

B - Osservazione sistematica e rappresentazione analitica del campo magnetico terrestre e delle sue variazioni spazio temporali

La Terra è sede di un campo magnetico naturale che è presente sin quasi dall'inizio della storia del nostro pianeta, ne esiste infatti testimonianza in rocce magnetizzate antichissime (più di tre miliardi di anni). La comprensione delle modalità di generazione e mantenimento del campo geomagnetico nel nucleo fluido terrestre, rappresenta uno dei grandi problemi irrisolti della Scienza. Il campo magnetico della Terra viene influenzato anche da fenomeni di origine solare come ad esempio il vento solare e i brillamenti, rappresentando un fenomeno geofisico di grande rilievo anche nelle indagini delle relazioni Sole-Terra. Per lo studio del campo geomagnetico, effettuato sistematicamente in Italia dall'ING da diversi decenni, sono in funzione due Osservatori Geomagnetici e la Rete Magnetica Nazionale. Gli Osservatori: L'Aquila e Castello Tesino (TN), sono le località nelle quali viene garantita la registrazione continuativa del livello assoluto delle componenti del campo geomagnetico. Tali misure permettono lo studio del dettaglio dell'evoluzione del campo magnetico terrestre a varie scale temporali. La Rete Magnetica Nazionale è invece materializzata da un insieme di località prefissate su cui periodicamente vengono effettuate misure assolute del campo magnetico terrestre a diverse epoche rioccupando esattamente la stessa posizione (ordinariamente ogni 5 anni); tali misure permettono studi di variazione secolare, modellazione matematica del campo e produzione di cartografia magnetica. Le due attività sperimentali si complementano tra loro per fornire l'informazione più completa possibile sull'evoluzione attuale del fenomeno.

Le ricerche scientifiche che si svolgono su questi dati, anche integrati a scala planetaria dai contributi delle altre nazioni, hanno diversi obiettivi. Tra questi riveste primaria importanza la separazione dei contributi di origine interna ed esterna per indirizzare le ricerche nei due rispettivi campi. Il contributo esterno è di fondamentale importanza per la definizione di una meteorologia spaziale. Per ciò che concerne il contributo interno, la separazione tra il contributo crostale e quello che trova origine nel nucleo, permette l'individuazione di due ulteriori ambiti d'indagine. Nel primo ambito, lo studio della crosta con metodologie magnetiche consente di dedurre l'andamento in profondità sia della magnetizzazione (metodi magnetostatici) che della conducibilità elettrica (metodi magnetovariazionali) in quest'ultimo caso permettendo di estendere lo studio fino al mantello superiore. Per ciò che concerne lo studio dei fenomeni dinamici che coinvolgono il nucleo terrestre e che sono alla base della dinamo geomagnetica, uno dei grandi problemi aperti del geomagnetismo del profondo interno della Terra, le variazioni spazio temporali del campo osservate in superficie sono studiate per dedurre

configurazione e caratteristiche dei moti fluidi responsabili della variazione secolare. L'estensione delle analisi sulle inversioni di polarità del campo magnetico terrestre consente la descrizione del cambiamento della configurazione della dinamica interna del nucleo fluido che si verifica nel corso di un'inversione magnetica. Il nostro gruppo è anche impegnato in una migliore formulazione delle espressioni matematiche che caratterizzano il campo geomagnetico e dei coefficienti ad esse associati. Nelle ricerche recenti hanno avuto un notevole impulso sia in termini di analisi spaziale che temporale, le nuove formulazioni di analisi armonica su calotta sferica e lo sviluppo di tecniche lineari e non lineari, nell'ambito della teoria del caos e dei frattali.

Bibliografia essenziale e recente:

Barracough, D. R. e A. De Santis (1997). Some possible evidence for a chaotic geomagnetic field from observational data. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 99, 207-220.

De Michelis P., G. Consolini, A. Meloni (1998). Sign singularity in the secular acceleration of the geomagnetic field, *Physical Review Letters*. 81, 5023-5026.

De Michelis P., L. Cafarella e A. Meloni (1998). Worldwide character of the 1991 geomagnetic jerk. *Geophysical Research Letters*. 25, 377-380.

Chiappini, M., Von Frese, R.R.B. e J. Ferris (1998). Effort to develop Magnetic Anomaly Database Aids Antarctic Research. *EOS Trans. Am. Geophys. Union*, Vol. 79, N. 25, 290.

De Santis, A. e D. R. Barracough (1997). A Fractal Interpretation of the Topography of the Geomagnetic Scalar Potential at the Core-mantle Boundary. *Pure and Applied Geophysics*, 149, 747-759.

De Santis, A., C. Falcone e J. M. Torta (1997). SHA vs. SCHA for Modelling Secular Variation in a Small Region Such as Italy. *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity*, 49, 359-371.

C - Osservazione sistematica ed analisi fisica dell'alta atmosfera e della sua variabilità

L'Istituto Nazionale di Geofisica è attualmente l'unica istituzione scientifica in Italia che dal 1949 compie misure continue e sistematiche dei fenomeni ionosferici attraverso i due Osservatori Ionosferici di Roma e Gibilmanna (PA). I risultati di queste osservazioni sono inviati regolarmente ai *World Data Centers* contribuendo alla sinottica ionosferica del pianeta. Recentemente, un terzo Osservatorio Ionosferico è stato installato a Baia Terra Nova (1993), nella base italiana in Antartide.

La stazione Ionosferica di Roma è stata equipaggiata nel 1997 con una nuova ionosonda digitale inserita in una rete di stazioni ionosferiche *on-line* distribuite sul globo terrestre e raggiungibili via internet. Tale strumento consente non solo l'interpretazione automatica degli ionogrammi e l'inversione ad altezze vere del profilo di densità elettronica, ma anche una serie di attività sperimentali quali ad esempio la misura dei venti termosferici e di deriva del plasma ionosferico.

Le osservazioni ionosferiche sono utilizzate non solo per scopi di ricerca scientifica ma anche per la produzione delle previsioni per la radiopropagazione ad onda corta via ionosfera, pubblicate mensilmente, con due mesi di anticipo. Le previsioni ionosferiche sono inviate regolarmente al Ministero della Difesa, al Ministero dell'Interno e alla Protezione Civile per la pianificazione dei radiocollegamenti. In particolare, il Ministero della Difesa è divenuto negli ultimi anni il maggiore utente del servizio di previsioni ionosferiche, soprattutto in coincidenza dei sempre più numerosi impegni delle Forze Armate italiane in zone al di fuori dei confini nazionali. Previsioni ionosferiche a cortissimo termine o "*day-to-day forecasting*" sono prodotte in collaborazione con il centro europeo costituito recentemente presso il RAL (*Rutherford-Appleton Laboratory*, England) e con lo *Ionospheric Prediction Service* australiano inviando in tempo reale alcuni parametri di sondaggio ionosferico sulla base dei quali opportuni modelli sono in grado di fornire mappe delle condizioni ionosferiche sulla regione Europea e disponibili via Internet.

Le attività di ricerca teorica nel campo della fisica dell'alta atmosfera ionizzata riguardano lo sviluppo di particolari algoritmi per la modellazione regionale e globale dei parametri del plasma ionosferico in relazione alle attività solare e magnetosferica, con particolare riferimento alle medie ed alte latitudini. Studi sulla variabilità a lungo e corto termine vengono condotto al fine di indagare possibili effetti di cambiamento globale ed effetti di disturbi transionosferici per le comunicazioni satellitari. Riguardo all'attività di ricerca sperimentale nella fisica dell'alta atmosfera ionizzata sono condotti studi su un nuovo sistema HF-Doppler per la misura della velocità di deriva del plasma ionosferico tale da consentire una

maggiore comprensione dei fenomeni dinamici e della propagazione delle onde atmosferiche di gravità. E' in fase avanzata di progettazione un nuovo apparato per il sondaggio ionosferico verticale caratterizzato da una notevole semplicità di costruzione, un basso livello di potenza emessa e un costo molto limitato. Al sistema *hardware* si unisce l'impiego di un *software* altrettanto semplificato per l'interpretazione automatica delle registrazioni ionosferiche rendendo tale apparato facilmente replicabile in una rete a dimensioni continentali.

Bibliografia essenziale e recente:

Bourdillon, A., G. De Franceschi, B. Zolesi e Y. Le Roux (1999). Improvements in target ranging by HF radar using the european ionospheric model PRIME. *Physics and Chemistry of the Earth*, Vol.24, No.4, 305-310.

De Santis, A., G. De Franceschi e L. Perrone (1997). Spectral and Fractal Analyses of Geomagnetic and Riometric Antarctic Observations and a Multidimensional Index of Activity. *Journal of Atmospheric and Terr. Physics*, 59, 073-1085.

Lastovicka, J., D. Pancheva, D. Altadill, E. A. Benediktov, J. Boska, J. Bremer, M. Dick, K. Ingarashi, P. Mlch, B. A. de la Morena, Z. T. Rapoport, V. A. Vykhirev, B. O. Vugmeister, X. Zhang, B. Zolesi (1999). Ionospheric measurements during the CRISTA/MAHRSI campaign: their implications and comparison with previous campaigns. *Annales Geophysicae*, 17, 1040-1052.

Scotto, C., S.M. Radicella, B. Zolesi (1998). An improved probability function to predict the F1 layer occurrence and L condition. *Radio Science*, vol.33, n.6, 1763-1765.

Zolesi, B., Lj.R. Cander e G. De Franceschi (1996). On the Potential Applicability of SIRM (Simplified Ionospheric Regional Model) to different Mid-Latitude Areas. *Radio Science*, 31, 3, 547-552.

D - Analisi e simulazione della struttura interna della Terra

Uno degli scopi fondamentali della geofisica è rappresentato dalla comprensione dei processi in atto all'interno della Terra, i cui effetti si ripercuotono sull'ambiente geologico alla superficie. Solo attraverso lo studio della struttura e della complessa dinamica profonda del pianeta possiamo infatti migliorare la nostra conoscenza dei meccanismi alla base dell'occorrenza dei terremoti, delle variazioni del campo magnetico, delle oscillazioni del livello marino e di tutti gli altri fenomeni geologici su grande scala. La ricerca teorica permette inoltre di migliorare l'accuratezza di tutti i codici di calcolo e dei modelli geofisici. L'ING è inserito a pieno titolo nell'avanguardia delle ricerche di geofisica fondamentale, al pari delle altre principali istituzioni europee, e ha fornito importanti contributi all'avanzamento dello stato delle conoscenze in diversi campi.

Ci occupiamo dello studio della struttura terrestre profonda sia perché, attraverso l'analisi tomografica della propagazione delle onde sismiche, queste ricerche costituiscono la principale fonte di informazione sullo stato dell'interno del pianeta; ma anche perché il miglioramento dei modelli terrestri consente maggiore precisione nella localizzazione dei terremoti e nello studio di dettaglio dei loro meccanismi focali. Particolare attenzione è rivolta al mantello sottostante la regione Euro-Mediterranea, e alla modellazione della sua struttura e della dinamica profonda responsabile del campo di sforzo e delle deformazioni crostali. I processi di subduzione litosferica vengono studiati tramite simulazioni numeriche che tengono conto dei vincoli sismologici e geologici.

Un altro importante campo di attività riguarda lo studio della dinamica del mantello terrestre e in particolare della risposta del pianeta alle sollecitazioni causate dai terremoti più forti in termini di *rebound* viscoelastico, di dinamica rotazionale e di anomalie transienti del campo magnetico. Usando modelli a geometria sferica e con reologia di Maxwell sono state calcolate le deformazioni post-sismiche dovute al rilassamento del mantello mostrando significativi effetti su scale temporali tra 10 e 1000 anni. Questi risultati sono potenzialmente assai rilevanti per la corretta interpretazione delle misure geodetiche a distanza regionale. Il ruolo della viscoelasticità del mantello terrestre è anche essenziale per la corretta modellazione del riequilibrio rotazionale conseguente alla variazione del tensore di inerzia terrestre dovuto a forti terremoti.

Bibliografia essenziale e recente:

Alfonsi L., e G. Spada (1998). Effects of subduction and trenches in seismically induced Earth rotational variations. *J. Geophys. Res.*, 103, 7351-7362.

Lucente, F. P., C. Chiarabba, G. B. Cimini, e D. Giardini (1999). Tomographic constraints on the geodynamic evolution of the Italian region. *J. Geophys. Res.*, 104, 20307-20327.

Piersanti A., G. Spada, e R. Sabadini (1997). Global post-seismic rebound of a viscoelastic Earth: Theory for finite dislocations and application to the 1964 Alaska earthquake. *J. Geophys. Res.*, 102, 477-492.

Pino N. A. e D. V. Helmberger (1997). Upper mantle compressional velocity structure beneath the West Mediterranean Basin. *J. Geophys. Res.*, 102, 2953-2967.

Piromallo C., e A. Morelli (1998). P-wave propagation heterogeneity and earthquake location in the Mediterranean region. *Geophys. J. Int.*, 135, 232-254.

E - Studio della sismicità e della geodinamica in Italia e nel Mediterraneo

L'osservazione e l'analisi dell'attività sismica, e la sua interpretazione nel contesto geodinamico dell'area mediterranea, costituiscono un'attività molto complessa cui l'Istituto Nazionale di Geofisica ha sempre dedicato una notevole parte delle sue risorse. Alla formulazione di un quadro sismogenetico di una determinata regione concorrono, infatti, numerosi elementi provenienti dall'uso di metodologie anche molto diverse fra loro.

A partire dal 1990 sono state effettuate nell'area italiana e più in generale nell'area mediterranea periodiche campagne di misura GPS su reti geodetiche predefinite, per studiare le deformazioni della superficie terrestre di origine sismica e a diversa scala. In particolare la rete TYRGEONET, che consiste di 52 stazioni osservazioni poste nell'area mediterranea, comprende anche stazioni poste in paesi limitrofi come: Algeria, Tunisia, Grecia, Francia, Albania, Austria, Jugoslavia e Slovenia. A tale rete si ricollegano altre reti locali al fine di separare le deformazioni regionali da quelle locali. Si deve sottolineare che è la prima volta che si conducono misure di questo tipo in Algeria. I dati raccolti nelle campagne tra il 1995 e il 1997 hanno permesso di quantificare la velocità di collisione tra le placche africana ed europea in questa parte del Mediterraneo, che è dell'ordine di 0.8 ± 0.4 cm/anno. Per la prima volta in Italia, in occasione della sequenza sismica umbro-marchigiana del 1998, sono stati misurati con metodologia geodetica gli spostamenti cosismici. L'attività tettonica recente è stata studiata anche con il riposizionamento delle strutture archeologiche costiere. Grande importanza scientifica e pratica riveste attualmente anche lo studio sul geoide. Globalmente l'attività geodetica ha portato alla determinazione con precisione centimetrica di oltre 200 stazioni geodetiche nell'area mediterranea.

Per la ricostruzione dei principali eventi geodinamici che hanno portato alla configurazione tettonica attuale del Mediterraneo centrale e alla identificazione di province tettoniche a comportamento geodinamicamente distinto, vanno considerati anche gli studi di paleomagnetismo che hanno permesso, principalmente da rocce Neogeniche e Quaternarie, la determinazione delle rotazioni crostali della penisola italiana e delle isole. La determinazione di processi tettonici e l'evoluzione spazio temporale del campo di *stress* litosferici è anche possibile dallo studio dell'anisotropia di diverse proprietà magnetiche (suscettività e rimanenza) delle rocce. L'estensione di questo tipo di studi al globo nel suo insieme conduce alla paleogeografia, la disciplina che si occupa dell'evoluzione in tempi geologici della posizione dei continenti, e la sua relazione con la tettonica a zolle e con altre teorie ad essa alternative.

La localizzazione precisa degli ipocentri dei terremoti costituisce una base di studio comune a tutte le ricerche sismologiche. Questa viene effettuata, su scala regionale, tramite la Rete Sismica Nazionale Centralizzata gestita dall'ING (come viene descritto in una specifica sezione di questo documento) e, in maggior dettaglio, mediante l'impiego di reti microsismiche locali, spesso temporanee, collocate in zone di interesse particolare, soprattutto quelle attivate da sequenze di repliche di eventi principali o da sciame sismici. A questo scopo l'ING ha impiegato, nel corso dell'ultima decina di anni, la propria rete sismica mobile in occasione di tutti gli eventi sismici di rilievo, con particolare enfasi per quelli che hanno maggiormente attirato l'attenzione dell'opinione pubblica. In queste campagne di misura è stata raccolta una quantità di informazioni senza precedenti nella storia della sismologia in Italia, consentendo la conduzione di studi particolareggiati sui processi sismogenetici negli Appennini e in altre aree italiane.

Un'interpretazione geodinamica non può essere separata dalla descrizione della deformazione prodotta (o liberata) dai terremoti. A questo fine, sono stati determinate molte centinaia di meccanismi focali dei terremoti registrati in Italia negli scorsi 10 anni. Accanto a questi dati, vengono anche presi in considerazione i dati sullo *stress* attivo, ponendoli in relazione al comportamento delle faglie la cui conoscenza proviene da altri metodi, come la geologia superficiale, quella profonda, e la geodesia. Queste ricerche hanno consentito di compilare una mappa della situazione attuale dello *stress* in Italia, combinando i risultati delle analisi di *breakout* in oltre 250 pozzi, dei Tensori del Momento Centroide (CMT), dei meccanismi focali e delle deformazioni cosismiche.

La modellazione numerica del comportamento dinamico di una struttura sismogenetica, dalla nucleazione della frattura alla liberazione dell'energia elastica, costituisce un settore che ha avuto un importante sviluppo negli ultimi anni. Sono stati approfonditi studi teorici riguardanti le leggi costitutive che governano il processo di rottura dinamica utilizzando i risultati di esperimenti di laboratorio eseguiti su campioni di roccia. Questi studi sono volti a riprodurre il comportamento di una faglia sismogenetica durante il ciclo sismico, modellando sia le eterogeneità spaziali dei parametri reologici che quelle temporali.

Sono state anche messe a punto tecniche numeriche per la simulazione della radiazione sismica emessa durante terremoti moderati e forti. La generazione di sismogrammi sintetici permette di ricostruire, mediante approcci diretti ed inversi, la distribuzione della dislocazione sul piano di faglia e l'evoluzione temporale del processo di rottura. In casi specifici, il processo di frattura può essere modellato tenendo anche conto di variazioni volumetriche della sorgente.

Nell'ambito degli studi sulla sismicità e sulla deformazione della crosta terrestre, le aree vulcaniche e quelle geotermiche presentano caratteristiche particolari che sono state oggetto di studi recenti, come nel caso dei Colli

Albani, dell'Etna e dell'area geotermica di Larderello. L'attività sismica frequente e diffusa di queste aree si presta a fornire la base di dati utile alla ricostruzione dinamica ambientale, mediante mappe e sezioni in cui vengono rappresentati tridimensionalmente gli andamenti medi dello stress e di altri parametri geofisici.

Bibliografia essenziale e recente:

Amato A., Azzara R., C. Chiarabba, G. B. Cimini, M. Cocco, et al. (1998). The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquake sequence: a first look at the main shocks and aftershocks. *Geophys. Res. Lett.*, 25, 2861-2864.

Acker, C. Bradaschia, P. Popolizio, M. Anzidei, F. Riguzzi, M. Crespi, A. Zanutta (1998). Virgo GPS network: survey and data processing. *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini*, 4.

Anzidei, M., P. Baldi, G. Casula, S. Pondrelli, F. Riguzzi, A. Zanutta (1997). Geodetic and seismological investigation in the Ionian area. *Annali di Geofisica*, XL, 5, 007-1017.

Anzidei, M., P. Baldi, C. Bonini, G. Casula, S. Gandolfi, F. Riguzzi (1997). Geodetic surveys across the Messina Straits (southern Italy) seismogenetic area. *Journal of Geodynamics*, 25, 2, 85-97.

Anzidei, M., C. Bianchi, L. Ciruolo, M. Pezzopane, C. Scotto (1997). Gravity waves propagation in the thermosphere observed from electron density profile and total electron content measurements. *Annali di Geofisica*, XL, 6, 551-1554.

Chiarabba, C., A. Amato, e P. T. Delaney (1997). Crustal structure, evolution, and volcanic unrest of the Alban Hills (central Italy). *Bulletin of Volcanology*, 59, 161-170.

Console, R. e R. Rosini (1998). Non-double-couple microearthquakes in the geothermal field of Larderello, Central Italy. *Tectonophysics*, 289, 203-220.

Crespi, M., F. Riguzzi (1998). Software Package Available for Analyzing GPS Deformation, Part I. *EOS, Transaction, American Geophysical Union*, vol. 79, n. 22, p. 259.

Frepoli, A., e A. Amato (1997). Contemporaneous extension and compression in the Northern Apennines from earthquake fault plane solutions. *Geophys. J. Int.*, 129, 368-388.

Montone, P., A. Amato, e S. Pondrelli (1999). Active Stress Map of Italy. *J. Geophys. Res.*, 104, 25595-25610.

Sagnotti, L., A. Winkler, P. Montone, L. Di Bella, F. Florindo, M.T. Mariucci, F. Marra, L. Alfonsi e A. Frepoli (1999). Magnetic Anisotropy of Plio-Pleistocene Sediments From the Adriatic Margin of the Northern Apennines (Italy). Implications for the Time-Space Evolution of the Stress-Field. *Tectonophysics*, 311, 139-153.

Scalera, G. (1998). Paleogeographical reconstructions compatible with Earth dilatation. *Annali di Geofisica*, 41, 5-6, 819-825.

Speranza, F., L. Sagnotti e M. Mattei (1997). Tectonics of the Umbria-Marche Romagna Arc (central northern Apennines, Italy): New Paleomagnetic constraints. *Journal of Geophysical Research*. Vol 102, No. B2, 3153-3166.

Winkler, A., L. Alfonsi, F. Florindo, L. Sagnotti e F. Speranza (1997). The magnetic anisotropy of rocks: principles, techniques and geodynamic applications in the Italian peninsula. *Annali di Geofisica*, XL, 3, 729-740.

F - Sviluppo di metodologie per la valutazione e mitigazione del rischio sismico.

Per un'efficace opera di mitigazione del rischio sismico sono indispensabili conoscenze che vanno dalla ricostruzione di processi geodinamici recenti, alla conoscenza della struttura della crosta terrestre, allo studio delle caratteristiche dello scuotimento durante forti terremoti, alla risposta dell'ambiente antropico. La valutazione accurata del rischio sismico deve essere infatti il frutto di un processo di raccolta ed elaborazione di informazioni provenienti da ambiti disciplinari molto diversi. Nel corso dell'ultimo decennio l'Istituto Nazionale di Geofisica ha dato impulso a diversi settori disciplinari, alcuni dei quali conferiscono all'ente una posizione di preminenza anche a livello internazionale. Questa fase di espansione ha portato a concentrare nello stesso ente molte delle competenze necessarie per giungere a stime accurate del rischio a cui è sottoposto il territorio nazionale. Tali stime rappresentano strumenti indispensabili per gli organi della protezione civile ai fini della predisposizione dei piani per la gestione delle emergenze e per la definizione delle priorità per gli interventi di prevenzione sul territorio.

Il processo per la valutazione del rischio sismico a scala nazionale parte necessariamente dall'esame della distribuzione nello spazio delle potenziali sorgenti sismogenetiche e delle modalità con cui esse possono generare forti terremoti. La ricerca punta non solo a identificare sorgenti certamente esistenti nelle zone più attive ma anche ad escluderne la presenza nei settori a sismicità bassa o assente, e si basa su un ampio spettro di osservazioni di geologia di superficie e geomorfologia, di geologia del sottosuolo, di deformazione crostale rivelata da misure geodetiche. Queste osservazioni vengono catalogate e interpretate alla luce di modelli geodinamici basati sulla distribuzione degli sforzi tettonici attuali e dei movimenti orizzontali e verticali della crosta, e infine confrontate con la distribuzione dei principali terremoti del passato e della sismicità di fondo registrata dalle reti sismometriche moderne. Di alcune sorgenti di particolare importanza, ad esempio perché quiescenti da un tempo molto lungo, viene studiata la paleosismicità, ovvero vengono messi in evidenza e datati con metodi geologici i terremoti generati in epoca preistorica, così da disporre di una casistica che consenta valutazioni statistiche relativamente a futuri terremoti. L'esistenza di altre sorgenti del tutto quiescenti nel periodo storico viene invece dedotta dall'analisi congiunta di tutte le osservazioni fin qui elencate, e particolarmente dall'esame della sismicità storica delle aree adiacenti; un procedimento al termine del quale tali zone possono essere dichiarate "lacune sismiche" e in quanto tali considerate con particolare attenzione. Infine, le zone del territorio in cui le conoscenze dirette sono più frammentarie vengono invece caratterizzate a partire

esclusivamente dal comportamento sismogenetico noto, ovvero utilizzando il catalogo della sismicità storica e la distribuzione della sismicità recente. Le complesse analisi così svolte vengono sintetizzate in una *banca-dati delle sorgenti sismogenetiche*, un sistema informatizzato a base geografica che punta a descrivere le diverse sorgenti esistenti in ogni porzione del territorio, fornendo i dati di base per tutte le analisi successive (come ad esempio le loro dimensioni, le loro caratteristiche di ricorrenza e la magnitudo del più forte terremoto aspettato). Questi parametri, unitamente all'utilizzo di leggi di attenuazione degli effetti calcolate su base statistica, vengono elaborati attraverso algoritmi che, tenendo nel debito conto le inevitabili incertezze derivanti dalla limitatezza dell'arco cronologico per cui si dispone di informazioni affidabili sulla sismicità, consentano di compilare *mappe di pericolosità sismica*. Queste sono carte tematiche che esprimono per ogni porzione del territorio la probabilità che entro un determinato arco cronologico (in genere 50 o 475 anni) si verifichino azioni sismiche al di sopra di una prefissata soglia di accelerazione del suolo o di intensità macrosismica.

Le probabilità così espresse sono indipendenti dal tempo; in altre parole, la probabilità resta costante durante l'intero arco cronologico considerato. Ulteriori analisi, condotte con metodi statistici rigorosi e basate soprattutto sulla sismicità strumentale, consentono di valutare invece come tale probabilità possa variare con il tempo. Queste analisi, che possono rappresentare uno strumento per la previsione a breve e medio termine di futuri terremoti, esplorano i rapporti tra la scossa principale ed eventuali scosse premonitricie e repliche, identificano comportamenti tipici, come la presenza di quiescenze prolungate e ben delimitate spazialmente, e mettono in evidenza la natura strettamente ripetitiva di alcuni terremoti (detti "terremoti caratteristici").

Oltre all'ambito nazionale, il tema del rischio sismico viene affrontato nel nostro ente anche sulla scala urbana. È noto infatti che il livello del danno può differire da zona a zona entro una stessa città. Queste variazioni entro distanze dell'ordine delle centinaia di metri (o anche meno) sono spesso dovute non solo alla tipologia dei manufatti ma anche alle geometrie e alle proprietà elastiche degli strati più superficiali del sottosuolo, che in alcune situazioni provocano localmente una forte amplificazione del moto del suolo durante i terremoti. Per questo motivo l'Istituto Nazionale di Geofisica sta dedicando una particolare attenzione al problema del rischio sismico in alcune città italiane, quali Roma, Firenze, Bologna, Palermo, Catania, con l'obiettivo di costruire scenari di danno attraverso un approccio multidisciplinare che, partendo dallo studio degli effetti dei terremoti nelle città fin dalle epoche storiche più remote e dalla ricostruzione dei caratteri geologici di superficie, calcola mediante complessi modelli di simulazione numerica l'entità dello scuotimento sismico per i forti terremoti attesi.

Bibliografia essenziale e recente:

Boschi, E., D. Pantosti e G. Valensise (1994). L'identificazione geologica delle faglie sismogenetiche. *Le Scienze*, 310, 36-46.

Console, R., F. Di Luccio, M. Murru, M. Imoto e G. Stavrakakis (1999). Short term and short range seismicity patterns in different areas of the world. *Natural Hazards*, 19, 2-3, 107-121.

Malagnini, L., P. Tricarico, A. Rovelli, R. B. Herrmann, S. Opice, G. Biella e R. de Franco (1996). Explosion, earthquake and ambient noise recordings in a Pliocene sediment-filled valley: inferences on seismic response properties by reference and non-reference techniques. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 670-682.

Pantosti, D., D. P. Schwartz e G. Valensise (1993). Paleoseismology along the 1980 Irpinia earthquake fault and implications for earthquake recurrence in the southern Apennines. *J. Geophys. Res.*, 98, 6561-6577.

Rovelli, A., O. Bonamassa, M. Cocco, M. Di Bona e S. Mazza (1988). Scaling laws and spectral parameters of the ground motion in active extensional areas in Italy. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 78, 530-560.

Rovelli, A., A. Caserta, L. Malagnini e F. Marra (1994). Assessment of potential strong ground motions in the city of Rome. *Annali di Geofisica*, 37, 1745-1769.

Wyss, M., R. Console e M. Murru (1997). Seismicity rate change before the Irpinia (M=6.9) 1980 Earthquake. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 87, 318-326.

G - Osservazione e analisi di fenomeni geofisici e ambientali in Antartide e in aree estreme.

Sono due i principali motivi di interesse geofisico dell'Antartide. A motivo della sua posizione geografica assolutamente peculiare, l'Antartide rappresenta un sito di enorme valore per le ricerche geofisiche a scala globale. Così è, per esempio, per il campo magnetico interno e per gli strati ionizzati dell'atmosfera in prossimità del polo magnetico; per gli studi sismologici della struttura profonda e del nucleo terrestre; per la dinamica delle masse glaciali e il riaggiustamento isostatico. L'Antartide rappresenta inoltre un continente ancora in gran parte ignoto, per il cui studio specifico, anche con finalità geologiche, i metodi di indagine geofisica sono una necessità imposta dall'inaccessibilità e dalla copertura di ghiacci. L'impegno dell'ING nel Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), continuo sin dall'esordio del programma, oltre 10 anni fa, ha investito entrambi questi settori, assumendo rapidamente dimensioni e valenze scientifiche di rilievo internazionale.

Le attività di osservatorio geofisico nel quadro del PNRA vengono effettuate presso la Base italiana di Baia Terra Nova e altre basi (tra cui la costituenda base italo-francese Concordia a Dome C, nel plateau continentale) e sono coordinate dall'ING. Riguardano principalmente la sismologia, il geomagnetismo, lo studio della ionosfera e della meteorologia spaziale. L'interesse primario di questi dati risiede nella loro integrazione con le altre misure analoghe effettuate su scala continentale e globale per il calcolo di modelli delle variazioni spazio-temporali delle grandezze coinvolte.

Nell'ambito del PNRA sono stati effettuati, negli ultimi anni, numerosi rilievi aeromagnetici e glaciologici ad alta risoluzione, per lo studio di strutture litosferiche. Gli aeromobili, infatti, consentono di studiare anche regioni inaccessibili e coperte da ghiacci. Le mappe di anomalie integrate mettono in relazione gli studi geologici e geofisici dei vari programmi, nazionali ed internazionali. Sono anche condotte campagne di misura sismologiche con strumentazione trasportabile, spesso in congiunzione con altre tecniche geofisiche, volte allo studio delle caratteristiche della crosta e della litosfera. L'ING partecipa inoltre a un progetto di perforazione profonda volta a ricostruire la storia geologica e climatica dell'Antartide. Negli ultimi anni le campagne di misura, le cooperazioni internazionali, la definizione di modelli hanno permesso l'acquisizione di *know-how* scientifico-tecnologico nella pianificazione ed esecuzione di rilievi e lo sviluppo di tecniche innovative di analisi ed interpretazione dati.

Altre aree estreme del pianeta presentano motivi di interesse simili all'Antartide, costituendo delle lacune nelle reti osservative. I fondali oceanici sono tra questi. L'ING ha sviluppato, nell'ambito del progetto europeo GEOSTAR, un osservatorio multiparametrico che, già sperimentato

in Adriatico, sarà successivamente installato nel Mediterraneo e in Antartide. Tale osservatorio, completamente automatico, è dotato di strumentazione sismologica, geomagnetica, geochimica e oceanografica. L'ING contribuisce inoltre alle attività di ricerca presso il laboratorio di alta quota del CNR sull'Everest. Dopo una campagna di test, nel 1991, è stato formulato il progetto di installazione di una stazione sismica permanente di alta qualità che verrà inclusa tra quelle che costituiranno il sistema di monitoraggio internazionale per il controllo dell'osservanza del Trattato per la messa al bando degli esperimenti nucleari (come si può vedere nella specifica scheda sulla discriminazione fra eventi naturali e antropici).

Bibliografia essenziale e recente:

Beranzoli, L., A. De Santis, G. Etiope, P. Favali, F. Frugoni, G. Smriglio, F. Gasparoni e A. Marigo (1998). GEOSTAR: a Geophysical and Oceanographic Station for Abyssal Research, *Phys. Earth Plan. Inter.* 108, 2, 175-183.

Bozzo, E., G. Caneva, M. Chiappini, D. Damaske, F. Ferraccioli, M. Gambetta e A. Meloni (1997). A High resolution Aeromagnetic Survey off Cape Roberts. The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes, ed. C.A. Ricci, 1129-1133.

De Franceschi G., De Santis A., Cerrone M., Chiappini M., Palangio P., Romeo G., e Ricci G. (1997). Riometry at the Italian Antarctic Station of Terra Nova Bay. *Il Nuovo Cimento*, Vol. 20C, 973-976.

Olivieri M., N. A. Pino, e A. Morelli (1997). Evidence for an S-velocity discontinuity in the lowermost mantle beneath the South Eastern Pacific Basin. *Geophy. Res. Lett.*, 24, 2617-2620.

Meloni, A., e A. Morelli, eds. (1996). Italian Geophysical Observatories in Antarctica, Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. *Editrice Compositori*, Bologna, 210 pp.

Villante, U., S. Lepidi, P. Francia, A. Meloni e P. Palangio (1997). Long period geomagnetic fluctuations at Terra Nova Bay (Antarctica). *Geophysical Research Letters*, 24, 1443-1446.

H - Climatologia dinamica e meteorologia spaziale

Gli scenari climatici planetari non sono più una componente immutabile nelle attività umane. Lo studio del clima è entrato a far parte di quella ristretta cerchia di problemi ad alto contenuto scientifico e tecnologico che hanno un enorme impatto sulla pubblica opinione, come è stato riconosciuto dalle conferenze delle Nazioni Unite sulle modificazioni del clima globale e dalla stesura della Convenzione Internazionale sul Clima, del Protocollo di Montreal e dei suoi emendamenti.

Questa linea di ricerca si pone come obbiettivo lo studio della variabilità del clima a scale di tempo interannuali e decennali, sia dal punto di vista della variabilità naturale del clima sia dal punto di vista delle variazioni climatiche provocate dall'uomo. I temi di ricerca principali sono le previsioni stagionali globali (3-9 mesi in anticipo), le interazioni tropici-extratropici attraverso le teleconnessioni dinamiche, scenari climatici di lungo periodo con e senza forzature antropiche.

Tali attività rivestono particolare significato nell'ambito dell'aggiornamento e l'ulteriore sviluppo delle attività di valutazione dei cambiamenti climatici a livello globale, con una speciale enfasi sulle aree dove gli interessi italiani sono più forti (Piccoli Stati Insulari, il Mediterraneo, la Penisola Italiana). Questo tema riveste ormai una grande importanza anche per la capacità che la società umana possiede di modificare ed influenzare la variabilità e lo stato del clima, una realtà che oramai fa parte della coscienza collettiva.

E' altresì noto che le tematiche ambientali non riguardano soltanto la superficie del pianeta o la parte di atmosfera ad essa vicina ma comprendono anche tutto lo spazio circumterrestre. Fenomeni fisici che avvengono nell'alta atmosfera, indotti principalmente dalla interazione Sole-Terra possono influenzare drasticamente le comunicazioni radio a Terra o su satellite, i sistemi di navigazione satellitare e le reti di distribuzione energia elettrica provocando gravi danni economici o situazioni di pericolo per la vita umana.

Piani nazionali per la comprensione e soprattutto per la previsione di questi fenomeni, definiti recentemente sotto il termine di meteorologia spaziale, sono stati avviati recentemente in America e in Europa e sono in fase avanzata di programmazione anche in Italia.

In questo quadro si inseriscono l'osservazione in tempo reale delle variazioni temporali del campo magnetico terrestre e delle condizioni ionosferiche svolto dall'Istituto Nazionale di Geofisica negli osservatori geomagnetici e ionosferici. Gli studi sugli effetti della ionosfera sulle radiocomunicazioni sono intesi, non semplicemente alla pianificazione dei collegamenti HF, ma anche a un *range* di applicazioni che va dai sistemi satellitari GPS, ai radar transorizzonte, ai radar altimetri e ad altri strumenti geodetici.