

I numeri dell'annata 2004 si arricchiscono di un inserto che presenta immagini rilevate dal satellite. Oltre che di piacevole consultazione per i lettori, questa documentazione costituisce materiale didattico significativo e di pronto uso per tutti i docenti. L'introduzione del telerilevamento nell'insegnamento della geografia, a partire dalla Scuola Primaria, costituisce sussidio innovativo di grande impatto, da valorizzare in tutte le sue potenzialità di lettura e interpretazione del territorio.

Ringrazio l'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per aver messo a disposizione della Rivista le immagini rilevate dagli strumenti del satellite europeo per l'ambiente Envisat.

Anche a nome di tutti gli organi direttivi dell'AIIG, esprimo particolare gratitudine al dott. Maurizio Fea, che ha reso possibile questa iniziativa grazie alla sua qualificata competenza e alla sensibilità con cui pone attenzione alla formazione dei giovani.

GDV

## IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL NOSTRO PIANETA DALLO SPAZIO

MAURIZIO FEA, European Space Agency (ESA) - ESRIN, Frascati

### Premessa

Le basi fisiche, i mezzi tecnologici e le applicazioni più importanti dell'osservazione della Terra dallo spazio saranno brevemente illustrate nel corso del 2004. Il testo accompagna alcune immagini elaborate a partire dai dati di sensori a bordo di satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA). La sequenza d'immagini simula l'avvicinarsi progressivo alla Terra dallo spazio, per dimostrare l'utilità di questa fonte d'informazione in molte discipline applicative e di ricerca, tra le quali proprio la geografia. Il portale web dell'ESA ([www.esa.int](http://www.esa.int)) e quello specificamente sviluppato dall'ESA in questo settore per scopi educativi in cinque lingue, incluso l'Italiano ([www.eduspace.esa.int](http://www.eduspace.esa.int)), offrono un valido e ricco complemento a queste brevi note. Al sito EDUSPACE, in particolare, si rimanda per gran parte dei dettagli che questa sintesi non permette di approfondire.

### In cosa consiste e come si usa questa metodologia?

Ne facciamo un uso automatico, spesso inconsapevolmente: il telerilevamento, infatti, ci permette di conoscere e misurare senza toccare, perché gli occhi, le orecchie, la pelle sono tra i sensori naturali di cui siamo dotati fin dalla nascita per vedere, ascoltare, percepire il caldo o il freddo. Il progresso tecnico e scientifico ci ha poi fornito di strumenti sempre più perfezionati e metodologie sempre più raffinate, fino a che il lancio in orbita dello Sputnik nel 1957 inaugurò l'era del telerilevamento da satellite. Immaginando di sollevarci con un aerostato, abbiamo oggi la possibilità di una continuità d'osservazione dal suolo fino allo spazio, tramite le misure eseguite sul terreno o da aerostato, da aereo o da satellite, in una complementarità importantissima in funzione dell'applicazione finale.

Questa metodologia è per sua natura intrinseca multidisciplinare, vale a dire che lo stesso dato può essere utile a differenti discipline applicative. Essa si basa sulla misura, a determinate lunghezze d'onda e bande spettrali, dell'energia elettromagnetica che arriva ai sensori degli strumenti d'osservazione come risultato dell'interazione tra l'energia che incide sull'oggetto osservato e l'oggetto stesso. Informazioni e misure di grandezze e parametri fisici diversi si ottengono in funzione sia delle bande spettrali nelle quali si manifesta l'energia incidente che di quelle nelle quali un sensore misura la parte di quest'energia che a seguito dell'interazione arriva dall'oggetto osservato (Fig. 1).

Nell'arco dello spettro elettromagnetico, dalle lunghezze d'onda  $\lambda$  più corte (raggi  $\gamma$ , raggi  $x$ ) alle più lunghe (radio, TV) due settori sono particolarmente utili al telerilevamento: le onde così dette ottiche e le microonde (Fig. 2). Tra le ottiche si definiscono, per  $\lambda$  crescenti, le bande spettrali dell'ultravioletto (UV), del visibile (VIS) nei vari colori dell'arcobaleno dal violetto al rosso, dell'infrarosso (IR), a sua volta classificato in infrarosso vicino, medio e lontano.

La banda del visibile è così chiamata perché è quella nella quale è sensibile l'occhio umano. Esso misura la "riflettività" degli oggetti osservati, cioè la loro capacità di riflettere la luce solare o la luce di una sorgente che emette nelle lunghezze d'onda della luce visibile: un oggetto appare "verde" perché riflette prevalentemente la radiazione corrispondente alla lunghezza d'onda del colore verde. Un corpo nero assorbe tutti i "colori" (ovvero non riflette nulla), mentre uno bianco li riflette tutti. Di notte, in assenza di altra fonte luminosa operante nella banda del Visibile (torcia elettrica), l'occhio non può ottenere alcuna informazione. Da notare che, in presenza di nubi, i sensori ottici a bordo di un satellite o di un aereo che vola al di sopra delle nubi osserveranno solo la superficie superiore delle nubi stesse e non potranno vedere la superficie terrestre, perché le nubi sono opache alla radiazione nella banda del Visibile.

Nell'infrarosso medio esiste una banda spettrale molto importante, nella quale si manifesta l'emissione termica degli oggetti osservati, dovuta alla loro temperatura (legge di Planck). Tenendo conto delle temperature medie sulla Terra, dal freddo gelido della cima delle nubi più alte (-60/-70° C) al caldo rovente della sabbia asciutta del deserto nelle ore più calde (+60/+70° C ed oltre), si desume che la Terra irradia verso lo spazio il massimo di energia termica nella banda dell'Infrarosso Termico (TIR), utilissima dunque per misurare la temperatura superficiale degli oggetti osservati. Inoltre, l'emissione termica, pur nella sua variabilità, è continua sia di giorno sia di notte; pertanto le misure di temperatura non subiscono interruzioni durante la notte, consentendo di seguire con continuità l'evoluzione dei fenomeni. Anche nell'Infrarosso Termico la presenza di nubi impedisce ai sensori dei satelliti di osservare la superficie.

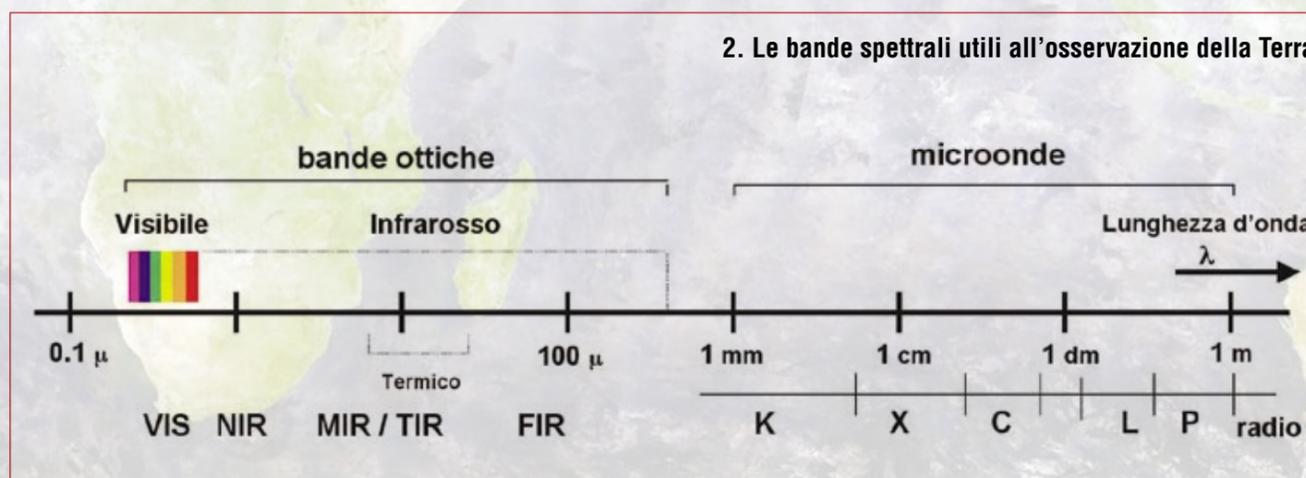
La terza zona spettrale di grande interesse è la banda delle Microonde (MW), perché a queste lunghezze d'onda le nubi e la pioggia sono trasparenti, e quindi con qualunque condizione di tempo meteorologico si può sempre vedere la superficie terrestre! Inoltre, in questa banda spettrale operano i *radar*, cioè strumenti attivi che generano essi stessi gli impulsi che "illuminano" gli oggetti da osservare e quindi operano indipendentemente dalla luce solare, giorno e notte. L'interazione degli impulsi a microonde con la superficie degli oggetti dà informazioni su altri parametri fisici, quali lo stato e l'umidità della loro superficie ed il materiale di cui sono fatti.

È dunque evidente come l'utilizzo delle diverse bande spettrali fornisca informazioni preziose su diversi aspetti e parametri fisici degli oggetti osservati. Come si vedrà nelle applicazioni, la vera forza del telerilevamento come strumento di conoscenza deriva proprio dall'uso complementare delle bande spettrali e dall'integrazione dell'informazione dallo spazio con le osservazioni e le misure effettuate sul terreno e dall'aereo.

### 1. Il segnale telerilevato



### 2. Le bande spettrali utili all'osservazione della Terra



L'immagine del mondo, presentata in questo numero, è stata realizzata sotto forma di mosaico, costruito integrando i dati acquisiti durante il mese di marzo del 2003 dallo spettrometro MERIS, imbarcato sul satellite Envisat dell'ESA.

Per la sua costruzione è stata utilizzata la proiezione Plate-Carrée, che essendo di tipo cilindrico, presenta una serie di caratteristiche, la più evidente delle quali è la lunghezza eguale di tutti i paralleli. Di conseguenza, le aree appaiono deformate, in particolare nelle zone polari e subpolari.

L'immagine è visualizzata in "falso colore", anche se le tinte rimangono abbastanza vicine alla realtà; ad esempio, la neve appare di colore bianco, la foresta tropicale ha tonalità verdi, molte aree desertiche appaiono di un ocra chiaro. Come si vedrà in seguito, le immagini in falsi colori sono particolarmente utili nelle molteplici applicazioni tematiche.

La successione dei passaggi orbitali da Est verso Ovest (cfr. prossimo numero) s'intuisce dalle striature verticali leggermente oblique che appaiono sullo sfondo degli oceani.

Quest'immagine dimostra la formidabile capacità dei satelliti di fornire l'osservazione sinottica e sistematica del globo terracqueo, con una precisione e risoluzione elevate che si evidenziano chiaramente quando si passa ai dettagli locali, come si vedrà in seguito.