

# Speciale GEOLOGIA 2007

Rivista bimestrale - anno 11 - Speciale 3/07 - Spec. in abb. postale 70% - Filiale di Roma

# GEO MEDIA

1997 - 2007

La prima rivista italiana di geomatica e geografia intelligente

**Geologia, geofisica e rilievi idrografici**

- ⊙ **Applicazioni geo-informatiche per le Scienze della Terra**
- ⊙ **Web-Mapping e informazioni geologiche**
- ⊙ **L'IIM e l'evoluzione delle tecniche nel rilievo idrografico**
- ⊙ **GEOmedia intervista Pasquale De Santis di INGV**
- ⊙ **Codevintec tra geofisica e geomatica: trent'anni di supporto e ricerca**
- ⊙ **ARP: tecnologie innovative per la conoscenza del territorio**

# L'utilizzo di strumenti GIS per la ricerca geofisica e per la sorveglianza sismica

di **Fawzi Doumaz, Stefano Salvi, Stefano Vinci, Laura Colini**

**L'**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è uno dei tre maggiori centri di ricerca geofisica del mondo. Nelle sue 23 sedi sparse per l'Italia, oltre 400 ricercatori, principalmente fisici, geologi e ingegneri, operano nei settori della sismologia, della neotettonica, della vulcanologia, della geochimica, della fisica dell'atmosfera, del telerilevamento, dei cambiamenti climatici e della protezione dell'ambiente.

L'INGV costruisce e gestisce numerose reti di monitoraggio a livello nazionale e regionale per lo studio dei fenomeni geofisici, geologici e geochimici. Componente del servizio nazionale di protezione civile, gestisce i servizi di sorveglianza sismica e vulcanica in convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile. La quasi totalità dei dati prodotti e analizzati all'INGV è di tipo territoriale, ovvero distribuito geograficamente sulla superficie della Terra (ad es. elementi neotettonici) oppure al suo interno (ipocentri di terremoti) o ancora nell'atmosfera che la circonda (sondaggi elettrici verticali). Spesso si tratta di dati che hanno anche un'evoluzione nel tempo, rappresentabili quindi con serie temporali discrete (campionamenti geochimici) o quasi continue (misure GPS).

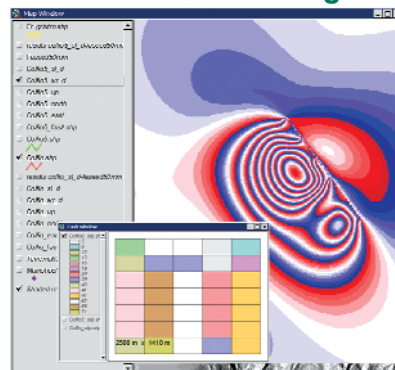
Nel presente articolo verranno brevemente presentate le attività di organizzazione e analisi dei dati svolte all'INGV per mezzo di Sistemi Informativi Geografici (GIS) e di tecniche per la condivisione del dato geografico.

Negli ultimi anni e di pari passo con la sua evoluzione e crescita scientifica l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha conosciuto un forte sviluppo nell'utilizzo e nel trattamento dei dati numerici riguardanti i molteplici settori di ricerca che sono stati via via implementati. La capacità di elaborare, confrontare, sovrapporre, intersecare vari set di dati tra loro costituisce un Sistema organizzato di dati che con l'aggiunta della dimensione spaziale (ovvero Geografica) di riferimento costituisce un GIS. La varietà e il numero dei dati prodotti nelle diverse ricerche svolte presso l'INGV e la necessità di conservare o creare la relazione spaziale tra essi ha reso indispensabile l'implementazione e l'utilizzo dei sistemi geografici. I GIS sono ormai utilizzati dall'INGV non solo per la gestione e

rappresentazione ma anche nella fase di analisi ed interpretazione dei dati. Vengono creati quindi dei veri e propri GIS di ricerca, per ottimizzare la modellazione integrata dei vari dati geologici, geofisici, ambientali, telerilevati, ecc.

Le applicazioni dell'utilizzo dei GIS riguardano sia i campi di ricerca di competenza dell'INGV sia servizi veri e propri che l'Istituto si impegna ormai da anni a garantire ad utenti istituzionali competenti quali la Protezione Civile, le Forze Armate, ecc. Per quanto riguarda applicazioni più strettamente scientifiche, si spazia dalla gestione delle ingenti e quantità di dati acquisiti direttamente sul campo, alla loro visualizzazione sinottica, fino ad arrivare alla loro manipolazione e interpretazione. A seguire tenteremo di dare qualche esempio di sistemi GIS realizzati dall'INGV per coprire bisogni sia scientifici che di servizio.

## I GIS come strumenti per la ricerca II Dislocation Modeling Tool (DIMOT)



Si tratta di un'applicazione sviluppata nel 2001 per la piattaforma ArcView 3.2 di ESRI, attualmente in fase di conversione per ArcMap 9.2. DIMOT è uno strumento che consente, attraverso

*Una schermata dal Dislocation Modeling Tool (DIMOT)*

una serie di programmi in Avenue e IDL (RSI), di creare dei modelli di dislocazione su faglie sismiche con superficie planare complessa.

Utilizzando le interfacce grafiche e gli strumenti di disegno di ArcView, l'operatore traccia la linea che rappresenta il bordo superiore del piano di faglia. A partire da essa vengono definite le dimensioni del piano e la sua orientazione nella crosta terrestre. L'operatore può anche definire un pattern di scorrimento non uniforme per tutto il piano, discretizzando lo stesso in una griglia di elementi che può selezionare e a cui può attribuire valori differenti di scorrimento (*slip*). Dopo avere generato i parametri del modello (incluso il modulo di rigidità?) attraverso le interfacce grafiche, viene lanciato in un processo esterno un programma scritto in IDL, tramite il quale vengono risolte le equazioni per il calcolo del campo di deformazione superficiale in un semispazio elastico isotropo ed omogeneo (Okada, 1985). Il codice in IDL calcola, con una risoluzione spaziale definita dall'utente, lo spostamento della superficie dovuto alla dislocazione impostata dall'operatore sulla faglia. Il prodotto finale sono delle mappe raster dello spostamento del suolo in superficie per le tre componenti Est, Nord, e Verticale. L'operatore può scegliere di calcolare anche mappe di spostamento del suolo per le direzioni di vista dei satelliti ERS in orbita ascendente e discendente, e una rappresentazione dell'interferogramma SAR differenziale simulato. Alla fine del calcolo, il processo IDL viene chiuso e le mappe vengono importate nel GIS come grid ESRI per essere confrontate con i dati osservati.

DIMOT viene utilizzato per la modellazione diretta (tramite una procedura di *trial and error*) delle deformazioni effettivamente osservate al suolo dopo un forte terremoto. Utilizzando le capacità grafiche dell'interfaccia GIS, è infatti possibile generare in modo molto rapido numerosi modelli di faglia, calcolare la deformazione del suolo che il modello produce e confrontarla con le misure di spostamento del suolo provenienti da Interferometria SAR Differenziale o GPS. Il geofisico potrà quindi ricercare il modello della sorgente sismica che meglio approssima le osservazioni.

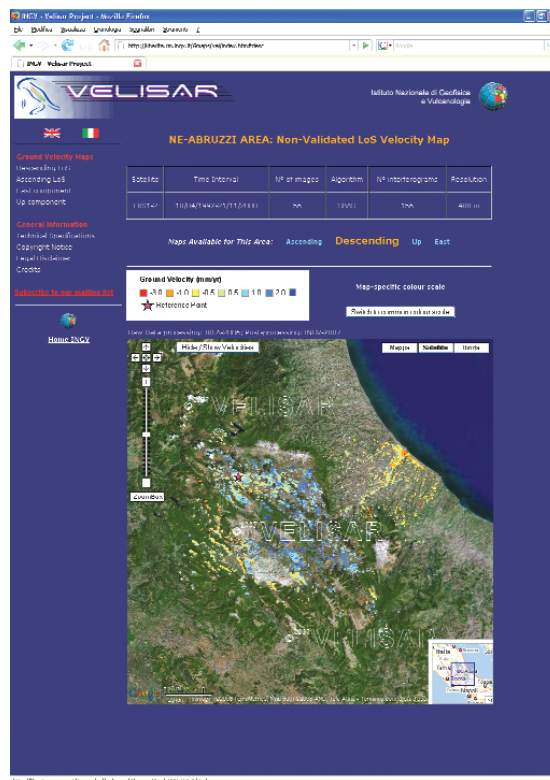
La possibilità di visualizzare nella stessa interfaccia anche i dati sismici in 3D (coordinate e profondità), permette di fissare ulteriori vincoli al modello (ad esempio il piano di faglia deve contenere l'ipocentro del terremoto principale, la sua orientazione deve seguire il *pattern* delle repliche) e in generale rende più efficiente il processo di modellazione e più rapida la ricerca di una sorgente realistica.

### Mappe di Velocità del suolo da Interferometria SAR-VELISAR

VELISAR è una iniziativa dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia finalizzata alla mappatura ad alta risoluzione della deformazione crostale di tutte le aree sismogenetiche italiane. A tale scopo sono utilizzati dati satellitari multitemporali elaborati mediante le tecniche di *Synthetic Aperture Radar Interferometry* (InSAR) da INGV, IREA-CNR e TeleRilevamento Europa srl. Le mappe di velocità del suolo ottenute con le tecniche SBAS e PS (Ferretti et al., 2001), dopo un processo di validazione eseguito con dati GPS, livellazioni ottiche e studi di tettonica attiva, saranno utilizzate per la

modellazione del ciclo sismico di accumulo e rilascio dello sforzo tettonico. I risultati della modellazione forniranno un contributo importante alla valutazione della pericolosità sismica.

La diffusione delle mappe di velocità del suolo presso la comunità scientifica ed il pubblico in generale, costituisce uno dei principali scopi dell'iniziativa VELISAR. Tale obiettivo è perseguito attraverso un sito Web sul quale è possibile visualizzare le mappe che progressivamente vengono aggiunte.



Pagina web del progetto Velisar

<http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/vell/index.htm>

### I GIS come strumenti di servizio SISMAT

SISMAT è nato nel 2002 per permettere agli operatori INGV della sala di sorveglianza sismica (attivo 24su 24) di avere un controllo veloce sull'andamento della sismicità in tempo reale.

SISMAT un'applicazione interattiva in grado di comunicare con il sistema di localizzazione in tempo reale dei terremoti. SISMAT dà l'allarme appena avvenuto un evento sismico intercettato dalla rete sismometrica nazionale. Esso agisce come un pannello di controllo permettendo di lanciare una serie di altre applicazioni per la revisione della soluzione ipocentrale, inserire i risultati in un database, mandare e-mail alle autorità di competenza, aggiornare pagine web per il grande pubblico ecc. SISMAT è un'applicazione GIS a tutti gli effetti, completa di strumenti che permettono una visualizzazione di dati multitematici, interrogazioni spaziali, esportazione e stampa delle mappe. Queste operazioni tipiche di un'applicazione GIS, permettono agli operatori di mettere l'evento sismico in contesti diversi (storici, sismotettonici, ecc.) facilitando l'interpretazione

delle eventuali cause e sorgenti all'origine dell'evento.

SISMAP comunica a basso livello con il sistema di localizzazione usando i *socket* tramite TCP/IP. Il software è in continuo ascolto su una porta prestabilita e riceve segnali ogni 20 secondi dal sistema centrale dove viene informato dalla sua esistenza. Questo processo assicura che l'acquisizione sia operativa: all'avvenimento di un evento sismico il sistema centrale manda un messaggio via socket a SISMAP, che genera un segnale sonoro e visivo per attirare l'attenzione dell'operatore. Dal messaggio inviato, SISMAP estrae delle informazioni che servono alla rappresentazione grafica del sisma ovvero localizzazione epicentrale, magnitudo, le stazioni sismiche che lo hanno individuato, ecc.

La scelta dei socket e del TCP/IP come veicolo di comunicazione permette al programma di essere installato su qualsiasi postazione di lavoro e dovunque geograficamente. E' necessario solo che sia installato su un computer in grado di vedere la rete LAN dove gira il localizzatore. Questa flessibilità è stata voluta per poter installare SISMAP in condizioni estreme anche in campagna, in posti d'emergenza, scuole, mostre, e così via.

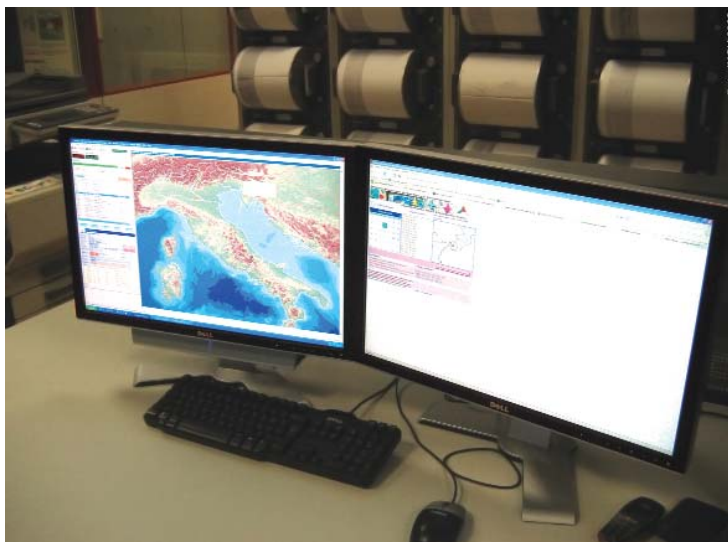
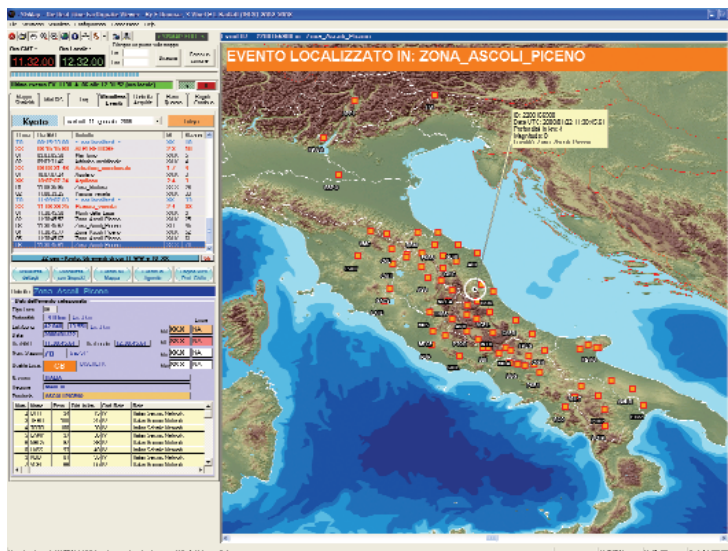
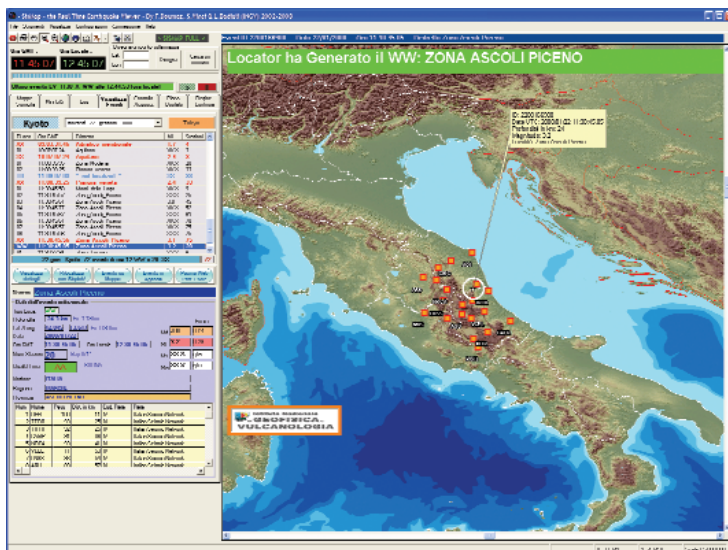
Un altro motivo per la scelta dei socket, è che bastano poche modifiche al codice per adattarsi a qualsiasi sistema d'acquisizione che produce dati che hanno bisogno di essere rappresentati nello spazio geografico.

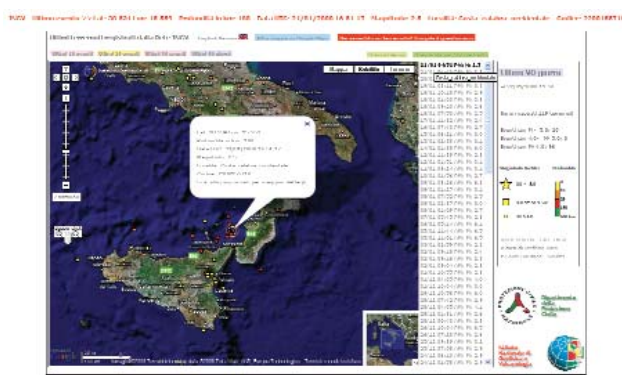
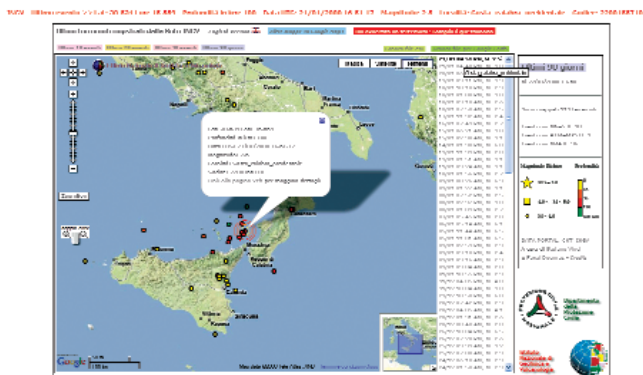
SISMAP è capace di leggere le stesse informazioni di localizzazione da file ascii o banche dati relazionali: questo aspetto gli permette di sfogliare i dati storici.

**L'ambiente di lavoro SISMAP**

Quasi tutte le procedure di sorveglianza sismica vengono svolte dall'INGV all'interno di un ambiente di lavoro informatizzato denominato SISMAP, basato su una interfaccia GIS. attraverso questa interfaccia, l'operatore sismologo dispone di un pannello di controllo tramite il quale può visualizzare in tempo reale gli eventi sismici registrati e localizzati dalla rete nazionale, le stazioni sismologiche chi lo hanno intercettato, in oltre e possibile eseguire delle applicazioni per la revisione e la ri-localizzazione degli eventi, visionare i dettagli delle forme d'onde, visualizzare svariati strati informativi territoriali, produrre i report, popolare la banca dati degli eventi, aggiornare la pagina Web dell'INGV in cui compare l'evento, comunicare l'evento se superiore alla soglia, via mail, SMS e fax, ecc.

*Nelle figure in alto due schermate da SISMAP; in basso il software come installato in sala controllo*





Due schermate dal Geoserver dell'INGV, per l'archiviazione e la distribuzione di dati geografici georeferenziati

## Geoserver

Geoserver è un progetto di archiviazione e distribuzione di dati geografici georeferenziati all'interno dell'INGV. La nascita di Geoserver è dovuta alla necessità da parte dei ricercatori di poter disporre di basi cartografiche sulle quali mappare il risultato dei loro lavori (ad esempio carte topografiche alle varie scale) e di dati geografici da utilizzare per elaborazioni intermedie (modelli digitali del terreno - <http://kharita.rm.ingv.it/Gmaps/gsr/index.htm>).

Geoserver è un server in continua crescita, e contiene dati sia in formato raster che vettoriale nei formati GIS più comuni e in diversi datum. Sono presenti sia prodotti di proprietà intellettuale INGV come i vari cataloghi sismici sia di altri enti come l'Istituto Geografico Militare Italiano, sia dati pubblici scaricabili online dalla rete.

L'accesso a Geoserver è possibile attraverso una pagina web che sfrutta la cartografia di Google Maps per facilitare il download dei file geografici di interesse. Sopra questa base, sono stati costruiti dei poligoni che definiscono le estensioni delle carte da scaricare, ed al centro di ciascun poligono è presente un punto al click del quale si apre un popup con i link necessari per scaricare i dati geografici. Il download è limitato al personale INGV e richiede un'autenticazione.

## Conclusioni

In realtà una buona parte delle attività di analisi svolte dai ricercatori dell'INGV si presterebbe ad essere svolta all'interno di ambienti GIS. Presso l'INGV i sistemi GIS sono ormai entrati nell'uso comune per le attività di supporto a servizi di gestione e visualizzazione dati sia interni che esterni. La diffusione dei sistemi GIS come strumenti di lavoro per la comunità scientifica è tuttavia un processo che incontra ancora delle resistenze. Ma gli utenti sono a volte scoraggiati dall'apparente complessità del nuovo strumento e dalla scarsa propensione ad abbandonare prodotti o tecniche già in uso, ancorché non in grado di assicurare le stesse capacità (ad esempio GMT per la generazione di mappe e software grafici generici). Per superare queste difficoltà è necessario fornire agli utenti un supporto tecnico e formativo costante e qualificato. Esso è essenziale per far sì che lo strumento GIS possa essere utilizzato dai ricercatori, non solo come una piattaforma di visualizzazione e gestione di dati cartografici, ma anche come ambiente di analisi.

Quest'ultimo obiettivo richiede infatti delle capacità di programmazione e integrazione di modelli e algoritmi nel GIS, che il ricercatore difficilmente può affrontare in autonomia.

Il GIS in tutte le sue forme d'utilizzo (applicazioni standalone, Web-Gis, ecc.) con il passare del tempo è mutato da un semplice strumento a un concetto. Ha imposto una pianificazione e preparazione anticipata per quanto riguarda il dato da utilizzare in tutti i suoi formati. Il GIS ha contribuito al miglioramento della qualità del dato, alla sua diffusione in formato digitale georeferenziato e spesso completo di metadati. Il GIS ha contribuito a creare e diffondere una cultura cartografica digitale che ha avvicinato l'utilizzatore dalle problematiche di sistemi di proiezione, scale, risoluzioni. Il GIS sta contribuendo alla creazione di un patrimonio cartografico digitale mondiale che con il supporto di internet permette un magnifico scambio di dati.

## Bibliografia

Fawzi Doumaz, Lucio Badiali, 2006, *SisMap: A Real-Time Tool for Earthquake Monitoring* - ESRI International User Conference San Diego USA.

Berardino, P., G. Fornaro, R. Lanari, and E. Sansosti, (2002) - *A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms*, IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 40 2375-2383.

Ferretti A., C. Prati, F. Rocca, *Permanent Scatterers in SAR Interferometry*, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 39, 1, 2001.

Okada, Y, 1985, *Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space*, Bull. Seismological Society of America, 75, 1135-1154.

C. Tolomei, S. Atzori, S. Salvi, F. Doumaz, 2002, *DIMOT: a GIS tool for modelling surface displacement due to fault dislocation*. Pubblicazione interna INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Rome - Italy

## Autori

FAWZI DOUMAZ ([doumaz@ingv.it](mailto:doumaz@ingv.it)), STEFANO SALVI, STEFANO VINCI, LAURA COLINI

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia  
Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma Italia



## Dalla ricerca, alla protezione del territorio e della popolazione: GEOmedia intervista Pasquale De Santis dell'INGV

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, dall'alto della sua definizione, sembra più un organismo di ricerca scientifica o un dipartimento universitario che un organismo della centrale dello Stato.

Adibito alla sovrintendenza e a diversi compiti nel campo della sicurezza nazionale, l'INGV affronta problemi reali quali terremoti, eruzioni vulcaniche, dissesti del territorio e tutte le tipologie di eventi naturali ad essi correlati. L'Istituto si compone di molteplici volti ed aspetti organizzativi di importanza capitale, sia per il lavoro sul campo che per la ricerca scientifica cui ci si dedica quotidianamente. Grazie alle parole del dr. Pasquale De Santis, componente dell'Ufficio di Presidenza dell'INGV, la nostra rivista ha il privilegio di conoscere quali sono le attività salienti dell'INGV e la sua organizzazione, all'interno di questo mondo fatto di ricerca e prevenzione.

**GEOmedia – L'attività pratica, la missione e l'importanza dell'INGV è ben conosciuta dagli esperti del settore ma scarsamente dai *profani*. Può raccontarci in generale l'organizzazione e gli obiettivi, gli uomini e i dipartimenti significativi dell'INGV?**

**Pasquale De Santis** – L'INGV è una struttura di ricerca scientifica, controllata dal Ministero della Ricerca Scientifica ed

**“Oggi l'Istituto ha raggiunto vertici internazionali, e rappresenta l'eccellenza della ricerca italiana”**

è autonomo. Oggi l'Istituto ha raggiunto vertici internazionali, e rappresenta l'eccellenza della ricerca italiana nel settore dei vulcani, dei terremoti e praticamente su tutta l'attività di geofisica, grazie all'operato del prof. Enzo Boschi, presidente dell'INGV.

L'organizzazione vede un presidente, un consiglio direttivo, una direzione generale, poi ci sono le direzioni delle varie sezioni. Le varie sezioni si occupano di sismologia, vulcanologia, di cambiamenti climatici, di geomagnetismo e poi ci sono le attività, diciamo così, tecnologiche a supporto dal momento che può succedere che alcune delle apparecchiature a noi necessarie, che non sono reperibili sul mercato, vengono studiate e realizzate internamente.

Per conto della Protezione Civile gestiamo la rete sismica e vulcanica italiana. In caso di evento, in un minuto circa, allertiamo la Protezione Civile, dando indicazione sulla localizzazione dell'evento e trasmettendo i dati ad esso connessi. Queste informazioni sono fondamentali perchè la Protezione Civile possa stabilire lo scenario con una ipotesi dei danni e quant'altro sta accadendo sul territorio.

Un obiettivo generale, essendo un centro di ricerca è sicuramente, da un lato quello di approfondire le ricerche in materia di geofisica e dall'altro quello di fornire servizi di allarme sismico e vulcanico.

**GEOmedia - Una delle attività dell'INGV è dunque quella di gestire diverse reti di monitoraggio e di allarme per gli eventi sismici. Come si sviluppa il processo su questa importante attività?**

**De Santis** – L'INGV ha oltre 200 stazioni sparse in tutta Italia. Questo monitoraggio, che viene effettuato 24 ore su 24, raccoglie le informazioni su tutto il territorio italiano. In caso di terremoto, viene fatta immediatamente l'analisi e la comunicazione delle informazioni alla sala operativa della Protezione Civile nazionale.

Ma il lavoro dell'INGV non termina con questo supporto operativo. Infatti c'è una importantissima attività, anche dal punto di vista scientifico, attuata attraverso il monitoraggio su tutto l'andamento delle scosse.

In conclusione il nostro compito è quello di fare ricerca scientifica, monitoraggio del territorio ed informare la Protezione Civile di tutto ciò che sta accadendo: questa è anche la catena del processo.

**GEOmedia - Le attività INGV hanno il loro punto di forza anche su progetti innovativi e di ricerca. Che peso hanno rispettivamente dentro l'INGV i settori operativi e quello della ricerca?**

**De Santis** – La vera mission dell'Istituto è quella di fare ricerca sulla geofisica, senza tralasciare tutti gli altri settori collegati, compreso quello dei cambiamenti climatici.

Inoltre, come già detto, prima di sviluppare qualcosa

internamente guardiamo al mercato, collaborando con le aziende; se, poi, non troviamo un prodotto o un'apparecchiatura, sviluppiamo internamente ciò che ci serve. Ad esempio, i software della sala sismica, pur avendo utilizzato dei prodotti di base acquistati sul mercato, sono stati adattati alle nostre esigenze. Diciamo che è una ricerca mista, è un po' di ricerca applicata e ricerca di base: sull'applicazione delle basi teoriche fornite dall'Istituto scaturiscono risultati molto importanti; ricordo ad esempio che i dati sismici per la nuova normativa sismica sono frutto dell'attività sviluppata dall'Istituto.

Certo è, che i nostri standard sono molto alti, quindi siamo molto esigenti nelle richieste ai vari partner. Ciò implica una formazione interna di alto livello, che ci proviene anche dalla forte collaborazione con le università, collaborazione dalla quale non si può prescindere.

**“...i nostri standard sono molto alti, siamo molto esigenti nelle richieste ai vari partner.”**

**GEOmedia – Quali sono i progetti su cui l'INGV è attivo al momento?**

**De Santis** – I progetti sono quelli inerenti i nostri obiettivi. Tra quelli legati alla geofisica, partecipiamo in tantissimi progetti ed a vari livelli. Così, ad esempio, siamo impegnati in progetti per lo studio delle calamità naturali, come gli tsunami, in tutto il mondo. Siamo impegnati nel settore dei grandi cambiamenti climatici, oppure, sempre a titolo di

esempio, alcuni dei nostri ricercatori sono andati a studiare il terremoto a Creta. Inoltre, un altro settore dell'Istituto che si occupa della geochimica, effettua monitoraggi in Piemonte, in Umbria, nei vari vulcani, Etna, Vesuvio, Stromboli, etc. Abbiamo installato delle stazioni sia sismiche che vulcaniche sul Nyiragongo, in Congo... siamo sparsi un po' in tutto il mondo insomma, ed abbiamo avviato molte collaborazioni.

**GEOmedia – Capita mai che ci siano ricadute commerciali lavorando nel settore della ricerca e dello sviluppo?**

**De Santis** – Sicuramente. Per esempio ci possono essere sui sensori, sui sensori del geomagnetismo. Il progresso fatto sui sensori sismici, sui sensori che vengono sviluppati continuamente per la geochimica. C'è sempre un'evoluzione, si cerca sempre di progredire, bisogna avere il massimo della tecnologia. Si cerca quindi di prendere il meglio che c'è sul mercato per un determinato scopo ed è positivo notare quanto le aziende italiane siano preparate nei settori di cui ci occupiamo.

Abbiamo ottimi partner, a rappresentanza dell'eccellenza italiana; secondo me l'Italia può dare moltissimo, sebbene venga tante volte penalizzata. Ci sono tante difficoltà, ma l'azienda italiana è un'azienda di alto livello. Il livello produttivo italiano è quello dell'eccellenza, ed il paese deve produrre entro questi termini per essere competitiva: lo dimostrano le esperienze nell'alta moda, la Ferrari le tecnologie hi-end, nella cucina, in alcuni settori della ricerca. In Italia c'è anche molto da migliorare... bisognerebbe cominciare cercando di premiare chi va bene e penalizzare chi fa il furbo.

*A Cura della Redazione*



*Immagine cortesia del dott. Piergiorgio Scarlato*

**ENTRA A FAR PARTE DEL FUTURO**



**STRUMENTI DI MISURA  
PER TOPOGRAFIA  
ED INGEGNERIA**

Assistenza tecnica, certificazione e rettifiche  
strumenti ottico meccanici ed elettronici



Rilascio di certificato metrologico secondo le norme ISO9001-2000.



Eurotec S.n.c.  
P.le Lubiana, 11a  
43100 Parma  
Tel. +39.521.244811  
Fax +39.521.241565  
eurotec@eurotecparma.com  
www.eurotecparma.com



Partner Di Distribuzione Autorizzato