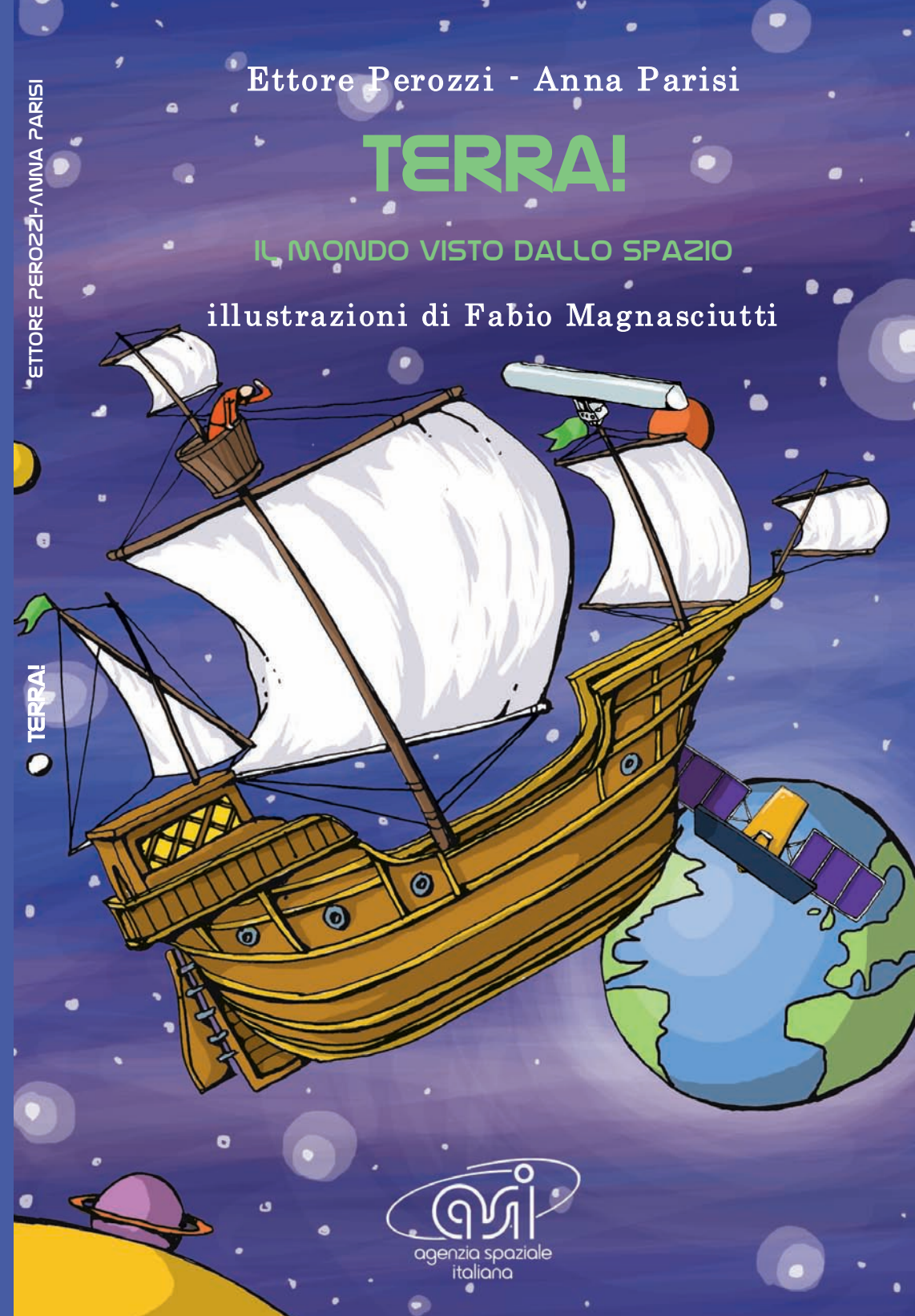


Grazie a tutte le persone che ci hanno fornito preziose informazioni e immagini sull'osservazione della Terra. In particolare Arnaldo Capuzi, Alessandro Coletta e Rodolfo Guzzi dell'Agenzia Spaziale Italiana, Roberto Leonardi del Ministero della Difesa, Ruggero Casacchia del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Maria Grazia Ciminelli, Carlo Coretti, Roberto Liggi e Luca Pietranera della Telespazio.



Perché lanciamo tanti satelliti artificiali per osservare quello che succede sul nostro pianeta? Come fanno quei satelliti a vedere da lontano quello che sfugge ai nostri occhi, proteggendoci da disastri naturali come le frane, le eruzioni vulcaniche, gli incendi e le inondazioni? Davvero possono vedere anche al buio e attraverso le nuvole? Le risposte a queste domande ti avvicineranno all'osservazione della Terra, una scienza giovane, nata in piena era spaziale e che ha ormai esteso il suo campo di intervento dall'agricoltura all'archeologia, dal controllo dell'inquinamento ambientale agli studi sui cambiamenti climatici globali. L'Agenzia Spaziale Italiana con la missione COSMO-SkyMed ha portato l'Italia all'avanguardia nell'osservazione della Terra dallo spazio e il futuro vede il nostro Paese sempre in primo piano grazie alla partecipazione al programma Europeo GMES (Global Monitoring for Environment and Security), che ispira visioni fantascientifiche di un'umanità impegnata a comprendere e salvaguardare il pianeta in cui vive con l'aiuto dei satelliti artificiali: le "sentinelle" della Terra.

A cura di Giuseppina Pulcrano e Germana Galoforo
Diffusione della Cultura Aerospaziale
ASI - Agenzia Spaziale Italiana
formazione.esterna@asi.it



Nata nel 1988, l'Agenzia Spaziale Italiana ha fatto dell'Italia un Paese leader nel settore aerospaziale. Terzo paese al mondo dopo USA e URSS a mettere in orbita un satellite, l'Italia è impegnata in modo più che significativo sul fronte dei più importanti programmi spaziali mondiali. E, insieme a Francia e Germania il maggiore finanziatore dell'Agenzia Spaziale Europea.

In stretta cooperazione con la NASA e nell'ambito dell'Agenzia Spaziale Europea, l'ASI contribuisce in misura rilevante alla realizzazione della Stazione Spaziale Internazionale e ai programmi internazionali di esplorazione del Sistema Solare. È, inoltre, attiva nello sviluppo dei lanciatori, nel settore delle telecomunicazioni e della navigazione satellitare e nell'osservazione della Terra.



Ettore Perozzi - Anna Parisi
illustrazioni di Fabio Magnasciutti

TERRA!

IL MONDO VISTO DALLO SPAZIO

© 2008 Agenzia Spaziale Italiana
Tutti i diritti riservati, riproduzione vietata

A cura di Giuseppina Pulcrano e Germana Galoforo

Progetto grafico e impaginazione:
Massimiliano Navarra

Finito di stampare nel mese di settembre 2008

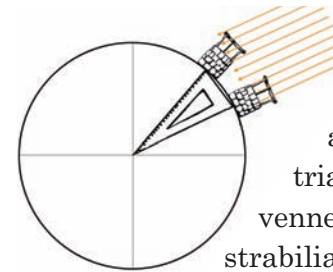


INIZIAMO DALL'INIZIO

Già gli antichi greci avevano scoperto che la Terra è tonda. Se ne erano accorti osservando una nave che si allontanava all'orizzonte e notando che scompariva prima lo scafo e poi piano, piano la vela. Questo accade solo se la nave si sta muovendo su una palla.

Se non fosse così, infatti, diventerebbe sempre più piccola fino a scomparire, tutta insieme però, non prima la parte di sotto e poi quella di sopra.

Ma i greci avevano fatto anche di più. Per esempio l'astronomo Eratostene di Cirene, più di duemila anni fa, era riuscito a misurare la circonferenza della Terra osservando il Sole che si specchiava nel pozzo della città di Assuan, nel Sud dell'Egitto. Dato che la stessa cosa non accadeva anche dove lui viveva, ad Alessandria, fece un po' di conti con i



triangoli e se ne venne fuori con la strabiliante cifra di 39.375 chilometri! Un numero molto vicino alla misura attuale (circa 40.075 km all'equatore).

Cristoforo Colombo invece credeva che la Terra fosse sì tonda, ma molto più piccola e se non fosse andato a sbattere contro l'America sarebbe ancora lì a girare in tondo.





Tutto questo accadeva perché siamo costretti a guardare la Terra... con i piedi ben piantati per terra!

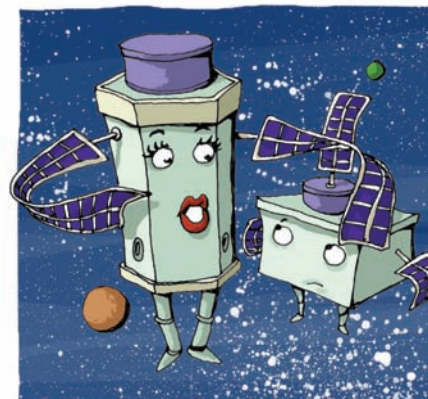
Solo con l'avvento dell'era spaziale e dei satelliti artificiali siamo riusciti finalmente ad allontanarci dalla superficie terrestre e a fotografare il nostro pianeta da lontano.

Si è capito subito che guardare la Terra dallo spazio aveva un sacco di vantaggi. Si potevano studiare i movimenti delle nuvole per fare le previsioni meteorologiche, oppure curiosare in ogni angolo del mondo senza spostarsi di un metro dalla propria stanza. Insomma si poteva osservare il nostro pianeta dal cielo e, una volta cominciato, non abbiamo più smesso.

Oggi di satelliti dedicati all'osservazione della Terra se ne contano un centinaio.

Perché ne servono così tanti?

Con l'aiuto dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) che è l'ente che in Italia si occupa di spazio, cercheremo di capire l'importanza dell'osservazione della Terra, soprattutto ora che il nostro Paese può contare su COSMO-SkyMed una costellazione di satelliti interamente "made in Italy".



GUARDARE E NON TOCCARE

“Guardare e non toccare è una cosa da imparare!” ripetono sempre le mamme e i papà quando non vogliono che combini guai. I satelliti per l'osservazione della Terra hanno imparato così bene a

guardare la Terra da lontano, quindi senza toccare, che sono ormai in grado di distinguere non solo la forma o il colore di quello che osservano ma anche altre proprietà importanti, come la composizione, la consistenza, la temperatura. Il trucco è aver capito che la luce riflessa da un oggetto, che sia un vaso o un campo di barbabietole, contiene molte più informazioni di quello che si potrebbe pensare.



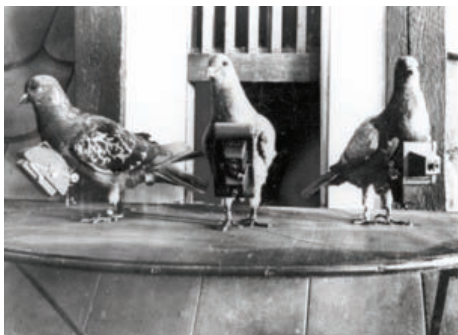
L'osservazione della Terra si basa su questo.

Tiro al piccione

Le attività di “spionaggio” dall'alto sono iniziate molto prima dell'era spaziale, quando qualcuno aveva avuto l'idea di



mettere insieme due grandi invenzioni: l'aeroplano e la fotografia. Come spesso accade, le prime applicazioni erano belliche, allo scopo di conoscere la disposi-

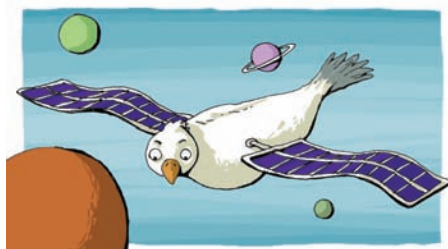


zione e gli spostamenti degli eserciti. Dato che sorvolare le linee nemiche era pericoloso, si pensò ad “automatizzare” i voli di ricognizione. A farne le spese furono i poveri piccioni viaggiatori, che nel loro nuovo ruolo tecno-

logicamente avanzato, non portavano più messaggi cartacei ma venivano spediti in missione con una macchinetta fotografica appesa al collo! Da un piccione a un satellite il passo è più breve di quello che sembra, perché lo scopo è lo stesso: scegliere il posto da cui si gode il panorama migliore.

Click!

Prima però bisognava risolvere un problema. Un satellite vola nello spazio, a centinaia di chilometri di quota, molto più in alto di un piccione o di un aereo: non lo si può mica far tornare giù quando ci pare a consegnarci le foto che ha scattato! In passato ci si era inventati il seguente sistema: quando la macchina fotografica a bordo del satellite finiva il



“rullino”, lo si chiudeva ermeticamente in una piccola capsula che veniva poi fatta cadere sulla Terra... e acchiappata al volo con una mega rete!

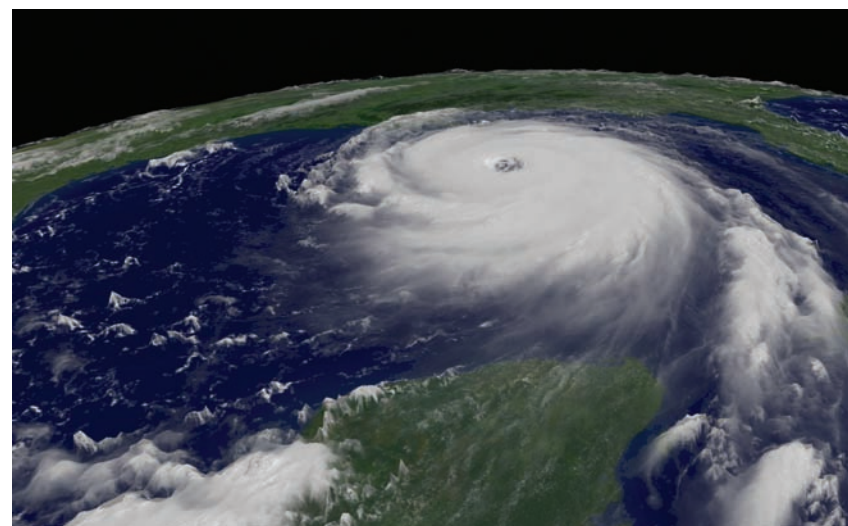
Oggi invece è tutto molto più semplice, anche se forse meno divertente: le immagini vengono trasmesse via radio, come la televisione, e basta un’antenna parabolica per mantenersi in contatto con il satellite.

Meteo... sat

Il primo contributo “pacifico” dell’osservazione della Terra è legato alle previsioni meteorologiche. Guardare dall’alto l’evolversi delle formazioni nuvolose ha portato molti benefici. La scienza ha avuto preziosi dati da studiare per comprendere la circolazione atmosferica e la formazione delle nubi. Le previsioni meteorologiche si sono fatte più accurate e questo ha migliorato la sicurezza della navigazione marittima e aerea.

Nel caso di eventi catastrofici come l’arrivo dei grandi uragani poi, l’aiuto delle immagini da satellite è indispensabile per capire in anticipo quali saranno le zone più interessate e avvertire in tempo la popolazione.

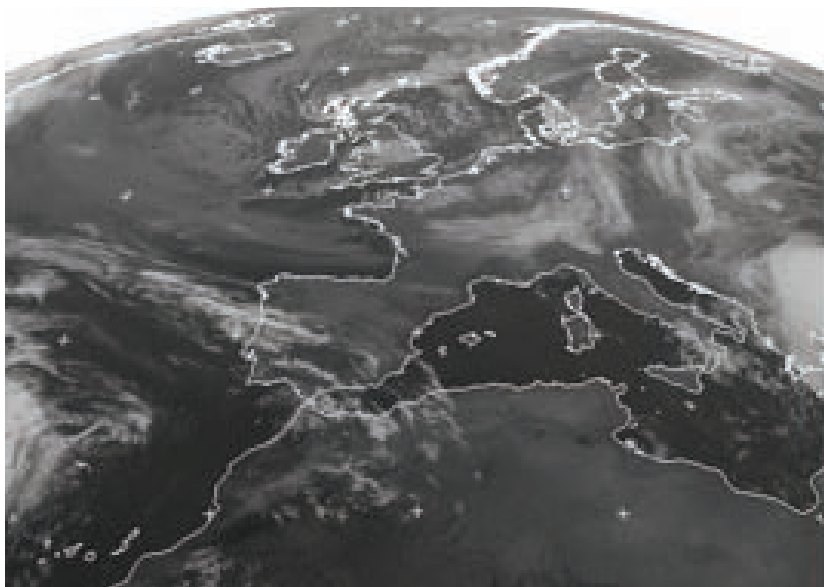
Oggi ci sono canali televisivi e siti internet dedicati interamente alle previsioni meteo.



L’uragano Katrina. Immagine NOAA / NASA 2005

L'Europa ha una rete tutta sua di satelliti meteorologici: EUMETSAT. Sul sito <http://www.eumetsat.int> puoi vedere in ogni momento la situazione sopra casa tua e fare le tue personali previsioni del tempo!

Una miopia spaziale



In questa immagine sono stati aggiunti i contorni delle coste per vedere meglio gli spostamenti delle nuvole. © 2008 Eumetsat

La fotografia dell'Europa e dell'Africa settentrionale che vedi qui ha una scala molto grande, perché è stata scattata da un satellite in orbita a circa 36.000 chilometri da terra. Se da un lato questo permette di avere una visione d'insieme di una bella fetta di mondo, ha però lo svantaggio che non si



può scendere troppo nei dettagli. Se tenti cioè di ingrandire un'immagine di questo tipo, a un certo punto si sgrana.

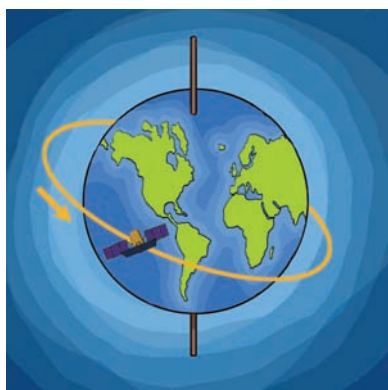
Attualmente da quella distanza non si può distinguere nulla che abbia dimensioni inferiori al chilometro - come dire che puoi vedere dov'è la tua città ma non la tua casa. Questo è quello che i tecnici e gli scienziati che lavorano nel campo dell'osservazione della Terra chiamano "risoluzione al suolo". Per migliorarla si deve scendere su orbite più basse ma, dato che ciò significa aumentare la velocità con cui il satellite gira attorno al nostro pianeta (altrimenti cadrebbe per colpa della gravitazione!) e allo stesso tempo diminuire il suo campo di vista (cioè la porzione della superficie terrestre che vede scorrere sotto di sé), ecco un bel problema da risolvere. Non rimane che chiamare in causa una scienza che per millenni si è occupata del moto di stelle e pianeti e applicarla al caso dei satelliti artificiali.



La meccanica è celeste

- *Buongiorno signor Meccanico Celeste, mi hanno detto che lei risolve problemi di orbite: come va con l'osservazione della Terra?*
- *Guarda, è semplicissim...*
- *Ahi! Cominciamo male... vuol dire che non ci capirò niente!*
- *Va bene, va bene: è un po' complicato, ma ce la puoi fare... prendi un pennarello e una mappa del mondo.*
- *Fatto.*

- Immagina che ogni satellite abbia un filo attaccato sotto, talmente lungo da arrivare fino a terra. Mentre il satellite si muove sulla sua orbita l'estremità del filo lascerebbe sul terreno una traccia, una specie di scia. Dammi il pennarello.
- *Eccolo.*
- Ora ti disegno la traccia del satellite in figura. La sua forma dipende dall'orbita e se la continui a disegnare man mano che il satellite gira attorno alla Terra riempie comple-



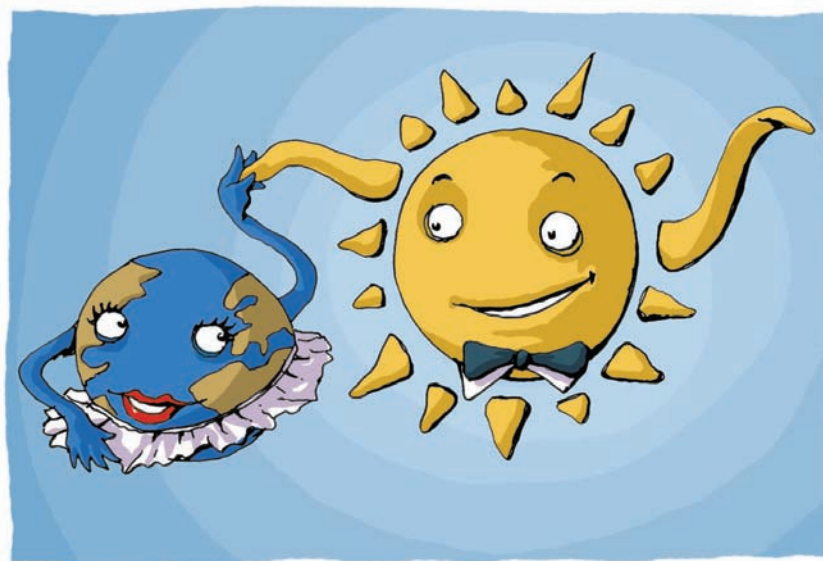
tamente l'intera fascia più scura. Studiando la forma delle "tracce al suolo" abbiamo capito che tra tutte le orbite possibili, ne esistono due particolarmente adatte all'osservazione della Terra: le orbite geostazionarie e quelle polari.

Geoché?

- *Perché usate sempre questi nomi complicati?*
- Quei nomi hanno dei significati ben precisi. Per esempio le orbite geostazionarie si chiamano così perché permettono a

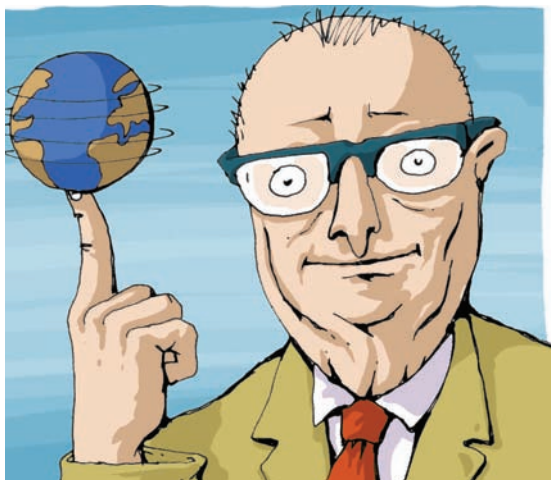
un satellite di "stazionare" sempre sopra un determinato punto sulla Terra.

- *Cioè la sua traccia non si muove?*
- Già. E questo significa che può osservare sempre la stessa zona della superficie terrestre, di giorno come di notte, senza interruzione. Una situazione ideale per fare delle buone previsioni del tempo.
- *Ma come è possibile? Se non si muove dovrebbe caderci in testa.*
- Infatti si muove. A scuola hai imparato che la Terra, oltre a orbitare attorno al Sole, ruota anche su se stessa, vero?
- *Sì. Ci mette 24 ore. È la definizione di giorno solare.*



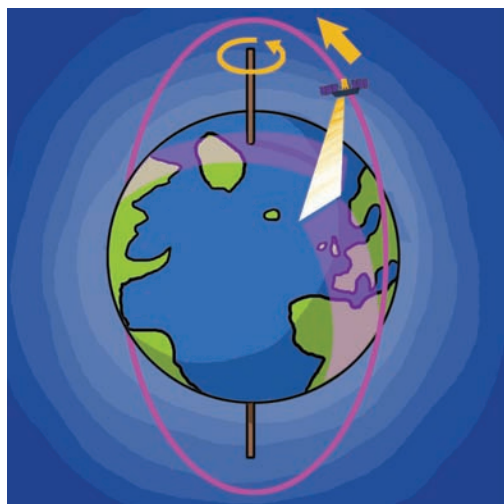
- Allora se un satellite percorre un'orbita attorno alla Terra in 24 ore, gira insieme alla Terra. Quindi se tu potessi vederlo ti sembrerebbe fermo nel cielo. La realtà è che girate insieme.
- *Accidenti, ne sapete una più del diavolo, voi meccanici celesti!*
- Invece questa volta a scoprire l'orbita geostazionaria non è stato uno scienziato ma uno scrittore di fantascienza!
- *Davvero? E come si chiama?*

– Arthur Charles Clarke che tra l'altro ha scritto il libro da cui è stato tratto il film “2001 Odissea nello Spazio”, a cui si sono ispirati tantissimi film di fantascienza, compreso “Guerre Stellari”.



Da un polo all'altro

Proviamo ora a scendere su orbite più basse: la velocità del satellite aumenta man mano che ci avviciniamo alla Terra e a 500 km di altitudine è talmente grande che il satellite impiega appena un'ora e mezzo a fare il giro del mondo, il che significa che fa più di 15 giri al giorno! Se il satellite vola basso il suo “orizzonte” si rimpicciolisce, ma la qualità delle immagini migliora. L'unico rischio è che alcune zone della superficie ter-



restre potrebbero restare sempre escluse dalle osservazioni. Esistono allora orbite basse che permettono di coprire tutta la superficie terrestre? Certo! sono le orbite polari, che portano un satellite a sorvolare le strisce di Terra che vanno da un Polo all'altro, mentre la Terra gira sotto.

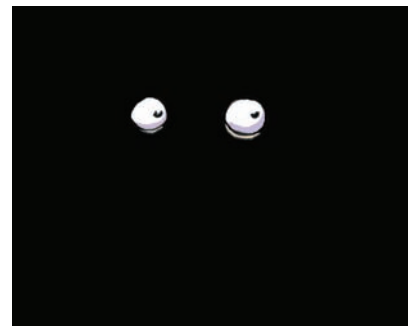
In questo modo la “copertura” della superficie terrestre è completa perché è come se le tracce del satellite dividessero il globo terrestre in tanti spicchi, piccoli a piacere.

Guardare, oh, oh!

Bene, grazie alla meccanica celeste ora sappiamo dove mettere i satelliti per l'osservazione della Terra. Non ci resta che riempirli di macchine fotografiche e il gioco è fatto. Invece è proprio qui che le cose si complicano perché una semplice macchina fotografica, per quanto sofisticata, non basta se uno vuole sfruttare tutte le potenzialità di guardare la Terra dallo spazio. Il motivo ha molto a che fare con l'atto stesso del “guardare”. Cosa accade quando puntiamo i nostri occhi su un oggetto? Da quali informazioni capiamo la sua natura (un vaso, un gatto, un'automobile) e i suoi attributi (il colore, la lucentezza, l'usura)? E soprattutto, chi ci porta quelle informazioni? Insomma, dobbiamo fare un piccolo passo indietro e svelare il meccanismo della visione.

Vedere il visibile

Noi vediamo quello che abbiamo intorno e lo vediamo anche colorato! Raramente però ci chiediamo come ciò sia possibile. Iniziamo allora da tre osservazioni importanti.



Primo: al buio non vediamo niente. Per vedere forme e colori abbiamo bisogno di luce. Senza luce è tutto nero. Per vedere dobbiamo illuminare gli oggetti.

Secondo: se la luce non rimbalza (gli scienziati dicono “viene riflessa”) sull'oggetto che stiamo illuminando, non lo vediamo. Non ci credi? Allora guarda un vetro (pulito, però!). Vedi quello che sta dietro il vetro, ma non lui... sulle porte a



vetri, infatti, ogni tanto qualcuno ci lascia il naso!

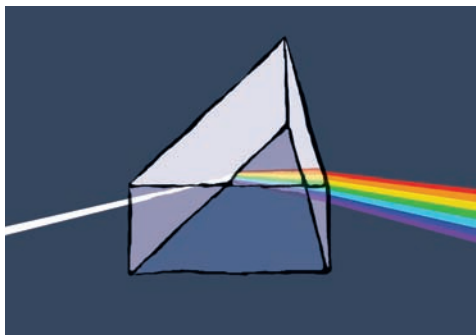
Possiamo quindi concludere che la luce parte da una “sorgente”, rimbalza su un oggetto e poi entra nel nostro occhio. L’occhio passa le informazioni portate dai raggi di luce al cervello e noi “vediamo”.

Terzo: se un oggetto è anche una sorgente di luce, cioè brilla di luce propria come ad esempio una fiamma, una stella o una lampadina, la sua luce raggiunge il nostro occhio direttamente e noi lo vediamo senza bisogno di riflessioni.



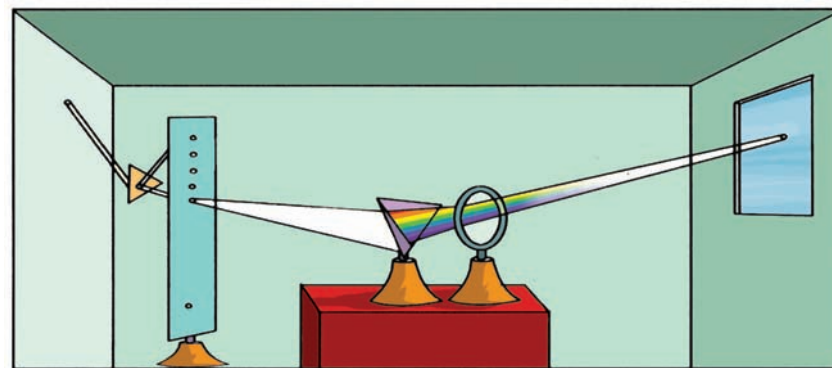
I colori della luce

Tra il 1670 e il 1672 Isaac Newton fece degli esperimenti con la luce, usando un cristallo trasparente a forma di prisma, come vedi in figura.

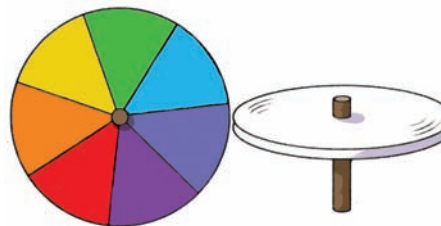


Si accorse che se un raggio di luce passava attraverso il prisma si componeva in tanti raggi diversi che, guarda caso, corrispondevano ai colori dell’arcobaleno.

Si accorse che se un raggio di luce passava attraverso il prisma si componeva in tanti raggi diversi che, guarda caso, corrispondevano ai colori dell’arcobaleno.



Puoi fare anche il contrario: ritaglia un cerchio di un materiale abbastanza rigido, dividilo in 7 spicchi e ricopri ogni spicchio con un colore dell’arcobaleno. Adesso fai passare un bastoncino al centro del disco in modo che sia possibile farlo girare velocemente: vedrai che sembrerà tutto bianco! Questo vuol dire che la luce è composta da raggi di colori diversi che, visti tutti insieme, danno il colore bianco.



Zainetti luminosi

Cerchiamo ora di capire perché il tuo zainetto è rosso. Per vederlo devi illuminarlo.

In genere la luce che ti circonda, e che proviene dal Sole oppure dalle lampadine, è quella che gli scienziati chiamano “luce bianca” perché contiene tutti i colori. Se tutti i raggi colorati rimbalzassero sullo zainetto prima di colpire il tuo occhio, lo vedresti bianco. Il fatto che invece sia rosso vuol dire che il tuo zainetto riflette solo i raggi rossi. E gli altri colori che fine fanno? Vengono “assorbiti” dal materiale con cui è fatto lo zainetto, cioè non rimbalzano, si fermano lì. Sembra un paradosso: una cosa diventa rossa proprio perché “respinge” la luce rossa, che così può arrivare al tuo occhio.

Se un oggetto assorbe tutti i raggi luminosi che lo colpi-



scono, appare nero. Se illumini uno zaino rosso con un fascio di luce blu, ti apparirà grigio scuro, dato che la luce che illumina lo zaino non contiene il rosso, che sarebbe riflesso, ma solo il blu, che viene assorbito. E lo stesso ragionamento vale per gli zainetti gialli, verdi, vio-

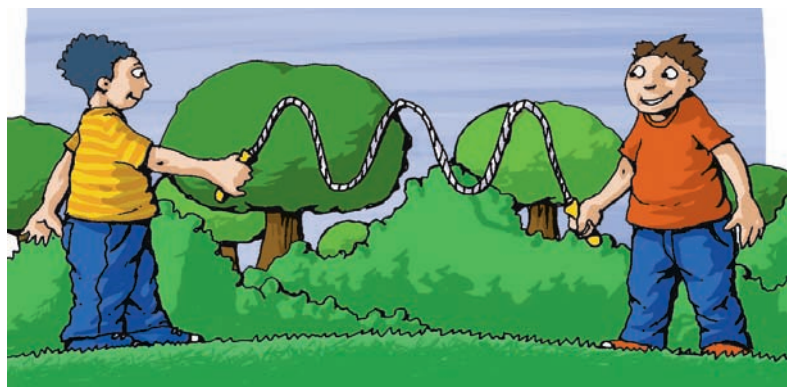
la, eccetera eccetera. Se riesci a procurarti delle lampadine colorate, prova a sostituirle a quelle “normali” che illuminano la tua stanza e vedrai come tutto cambia colore!

Onde di luce

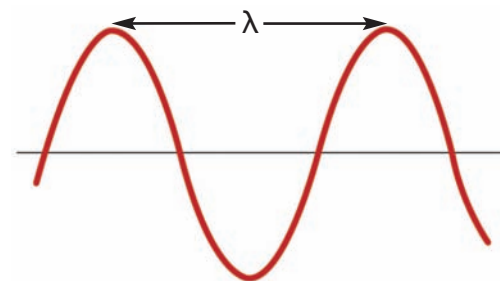
Ma torniamo ancora un po' indietro nel tempo. Verso la metà del 1800 gli scienziati si accorsero che i raggi luminosi sono in realtà onde che viaggiano molto, molto veloci... alla velocità della luce, appunto.

Ma cos'è un'onda? Tu conosci quelle del mare o quelle che si creano quando lanci un sasso in uno stagno.

Per visualizzare un'onda, prendi una corda per saltare: se da un lato la tiene ferma un tuo amico e dall'altro tu la fai oscillare



su e giù, si formeranno delle onde come quelle nel disegno: più piccole se oscilli più velocemente e più grandi se oscilli più lentamente. Per distinguere un'onda dall'altra i fisici misurano la distanza tra due “creste” successive, che chiamano appunto “lunghezza d'onda” e la indicano utilizzando la lettera dell'alfabeto greco λ (si pronuncia “lambda”).



Cervello in technicolor

Il nostro cervello ha un modo molto bello e allegro per distinguere onde luminose di diversa lunghezza: sono i colori!

Un'onda luminosa con $\lambda = 400$ nanometri (cioè con una lunghezza di quattrocento milionesimi di metro...) ai nostri occhi appare color violetto. Man mano che la sua lunghezza d'onda aumenta, un raggio di luce ci apparirà blu, poi celeste, verde, giallo, arancione e infine di colore rosso, raggiungendo al massimo i 700 nm (nanometri).

400 nm

700 nm



La sequenza dei colori dell'arcobaleno segue il crescere progressivo delle lunghezze d'onda della luce.

Le onde di luce sono un po' particolari, ad esempio viaggiano anche nel vuoto (quindi possono viaggiare tra il Sole e la Terra) e sono collegate a fenomeni elettrici e magnetici, per questo gli scienziati le chiamano "onde elettromagnetiche".

Uno spettro si aggira per il mondo

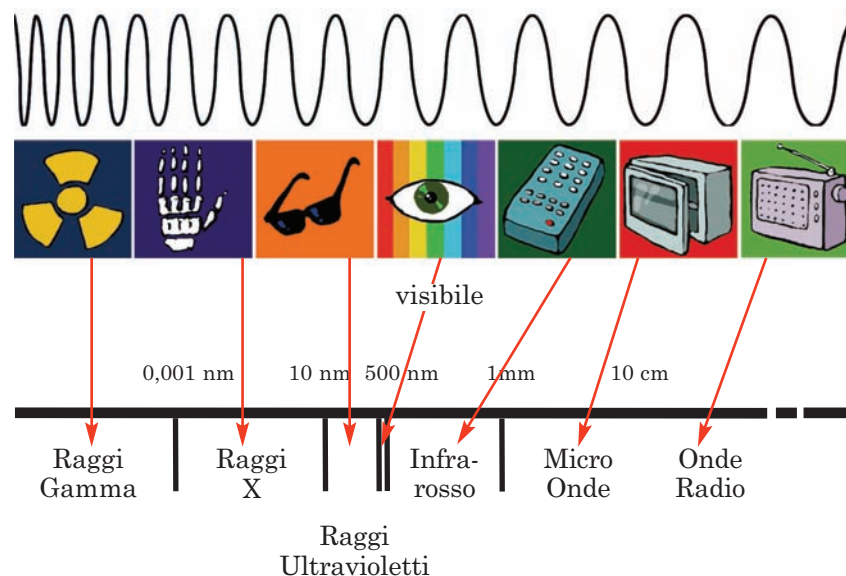
Le onde elettromagnetiche che formano la luce visibile hanno quindi una lunghezza piccolissima. Gli scienziati si sono chiesti se esistessero onde elettromagnetiche più corte del violetto o più lunghe del rosso.

Le hanno trovate, solo che i nostri occhi non le vedono. Perciò hanno costruito degli apparecchi in grado di rilevarle, le hanno studiate e catalogate dandogli dei nomi, molti dei quali avrai sicuramente già sentito: raggi gamma, raggi X, raggi ultravioletti, raggi infrarossi, onde radio. Mettendole in fila in ordine di grandezza otteniamo questa figura che è chiamata "spettro elettromagnetico".

Se avessimo occhi capaci di cogliere tutte le onde elettromagnetiche, vedremmo molte, ma molte più cose (guarda quanto sono poche le onde che noi vediamo rispetto a tutto lo spettro).

Ma se non possono farlo i nostri occhi possono farlo i nostri strumenti. Se poi gli strumenti li montiamo sui nostri satelliti

possiamo guardare la Terra dallo spazio e vedere molte più cose di quante ne vedrebbero i nostri occhi.



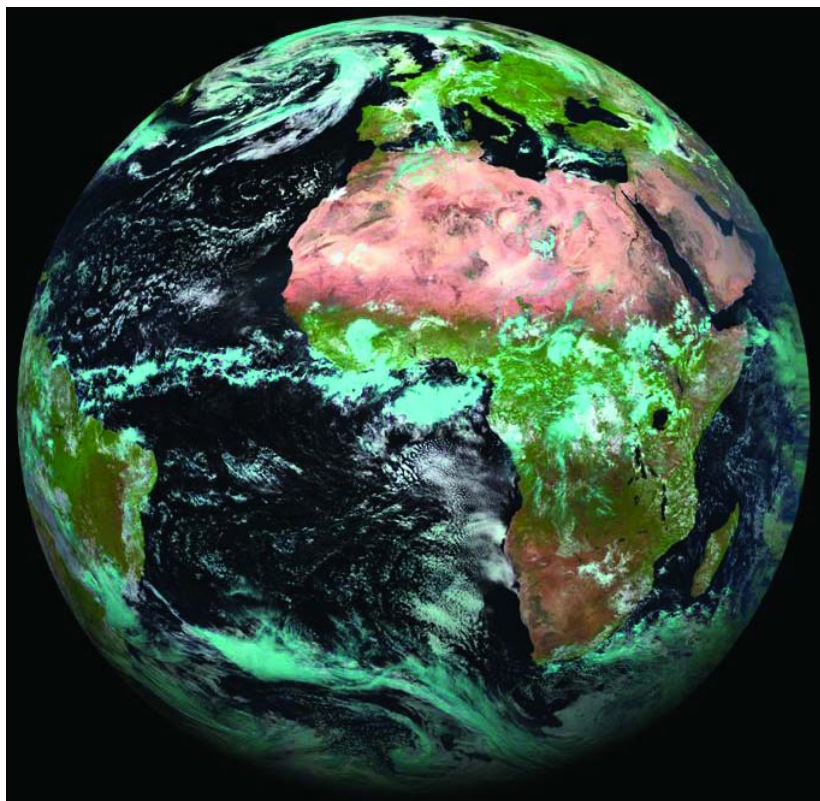
ACQUA, ARIA, TERRA, FUOCO!

Nell'antica Grecia si pensava che tutto fosse composto da 4 elementi che si mischiavano tra loro in diversa misura. Ogni cosa nasceva dalla combinazione di acqua, aria, terra e fuoco.

Per l'osservazione della Terra è un po' la stessa cosa perché dallo spazio guardiamo proprio quello che succede sopra i continenti, sui mari e nell'atmosfera che avvolge il nostro pianeta.

Non manca poi nemmeno il fuoco, dato che gli incendi possono essere avvistati e anche prevenuti, proprio osservando il pianeta dall'alto.

La Terra di terra

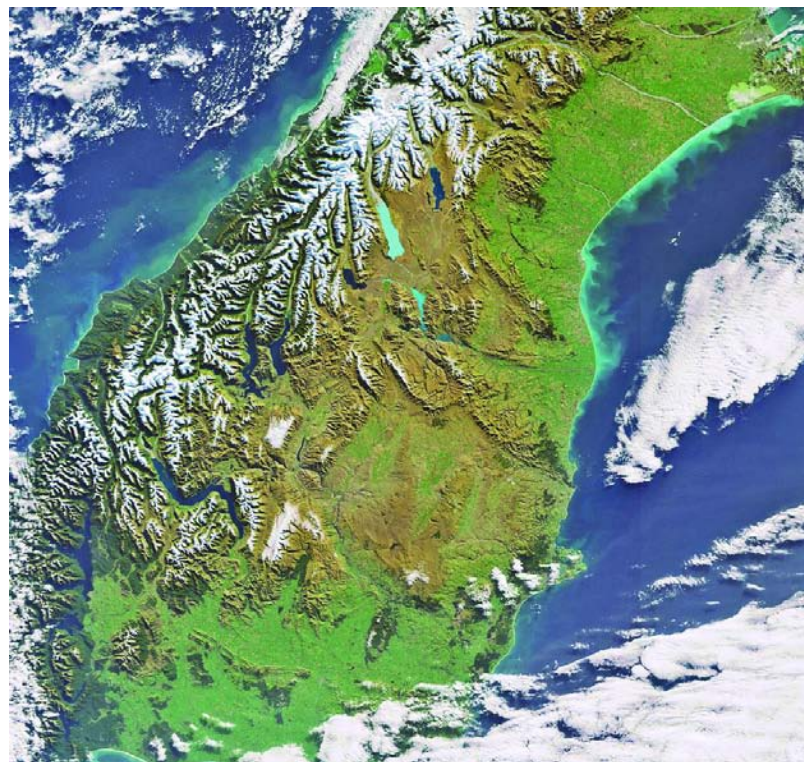


Il globo terrestre visto da lontano. © Eumetsat 2007

La Terra vista dallo spazio è bellissima. Ma a parte questo, cosa siamo riusciti a vedere che non si poteva osservare già “da terra”? Innanzitutto le forme. Per millenni uno dei compiti degli esploratori è stato quello di disegnare le carte geografiche. Ma erano molto imprecise perché, come te, non potevano guardare dall'alto i territori in cui viaggiavano. L'Italia ha la forma di uno stivale, ma tu non lo vedi: lo sai perché l'hai studiato a scuola.

Dall'alto invece, si vede tutto: il globo terrestre intero, l'Italia, l'Europa, l'Africa e così via.

In queste immagini da satellite c'è qualcosa in più dei semplici contorni dei continenti. Si vede quello che la Terra contiene: i deserti, le montagne, i fiumi, i laghi. Ed è un grande vantaggio perché se ci sono dei cambiamenti possiamo vederli.



La Nuova Zelanda. Immagine SeaWiFS/NASA/GSFC

Ad esempio vediamo se le zone desertiche si ingrandiscono, se i laghi si asciugano, se le spiagge vengono ricoperte dal mare. Possiamo sapere quanta neve è caduta in inverno e se si sono staccati dei grandi iceberg ai poli. La Terra non sta mai ferma e i satelliti osservano continuamente la sua evoluzione.

Chi mi conosce mi ama

Le immagini del nostro pianeta che provengono dallo spazio servono a “prenderci cura” della Terra e dei suoi abitanti.

A tale scopo l'ASI e il Dipartimento della Protezione Civile, che affronta i problemi dovuti a pericoli naturali o ambientali, hanno firmato un accordo che consente di utilizzare i satelliti per prevedere e ridurre al minimo gli effetti dei disastri naturali, come i terremoti, le eruzioni vulcaniche, le inondazioni.

Le informazioni che raccogliamo dallo spazio tramite i satelliti sono quindi molto importanti per migliorare la vita sulla Terra. Ecco un po' di esempi pratici.

Verde Terra

Una delle prime applicazioni dell'osservazione della Terra è stata l'agricoltura. Strano, vero? Per coltivare un campo bisogna stare proprio con i piedi ben piantati per terra! Ma un satellite che ti osserva dall'alto



è come un amico che ti dà buoni consigli. Dallo spazio si possono valutare le caratteristiche dei terreni e capire a quali tipi di coltivazioni sono più adatti. Poi si segue la crescita delle piante “in diretta dallo spazio” e si controlla il loro stato di salute. Sembra fantascienza, eppure è realtà.

Certo, per fare tutto questo non basta un solo satellite né qualche fotografia. Bisogna utilizzare tutto lo spettro elettromagnetico (per esempio le onde radio del radar, di cui ti parleremo nel prossimo capitolo) e un programma di osservazioni continue.

Le impronte degli uomini

Dall'alto si vedono anche le tracce della presenza dell'uomo, come le luci che si accendono quando scende la sera. Guarda questa fotografia scattata di notte: sembra un cielo stellato e invece sono (le luci della città).



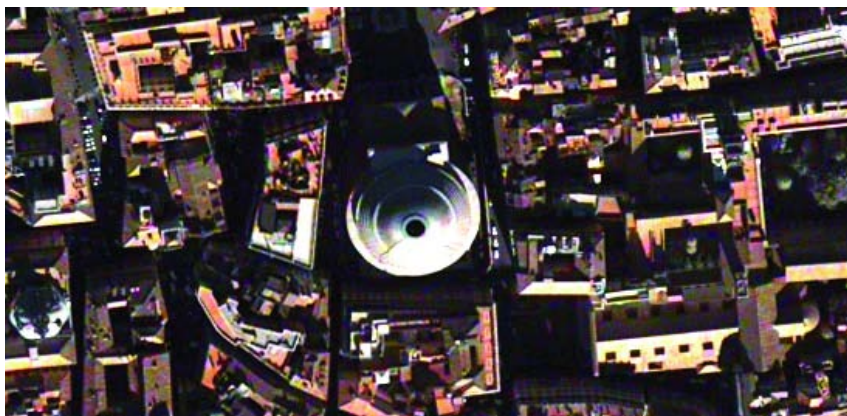
L'Europa di notte. Immagine NASA/Visible Earth

Di giorno si possono distinguere anche le strade e le case: ecco una foto di Venezia, con le barche in giro per i canali.



Venezia: le tracce bianche nei canali sono le scie delle imbarcazioni. © Ikonos/Spaceimaging

Guarda quest'altra foto. È un ingrandimento del centro di Roma. Indovina qual è l'edificio tondo col buco al centro? Prenditi il tempo che ti serve e poi leggi la risposta nella pagina accanto.



Al centro di Roma. © 2007 Quickbird/Digitalglobe.

È il Pantheon! Un tempio a cupola costruito nei primi anni dell'impero romano con una tecnica speciale: piano piano che si saliva, venivano usati materiali sempre più leggeri fino... al più leggero di tutti, cioè il buco!

L'unico inconveniente è che quando fa brutto tempo... ci piove dentro!

Osservare le nostre costruzioni dall'alto è importante soprattutto per vedere come cambiano nel tempo. Per esempio, fotografare continuamente da satellite serve a controllare che non avvengano abusi edilizi, cioè che non vengano costruite o modificate case senza un regolare permesso. Questo sia per non rovinare il territorio, che è un bene di tutti, sia per non mettere a rischio le persone se gli abusi vengono fatti in zone non adatte alle costruzioni.



Franaaaaaaa....

Dallo spazio si possono addirittura misurare gli impercettibili spostamenti dei palazzi dovuti ai lenti sprofondamenti del terreno su cui sono stati costruiti. Succede soprattutto nelle zone vulcaniche, come a Napoli. Così riusciamo a capire se ci sono edifici a rischio di crolli e intervenire prima che accadano guai.

Quindi anche nel caso delle frane o comunque di quei terreni che per vari motivi (per esempio a causa di infiltrazioni di acqua) tendono a muoversi, i dati da satellite sono di estrema importanza. L'Agenzia Spaziale Italiana ha un progetto speciale dedicato proprio alle frane. I terreni interessati vengono

sorvegliati continuamente dai satelliti e i dati raccolti sono utilizzati per costruire modelli che ci aiutano a capire come e quando avverranno nuovi movimenti.

Modellare i modelli

Esistono programmi per computer, chiamati modelli di simulazione, che cercano di riprodurre la realtà nel modo migliore possibile. Un modello non è molto diverso da un videogioco, anche se non simula gare automobilistiche o partite di calcio ma la natura in azione.

Ad esempio, i modelli meteorologici simulano la formazione e i movimenti delle nuvole e possono così indicare se domani farà bello o piovgerà. Questi programmi, però, prima di risultare veramente affidabili, devono essere provati e riprovati, corretti e ricorretti, ma soprattutto confrontati con la realtà che ci viene mostrata continuamente dai satelliti artificiali.

Se ormai le previsioni meteo per i prossimi giorni “ci azzeccano” quasi sempre, è perché questo lavoro si fa da decenni,

mentre in altri campi, tipo appunto le frane, si sta iniziando solo adesso perché prima non si poteva contare sulle osservazioni da satellite.

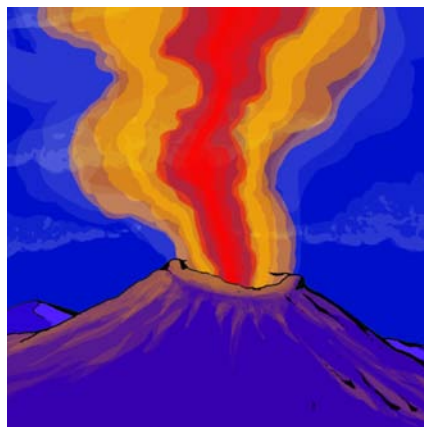
La terra trema

Anche i vulcani sono dei “sorvegliati speciali” (in Italia ce ne sono due attivi: l'Etna e

lo Stromboli, e due che dormono, ma non si sa ancora per quanto: il Vesuvio e Vulcano), così come un altro fenomeno che interessa il nostro Paese: i terremoti.

Per saperne qualcosa di più, facciamo due chiacchiere con Mister O.T. che si occupa dei programmi di osservazione della Terra dell'Agenzia Spaziale Italiana.

- Noi dell'ASI abbiamo stipulato un accordo con il Dipartimento della Protezione Civile per fornire loro tutti i dati che ci inviano i satelliti e che possono aiutarli in caso di emergenze...
- *Riuscite a capire quando sta per arrivare un terremoto?*
- Molti scienziati sono alla ricerca di segni premonitori dei terremoti.
- *Ancora non li hanno trovati?*
- No, questa è una delle sfide più difficili. Basterebbe anche un preavviso minimo per ridurre i danni. Quando la terra trema il pericolo non viene solo dalle case che crollano ma anche dalle fughe di gas e dagli incendi innescati dai cortocircuiti nelle reti elettriche danneggiate. Sapere che sta arrivando un terremoto anche poco prima ci basterebbe per chiudere il gas e togliere l'elettricità alle zone che stanno per essere colpite.
- *Quindi i satelliti non servono in caso di terremoto?*
- Altroché: sono indispensabili per organizzare i soccorsi. Guardando le immagini che noi gli forniamo, la Protezione Civile può valutare l'entità dei danni, sapere dove si sono



verificati e quali sono le strade libere per arrivare nelle zone che più ne hanno bisogno.

- *Hai ragione, è un bell'aiuto..*
- E non solo per noi. Pensa che il governo cinese ha chiesto



Guan Xian. Immagine COSMO-SkyMed © ASI 2008

all'ASI le immagini della città di Guan Xian colpita dal terremoto del 12 maggio 2008.

- *Veramente? E l'ASI le ha mandate?*
- Certo. Col satellite abbiamo visto che i ponti della città non erano crollati. Siamo riusciti a ricevere quelle immagini, a processarle e a inviarle in Cina in solo 2 giorni.
- *Processarle? Che vuol dire?*
- I nostri satelliti trasmettono le loro osservazioni alla Base ASI di Matera. Qui, oltre alle antenne che catturano i segnali, c'è un vero e proprio centro di elaborazione dati. Le immagini, infatti, arrivano in formato digitale, cioè sono composte da tanti 0 e 1 messi in fila e devono quindi essere analizzati da computer appositamente programmati per trasformare questi numeri in immagini.
- *Anche le foto digi-*

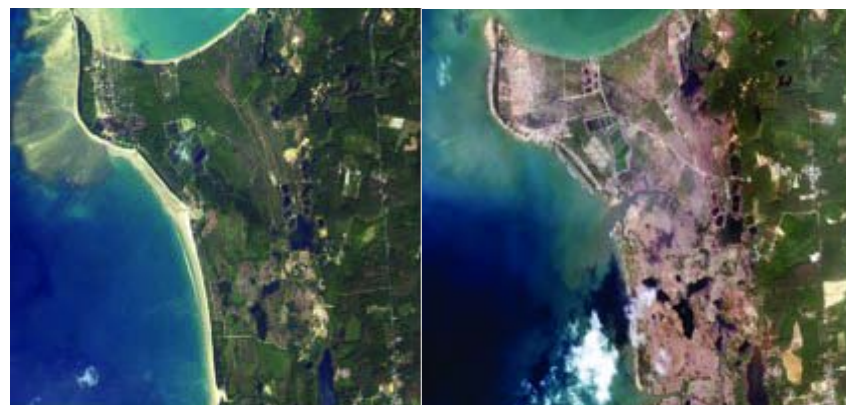


tali del mio telefonino sono file di 0 e 1?

- Sì. I computer fanno i conti solo con zeri e “uni” e li trasformano in tantissime altre cose, dalle foto, ai film, alle musiche!

La Terra di acqua

- *E gli tsunami riuscite a vederli?*
- Uno tsunami è formato da onde gigantesche che mentre viaggiano in mare si possono vedere anche dallo spazio. Il 26 dicembre 2004 uno tsunami si è abbattuto sulle coste della Thailandia. Guarda l'immagine da satellite prima e dopo il disastro. Puoi farti un'idea di quello che è successo.



Costa della Thailandia prima e dopo lo tsunami.
© Ikonos/Spaceimaging

- *Si è riusciti ad avvertire la popolazione prima che l'onda inondasse la terra?*
- Sai, non basta che qualcuno veda un pericolo, serve anche che qualcun altro sappia esattamente cosa fare per ridurre i danni. E sappia farlo in fretta e bene. Ci vuole cioè una collaborazione strettissima tra tanti Paesi e organizzazioni diversi e questo non è facile.
- *Giusto. Ma per noi in Italia c'è il rischio di tsunami?*
- Sì, anche in Italia ci sono i maremoti. Però l'acqua può provocare anche altri danni, come le inondazioni o le alluvioni.

- *E queste sono frequenti da noi?*
- Abbastanza e comunque dobbiamo tenerle sotto controllo, abbiamo molti fiumi sul nostro territorio e non è raro che qualcuno esca dagli argini.
- *Non è che piova proprio tantissimo in Italia...*
- In alcuni periodi le piogge sono molto abbondanti, ma il pericolo dipende non solo dalla quantità di acqua che cade, anche dalla struttura del terreno su cui cade: quanta acqua riuscirà ad assorbire?
- *Come si fa a capire quando le piogge diventano pericolose?*
- Si usano insieme modelli per la previsione delle piogge e modelli che riproducono il comportamento dei terreni quando si bagnano. I satelliti ci forniscono sia i dati per le previsioni del tempo sia quelli del terreno. Si mette tutto insieme e si cerca di prevedere cosa accadrà.
- *Una cosa bella complicata!*
- Per questo l'ASI ha un progetto speciale dedicato al rischio alluvioni. Però ci sono anche cose, sempre molto utili, ma un poco più facili.
- *Tipo?*



Un mare nero

- Guardiamo le chiazze di olio in mare dovute a incidenti delle petroliere.
- *E a che serve guardarle?*
- A ripulire il mare. Infatti solo dall'alto possiamo vedere dove sono, quanto sono grandi e in che direzione le sta portando la

corrente. Così possiamo guidare molto meglio l'opera delle navi che cercano di limitare i danni.

- *Un grande aiuto contro l'inquinamento.*
- Certo, ma sarebbe meglio prevenire: è più facile, costa meno e i risultati sono decisamente migliori.
- *Giusto, ma come si può prevedere un incidente di una petroliera?*
- A parte scegliere rotte più sicure, servirebbe la sfera di cristallo! Ma in molti altri casi le osservazioni della Terra aiutano veramente a prevenire disastri. Per capire come, devi però prendere ancora un po' di confidenza con le onde elettromagnetiche e i messaggi che ci portano.

Mosca cieca

Quando si è cominciato a osservare la Terra dallo spazio, ci si è accorti che molte cose interessanti si vedevano, ma molte altre no. O meglio: più si vedeva, più si voleva vedere. Ad esempio guardare i movimenti delle nuvole è utile perché si capisce che tempo farà... ma forse sarebbe



interessante poter vedere anche sotto o dentro le nuvole. E poi guardare di giorno è facile... ma magari qualcosa di interessante accade anche la notte.

Insomma, se l'appetito vien mangiando... la voglia di vedere vien guardando!

Per allargare la nostra visuale dobbiamo usare tutte le onde elettromagnetiche che abbiamo a disposizione, non solo quelle visibili, e capire anche bene come e da chi vengono emesse, assorbite o riflesse.

La catena alimentare

Vediamo allora un esempio di come possiamo usare le informazioni che ci arrivano dalle onde elettromagnetiche.

C'è una sostanza, che si chiama clorofilla, che si trova nelle foglie degli alberi e le colora di verde. La

clorofilla assorbe soprattutto i colori blu e rosso, che sono ai due estremi dello spettro visibile che ti abbiamo mostrato prima. Così ai nostri occhi arrivano solo i colori al centro, cioè il verde e il giallo. La clorofilla è importantissima per le piante, ma anche per l'equilibrio della fauna marina. Infatti i pesci piccoli si nutrono di minuscole alghe ricche di clorofilla e, se le alghe sono molte, saranno anche molti i pesci piccoli che vanno a mangiarle. Se ci sono molti pesci piccoli, ci saranno anche molti pesci medi che si mangiano i pesci piccoli e quindi anche



molti pesci grandi che mangiano i pesci medi. Ma se le alghe sono troppe, allora l'equilibrio si rompe. Le alghe consumano troppo ossigeno e i pesci piccoli muoiono soffocati o scappano. L'acqua non è più vivibile né per lo-

ro, né per tutti quelli che con loro avevano intenzione di pranzare...

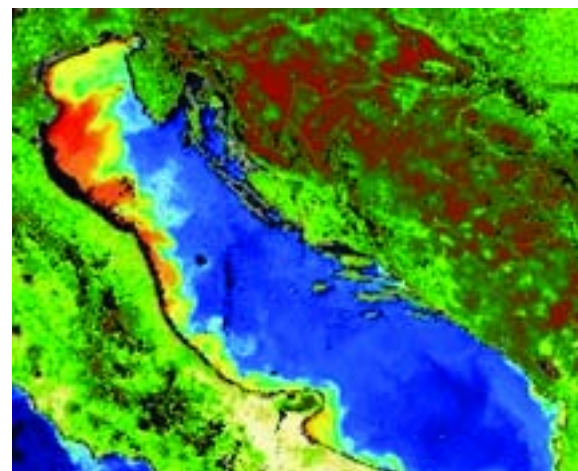
Quando è troppo, è troppo!

Normalmente la clorofilla sciolta nel mare e nei fiumi non si vede perché si confonde con gli altri colori. Ma per fortuna (nostra e dei pesci) i satelliti riescono a vederla benissimo. Come fanno? A bordo hanno degli strumenti che guardano solo delle lunghezze d'onda ben precise e così si concentrano sui colori della clorofilla, cosa che non possono fare i nostri occhi perché ricevono tutta la luce proveniente da un oggetto.

Gli strumenti che raccolgono solo un particolare tipo di luce si chiamano "sensori spettrali" perché sono in grado di "sentire" le onde elettromagnetiche che provengono dalla Terra, proprio come la tua pelle sente il calore della luce del Sole.

È così che abbiamo scoperto che le zone ad alta concentrazione di alghe ricche di clorofilla, quelle pericolose per i pesci, si trovano soprattutto in corrispondenza delle foci dei fiumi le cui acque sono inquinate.

Guarda l'immagine della foce del Po: la clorofilla l'abbiamo



Presenza di alghe ricche di clorofilla nel Mare Adriatico. Immagine NASA/SeaWiFS

colorata di rosso per vederla meglio. Oggi i satelliti misurano dallo spazio le concentrazioni di clorofilla nei mari e negli oceani di tutto il pianeta, perché è un buon indicatore del loro stato di salute.



Spettro delle mie brame

Capisci ora perché lo spettro elettromagnetico è così importante? Ad ogni sua “banda” (che è un modo per indicare una parte dello spettro, grande o piccola che sia) corrispondono dei

fenomeni diversi sulla Terra, che in questo modo possono essere facilmente isolati e osservati a distanza, dallo spazio.

Quando ci si limita a lunghezze d'onda che fanno parte della banda visibile (cioè la parte dello spettro elettromagnetico corrispondente alla luce visibile) tutto è abbastanza chiaro... ma noi vogliamo di più.

Sesti sensi

Possiamo spingerci molto più lontano. Ad esempio i raggi infrarossi non sono visibili al nostro occhio, ma possiamo “vederli” con dei sensori appositi. E dato che, come ti spiegheremo tra poco, l'emissione infrarossa indica il calore di un corpo, ecco come misurare la temperatura “a distanza”, senza bisogno di usare dei termometri. Le onde radio invece ci permettono di passare attraverso le nuvole come se non ci fossero e di guardare quello che succede sulla Terra anche di notte.

Ma come facciamo a vedere l'invisibile?



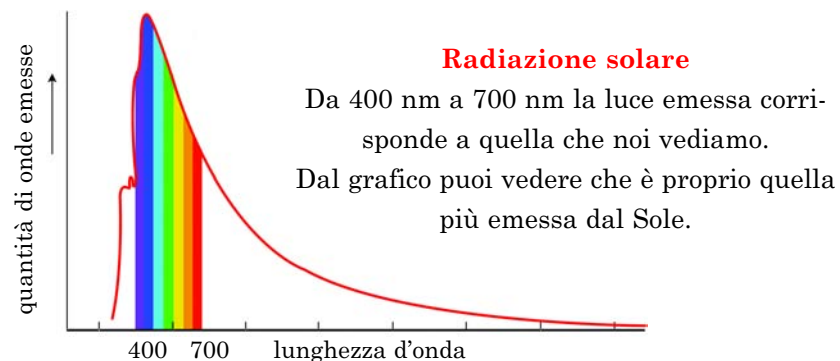
Un posto al Sole

– Certo, bella seccatura vedere solo il “visibile”!

– I nostri occhi e il nostro cervello hanno imparato a distinguere solo le onde della parte visibile dello spettro perché, guarda caso, sono quelle maggiormente emesse dal Sole. Il grafico qui sotto rappresenta



l'intensità della radiazione solare a diverse lunghezze d'onda: vedi che la cima di questa specie di montagna disegnata nel grafico è proprio nella zona della luce visibile? Vuol dire che il Sole emette tante onde proprio di queste lunghezze.



- Perché le onde emesse dal Sole hanno questa lunghezza?
- Tutti i corpi irradiano onde elettromagnetiche, le cui lunghezze dipendono essenzialmente dalla temperatura. Il nostro corpo ad esempio, è a circa 37° C (si legge: 37 gradi centigradi), e quindi emette onde infrarosse. Ma più un corpo è caldo, più vengono emesse anche onde sempre più corte.
- Ecco perché noi non vediamo le onde emesse dai nostri corpi, sono infrarosse!

– Certo, ma se usi i binocoli a infrarossi (forse li hai visti in qualche film), allora vedi gli uomini anche la notte perché vedi i raggi infrarossi che loro emettono.

– *Però scusa, quando abbiamo la febbre la nostra temperatura aumenta, ma mica diventiamo brillanti!*

– Siamo troppo poco più caldi per emettere onde abbastanza corte da essere viste. Ma avrai notato anche te che se scaldi molto un metallo quello diventa incandescente, cioè brilla di luce propria. Il modo giusto di dirlo è che a causa dell'alta temperatura, il metallo inizia a emettere onde anche della lunghezza di quelle visibili.

– *È quello che accade al Sole?*

– Sulla superficie del Sole ci sono circa 6000 °C e a quella temperatura le onde che vengono emesse sono soprattutto nella banda visibile.

– *E la Terra? Emette anche lei onde elettromagnetiche?*

– Certo! Se avessimo occhi sensibili all'infrarosso la vedremo brillare di luce propria!

– *Ma non li abbiamo: come facciamo a ve-*



dere quello che i nostri occhi non sanno vedere?

– Dobbiamo inventarci qualche cosa perché, che ci piaccia o no, tutte le informazioni che provengono dal mondo esterno giungono al nostro cervello solo passando attraverso i nostri 5 sensi: vista, udito, tatto, odorato, gusto. Quindi se costruiamo un apparecchio capace di raccogliere le onde infrarosse, dobbiamo poi trovare il modo per tradurre questa informazione in un'altra che possiamo “sentire”, nel senso di vedere oppure toccare, o odorare... In effetti potrebbe essere divertente tradurre un'onda infrarossa (per esempio quella che ha una lunghezza di un milionesimo di millimetro) nel gusto di cioccolato e riconoscerla dal sapore, ma gli scienziati tendono a essere più pratici e quindi la sostituiscono semplicemente con un'altra onda che sia visibile al nostro occhio. Ed è così che in una foto da satellite l'erba appare rossa!

Erba rossa

– *Ma che dici? Ho visto delle foto da satellite in cui l'erba è verde, assolutamente verde!*



Vegetazione osservata nel visibile e nell'infrarosso.
Immagini Quickbird/Digital Globe elaborate da Telespazio

– Quella foto è fatta nel visibile. Ma guarda quella nell'infrarosso!

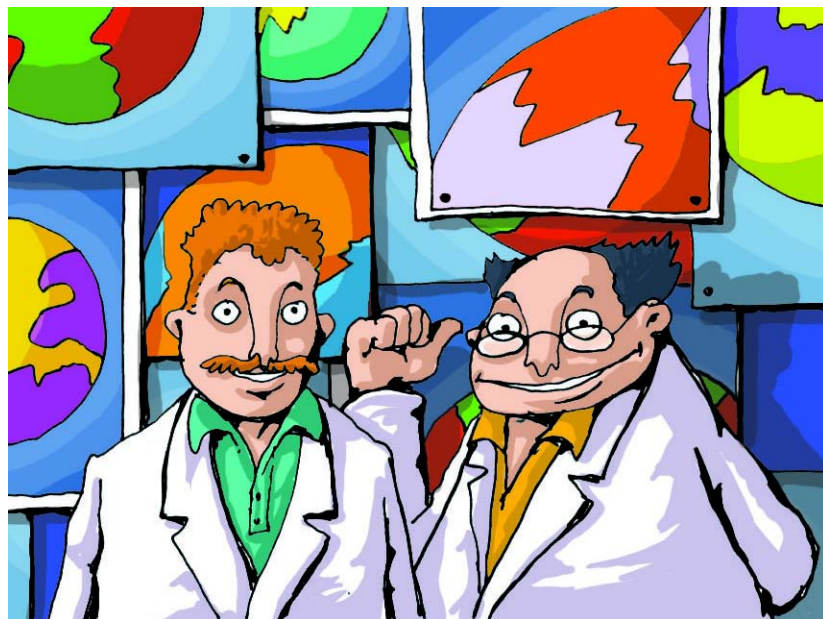
– *L'hai colorata tu!*

- Sì, certo... ma in qualche modo anche la tua è colorata da te, cioè dai tuoi occhi e dal tuo cervello. Non è per fare polemica: quello che ti voglio dire è che le piante riflettono molte più onde infrarosse rispetto a quelle che corrispondono al colore verde. Quindi osservando nell'infrarosso possiamo “vedere” molto meglio la vegetazione e distinguere per esempio i diversi tipi di piante, se sono ammalate o in buona salute, quanto sono secche le loro foglie e così via. Il colore rosso che vedi nella figura serve solo a visualizzare queste informazioni.
- Sarà, ma io avrei continuato a usare il verde...
- Puoi usare il colore che vuoi, il fatto che per l'erba si usi il colore rosso è solo una convenzione, ma una convenzione ragionevole visto che si è scelto di colorarla con la luce visibile di lunghezza d'onda più vicina a quella della radiazione infrarossa riflessa dall'erba.
- Va bene, vada per il rosso. Ma se devo attaccare al muro della mia camera un'immagine della Terra, scelgo quella nel visibile, dove l'erba è verde e il mare è blu!



- Noi invece ne collezioniamo il più possibile di immagini della Terra: non solo quelle riprese nel visibile ma anche quelle nel-

l'infrarosso, nell'ultravioletto e quelle ottenute con le onde radio. E più bande spettrali abbiamo a disposizione più siamo contenti. Perché il nostro lavoro è proprio mettere in-



sieme tutte queste immagini diverse per scoprire qualcosa che prima non sapevamo sul nostro pianeta. Siamo tutti accomunati dalla passione per il “multispettrale”, come lo chiamiamo amichevolmente...

La Terra di aria

Anche nell'atmosfera che circonda la Terra ci sono molte cose interessanti che possiamo vedere solo usando tutto lo spettro elettromagnetico. Ad esempio ci sono satelliti che guardano l'atmosfera per capire da quali gas è formata e per misurare le loro concentrazioni in regioni differenti. Il buco di ozono che si trova sopra ai poli e di cui ti parleremo nell'ultimo capitolo è stato trovato così. Guardare l'aria, o meglio, il fumo, è un modo per scoprire gli incendi in posti lontani dalla presenza

dell'uomo, come la foresta amazzonica o le steppe del nord Europa.

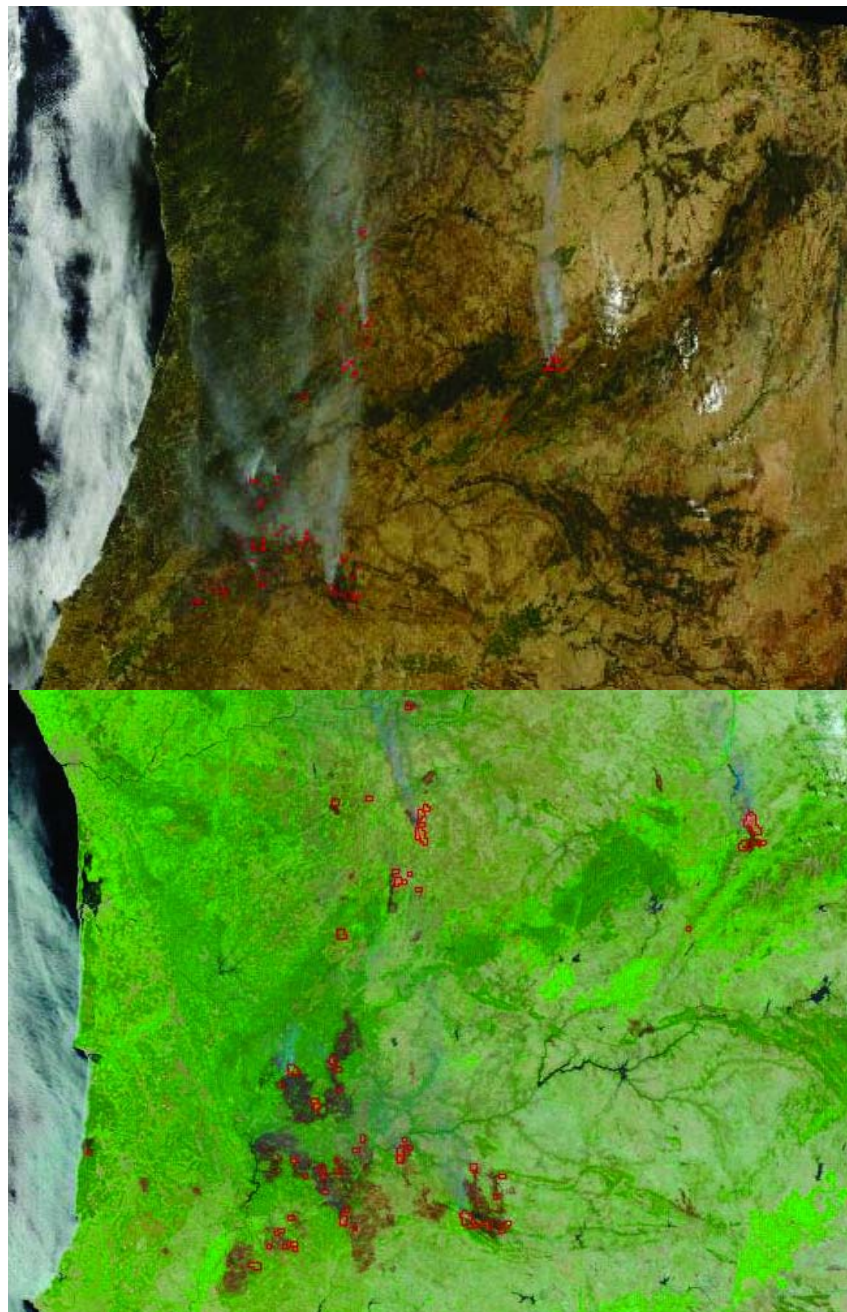
La Terra di fuoco

- *Certo, dove c'è fumo qualche cosa brucia!*
- Esatto, ma noi guardiamo altre cose oltre al fumo.
- *E cosa guardate?*
- Quello che è nascosto proprio dal fumo: dove sono i focolai più pericolosi e quanto è grande l'estensione delle aree bruciate.
- *E come fate?*



Incendi sulla costa della California.
Immagine Modis/Terra/NASA

- Anche in questo caso, mettiamo insieme quello che vedono tanti sensori diversi, in varie bande dello spettro elettromagnetico. Ci sono onde che attraversano le nubi o il fumo e non ci “rimbalzano sopra”, quindi per loro il fumo non esiste e vedono cosa c'è sotto. Guarda le due immagini qui sotto. Quella più in alto è una normale foto da satellite, mentre quella più in basso l'abbiamo fatta con immagini multispettrali.



Incendi in Spagna.
Immagini Modis/Terra NASA elaborate da Telespazio

- *Effettivamente si vede sotto al fumo e meglio tutto intorno!*
- Non solo, mettendo insieme informazioni diverse, possiamo anche sapere dove è più facile che scoppino gli incendi.
- *Ma dai! Seguite dall'alto i piromani, cioè le persone che appiccano il fuoco a boschi e foreste?*
- Certo che no, ma si può capire quali siano le zone in cui è più probabile che, se qualcuno appicca il fuoco, volontariamente o per sbadataggine, quello diventi un incendio. Il trucco è sempre lo stesso, le osservazioni multispettrali. Dalla quan-



- tità di clorofilla presente nelle foglie vediamo dove sono troppo secche. Se poi, misurando la temperatura con gli infrarossi, scopriamo che in quella zona fa anche molto caldo, il rischio aumenta. Se, infine, vediamo le nuvole muoversi molto veloci (indice di vento forte) bisogna proprio preoccuparsi perché il fuoco si diffonderebbe rapidamente!
- *Bene... e allora che fate?*
 - Teniamo d'occhio la zona con molta attenzione, pronti ad intervenire immediatamente nel caso l'incendio divampasse.

Ma non solo

Queste sono solo alcune applicazioni dell'osservazione della Terra dallo spazio. In realtà ne nascono continuamente delle nuove perché vedendo una cosa ci viene subito la voglia di comprenderla meglio oppure di scoprire se è collegata a un'altra e osservare anche quella. Ma per farlo dobbiamo costruire satelliti equipaggiati con sensori sempre più sofisticati e avere a disposizione dei modelli sempre migliori che ci aiutino a capire il significato di quello che vediamo. Insomma, osserviamo la Terra ogni giorno di più.

SOTTO IL SEGNO DEL RADAR

Si fanno un sacco di cose con i satelliti per l'osservazione della Terra e con i loro occhi multispettrali. Per migliorare ancora bisogna avere un po' di fantasia; e questa è una specialità tutta italiana. Quella che ti raccontiamo ora è una storia di cui sono protagonisti gli scienziati italiani, l'industria aerospaziale nazionale e l'Agenzia Spaziale Italiana, che ha il compito di far diventare realtà le idee degli scienziati e degli ingegneri.



R come Radar

La parola radar nasce nel 1941 e significa “Radio Detection And Ranging”, che liberamente tradotto vuol dire “sistema che usa le onde radio per vedere”.

Le onde radio sono onde elettromagnetiche molto lunghe rispetto a quelle visibili. La loro lunghezza varia da circa 3 millimetri fino a 1,30 metri.

Il radar “spara” onde su un oggetto e riceve quelle che dall'oggetto vengono riflesse. Analizzando le onde che tornano indietro si possono vedere tantissime cose e, tra l'altro, si può

vedere anche di notte, dato che il radar non utilizza la luce del sole per vedere, ma le onde che lui stesso emette.

L'Italia è sempre stata brava a costruire radar e i “radaristi” italiani sono famosi in tutto il mondo.



Quando all'inizio degli anni '80 si decide di spedirli nello spazio (i radar, non i radaristi), l'Italia è pronta.



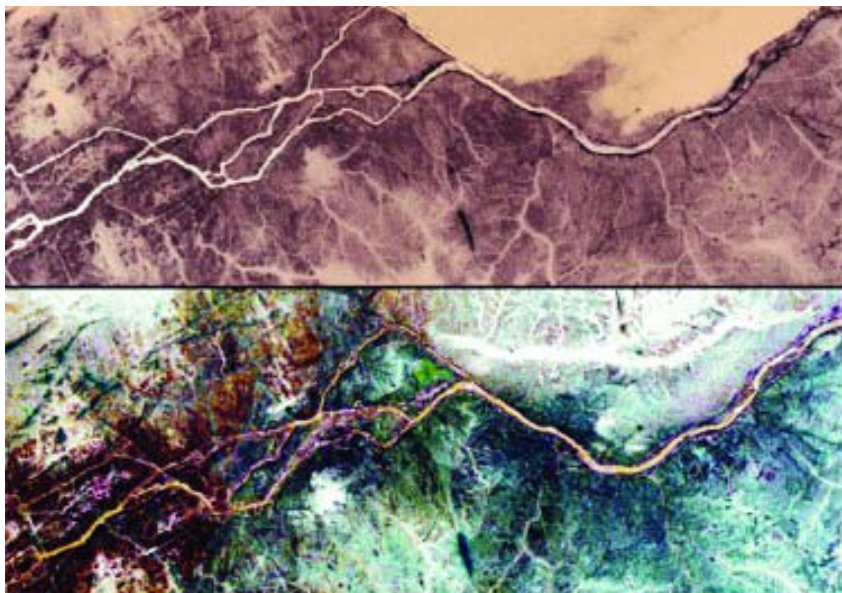
Per portare in orbita i radar, realizzati insieme ad americani e tedeschi, si prende al volo (è il caso di dirlo) un passaggio dalla navetta spaziale americana, lo Space Shuttle. Le onde radio dovrebbero “bucare” le nuvole e vedere attraverso di loro. Dovrebbero anche scavare nel terreno: si troveranno tesori nascosti? Roba da pirati. Oppure da spie.

Sulle rive del Nilo

I risultati ottenuti durante questa missione lascerebbero a bocca aperta non solo un pirata o una spia, ma anche Indiana Jones in persona!

Per esempio quando si osserva con il radar il tratto del fiume Nilo che scorre nel Sudan, si vede non solo il suo corso attuale,





Il canale del Nilo nascosto dalle sabbie scoperto dai radar a bordo dello Space Shuttle. Immagine SIR-C/X-SAR/NASA/JPL 1994

ma anche quello che aveva in passato. Delle due immagini qui sopra, la prima è una fotografia “normale”, la seconda è una fotografia “radar”. I radar hanno frugato sotto la sabbia e nella foto in basso appare un canale che nell'altra foto non c'era, proprio in mezzo al deserto! È il vecchio corso del Nilo, deviato dall'avanzare delle dune, completamente interrato e perciò invisibile a chi lo guardi con occhi “normali”. Questa scoperta accende subito la fantasia degli archeologi. Se si possono riportare alla luce delle strutture naturali nascoste, allora il radar può aiutarli a ritrovare antichi monumenti e chissà quali altri tesori sepolti...

Dall'Arabia al Mediterraneo

I radar sono stati protagonisti anche del ritrovamento della città perduta di Ubar, nella penisola Arabica, che era stata cercata invano per secoli al punto da meritarsi l'appellativo di “Atlantide del deserto”. Ma chi ha partecipato a quelle prime

avventure ora sogna un sogno più grande: un satellite tutto italiano dedicato a osservare la Terra con il radar. Anzi, perché limitarsi a uno? Se ne potrebbero lanciare un paio, o anche tre... Facciamo quattro e non se ne parli più! Una piccola costellazione “artificiale” battezzata COSMO-SkyMed.

Conto alla rovescia

Il primo satellite della costellazione COSMO-SkyMed è entrato in orbita nel 2007 e la prima immagine inviata a terra è del lago di Varano, che si trova nella penisola del Gargano, in Puglia. Puoi ammirarla qui sotto: è una foto “storica”.

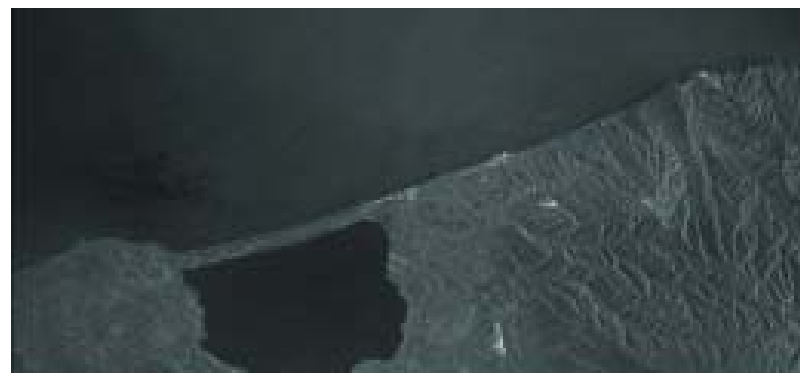


Immagine COSMO-SkyMed del lago di Varano. © 2007 ASI

- *Insomma Mister O.T. come mai avete scelto un nome così complicato per la vostra missione?*
- Sai che noi dell'ASI siamo i primi al mondo a mettere in orbita una costellazione di satelliti per l'osservazione della Terra? Merita un acronimo adeguato, no?
- *Un acronimo? Cioè?*
- È un trucco per dire una cosa molto lunga in poche lettere senza fargli perdere di significato. Dato che la nostra missio-



ne si chiama “COstellation of small Satellities for Mediterranean basin Observation (Costellazione di piccoli satelliti per l’osservazione del bacino del Mediterraneo)” e a ripeterlo ogni volta ci si secca la lingua, tagliuzzando qua e là è venuto fuori: COSMO. Abbiamo aggiunto SkyMed (CieloMediterraneo) perché

siamo interessati a quello che accade vicino a casa nostra; la costellazione, tuttavia, osserva altrettanto bene tutto il resto del mondo.

Repetita iuvant

- *Perché non bastava un solo satellite? Vi semplificavate la vita... e anche l’acronimo!*
- Osservare la Terra da un’orbita polare ha un unico inconveniente: il satellite prima che ripassi sopra la stessa zona, per esempio la tua città, ci vuole un sacco di tempo, a volte una settimana o più. Noi lo chiamiamo “tempo di rivisitazione”.
- *E allora? Che fretta c’è? Le case mica scappano...*
- Le case no, ma per tenere sotto controllo una situazione delicata, per esempio un fiume in piena che sta provocando un’inondazione, non possiamo certo far passare una settimana tra una osservazione e l’altra.
- *Già... nel frattempo può essere successo di tutto...*



- Allora abbiamo calcolato che per garantire dei passaggi molto frequenti sopra l’Italia e il Mediterraneo (che è ovviamente la regione che ci interessa di più) dovevamo avere quattro satelliti nella stessa orbita, che si inseguono mantenendosi però sempre ben distanti tra loro. Quando uno non “vede” più una certa zona, ecco che ne arriva un altro.



- *E così a quanto scende il vostro “tempo di rivisitazione”?*
- A 4 ore! 12 nel caso peggiore.
- *Accidenti, chissà quante altre città perdute troverete!*
- Per quanto affascinante, non è per l’archeologia che abbiamo lanciato questi satelliti. Il vero scopo è far entrare l’osservazione della Terra dallo spazio nella vita quotidiana. Vuoi sapere quali sono le piante più adatte per coltivare una certa regione? Il radar misura l’umidità del terreno. Vuoi aiutare la protezione civile a tenere sotto controllo le frane? Il radar misura di quanto si sono spostate. Vuoi tenere sempre aggiornate le carte geografiche e le mappe delle città? Ogni satellite COSMO-SkyMed può scattare fino a 450 foto al giorno, di giorno come di notte, con o senza nuvole.
- *Ci sono dei posti sulla Terra in cui è sempre nuvoloso?*
- Ci sono zone dell’Africa equatoriale, molto calde e molto



umide, dove le nuvole stazionano per il 90% del tempo. Guarda invece che bella immagine “pulita” ha inviato COSMO-SkyMed di una piccola regione del golfo di Guinea, piena di fiumi. Purtroppo ci sono anche zone, come l’area a sud di Pechino in Cina, che si vedono solo con il radar perché sono sempre coperte da una nube di inquinamento.

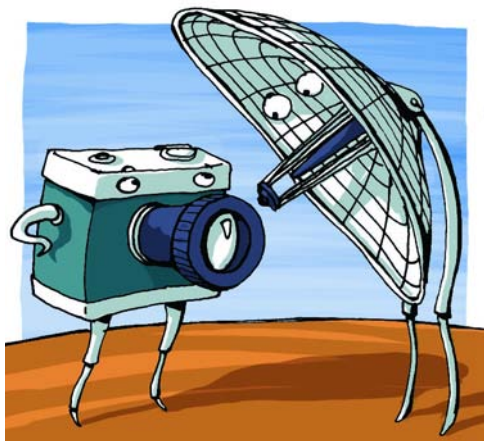


Immagine COSMO-SkyMed. Un labirinto di fiumi che sfociano nel golfo di Guinea. © 2007 ASI

- *Oltre a vedere sotto le nuvole, perché le immagini di Cosmo-SkyMed sono così importanti? Sono anche in bianco e nero!*
- Devi imparare a guardarle, e perciò ti serve sapere come sono state fatte.
- *Ecco, appunto. Me lo spieghi?*

Tiro! Palo! Goal!

- Un radar è molto diverso da una normale macchina fotografica. Una macchina fotografica cattura, e se serve ingrandisce, l’immagine di qualcosa che è già visibile perché è illuminata dalla luce del Sole. Ma il Sole, come ti abbiamo spiegato nel primo capitolo, emette solo debolmente nelle onde radio e quindi bisogna prima “illuminare” quello che si vuole osservare. È come quando va via la

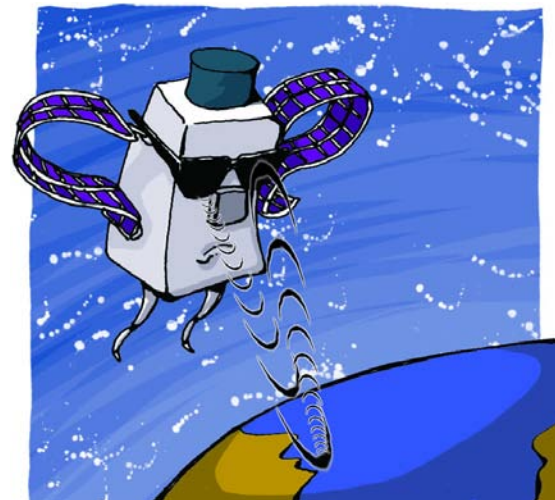


luce elettrica e prendi la torcia a pile: per vedere qualcosa devi puntarla nella direzione in cui vuoi guardare. Un satellite radar fa lo stesso: invia delle onde radio in una certa direzione, aspetta che rimbalzino sulla



superficie terrestre e poi le raccoglie quando tornano su. È il suo modo di “vedere”.

- *Che complicazione!*
- Sì, ma una complicazione molto comoda perché possiamo scegliere che tipo di onde inviare.
- *Peggio ancora!*
- Ti faccio l’esempio di un pallone da calcio: immagina di averlo appena comprato: è nuovo nuovo. Me lo presti?
- *Nemmeno per sogno!*
- Dai, facciamo finta che me l’hai prestato e che io te l’ho riportato tutto sporco e graffiato.
- *Vedi che facevo bene a non prestartelo?*
- Vedi che non sai guardare? Su quel pallone ci sono un sacco di informazioni. Se è sporco di nero e il cuoio sembra come gratugiato vorrà dire che è rimbalzato sul cemento, forse quello





del cortile dei garage dove c'è sempre un po' di olio per terra. Se invece ci sono delle strisciate verdastre accompagnate da piccoli graffi e il pallone è ancora umido, vuol dire che ho giocato su un bel prato.

- *Dove vuoi arrivare?*
- Analizzando le onde radio di ritorno si possono avere molte informazioni su dove sono andate a rimbalzare, tipo la rugosità del terreno o le increspature del mare. Ogni punto di quelle immagini può nascondere delle sorprese ed è per questo che, brutte o belle che siano, piacciono sia agli scienziati che ai militari.



- *Mi hai convinto. Ma voglio un pallone nuovo: con i tuoi radar me l'hai tutto rovinato!*

W l'Italia

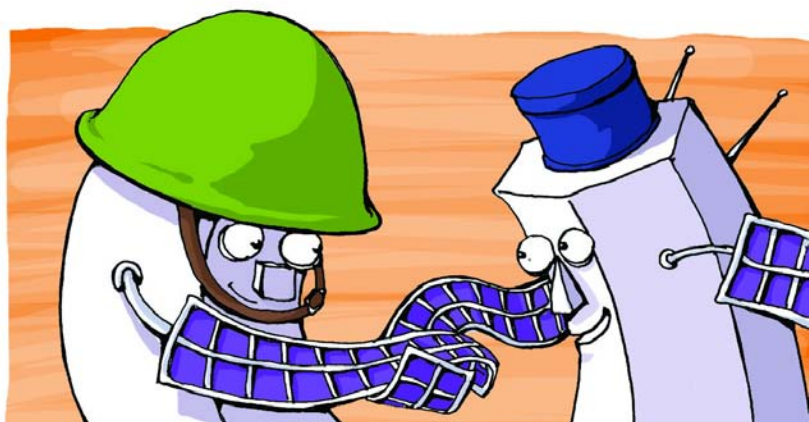
Il nostro Paese è famoso nel mondo per la bellezza dei suoi paesaggi. C'è di tutto in Italia: il mare, le isole, le pianure, le montagne, e poi fiumi, laghi, ghiacciai, vulcani. E ben ottomila chilometri di co-



ste piene di spiagge, scogli, porti e città di mare. Insomma, un Paese ideale per guardarlo dallo spazio, perché con una sola immagine si evitano lunghe escursioni a piedi in regioni spesso inaccessibili. Per questo l'Agenzia Spaziale Italiana ha fatto un "referendum": ha chiesto cioè agli scienziati che si occupano di osservazione della Terra di esprimere i loro desideri. Come volevano usare per i loro studi la costellazione COSMO-SkyMed? Sono arrivate tantissime risposte, che riguardano soprattutto le tematiche ambientali: agricoltura, geologia, lo studio dei vulcani, il monitoraggio degli incendi e delle frane, lo stato delle foreste, dei fiumi, dei laghi, delle spiagge e dei mari. Un succedaneo insomma.

Servizio Militare

COSMO-SkyMed ha suscitato un grande interesse anche tra i militari, che hanno contribuito a finanziarne la realizzazione. In cambio hanno chiesto in esclusiva una parte del tempo e delle immagini inviate dai satelliti. COSMO-SkyMed è diventato così il primo sistema "duale" al mondo: significa che le due anime dell'osservazione della Terra dallo spazio, civile e militare, convivono pacificamente.



- Buongiorno signor Generale... oppure Ammiraglio... insomma, come la devo chiamare?
- In nessun modo... oppure in entrambi! Per i militari italiani lo spazio è “interforze”.
- Cioè serve sia all'Esercito che alla Marina e all'Aeronautica?
- Esatto. Soprattutto nel caso di COSMO-SkyMed, perché le nostre navi, i nostri aerei e i nostri mezzi di terra sono pieni di radar che fanno un sacco di cose utilissime, come per esempio individuare da lontano la posizione di altre navi, aerei o carri meglio che con un qualsiasi binocolo. Avere dei radar anche nello spazio era proprio quello che ci mancava!
- Allora adesso potete spiarmi dal cielo e sapere quando esco di casa e se vado a piedi o in bicicletta!

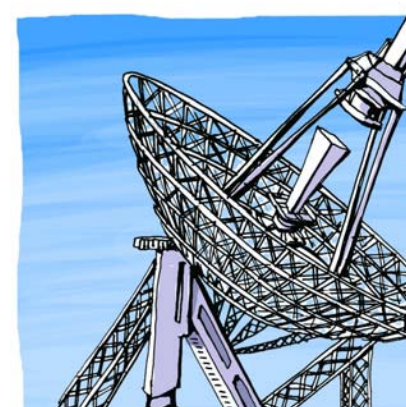
- Mi sa che vedi troppi film di James Bond. A parte il fatto che ancora dobbiamo sperimentare appieno le potenzialità dei radar spaziali, non è questo il punto.
- E qual è allora?



- Lo stesso per cui noi militari esistiamo: proteggerti, non spiare quello che fai! Infatti il motto latino di COSMO-SkyMed è “Observo ut Terra custodiatur”, che significa “Osservo, affinché la Terra sia protetta”

Top Secret

- È vero che avete la precedenza sulle osservazioni di COSMO-SkyMed e potete tenerle segrete?
- A volte la segretezza delle informazioni è necessaria, soprattutto nel caso in cui sia in gioco la sicurezza nazionale o delle operazioni internazionali. Per esempio sai chi sono i trafficanti di armi?
- I cattivi dei film di James Bond?
- Molto, molto peggio. Sono persone che si arricchiscono rifornendo illegalmente di armi gli eserciti in guerra, soprattutto quelli dei Paesi poveri. Così le guerre non finiscono mai. Con i radar spaziali e il basso tempo di rivisitazione di COSMO-SkyMed si possono tenere sotto controllo i confini degli stati e vedere così se ci sono movimenti sospetti di camion, accampamenti non autorizzati o cose del genere. E intervenire immediatamente per arrestare i trafficanti. Se non mantenessimo un



minimo di segretezza faremmo solo un favore a questi criminali, non credi?

- *Le immagini “militari” sono meglio di quelle per scopi “civili”?*
- Anche questo è vero e falso allo stesso tempo.
- *Basta con queste risposte “duali”...*

– La risoluzione al suolo delle immagini di COSMO-SkyMed che vengono rese pubbliche è di 1 metro. Significa che puoi distinguere le automobili ma non le loro targhe. Noi militari possiamo scendere sotto questo valore. Ma dato che collaboriamo strettamente con la Protezione Civile è ovvio che se vediamo qualcosa di importante per loro, li avvisiamo subito.



Quindi è come se anche loro avessero le nostre immagini. Soddisfatto?

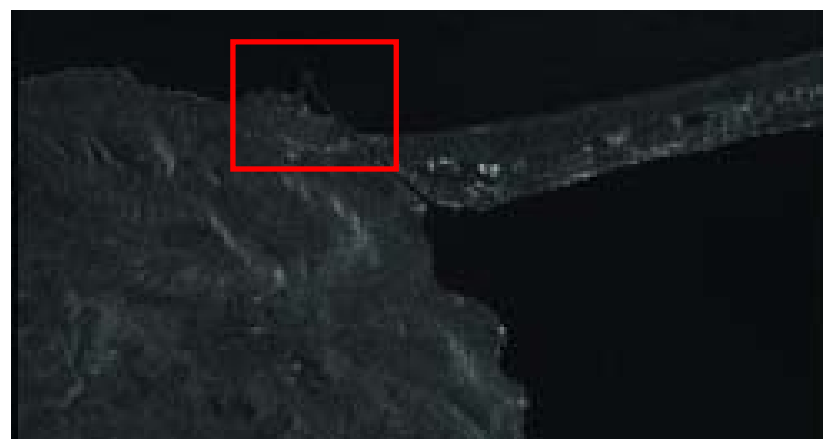
- *Si, ma...*
- *Ma?*
- *È che mi hai fatto venire una curiosità tremenda... riuscite a vedere dentro le case come fanno gli archeologi per scavare sottoterra?*

– Con il radar spesso più che “vedere” si “deduce”. Per esempio da come rimbalzano le onde radio possiamo capire se c’è qualcosa nascosto sotto un capannone oppure se è vuoto. Non posso proprio dirti di più... altrimenti che segreto sarebbe?



Zoom Cosmici

- Però...
- *Però?*
- Guarda con attenzione queste immagini. Sono due ingrandimenti progressivi della fotografia del lago di Varano inviata da COSMO-SkyMed. Si vede un canale che mette in comunicazione il lago con il mare e poi, all’uscita del canale, la scia bianca di una piccola imbarcazione. Ora prova a tornare indietro di qualche pagina all’immagine nella sua scala originale.



Un primo ingrandimento dell’immagine COSMO-SkyMed del lago di Varano. © 2007 ASI

- *Accidenti, che zoom!*
- Visto? con COSMO-SkyMed possiamo vedere molto bene anche quello che succede sul mare.
- *Vedete le navi pirata?*
- No, però ci sono



L’immagine del lago di Varano al massimo ingrandimento. © 2007 ASI

persone che si fanno pagare per riempire vecchi gommoni e barche sgangherate di immigranti clandestini e poi li spediscono in mezzo al mare, verso le nostre coste. Sono viaggi tremendi che spesso finiscono con un naufragio. Intervenire in tempo significa spesso salvare tante vite umane.

– *Ho capito: il vostro motto è “più so e meglio sto!”*



Cosmo internazionale

Guardando le immagini di uno stesso luogo riprese da satelliti che osservano in diverse bande spettrali (per esempio, nel visibile, nell'infrarosso e nelle onde radio) si possono avere ancora

più informazioni. Perciò anche se COSMO-SkyMed è un progetto italiano e ha delle applicazioni militari, l'ASI ha preso accordi con la Francia e l'Argentina per gemellare le loro missioni di osservazione della Terra con CO-

SMO-SkyMed. Lo scopo è avere a disposizione un sistema ancora più complesso, una “costellazione internazionale” in cui ogni elemento aiuta l'altro.



Non solo spazio

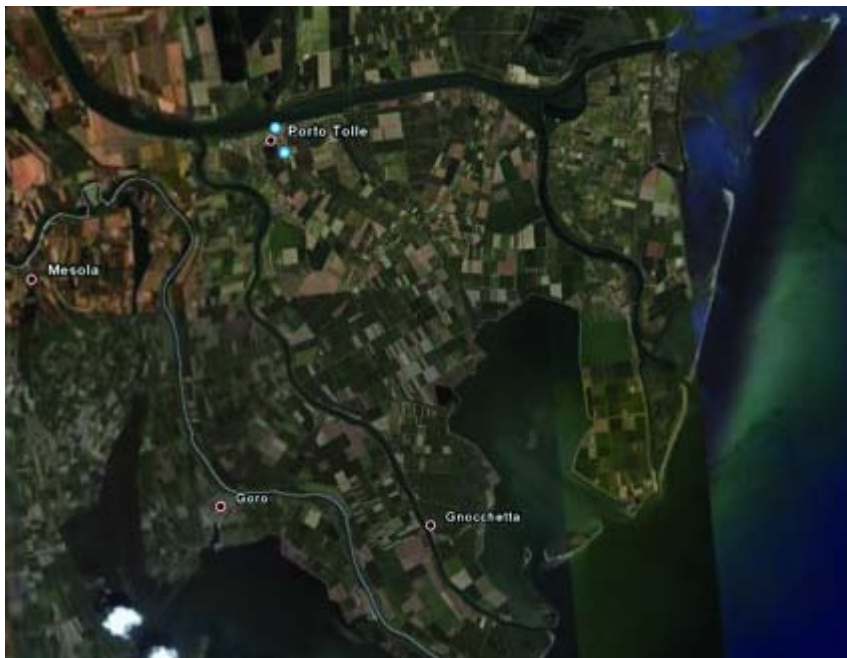
Il costo della missione COSMO-SkyMed è di circa un miliardo di euro, tutto incluso. Non è poco, ma se ti sembra tanto devi sapere che “tutto incluso” non vuol dire solo quattro satelliti artificiali, che comunque non si comprano certo al supermercato! Ci vogliono anche stazioni sulla Terra con grandi antenne per le telecomunicazioni e computer sempre in azio-



ne per “tradurre” in immagini quello che hanno visto i radar dallo spazio. Poi bisogna calcolare le orbite in modo da sapere sempre dove stanno i satelliti e essere in grado, se necessario, di spostarli. Insomma ci vuole un centro di controllo come quelli che si vedono nei film di fantascienza in funzione 24 ore su 24 per 365 giorni all'anno!

Prima in classifica

Il risultato di tutte queste attività lo puoi vedere nelle immagini che seguono, tra le più belle spedite a terra da COSMO-SkyMed. Si tratta della foce del Po. Tra i vari bracci del fiume che vanno a mare ci sono i tantissimi riquadri dei terreni col-



La foce del fiume Po. © Google Earth 2007



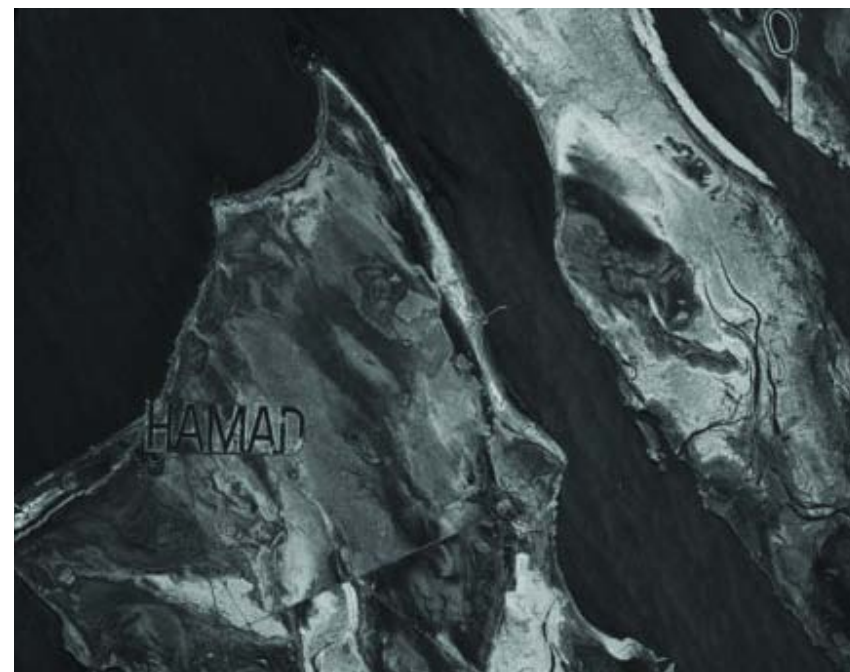
Immagine radar. Il Po visto da COSMO-SkyMed. © 2007 ASI

tivati. All'interno di una delle insenature, in basso, si distinguono dei filamenti bianchi: sono le gabbie utilizzate negli allevamenti di frutti di mare! Al largo della costa il profilo frastagliato indica dove si incontrano le acque dolci del fiume e quelle salate del mare Adriatico. Ora confrontala con quella ripresa nella banda visibile e potrai renderti conto da solo che alcuni dettagli li puoi vedere solo con il radar.

Strano ma vero

Quasi non ci si crede ma osservando la Terra si possono trovare cose così:

Lo sceicco Hamad ibn Hamdan ha fatto scavare sull'isola Al Futaisi, negli Emirati Arabi Uniti dei canali navigabili incidendo il suo nome in modo che apparisse la sua firma sulla Terra. Il nostro pianeta è "griffato".

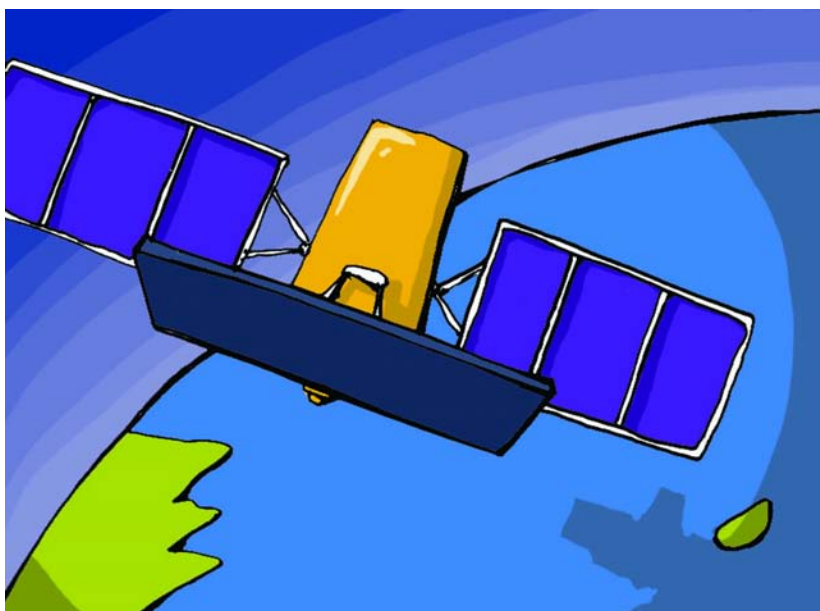


Una Terra "firmata". Immagine COSMO-SkyMed. © 2007 ASI

I quattro comandamenti

Il segreto del successo di COSMO-SkyMed si può riassumere così:

1. un'ottima idea di partenza (ci vuole sempre)
2. una grande esperienza tecnica (è tutta alta tecnologia)
3. uno sfondo sociale adeguato (le applicazioni sono tantissime)
4. un preventivo di spesa ben fatto (per non ritrovarsi a metà con il portafoglio vuoto)



LE SENTINELLE DELLA TERRA

Il nostro non è un pianeta tranquillo. Ha quasi cinque miliardi di anni (ma non li dimostra) e gli è capitato di tutto: glaciazioni, periodi di surriscaldamento, impatti cosmici, continenti che si allontanano, dinosauri, e chi più ne ha, più ne metta! Buon ultimo, la comparsa dell'uomo che con la sua tecnologia contribuisce ai cambiamenti "globali". Le Scienze della Terra, come la Geofisica, la Geologia, l'Oceanografia, la Fisica dell'Atmosfera, si trovano davanti a un compito niente affatto facile, perché l'aria, l'acqua, la terra, il fuoco (e anche il ghiaccio!) sono continuamente in interazione e ai cambiamenti di uno, corrispondono cambiamenti dell'altro. Guarda questa foto da satellite.



La sabbia del Sahara vola verso l'Italia offuscando il mare.
Immagine NASA/SeaWiFS/Orbimage

Hai presente quando la pioggia lascia i vetri sporchi di sabbia? È la sabbia del deserto del Sahara che, trasportata dal vento, vola fino a noi in Italia e poi cade insieme alla pioggia!

Effetto farfalla



Il meteorologo Edward Lorenz ha riassunto la situazione così: “può il battito delle ali di una farfalla in Messico provocare un tornado in Texas?”. Era un modo scherzoso per dire quanto sia difficile capire il legame che può esistere tra quello che avviene in posti anche molto lontani tra loro. Per questo abbiamo bisogno di sapere tutto ciò che accade sul nostro pianeta racco-

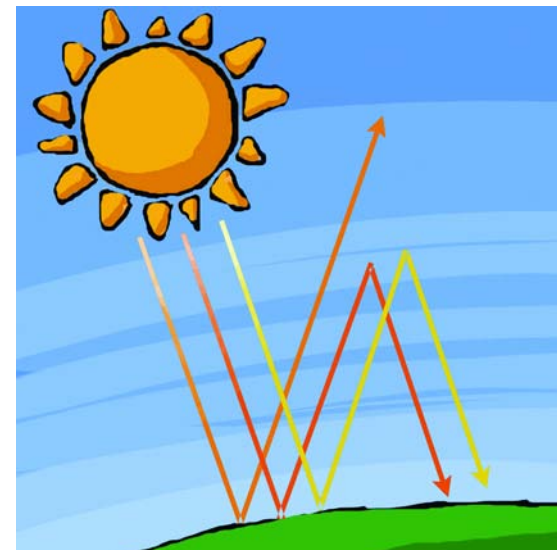


gliendo osservazioni piccole e grandi, effettuate dai satelliti artificiali così come dalle tante stazioni scientifiche sparse sulla superficie terrestre. Un “compito a casa” che abbiamo appena iniziato a svolgere.

Il pianeta serra

Uno dei problemi più scottanti (è proprio il caso di dirlo) è quello del riscaldamento globale: probabilmente hai già sentito parlare dell’“effetto serra”.

L’atmosfera del nostro pianeta funziona come i vetri di una serra: lascia passare la luce del Sole, che ne scalda la superficie, ma poi trattiene il calore impedendogli di disperdersi nuovamente nello spazio. L’effetto serra c’è sempre stato, anzi



è proprio per questo che viviamo su un pianeta così accogliente, altrimenti la Terra sarebbe come una grande casa senza termosifoni. Da qualche tempo però il nostro pianeta trattiene troppo calore e le conseguenze sono preoccupanti.

Ghiaccioli magnum

Pensa ad esempio a quanta acqua è congelata nelle calotte polari, che sono grandi come dei continenti! E se si sciogliesse tutta in un colpo? Il ghiaccio è in effetti molto sensibile ai cambiamenti climatici e in più è concentrato quasi tutto ai poli, che non sono proprio dei posti accoglienti. Perciò i satelliti ci permettono di controllare lo stato di salute del pianeta senza dover passare mesi e mesi al gelo. E questo è risultato molto utile nel





Il gigantesco iceberg B-15 va alla deriva. © ESA/Envisat

2002, quando dai ghiacci dell'Antartide si è staccato B-15, cioè l'iceberg più grande mai osservato! Praticamente un enorme ghiacciolo, lungo più di 100 chilometri (lo vedi nell'immagine qui sopra) che se n'è andato alla deriva nell'oceano, ma grazie ai satelliti sapevamo sempre dove si trovava. La cosa ci interessava parecchio perché nella primavera del 2005 è passato vicinissimo alla base italiana in Antartide, rischiando una collisione!

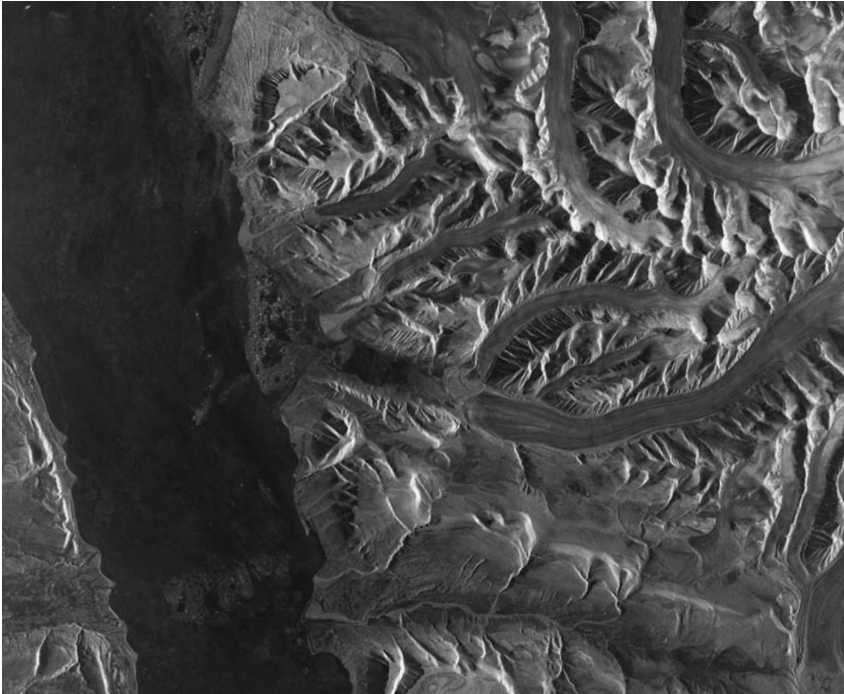
Vero o falso?

Di solito il problema del riscaldamento globale viene affrontato o predicendo grandi catastrofi oppure cercando di minimizzare. Quanto alle cause, c'è chi dice che siano naturali e chi dà la colpa all'inquinamento (e quindi all'uomo). Ecco alcuni fatti importanti:



Il percorso del gigantesco iceberg B-15.

1. la temperatura del nostro pianeta è cambiata spesso nei millenni;
2. gli scarichi delle automobili e delle centrali elettriche a combustibile fossile (come il carbone e il petrolio) producono un gas, l'anidride carbonica, che favorisce l'effetto serra;
3. misurare la temperatura globale della Terra non è facile e si possono commettere degli errori;
4. negli ultimi decenni il numero di eventi catastrofici, come i cicloni tropicali, è aumentato;
5. anche l'intensità dei fenomeni naturali è andata peggiorando;
6. i ghiacci che ricoprono i poli sono più fragili del solito: si aprono spesso dei canali e si staccano grossi blocchi;
7. grazie ai satelliti artificiali osserviamo la Terra "globalmente", ma non da molto: quindi è difficile capire se le variazioni che misuriamo sono normali oppure no.



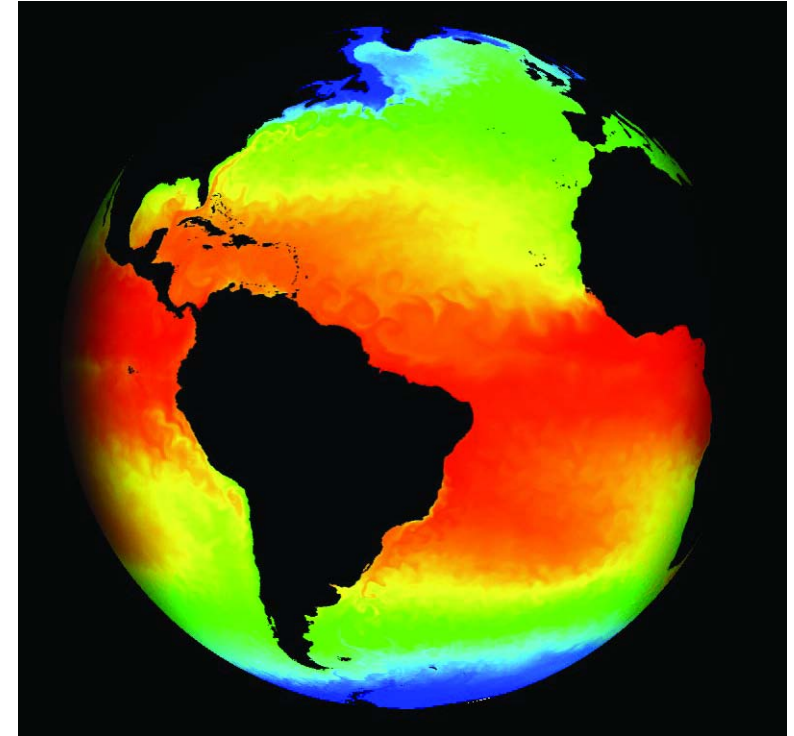
Il passaggio a Nord-Ovest visto dal satellite COSMO-SkyMed.
© 2007 ASI

Guarda questa immagine, si vede un tratto del famoso “passaggio a Nord Ovest”, cioè una striscia di mare, aperta tra i ghiacci vicino al Polo Nord. Si può quindi passare in barca dall’Oceano Atlantico all’Oceano Pacifico facendo una rotta molto corta, senza cioè essere costretti a circumnavigare l’America.

Questo passaggio si apre solo se al Polo si scioglie molto ghiaccio, cosa che in genere avviene d’Estate, ma questa foto è stata scattata da COSMO-SkyMed a Novembre 2007.

Globale ma non troppo

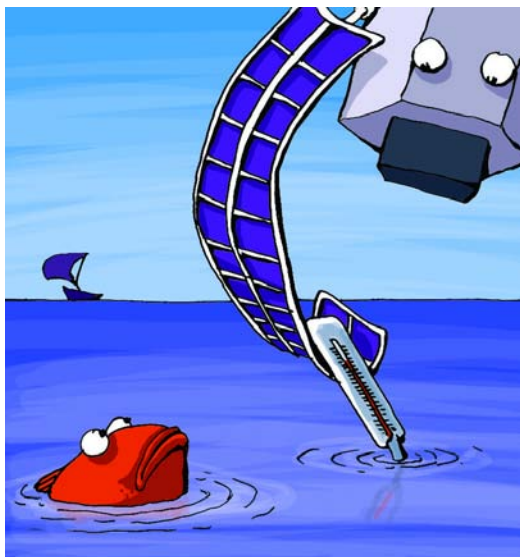
- *Nella tua lista si dice tutto e il contrario di tutto! Come faccio a capirci qualcosa?*
- Iniziando a osservare quello che succede vicino a te.
- *Sarebbe a dire?*



La temperatura degli oceani in un modello della NASA. Rosso è più caldo, blu più freddo. © NOAA

- Che si misurano molto meglio i cambiamenti locali di quelli globali. Se concentriamo la nostra attenzione su regioni “piccole”, come per esempio quella che include i Paesi che si affacciano sul mare Mediterraneo, allora capiamo meglio quello che succede. È quando cerchiamo di mettere insieme tutto il mondo che iniziano i guai.
- *Scusa, ma i satelliti per l’osservazione della Terra allora a che servono?*
- I satelliti sono utilissimi perché ci permettono di osservare le varie regioni della Terra utilizzando sempre gli stessi strumenti e nelle stesse condizioni ambientali (per esempio di illuminazione). Solo così possiamo poi fare dei confronti che abbiano un senso.
- *Cioè?*

- Per esempio misurando la temperatura del mare con dei sensori infrarossi possiamo vedere le correnti oceaniche. Altre osservazioni ci mostrano la formazione di grandi iceberg come il B15. Ma quanto la temperatura del mare influenza la formazione di iceberg? Sono fenomeni legati tra loro in un rapporto di causa effetto?
- *Effetto... tipo l'effetto serra?*
- Esatto. Ora ti spiego la causa.



Firme spettrali

- La Terra è circondata da una atmosfera.
- *Questo lo sapevo, grazie...*
- L'atmosfera è formata da molti gas, come il vapor d'acqua, l'ossigeno e l'anidride carbonica. Questi gas non sono completamente trasparenti ma assorbono una piccola parte sia della radiazione emessa dal Sole, impedendogli di raggiungere la Terra, sia della radiazione solare riflessa dalla superficie terrestre. In più, alcuni di loro, come l'anidride



carbonica sono chiamati “gas serra” perché assorbono anche il calore irradiato dalla Terra.

- *Questo non lo sapevo, grazie...*

- Ora, ti ricordi la storia dello spettro elettromagnetico?

- Sì.

- Bene. Ognuno di questi gas assorbe solo le onde di una certa lunghezza, che quindi



lasciano dei piccoli “vuoti” nello spettro della luce. Si chiamano “bande di assorbimento” e dalla fisica atomica sappiamo esattamente a quali lunghezze d'onda corrispondono. È come se ogni gas lasciasse la sua firma nello spettro elettromagnetico, con nome e cognome.

- *È così che riuscite a trovare l'anidride carbonica guardando la Terra dallo spazio?*

- Esatto. Su alcuni satelliti ci sono dei sensori in grado di riconoscere la sua “firma spettrale”. Se la firma c'è, c'è anche lei. Così possiamo vedere dove sono le zone a più alta concentrazione di anidride carbonica, che si trovano in corrispondenza delle grandi città e delle aree industriali.



La nuvola grigia

- *Me le fai vedere?*
- Guarda questa foto: è una delle zone in più intensa fase di sviluppo del mondo e si estende per migliaia di chilometri da Pechino, capitale della Cina, fino alla città di Shanghai.
- *Accidenti, quel nuvolone scuro è pieno di anidride carbonica?*
- Non solo. Ci sono molti altri gas e polveri di tutti i tipi.
- *Ora capisco cosa volevi dire con “cambiamenti locali”...*
- Anche se non è ancora chiaro quale sia il loro impatto “globale”, nel dubbio è meglio essere prudenti: si tratta del futuro del nostro pianeta!



La nube grigia di inquinanti sopra Pechino.
Immagine NASA/Earth Observatory

- *La prudenza non è mai troppa, dice sempre mia madre...*
- Quindi faresti bene a non sprecare l'energia elettrica e a riciclare il riciclabile. Lo sai che quando la spazzatura brucia negli inceneritori produce un sacco di gas e polveri? Per questo meno ne produci meglio è.
- *Va bene, farò la “raccolta differenziata”, ma mica posso salvare il pianeta tutto da solo!*
- Nessuno ti chiede di salvare il pianeta. La Terra ne ha viste di peggio e se l'è sempre cavata: chi rischia di fare la fine dei dinosauri è la razza umana! Il tuo aiuto serve a migliorare la qualità dell'ambiente in cui vivi ogni giorno, ma anche a evitare che i danni “locali” se ne vadano in giro per il mondo. Per esempio rafforzando il riscaldamento globale.
- *Ma non sarebbe meglio cercare anche dei rimedi globali? possibile che non si faccia nulla?*
- E chi ti ha detto che non stiamo facendo niente?

G.M.E.S.

I Paesi europei hanno deciso di unire gli sforzi in un grande progetto: GMES è l'acronimo di “Global Monitoring for Environment and Security”, cioè monitoraggio globale per l'ambiente e la sicurezza.

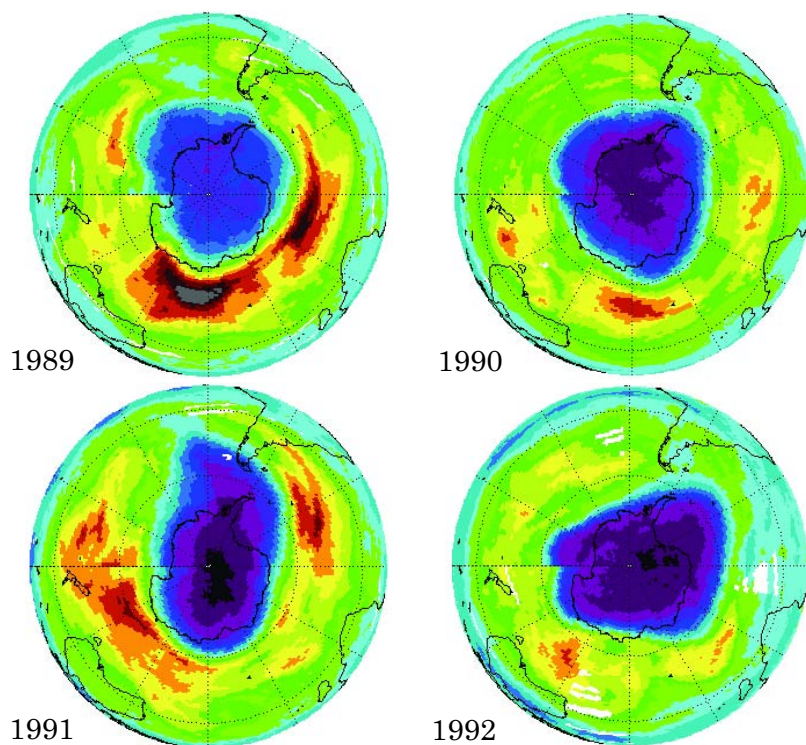
Vogliono mettere insieme tutte le informazioni disponibili sull'ambiente in modo che siano facilmente consultabili per fare studi e ricerche che ci aiutino a comprendere meglio come funziona il nostro pianeta. Ciò significa anche intensificare le osservazioni della Terra dallo spazio mettendo in orbita dei nuovi satelliti: si chiamano “Sentinelle” proprio perché il loro



compito è scrutare continuamente la Terra per avvisarci in tempo di eventuali pericoli.

Mr. Ozono

Per esempio il buco dell'ozono. Ne hai già sentito parlare? L'ozono è un gas presente nell'atmosfera e ha due funzioni, una positiva e una negativa. Se lo respiri fa male, ma quando sta in alto protegge la nostra pelle assorbendo i raggi ultravioletti che arrivano dal Sole, che altrimenti la brucerebbero. Per fortuna l'ozono lascia una firma molto chiara nello spettro elettromagnetico, che ci permette di localizzarlo dallo spazio con appositi sensori.



L'ingrandimento del buco di ozono sopra il polo Sud tra il 1989 e il 1992. NASA/Toms

Nel fare ciò abbiamo scoperto che sopra ai poli, in particolare l'Antartide, lo strato di ozono è più sottile. Questo "buco" si allarga e si restringe con le stagioni e negli anni, come puoi vedere in questa sequenza di immagini (dato che i raggi ultravioletti non si vedono lo abbiamo colorato noi di nero, come ogni buco che si rispetti, ma solo per vederlo meglio!). Ancora non sappiamo quanto sia colpa dell'inquinamento, ma dato che ne va della nostra pelle, è un'altra cosa da tenere sotto osservazione: la prudenza non è mai troppa.

Così bianco che più bianco non si può

– *Ma non vi confondete mai in mezzo a tutte queste immagini? Tra colori veri e falsi, bande spettrali e chi più ne ha, più ne metta!*

– In effetti per noi che ci lavoriamo l'osservazione della Terra dallo spazio assomiglia molto a un'arte: ci vuole un buon "occhio" per i dettagli e tanta esperienza.

– *È come dipingere un quadro?*

– In un certo senso, ma siamo pittori "scientifici".

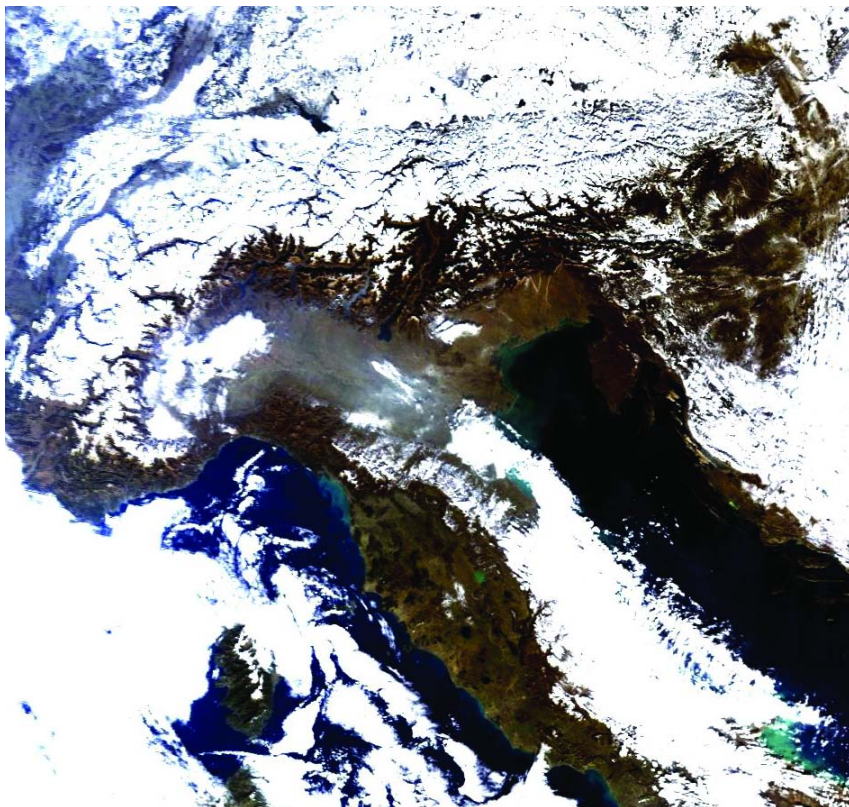
– *E come fate a mettere insieme scienza e arte?*

– Ora ti faccio vedere. Sai perché la neve e il ghiaccio sono bianchi?

– *Se ricordo bene, è perché riflettono tutta la luce visibile, cioè non assorbono nessun colore.*

– Esatto. Ora questo è un problema per le osservazioni da satellite perché anche le nuvole sono bianche.



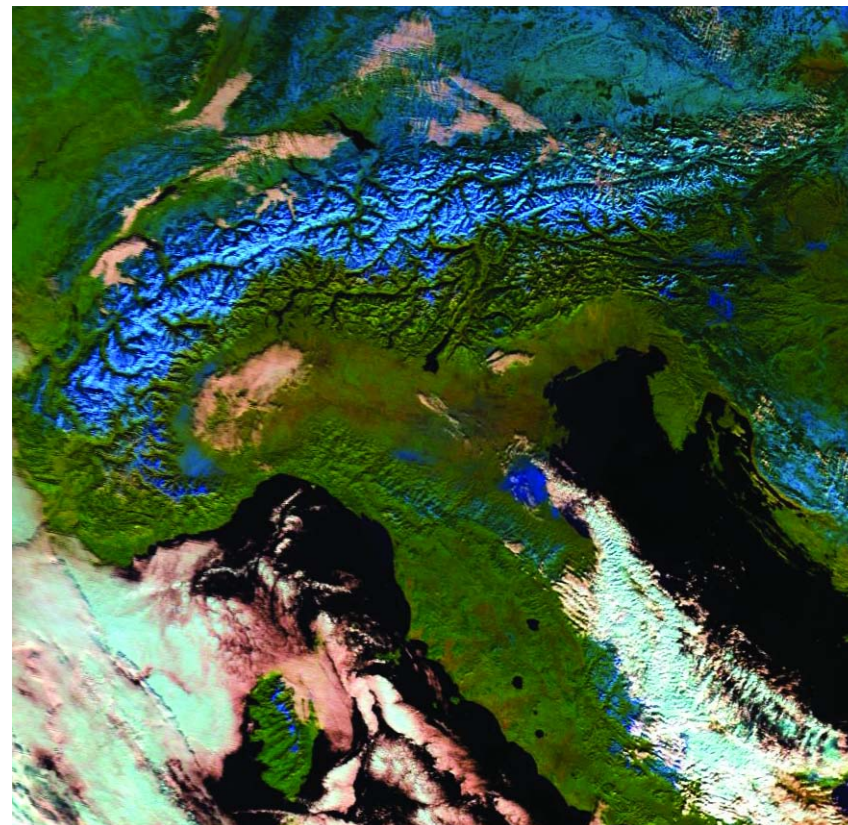


L'Italia innevata.

Immagine Modis/Terra NASA elaborata da Telespazio

Guarda l'immagine qui sopra: si vede mezza Italia in pieno inverno. Riesci a distinguere la neve dalle nuvole?

- *Be', se il bianco è in corrispondenza delle montagne, sarà neve...*
- Giusto. Ma se c'è una nuvola sopra una montagna?
- *Già, non ci avevo pensato... che si fa?*
- Sfruttiamo un'informazione importante: la neve non riflette in alcune bande dell'infrarosso, mentre le nuvole sì. Se un sensore infrarosso a bordo del satellite ci indica dove sta la firma spettrale della neve, possiamo ri-colorare l'immagine in modo che si veda la differenza. Dalla nostra tavolozza scegliamo il blu per la neve e il rosa per le nuvole, così il contra-



L'Italia innevata... a falsi colori!

Immagine Modis/Terra NASA elaborata da Telespazio

sto è netto. Che te ne pare ora?

Mercato globale

- *Fantastico! Senti, ma quando dici "noi", a chi ti riferisci?*
- A noi che lavoriamo nell'industria spaziale. Non esistono mica solo gli scienziati e i militari.



- *E cosa fate?*
- Prima costruiamo i sensori e i satelliti per l'osservazione della Terra. Poi, una volta che sono stati lanciati nello spazio, forniamo i servizi di monitoraggio ambientale.
- *Oddio, che roba è?*
- Andiamo da chi è interessato a quello che vedono i satelliti: loro ci dicono che cosa vogliono e noi lo andiamo a cercare nelle immagini.
- *Per esempio cosa?*
- Per esempio i vulcani.
- *Si possono prevedere le eruzioni?*
- Prima di un'eruzione un vulcano si "agita", nel senso che si deforma e si riscalda.
- *Accidenti! Come se si gonfiasse prima di esplodere!*
- Sì, però si tratta di variazioni impercettibili per l'occhio umano ma che non sfuggono ai radar a bordo dei satelliti. E lo stesso vale per i sensori infrarossi che prendono la temperatura del suolo.

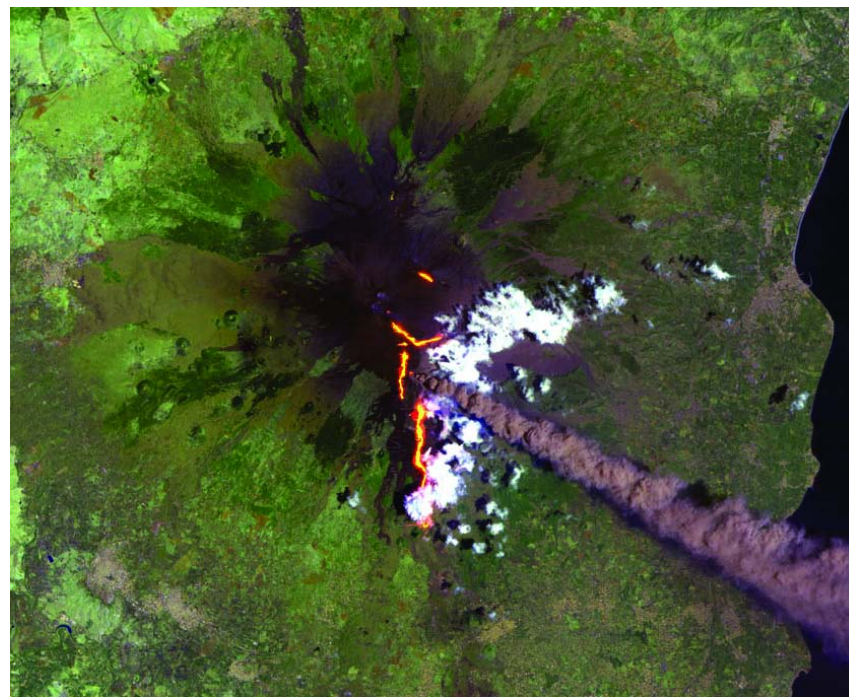
Ammappa!

- *E poi che cosa fate?*
- Indichiamo su una mappa quali sono i vulcani che si agitano di più, segno di un'eruzione imminente.
- *Insomma una specie di carta geografica a tema: tutto qui?*
- Guarda che le nostre mappe non sono di carta stampata. Sono computerizzate e devono essere aggiornate continuamente con le ultime immagini inviate dai satelliti per l'osservazione della Terra. Un po' come quelle che si usano per le



previsioni meteorologiche: a che serve sapere che tempo faceva ieri?

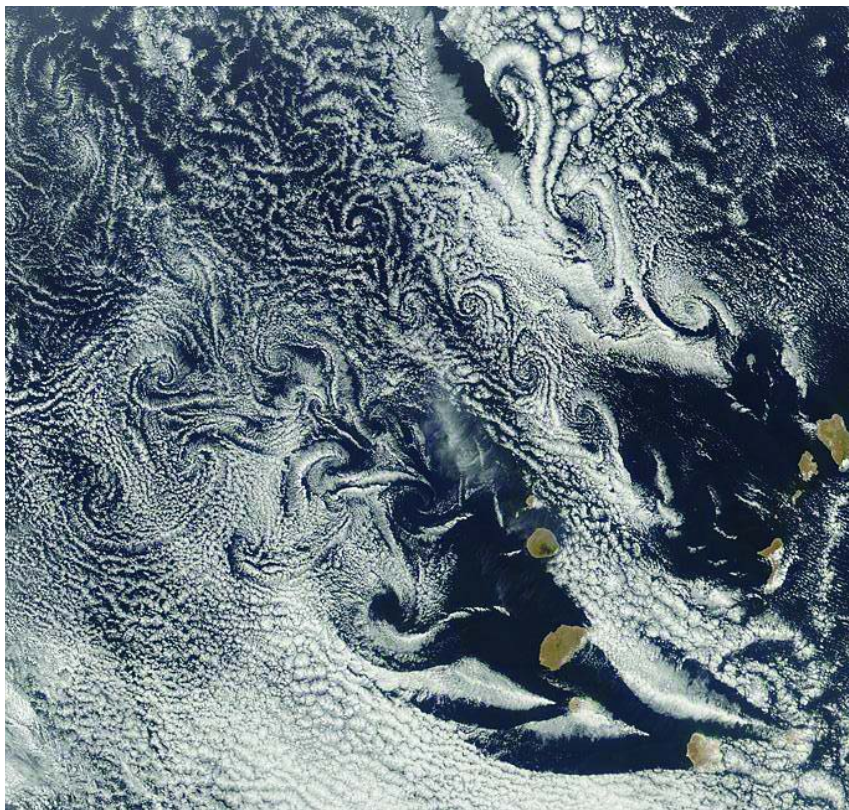
- *In effetti...*
- E poi non esistono solo i vulcani: facciamo mappe di tutti i tipi, da quelle sul rischio incendi a quelle sull'inquinamento dei mari. Ti assicuro che ci vuole un sacco di lavoro!
- *E chi se le compra le vostre mappe?*
- Per esempio i governi che si preoccupano della sicurezza dell'ambiente in cui vivono i propri cittadini.



L'Etna in eruzione. © 2001 ESA/ESRIN

Gaia

Il primo che pensò alla Terra in maniera globale fu un inglese, James Lovelock. All'inizio degli anni '60 scoprì che l'inquinamento arrivava già a sporcare i ghiacci dei poli. Quando cercò di studiare quali potevano essere le conseguenze, capì



Le nuvole di Gaia.

Immagine Modis/Terra/NASA elaborata da Telespazio

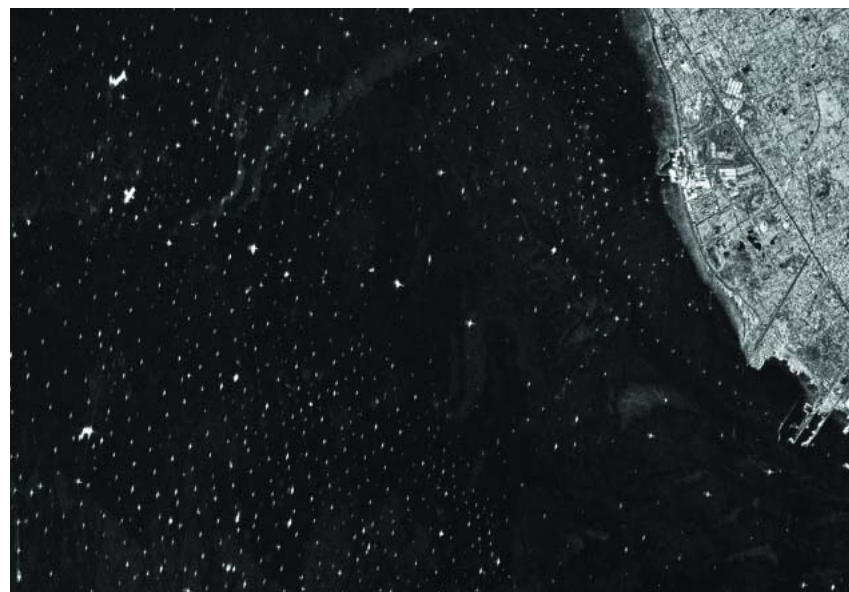
che ciò che avviene localmente interessa tutta la Terra e la fa reagire proprio come un organismo vivente. Fu lui a ribattezzare il nostro pianeta “Gaia”, che oltre a essere un bel nome allegro è anche la divinità greca che impersona la madre Terra.

Observe ut Terra custodiatur

Ora sai perché è importante osservare la Terra dallo spazio: serve per custodire meglio i tesori che il nostro pianeta racchiude, primo fra tutti la sua preziosa biosfera, senza la quale sarebbe impossibile la vita. E poi da lassù la natura e le opere dell'uomo appaiono in tutta la loro grandiosità. Guarda che



Dall'alto delle Piramidi... © 2007 Digitalglobe



Piattaforme petrolifere nella baia di Maracaibo, Venezuela.
Immagine COSMO-SkyMed, © 2007 ASI

arabeschi disegnano le nuvole sopra delle isolette sperdute nell'oceano! E come splendono le piramidi costruite dagli antichi Egizi! E che dire del labirinto di piattaforme petrolifere nella Baia di Maracaibo in Venezuela, un luogo un tempo famoso per le gesta dei pirati dei Caraibi?

Tu non ci crederai ma ognuno di quei punti bianchi che vedi nella pagina precedente è una piattaforma petrolifera, e dallo Spazio solo il radar di COSMO-SkyMed riesce a vederle.

È un fantastico viaggio attorno al mondo che potrai proseguire collegandoti ai siti delle agenzie spaziali dove troverai mille altre immagini belle come queste e ancora di più.

ADESSO INDOUINA TU...

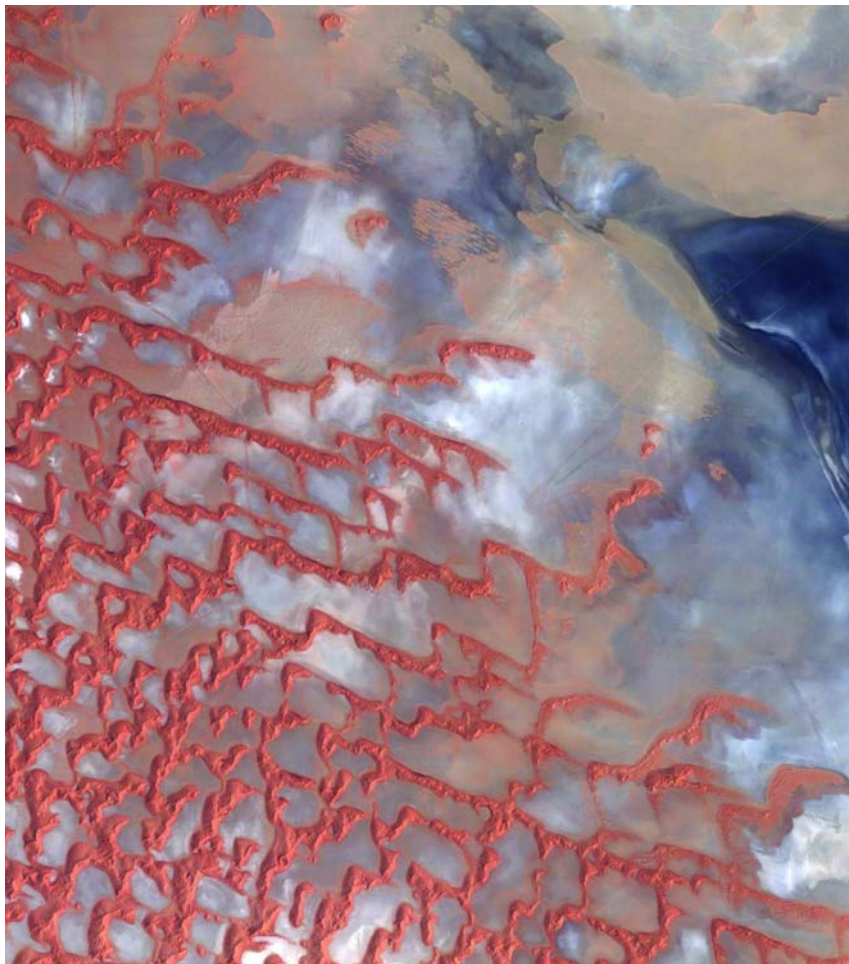
Cosa si vede in queste foto?

Foto 1



- a. campo da baseball a New York
- b. rampa di lancio dello Space Shuttle
- c. parco acquatico in riva al mare

Foto 2



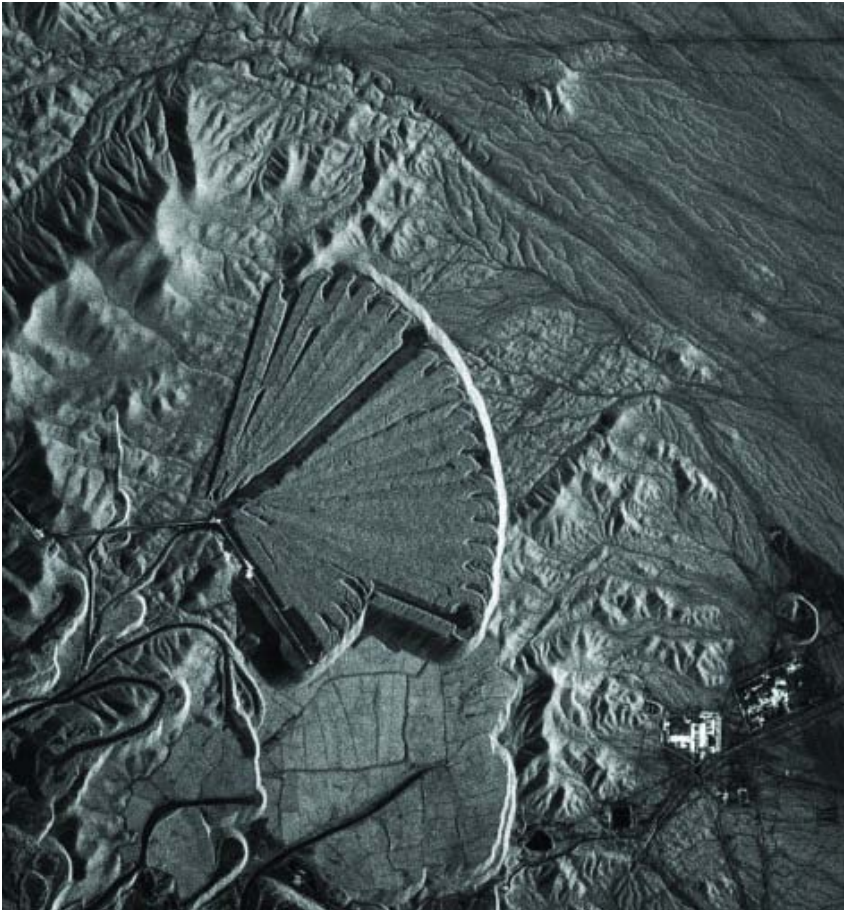
- a. dune nel deserto dell'Oman
- b. banco di coralli alle Maldive
- c. straripamento del fiume Giallo

Foto 3



- a. immagine radar dello stadio Maracanà di Rio de Janeiro
- b. immagine radar dello stadio Olimpico di Roma
- c. immagine radar dello stadio di Wembley di Londra

Foto 4



- a. foto in bianco e nero della Rotonda di Tokyo
- b. immagine a colori della superficie della Luna
- c. immagine radar di una miniera di rame in Cile

Foto 5



- a. il Vesuvio
- b. l'Etna
- c. lo Stromboli

SOLUZIONI

Foto 1: b

Foto 2: a

Foto 3: b

Foto 4: c

Foto 5: a

CREDITS

Si ringraziano le seguenti istituzioni per l'uso delle immagini della Terra da satellite: ESA (European Space Agency), EUMETSAT (European Meteorological Satellites), Eurimage, NASA (National Aeronautics and Space Administration), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), Orbimage, Telespazio.

Le immagini Quickbird/Digitalglobe sono distribuite in esclusiva da Telespazio.

IMMAGINI NELLA RETE

Agenzia Spaziale Italiana:

<http://www.asi.it>

Canale WEB aerospaziale per ragazzi dell'ASI:

<http://www.spazioallescienze.it>

Osservazione della Terra all'Agenzia Spaziale Europea:

<http://www.esa.int/esaEO>

<http://earth.esa.int/ew>

http://www.esa.int/esaCP/ESALURGBCLC_Italy_0.html

<http://www.esa.int/esaKIDSen/Earth.htm> (per ragazzi)

Osservazione della Terra nei centri della NASA:

<http://www.nasa.gov/centers/goddard/earthandsun>

<http://seawifs.gsfc.nasa.gov>

<http://sus.gsfc.nasa.gov>

<http://landsat.gsfc.nasa.gov/images>

<http://asterweb.jpl.nasa.gov/gallery.asp>

<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>

<http://visibleearth.nasa.gov>

I Satelliti Meteorologici:

<http://www.eumetsat.int>

<http://www.noaa.gov>

Gallerie di immagini di varia provenienza:

<http://www.eurimage.com>

<http://www.digitalglobe.com>

<http://www.spotimage.fr>

<http://www.satimagingcorp.com>

<http://www.geog.ucsb.edu>

<http://livingearth.com>

<http://maps.google.it>

INDICE

Iniziamo dall'inizio	5
Guardare e non toccare	7
Dai piccioni ai satelliti artificiali: come osservare la Terra da lontano	
Acqua, Aria, Terra, Fuoco!	22
Le mille e una applicazioni dell'osservazione della Terra	
Sotto il segno del radar	46
La costellazione COSMO-SkyMed e l'avventura dei radar spaziali	
Le sentinelle della Terra	65
Uno sguardo globale al nostro pianeta e ai progetti spaziali futuri	
Adesso indovina tu	85
Soluzioni	90
Immagini nella Rete	91

Ettore Perozzi è nato a Napoli e si è laureato in Fisica a Roma. Ha lavorato all'Istituto di Astrofisica Spaziale del CNR, all'Agenzia Spaziale Europea, all'Osservatorio di Parigi ed è attualmente alla Telespazio (Roma). Si occupa di meccanica celeste, esplorazione del sistema solare e divulgazione scientifica. Ha pubblicato:

E. Perozzi, *Il Cielo Sotto la Terra* – in viaggio nel Sistema Solare, Edizioni Lapis 2005, finalista al premio “Un Libro per l'Ambiente 2006”.

A. Celletti - E. Perozzi, *Celestial Mechanics* – The Waltz of the Planet, Springer Praxis 2007, (in inglese).

A. Celletti - E. Perozzi, *Ordine e Caos nel Sistema Solare*, UTET 2007, finalista al premio Galileo 2008.

Per l'Agenzia Spaziale Italiana ha scritto per ragazzi:

E. Perozzi - A. Parisi, *Extra-terrestri* – Gli Astronauti e la Stazione Spaziale Internazionale. ASI 2007.

Anna Parisi è nata a Roma dove si è laureata in Fisica. Ha lavorato 10 anni nella ricerca e adesso si occupa di comunicazione della scienza collaborando alle attività dell'Associazione Culturale formaScienza. Ha ideato la collana di scienza per ragazzi “Ah, saperlo!” che nel 2004 ha vinto il premio Andersen come miglior collana di divulgazione e che oggi è tradotta in 9 lingue. In questa collana ha pubblicato:

A. Parisi. *Numeri magici e stelle vaganti* – i primi passi della scienza. Edizioni Lapis 2001, Premio “Un libro per l'ambiente”.

A. Parisi. *Ali, mele e cannocchiali* – la rivoluzione scientifica. Edizioni Lapis 2002.

A. Parisi, A. Tonello. *Il filo conduttore* – l'anticamera dell'atomo. Edizioni Lapis 2003.

A. Parisi, L. Albanese. *Dipende* – Einstein e la teoria della relatività. Edizioni Lapis 2006.

Per l'Agenzia Spaziale Italiana ha scritto per ragazzi:

E. Perozzi, A. Parisi. *Extra-terrestri* – Gli astronauti e la Stazione Spaziale Internazionale. ASI 2007.

Fabio Magnasciutti, illustratore e musicista ha al suo attivo numerosi libri con la casa editrice Lapis e con altri editori. Ha illustrato diverse campagne per le aziende SARAS, ENEL, API, MONTEDISON e altre. Collabora da oltre dieci anni con la Repubblica e dal 1993 al 2005 ha lavorato come docente presso l'Accademia dell'Illustrazione di Roma. Dal 2005 tiene corsi all'Istituto Europeo di Design e nello stesso anno fonda con Lorenzo Terranera la scuola di Illustrazione “Officina b5”.

Ha curato con Alessio Morglia la videografica del programma “Che tempo che fa”.