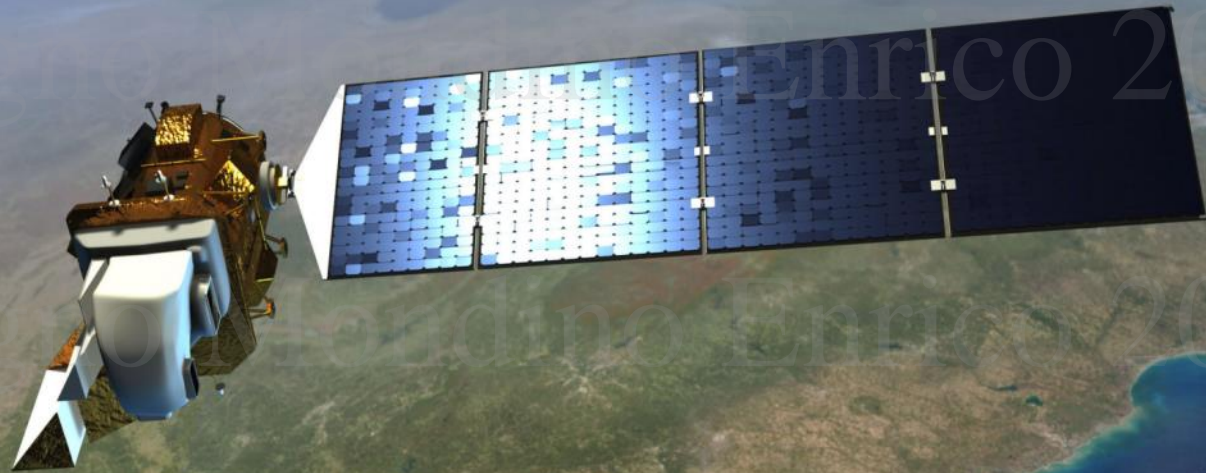


Enrico Borgogno Mondino

enrico.borgogno@unito.it

Tel. Uff. 011-6705523

From http://hyspeedblog.files.wordpress.com/2014/02/020314_landsat.jpg



TELERILEVAMENTO OTTICO MULTISPETTRALE BASI TEORICHE

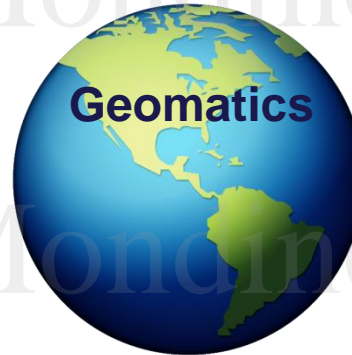


Rilievo topografico
+
GNSS



Telerilevamento remoto e prossimale

- Satellite
- Aereo
- UAV
- Ground



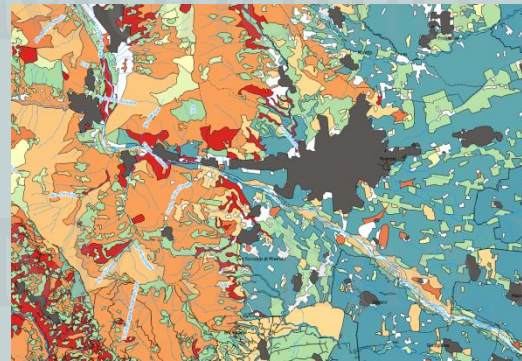
GIS
+ Analisi Spaziale
(Geostatistica)

Fotogrammetria Digitale

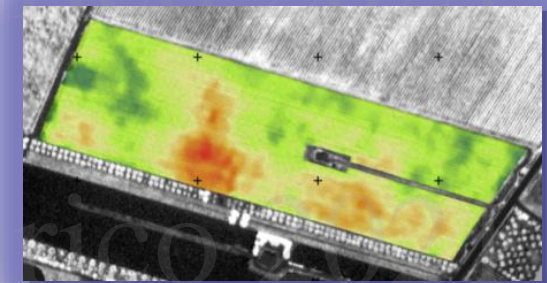
MAPS



Technical Maps

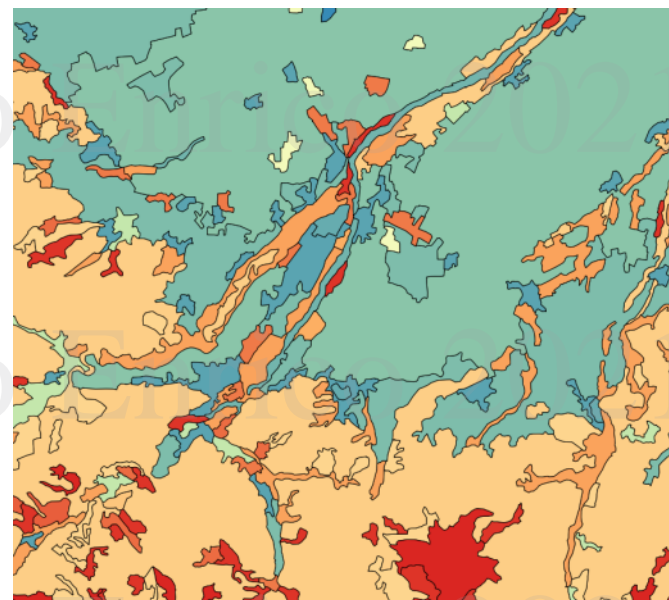
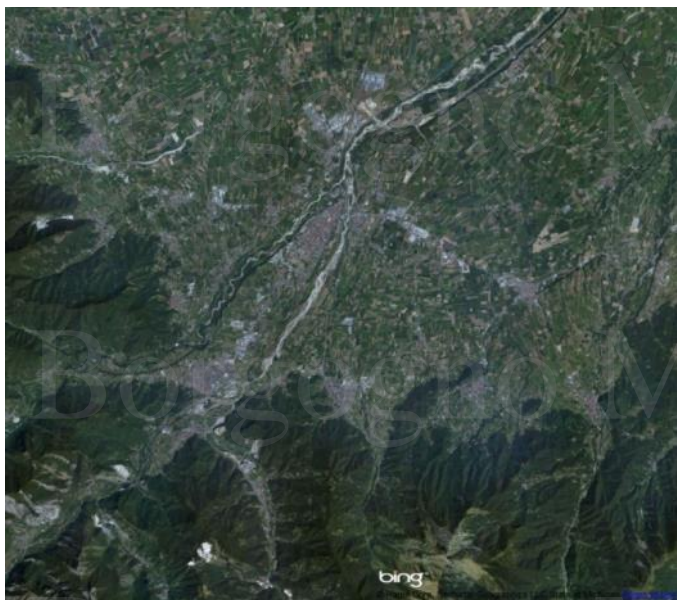


Thematic Maps



Distribution/Estimation Maps

Il compito prioritario del TR è procedere alla classificazione delle superfici che definiscono il paesaggio dell'area di studio → produce **carte tematiche**





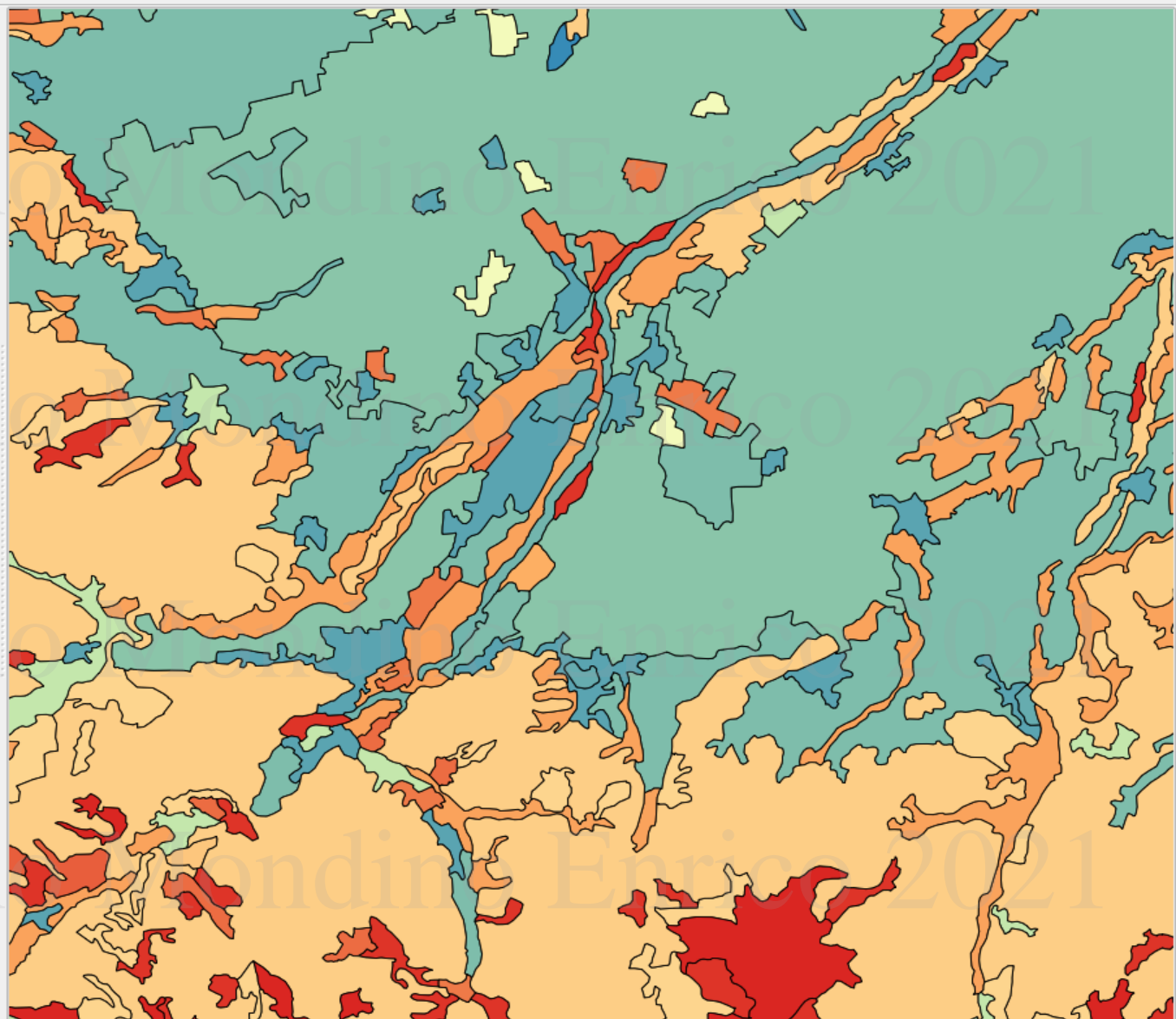
Layer

clc2006

- Aeroporti
- Aree a pascolo naturale e praterie d'alta quota
- Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluz...
- Aree a vegetazione sclerofilia
- Aree agroforestali
- Aree con vegetazione rada
- Aree estrattive
- Aree industriali o commerciali
- Aree percorse da incendi
- Aree portuali
- Aree prev. occup.da colture agrarie, con spazi nat.
- Aree sportive e ricreative
- Aree verdi urbane
- Bacini d'acqua
- Boschi di conifere
- Boschi di latifoglie
- Boschi misti
- Brughiere e cespuglieti
- Cantieri
- Colture annuali associate e colture permanenti
- Corsi d'acqua, canali e idrovie
- Discariche
- Estuari
- Frutteti e frutti minori
- Ghiacciai e nevi perenni
- Lagune
- Mari ed oceani
- Paludi interne
- Paludi salmastre
- Prati stabili
- Reti stradali e ferroviarie e spazi accessori
- Risaie
- Rocce nude, falesie, rupi, affioramenti
- Saline
- Seminativi in aree irrigue
- Seminativi in aree non irrigue
- Sistemi colturali e particellari permanenti
- Spiege, dune, sabbie
- Tessuto urbano continuo
- Tessuto urbano discontinuo
- Torbiere
- Uliveti
- Vigneti

Bing Aerial

Layer Browser



Coordinata:

833003,5539126

Scala

1:156044



Aggiorna

EPSG:3857



+

Compito non secondario è anche quello di

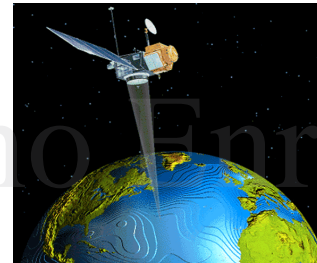
- A. Mappare funzioni indice spazio-dipendenti utili per caratterizzare dinamiche biofisiche dell'ambiente osservato (es. evapotraspirazione della vegetazione, attività fenologica)
- B. Aiutare modelli di interpolazione spaziale nella stima di parametri bio-fisici (es. Concentrazione inquinanti in acqua, stima della biomassa, etc.)

In queste applicazioni QUANTITATIVE il processamento dei dati richiede maggiore rigore e dati ausiliari di campo.

Definizione

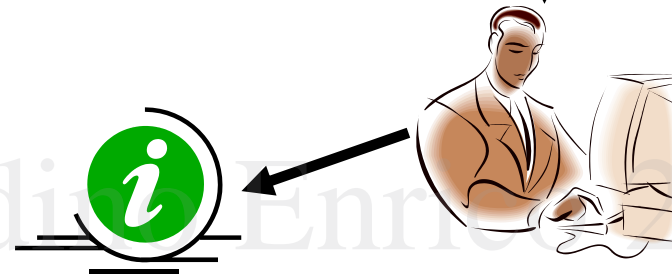
Il TR è un insieme di metodologie utilizzate per ottenere informazioni relative ad oggetti (superfici) posti a distanza rispetto allo strumento rilevatore (assenza di contatto fisico).

Dato: misura effettuata con strumentazione idonea (è un numero!). Il dato è acquisito dal sensore



Dato

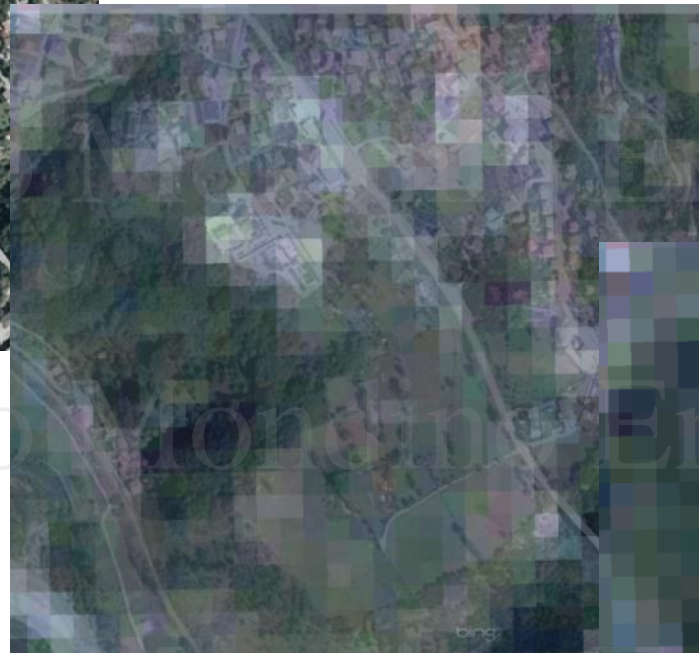
Informazione: è dato interpretato → serve a comprendere il fenomeno. Richiede l'intervento di specifiche competenze.



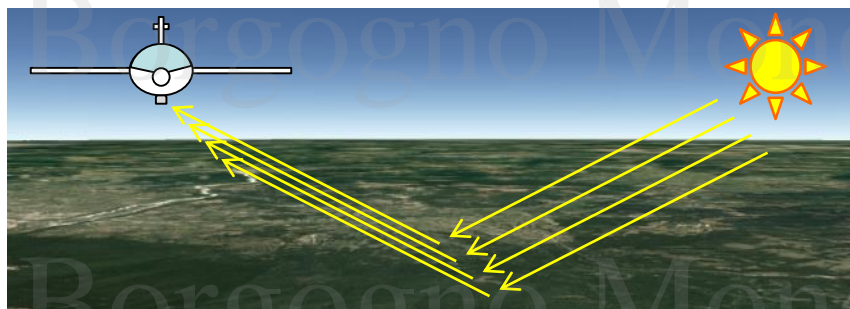
Come opera il Telerilevamento



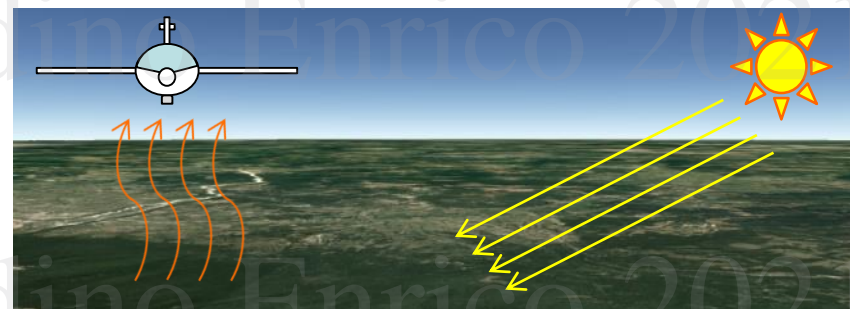
Il telerilevamento opera attraverso il **campionamento regolare** del contributo riflettivo (telerilevamento ottico) o emissivo (termografia) delle superfici. I contributi energetici, ricevuti dalle superfici sotto forma di energia elettromagnetica, vengono codificati sotto forma di immagini digitali (dati raster)



TR passivo

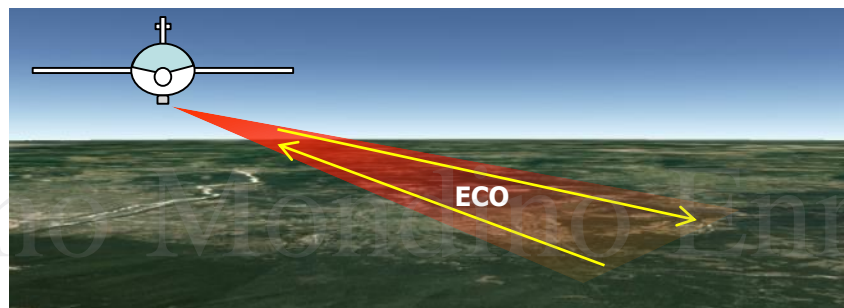


Riflessione (sorgente = sole)



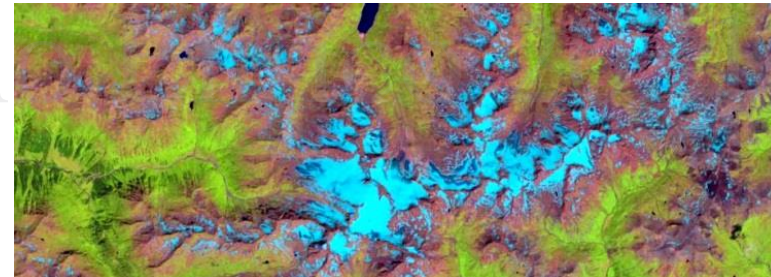
Emissione (sorgente = Terra)

TR attivo

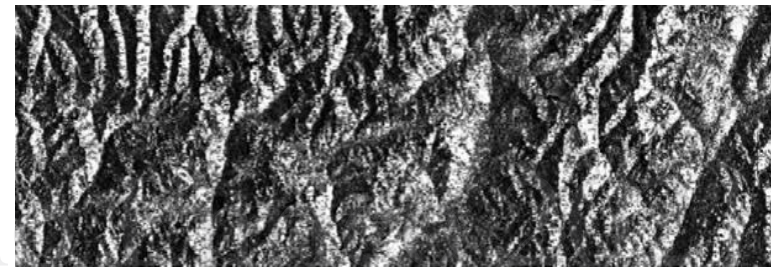


Tipi di Telerilevamento Satellitare

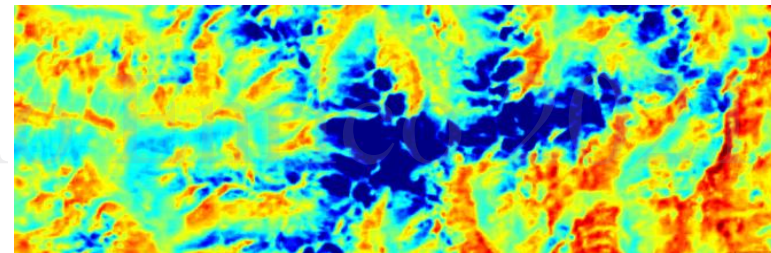
Telerilevamento ottico passivo: caratterizza le superfici sulla base del loro comportamento riflettivo rispetto alla radiazione (solare) incidente ($\lambda \approx 350\text{--}2500\text{ nm}$)



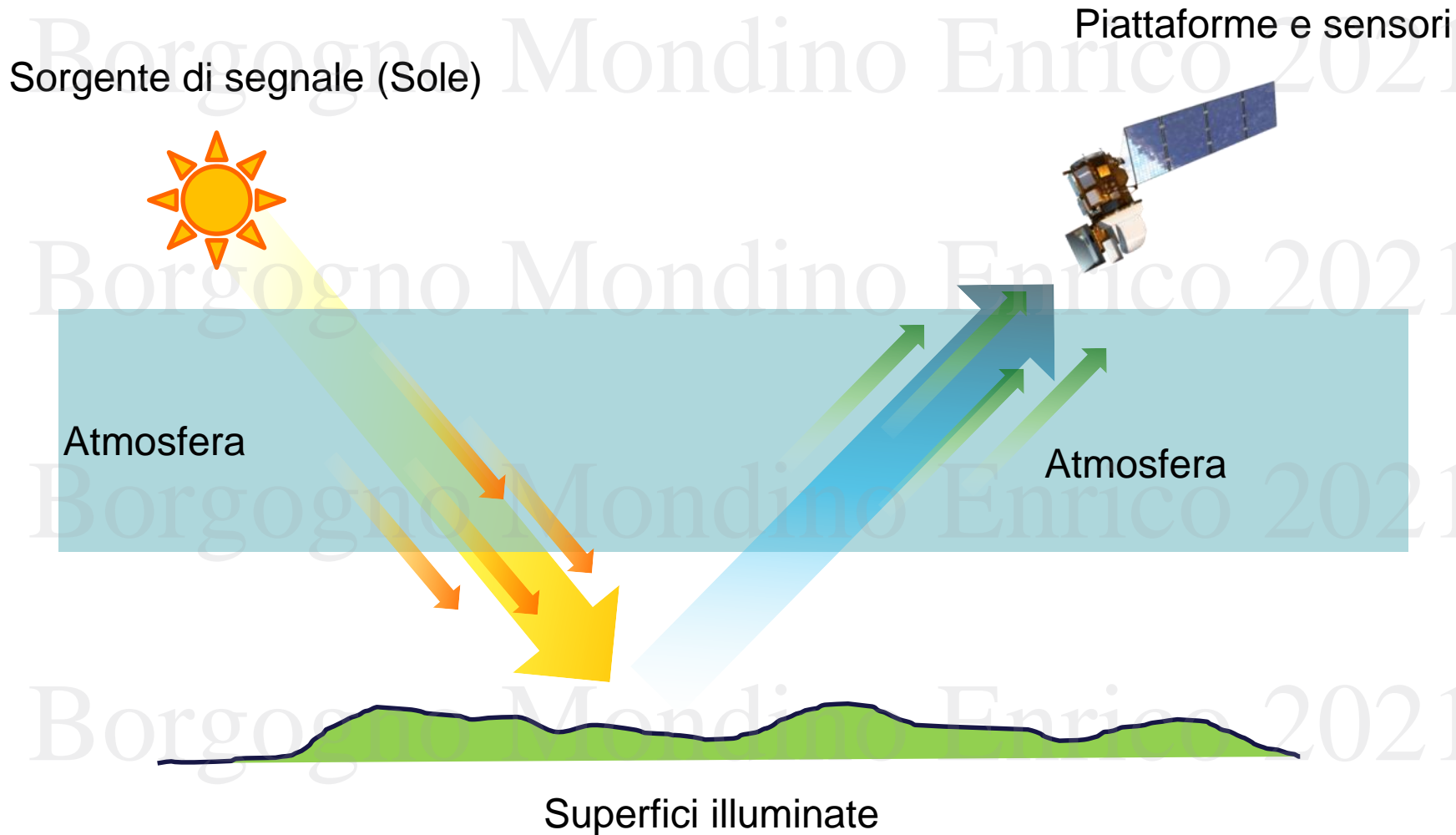
Telerilevamento attivo (RADAR): le superfici vengono illuminate con una radiazione elettromagnetica generata dallo strumento nella regione delle microonde/onde radio ($\lambda \text{ cm--}1\text{ m}$) di cui se ne registra l'ECC.



Telerilevamento termico: misura i flussi termici che si sollevano dalle superfici in forza della loro temperatura (TERMOGRAFIA, $\lambda \approx 8000\text{--}12500\text{ nm}$).



SCHEMA OPERATIVO



Il fondamento è l'interpretazione quantistica della radiazione Elettro-Magnetica (legge di Planck) → energia di 1 FOTONE (pacchetto di energia che viene trasportato sotto forma d'onda)

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

Dove:

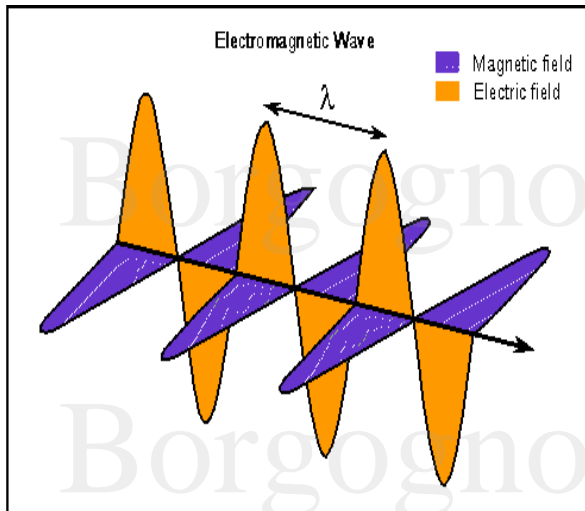
$c = \nu \cdot \lambda$: è la velocità della luce nel vuoto [m/s]

λ : lunghezza d'onda [m]

ν : frequenza [Hz]

E : energia di un fotone [Joule]

h : $6.626 \cdot 10^{-34}$ [J·sec], costante di Planck



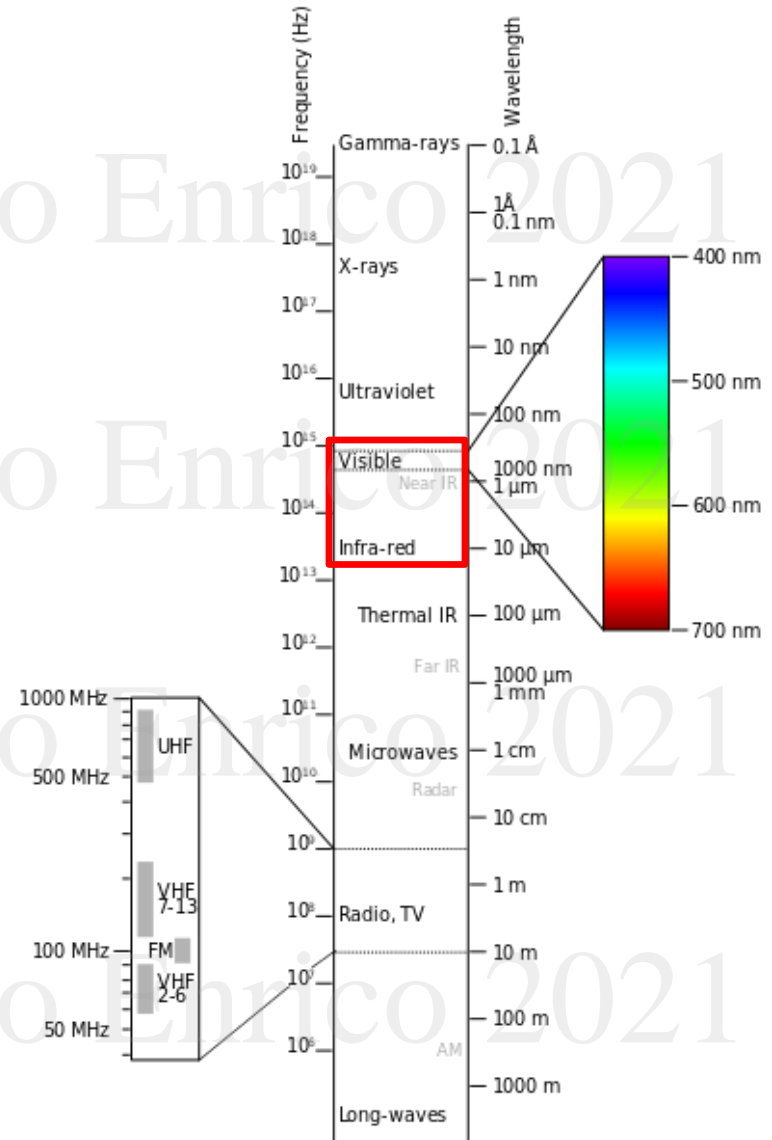
Conseguenze della LEGGE di Planck

- A) LA EMR porta energia → la luce è vettore di energia!!!
- B) L'energia trasportata dipende solo dalla λ

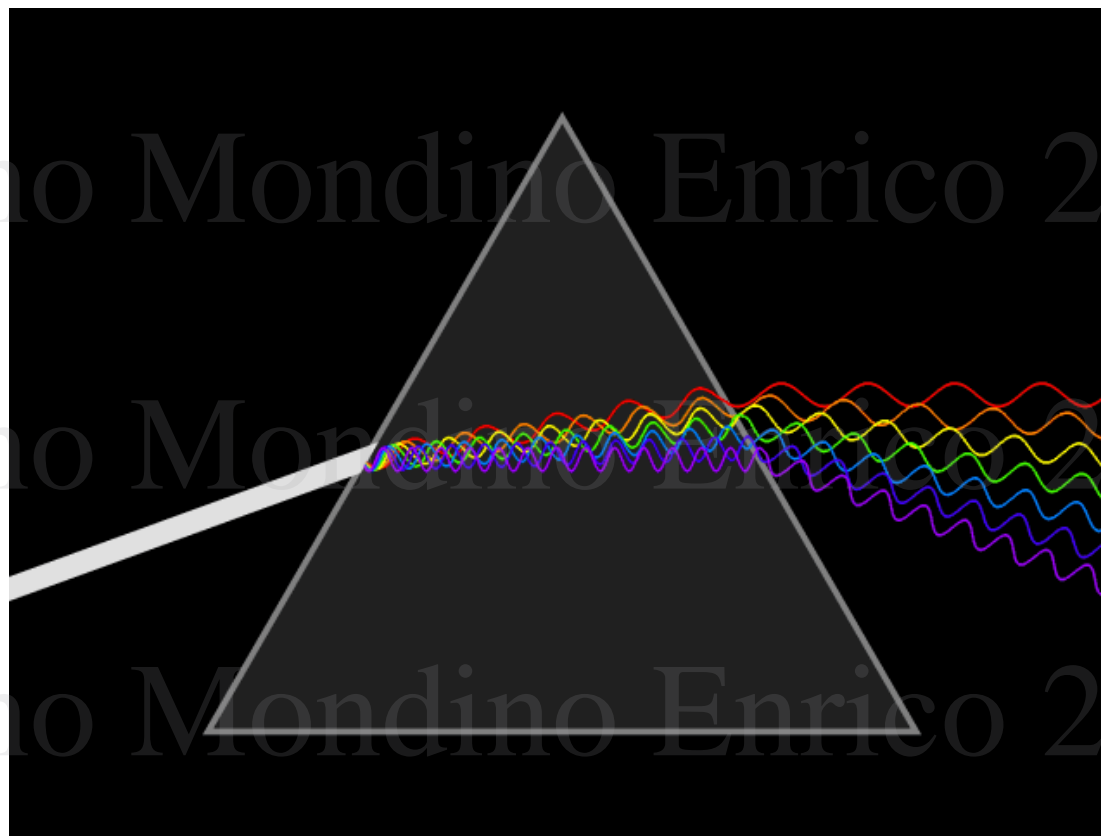
Un fascio di radiazione EM è un insieme più o meno esteso di onde aventi differenti lunghezze d'onda.

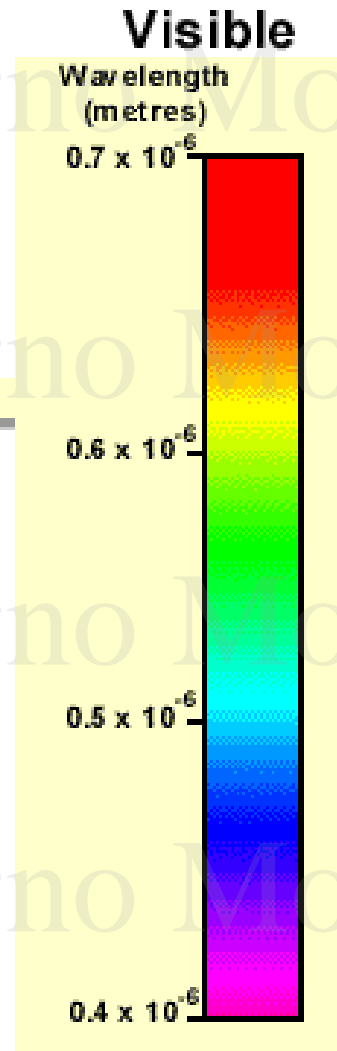
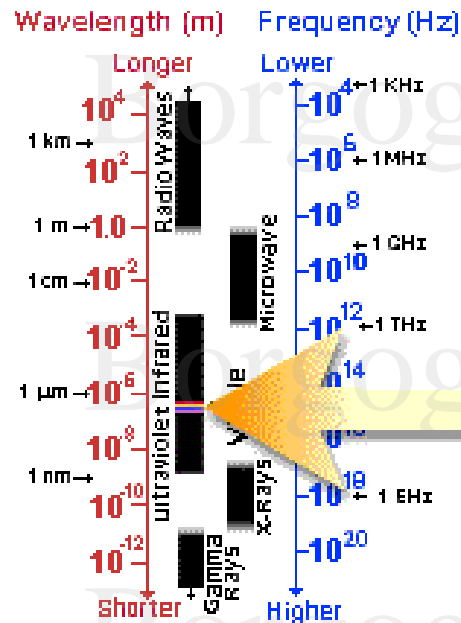
L'insieme di tutte le lunghezze d'onda individuate formano lo **SPETTRO ELETTROMAGNETICO**, che può essere interpretato come una rappresentazione simbolica della radiazione EM emessa da una **SORGENTE**.

La **SORGENTE** di energia EM è costituita da qualunque superficie (di corpo) avente temperatura superiore alle **ZERO ASSOLUTO** ($0^\circ \text{K} = -273.15^\circ \text{C}$).



La luce è interpretabile come un fascio complesso costituito da segnali multipli rappresentati dalle diverse componenti d'onda (appartenenti potenzialmente all'intero spettro EM). Scomporre il segnale complesso nelle sue componenti elementari sta alla base del telerilevamento ottico passivo.





La regione del VISIBILE è una parte molto stretta dello spettro EM che va dalla banda BLU (λ più corte) a quella del ROSSO (λ più lunghe) → **[0.4 - 0.7µm]**

Viola: 0.4 - 0.446 µm

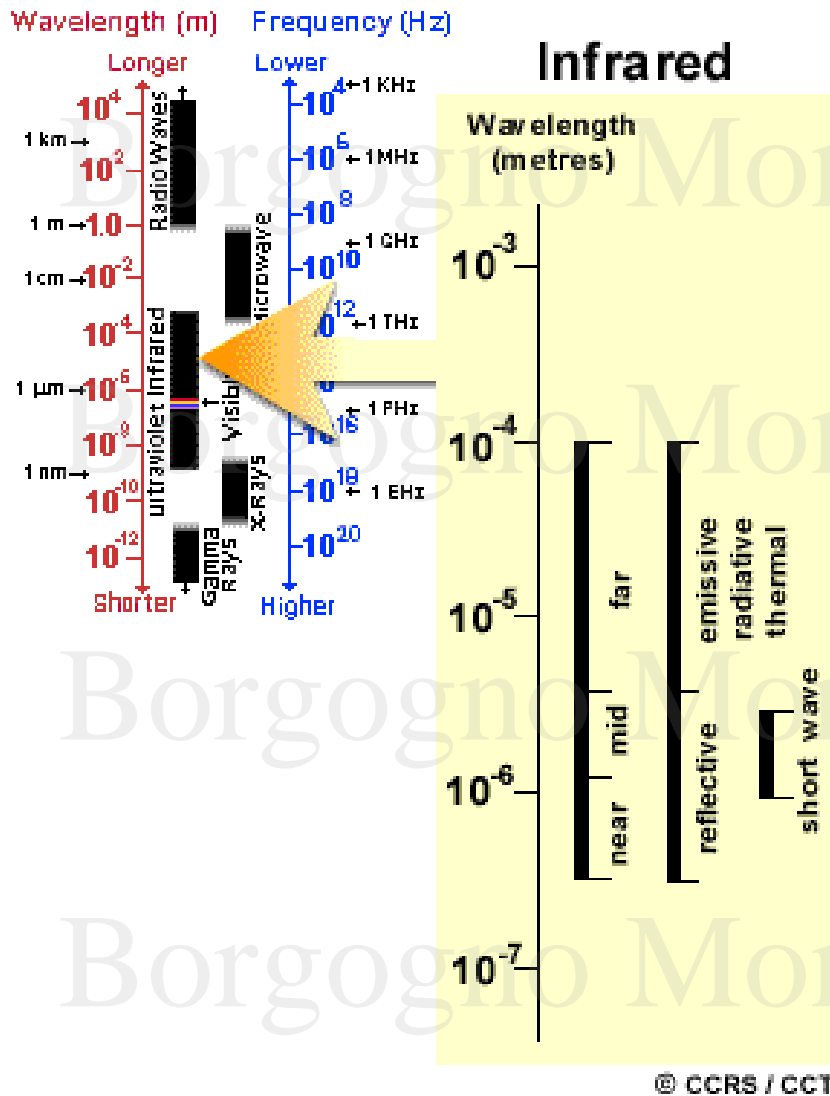
Blu: 0.446 - 0.500 µm

Verde: 0.500 - 0.578 µm

Giallo: 0.578 - 0.592 µm

Arancione: 0.592 - 0.620 µm

Rosso: 0.620 - 0.7 µm



Lunghezze d'onda maggiori del VISIBILE, ma a minore ENERGIA

Sono individuabili le seguenti REGIONI dell'IR

- INFRAROSSO VICINO - NIR [0.7-1 μm]

(usata dai sensori passivi che registrano la componente **riflettiva** delle superfici)

- INFRAROSSO MEDIO - shortwave IR, SWIR, MIR → [1.0 – 3.0 μm]

(usata dai sensori passivi che registrano la componente **riflettiva** delle superfici)

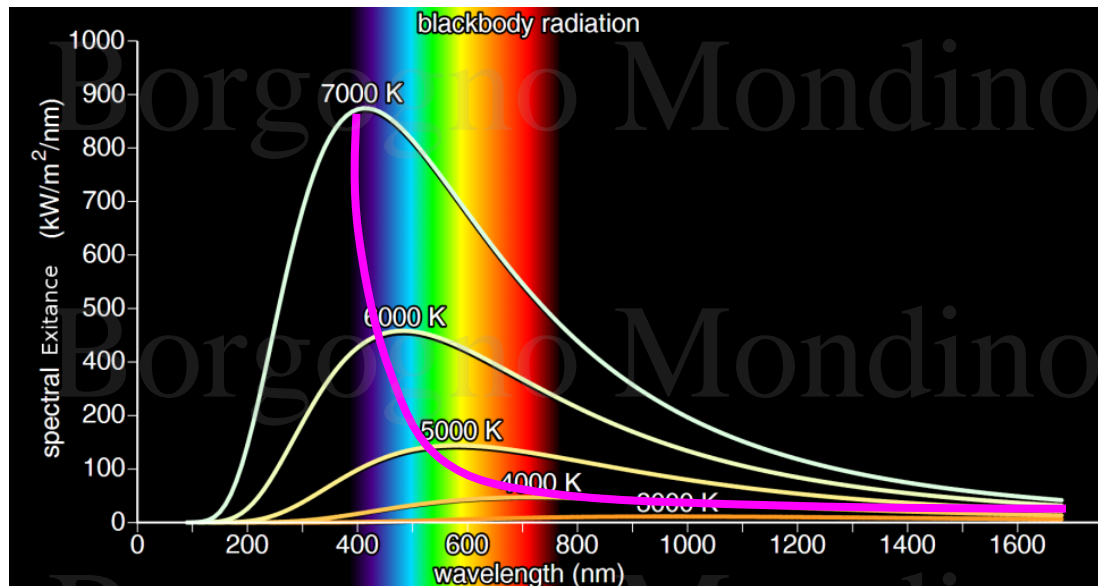
- INFRAROSSO TERMICO - longwave or thermal IR, TIR → [3-30 μm]

(usata dai sensori passivi che registrano la componente **emissiva** delle superfici - TERMOCAMERE)

SI radiometry units

Quantity	Symbol	SI unit	Abbr.	Notes
Radiant energy	Q	joule	J	energy
Radiant flux	Φ	watt	W	radiant energy per unit time, also called <i>radiant power</i>
Radiant intensity	I	watt per steradian	$W \cdot sr^{-1}$	power per unit solid angle
Radiance	L	watt per steradian per square metre	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2}$	power per unit solid angle per unit <i>projected</i> source area. Sometimes confusingly called "intensity".
Irradiance	E	watt per square metre	$W \cdot m^{-2}$	power incident on a surface. Sometimes confusingly called "intensity".
Radiant exitance / Radiant emittance	M	watt per square metre	$W \cdot m^{-2}$	power emitted from a surface. Sometimes confusingly called "intensity".
Spectral radiance	L_λ	watt per steradian per metre ³ or	$W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-3}$	commonly measured in $W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$
	or L_ν	watt per steradian per square metre per hertz	or $W \cdot sr^{-1} \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$	
Spectral irradiance	E_λ	watt per metre ³ or	$W \cdot m^{-3}$	commonly measured in $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$
	or E_ν	watt per square metre per hertz	or $W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$	

Legge di Emissione di Planck: le superfici emettono quantitativi energetici diversi a seconda della lunghezza d'onda considerata e lo fanno in accordo alla legge di Planck



$$R(\lambda) = \frac{2\pi c^2 h}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

Dove

R(λ): Exitanza [W · m⁻² · μm⁻¹]

c: velocità della luce nel vuoto (m/s)

λ: lunghezza d'onda considerata

T = temperatura di corpo nero (°K)

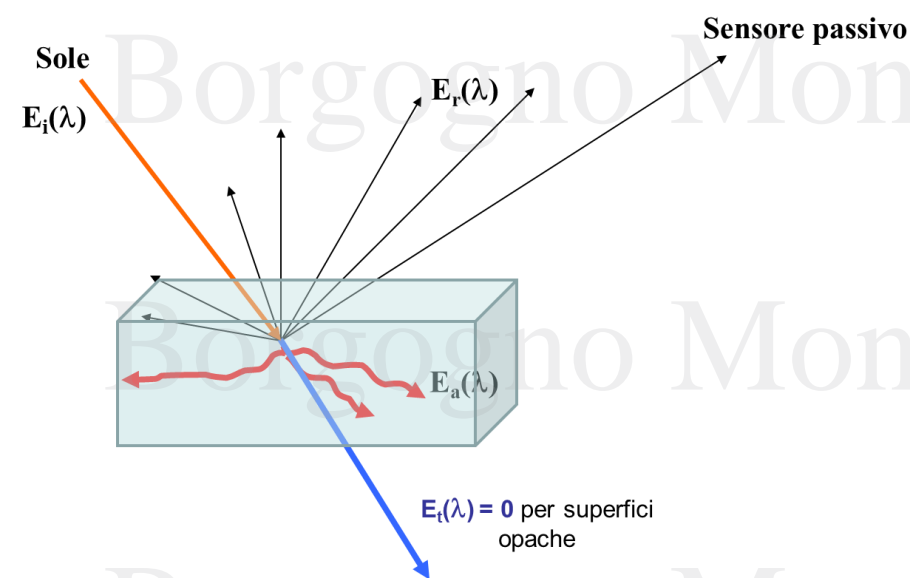
h = costante di Planck

k = costante di Boltzman

($k=1.38 \cdot 10^{-23}$ J/K)

La caratterizzazione delle superfici mediante TR si basa sull'interpretazione dei flussi energetici in gioco che devono rispettare la legge di conservazione dell'energia (eq. 1).

Affinchè le grandezze in gioco assumano il significato di «proprietà» delle superfici è necessario che risultino invarianti rispetto alle quantità assolute disponibili. Pertanto si preferisce riferirsi alla legge di conservazione dell'energia **in termini relativi**, riferendo i quantitativi energetici in uscita alla disponibilità energetica in ingresso (100%) → vedi eq. 2.



$$(1) \quad E_r(\lambda) + E_t(\lambda) + E_a(\lambda) = E_i(\lambda)$$

$$(2) \quad \rho_\lambda + \tau_\lambda + \alpha_\lambda = 1$$

$$\rho_\lambda = \frac{E_r(\lambda)}{E_i(\lambda)} \quad \textbf{Riflettanza}$$

$$\tau_\lambda = \frac{E_t(\lambda)}{E_i(\lambda)} \quad \textbf{Trasmittanza}$$

$$\alpha_\lambda = \frac{E_a(\lambda)}{E_i(\lambda)} \quad \textbf{Assorbanza}$$

$E_i(\lambda)$ = IRRADIANZA alla superficie

$E_t(\lambda)$ = RADIANZA trasmessa

$E_r(\lambda)$ = RADIANZA riflessa

$E_a(\lambda)$ = RADIANZA assorbita

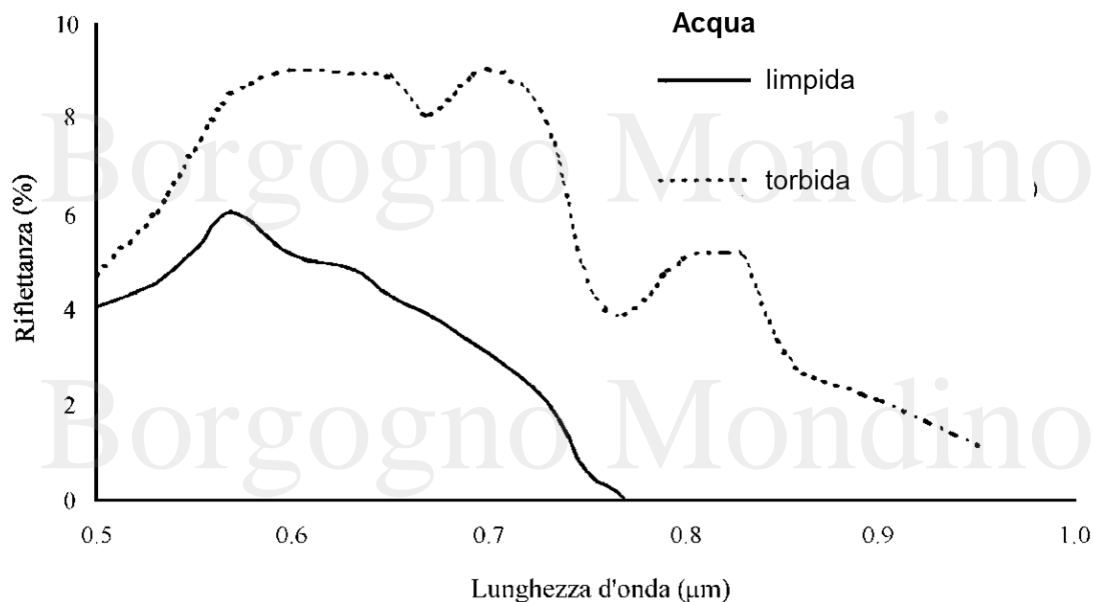
Per superfici OPACHE il flusso di potenza elettromagnetica TRASMESSO risulta NULLO e pertanto l'eq. 2 può esser scritta come .

$$\rho_{\lambda} + \alpha_{\lambda} = 1$$

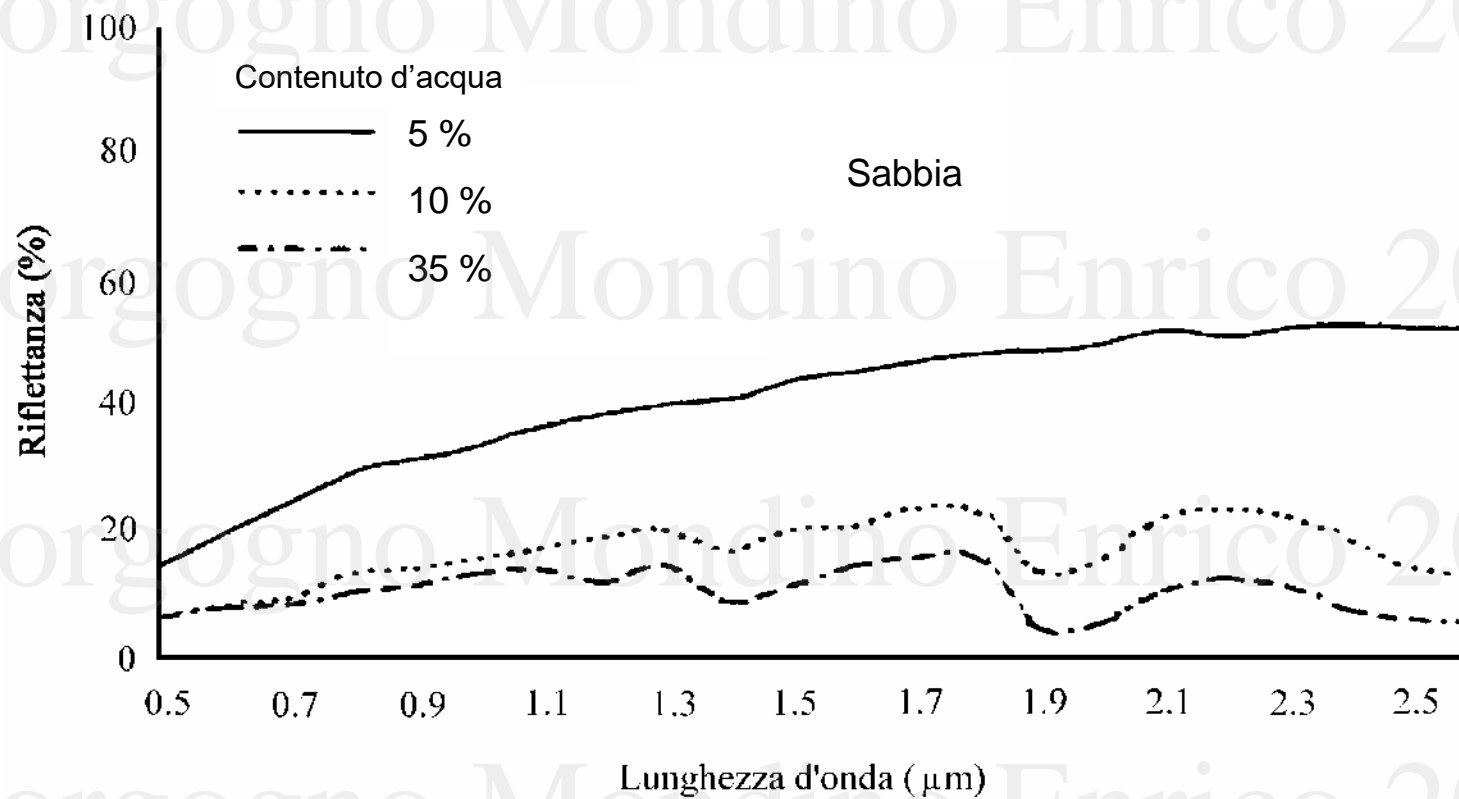
Il telerilevamento ottico passivo, per facilità operativa collegata alla tecnologia dei sensori e per la sua natura di grandezza rilevabile da remoto, ha scelto di misurare ρ_{λ} .

Poiché la quantità di potenza riflessa risulta dipendente dalla lunghezza d'onda analizzata, ogni superficie realizza un comportamento riflettivo caratteristico relazionabile alla propria natura chimico fisica.

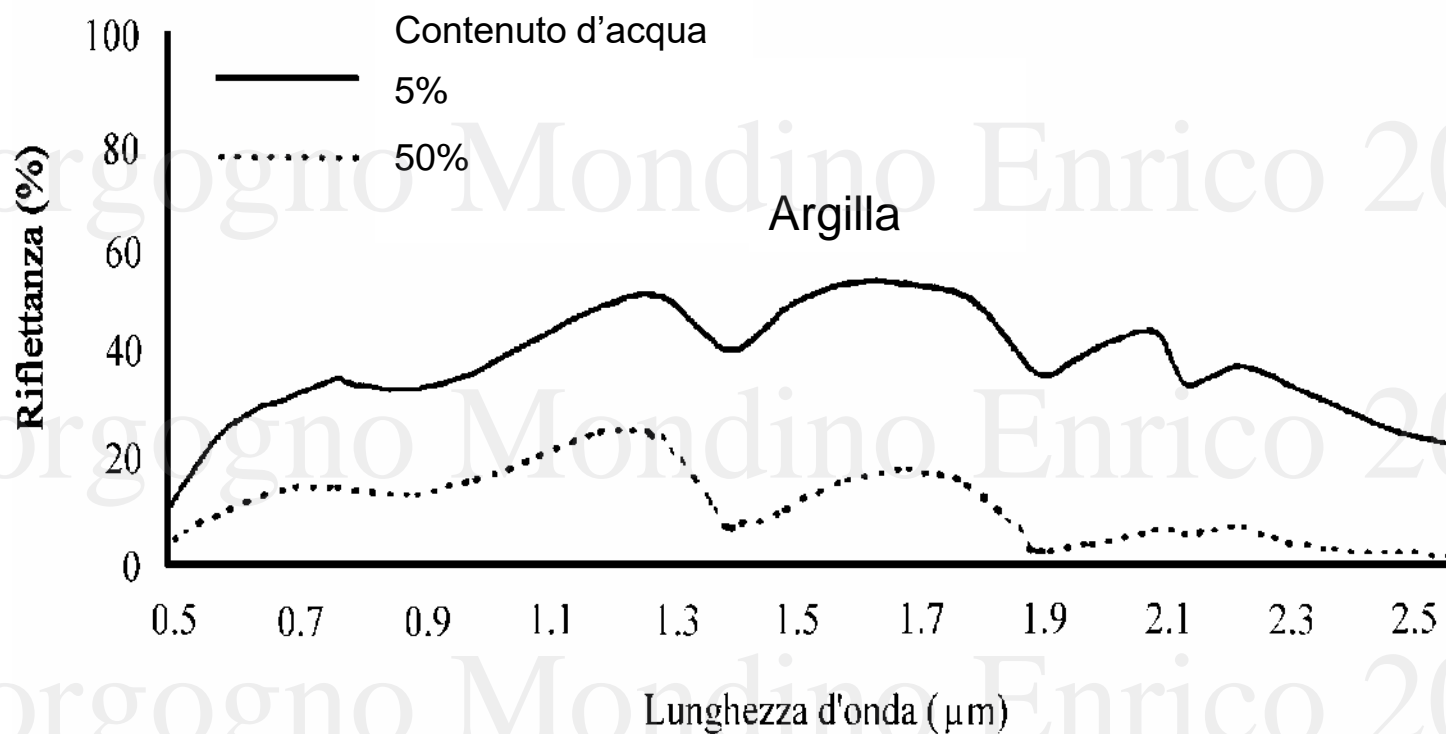
Definiamo **Firma spettrale** il comportamento riflettivo delle superfici al variare della lunghezza d'onda.



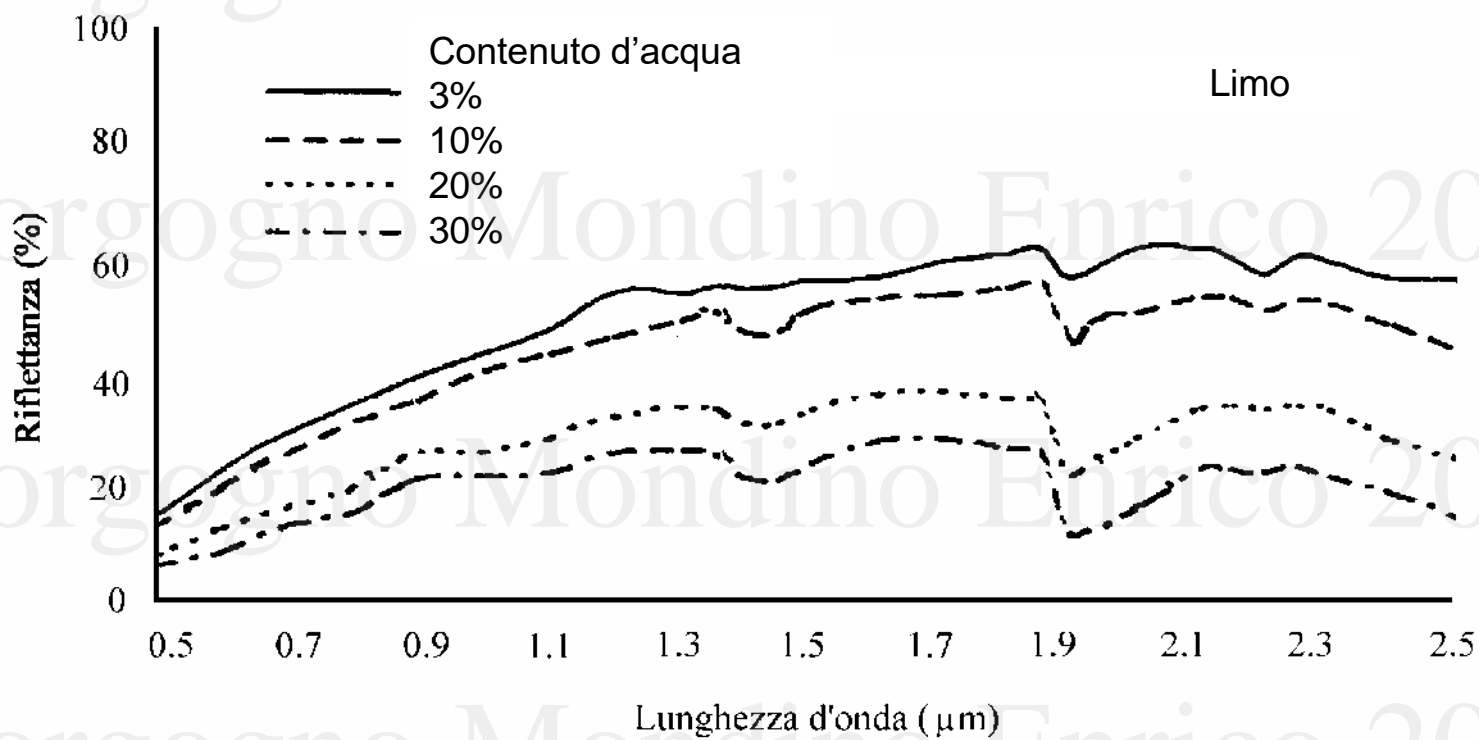
FIRME SPETTRALI (Suoli nudi)



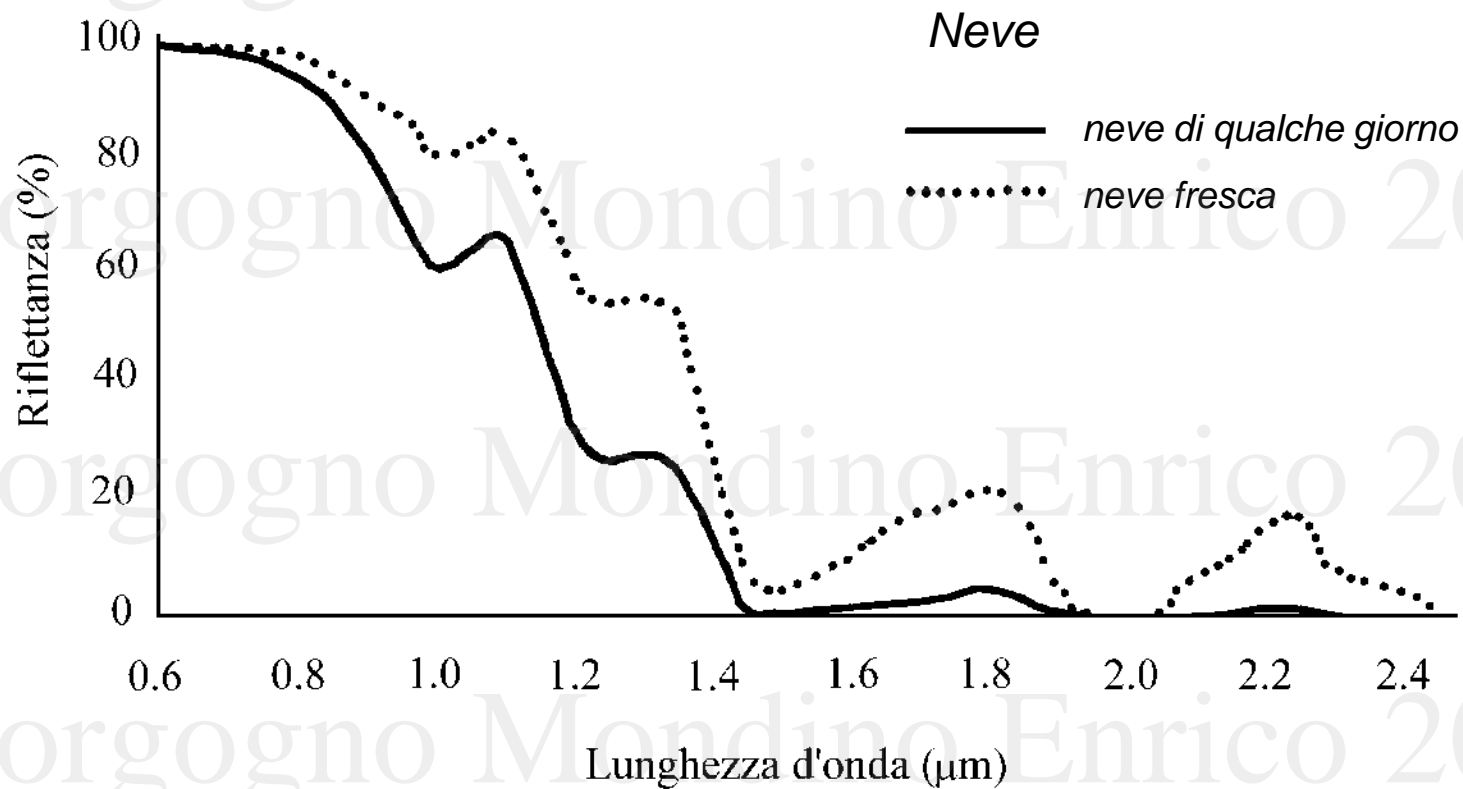
FIRMESPETTRALI (Sudi nudi)



FIRME SPETTRALI (Suoli nudi)



FIRME SPETTRALI (NEVE)



FIRME SPETTRALI (Suoli nudi)

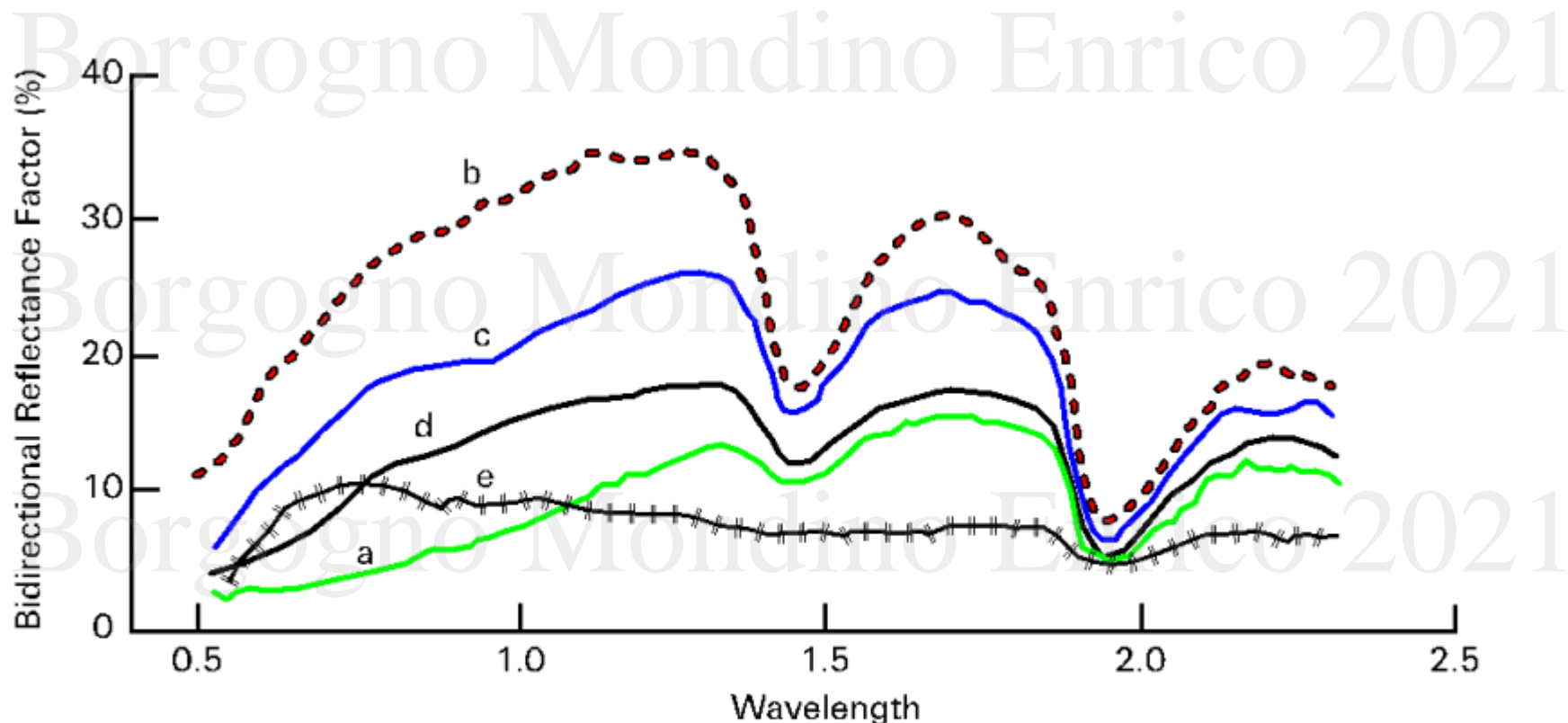
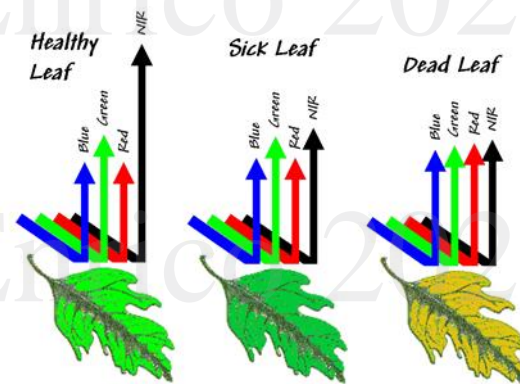
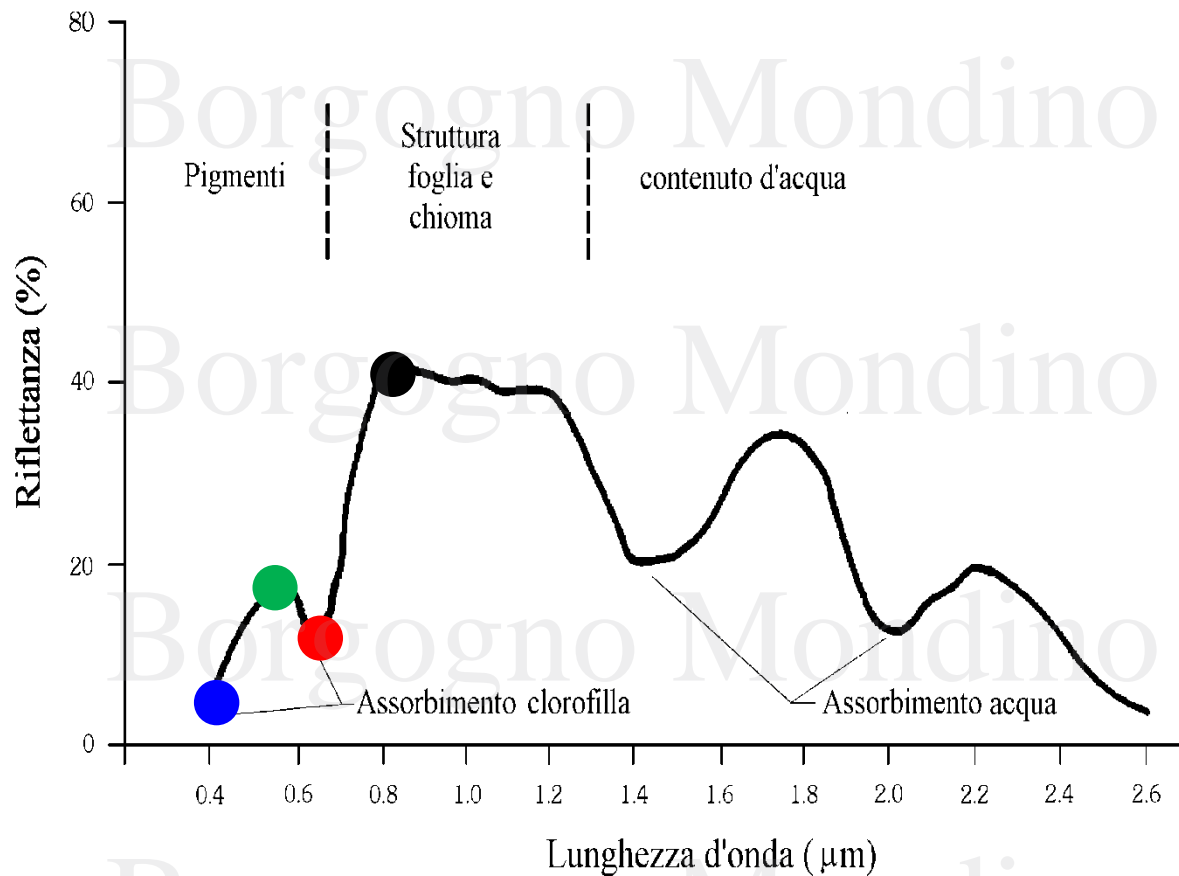
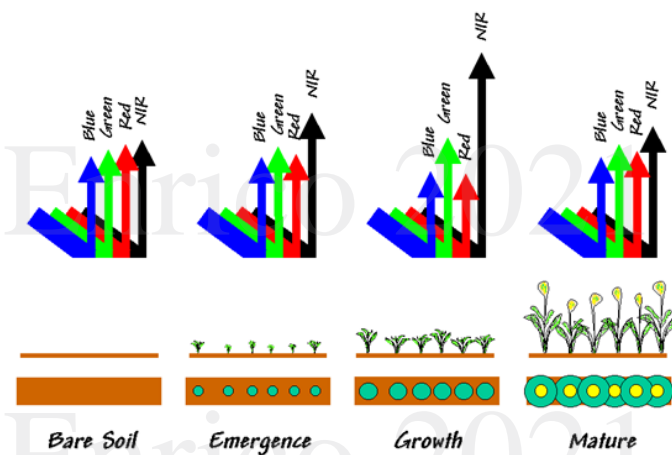


Figure 2-25. Reflectance spectra of five soil types: A—soils having > 2% organic matter content (OMC) and fine texture; B—soils having < 2% OMC and low iron content; C—soils having < 2% OMC and medium iron content; D—soils having > 2% OMC, and coarse texture; and E—soil having fine texture and high iron-oxide content (> 4%).

FIRME SPETTRALI (Vegetazione)



<http://educationally.narod.ru/gis39photoalbum.html>



<http://educationally.narod.ru/gis39photoalbum.html>

FIRME SPETTRALI a confronto

