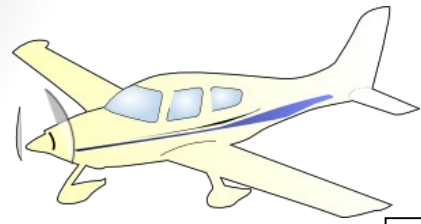


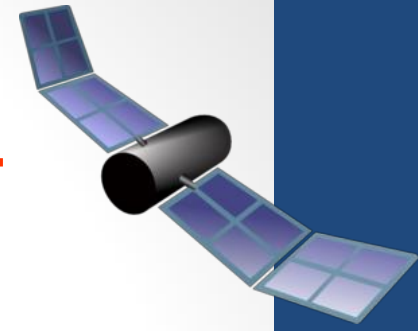
Il telerilevamento



Cos'è il telerilevamento ?



lontano



processo di acquisizione di informazioni

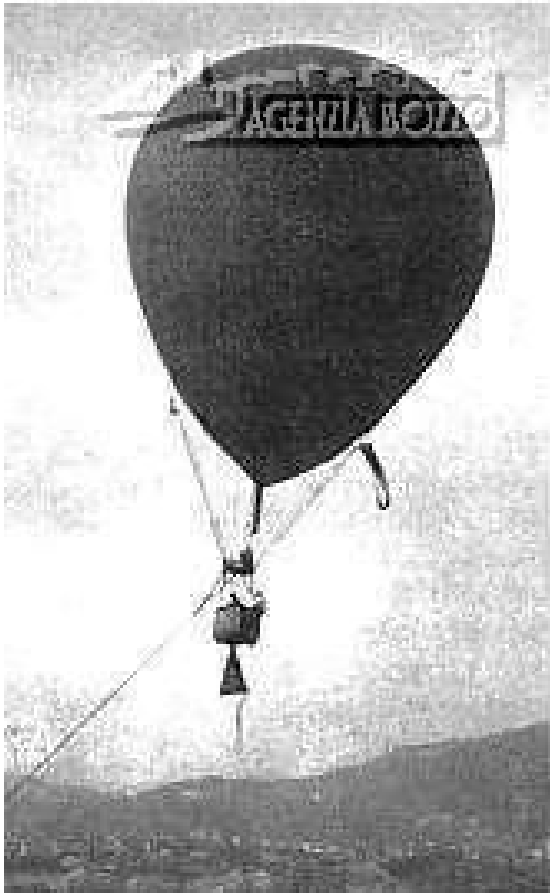
in senso esteso: qualunque metodo di osservazione effettuata a distanza dall'oggetto di indagine

in senso stretto: insieme di conoscenze e tecnologie per l'acquisizione di informazioni riguardanti la superficie della terra e il suo ambiente senza essere in diretto contatto con essa, utilizzando foto aeree, immagini satellitari, droni ecc.

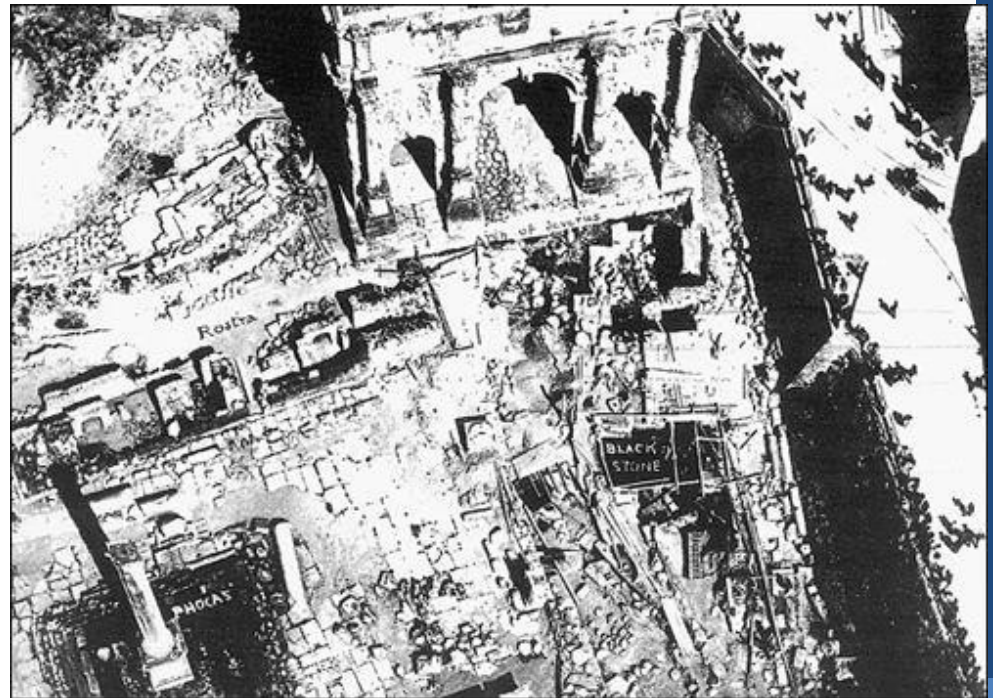
Si basa sulla rilevazione e registrazione dell'energia elettromagnetica riflessa dalla superficie terrestre e dagli oggetti posti su di essa.

Un po' di storia del telerilevamento

La prima tecnica di telerilevamento fu messa in pratica nel 1840 quando nacque la macchina fotografica che venne utilizzata a bordo di palloni aerostatici. Si ebbero, così le prime immagini del territorio.

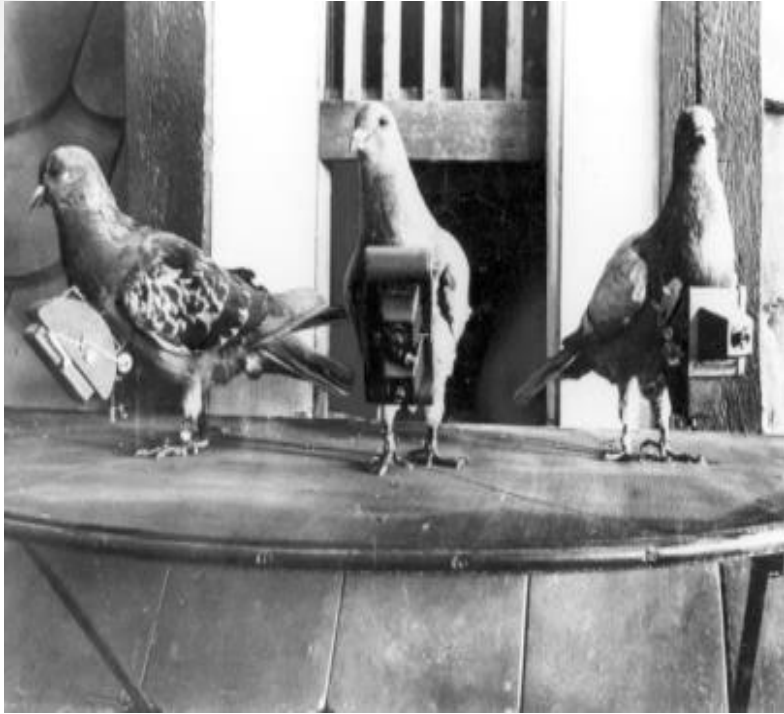


Pallone aerostatico



Ripresa di Giacomo Boni nel 1899 degli scavi del Foro Romano

Un po' di storia del telerilevamento



Successivamente in Europa intorno al 1900 vennero utilizzate flotte di piccioni ai quali venne applicata un tipo di macchina fotografica molto leggera (soli 70 grammi), dotata di temporizzatore meccanico (inventore Julius Neubronner-1898)



Un po' di storia del telerilevamento

Durante la prima guerra mondiale, velivoli spia, sorvolavano le forze nemiche per osservarne i movimenti. Con l'impiego di normali macchine fotografiche montate sugli aerei, nacquero i precursori dei sistemi moderni di telerilevamento.



Un po' di storia del telerilevamento

Il primo satellite meteorologico fu lanciato in orbita nel 1960 negli U.S.A.

Lo sviluppo della tecnologia progredì velocemente dopo la messa in orbita nel 1972 del primo satellite cartografico: Landsat1

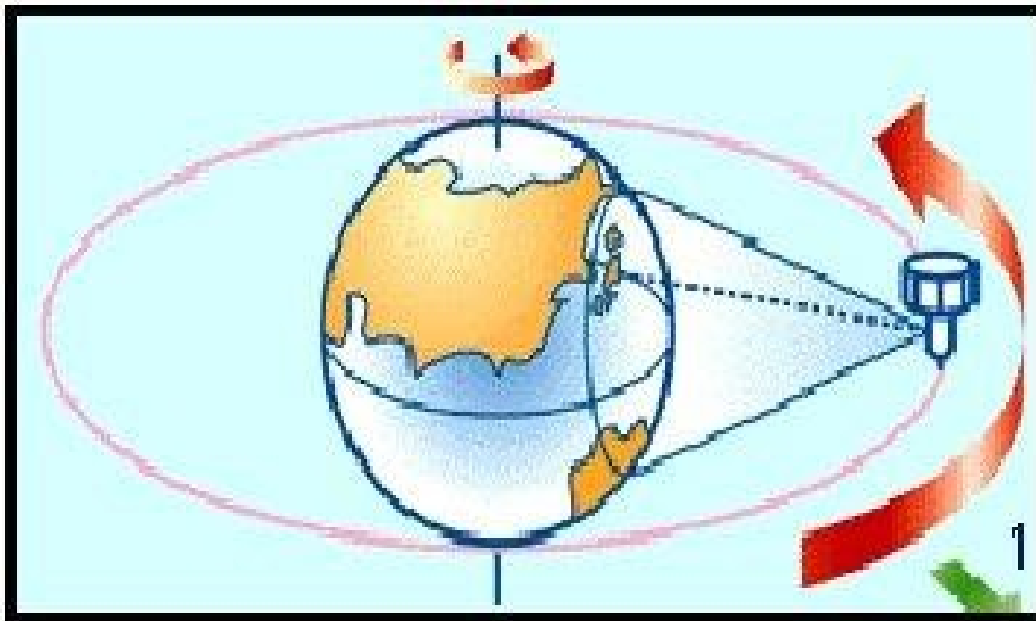


I satelliti geostazionari

Ruotano alla stessa velocità della Terra.

Riprendono sempre la stessa area.

Esempio: meteorologici, telecomunicazioni.



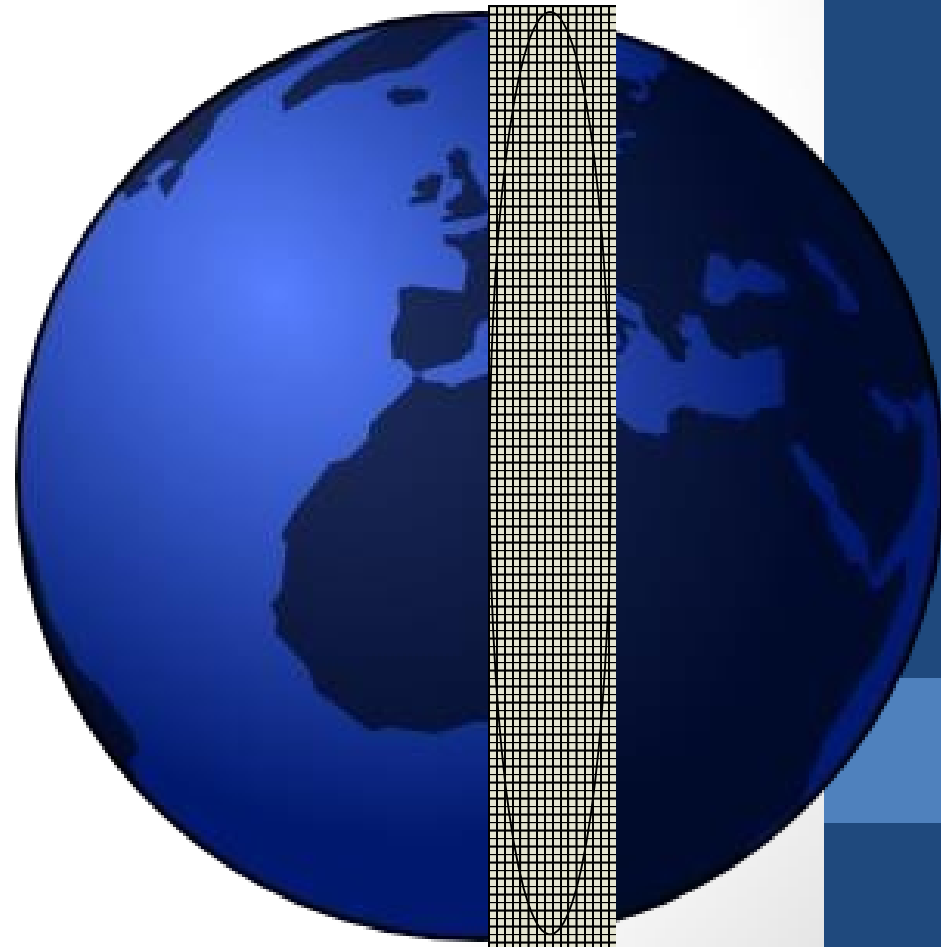
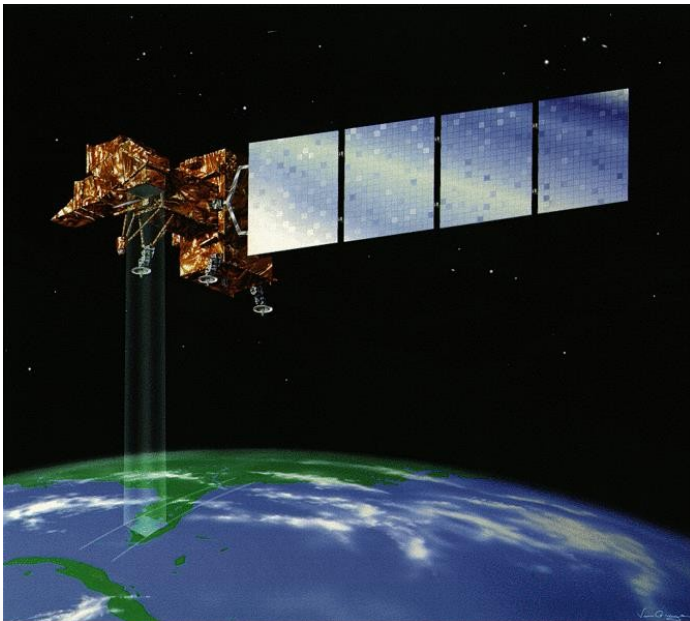
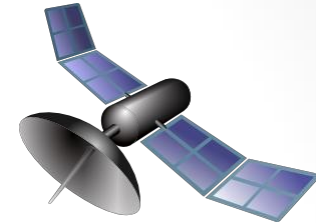
satellite Telstar, 1962

Si trovano ad un'altezza di circa 36000 km sopra la terra e si muovono alla velocità di circa 3.1 km/sec (11000 km/h)



I satelliti

I satelliti per telerilevamento, girano intorno alla terra ad un'altezza di circa 700 - 1000 km e hanno una velocità maggiore (es. 26000 km/h)



Altri sistemi di telerilevamento

Volano a quote più basse (aerei a 500 – 1000 m)

Non hanno il problema della nuvolosità

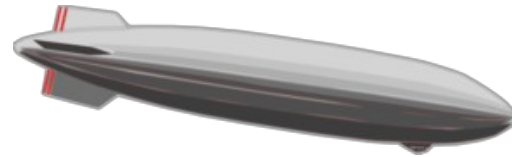
«Fotografano» aree più piccole, ma con maggior dettaglio



elicotteri



palloni



dirigibili



aerei



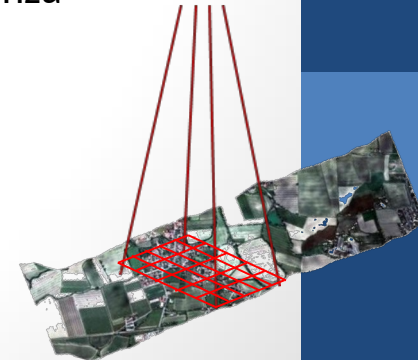
droni telecomandati



immagine satellitare
con nuvole



foto aerea senza
nuvole



Componenti di un sistema di telerilevamento

Acquisizione dei dati

A Fonte di energia

B Radiazione e atmosfera

C Interazione con il bersaglio

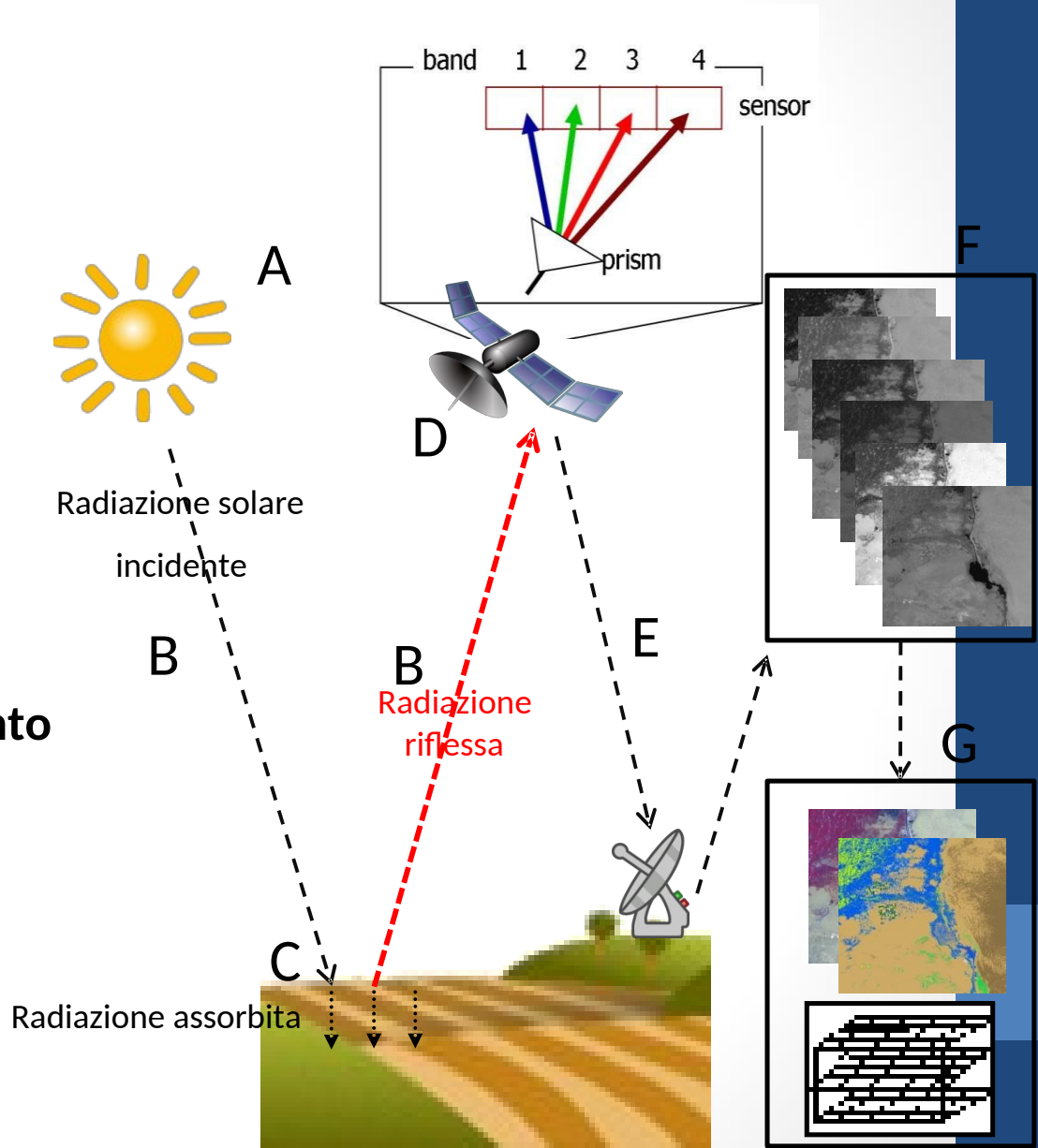
D Sensore

Analisi dei dati

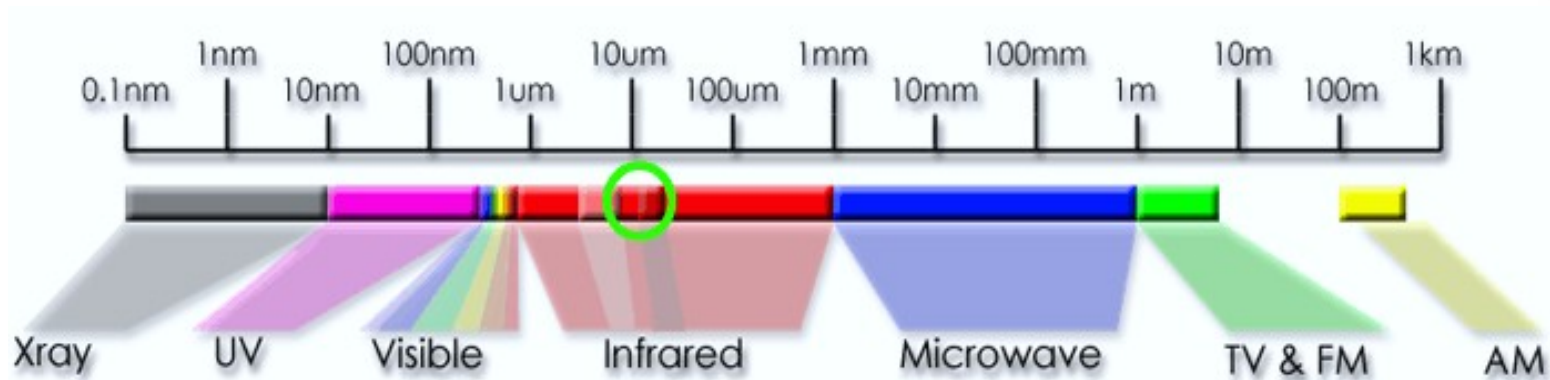
E Trasmissione e processamento

F Interpretazione e analisi

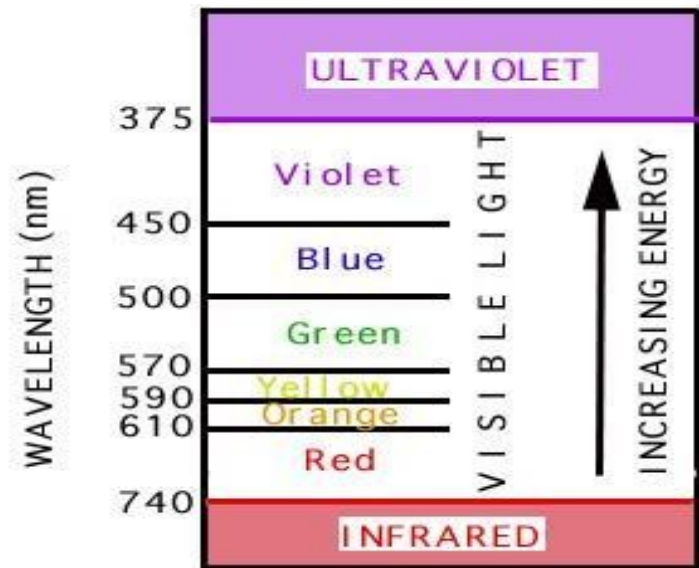
G Applicazioni



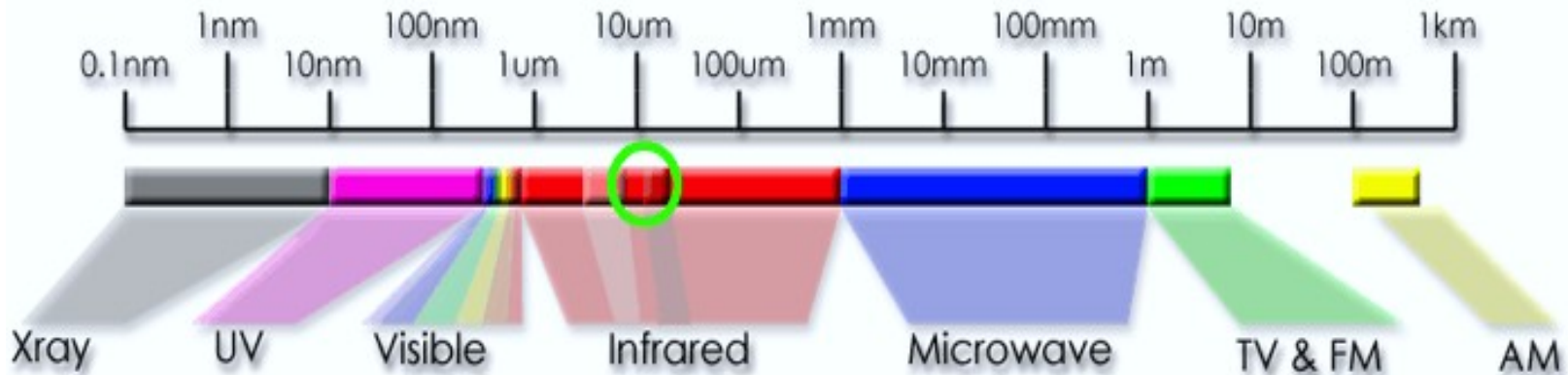
Il telerilevamento si basa sulla rilevazione e registrazione dell'energia elettromagnetica. Lo spettro delle onde elettromagnetiche può essere suddiviso in regioni, a seconda della lunghezza d'onda.



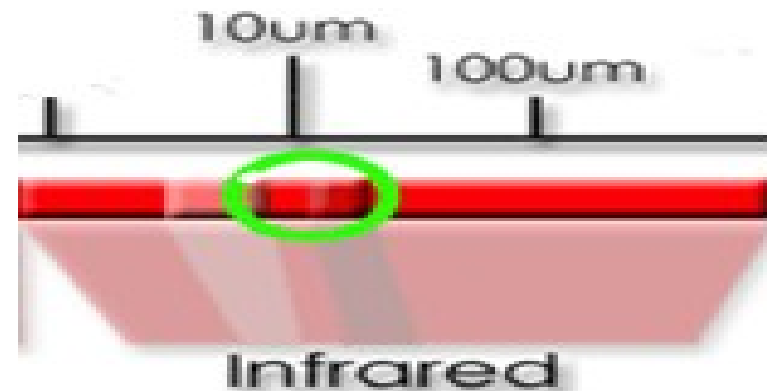
Ogni colore del visibile corrisponde ad una specifica lunghezza d'onda



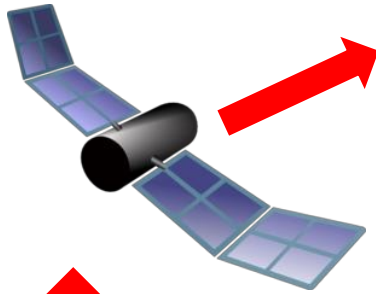
Il telerilevamento si basa sulla rilevazione e registrazione dell'energia elettromagnetica. Lo spettro delle onde elettromagnetiche può essere suddiviso in regioni, a seconda della lunghezza d'onda.



La regione dell'infrarosso (IR) può essere divisa nell'infrarosso riflesso e nell'infrarosso emesso o termico.



Le immagini satellitari



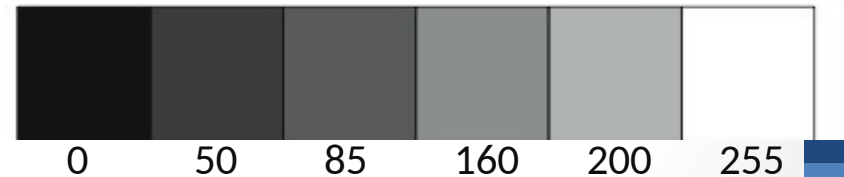
Il sensore registra la quantità di riflessa (o emessa) energia dalla superficie terrestre, per ogni segmento dello spettro separatamente



Questa quantità di energia (radianza) viene convertita a bordo in immagini digitali in scala di grigi, una per ogni regione dello spettro.

33	42	38	27	30	32	25	23	22	21	25
32	38	29	41	22	21	23	22	22	21	22
21	28	39	47	33	24	22	22	21	21	21
20	20	26	46	188	142	9	27	22	22	22
20	19	20	22	75	30	21	21	22	23	22
19	19	19	22	27	30	18	18	19	17	17
18	19	19	20	19	19	18	19	18	18	20

Le immagini digitali sono costituite da elementi discreti chiamati pixel

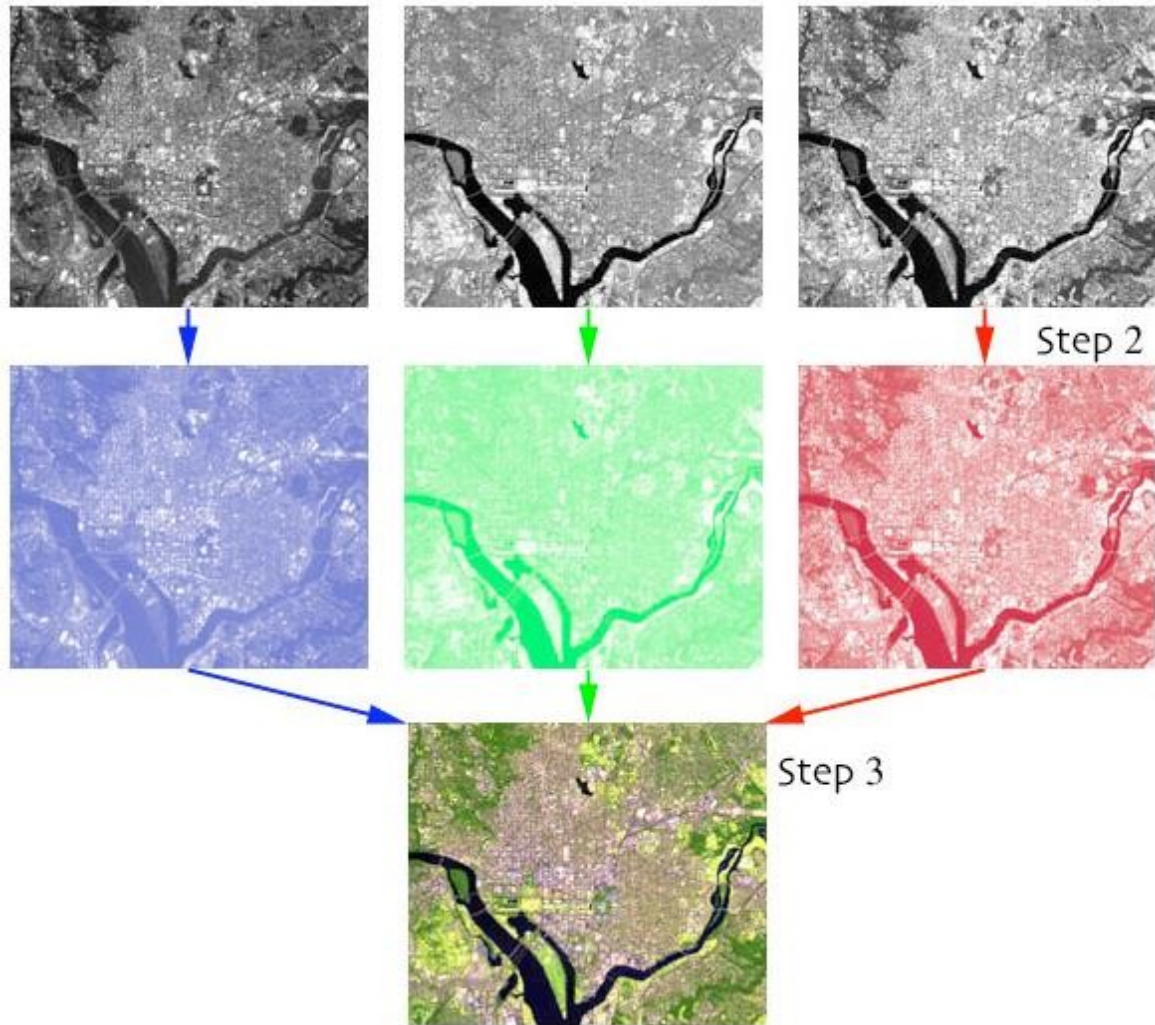


I valori relativi a ciascun pixel (DN = Digital Number) indicano la quantità di radiazione riflessa: 0 nessuna radiazione (nero), 255 alta riflettanza (bianco)

Colour composite

Se si vogliono analizzare alcuni fenomeni particolari, la visualizzazione delle singole bande non è sufficiente. Allora si utilizzano delle combinazioni spettrali di bande che permettono di enfatizzare oggetti diversi.

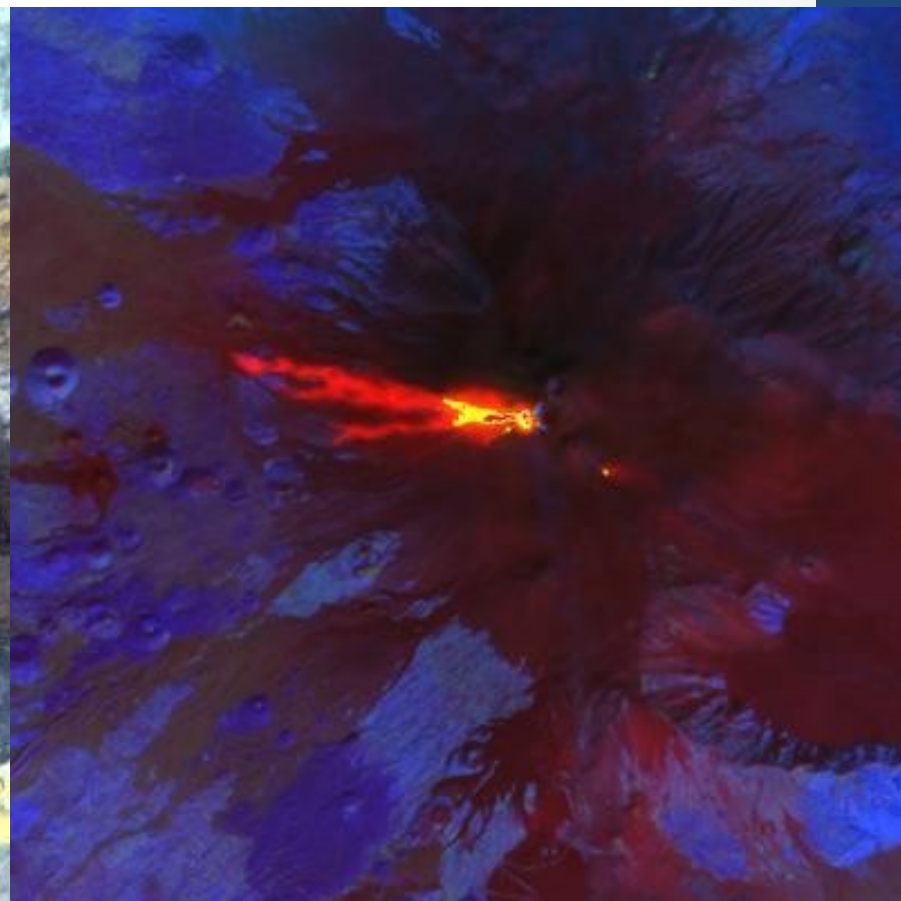
Si può associare ogni banda spettrale ad uno dei tre colori primari (rosso, verde, blu) ottenendo un'immagine a colori.





Stessa scena, diverse lunghezze d'onda...

Il che



Infra wavelengths

Risoluzione delle immagini satellitari

“Risoluzione” è un termine comunemente utilizzato nel telerilevamento. Ci sono vari tipi di risoluzione:

spaziale

spettrale

radiometrica

temporale.

Risoluzione spaziale (o geometrica)

In immagini con bassa risoluzione spaziale (MODIS) i dettagli sono scarsamente riconoscibili.

In immagini con alta risoluzione spaziale (IKONOS) i dettagli sono chiari e distinguibili



Pixel: 500 x 500 m
Sensor MODIS

Pixel: 30 x 30 m
Sensor: Landsat

Pixel: 15 x 15 m
Sensor: ASTER

Pixel: 4 x 4 m
Sensor: Ikonos

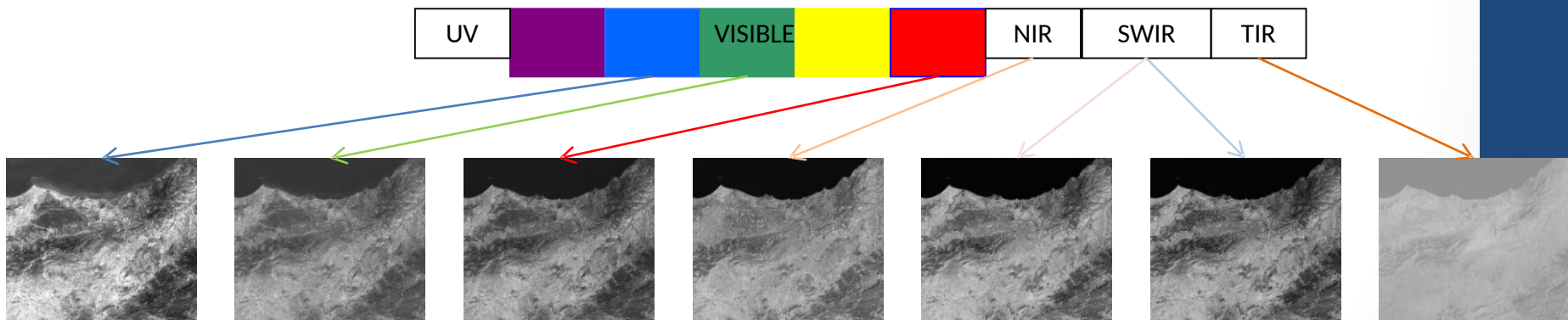
Pixel: 1 x 1 m
Sensor: Ikonos (pan)

può essere definita come il più piccolo dei dettagli spaziali visibili in una immagine (la dimensione del pixel)

Risoluzione spettrale

Capacità di un sensore di discriminare differenze molto piccole di energia radiometrica (Lillesand and Kiefer, 1994)

usualmente si riferisce al numero di bande spettrali, cioè all'intervallo di lunghezze d'onda a cui è sensibile lo strumento, alla loro localizzazione nello spettro e alla loro ampiezza



Risoluzione radiometrica

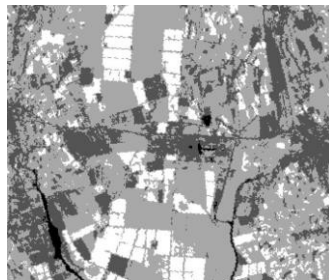
Può essere definita come la capacità di un sistema di registrare vari livelli di luminosità (toni di grigio)

Maggiore è la risoluzione radiometrica di un sensore e più esso è sensibile nel discriminare piccole differenze di riflessione o emissione di energia

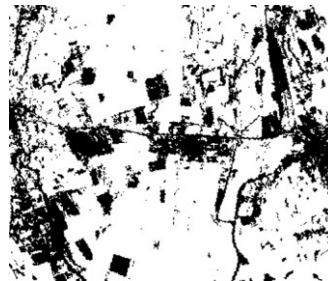
È espressa mediante il numero di bit utilizzati: 8 bit per pixel (256 toni), 11 bit (2048 toni), 16 bit (65536 toni)



8 bits (256
grey tones)



2 bits (4
grey tones)



1 bits (2 grey
tones)

il valore massimo (255) -
colore bianco - indica
un'alta riflettanza

il valore minimo (0) - colore nero -
corrisponde a nessuna radiazione
emessa o riflessa



Risoluzione temporale

definito dalla quantità di tempo (es. giorni) che intercorre tra due riprese successive di una stessa area

- una breve risoluzione temporale permette una frequente osservazione di caratteristiche dinamiche
- una risoluzione temporale lunga permette studi dei cambiamenti a lungo termine

è anche nota come tempo di rivisitazione, riguarda solo i sensori satellitari

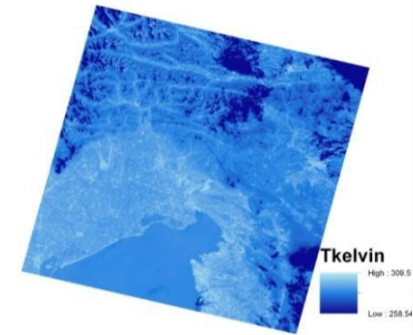
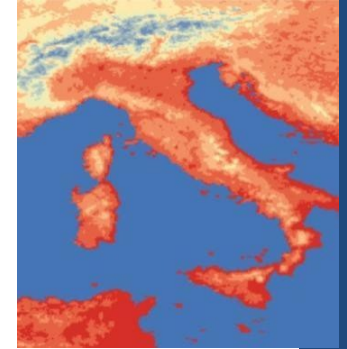
dipende dall'altitudine, dalla dimensione della scena ecc.



Quali immagini usare?

Dipende dalla carta che si vuole produrre

- *Basso dettaglio*
Studi di paesi o continentali (carte geografiche)
- *Medio dettaglio (10-100 m)*
Studi regionali (carte topografiche)
- *Alto dettaglio (< 10 m)*
Studi locali (piante o mappe)



Il programma Copernicus

è un complesso programma di osservazione satellitare della Terra lanciato nel 1998 dalla Commissione Europea e dall'agenzia spaziale europea, per:

- Monitoraggio atmosferico
- Monitoraggio dell'ambiente marino
- Monitoraggio del territorio
- Gestione delle emergenze
- Sicurezza della popolazioni

Per le specifiche esigenze del programma, l'ESA ha sviluppato il progetto Sentinel, che prevede il lancio in orbita 6 serie da 2 satelliti.



Le sentinelle dell'ambiente

Sentinel-1 è una missione radar in orbita polare, in grado di operare giorno e notte in ogni condizione atmosferica, per servizi di osservazione su terra e mare. Sentinel-1A è stato lanciato il 3 aprile 2014 e Sentinel-1B il 25 aprile 2016.

Sentinel-2 è una missione ottica multi spettrale. Fornisce immagini della copertura vegetale, del suolo e dell'acqua, nonché informazioni in caso di emergenze. Sentinel-2A è stato lanciato il 23 giugno 2015 e Sentinel-2B il 7 marzo 2017.

Sentinel-3 è una missione multi-strumentale in orbita polare per la misurazione di variabili come la topografia della superficie del mare, la temperatura del mare e del suolo con alta precisione e affidabilità. Sentinel-3A è stato lanciato il 16 febbraio 2016 e Sentinel-3B il 25 aprile 2018.

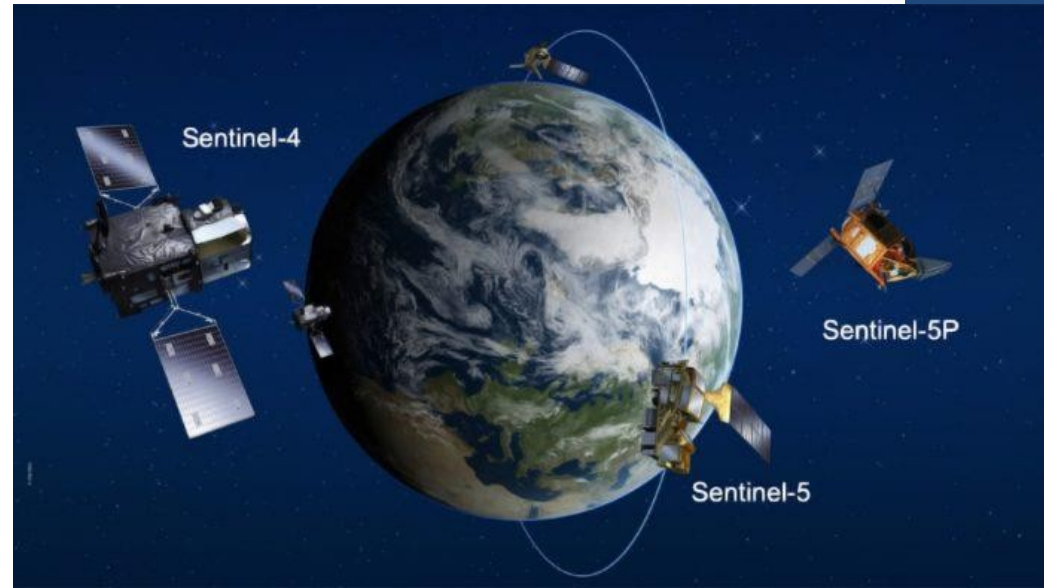
Le sentinelle dell'ambiente

Sentinel-4 è un payload che sarà imbarcato su un satellite geostazionario Meteosat di Terza Generazione Sounder (MTG-S). Sentinel-4 è dedicato al monitoraggio atmosferico.

Sentinel-5 è un payload che sarà imbarcato su un satellite MetOp di Seconda Generazione, conosciuto anche come Post-ePS. Sentinel-5 sarà dedicato al monitoraggio dell'atmosfera.

Sentinel-5 Precursor è una missione per il monitoraggio dell'atmosfera. Il satellite è stato lanciato il 13 ottobre 2017.

Payload è un satellite ospitato su un altro satellite di carattere commerciale



Il Sentinel-6



Il satellite Copernicus Sentinel-6 è stato lanciato in orbita intorno alla Terra da un razzo il 21 novembre 2020. Questo nuovo satellite è pensato per fornire una nuova panoramica sulla topografia degli oceani e proseguire le registrazioni delle misurazioni dell'altezza della superficie del mare.

Il satellite Sentinel-6, del peso di 1.2 tonnellate, è stato rilasciato in orbita meno di un'ora dopo il decollo. (Fonte: ESA)

Caratteristiche del Sentinel-2

Lanciati il 23/6/2015 e 7/03/2017

Caratteristiche principali:

- **Risoluzione spaziale:** 10m, 20m, 60m
- 13 bande spettrali: VNIR & SWIR (443 nm – 2190 nm)
- **Tempo di rivisita: 5 giorni**
- Swath: 290 km (100 km tile/granule)
- Orbita vicino polare elio sincrona (inclinazione = 98.5°)
- Ciclo: 14.5 orbite/giorno
- **Giro del pianeta in 90 minuti**
- Orario di passaggio sull'equatore: 10.30 am
- Altitudine: 786 km
- **Tempo di vita: 7 anni** (propellente a bordo per 12 anni)
- Radiometric resolution 12 (16) bits

Posizionamento delle bande del Sentinel-2

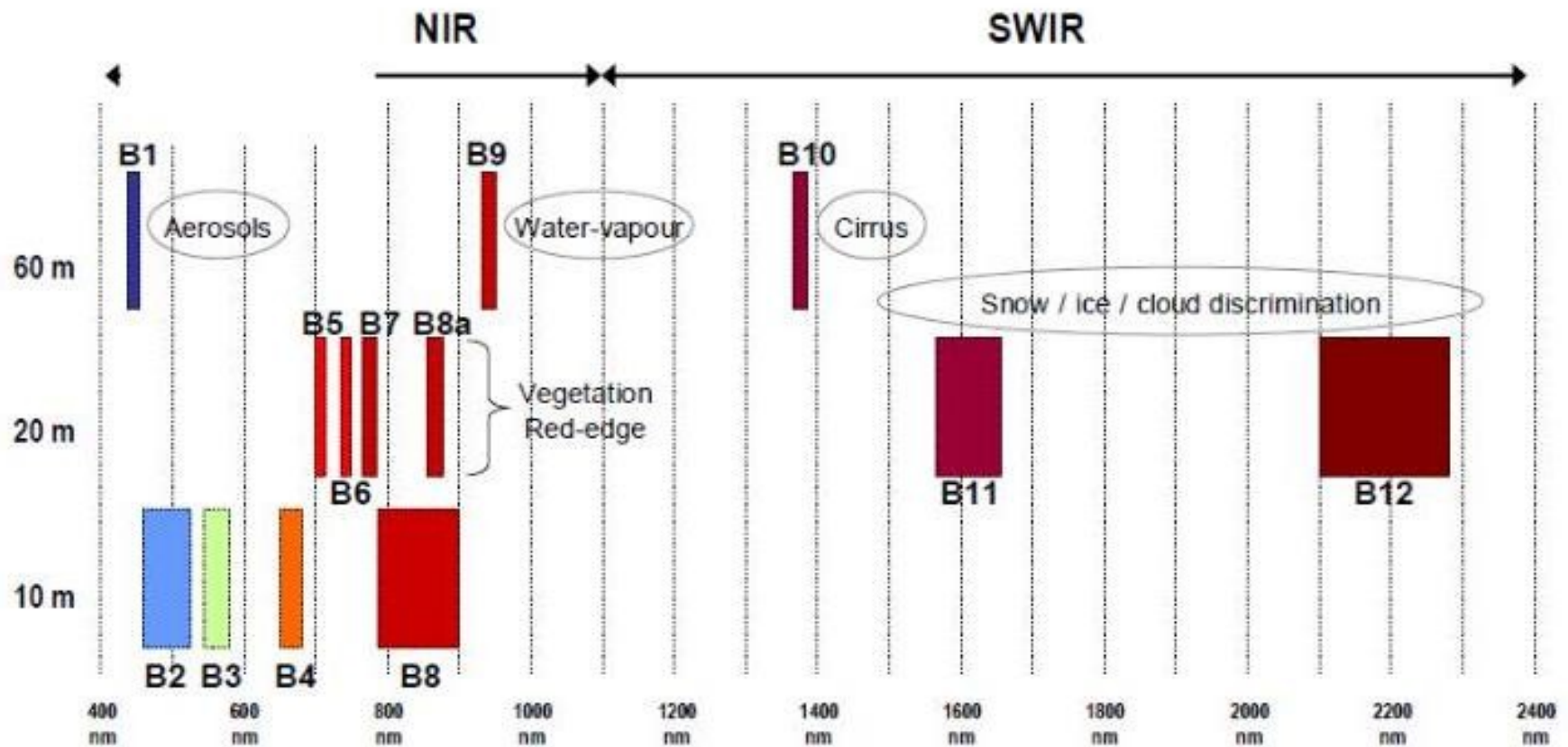
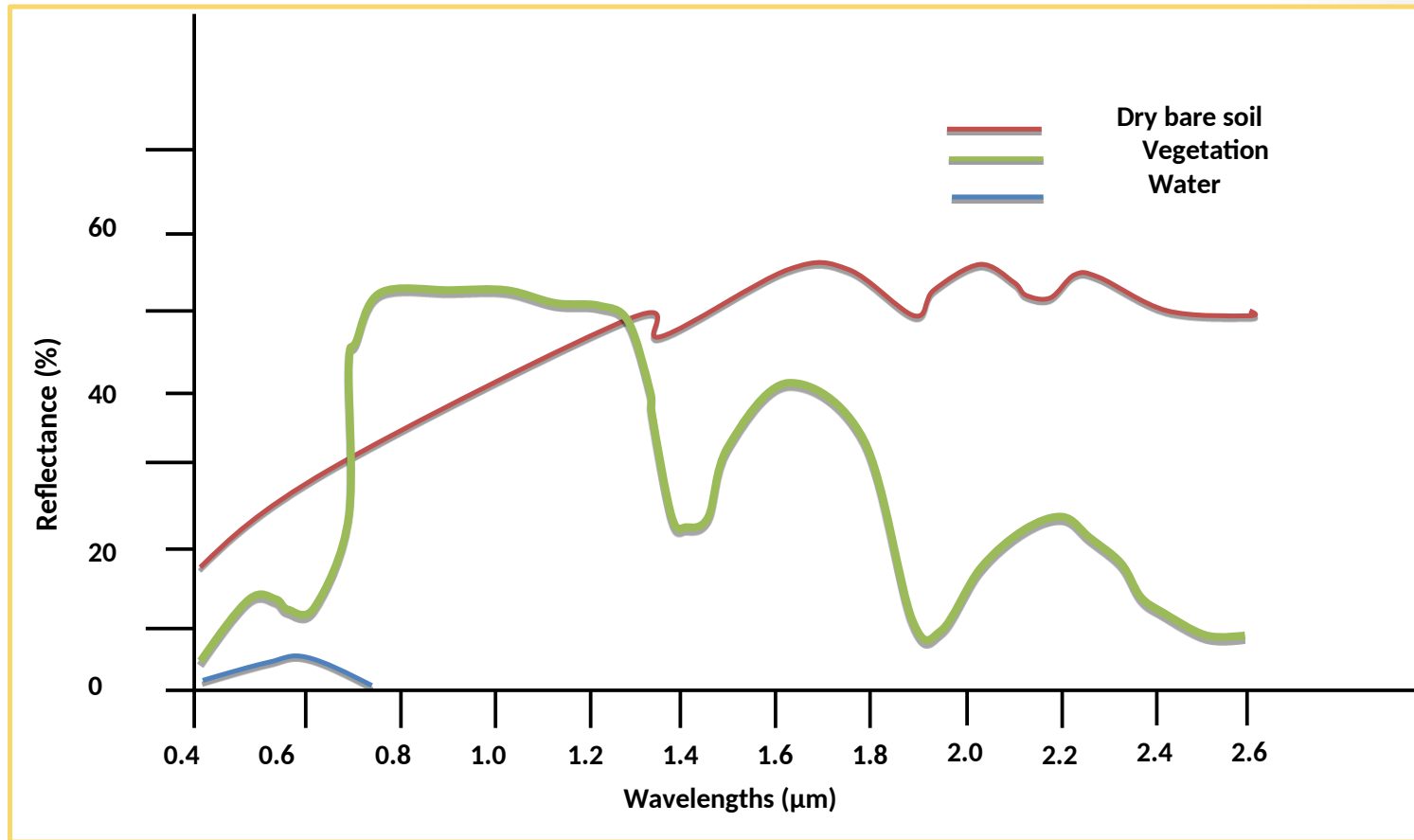


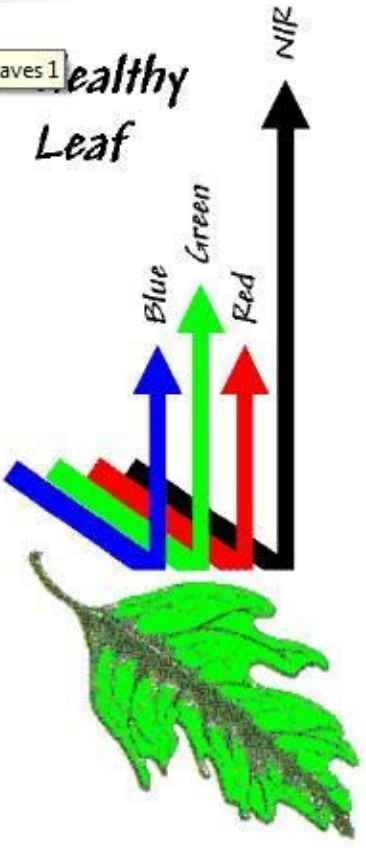
Figure 1: MSI Spectral-Bands versus Spatial Resolution



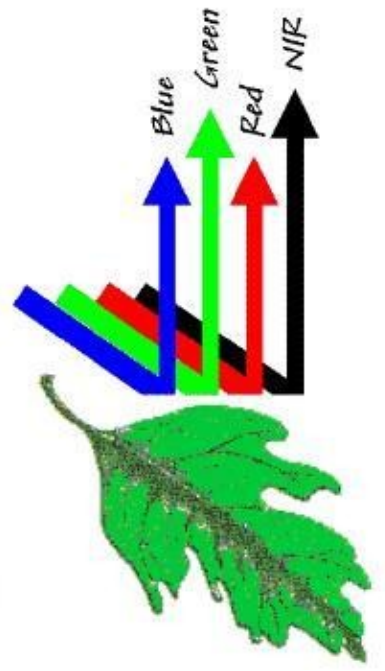
Vegetazione verde, suolo nudo e acqua hanno una caratteristica curva spettrale: tali curve indicano quanta energia incidente viene riflessa dalla superficie, e quindi registrata dal sensore

leaves 1

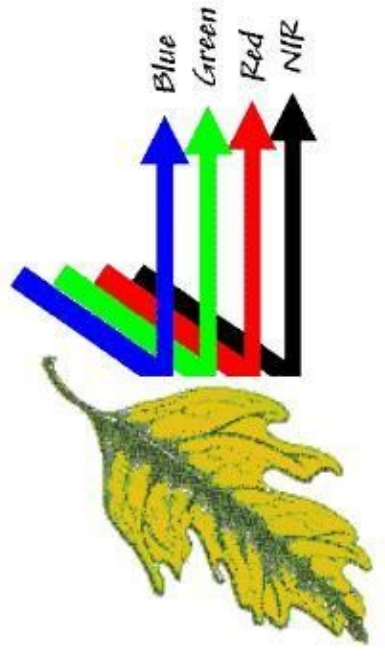
Healthy Leaf



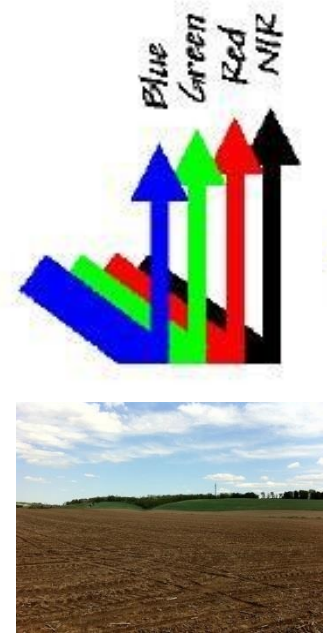
Sick Leaf



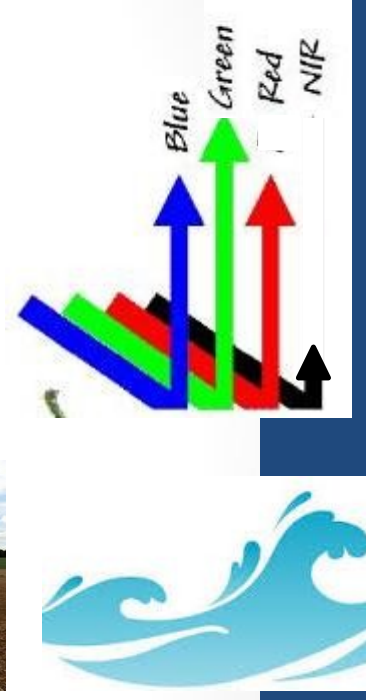
Dead Leaf

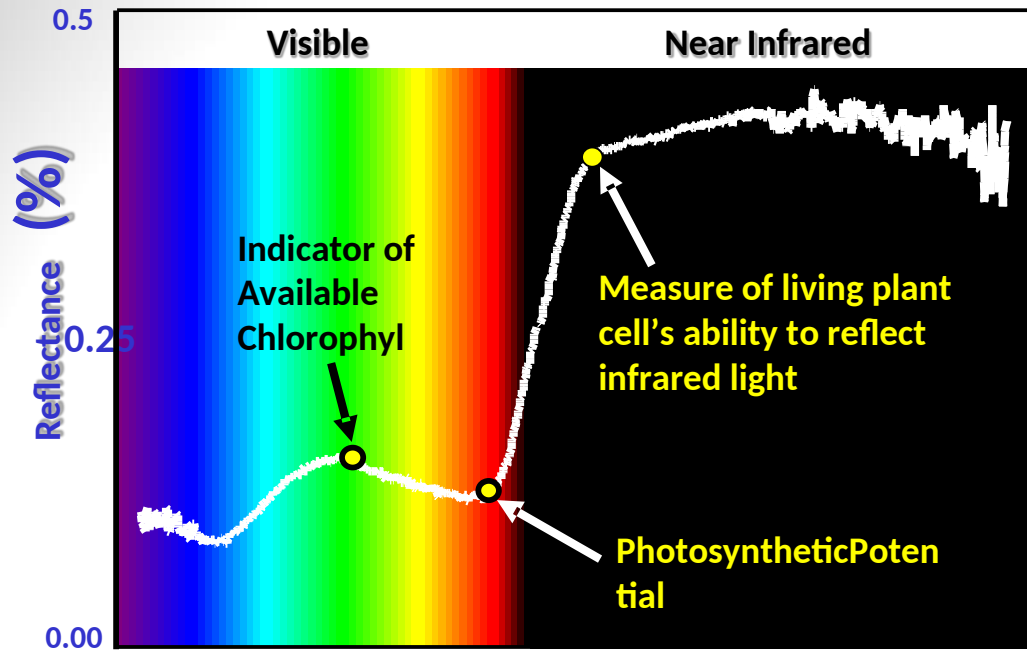


Bare soil



Water





Indici di vegetazione

NDVI

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Si basa sulla differenza tra la riflettanza nel NIR e nel rosso.

In relazione con:

- Stress (es. Inquinamento o idrico)
- Malattie delle piante
- Senescenza

Green Leaves

Yellow Leaf



Red Image

Near Infrared Image

Vegetation Index

- **Normalized Difference Vegetation Index**

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

