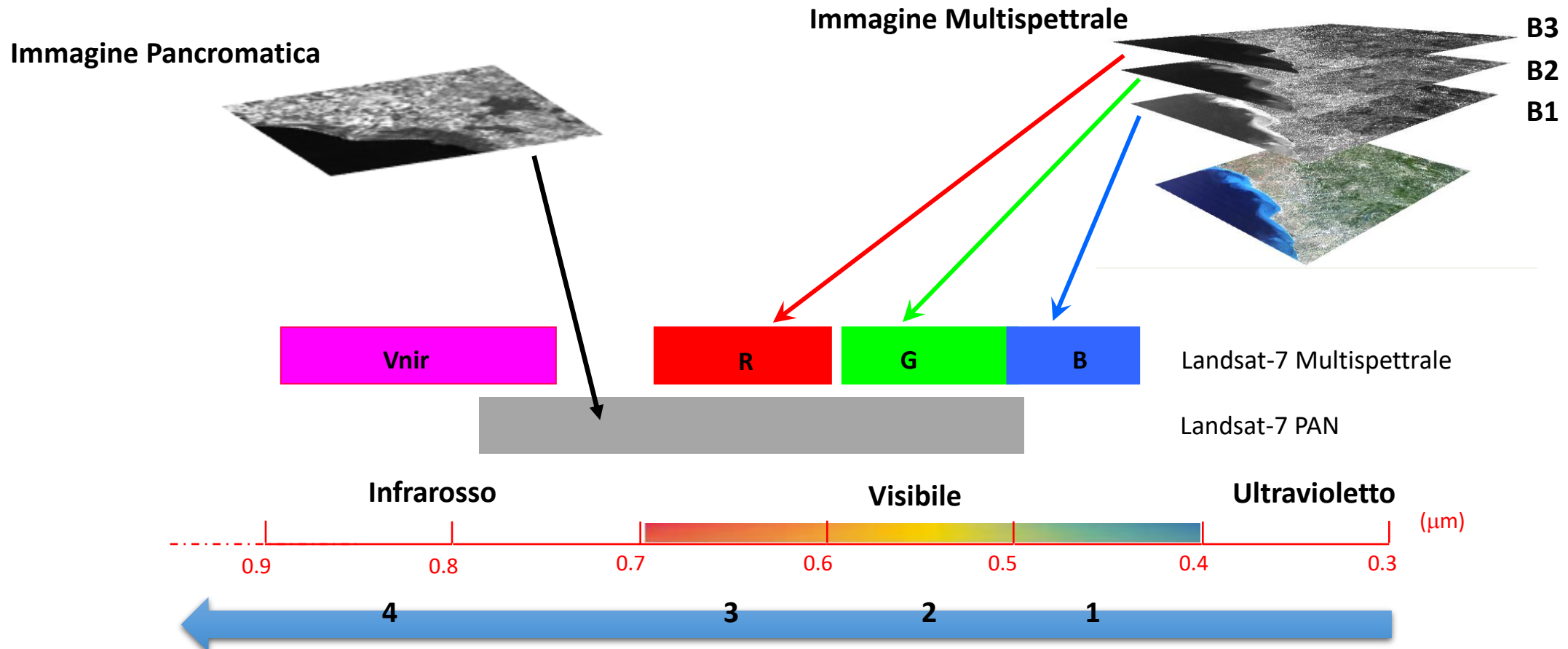
- ottico: rilevamento della radiazione elettromagnetica nell'intervallo spettrale compreso tra 0,3 e 15 μm , associato a sensori tipici del telerilevamento passivo chiamati:
 - ✓ *pancromatici*: una sola banda che comprende di solito tutto il visibile;
 - ✓ *multi-spettrali*: 2-9 bande;
 - ✓ *super-spettrali*: 10-16 bande;
 - ✓ *iper-spettrali*: più di 16 bande.
- radar: rilevamento della radiazione elettromagnetica nell'intervallo delle microonde tra 1 mm e 1 m ; è il tipico strumento del telerilevamento attivo.

Quando si parla di “**banda**” si intende un intervallo di lunghezza d'onda su cui opera un sensore.

Spettro elettromagnetico

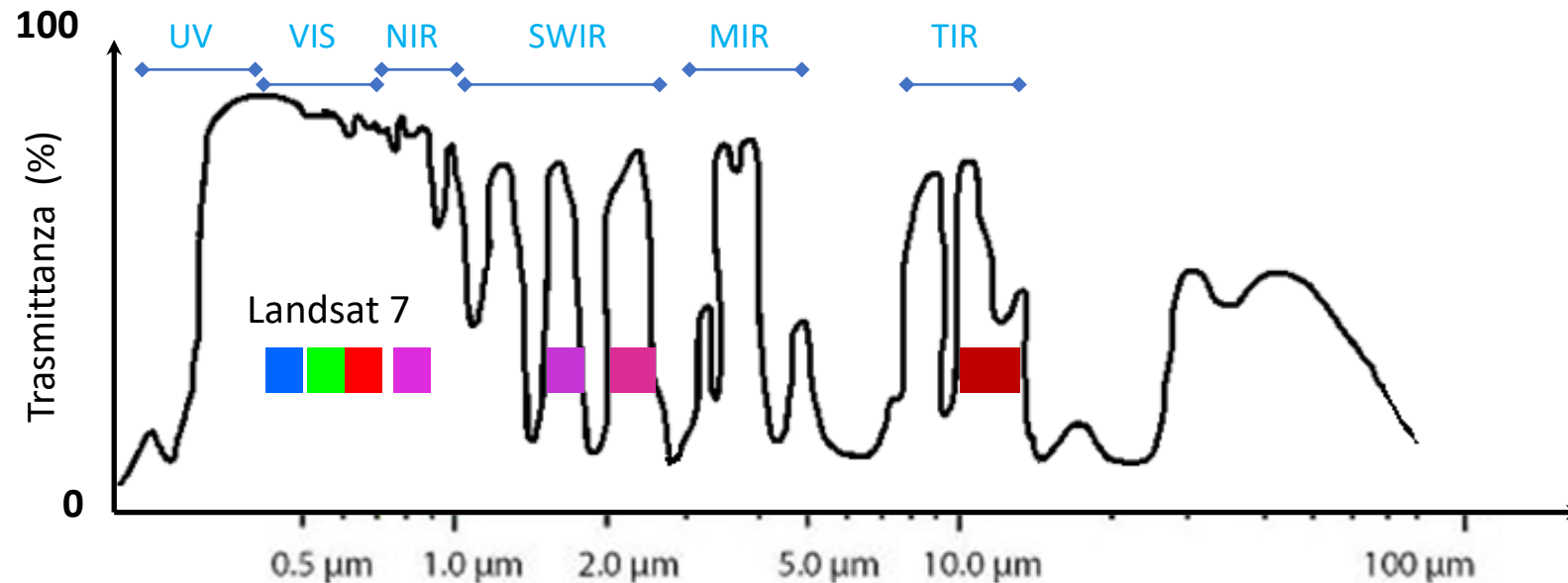
Insieme di tutte le possibili frequenze della radiazione **elettromagnetica**

In base alle caratteristiche dei sensori si distinguono immagini pancromatiche e immagini multispettrali.



Finestre atmosferiche

Le “**finestre atmosferiche**” rappresentano le lunghezze d’onda nelle quali l’energia irraggiante riesce ad attraversare con maggior facilità l’atmosfera. I sensori dei satelliti vengono progettati in modo tale da poter operare nelle regioni dello spettro in cui sono presenti le finestre atmosferiche in modo da limitare le distorsioni.



UV: ultravioletto
 VIS: Visibile
 NIR: Infrarosso Vicino
 SWIR: Infrarosso Onde corte
 MIR: Infrarosso Onde medie
 TIR: Infrarosso Termico

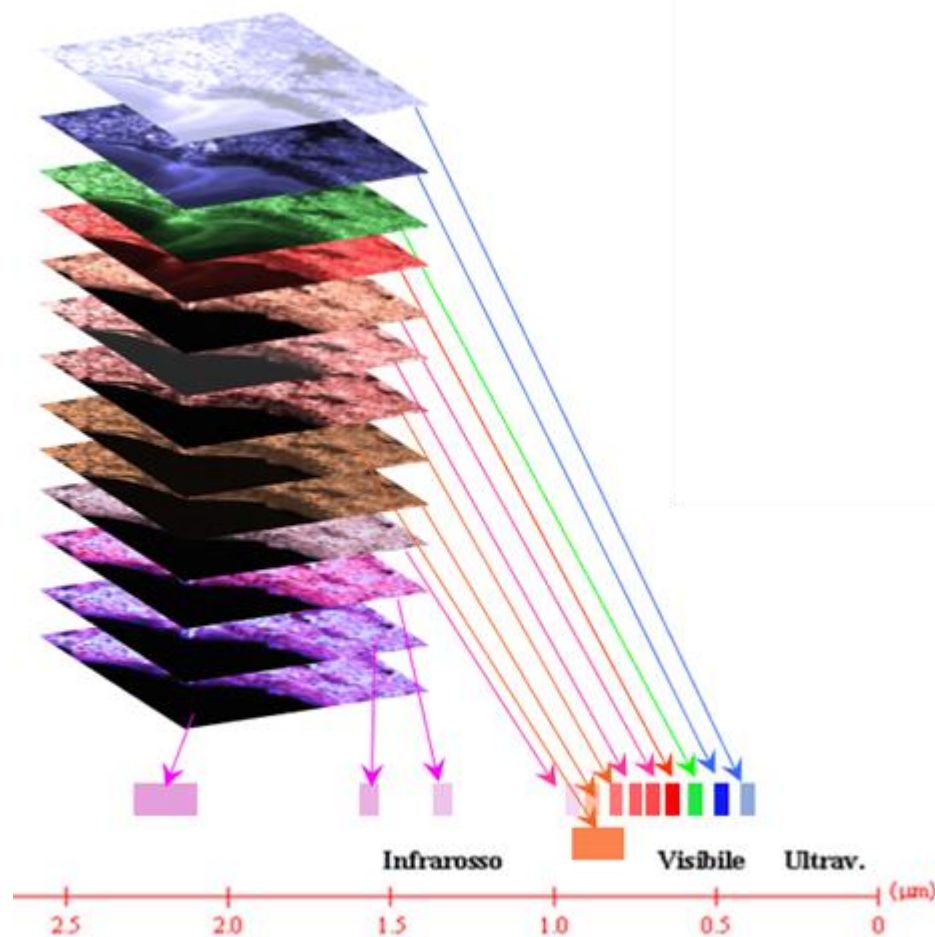
Sentinel 2	
Landsat 8	
Rapideye	
Spot 6-7	

Contenuto informativo dei dati satellitari

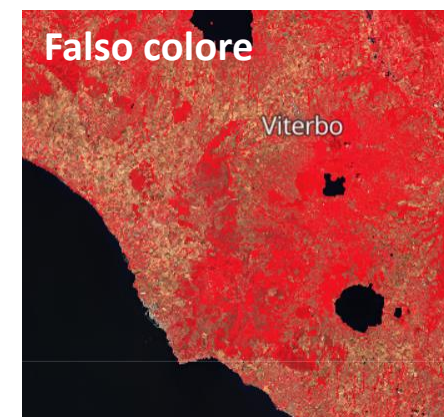


Esempio di immagine Multispettrale a risoluzione medio alta: **Sentinel-2**

1	0.43-0.45	60
2	0.46-0.52	10
3	0.54-0.58	10
4	0.65-0.68	10
5	0.70-0.71	20
6	0.73-0.75	20
7	0.77-0.79	20
8	0.78-0.90	10
8a	0.86-0.88	20
9	0.93-0.95	60
10	1.37-1.40	60
11	1.57-1.66	20
12	2,10-2,28	20
Bande	Sentinel 2	Gsd mt



R → Banda 8
G → Banda 4
B → Banda 3



60 mt (ms)

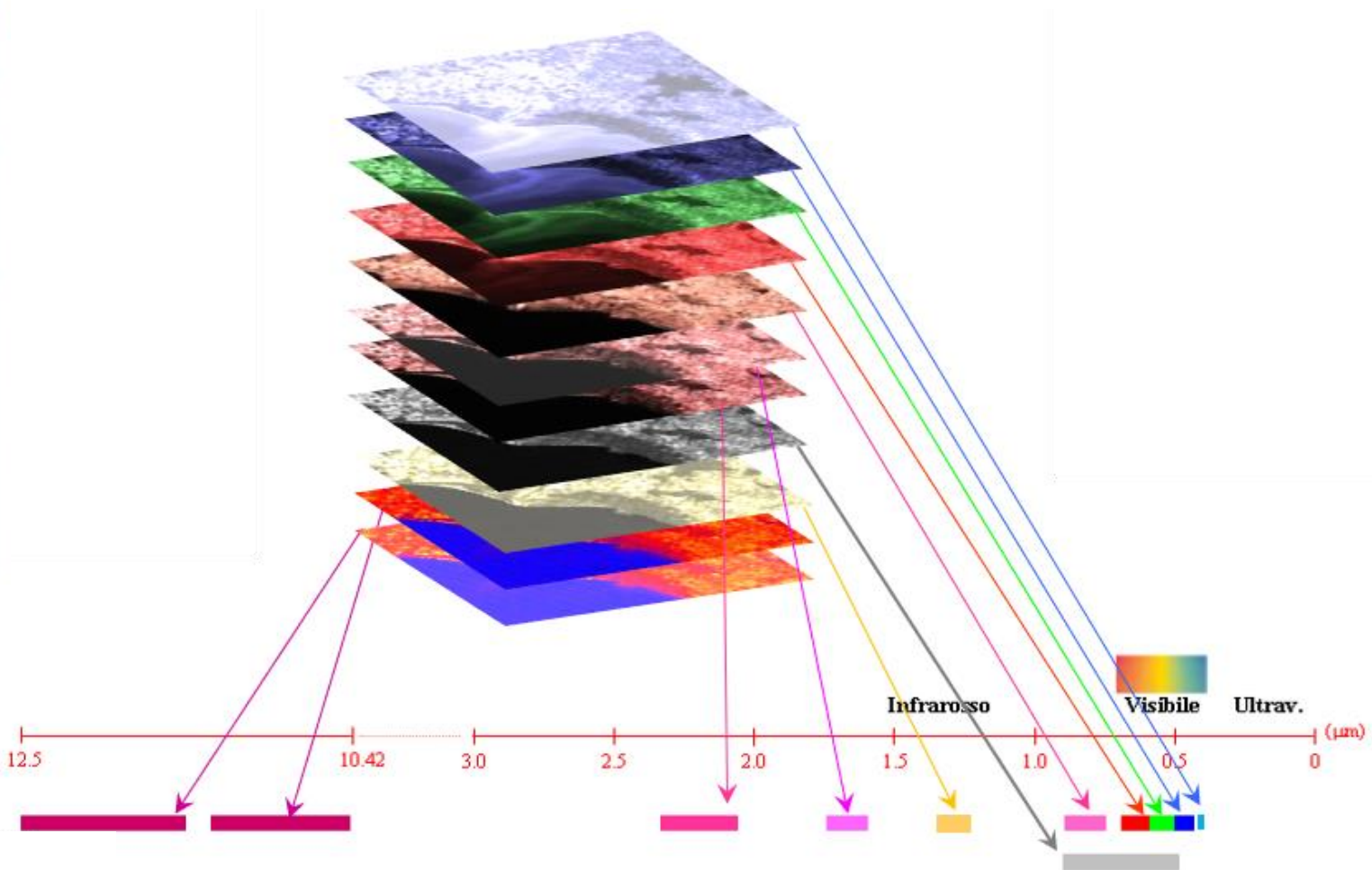
10 mt (ms)

Contenuto informativo dei dati satellitari

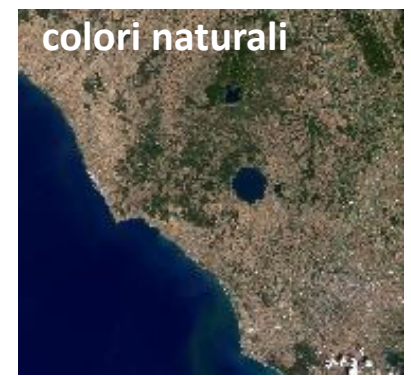


Esempio di immagine Multispettrale a risoluzione medio alta: **LANDSAT 8**

Bande
B1 - coast -aerosol
B2 - blue
B3 - green
B4 - red
B5 - NIR
B6 - SWIR 1
B7 - SWIR 2
B8 - PAN
B9 - Cirrus
B10 - TIRS 1
B11 - TIRS 2



R → Banda 4
 G → Banda 3
 B → Banda 2



15 mt (pan)
 30 mt (ms)
 100 mt (TIRS)

Contenuto informativo dei dati satellitari

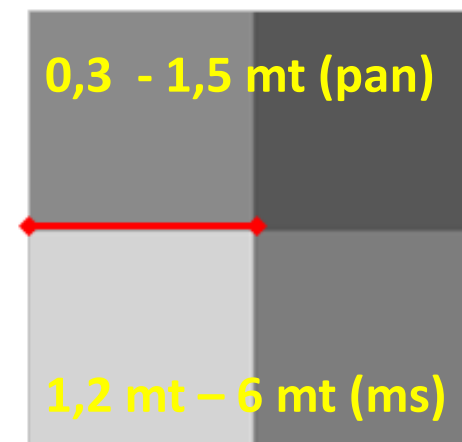
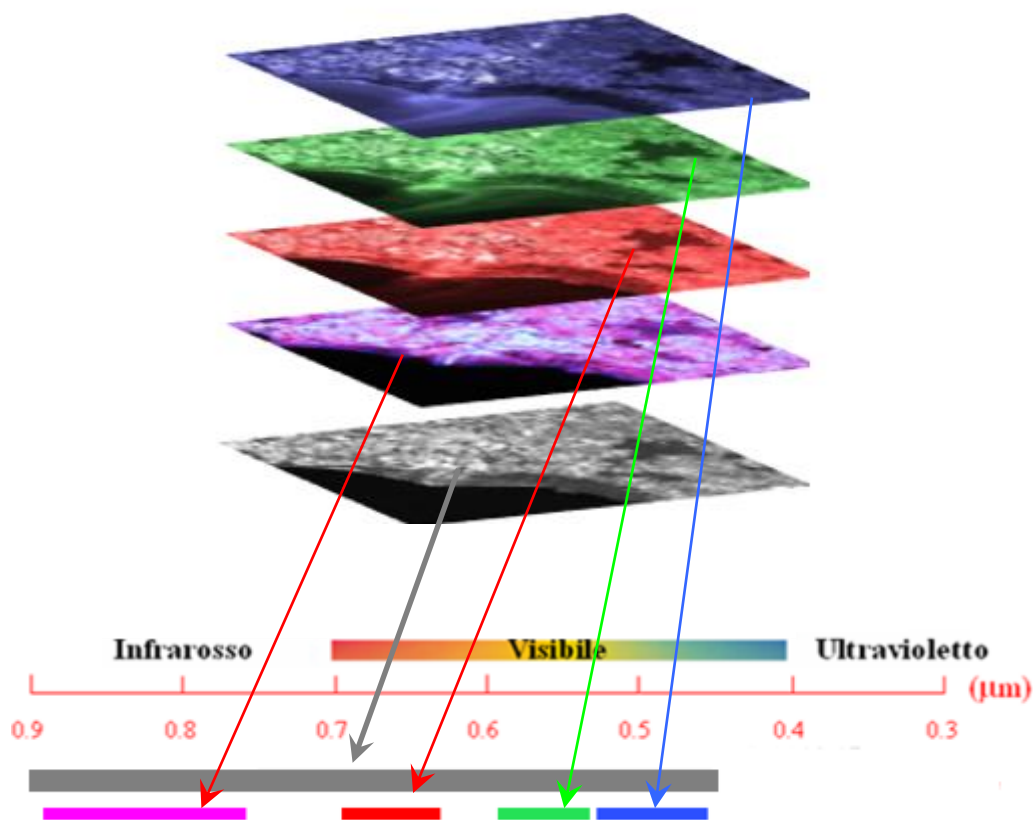
I satelliti ad alta risoluzione impiegano sensori multispettrali ad alta risoluzione affiancati a sensori pancromatici ad altissima risoluzione, con un rapporto tipico di **1:4** tra le rispettive risoluzioni.

La combinazione più diffusa include tre bande nello spettro visibile, una banda nel vicino infrarosso e una banda pancromatica.

Esempi: WorldView, GeoEye, QuickBird, Pleiades, Spot, Kompsat, Jilin, SuperView, Gaofen, Ziyuan.

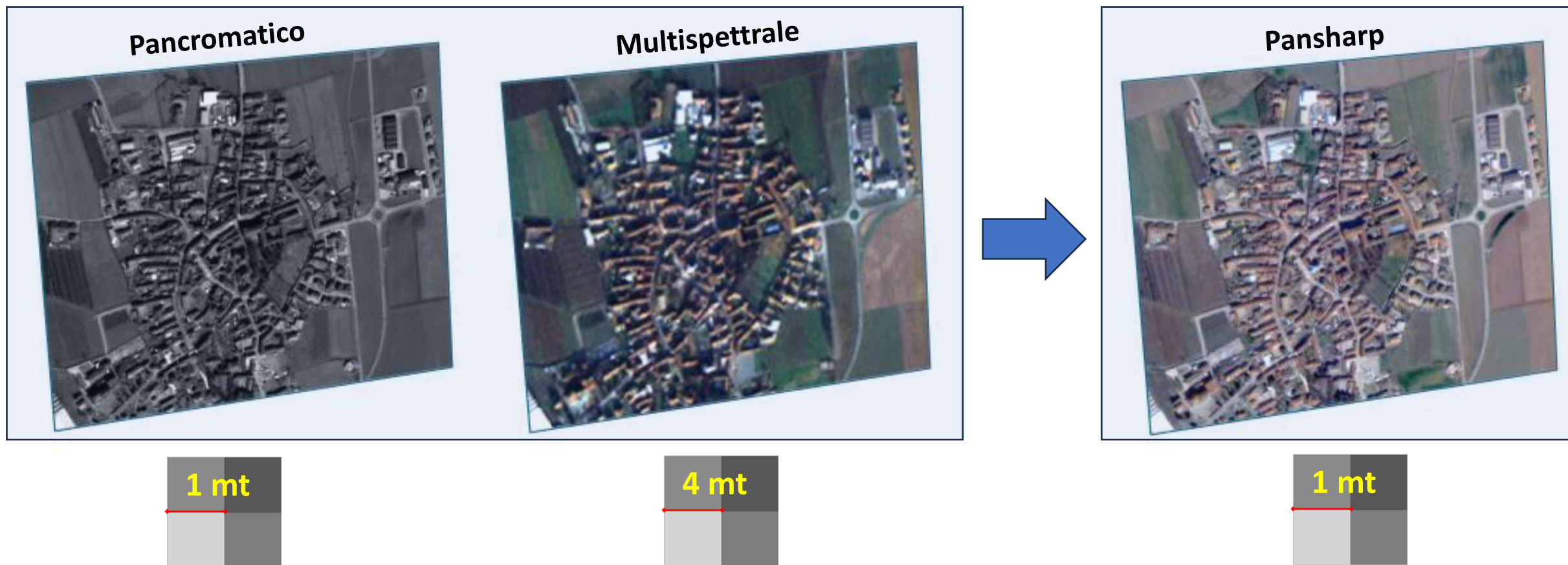
Bande	Lunghezza d'onda
B1 – blue	0.45-0.52
B2 - green	0.52-0.60
B3 - red	0.625-0.695
B4 - NIR	0.76-0.90
PAN	0.45-0.90

OrbView 3 <https://doi.org/10.5066/F7J38R0R>



Contenuto informativo dei dati satellitari

Per massimizzare la qualità visiva, si impiega una tecnica di fusione che integra le informazioni cromatiche delle bande visibili con l'alta risoluzione spaziale del pancromatico. Le immagini risultanti, note come Pansharp, vengono utilizzate per l'analisi visiva e come basemap.



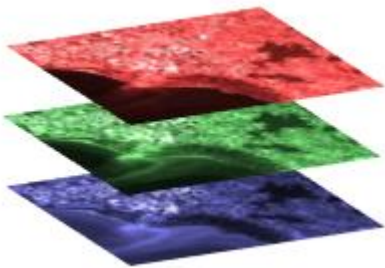
By Earth Resources Observation and Science (EROS) Center

OrbView 3 <https://doi.org/10.5066/F7J38R0R>

Immagini composite

L'immagine composita è un insieme di matrici tenute insieme in unico formato di dati raster.

Immagine composita Multispettrale



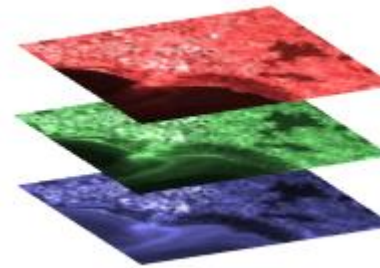
B8-S2- 30 07 2021

B4-S2- 30 07 2021

B3-S2- 30 07 2021



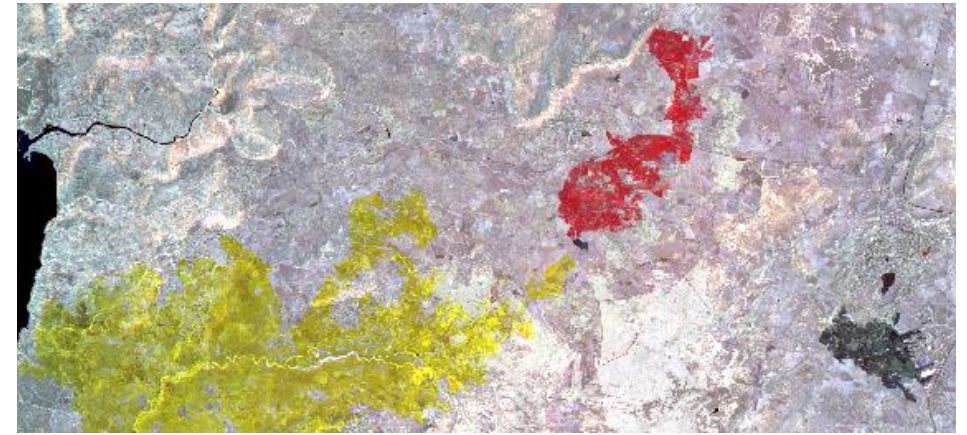
Immagine composita Multitemporale



B8-S2- 30 07 2021

B8-S2- 22 07 2021

B8-S2- 12 08 2021



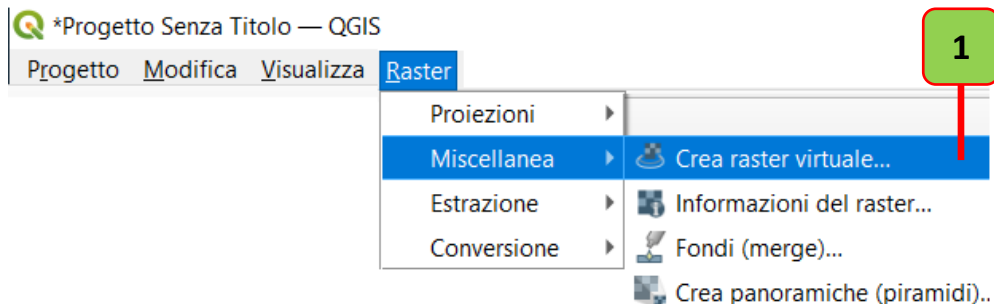
'Dati Sentinel di Copernicus [2021]

Immagini composite

[Video ?](#)

Per creare un immagine composita Sentinel 2 su Qgis:

1 - Si utilizza il comando “Crea Raster Virtuale” dal menu “Raster\Miscellanea”



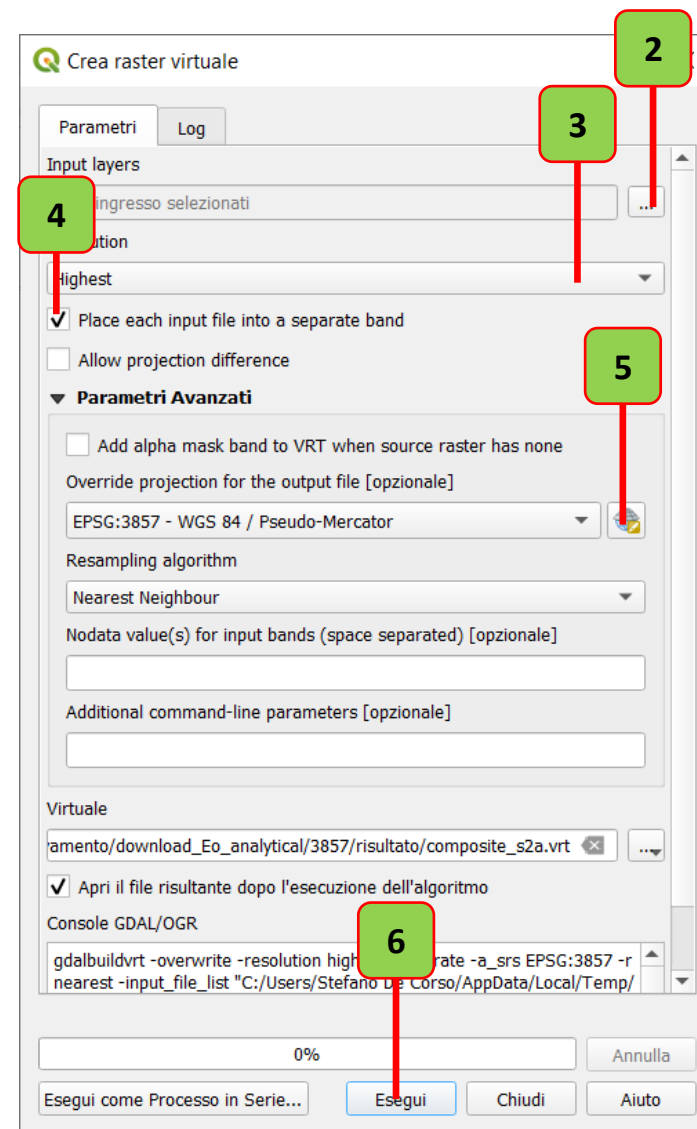
2 - si caricano le singole bande da inserire

3 - si sceglie la migliore risoluzione

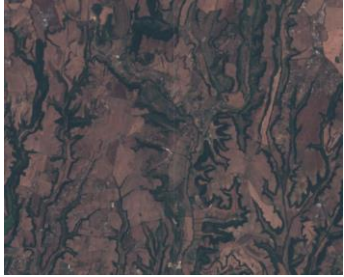
4 - si sceglie di mantenere separate le bande

5 - si sceglie il sistema di riferimento

6 - si esegue il modulo

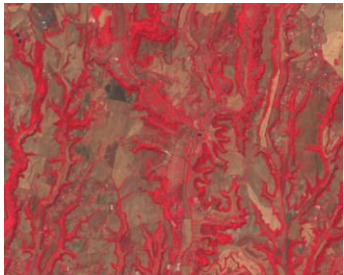


Visualizzazione dei dati satellitari



Visualizzazione in Colori Naturali

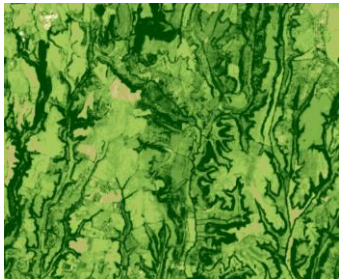
Visualizzazione nello spettro del visibile.
Simula la visualizzazione dell'occhio umano



Visualizzazione in Falsi Colori

Si usa per enfatizzare una determinata caratteristica dell'immagine.

Es. Se si vuole individuare visivamente la presenza di vegetazione, si utilizza una combinazione di bande nei canali **RGB** che esalta la differenza tra la vegetazione e le altre tipologie di oggetti.



Visualizzazione di dati estratti dalle immagini satellitari (Es. Indici)

Gli indici permettono di salvare in una sola matrice i risultati di una combinazione tra bande che serve ad enfatizzare una determinata caratteristica dell'immagine.

'Dati Sentinel di Copernicus [2024]

Visualizzazione dei dati satellitari

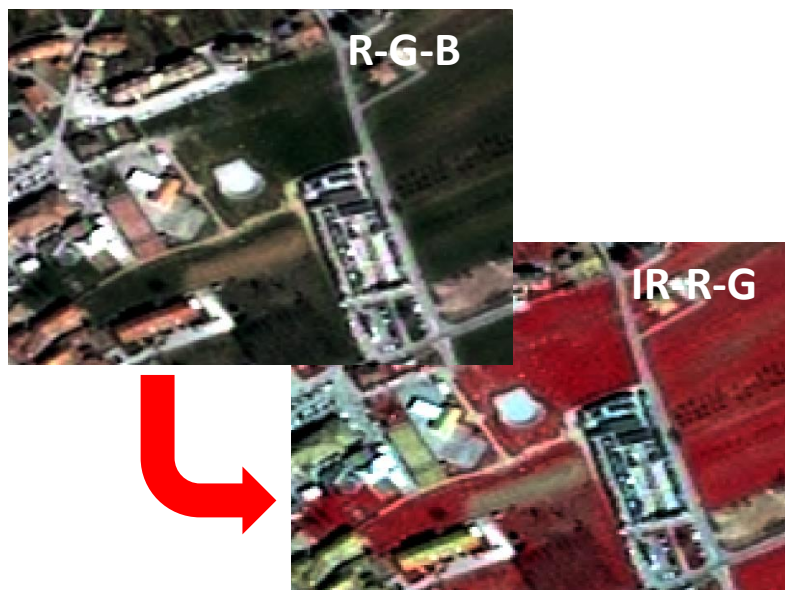


Visualizzazione su client Qgis

Per cambiare la visualizzazione di un immagine satellitare in Qgis:

1 - Si va sulle proprietà del layer scheda **“Stile”**

2 - si cambia la disposizione delle bande nei canali RGB. Per esempio per visualizzare i colori naturali di un immagine spot 6 si usa la sequenza 123 (R-G-B)
per visualizzare i falsi colori la sequenza 412 (IR-R-G) .



Visualizzazione dei dati satellitari

[Video](#)

Visualizzazione su client SNAP

1 - Si va su proprietà del layer scheda **'Open Product..'**

2 - si seleziona il file da visualizzare (nomefile.dim)

3 - si clicca su **'Open'**

4 - il set di dati viene caricato su **'Product Explorer'** u

5 - usando il tasto dx sul nome del dataset si seleziona **'Open RGB Image Window'**

6 - si selezionano le bande per la visualizzazione nei canali R-G-B.

7 - Si clicca su **'ok'** per visualizzare l'immagine

Visualizzazione su client 'Copernicus Browser'

[Video ?](#)

Visualizzazione su client SNAP

Per cambiare la visualizzazione di un immagine satellitare in 'Copernicus Browser':

1 - Si usa la visualizzazione personalizzata, si va in 'Custom'

2 - si trascinano le singole bande nei canali RGB per ottenere le visualizzazioni volute.

Ad esempio per visualizzare i colori naturali di un immagine Sentinel 2 si usa la sequenza 432 (R-G-B), per visualizzare i falsi colori si usa la sequenza 843 (IR-R-G), .

1 Personalizza
Crea visualizzazione personalizzata

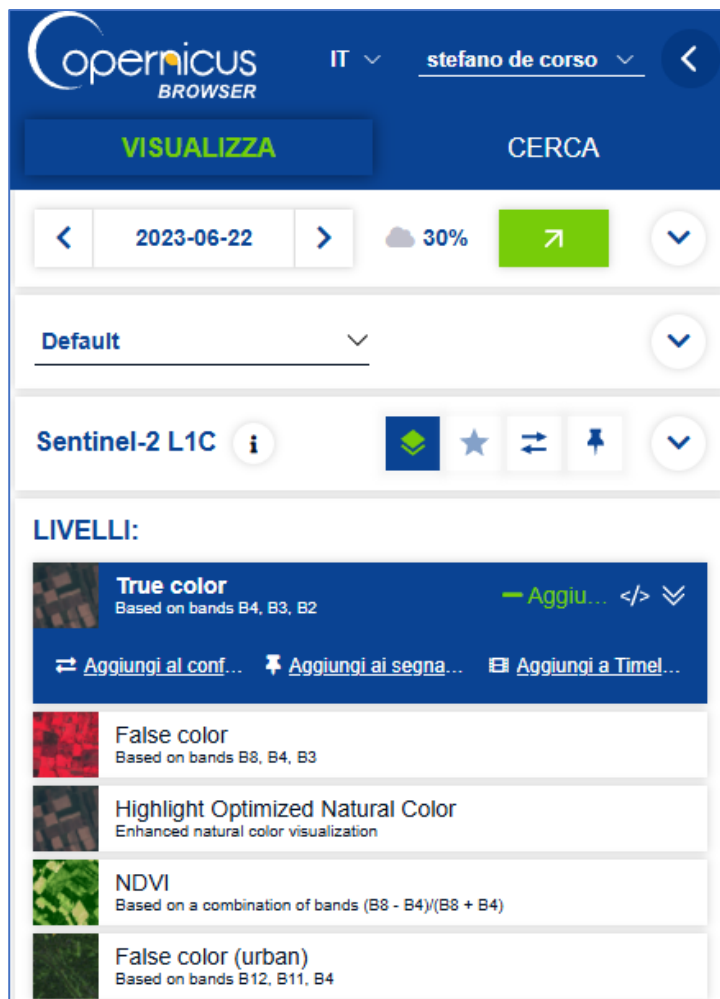
2

432

843

'Dati Sentinel di Copernicus [2024]

‘Copernicus Browser’ visualizzatore del portale ‘Copernicus Data Space Ecosystem’



Copernicus Browser: visualizzatore del portale ‘[Copernicus Data Space Ecosystem](https://dataspace.copernicus.eu/)’ che mette a disposizione i dati Copernicus e consente di utilizzarli direttamente su browser.

Per utilizzare [Copernicus Browser](https://browser.dataspace.copernicus.eu/) è necessario registrarsi al seguente [link](#)

Copernicus Browser è raggiungibile da browser al seguente indirizzo <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>

'Copernicus Browser' visualizzatore del portale 'Copernicus Data Space Ecosystem'

Visualizzatore del portale '[Copernicus Data Space Ecosystem](#)'

1 - Catalogo

2 - Visualizzazione Layer

3 - Dataset presente sul frame

4 - Tematizzazione del dataset presente sul frame

5 - Strumento di confronto dei dati satellitari

6 - Dataset memorizzati nel profilo account

7 - Aggiunge tema al confronto dei dati (punto5)

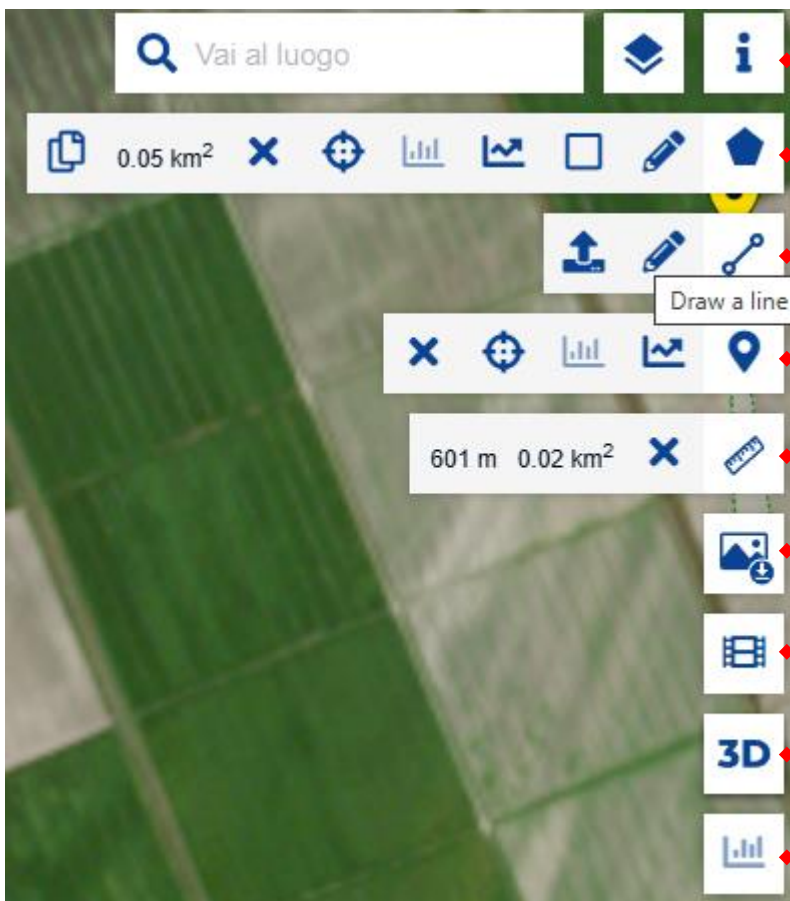
8 - Aggiunge tema ai Dataset memorizzati nel profilo (punto6)

9 - Aggiunge tema ad una serie per creare un timelapse



'Copernicus Browser' visualizzatore del portale 'Copernicus Data Space Ecosystem'

Strumenti di analisi sui dati caricati su 'Copernicus Browser'



Geocoding e Basemap

Analisi su oggetti poligonal

Creazione oggetti vettoriali

Analisi su oggetti puntuali

Strumenti di misura

Download dei dati a video e dei dati analizzati

Animazioni timelaps

Visualizzazione 3D

Istogramma

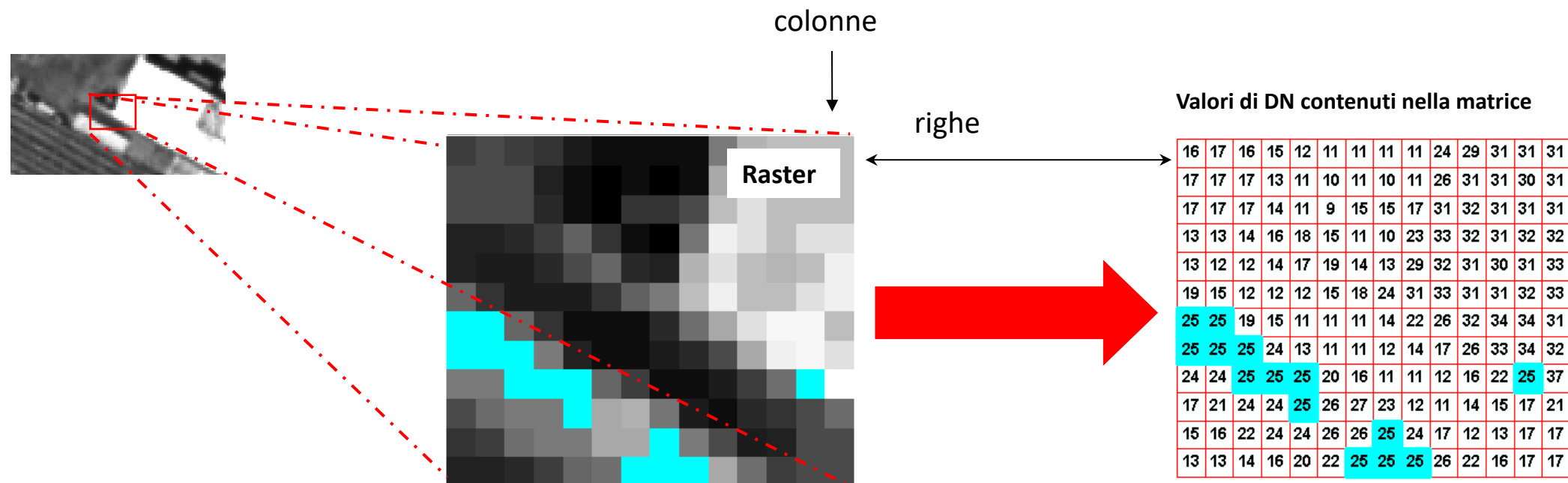
Matrici e Istogrammi delle immagini satellitari

I dati Satellitari in genere vengono distribuiti come matrici numeriche.

A 1 banda di un sensore corrisponde una matrice numerica

A ogni "pixel" è associato un valore numerico detto Digital Number (DN).

La visualizzazione di default di una singola banda è di norma in scala di grigi.



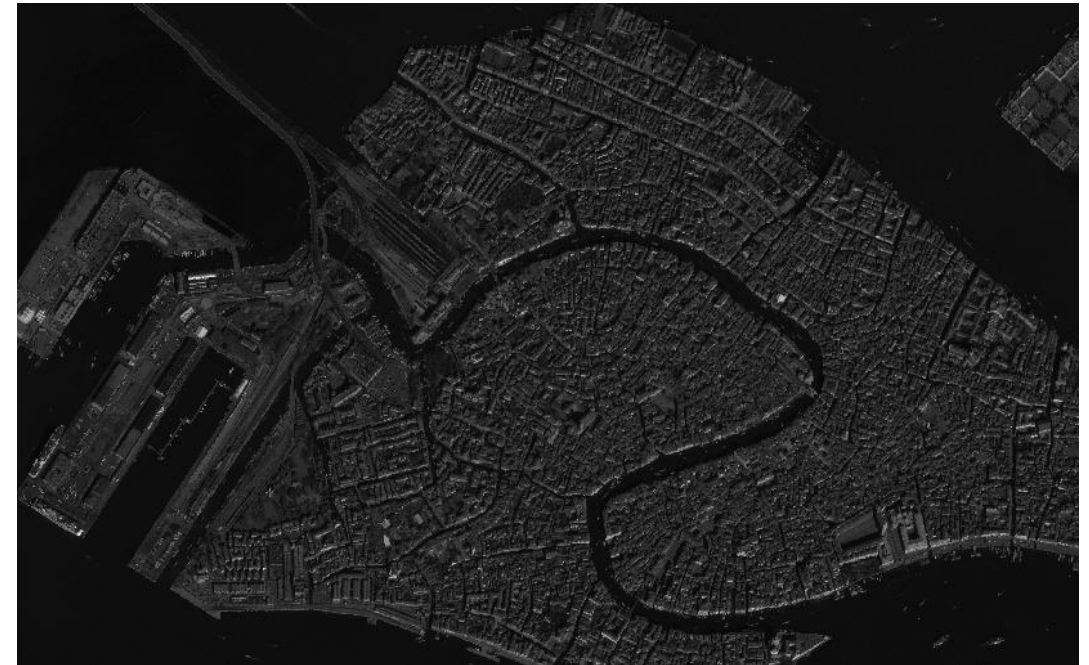
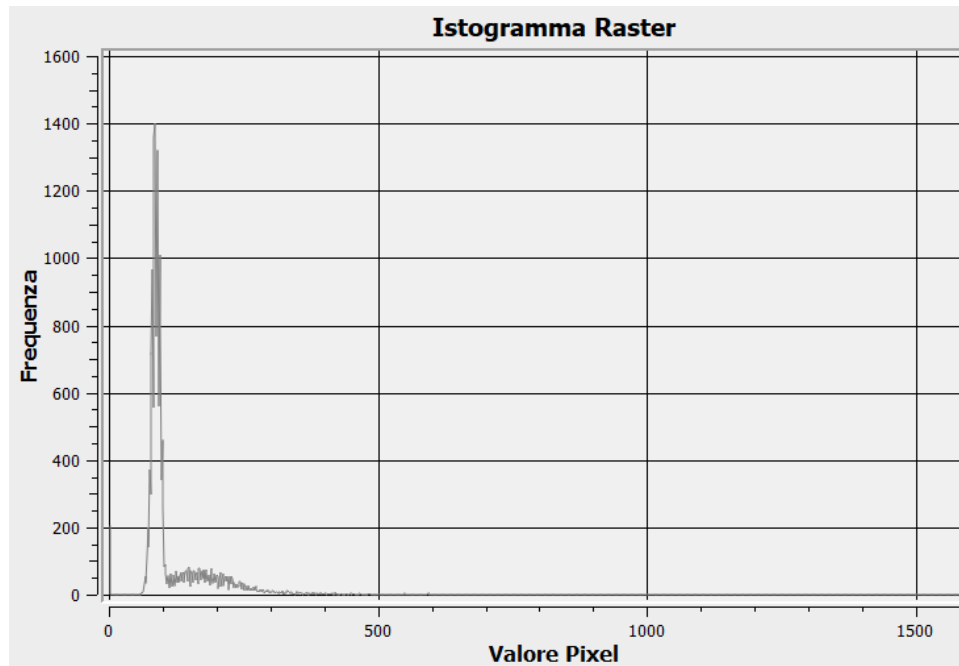
Matrici e Istogrammi delle immagini satellitari



Istogramma: Diagramma che contiene in ascissa i valori di DN di una banda dell'immagine satellitare ed in ordinata la frequenza di tali valori

Un'immagine in pancromatico a 16 bit esprime valori di DN che tendono a 0 per il nero e a 65025 per il bianco

Esempio di valori di DN espressi in radianza su un formato a 16 bit (numeri interi)



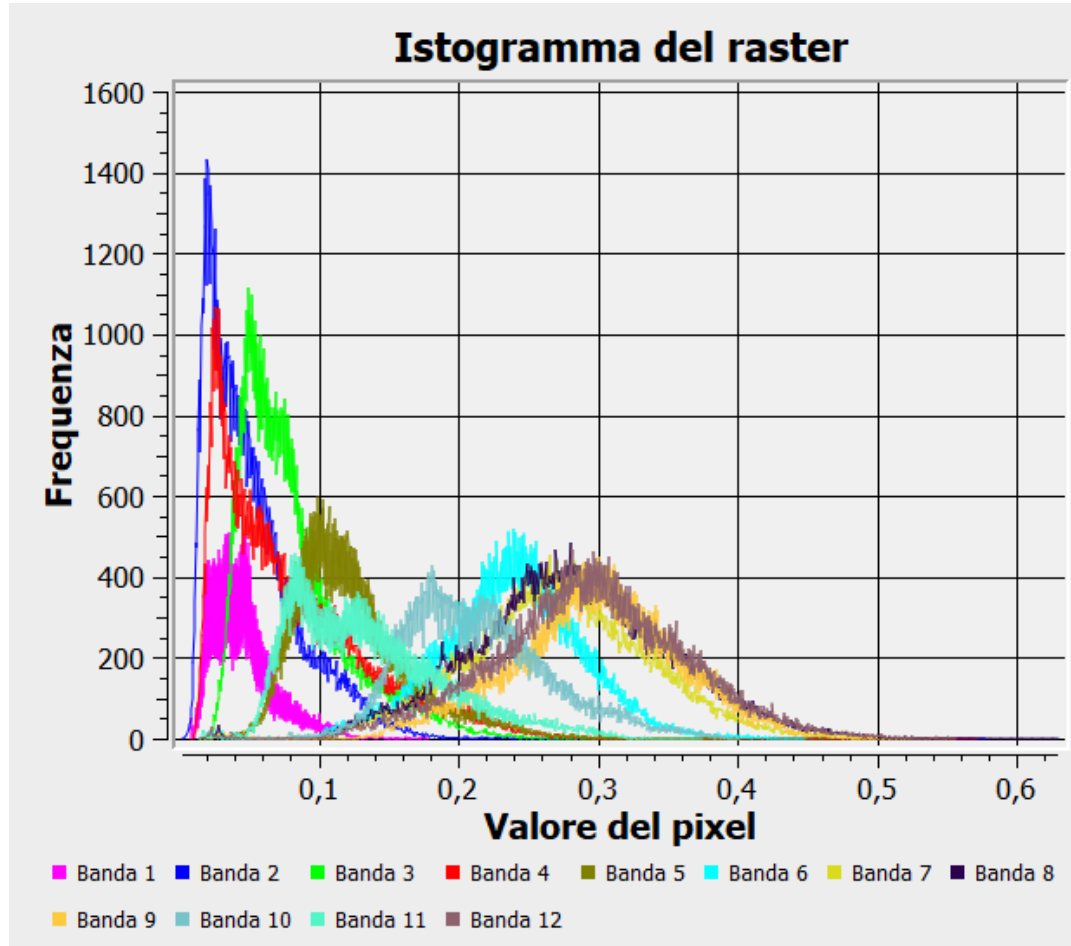
By Earth Resources Observation and Science (EROS) Center

USGS Public domain. OrbView 3 <https://doi.org/10.5066/F7J38R0R>

Matrici e Istogrammi delle immagini satellitari

[Video](#) ?

Esempio di istogramma di immagine satellitare Sentinel2 rappresentato in QGis



Esempio di valori di DN espressi in riflettanza su un formato a 32 bit o 64 bit (numeri decimali)

Che cosa esprime il valore del pixel (DN) in una matrice di un dato satellitare ?

Dipende dal livello di processamento radiometrico.

Esempi di livelli di processamento radiometrico:

- ✓ Dato espresso in valori di **radianza** assoluta corretto con un fattore di scala
- ✓ Dato TOA esprime valori di **riflettanza** al Top dell'Atmosfera
- ✓ Dato BOA con correzione atmosferica esprime valori di **riflettanza** al Suolo con correzione delle distorsioni legate alle caratteristiche dell'atmosfera

Radianza

La grandezza caratteristica che viene misurata dai sensori dei satelliti è la **radianza**.

E' definita come il flusso radiante per unità di superficie e di angolo solido, per una data direzione, misurata su un piano perpendicolare alla direzione data.

Riflettanza

La percentuale dell'energia radiante incidente che viene riflessa (**riflettanza**) è determinata dalla struttura geometrica delle superfici, dalla natura e dalla composizione dei corpi.

Mentre la **radianza** è la quantità di energia effettivamente misurata dai sensori, **la riflettanza** è adimensionale, misura la capacità di riflessione di una superficie

Livelli di processamento dei dati satellitari



Esempio Sentinel - 2



Level-0: Dato grezzo compresso (RAW)

Level-1a: Dato grezzo decompresso (RAW)

Level-1b: Dato con correzione Radiometrica. Valori DN espressi in Radianza

Level-1c: Dato Ortorettificato geometricamente corretto. Valori DN espressi in termini di riflettanza al top dell'atmosfera (**TOA**)

Level-2a: Dato Ortorettificato geometricamente corretto con correzione Atmosferica. Valori DN espressi in termini di riflettanza al suolo (**BOA**).

Livelli di processamento dei dati satellitari

Immagine Sentinel-2 L1C - [TOA](#): Top of Atmosphere

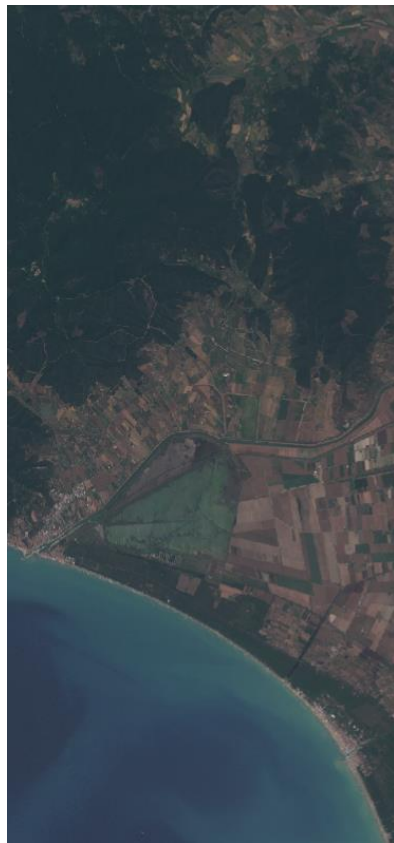
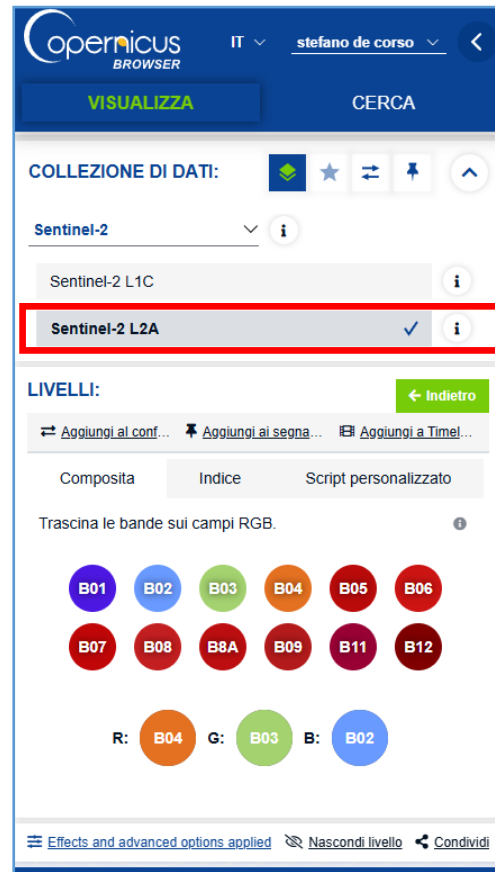


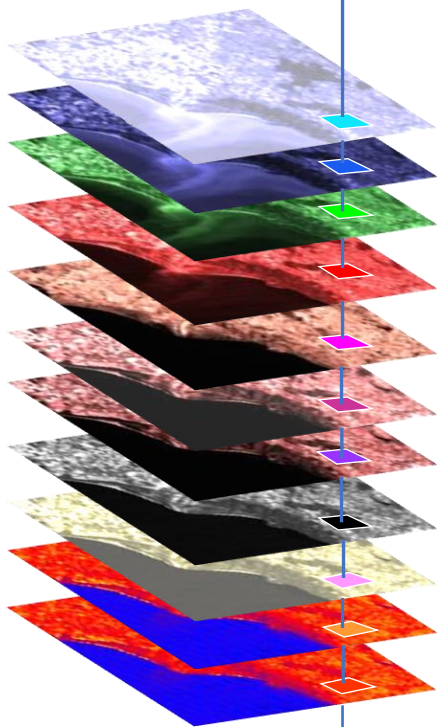
Immagine Sentinel-2 L2A - [BOA](#): Bottom of Atmosphere



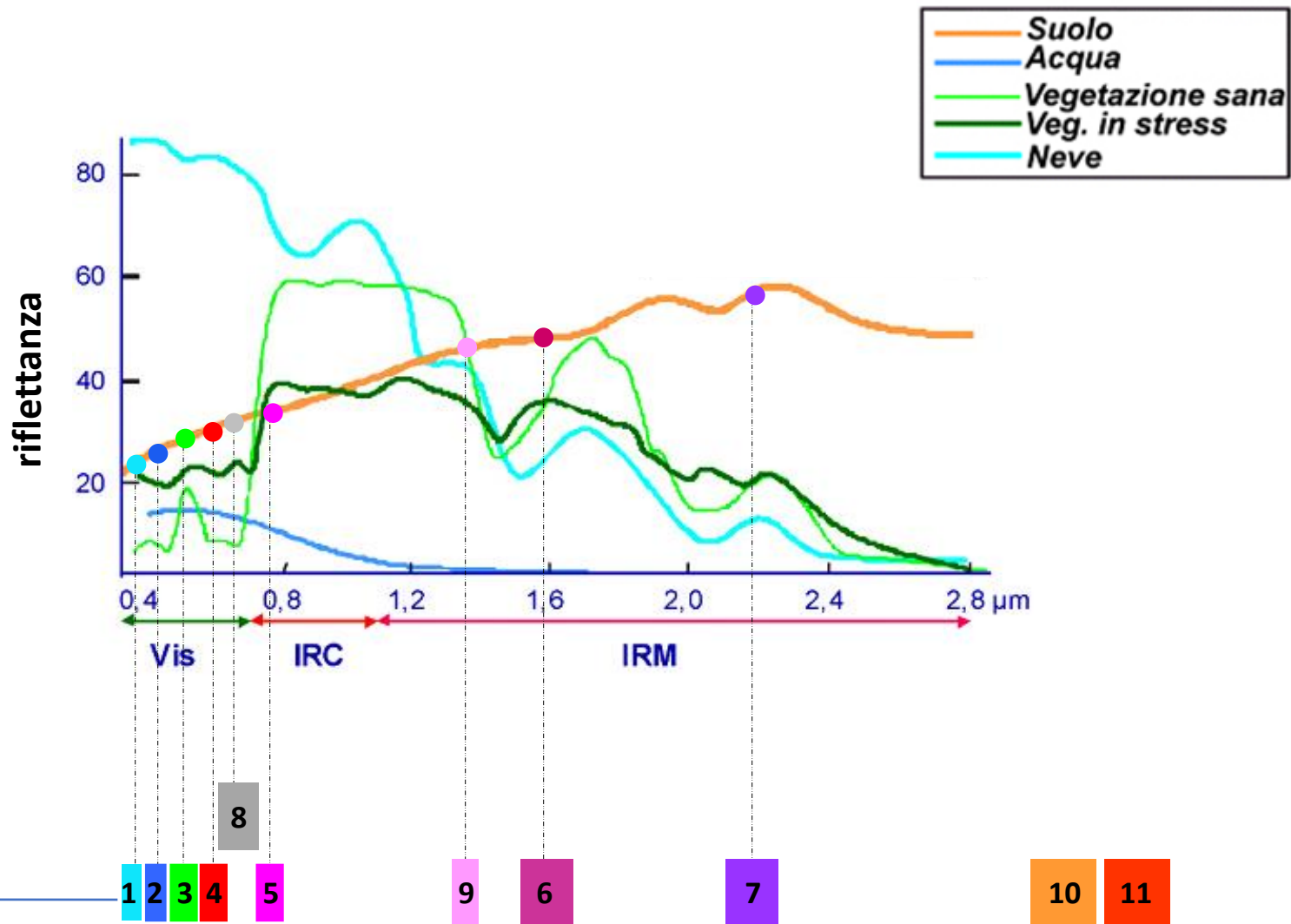
'Dati Sentinel di Copernicus [2024]

Firma spettrale

Valore di **riflettanza** al suolo nelle diverse bande spettrali



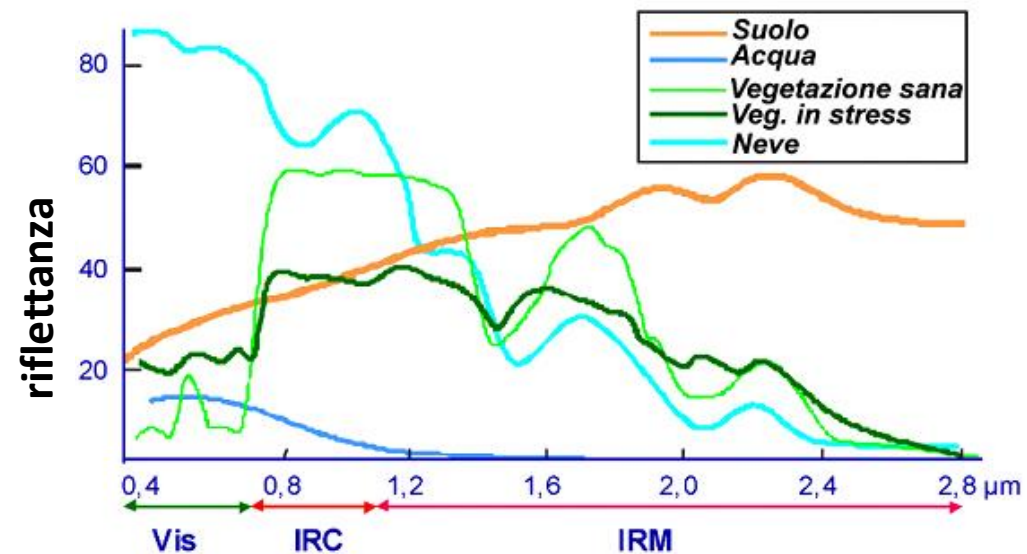
Bande Satellite Landsat 8



Firma spettrale

La “**firma o risposta spettrale**” rappresenta, il coefficiente di riflessione, per una data superficie, in funzione della lunghezza d’onda della radiazione incidente.

Ci consente di isolare le superfici di isocomportamento che sono alla base delle classificazioni di dati multispettrali.



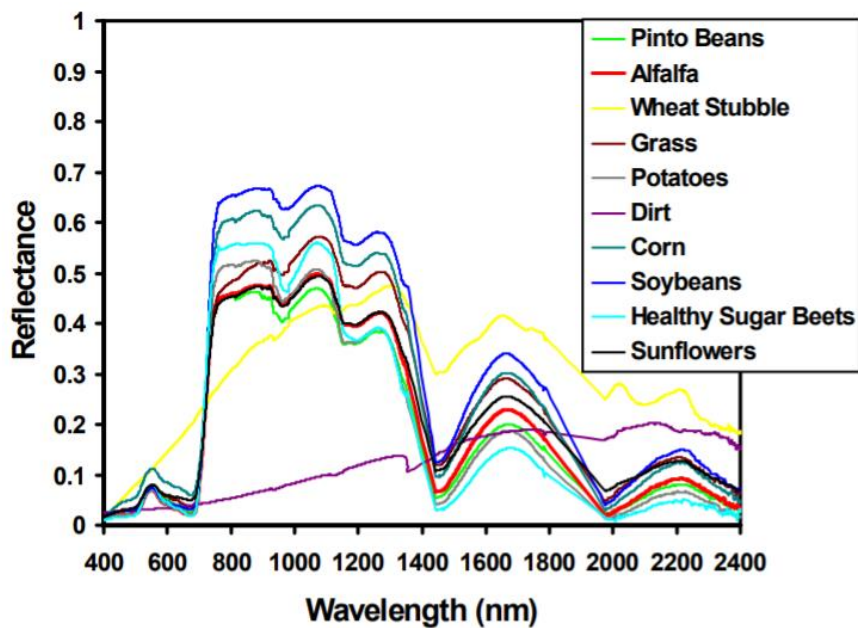
Fundamento de Teledetettion (Chuvieco 1996)

Firma spettrale

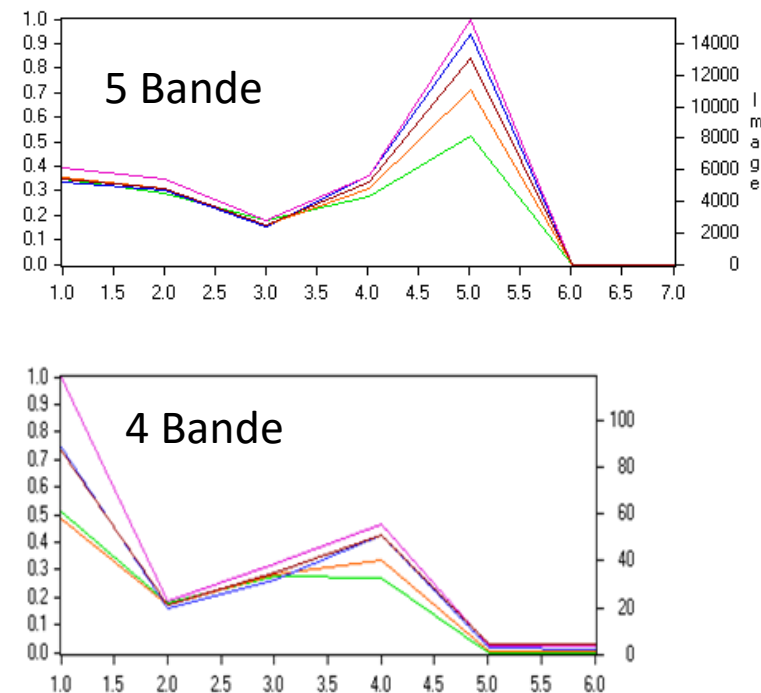
La “**firma spettrale**” di un determinato oggetto viene determinata con precisione da uno spettrometro professionale.

La firma spettrale registrata dai sensori dipende dalle caratteristiche del sensore.

Esempio di firme spettrali di un'immagine ad alta risoluzione spettrale.



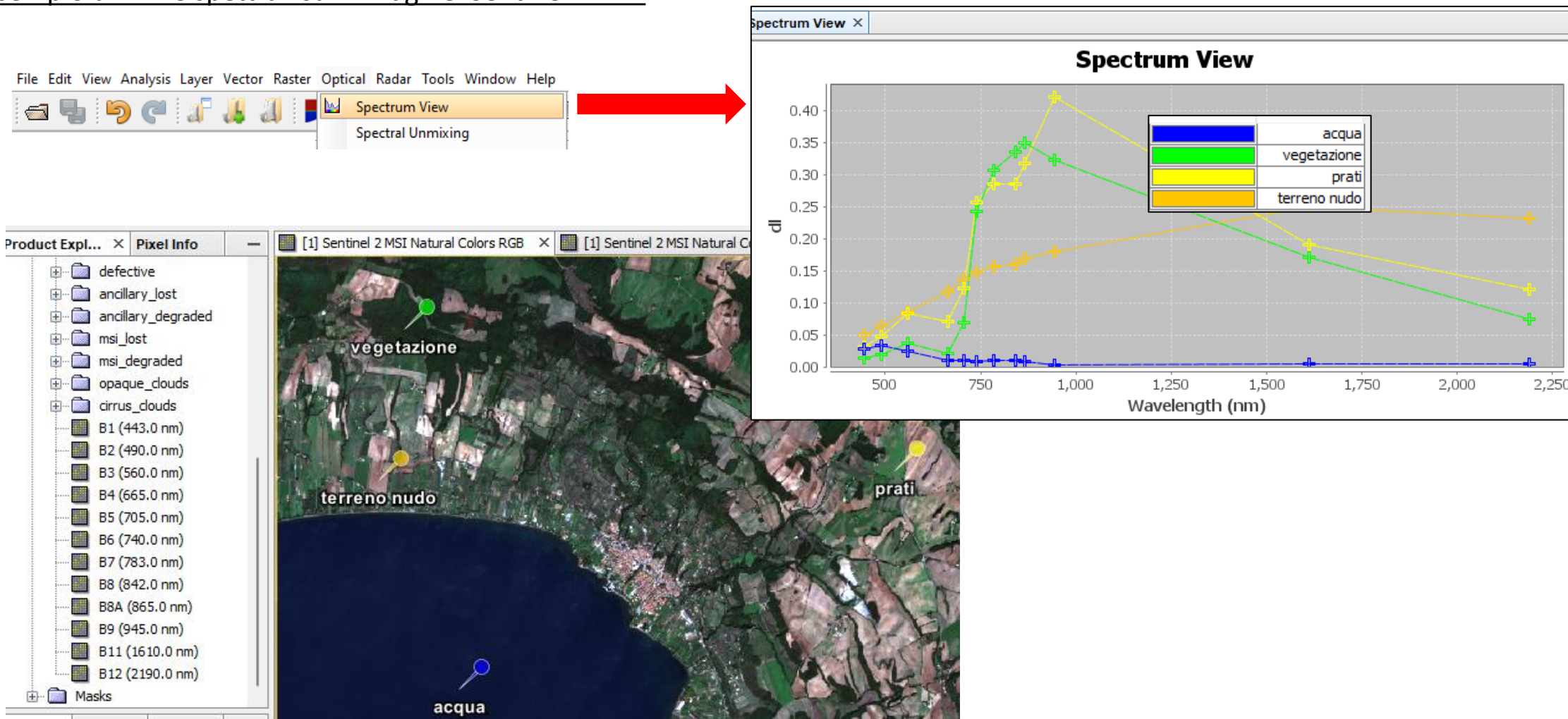
Esempio di firme spettrali di immagini a bassa risoluzione spettrale.



Firma spettrale

[Video](#)

SNAP - Esempio di firme spettrali su immagine Sentinel-2 L2A



Caratteristiche delle immagini satellitari



Quali sono le informazioni che è necessario conoscere per un corretto utilizzo delle immagini satellitari?

➤ Risoluzione spaziale

(quanto sono definiti gli oggetti ?)

La dimensione del pixel ci dà una misura della risoluzione spaziale

➤ Risoluzione radiometrica

(con quanti tipi di colori possono essere rappresentati gli oggetti ?)

La profondità di colore ci dà una misura della risoluzione radiometrica

➤ Risoluzione spettrale

(come posso distinguere un oggetto da un altro oggetto ?)

il n° di bande e l'intervallo di lunghezza d'onda misura la risoluzione spettrale

➤ Risoluzione temporale

(dopo quanto tempo posso rivisualizzare lo stesso oggetto ?)

n° di immagini disponibili per una determinata area per un determinato tempo

Risoluzione spaziale

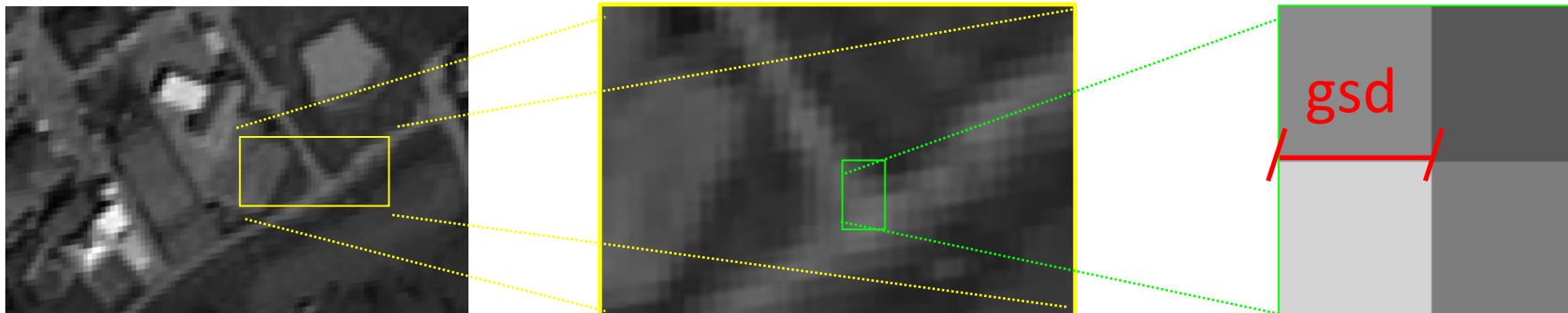
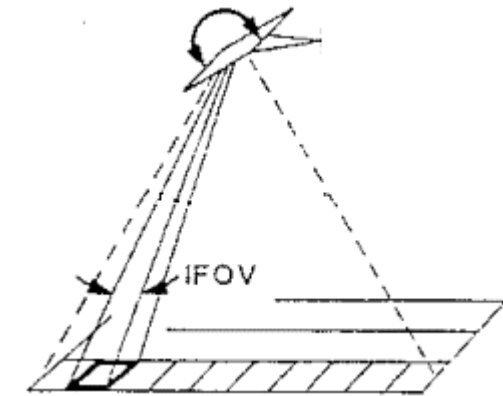


E' il più piccolo dettaglio distinguibile in una immagine e coincide con il pixel dell'immagine.

GSD (Ground Sampling Distance)

Il pixel corrisponde all'area che il sensore è in grado di rilevare all'interno del suo angolo solido.

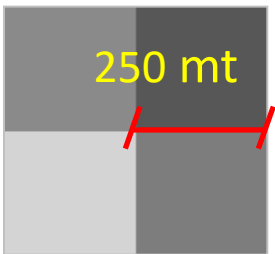
Tecnicamente l'elemento che riesce a registrare viene definito come **IFOV** (Instantaneous Field Of View = Campo di vista istantaneo)



Risoluzione spaziale

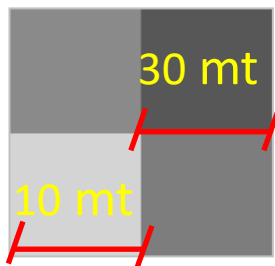
Sensori a Risoluzione spaziale bassa

Modis	Multispettrale
-------	----------------



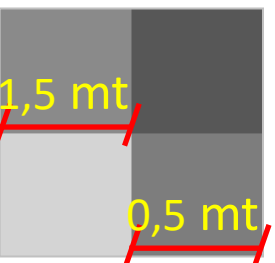
Sensori a Risoluzione spaziale Medio-alta

Satelliti Landsat	Pancromatico e multispettrale
Satelliti Sentinel 2	Multispettrale



Sensori a Risoluzione spaziale alta

Satelliti Spot	Pancromatico e multispettrale
Satelliti GeoEye	Pancromatico e multispettrale
Satelliti Pleiades	Pancromatico e multispettrale



Risoluzione radiometrica



I dati raster vengono salvati in formati a 8, 16, 32 e 64 bit.

8 bit 1 canale o banda da (256 livelli di grigio)

8 bit = 2⁸ colori (256)

16 bit 1 canale o banda da (65536 livelli di grigio)

16 bit = 2¹⁶ colori (65536)

La **risoluzione radiometrica** Indica i livelli di energia che il sensore è in grado di rilevare e registrare. A ogni livello di energia corrisponde un valore numerico della matrice o a un colore e viene di solito indicata come valori in bit.

Esempio

Sentinel 2 risoluzione radiometrica = **12 bit = 2¹² (4096) livelli di colore.**

Per conservare tutto il contenuto informativo di ogni banda vengono adottati formati raster a 16 bit.

Durante i processi di lavorazione (correzione atmosferica) è necessario adottare formati a 32 e 64 bit per gestire i numeri decimali.

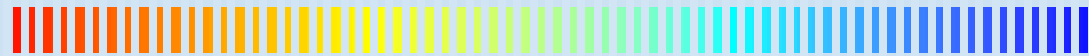
Risoluzione spettrale



La risoluzione spettrale rappresenta gli intervalli di lunghezza d'onda (bande) dello spettro elettromagnetico nei quali il sensore è in grado di ricevere informazioni.

In particolare si dice che un sensore ha una risoluzione spettrale alta quando le bande sono tante e sono molto strette. Quindi l'utilizzo di sensori a bande molto strette è necessario per studiare il comportamento di una particolare sostanza.

Esempio di Alta Risoluzione spettrale



Prisma oltre 100 bande

Al contrario, se invece si prende un sensore che lavora con bande larghe i valori di radianza sono influenzati da altri elementi che riflettendo nella stessa banda disturbano l'analisi.

Esempio di Bassa risoluzione spettrale



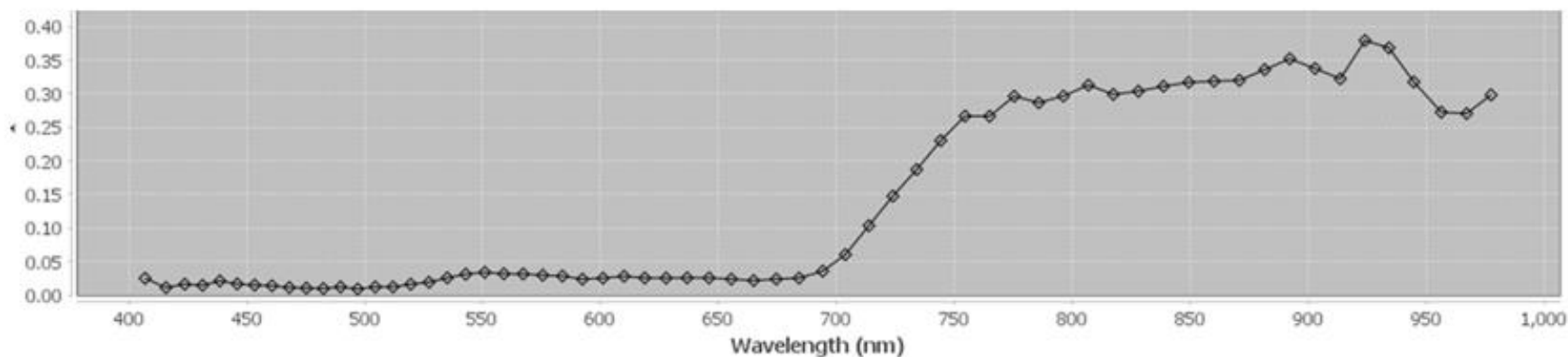
Pleiades 4 bande

Geoeye 4 bande

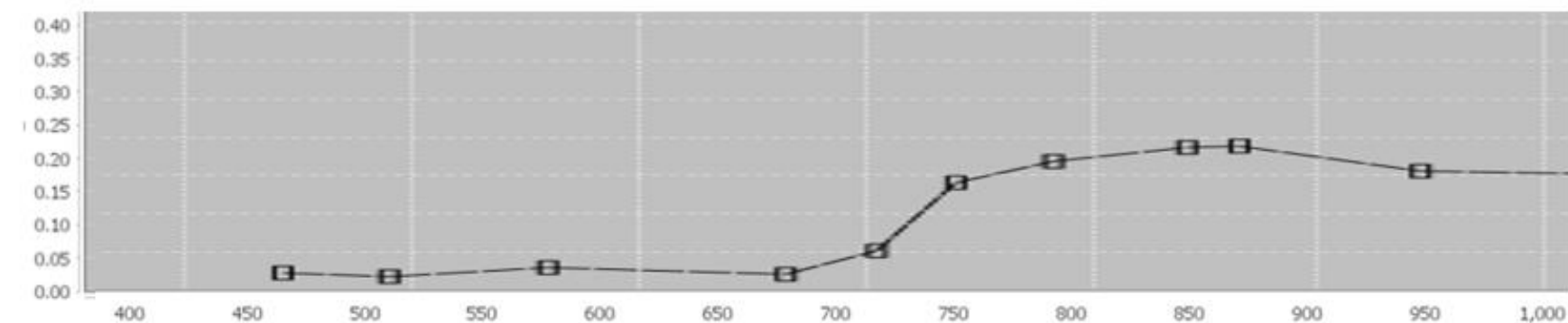
Risoluzione spettrale



Esempio: confronto firma spettrale Prisma - Sentinel2 in un'area a copertura arborea



Prisma



Sentinel 2

Risoluzione temporale

E' il tempo che intercorre tra acquisizioni successive della stessa area, detto anche "periodo di rivisitazione"

Il periodo di rivisitazione è definito come l'intervallo di tempo impiegato dal satellite per ritornare a riprendere una stessa zona. Esempio 'Sentinel 2' massimo 5 giorni

Ci permette di sapere quante immagini sono disponibili in una determinata area in un determinato intervallo temporale

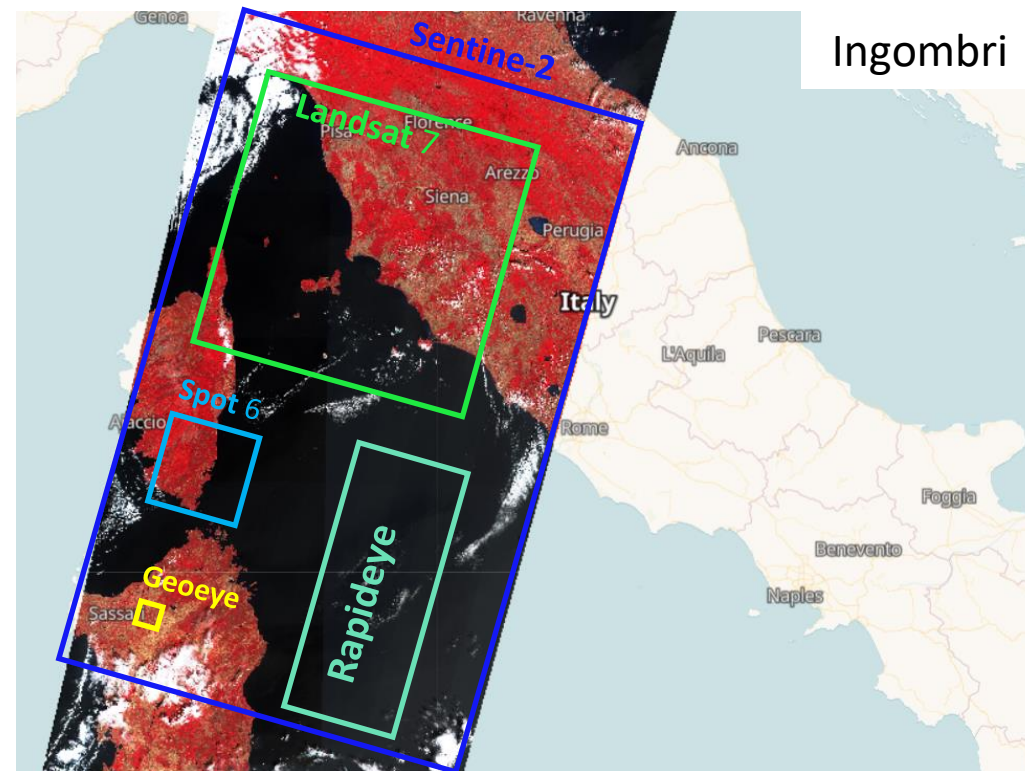
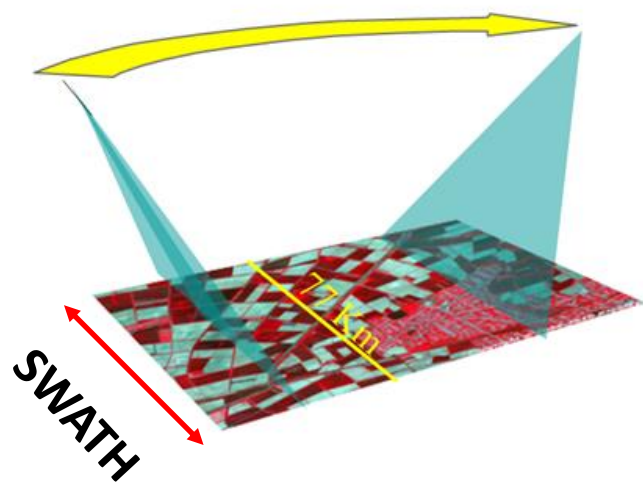
The screenshot displays a search interface for satellite data. At the top, there are two tabs: "VISUALIZZA" (Visualize) and "CERCA" (Search), with "CERCA" being the active tab. Below the tabs, there is a green button labeled "Vai alla ricerca" (Go to search) and the text "Showing 38 results". The search results are listed in a table-like format, showing the following information for each result:

- Image ID:** S2C_MSIL2A_20250330T100051_N0511_R122_T33TTG_20250330T160113.SAFE
- Mission:** SENTINEL-2
- Instrument:** MSI
- Dimensioni:** 969MB
- Orario di acquisizione:** 2025-03-30T10:00:51.025000Z

Each result also includes a small thumbnail image of the satellite data and a "Visuali..." button. Below the main search results, there are additional filters and icons for information, zoom, and download. The background of the interface shows a satellite map of a region in Italy, with labels for "Grosseto", "Tomi", "Latina", and "Lazio". A large blue rectangular area is overlaid on the map, indicating the search area.

Ingombro delle immagini satellitari

Si definisce **swath** l'ampiezza della ripresa, ossia la porzione di superficie terrestre osservata dal satellite in un dato istante. Lo **swath** ci consente di definire gli ingombri delle immagini satellitari. Generalmente gli ingombri sono inversamente proporzionali alla risoluzione spaziale delle immagini.



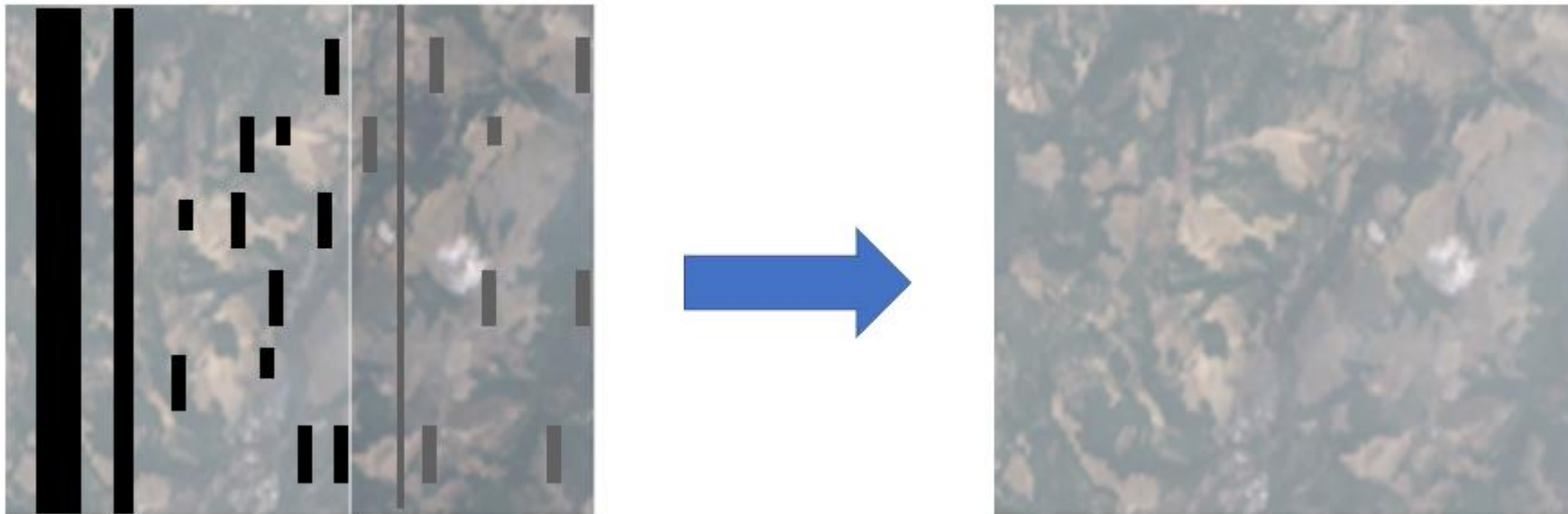
Ingombri

'Dati Sentinel di Copernicus [2021]

Processi di Correzione di immagini satellitari

Correzione Radiometrica

- Correzione degli effetti dovuti alla sensibilità del sensore
- Correzione dei segnali scuri
- Rimozione pixel ciechi
- Correzione delle diverse condizioni di illuminazione



Processi di Correzione di immagini satellitari

Correzione Atmosferica

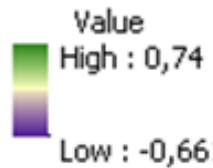
Le distorsioni maggiori dei valori di radianza si ottengono a causa dell'attraversamento dei vari strati di atmosfera. La correzione atmosferica serve a rimuovere tali disturbi.



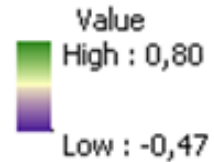
La Correzione atmosferica è particolarmente importante nei casi di analisi multitemporali

NDVI senza correzione atmosferica

NDVI 02 03 2012

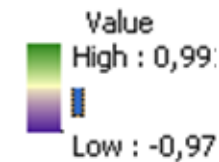


NDVI 17 05 2012

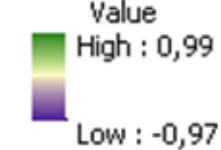


NDVI con correzione atmosferica

NDVI 02 03 2012



NDVI 17 05 2012



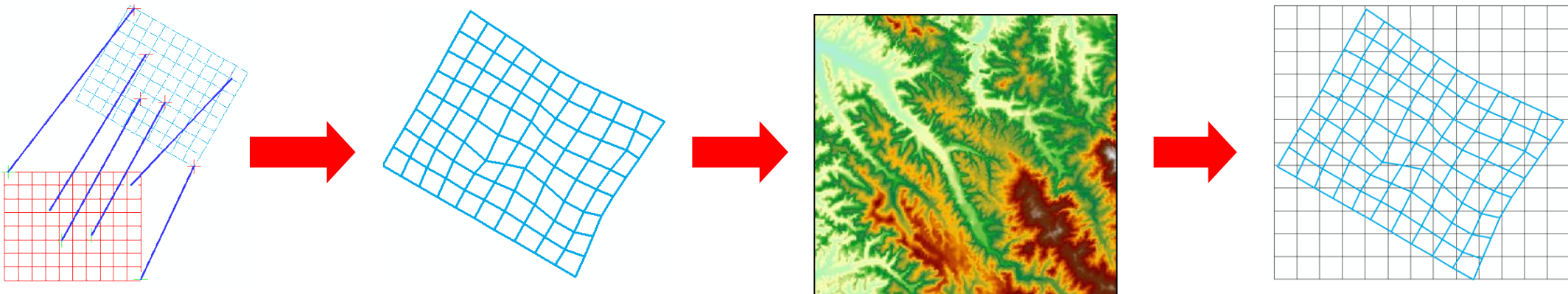
Processi di Correzione di immagini satellitari

Ortorettifica

Procedura di correzione geometrica sulle tre dimensioni che produce un'immagine ortorettificata.

L'ortorettifica differisce dalla georeferenziazione.

Nel processo di correzione si utilizzano coordinate X, Y, Z inoltre viene utilizzata la matrice di un DTM che entra nel processo di interpolazione.



Accuratezza Posizionale e Precisione

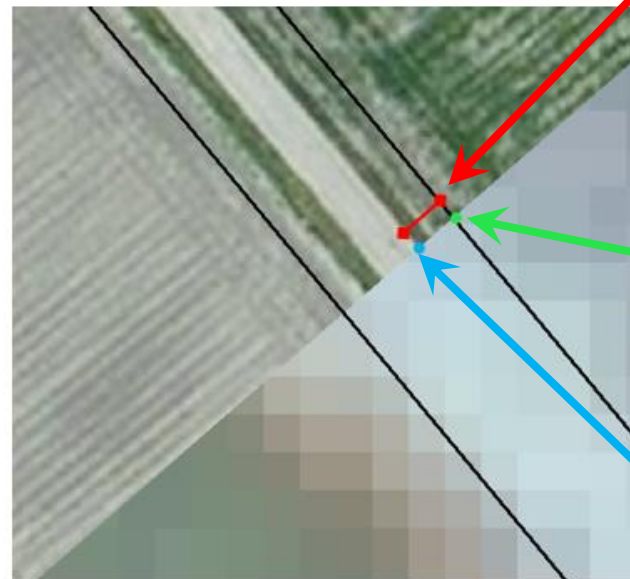
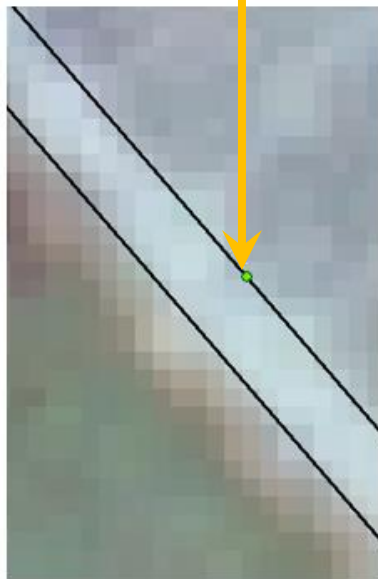
ACCURATEZZA POSIZIONALE:

discrepanza di posizione tra il dato rappresentato e il dato reale.

L'accuratezza posizionale di un dato satellitare dipende da:

1. precisione dei punti di controllo (GCP) usati per la correzione del dato
2. errore residuo (errore dovuto al posizionamento dei GCP e all'algoritmo di deformazione utilizzato)
3. dimensione del pixel (risoluzione spaziale)

Quale è la posizione reale del punto rappresentato a bordo strada?
Qual è l'accuratezza posizionale del dato satellitare rappresentato



Accuratezza posizionale

Dato rappresentato

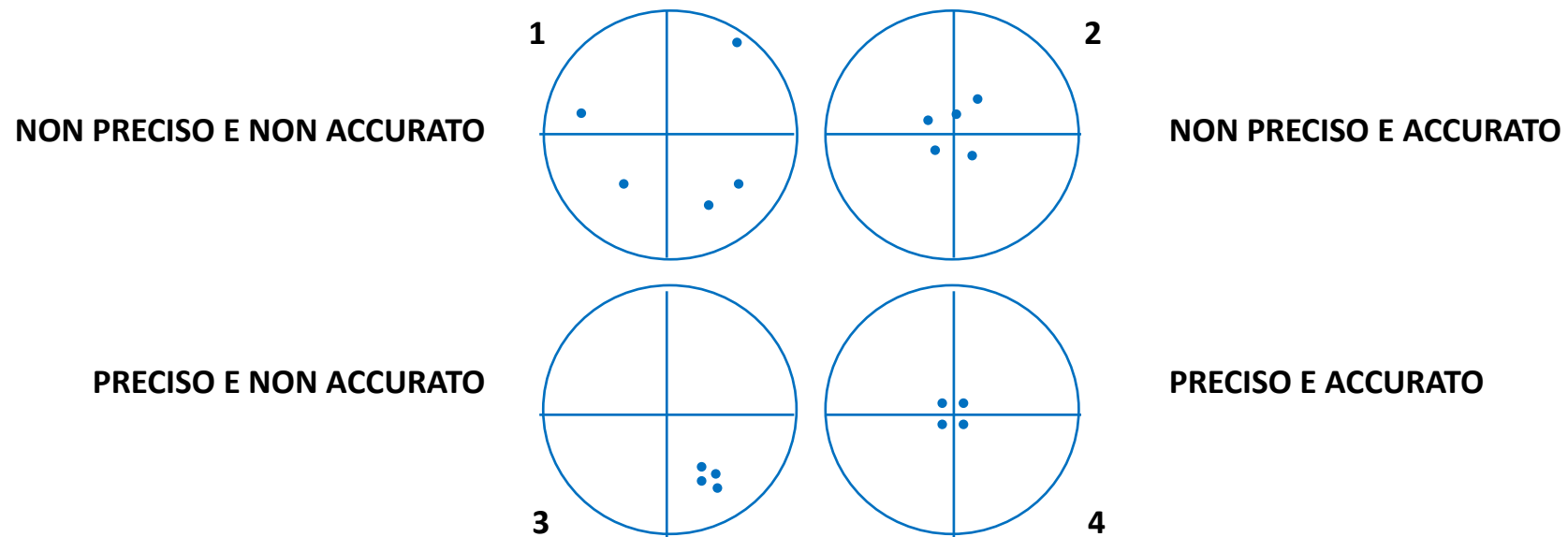
Dato Reale

Accuratezza Posizionale e Precisione

ACCURATEZZA POSIZIONALE: discrepanza di posizione tra il dato rappresentato e il dato reale.

PRECISIONE: grado di "convergenza" di dati rilevati individualmente

RELAZIONE TRA ACCURATEZZA POSIZIONALE E PRECISIONE

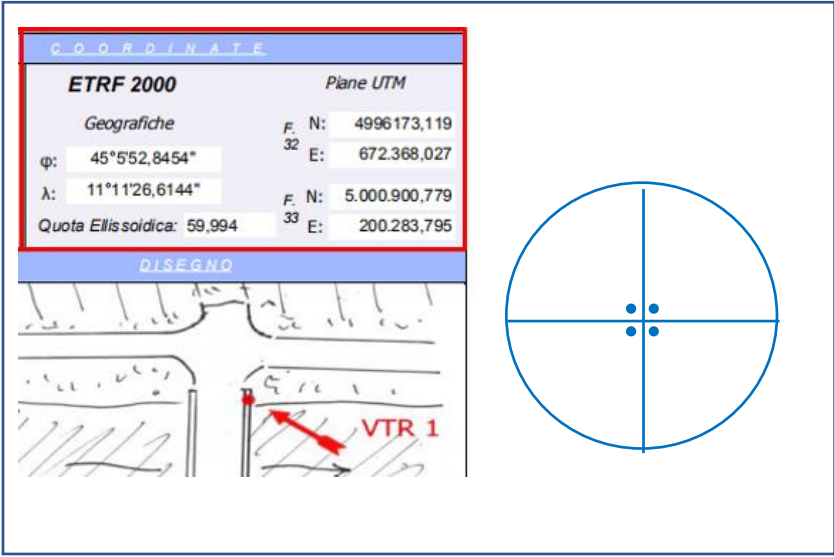


Accuratezza Posizionale e Precisione

1 - Se i punti di riferimento della georeferenziazione sono punti provenienti da monografie di rete geodetica il miglior risultato è un posizionamento accurato e preciso

2 - Se i punti di riferimento della georeferenziazione sono punti provenienti da altri dati georeferenziati il miglior risultato sarà un posizionamento preciso mentre l'accuratezza dipende dall'immagine georeferenziata che viene usata come riferimento

1 – Riferimento da Monografia

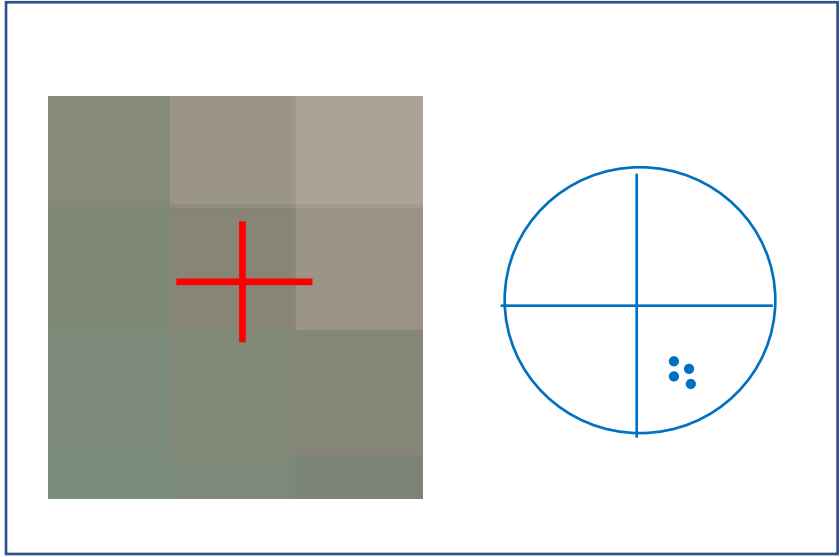


The screenshot shows a software interface with a table of coordinates and a technical drawing. The table is titled "COORDINATE" and contains the following data:

ETRF 2000		Plane UTM	
Geografiche		F. N:	4996173,119
ϕ :	45°52,8454"	32 E:	672.368,027
λ :	11°11'26,6144"	F. N:	5.000.900,779
Quota Ellissoidica:	59,994	33 E:	200.283,795

Below the table is a section titled "DISEGNO" showing a technical drawing with a red arrow pointing to a point labeled "VTR 1". To the right of the drawing is a circular diagram with a crosshair and four dots at the center.

2 – Riferimento da immagine georeferenziata



The screenshot shows a georeferenced image with a red crosshair. To the right is a circular diagram with a crosshair and four dots at the center.

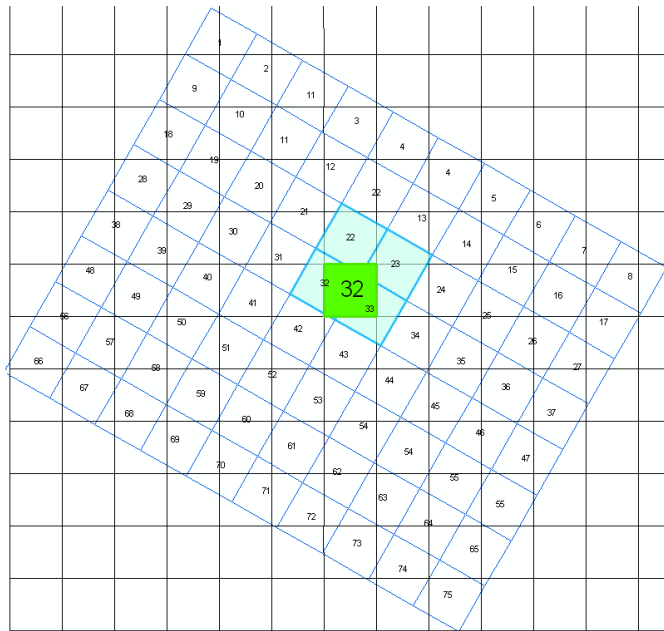
“Regione del Veneto – L.R. n. 28/76 – Formazione della Carta Tecnica Regionale”

Algoritmi di interpolazione

Nearest Neighbor (vicino più prossimo)


Esempio di algoritmo applicato ad un processo di ortorettifica:

Al pixel di output viene attribuito il valore del pixel di input con coordinate riga-colonna più vicine.



 Matrice originaria

 Matrice nuova

 Pixel di output

 Pixel originari vicini

Caratteristiche:

- approssima i valori originali
- efficiente in termini di tempo di calcolo
- introduce un errore di shift fino a 1/2 pixel

Algoritmi di interpolazione

Bilinear Interpolation (Interpolazione Bilineare)

Determina il valore del pixel mediante interpolazione dei quattro pixel più vicini

 Matrice originaria

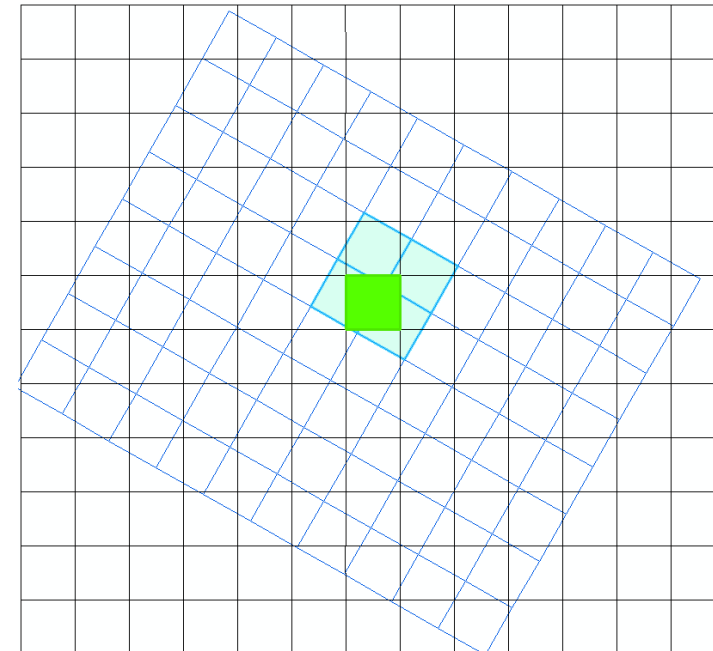
 Matrice nuova

 Pixel di output

 Pixel originari vicini

Caratteristiche:

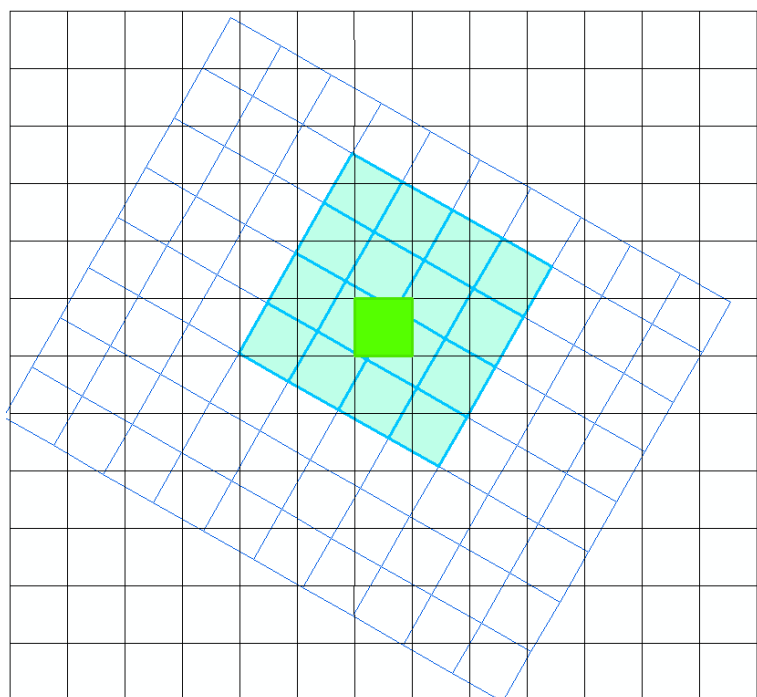
- accuratezza geometrica
- l'interpolazione bilineare richiede 3 - 4 volte il periodo di calcolo di vicino a metodo più vicino
- modifica i valori dei Pixel



Algoritmi di interpolazione

Cubic convolution (Convoluzione Bicubica)

Determina il valore del pixel mediante interpolazione dei sedici pixel più vicini



 Matrice originaria

 Matrice nuova

 Pixel di output

 Pixel originali vicini

Caratteristiche:

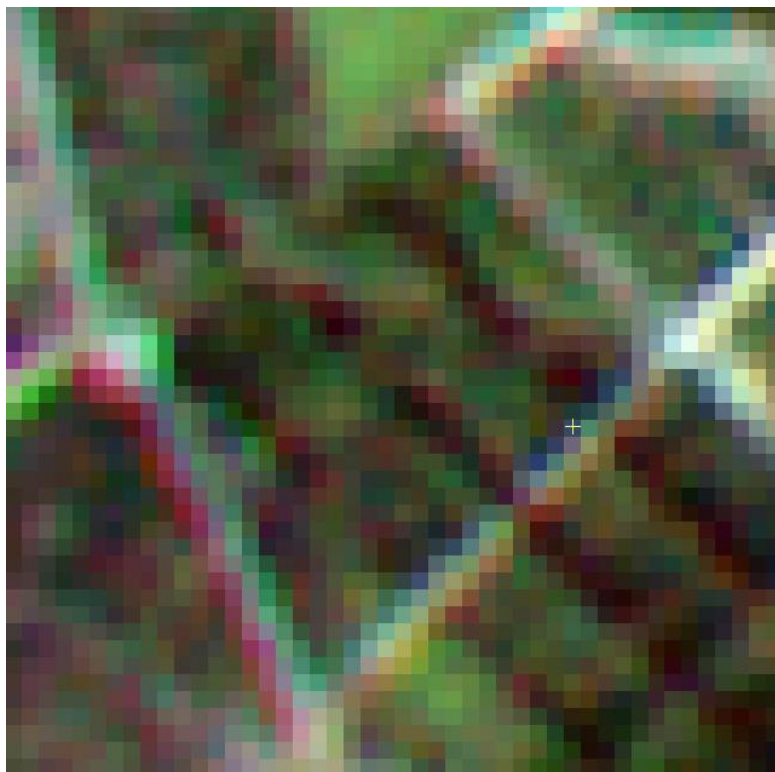
- accuratezza geometrica
- I valori dei DN dell'immagine originale sono fortemente modificati
- il processo di elaborazione è molto lento

Algoritmi di interpolazione

Il **Cubic Convolution** migliora e armonizza la definizione dell'immagine ma altera fortemente il contenuto originario dell'immagine.

Il **Nearest Neighbor** cerca di mantenere il contenuto originario dell'immagine.

Cubic convolution



Nearest Neighbor



Copernicus Browser: Ricerca e Catalogo dei dati

Per scaricare i dati Copernicus è necessario iscriversi nel sito **'Copernicus Data Space Ecosystem'** al seguente link <https://dataspace.copernicus.eu/>

- 1 - Accedere alla sezione **'Account'**
- 2 - cliccare su **'Register'** e compilare il form di registrazione
- 3 - effettuata la registrazione e possibile effettuare il login
- 4 - Per iniziare a usare **'Copernicus Browser'** cliccare su **'COPERNICUS BROWSER'**

The image shows a screenshot of the Copernicus Data Space Ecosystem website. The top navigation bar includes links for News, Dashboard, Cases, Events, Gallery, Videos, and About. Below this, there are logos for the European Union, Copernicus, and ESA, along with menu items for EXPLORE DATA, ANALYSE DATA, and ECOSYSTEM. A prominent green button labeled 'COPERNICUS BROWSER' is highlighted with a red box and a green circle containing the number 4. To its right is a 'SUPPORT' button and a user profile icon, which is highlighted with a red box and a green circle containing the number 1. Below the navigation bar, there are two main sections: 'Login to access your account' and 'Register and create an account for free in 60 seconds'. The login form has fields for 'Email' and 'Password', with a 'Forgot Password?' link and a 'LOGIN' button. A red box around the login form is connected to a green circle with the number 3. The registration section lists benefits: 'Access a variety of Earth observation data', 'Manage your personal settings', and 'Follow your credits and orders'. A green 'REGISTER' button is highlighted with a red box and a green circle with the number 2. A large red arrow points from the user profile icon (1) to the 'REGISTER' button (2).

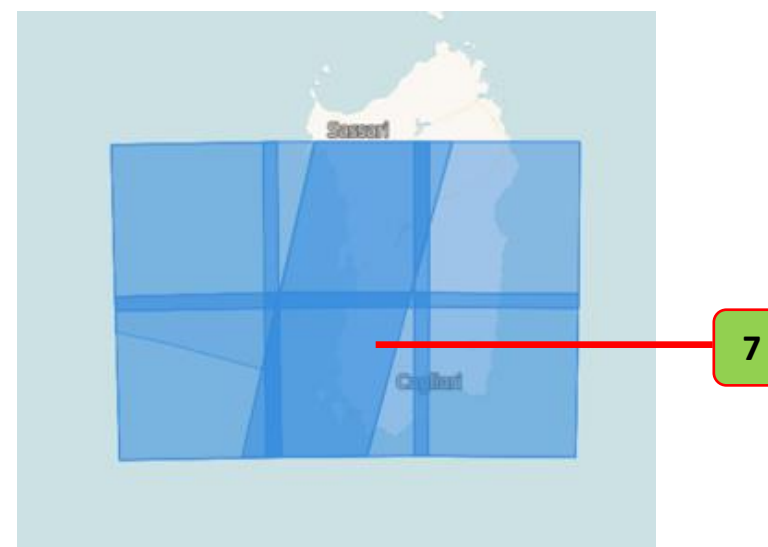
Copernicus Browser: Ricerca e Catalogo dei dati

[Video](#)

The screenshot shows the Copernicus Browser search interface. At the top, there is a navigation bar with the Copernicus logo, the language 'IT', and the user name 'stefano de corso'. Below this, there are two tabs: 'VISUALIZZA' and 'CERCA'. The 'CERCA' tab is active. The main content area is divided into two sections: 'SORGENTI DATI:' and 'INTERVALLO TEMPORALE:'. In the 'SORGENTI DATI:' section, there are checkboxes for 'SENTINEL-1', 'SENTINEL-2', 'SENTINEL-3', 'Auxiliary Data File', and 'Immediata'. Under 'SENTINEL-2', there are sub-checkboxes for 'MSI', 'L1C', and 'L2A'. A cloud cover slider is set to '100%'. In the 'INTERVALLO TEMPORALE:' section, there are date pickers for 'Da:' (2024-10-09) and 'Fino a:' (2024-11-09). A 'Cerca' button is located at the bottom of the form. Numbered callouts (1-6) point to various elements: 1 points to the 'CERCA' tab, 2 to the 'SENTINEL-2' checkbox, 3 to the 'L2A' sub-checkbox, 4 to the cloud cover slider, 5 to the date pickers, and 6 to the 'Cerca' button.

Per cercare un immagine satellitare in **Copernicus Browser**:

- 1 - Si va in 'Cerca'
- 2 - si sceglie il tipo di dato satellitare
- 3 - si sceglie il livello di processamento radiometrico
- 4 - si sceglie la percentuale di nuvolosità.
- 5 - si imposta un intervallo temporale
- 6 - si clicca su 'Cerca'
- 7 - si ottengono le immagini richieste



'Dati Sentinel di Copernicus [2024]

Copernicus Browser: Ricerca e Catalogo dei dati

[Video](#)

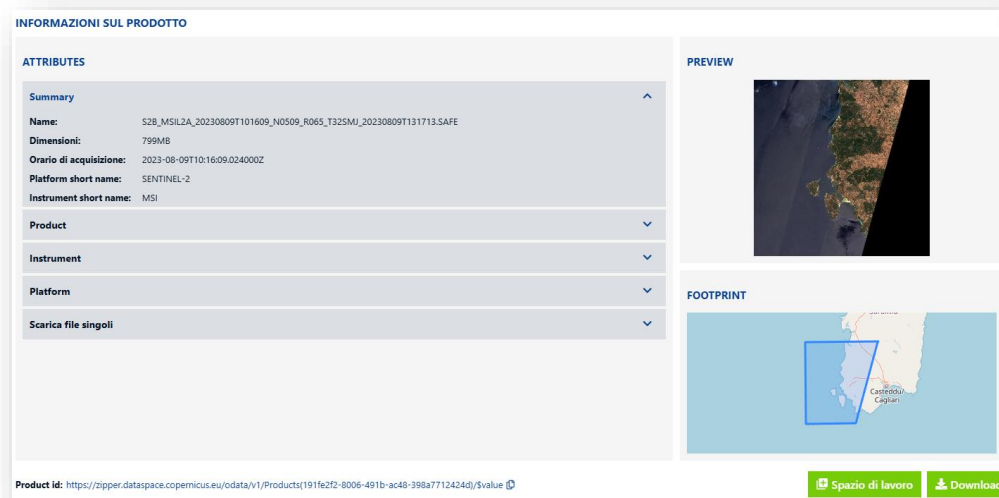
8 - compaiono le immagini del catalogo

9 - cliccando su **'Visualizza'** viene aggiunta l'immagine sul frame per l'utilizzo diretto su 'Copernicus Browser'

10 - cliccando sul pulsante **'i'** compaiono le info del prodotto

11 - cliccando sul pulsante **'+'** viene aggiunta l'immagine nella workspace

12 - cliccando sul pulsante **'↓'** viene scaricata l'immagine



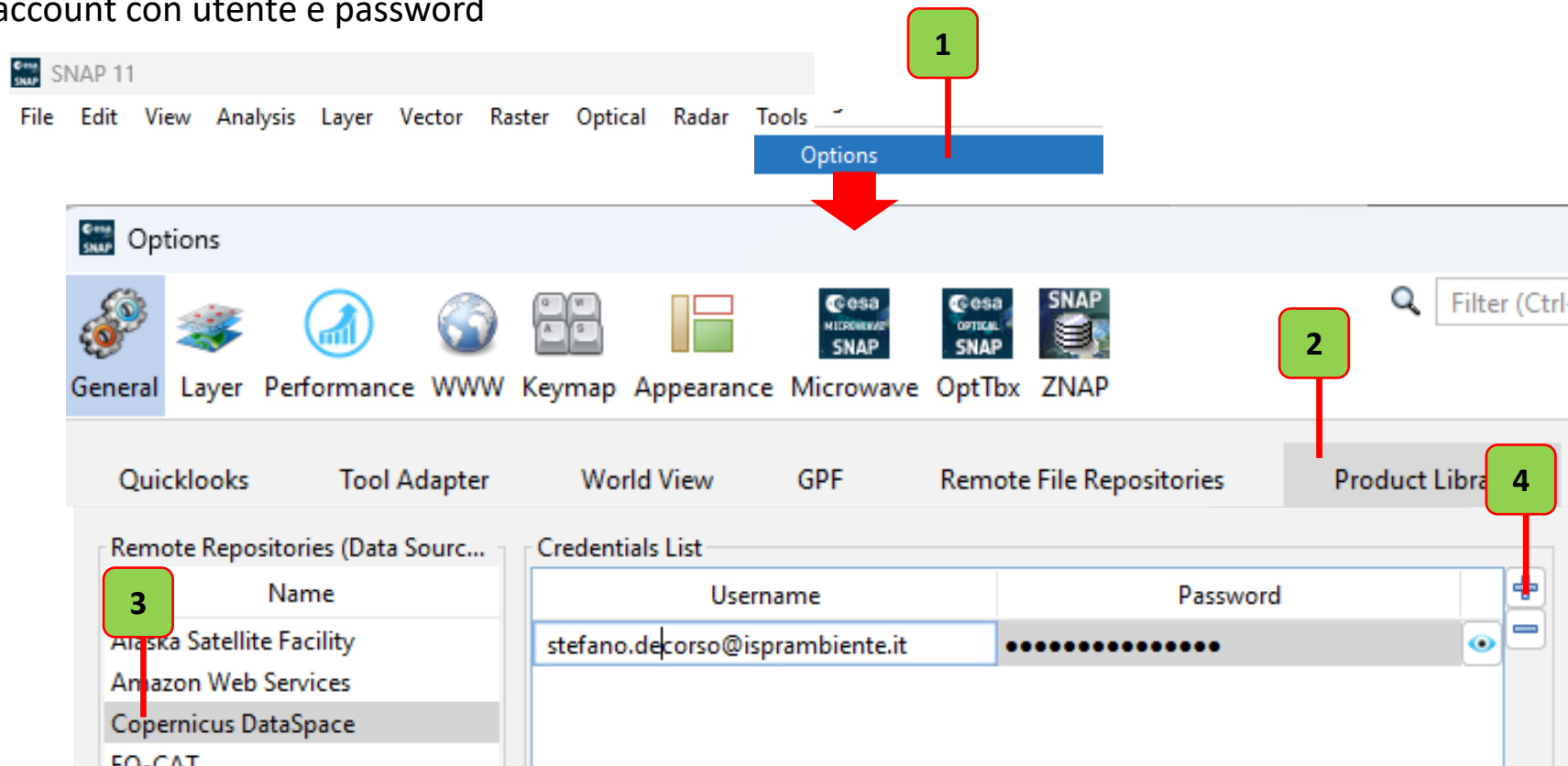
'Dati Sentinel di Copernicus [2024]

SNAP: Ricerca e Catalogo dei dati

[Video](#)

In SNAP è possibile registrare il proprio account 'Copernicus DataSpace' per scaricare le immagini.

- 1 - Si va in 'Tools\Options'
- 2 - si sceglie la scheda 'Product Library'
- 3 - si sceglie la scheda 'Copernicus DataSpace'
- 4 - si aggiunge l'account con utente e password



SNAP: Ricerca e Catalogo dei dati

[Video](#)

The screenshot shows the SNAP 11 interface. The 'File' menu is open, and 'Product Library' is selected. A red arrow points to the 'Product Library' window. In this window, 'Copernicus DataSpace' is selected as the repository. The search criteria are set to 'Sentinel2' mission, 'L2A' product type, and a date range from '30-07-2021' to '12-08-2021'. An 'Area of Interest' is defined on a satellite image of a landscape. The search results are displayed in a table with columns for URL, Mission, Acquisition date, and Size.

URL	Mission	Acquisition date	Size
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2B_MSIL2A_20210730T101559_N0301_R065_T32TMK_20210730T135122.SA...	Sentinel2	30-07-2021 10:15:59	N/A
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2B_MSIL2A_20210730T101559_N0500_R065_T32TMK_20230221T105753.SA...	Sentinel2	30-07-2021 10:15:59	N/A
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2A_MSIL2A_20210801T101031_N0500_R022_T32TMK_20230116T040739.SA...	Sentinel2	01-08-2021 10:10:31	N/A
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2A_MSIL2A_20210801T101031_N0301_R022_T32TMK_20210801T121438.SA...	Sentinel2	01-08-2021 10:10:31	N/A
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2A_MSIL2A_20210804T102031_N0301_R065_T32TMK_20210804T151508.SA...	Sentinel2	04-08-2021 10:20:31	N/A
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2A_MSIL2A_20210804T102031_N0500_R065_T32TMK_20230210T153301.SA...	Sentinel2	04-08-2021 10:20:31	N/A
https://catalogue.dataspace.copernicus.eu/odat... 2B_MSIL2A_20210806T100559_N0301_R022_T32TMK_20210806T150037.SA...	Sentinel2	04-08-2021 10:20:31	N/A

5- Si va in 'File\Product Library'

6 - si sceglie 'Copernicus DataSpace'

7 - si inserisce tipo immagine e data

8 - con il tasto dx si delimita l'area di interesse

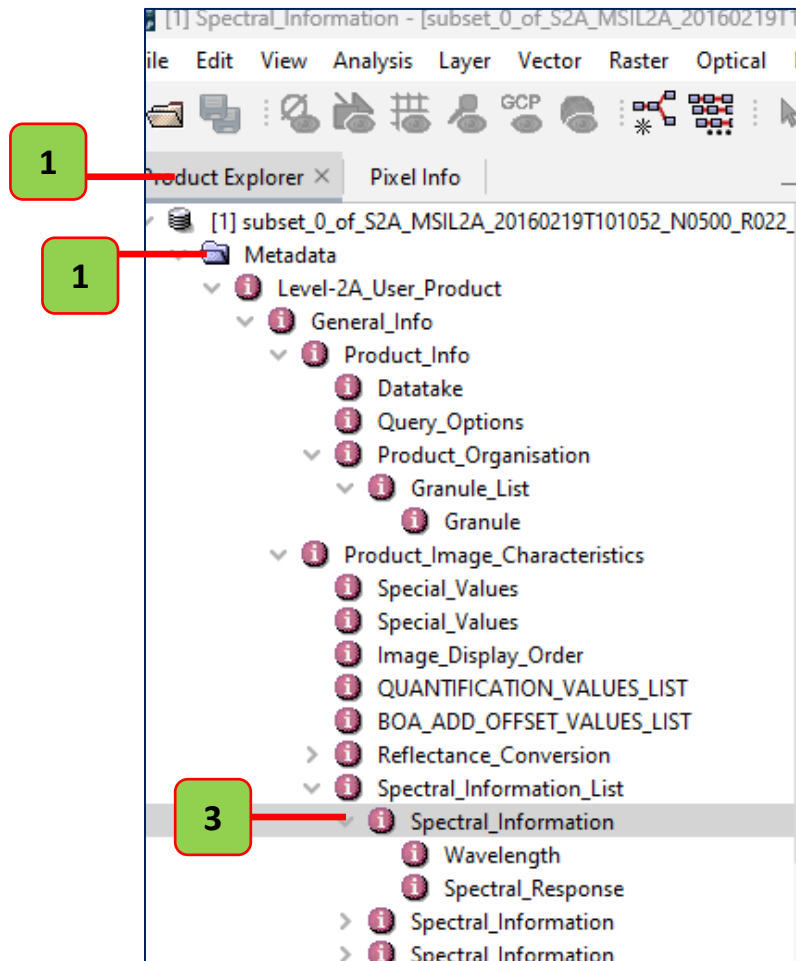
9 - si clicca su cerca

10 - si ottengono i risultati della ricerca.

SNAP: Lettura Metadati

[Video](#)

Letture di Metadati delle immagini satellitari mediante SNAP



Per visualizzare i metadati di un dataset

1 – in 'Product Explorer'

2 – si utilizza la sezione 'Metadata' di un dataset già caricato

3 – si sceglie la sezione da visualizzare

4 – si visualizzano i contenuti

The screenshot shows the metadata viewer for a Sentinel 2 MSI dataset. The table displays the following metadata:

Name	Value	Format
RESOLUTION	60	ascii
Spectral_Response		
STEP	1	ascii
VALUES	0.001775742 0.	ascii
Wavelength		
CENTRAL	442.7	ascii
MAX	456	ascii
MIN	412	ascii
bandId	0	ascii
physicalBand	B1	ascii

FINE: Grazie per l'attenzione!



Dubbi? Perplexità?

Puoi citare queste slides così:

De Corso, S. (2025, giugno 30).

Caratteristiche dei dati satellitari



Stefano.decorso@isprambiente.it