

IL TELERILEVAMENTO PER L'OSSERVAZIONE DEL NOSTRO PIANETA DALLO SPAZIO (3)

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

Il Monte Etna: un sorvegliato speciale

L'Etna è il vulcano più grande d'Europa e la sua attività conosce ben poche soste, nell'alternarsi di periodi eruttivi e di stagioni di calma apparente. L'ambiente circostante include zone densamente popolate, in particolare lungo la costa, e insediamenti anche in quota, alcuni dei quali possono essere a rischio in caso di fuoriuscita di lava. Vale la pena di notare che, in caso di un'eruzione violenta con emissione di grandi quantità di cenere e lapilli, le conseguenze possono toccare le attività umane più diverse. Questa montagna è tenuta perciò sotto osservazione costante, sia da terra sia dallo spazio, e i dati raccolti sono utilizzati sia per conoscere lo stato attuale del vulcano, sia come informazioni in ingresso ai modelli geofisici per lo studio del vulcano stesso e dei fenomeni associati e per la definizione di attività di pianificazione territoriale e di procedure preventive di protezione civile. Esempi d'elaborazione di dati da satellite si possono trovare in EDUSPACE, il sito web sviluppato dall'ESA per scopi educativi in sei lingue europee <www.eduspace.esa.int>.

Un occhio sul vulcano: le immagini di copertina

La prima di copertina mostra un'immagine multispettrale dell'Etna rilevata dal satellite Landsat-7 il 13 luglio 2001 e visualizzata in *colori veri* (RGB 321), vale a dire un'immagine creata dalla combinazione dei dati delle prime tre bande del sensore ETM di Landsat-7, ponendo nel canale "Red" dello schermo il segnale della Banda 3 (Rosso) dell'ETM, nel canale "Green" la Banda 2 (Verde) e nel canale "Blue" la Banda 1 (Blu). Di conseguenza, l'Etna appare nell'immagine come i nostri occhi lo vedrebbero se lo sorvolassimo dall'alto: vaste aree boschive verso Nord, terreno più arido verso Ovest, il pennacchio alimentato da almeno due bocche eruttive, la città di Catania con il suo grande porto, gli insediamenti costieri quasi ininterrotti, e così via.

Il retro di copertina mostra la stessa immagine, dunque la stessa area osservata, ma visualizzata in *falso colore* (RGB 741), ponendo nel canale "Red" dello schermo il segnale della Banda 7 (Infrarosso Medio) dell'ETM, nel canale "Green" la Banda 4 (Infrarosso Vicino) e nel canale "Blue" la Banda 1 (Blu). Di conseguenza, l'Etna appare nell'immagine in colori artificiali totalmente diversi dalla nostra realtà visiva naturale. Il vantaggio è che, per esempio, l'informazione dell'Infrarosso Vicino è visualizzata nel colore verde e quindi le aree boschive appaiono di colore verde brillante; gli insediamenti urbani appaiono di colore violetto, facilmente identificabili anche lungo la costa, la colata lavica attiva appare rossa, mentre il terreno coperto da vecchie colate appare rosso-marrone, gli specchi d'acqua e il mare appaiono blu, il pennacchio è ben distinguibile dallo sfondo.

2001, un anno difficile

Come altri eventi precedenti e successivi a questa data, l'eruzione dell'Etna nel 2001 è stata seguita anche dallo spazio tramite i rilevamenti e le misure effettuate dagli strumenti imbarcati sui satelliti per l'osservazione della Terra per studiarne i diversi aspetti fisici e chimici. Alcune immagini legate a quell'eruzione sono qui utilizzate per illustrare i benefici di questo approccio metodologico. La Fig. 1 mostra la fotografia della nube eruttiva scattata dall'equipaggio della Stazione Spaziale Internazionale il 22 luglio 2001, quando, a causa del forte vento di maestrale, una pioggia di cenere coprì la città di Catania e l'aeroporto di Fontanarossa dovette essere chiuso. La Fig. 2 illustra il rilevamento dell'eruzione nella banda dell'infrarosso termico, vale a dire l'analisi termica dell'area e del pennacchio, la quale mostra che il fumo, giunto fino a oltre 6 Km d'altezza, è nettamente più freddo del mare, perché sollevandosi in quota si è espanso rapidamente e quindi bruscamente raffreddato. La Fig. 3 presenta invece le misure sulla presenza dei gas atmosferici, in questo caso la concentrazione di SO₂, uno dei gas che contribuiscono al fenomeno chiamato "effetto serra" (riscaldamento dell'atmosfera per l'assorbimento, da parte dei gas presenti, dell'energia termica irradiata dalla Terra verso lo spazio) e che, a livello del suolo, è generato dai fenomeni di combustione nel traffico e nel riscaldamento urbani. Immagini della lava che scende verso Sud in direzione del paese di Nicolosi sono illustrate dalla Fig. 4 (satellite ASTER) e dalla Fig. 5 (satellite Landsat-7), cfr.: <<http://earth.esa.int/ew>>.

Quanta informazione in più dai radar imbarcati sui satelliti europei...

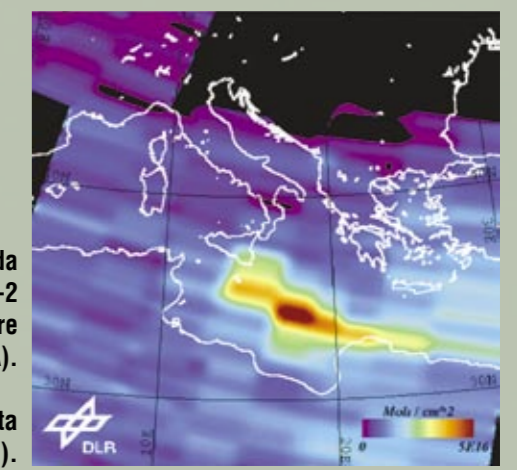
L'entrata in servizio dei radar a bordo di satelliti, il cosiddetto telerilevamento attivo nella banda spettrale delle microonde, ha permesso di poter conoscere ulteriori caratteristiche degli oggetti, quando questi sono illuminati da un fascio d'impulsi radar: la rugosità della superficie illuminata, la sua natura dal punto di vista elettrico (conduttore o meno) e il suo grado di umidità superficiale. L'immagine SAR del Monte Etna (Fig. 6) pone però in evidenza anche le distorsioni geometriche, tipiche del rilevamento radar a causa della visione obliqua (e non verticale come accade nell'ottico): è come se la cima delle montagne fosse stata brutalmente tirata verso il satellite (verso occidente, in questo caso), mentre il fondo valle non si è spostato, cosicché, a volte, nell'immagine generata si ha la sovrapposizione di oggetti (*layover*). L'elaborazione dei dati del SAR è molto complessa e l'immagine finale è costruita in modo totalmente diverso dalle immagini ottiche. Le informazioni che si possono estrarre dalle eco radar ricevute dal satellite sono molteplici e sono complementari ai dati forniti dalle bande ottiche, così da arricchire considerevolmente l'informazione finale. In particolare, si può utilizzare una metodologia chiamata *interferometria*, attraverso la quale si usa la fase (e non l'intensità) dell'eco radar per costruire un *interferogramma*. La Fig. 7 ne mostra uno relativo all'Etna: l'informazione che se ne deriva è legata alla distanza tra il terreno e il satellite, in pratica quindi alla topografia della zona, cosicché dall'interferogramma si può ricavare, con qualche metro di precisione, un accurato Modello Digitale di Elevazione del terreno (DEM o DTM) utilizzando solamente dati telerilevati da satellite. La Fig. 8 illustra il DEM dell'Etna, nel quale si evidenzia la caratteristica Valle del Bove, rivolta a oriente. Per studiare poi le variazioni verticali del terreno si utilizza l'*interferometria differenziale*, che consiste nel confrontare DEM della stessa zona, generati però in tempi diversi: un'eventuale differenza verticale indica uno spostamento in altezza, che può essere calcolato con precisione centimetrica. Animando la sequenza dei vari DEM dell'Etna, ad esempio, si può visualizzare il "respiro del vulcano", cioè i movimenti verticali del terreno legati allo spostamento di magma sotto la crosta superficiale del vulcano.



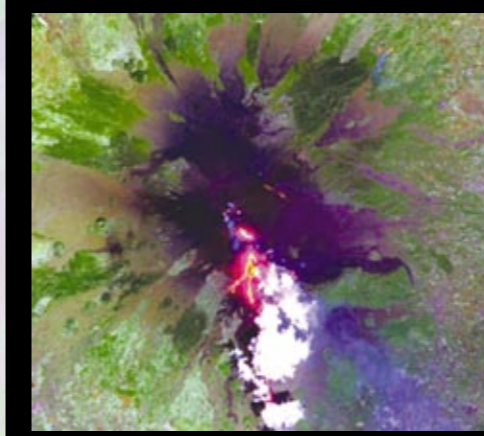
1. 22 luglio 2001: l'eruzione dell'Etna fotografata dalla Stazione Spaziale Internazionale (copyright NASA).



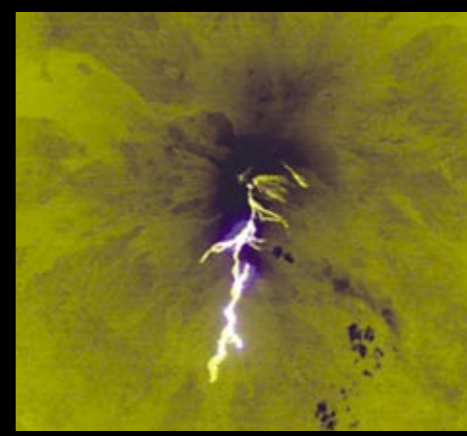
2. (In alto a destra) 24 luglio 2001: il pennacchio di fumo rilevato nella banda dell'infrarosso termico dallo strumento ATSR imbarcato sul satellite ERS-2 dell'ESA; il fumo, che ha raggiunto un'altezza di oltre 6 km, appare più freddo del mare sottostante (ESA).



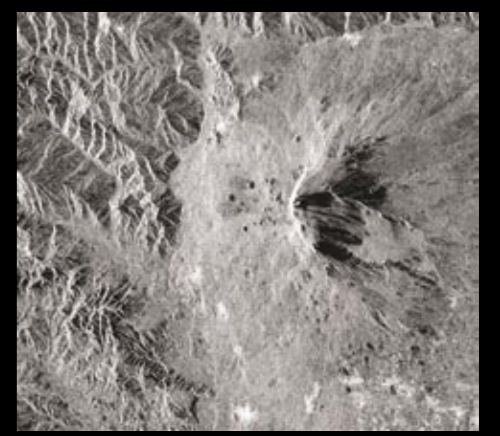
3. (A destra) 22-24 luglio 2001: concentrazione media di SO₂ nel pennacchio, misurata dallo strumento GOME imbarcato sul satellite ERS-2 dell'ESA (cortesia DLR).



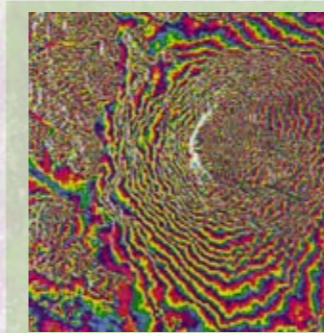
4. 29 luglio 2001: il flusso di lava in avanzamento verso le case di Nicolosi ripreso dal satellite ASTER (copyright NASA).



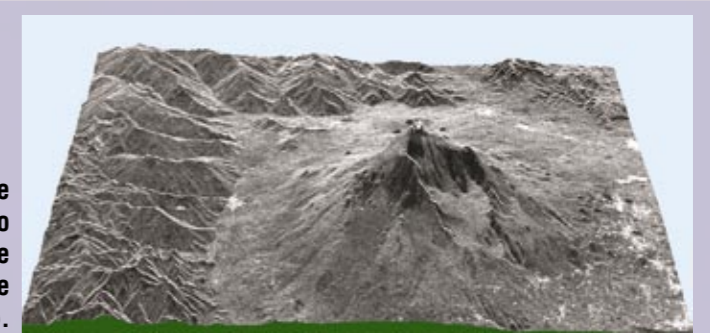
5. 5 agosto 2001: immagine notturna del flusso di lava rilevata dal radiometro ETM imbarcato sul satellite Landsat-7 (ESA-Eurimage).



6. Immagine dell'Etna rilevata di notte dal Radar a Sintesi d'Apertura (SAR) imbarcato sul satellite ERS-1 (ESA).



7. 5 e 6 settembre 1995: Interferogramma dell'Etna derivato dai dati del SAR imbarcato sui satelliti ERS-1 e ERS-2 (ESA).



8. Modello Digitale di Elevazione (DEM) dell'Etna ricavato soltanto dai dati del SAR di ERS-1 e ERS-2 tramite elaborazione interferometrica (ESA).