

# Correzione atmosferica

Corso di Elaborazione e Trasmissione  
delle Immagini

Il modulo

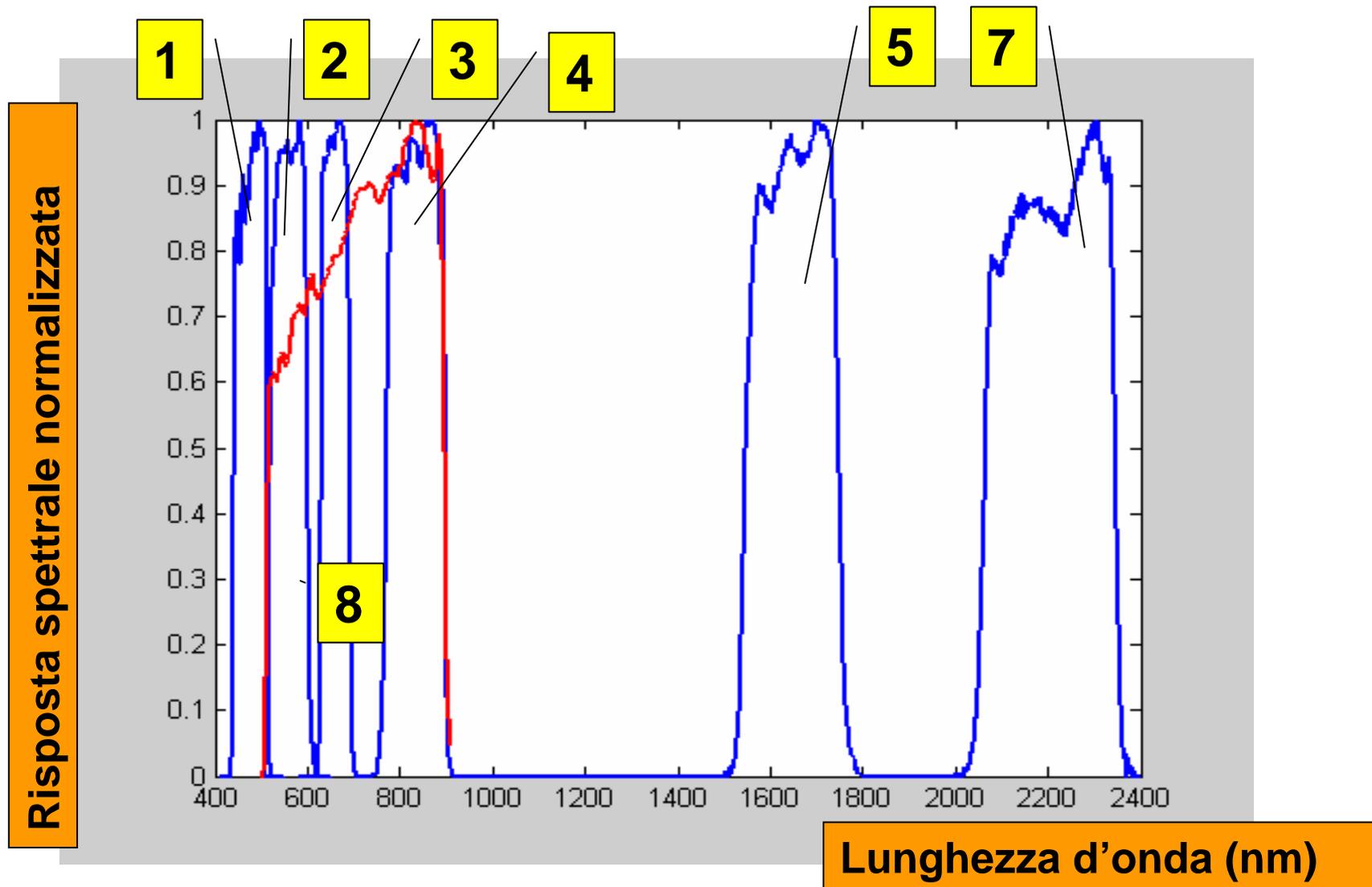
Pisa, 11 Dicembre 2006

# Regioni spettrali VIS-IR: proprietà generali

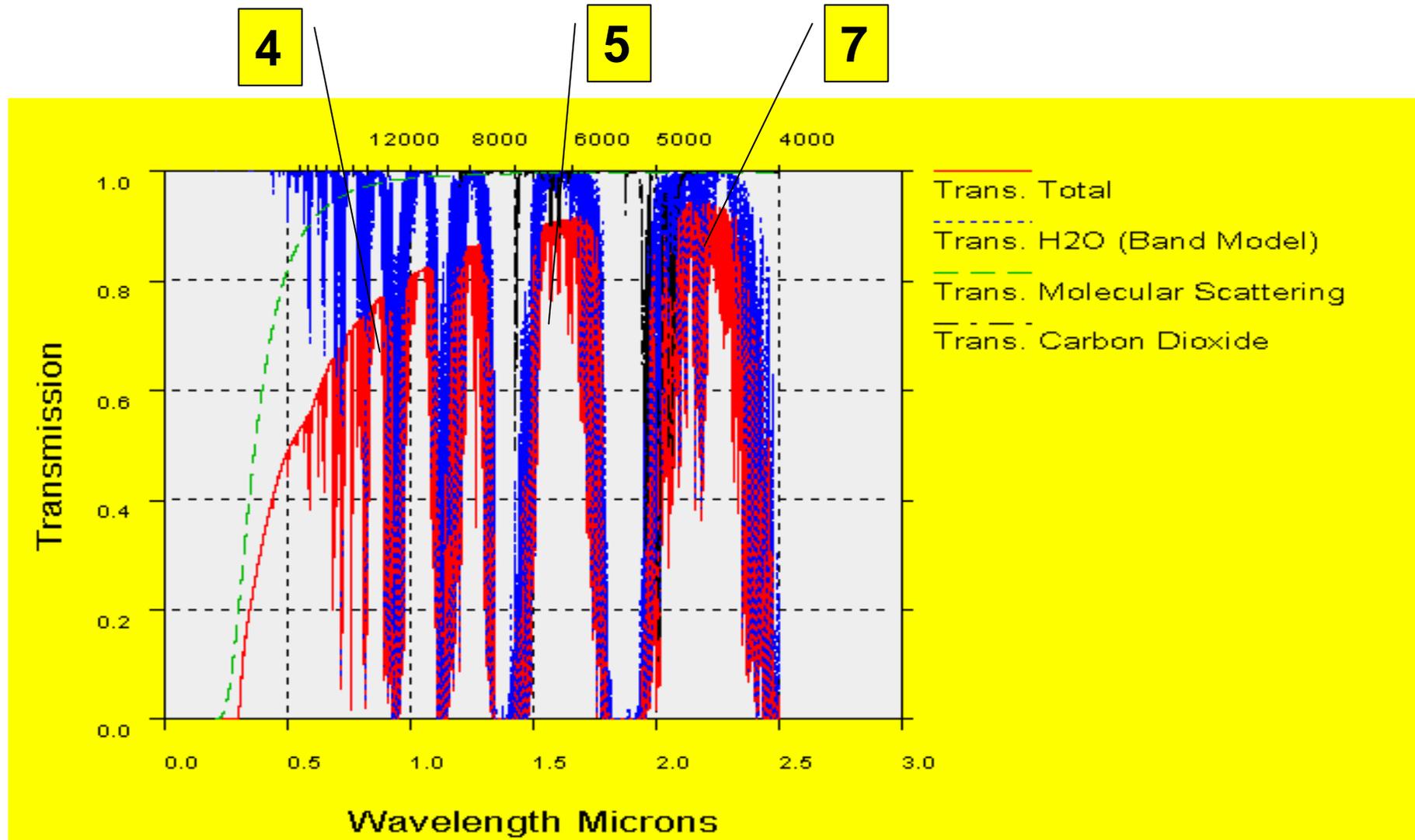
Regione spettrale	Banda	Sorgente di radiazione	Proprietà della superficie utilizzata per telerilevamento
Visibile (VIS)	0.4÷0.7 $\mu\text{m}$	Solare	Riflettanza
Infrarosso Vicino (NIR)	0.7÷1.1 $\mu\text{m}$	Solare	Riflettanza
<i>Short Wave Infrared (SWIR)</i>	1.1÷1.35 $\mu\text{m}$ 1.4÷1.8 $\mu\text{m}$ 2÷2.5 $\mu\text{m}$	Solare	Riflettanza
<i>Mid Wave Infrared (MWIR)</i>	3÷4 $\mu\text{m}$ 4.5÷5 $\mu\text{m}$	Solare, Target	Riflettanza, Emissione
Infrarosso termico (TIR)	8÷9.5 $\mu\text{m}$ 10÷14 $\mu\text{m}$	Target	Emissione

Dipende da:  
 $T, \varepsilon(\theta, \phi; \lambda)$   
 del target

# Bande e risposta spettrale TM / ETM+



# TM / ETM+ : finestre atmosferiche



# Informazione contenuta nelle bande TM/ETM+

**Banda 1: Blu visibile**

**Banda 2: Verde visibile**

**Banda 3: Rosso visibile**

**Banda 4: Near IR. Principalmente dovuta a diffusione e riflessione della luce solare.**

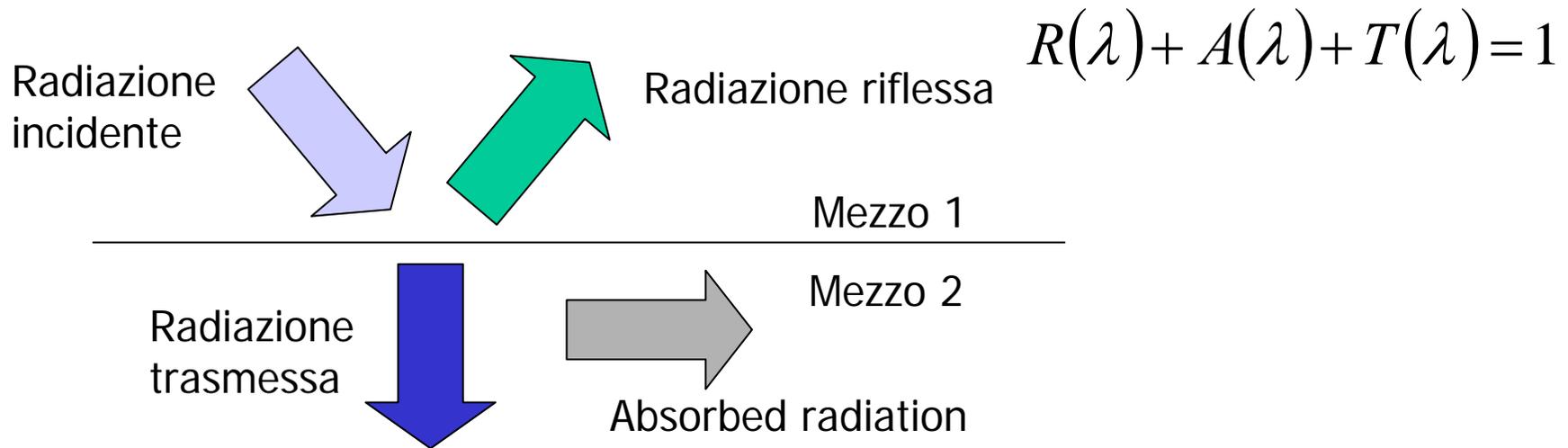
**Specchi d'acqua: scuri salvo diffusione da sedimenti**

**Banda 5 and 7: Mid IR. Principalmente dovuta a diffusione e riflessione della luce solare.**

**Specchi d'acqua: scuri**

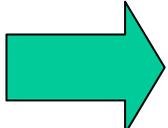
**Banda 6: Thermal IR. Riconducibile a temperatura ed emissività dei *target* a temperatura ambiente. Effetto solare trascurabile.**

# Interazione della radiazione con le superfici

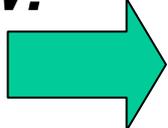


## Materiali opachi:

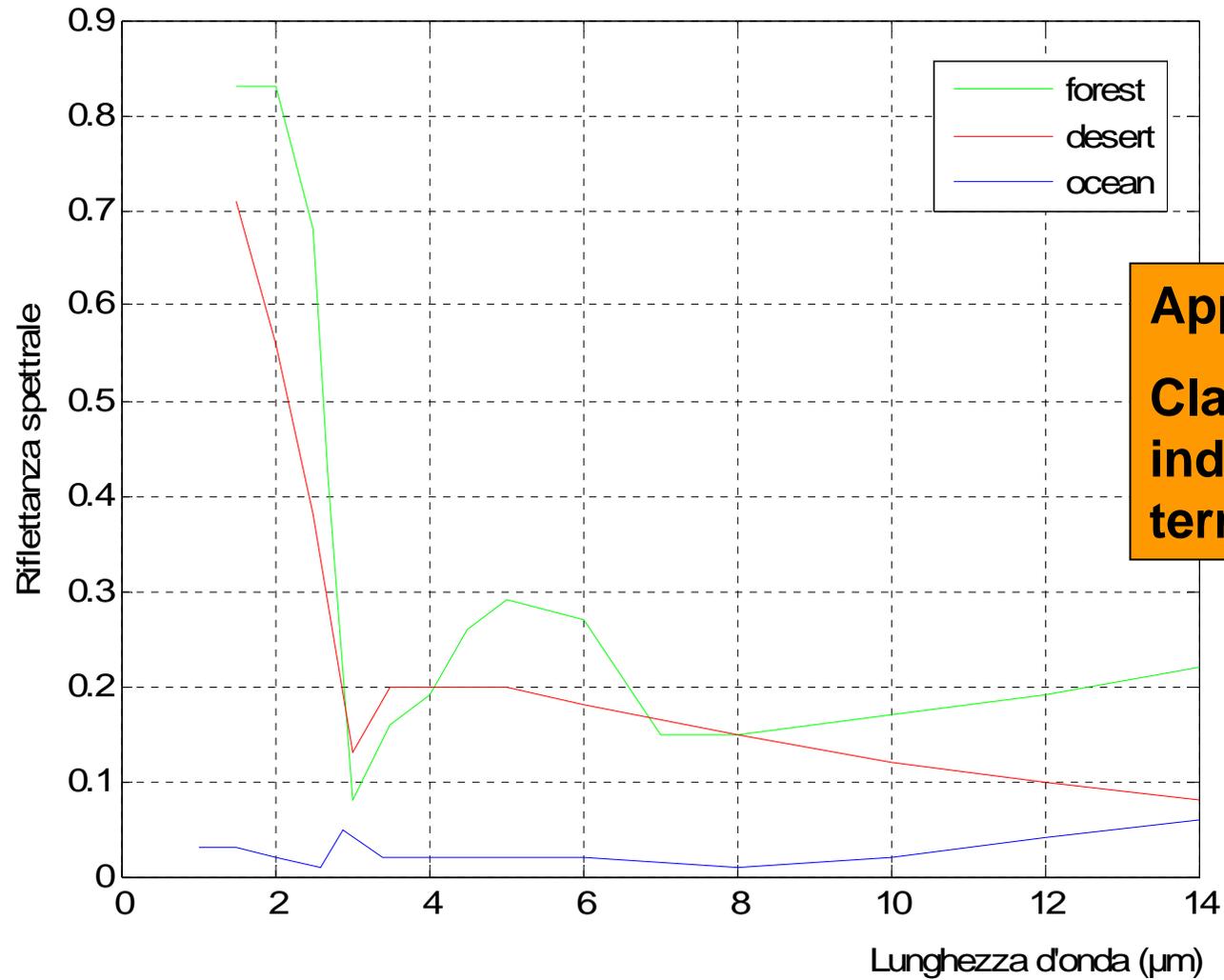
$R(\lambda)$  **Riflettanza**  
 $T(\lambda)$  **Trasmittanza**  
 $A(\lambda)$  **Assorbanza**

$T(\lambda) = 0$    $R(\lambda) + A(\lambda) = 1$

## *Kirchhoff law:*

$A(\lambda) = \varepsilon(\lambda)$    $R(\lambda) + \varepsilon(\lambda) = 1$

# Firma spettrale



**Applicazione:  
Classificazione,  
indici di utilizzo del  
territorio**

# Colore marino

Algoritmo bio-ottico:

$$\text{Log}(C) = a_0 + a_1 \cdot \text{Log}\left(\frac{R_3}{R_5}\right)$$

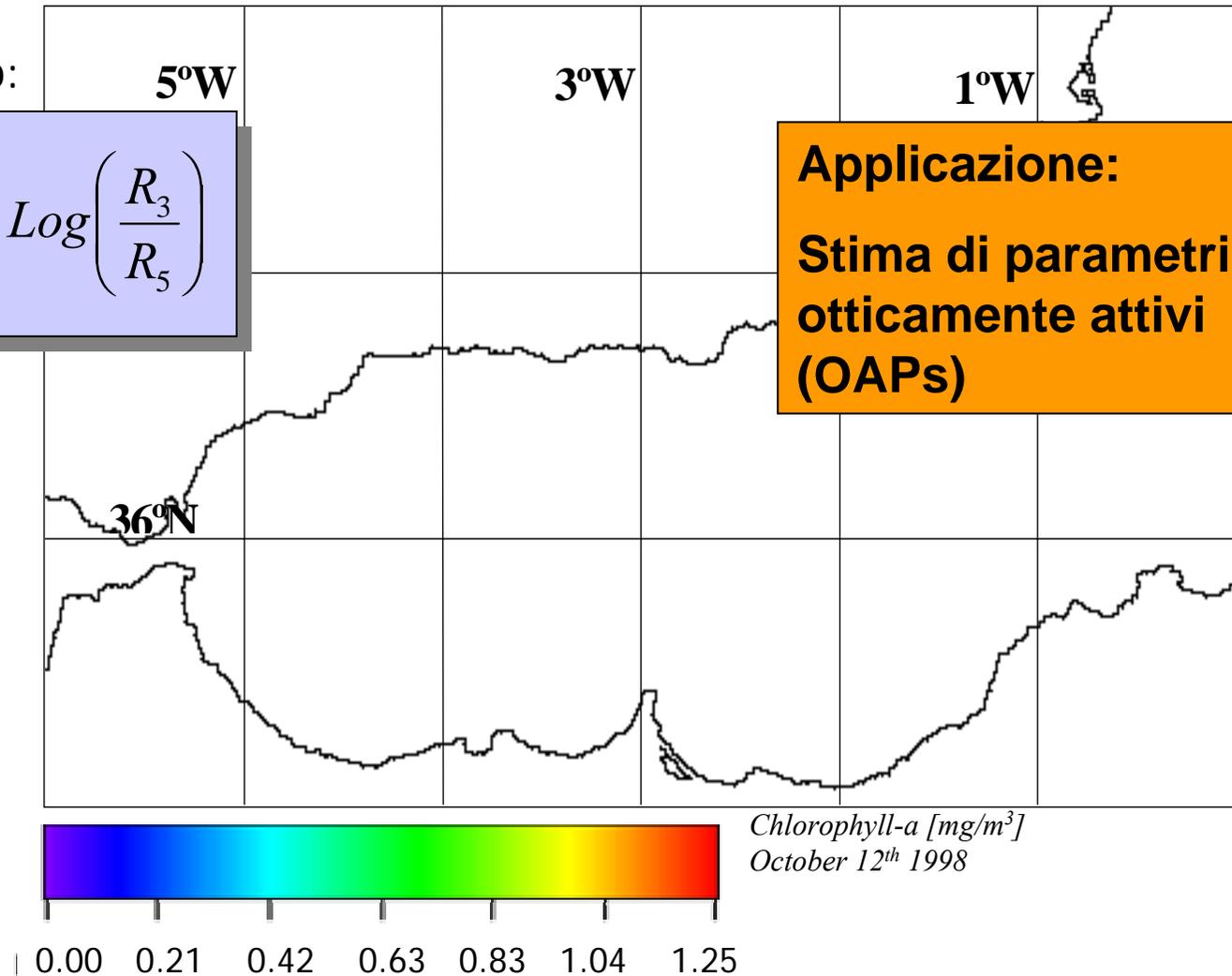
5°W

3°W

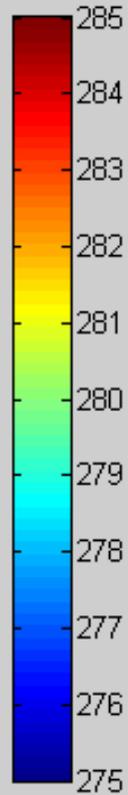
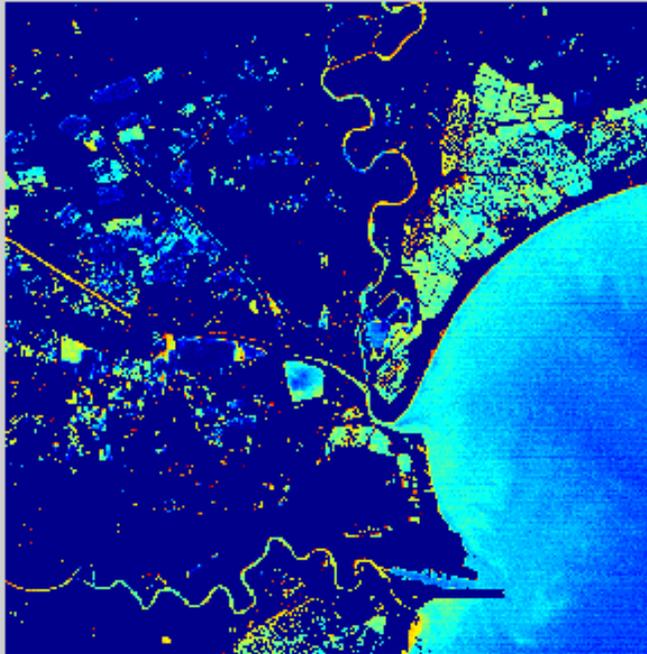
1°W

Applicazione:

Stima di parametri  
otticamente attivi  
(OAPs)



# Temperatura superficiale

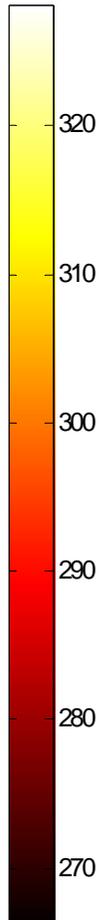


**Temperatura di brillantezza  $T_b$  :**

$$L_{bb}(\lambda, T_b) = \varepsilon(\theta, \phi; \lambda) \cdot L_{bb}(\lambda, T)$$

**Applicazione:**

**Mappe di temperatura  
(SST, LST)**



**SST: Split window**

# Effetti atmosferici prevalenti (VIS-NIR)

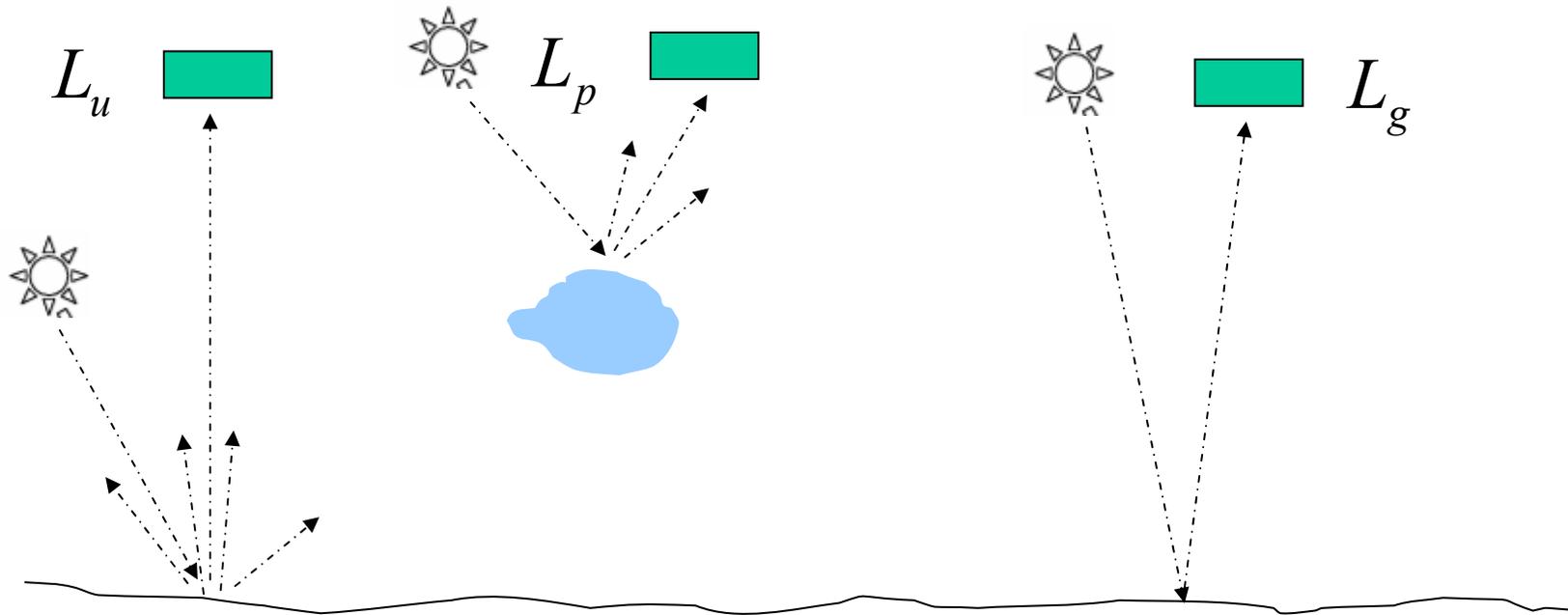
Surface upwelling  
component (diffuse)

Surface reflected component  
(direct, glint)

$$L_t(\lambda) = T(\lambda) \cdot L_u(\lambda) + L_p(\lambda) + T(\lambda) \cdot L_g(\lambda)$$

Total radiance at the sensor

Component diffused by the  
atmosphere (path radiance)



# Effetti atmosferici prevalenti (banda TIR)

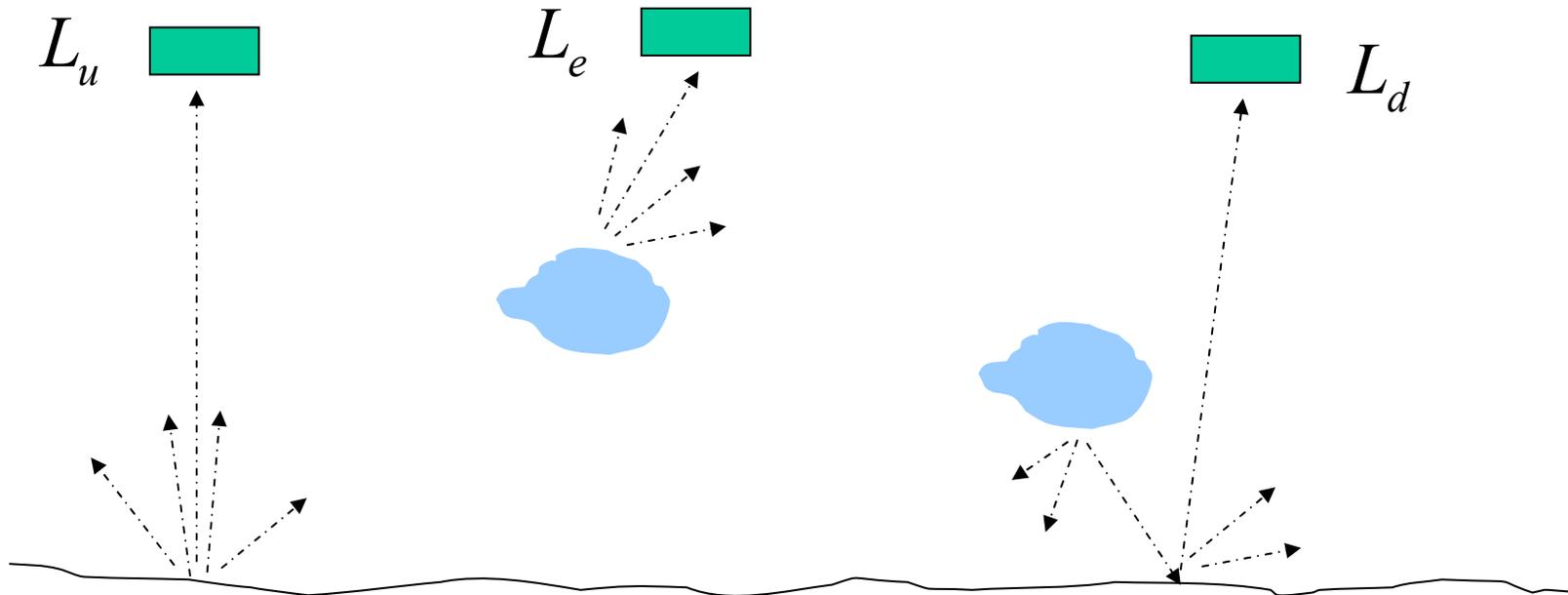
Surface upwelling component (emitted)

Component emitted by the atmosphere and reflected by the surface

$$L_t(\lambda) = T(\lambda) \cdot L_u(\lambda, T_s) + L_e(\lambda) + T(\lambda) \cdot L_d(\lambda)$$

Total radiance at the sensor

Component emitted by the atmosphere



# Tecniche di correzione atmosferica

**Basate sull'immagine**: quando le mappe telerilevate contengono bande spettrali che su determinate porzioni di territorio hanno proprietà radiometriche notevoli, adatte a risalire ai parametri ottici atmosferici utili per la correzione.

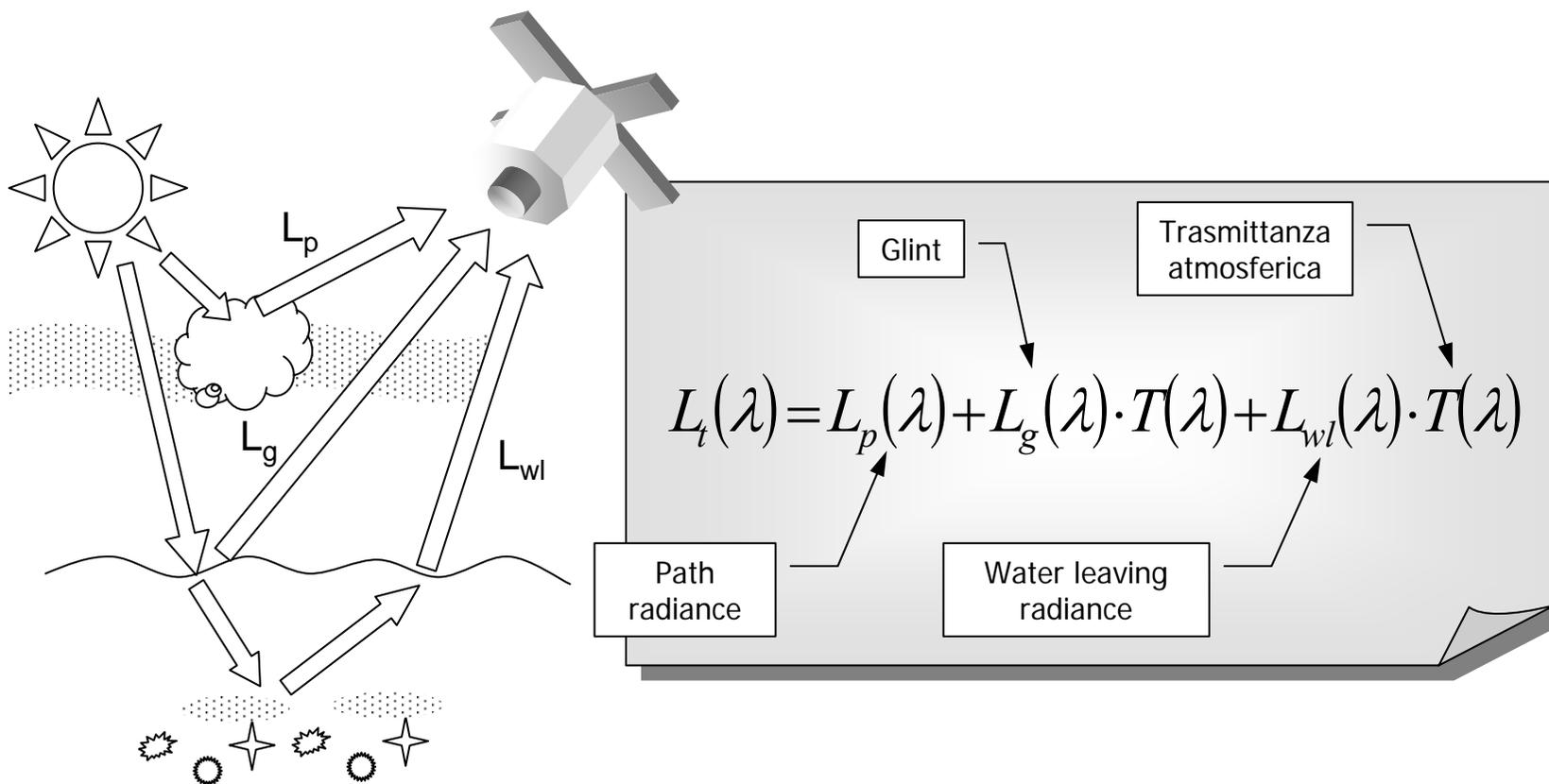
**Basate su modelli**: quando i parametri ottici atmosferici utili per la correzione vengono determinati sulla base di una simulazione, al cui ingresso sono fornite le condizioni atmosferiche ed ottiche note o dedotte al momento del telerilevamento.

# Tecniche di correzione atmosferica

## Utilità del modello:

- Verifica e previsione di condizioni ottiche atmosferiche in funzione di diversi parametri (condizioni meteo, giorno ed orario del telerilevamento).
- Valutazione di tecniche di correzione basate sulle immagini, sulla base di simulazioni.
- Generazione di parametri per tecniche di correzione basate su immagini, tramite algoritmi di regressione

# Ambiente marino: contributi alla radianza totale al sensore



# Ambiente marino: modello atmosferico VIS/NIR

$$L_p(\lambda) = L_r(\lambda) + L_{ra}(\lambda) + L_a(\lambda)$$

Path radiance

Termine misto

Diffusione dovuta a particelle  
(a = aerosol)

Diffusione molecolare  
(r = Rayleigh)

Trascurando il termine misto la radianza totale al sensore è:

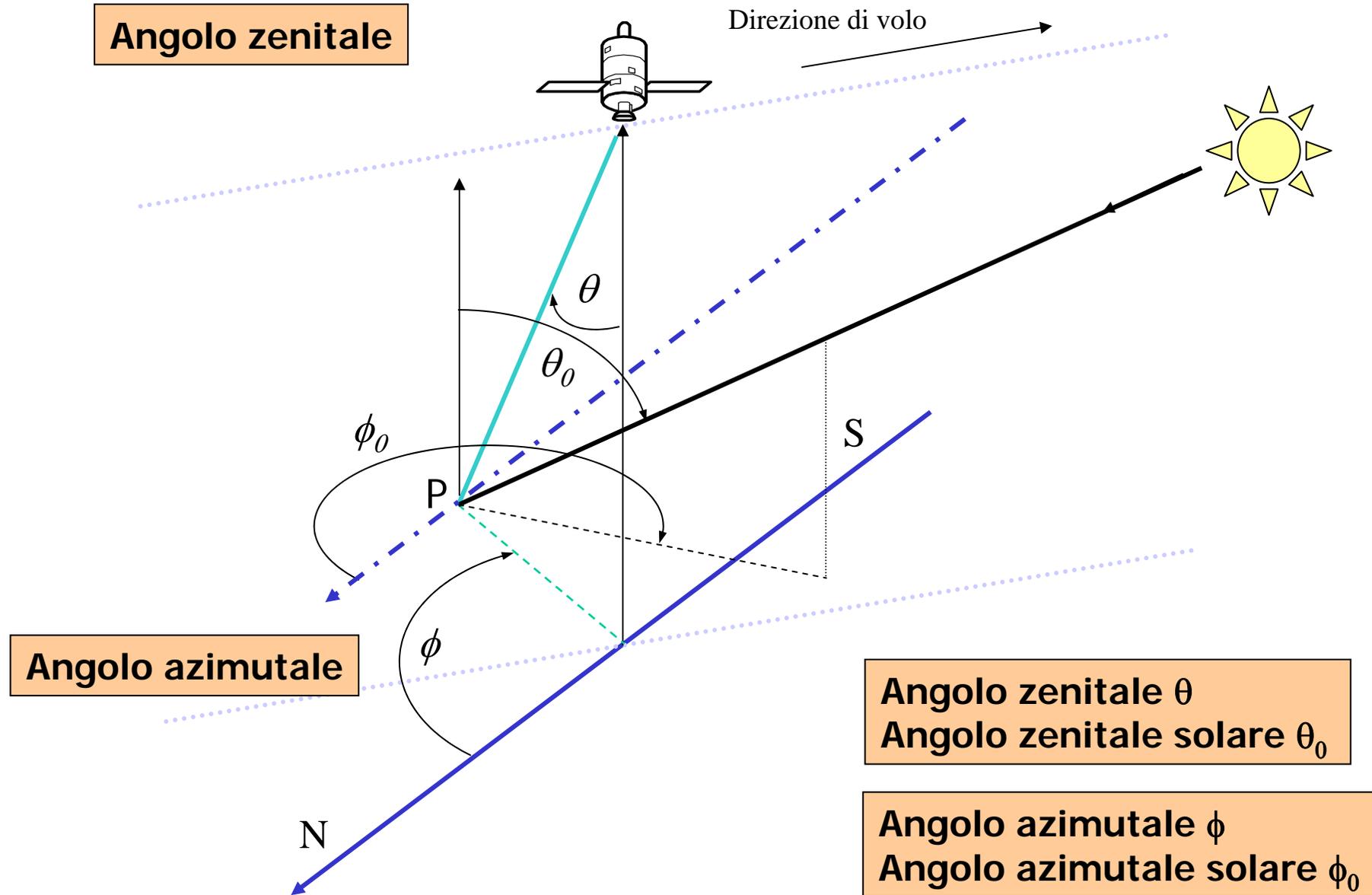
$$L_t(\lambda) = L_r(\lambda) + L_a(\lambda) + L_g(\lambda) \cdot T(\lambda) + L_{wl}(\lambda) \cdot T(\lambda)$$

Sun glint

Path radiance

Radianza diffusa *water leaving*

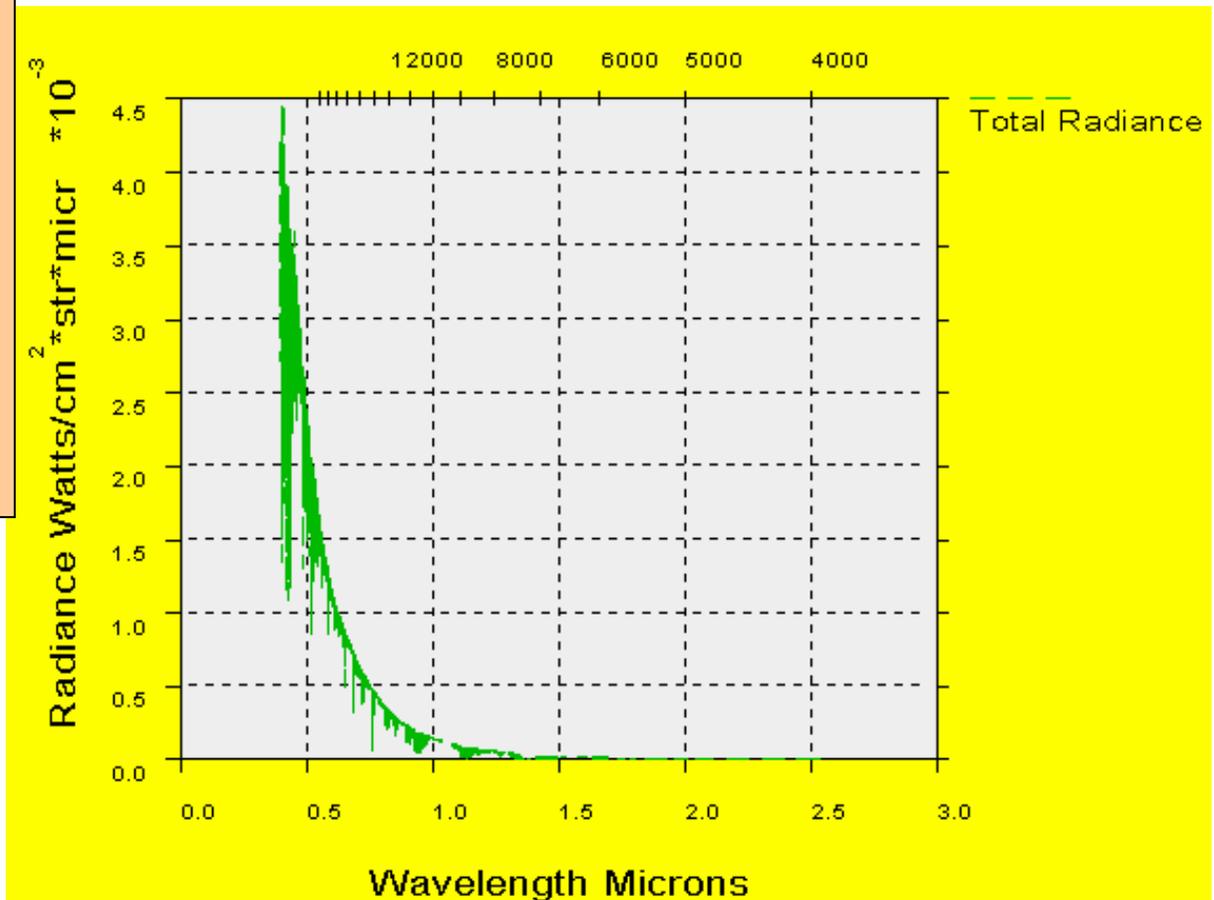
# Definizione della geometria di ripresa



# Modello atmosferico VIS/NIR

Esempio di andamento della *path radiance* nelle seguenti condizioni:

- Superficie=corpo nero a T ambiente
- Angolo zenitale solare 45°
- Vista al Nadir
- Visibilità elevata
- Media latitudine



# Alcune definizioni...

Assorbimento

Diffusione o scattering

Coefficiente di estinzione:

$$K_e = K_a + K_s$$

SSA (Single Scattering Albedo):

$$\omega = \frac{K_s}{K_a + K_s}$$

Funzione di fase: legge di anisotropia della radiazione diffusa da una particella.

$$p(\theta, \varphi) = \frac{4 \cdot \pi \cdot I(\theta, \varphi)}{\int_{4\pi} I(\theta, \varphi) d\Omega}$$

# Alcune definizioni...

Per un generico cammino ottico  $r$  privo di sorgenti, inclinato di un angolo  $\theta$ , la legge di **Lambert-Bouguer** descrive l'andamento della radianza spettrale come segue:

$$L(\lambda, z) = L(\lambda, z_0) \cdot e^{-\int_{z_0}^z \frac{K_e(\lambda, z)}{\cos(\theta)} \cdot dz} = e^{-\frac{\tau(\lambda, z)}{\cos(\theta)}}$$

In funzione della  
coordinata  $z = r \cos(\theta)$

$$T(\lambda, z) = \frac{L(\lambda, z)}{L(\lambda, z_0)} = e^{-\frac{\tau(\lambda, z)}{\cos(\theta)}}$$

Trasmittanza 

Spessore ottico 

$$\tau(\lambda, z) = \int_{z_0}^z K_e(\lambda, z) \cdot dz$$

# Correzione atmosferica basata sull'immagine

Definiamo:

Single scattering albedo

Spessore ottico

$$\varepsilon(\lambda_i, \lambda_j) = \frac{L_a(\lambda_i)}{L_a(\lambda_j)} \cdot \frac{E_0'(\lambda_j)}{E_0'(\lambda_i)} = \frac{\omega_a(\lambda_i) \cdot \tau_a(\lambda_i) \cdot p_a(\theta, \theta_0, \varphi, \varphi_0, \lambda_i)}{\omega_a(\lambda_j) \cdot \tau_a(\lambda_j) \cdot p_a(\theta, \theta_0, \varphi, \varphi_0, \lambda_j)}$$

Trasmittanza dello strato di ozono

$$L_x(\lambda) = \frac{\omega_x(\lambda) \cdot \tau_x(\lambda) \cdot E_0(\lambda) \cdot p_x(\theta, \theta_0, \varphi, \varphi_0, \lambda)}{4 \cdot \pi \cdot \cos(\theta)} \cdot T_{oz}(\theta, \theta_0, \lambda) \quad ; x = a, r$$

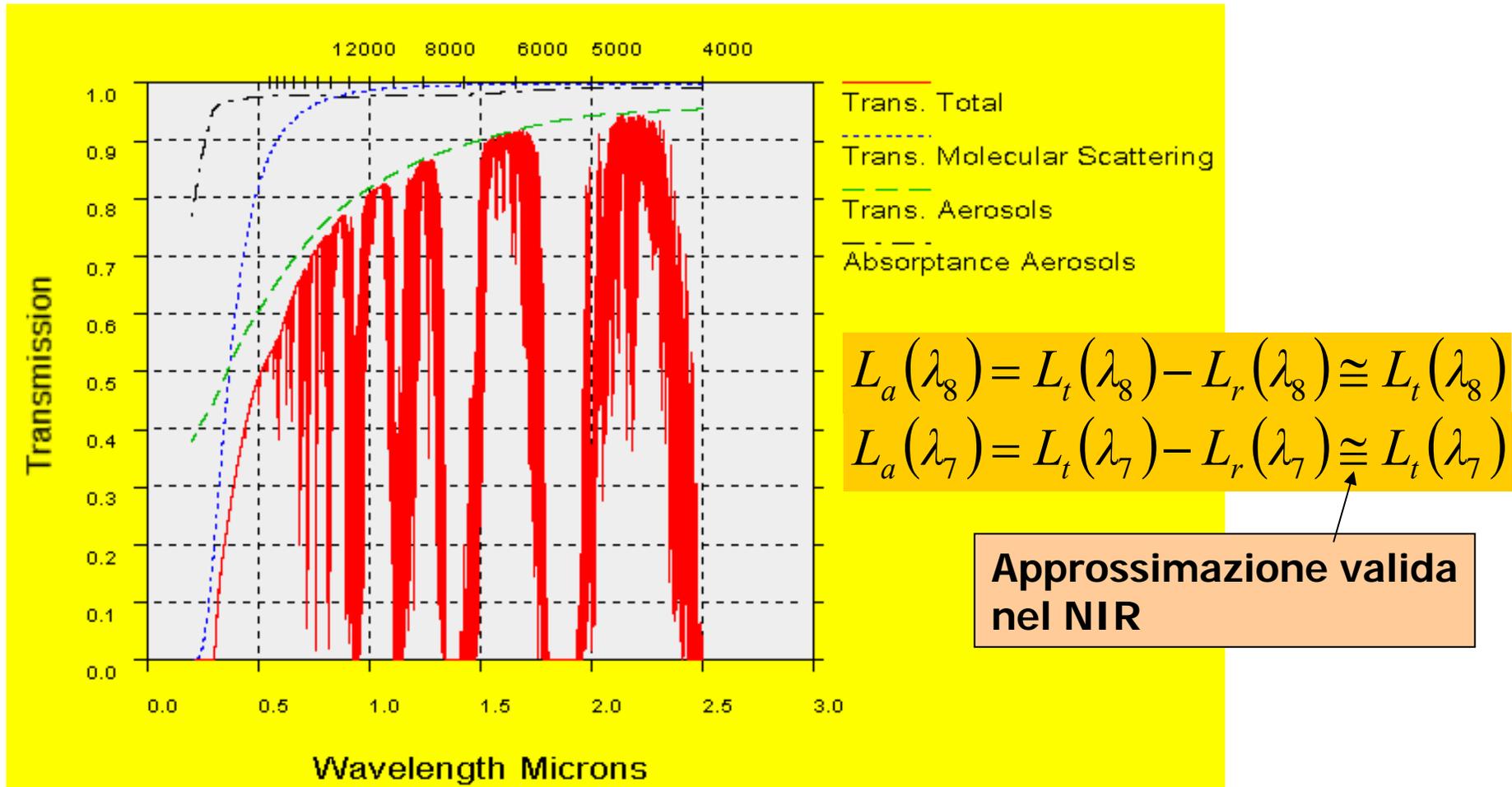
Legge di variazione di  $\varepsilon$  nell'intervallo delle lunghezze d'onda coperte dal SeaWiFS

$$\varepsilon(\lambda_i, \lambda_j) = e^{c \cdot (\lambda_j - \lambda_i)}$$

Nel caso del SeaWiFS si utilizzano le bande 7,8 sui pixel di mare (scuri nel NIR)

$$c = \frac{\ln[\varepsilon(\lambda_7, \lambda_8)]}{\lambda_8 - \lambda_7}$$

# Correzione atmosferica basata sull'immagine



Estrapolazione di  $L_a(\lambda)$  nella banda i-esima

$$L_a(\lambda_i) = \varepsilon(\lambda_i, \lambda_8) \cdot L_a(\lambda_8) \cdot \frac{E_0'(\lambda_i)}{E_0'(\lambda_8)}$$