

Unità Organica Geomagnetismo

Sintesi dell'attività svolta nell'anno 1997

Introduzione

Le attività dell'U.O. Geomagnetismo si sono articolate anche nel 1997 su tre rami principali: I) L'acquisizione dati e l'espletamento dei servizi di competenza degli Osservatori geomagnetici, II) Le misure sulle Reti Magnetiche in particolare la rete italiana nel quadro della ripetizione quinquennale per la pubblicazione delle carte magnetiche d'Italia aggiornate e III) Le attività di ricerca scientifica e tecnologica.

Le attività di ricerca scientifica e tecnologica sono a loro volta articolate in settori specifici. Questi settori sono ordinati sinteticamente secondo il seguente criterio: le ricerche in geomagnetismo della Terra solida, le relazioni Sole-Terra, le ricerche in paleomagnetismo e magnetismo delle rocce, e quelle relative alle innovazioni tecnologiche. Sono qui incluse le attività nei vari programmi in collaborazione con altre strutture italiane ed internazionali ed i programmi CEE.

Le attività nel Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), che vede impegnati i ricercatori dell'U.O. Geomagnetismo in diversi settori, sono riportate in questo volume altrove.

Nell'arco del 1997 è stato allestito un sito Internet per l'U.O. di Geomagnetismo nel sito dell'ING. La pagine (sempre in sviluppo) coprono la maggior parte delle attività dell'U.O.. Oltre a pagine descrittive generali sono state inserite sezioni dalle quali è possibile avere direttamente dati forniti dalle attività di servizio dell'U.O. Geomagnetismo, come la visualizzazione dei dati dell'Osservatorio di L'Aquila o gli indici K dello stesso osservatorio. Il sito prevede pagine in italiano e in inglese; per il momento sono attive prevalentemente quelle in italiano.

I) Gli osservatori geomagnetici

Per continuare nell'assicurare l'obiettivo della registrazione continuativa delle variazioni temporali delle componenti del campo magnetico terrestre a lungo termine, negli Osservatori magnetici, oltre all'acquisizione automatica dell'intensità del campo e delle sue componenti sono state effettuate le misure assolute indipendenti di calibrazione. L'U.O. cura in tutti i suoi aspetti il funzionamento dei tre Osservatori Geomagnetici: L'Aquila, Castello Tesino (TN) e Gibilmanna (PA).

L'Aquila è l'Osservatorio principale ove sono in funzione un variografo fotografico e due variometri automatici digitali con acquisizione diretta e collegamento in linea telefonica con Roma. L'Osservatorio di L'Aquila è inoltre centro di riferimento per le tarature di strumenti per gli utenti italiani e centro di realizzazione, sperimentazione e controllo di nuova strumentazione magnetica. Le operazioni in loco sono curate da personale dell'Istituto ivi residente. Castello Tesino (TN) è un Osservatorio non presidiato. Per le registrazioni digitali viene utilizzato un secondo esemplare dello strumento automatico a bobine in funzione a L'Aquila. In questo Osservatorio vengono effettuate regolari visite da parte di personale specializzato che esegue misure assolute di norma una volta al mese. Nel 1997 si è temporaneamente sospesa la teletrasmissione dati verso Roma con un collegamento sul sistema ARGO. In Osservatorio si sono effettuati lavori di ristrutturazione che hanno interessato particolarmente la casetta dei variometri e parzialmente la casetta delle misure assolute. Gibilmanna (PA) è l'Osservatorio dell'I.N.G. per la Sicilia. Per il geomagnetismo questo Osservatorio è considerato secondario a causa di disturbi causati dalla vicina linea ferroviaria elettrificata Messina-Palermo. Si è comunque proseguita, anche se non con regolarità, la registrazione fotografica tradizionale per gli elementi H e D.

Con i dati degli Osservatori vengono pubblicati l'Annuario, contenente le medie orarie, mensili ed annuali dei valori assoluti degli elementi D, H, Z, i Bollettini mensili degli indici K, caratterizzanti l'attività magnetica e la classificazione delle variazioni rapide (solo per

l'Osservatorio di L'Aquila), nonché i bollettini quadrimestrali delle ore 02 UT che forniscono i valori istantanei delle 3 componenti e il valore del campo totale, in giorni selezionati. Le pubblicazioni in oggetto sono regolarmente aggiornate. È in preparazione ora sia per l'Osservatorio di L'Aquila che per quello di Castel Tesino, l'annuario magnetico 1997 sul quale si stanno effettuando i tradizionali controlli di qualità.

II) Le reti magnetiche

Una Rete Magnetica è un insieme di località sulle quali periodicamente personale specializzato effettua misure assolute delle tre componenti del campo magnetico che vengono utilizzate per studi di modellizzazione matematica del campo, cartografia e variazione secolare. In Italia la Rete fondamentale è costituita da 106 stazioni; la periodicità fondamentale di ripetizione è quinquennale.

Nel 1997 non sono state effettuate misure sulla Rete del I ordine ma si sono completate le elaborazioni standard per ottenere tutti gli elementi magnetici (D, I, H, Z, ed F) per la definizione della Rete al 1995.0 (che usualmente dura 2-3 tre anni). Si sono effettuati due interventi presso gli eliporti di Brindisi e Frosinone per le misure di declinazione. Si sono forniti gli aggiornamenti per il 1997 sulla declinazione per l'Assistenza al Volo come da accordi bilaterali. Diversi interventi di misura di campagna su reti locali si sono effettuati nell'ambito del geomagnetismo ambientale (vedi in seguito).

III) La ricerca scientifica

Indagini ambientali

Anche nel 1997 si è proseguito con le applicazioni della geofisica (in particolare del geomagnetismo) in campo ambientale.

Sono state ancora utilizzate le tecniche di esplorazione del sottosuolo con l'impiego di metodi magnetici per accertare la presenza di oggetti metallici magnetizzati sepolti. In particolare queste indagini sono state rivolte alla ricerca nel sottosuolo di fusti interrati di natura metallica su richiesta del Nucleo Operativo Ecologico dei Carabinieri. Sono stati effettuati tre interventi nelle province di Catanzaro e di Latina, utilizzando magnetometri a precessione di protoni ed un nuovo magnetometro a pompaggio ottico, a vapori di Cesio.

La prosecuzione di questo tipo di studi ha consentito ai ricercatori di acquisire maggiore esperienza in questo particolare settore e di raggiungere risultati sempre più interessanti sia per fornire risposte precise ai richiedenti sia per poter crescere scientificamente nel settore ancora allo stato sperimentale.

Ricerche storiche

Si è conclusa la stesura e la stampa del catalogo degli strumenti geomagnetici classici italiani dal 1700 ad oggi che comprende anche strumenti geomagnetici storici in possesso del nostro Istituto. Il catalogo che rappresenta un'opera di notevole valorico storico scientifico è stato pubblicato dalla Editrice Compositori con il titolo "Due secoli di strumenti geomagnetici in Italia (1740-1971)", gli autori sono M. Basso Ricci, L. Cafarella, A. Meloni e P. Tucci.

Variazione secolare

A seguito del lavoro avviato nel 1996 sulla scoperta di un jerk (cioè una rapida variazione nella pendenza della curva della variazione secolare) in Europa in corrispondenza del 1991, si è proceduto con l'analisi dei dati di 74 osservatori distribuiti su tutto il globo confermando l'esistenza del fenomeno su scala globale con caratteristiche peculiari. Il risultato può avere notevoli implicazioni sulla conoscenza della dinamica del nucleo terrestre e dei suoi parametri fisici (De Michelis, Cafarella and Meloni, 1998).

Per ciò che riguarda la variazione secolare più recente (dal 1965 ad oggi) in Italia, è stato costruito un modello spazio-temporale in armoniche sferiche (De Santis, Falcone e Torta, 1997) con una selezione robusta dei coefficienti armonici a seconda della loro significatività relativa (Metodo di Efroymson).

Modellizzazione matematica del campo

Oltre alle tecniche tradizionali che sono state applicate sui nuovi dati ottenuti con le Reti effettuate nel 1995 (Chiappini, Battelli, Bushati, Dominici, Duka and Meloni, 1997), nell'ambito dell'approfondimento delle tecniche regionali per la rappresentazione del campo geomagnetico (per es. De Santis, Chiappini, Dominici, Meloni, 1997, per la penisola italiana e Chiappini, Battelli, Bushati, Dominici, Duka, Meloni, 1997 per la rete magnetica albanese), è stato proposto un metodo integrale a inversione matriciale per la stima dei coefficienti dello sviluppo in armoniche sferiche su calotta sferica.

L'analisi su calotta sferica è stata estesa anche come metodo di rappresentazione del campo locale di gravità, permettendo di formulare le espressioni dell'ondulazione del geoide e le componenti della deflessione della verticale in armoniche sferiche frazionarie (De Santis e Torta, 1997).

Una rivisitazione del metodo spettrale di Spector e Grant del 1970 per la stima della profondità del basamento magnetico ha permesso di scoprire una distrazione teorica nella trattazione originale. Con una deconvoluzione preliminare specifica degli spettri sperimentali si riescono ad ottenere stime più attendibili (Fedi, Quarta e De Santis, 1997), indicando come tutte le applicazioni precedenti avevano condotto a stime sempre sopravvalutate.

Teorie fondamentali

In questo ambito, in collaborazione con l'Università di Tirana, sono continuati gli studi sulla unicità del campo potenziale a partire da informazioni parziali ma precise sulla sfera terrestre. Questo tipo di lavoro intrapreso per primo dal nostro gruppo dopo tanti anni di silenzio sul tema ha riacceso l'attenzione di altri colleghi stranieri che hanno continuato confermando i risultati positivi ed estendendoli a casi più generali.

Analisi non lineare

Analisi non lineari, di tipo frattale nello spazio (De Santis e Barraclough, 1997), e di tipo caotico nel tempo (Barraclough e De Santis, 1997), sono state applicate sui dati di variazione secolare del campo geomagnetico osservato rispettivamente attraverso modelli globali in armoniche sferiche o in tre Osservatori europei. Il risultato incoraggiante è stato quello di individuare una forte componente caotica nell'evoluzione del campo geomagnetico durante gli ultimi 150 anni, e una possibile frattalità del potenziale al confine mantello-nucleo, che, a sua volta, corrisponderebbe ad una frattalità della stessa topografia alla separazione tra le due zone interne alla Terra. Le possibili conseguenze sono attualmente in fase di studio.

L'U.O. non si è occupata solo delle possibili applicazioni non lineari, ma anche della teoria e delle metodologie. Esistono svariati metodi per stimare la dimensione frattale di profili e superfici frattali. Recentemente (De Santis, 1997) è stato proposto un metodo che generalizza il metodo del righello di Mandelbrot, prima applicabile a sole funzioni auto-similiari, in modo da essere utilizzabile anche a funzioni 1d e 2d auto-affini. Un altro metodo di analisi di superfici frattali è stato rivisitato e perfezionato (De Santis, Fedi, Quarta, 1997).

Sono state effettuati studi sulla probabilità di distribuzione delle fluttuazioni del campo magnetico terrestre su breve scala temporale registrate a Baia Terra Nova in Antartide. Il risultato di questa analisi ha portato alla conclusione che la distribuzione delle fluttuazioni in zona polare, su breve scala temporale, non è gaussiana nei periodi disturbati mostrando delle strette analogie con la distribuzione seguita dai parametri del vento solare (Corsolini, Cafarella, DeMichelis, Candidi and Meloni, 1997). Analoghe considerazioni sono state effettuate su dati riometrici registrati anch'essi presso la base antartica italiana (De Franceschi et al., 1997). Il loro confronto con i dati magnetici mostra una maggiore casualità e irregolarità seguendo le caratteristiche tipiche di un rumore colorato (De Santis, De Franceschi e Perrone, 1997).

Rotazione Terrestre

Il ruolo dei forti terremoti nelle variazioni della rotazione terrestre è stato studiato per definire l'importanza della sismicità globale nell'eccitazione della nutazione libera della Terra (Chandler wobble) e nelle variazioni secolari del polo di rotazione terrestre. I terremoti sembrano produrre, come effetto globale, un trend antipodale alla funzione d'eccitazione del polo di rotazione. Si è infatti osservato che il trend dell'eccitazione sismica è prodotto esclusivamente

dai terremoti localizzati nel Pacifico occidentale, le cui caratteristiche sono particolarmente efficaci nel produrre un andamento preferenziale (Alfonsi, Piersanti and Spada, 1997).

Anche i fenomeni asismici come spostamenti di masse lungo le zone di subduzione, possono provocare variazioni nelle caratteristiche rotazionali e geodetiche del pianeta. I risultati mostrano che il trend prodotto da questi fenomeni è dello stesso ordine di grandezza delle variazioni indotte dai terremoti ed è orientato in direzione opposta. Almeno nell'arco degli ultimi venti anni i terremoti ed i fenomeni asismici, associati al zone di subduzione attive, si annullano a vicenda, producendo un effetto cumulativo nullo sulle variazioni del moto del polo terrestre solo su brevi scale di tempo. È chiaro che su scale di tempo del milione di anni le proprietà viscoelastiche del mantello possono incrementare notevolmente gli effetti del riarrangiamento di masse lungo le zone di subduzione e produrre contributi sostanziali al True Polar Wander.

Tettono-elettromagnetismo

Il fine di queste ricerche è nel voler contribuire, con una dettagliata raccolta di dati, alla migliore conoscenza delle possibili relazioni fra la geodinamica e gli effetti magnetici ed elettromagnetici ad essa associati. È proseguito lo studio dell'effetto sismomagnetico nell'area dell'Aquilano con l'acquisizione dati dai 4 magnetometri a protoni installati in questi ultimi anni con campionamento temporale costante (Meloni, Mele, and Palangio, 1998). È proseguita inoltre l'acquisizione di dati magnetotellurici presso la stazione di Colle Meluccio in Abruzzo, l'unica stazione MT a funzionamento continuativo in Italia (Ernst, Teisseyre, Meloni, Palangio and Marchetti).

Magnetovariazioni temporali

a) Per contribuire ad una migliore conoscenza delle interazioni tra vento solare, magnetosfera e ionosfera, si è proseguito nell'elaborazione dei dati sia dalle nostre stazioni italiane che da stazioni antartiche. L'indagine è stata indirizzata ai fenomeni delle pulsazioni magnetiche che sono stati studiati in varie bande. Un'analisi statistica delle frequenze (0.7-5 mHz) per tre estati australi ha rivelato ad esempio l'importanza dell'eccitazione dell'instabilità di Kelvin Helmholtz nell'eccitazione di queste frequenze (Villante, Lepidi, Francia, Meloni and Palangio, 1997; Ballatore, Lepidi, Villante, Ballatore, Candidi and Meloni, 1997).

b) Nell'ambito dello studio delle sorgenti esterne del campo geomagnetico è stata affrontata la ricostruzione delle strutture di correnti presenti sul piano equatoriale utilizzando i dati raccolti dal satellite AMPTE/CCE-CHEM per due differenti livelli di attività di disturbo geomagnetico ($AE < 100$ nT e 100 nT $< AE < 600$ nT). I risultati ottenuti hanno permesso di localizzare la ring current, la partial ring current e la tail current nonché di caratterizzare i cambiamenti dei parametri di plasma (pressione, anisotropia, plasma beta ecc.) in funzione dell'attività geomagnetica (De Michelis, Daglis, Consolini, 1997).

c) Particolare enfasi è stata data allo studio degli effetti del passaggio della nuvola magnetica interplanetaria (evento del 10-11 Gennaio 1997) che è stata stata oggetto di studi coordinati in ambito internazionale. I dati provenienti dalle stazioni italiane ed antartiche hanno mostrato fluttuazioni simili suggerendo che l'impulso di vento solare associato al passaggio della nuvola abbia innescato oscillazioni risonanti nella cavità magnetosferica.

d) Nell'ambito degli studi di induzione elettromagnetica nell'interno della Terra, sono state attivate due collaborazioni per due diversi progetti di ricerca con enti scientifici nazionali ed internazionali. Gli obiettivi perseguiti con misurazioni magnetotelluriche sono rispettivamente: I) la diagnosi della struttura geotettonica sotto il Mar Tirreno e l'approfondimento delle conoscenze sulla conducibilità in aree con crosta sottile e mantello superiore di tipo oceanico nonché l'ampliamento delle conoscenze sull'anomalia geotermica occidentale (Lardarello/Travale) e II) lo studio della variazione di resistività elettrica del sottosuolo e della possibile attinenza ai fenomeni di microsismicità registrati nella regione a nord-ovest della Boemia (Rep. Ceca). Sono stati preparati due rapporti tecnici valutativi con alcuni risultati preliminari che mettono in relazione i risultati elettromagnetici ottenuti con la natura sismogenetica dell'area.

Nuova tecnologia

Tutti i dispositivi realizzati durante l'anno precedente in forma di prototipo: a) Un sensore flux-gate triassiale elicoidale, b) Un sensore flux-gate triassiale toroidale dell'elevata sensibilità (0.001 nT) ed una estesa banda passante, c) Un sensore flux-gate biassiale toroidale ad

altissima stabilità termica, d) Un sistema originale per il condizionamento dei segnali analogici dei magnetometri flux-gate (amplificazione multiparametrica), sono stati accuratamente ingegnerizzati per essere utilizzati negli osservatori geomagnetici. In particolare sono stati realizzati per l'immediata utilizzazione: A) Due magnetometri con i sensori flux-gate triassiali toroidali per gli osservatori di C. Tesino e L'Aquila. B) Un magnetometro con il sensore flux-gate biassiale autorientante per il progetto Geostar. C) Un magnetometro a protoni, installato presso l'osservatorio astronomico di Colle Urانيا (Teramo), nell'ambito di un progetto di sismo-magnetismo. Il magnetometro a fluxgate biassiale per la stazione bentina, nell'ambito del progetto CEE GEOSTAR, è stato inoltre adattato e controllato con diversi test di laboratorio. Una delle innovazioni è stato l'uso di una sospensione del sensore in modo tale da avere il sensore biassiale perfettamente orizzontale nell'intervallo di frequenza interessato.

È stato inoltre sviluppato del software con il linguaggio JAVA che permette di graficare i dati degli osservatori nelle pagine Web del sito Internet dell'Istituto.

Paleomagnetismo e Geodinamica

Nel corso del 1997 si sono conclusi, con la pubblicazione degli articoli, gli studi sulle rotazioni tettoniche post-Messiniane al margine adriatico dell'Appennino marchigiano e romagnolo (Speranza et al., 1997), che dimostrano che la curvatura odierna dell'Appennino settentrionale è stata acquisita per un processo oroclinale, e la revisione dei dati paleomagnetici rilevanti per la ricostruzione dell'evoluzione geodinamica neogenica e quaternaria della penisola italiana (Meloni et al., 1997).

Si sono concluse inoltre le misure paleomagnetiche sui sedimenti di età Tortoniano - Messiniano del bacino di Amantea (Calabria). I risultati acquisiti, che indicano una rotazione oraria di 15-20 gradi, sono importanti per la comprensione delle modalità di traslazione e rotazione del blocco calabro-peloritano.

Sono stati inoltre avviati studi di paleomagnetismo e geodinamica nei sedimenti, di età compresa tra il Messiniano ed il Pleistocene, del margine sudoccidentale della Sicilia. I risultati mostrano un'evoluzione geodinamica complessa ed articolata, con rotazioni orarie fino a 50° durante il Plio-Pleistocene.

Magnetostratigrafia

Nel 1997 si è concluso, con la pubblicazione dell'articolo, lo studio della magnetostratigrafia della sezione di Pietrasecca, quale possibile sezione-tipo per il passaggio Tortoniano/Messiniano (Cosentino et al., 1997).

Nuovi dati di stratigrafia magnetica ottenuti ai margini della conca aquilana hanno permesso di fornire un primo vincolo cronologico alla deposizione delle "Brecce Mortadella", che costituiscono un diffusissimo deposito continentale Pleistocenico delle dorsali carbonatiche abruzzesi.

È stata inoltre investigata una successione di loess affiorante nella parte più meridionale del Plateau cinese con la duplice finalità di approfondire lo studio delle proprietà magnetiche di questo particolare sedimento e di investigare l'evoluzione climatica di questa regione, nel corso degli ultimi 150 mila anni. I risultati di questo studio hanno ulteriormente evidenziato le potenzialità del paleomagnetismo per studi di carattere climatico-ambientale sottolineando che l'evoluzione climatica di questa regione, e quindi il sistema di circolazione monsonica, è variata in stretta connessione con l'evoluzione climatica globale.

Sono proseguite le indagini magnetostratigrafiche effettuate nell'area di Roma al fine di porre dei vincoli stratigrafici all'evoluzione tettonica di quest'area nel corso dell'ultimo milione di anni.

Anisotropia magnetica delle rocce

Nel 1997 si sono concluse, con la pubblicazione di due articoli (Mattei et al., 1997; Winkler et al., 1997), le revisioni dei dati di anisotropia della suscettività magnetica di sedimenti argillosi recenti nella penisola italiana, con particolare riguardo alle relazioni tra questi dati e l'assetto strutturale e l'evoluzione geodinamica di diverse strutture tettoniche.

Sono proseguiti gli studi di anisotropia della suscettività magnetica e della rimanenza in sedimenti marnosi e argillosi, per la ricostruzione e il confronto tra *fabric* magnetico totale delle rocce (evidenziato dall'analisi dell'anisotropia della suscettività magnetica) e *fabric* della sola frazione ferromagnetica (dall'analisi dell'anisotropia della rimanenza). Tali studi sono stati

particolarmente indirizzati a due tematiche distinte: lo studio della deformazione in formazioni argillose neogeniche e quaternarie e l'analisi del rapporto tra mineralogia e *fabric* magnetico di un sedimento. Sono state studiate le successioni terrigene cenozoiche della Fossa Sarda, ove l'analisi dell'anisotropia della suscettività magnetica (AMS) ha permesso di mettere in evidenza diverse fasi tettoniche che si sono succedute durante il Terziario sul blocco sardo.

Si è inoltre proseguito uno studio geofisico interdisciplinare tra analisi di anisotropia della suscettività magnetica, di break-out in pozzi profondi e di meccanismi focali al margine adriatico dell'Appennino Centro-Settentrionale, allo scopo di ricostruire l'evoluzione del campo di stress tramite il confronto tra deformazione plio-pleistocenica (evidenziata dallo studio delle anisotropie magnetiche) ed il campo di stress attuale (come determinato da analisi su break-out e meccanismi focali).

Mineralogia magnetica e magnetismo ambientale

Sono stati condotti studi di dettaglio sulle proprietà magnetiche dei solfuri di ferro ferromagnetici, con particolare riguardo alla greigite (Fe_3S_4). Lo studio intrapreso ha posto in evidenza i parametri magnetici più significativi per individuare la presenza di tali minerali in una roccia. La greigite è infatti particolarmente frequente, come principale portatore di magnetizzazione naturale rimanente, nei sedimenti italiani recenti formati in ambiente riducente, ed ha proprietà magnetiche poco conosciute ed estremamente importanti per una corretta interpretazione dei dati derivanti da studi paleomagnetici.

Nel corso del 1997 si è inoltre programmato un progetto di cooperazione europea per la realizzazione di una rete di laboratori di paleomagnetismo tra vari paesi (Inghilterra, Olanda, Svizzera, Austria, Germania, Italia, Francia e Spagna), finalizzata alla messa a punto di un protocollo concordato di analisi nel campo del magnetismo ambientale e per l'avvio di una serie di ricerche indirizzate allo studio delle relazioni tra clima (sia attuale che passato) e proprietà magnetiche dei suoli e dei sedimenti, nonché delle potenzialità dei metodi del magnetismo ambientale per la rilevazione e la caratterizzazione della modalità di dispersione degli agenti inquinanti nell'ambiente naturale. La suddetta proposta di progetto è stata sottomessa all'approvazione della comunità europea.

SCHEMA DI IMPEGNO NELLE LINEE DI RICERCA

Ricercatori totale: 10 + 4 Borsisti.

Linea di ricerca	Unità di Personale Ricercatori in % tempo	Collaborazioni Nazionali ed Internazionali
Indagini ambientali	1(70%) + 2(20%)	
Ricerche storiche	1(20%) + 2(20%)	Oss. Brera (Milano)
Variazione secolare	1(20%) + 3(20%)	BGS (UK)
Modell. Matem.campo	1(20%) + 2(10%)	BGS (UK), Ebro Obs. (Spagna)
Teorie fondamentali	1(20%)	Newcastle (UK), Tirana (Albania)
Analisi non lineare	2(25%) + 2(10%)	BGS (UK)
Rotazione Terrestre	1(70%)	Uni. Bologna
Magnetovar. temporali	2(100%) + 2(25%) + 2(10%)	Uni. PD, PI, AQ, Praga (Rep. Ceca), ATeT (USA), AC. Sc. (Pol.)
Nuova tecnologia	2(50%)	
Paleomag. e Geodin.	2(40%) + 1(30%) +2(15%)	
Magnetostratigrafia	1(50%) + 1(33%)	Uni. Davis (USA), OGS (Trieste)
Anisotr. mag. rocce	2(50%) + 1(33%)	
Mineralogia magnetica e magnetismo ambientale	1(50%) + 1(33%) + 1(20%)	Uni. Southampton (UK), Uni. Wellington (NZ)
Tettono-elettromagn.	4(25%) + 1(10%)	Uni. GE, Acad Sci. (Polonia)

Unità Organica Aeronomia

1. Sintesi dell'attività scientifica svolta nel 1997

Introduzione

Il termine Aeronomia fu introdotto per la prima volta da Chapman nel 1932 per indicare quella parte della Geofisica che studia i fenomeni chimici e fisici della atmosfera terrestre ad una quota superiore ai 30 km. Tradizionalmente nell'Istituto Nazionale di Geofisica le attività scientifiche svolte dall'U.O.A. hanno riguardato principalmente la Fisica della Ionosfera e le sue applicazioni alla radiopropagazione; recentemente l'interesse scientifico si è orientato anche a studi e tematiche ambientali inerenti le interazioni tra media ed alta atmosfera.

La U.O.A., presso la sede dell'ING di Roma e presso l'Università de L'Aquila, è composta da 5 collaboratori tecnici di ricerca e 8 ricercatori di cui 4 non di ruolo (2 art. 36 e 2 borsisti). Sulla base della stretta collaborazione professionale tra tutto il personale coinvolto nella U.O.A., la relazione che segue sulle attività del 1997 non farà riferimento al lavoro svolto dal singolo ricercatore ma piuttosto agli sviluppi degli studi e delle sperimentazioni tecnologiche condotte.

1. Servizio ionosferico nazionale e previsioni ionosferiche

L'Istituto Nazionale di Geofisica è attualmente l'unica istituzione scientifica in Italia che compie misure continue e sistematiche dei fenomeni ionosferici attraverso i due Osservatori Ionosferici di Roma e Gibilmanna (PA). I risultati di queste osservazioni, ottenuti attraverso un complesso lavoro di interpretazione delle registrazioni, sono pubblicati su bollettini mensili ed annuari inviati regolarmente al World Data Center (Boulder, Co.-USA) e a diverse istituzioni internazionali, e contribuiscono in modo fondamentale alla sinottica ionosferica del pianeta. Infatti la stazione ionosferica di Roma, frequentemente citata nella letteratura scientifica internazionale, è attiva dal 1949, ovvero possiede oltre cinque cicli solari di osservazioni continue che consentono studi di variazioni a lungo termine del campo ionosferico. La stazione ionosferica di Gibilmanna trae la sua importanza dalla sua posizione geografica, rappresentando l'osservatorio ionosferico a più basse latitudini dell'area Europea. Recentemente, un terzo Osservatorio Ionosferico è stato installato a Baia Terra Nova (1993), nella base italiana in Antartide, per l'osservazione e lo studio dei complessi fenomeni fisici dell'atmosfera ionizzata a latitudini polari.

La stazione Ionosferica di Roma è stata equipaggiata nel 1997 con una nuova ionosonda digitale DPS4 (Lowell University, Massachusetts, USA) corredata da un nuovo e complesso sistema di antenne riceventi, per l'installazione della quale è stato necessario un pesante supporto oltre che tecnologico anche logistico da parte dell'U.O.A.. Test di laboratorio sono tuttora eseguiti per il controllo dell'apparato sperimentale del DPS4 e correlazioni statistiche sono state fatte tra le misure ottenute con la DPS4 e la precedente ionosonda per la verifica dell'attendibilità del dato osservato. La DPS4 installata a Roma fa parte di un recente network di stazioni ionosferiche on-line distribuite sul globo terrestre e raggiungibili via internet. Tale strumento consente non solo la interpretazione automatica degli ionogrammi e la inversione ad altezze vere del profilo di densità elettronica ma anche una serie di attività sperimentali quali

ad esempio la misura dei venti termosferici, di deriva del plasma ionosferico ed il digital beamforming grazie al sistema ricevente multiantenne. Le misure ionosferiche della stazione di Roma sono visibili in tempo reale nella pagina internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica (Fig.1). La DPS4 è anche provvista di uno speciale software per l'analisi dei dati eventualmente già interpretati e per la loro archiviazione.

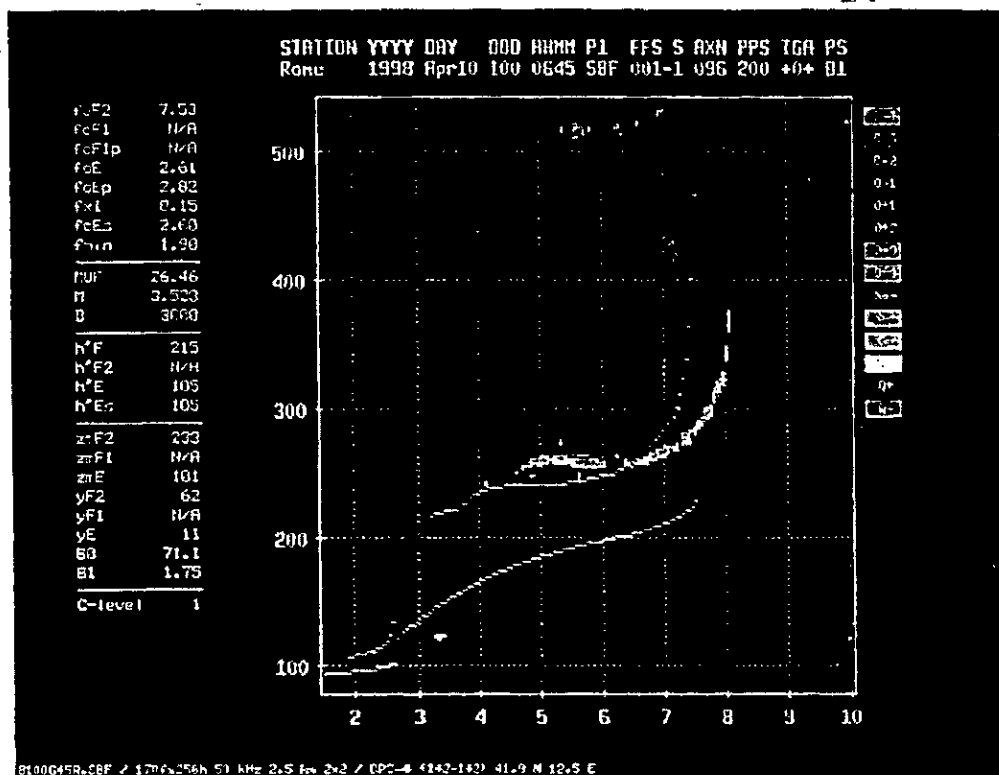


Figura 1. Esempio di ionogramma verticale prodotto presso l'Osservatorio ionosferico di Roma con la nuova digisonda DPS4. Nella colonna a sinistra del plot sono riportati i valori autoscalati dei parametri fisici caratteristici degli strati ionosferici. La traccia nera sul plot definisce il profilo verticale di densità elettronica ottenuto sempre automaticamente sulla base dei parametri ottenuti con il sondaggio. Questo prodotto è disponibile in tempo reale sul nodo internet dell'Istituto Nazionale di Geofisica.

Le osservazioni ionosferiche collezionate negli osservatori sono utilizzate non solo per scopi di ricerca scientifica ma anche per la produzione di diagrammi di previsione per la radiopropagazione ad onda corta via ionosfera. L'U.O.A. pubblica mensilmente, e con due mesi di anticipo, previsioni per la propagazione ionosferica a lungo termine utili alla pianificazione dei radiocollegamenti ad onda corta. Le previsioni, presentate in forma grafica, hanno validità nell'area mediterranea e vengono inviate regolarmente al Ministero della Difesa, al Ministero dell'Interno e alla Protezione Civile. 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. Una continua assistenza nella pianificazione dei radio collegamenti HF è stata infatti fornita sia all'Ispettorato Trasmissioni dell'Esercito che alla Marina Militare in

occasione delle recenti operazioni di pace. Il metodo di previsione ionosferica è basato su modelli fisico-empirici regionali. Per previsioni relative a collegamenti a lunga distanza o per previsioni a corto termine si utilizzano invece metodi basati su modelli globali od elaborati ad hoc.

Per le previsioni ionosferiche a corto termine e per le previsioni di particolari disturbi quali ad esempio il SID (sudden ionospheric disturbance) nell'area mediterranea, l'U.O.A. collabora con il CNET-Telecom (Lannion-Francia), fornendo le osservazioni delle frequenze di plasma ionosferico su base giornaliera.

Per quanto riguarda le previsioni ionosferiche a cortissimo termine o "day-to-day forecasting", l'U.O.A. collabora con il centro europeo costituito recentemente presso il RAL (Rutherford-Appleton Laboratory-England) 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 sul sito internet del RAL.

2. Studi e applicazioni nell'ambito del modellamento del campo ionosferico regionale e planetario.

Negli ultimi anni sono stati sviluppati particolari algoritmi per il modellamento regionale dei parametri ionosferici. Tali studi si sono inseriti all'interno dei progetti COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research) finanziati dalla Comunità Europea. Lo scopo del progetto recentemente concluso, denominato PRIME (Prediction and Retrospective Ionospheric Modelling over Europe; Stanislawski and Zolesi, 1997), è stato quello di approfondire la conoscenza del comportamento nello spazio e nel tempo del plasma ionosferico a medie latitudini, per valutarne gli effetti sui sistemi in uso per telecomunicazioni radio. Il progetto COST251-IITS (Improved quality of service in Ionospheric telecommunication System planning and operation), attualmente in atto e che coinvolge l'U.O.A. non solo come attività di ricerca ma anche di coordinamento scientifico tra le università e istituti dei paesi europei partecipanti, sottolinea la necessità di sviluppare ricerche sugli effetti della ionosfera sulle radiocomunicazioni intese, non semplicemente, come pianificazione dei collegamenti HF ma comprendente un range di applicazioni che va dai sistemi satellitari GPS, radar transorizzonte, radar altimetri ed altri strumenti geodetici fino al complesso insieme di fenomeni dello spazio circumterrestre definito come "Space Weather". Il contributo scientifico dell'U.O.A. a questo progetto ha riguardato nel 1997 non solo la consueta attività sperimentale e di misura per il continuo aggiornamento della recente Banca Dati Ionosferici Europea costituita presso l'ICTP (International Center of Theoretical Physics) di Trieste consultabile via internet, ma anche una serie di ricerche teorico sperimentali finalizzati allo sviluppo di modelli per previsioni a medio/lungo termine dei parametri ionosferici per regioni comprendenti le alte latitudini ove i fenomeni ionosferici sono notoriamente più complessi e connessi più o meno direttamente allo spazio interplanetario (SIRM97; Zolesi et al., 1997; Zolesi and Cander, 1997). Sempre nell'ambito del progetto COST251-IITS, è stato iniziato uno studio in collaborazione con l'Università di Rennes (Francia) e con il CNET-Telecom di Lannion (Francia) per la simulazione di sondaggi ionosferici obliqui utilizzando le tecniche di ray-tracing sulla base dei profili di densità elettronica modellati dal PRIME. I buoni risultati preliminari di questa ricerca hanno mostrato che, attraverso le simulazioni ottenute comparate con misure sperimentali del sistema "Scipion" (Francia), è possibile determinare quali tipi di correzione sono necessari ai profili verticali per ridurre l'errore nella determinazione del target. Sviluppi molto interessanti riguardano l'utilizzo dei sopradetti modelli di ray-tracing per applicazioni radar in HF (Bourdillon et al, 1997).

Sono inoltre proseguiti nel 1997 gli studi riguardanti la morfologia dell'alta atmosfera e le interazioni Sole -Terra iniziate negli anni precedenti nel campo delle TIDs Travelling ionospheric disturbances e nel campo delle AGWs atmospheric gravity waves (Anzidei et al., 1997; Dominici et al., 1997; Pietrella et al., 1997).

Un risultato particolarmente importante è stato conseguito nello studio della morfologia dello strato ionosferico F1 definendo una funzione che ne descrive la probabilità di occorrenza. Tale funzione è stata adottata ed inserita nel software dell'International Reference Ionosphere (IRI), uno dei modelli internazionalmente più usati ed accettati (Radicella et al., 1997; Scotto et al., 1997).

Sono infine state utilizzate ed adattate le tecniche di modelling sviluppate per l'Europa per la descrizione del campo ionosferico regionale comprendente zone di bassa latitudine. In particolare questo studio, in collaborazione con il CRIRP (China Research Institute of Radiowave Propagation), ha determinato l'introduzione di una funzione ad hoc per la descrizione delle frequenze di plasma in una "zona di transizione" tra le medie e le basse latitudini in grado di assicurare la continuità del campo ionosferico (Wang et al., 1997). Questo studio è stato condotto nell'ambito della cooperazione scientifica Italia-Repubblica Popolare Cinese, promossa dal Ministero degli Affari Esteri.

3. Misure e ricerche sperimentali nell'alta atmosfera e nella ionosfera con tecniche radio

Nel campo della fisica dell'alta atmosfera, le grandezze caratteristiche di interesse non possono generalmente essere misurate *in situ*, soprattutto quando le misure richieste debbono essere continue e sistematiche. Tali parametri sono generalmente ricavati da misure radioelettriche (ampiezza, fase, spostamento Doppler ecc.) di segnali radar o apparecchiature riceventi passive di stazioni e osservatori a terra. A questo proposito negli Osservatori di Roma e Gibilmanna sono stati installati particolari strumenti che, insieme alle tradizionali misure delle caratteristiche ionosferiche necessarie nel campo delle telecomunicazioni, permettono: 1) lo studio della bassa ionosfera attraverso l'osservazione dell'altezza delle superfici di isodensità elettronica misurata con ricevitori sintonizzati su stazioni Omega nel campo delle frequenze VLF; 2) lo studio dell'atmosfera ionizzata, intesa in senso globale, attraverso la misura del contenuto colonnare di elettroni, TEC (*Total Electron Content*), tramite ricevitori NNSS (*Navy Navigation Satellite System*). Questi due tipi di osservazioni sono completate con un altro sistema HF-Doppler (realizzato nel laboratorio dell'U.O.A.) per la misura della velocità di deriva del plasma ionosferico che permette una maggiore comprensione dei fenomeni dinamici. Da tali misure è possibile dedurre informazioni sulla propagazione delle onde atmosferiche di gravità confrontandole con altre misure simultanee quali i sondaggi ionosferici ad elevata ripetizione, misure di TEC e VLF. Avendo poi a disposizione la nuova digisonda DPS4, è stato anche iniziato uno studio che utilizza le sky-map prodotte e relative alle sorgenti Doppler a cui sono associate le velocità effettive del plasma ionosferico.

Per quanto concerne l'individuazione e la convalidazione di una metodologia per la valutazione del TEC in tempo quasi reale, è stato recentemente approvato e finanziato dal CNR un progetto di ricerca che vede la collaborazione dell'Istituto per lo studio delle Onde Elettromagnetiche del CNR, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e del Centro Internazionale di Fisica Teorica (ICTP). È noto come nella radiopropagazione tra il Cosmo e la Terra, tra satelliti e la Terra e tra satelliti e satelliti la presenza di un plasma, seppure debolmente ionizzato quale è la ionosfera, induce tutta una serie di effetti quali la scintillazione, il ritardo di fase o la polarizzazione che risultano ai fini applicativi come degli errori provocati dalla

ionosfera stessa. Tali applicazioni riguardano ad esempio le radiocomunicazioni, i sistemi di posizionamento dinamici e l'altimetria da satellite così come le correzioni ionosferiche delle misure VLBI. La valutazione e la correzione di questi effetti prevede appunto la conoscenza del TEC, che essendo funzione di molte variabili quali la radiazione solare ionizzante, il vento neutro, i campi elettrici, la composizione chimica della parte neutra etc., presenta non facili problemi di previsione nella sua variabilità geografica e temporale. Sino ad oggi sono stati prodotti metodi di previsione che danno una valutazione di un comportamento medio del parametro TEC, basati su misure in genere limitate nel tempo e ampiamente disomogenee nello spazio, quindi del tutto insoddisfacenti dal punto di vista della valutazione degli effetti sopra citati. Nel presente progetto di ricerca viene proposta una serie di campagne di misura e di analisi retrospettive ove vengono confrontate misure di TEC ottenute attraverso sistemi satellitari GPS e sistemi satellitari NNSS e misure da ionosonda che, applicate a modelli di profilo di densità elettronica, forniscono una valutazione molto precisa del contenuto elettronico sino all'altezza del picco massimo di densità. Tenuto conto della esistenza presso l'ING di apparati ricevitori GPS, la metodologia e il know how acquisito in questa ricerca permetterà nel prossimo futuro di avviare misure sistematiche di TEC direttamente ed autonomamente nell'ING stesso a costi minimi.

4. Misure di ozono ed aerosol nella stazione LIDAR di L'Aquila (SLAQ)

Dall'inizio degli anni '90 l'U.O.A. è attiva nella misura di profili di ozono stratosferico a medie latitudini e nello studio dei modelli di cambiamento globale in collaborazione con l'Università degli Studi di L'Aquila. Lo scopo comune è stato lo sviluppo di strumenti per il monitoraggio e lo studio della concentrazione di ozono e di altri costituenti atmosferici utilizzando la tecnica LIDAR (LIght Detection And Ranging). La SLAQ, situata nei pressi dell'Osservatorio Geofisico di Pretruro dell'ING, dispone di due sistemi LIDAR: un sistema DIAL (Differential Absorption Lidar) per la misura di profili di ozono in stratosfera ed un secondo sistema utilizzato principalmente per il monitoraggio degli aerosol di origine vulcanica. Il sistema DIAL permette di ottenere profili della concentrazione di ozono nell'intervallo di quota compreso tra 15 km e 45 km ad intervalli di quota pari a 300 m. Con il secondo sistema della SLAQ si eseguono essenzialmente misure di Backscattering Ratio, una grandezza legata otticamente alla presenza in stratosfera di aerosol di origine vulcanica. I profili di Backscattering Ratio possono essere ottenuti nell'intervallo di quota compreso tra 10 km e 35 km con una risoluzione di 300 m. I due sistemi hanno funzionato simultaneamente dalla metà del 1991 in concomitanza con l'eruzione del vulcano filippino Pinatubo verificatasi tra il 12 e il 16 giugno 1991. Tale evento ha permesso di condurre lavori di ricerca mirati principalmente al monitoraggio degli aerosol che si sono formati in stratosfera come conseguenza dell'eruzione, e allo studio dell'influenza che essi hanno sulla concentrazione di ozono e sul bilancio radiativo dell'atmosfera (Fig.2). Dal 1992 la stazione ha partecipato a diverse campagne nelle quali sono state effettuate misure in concomitanza di overpass sulla stazione di strumenti trasportati in orbita da satelliti quali il SAGE II e lo UARS e dalla navetta spaziale Shuttle. In tale ambito la stazione ha avuto il riconoscimento della comunità scientifica internazionale come stazione a terra per la validazione di misure effettuate dagli strumenti installati su di essi.

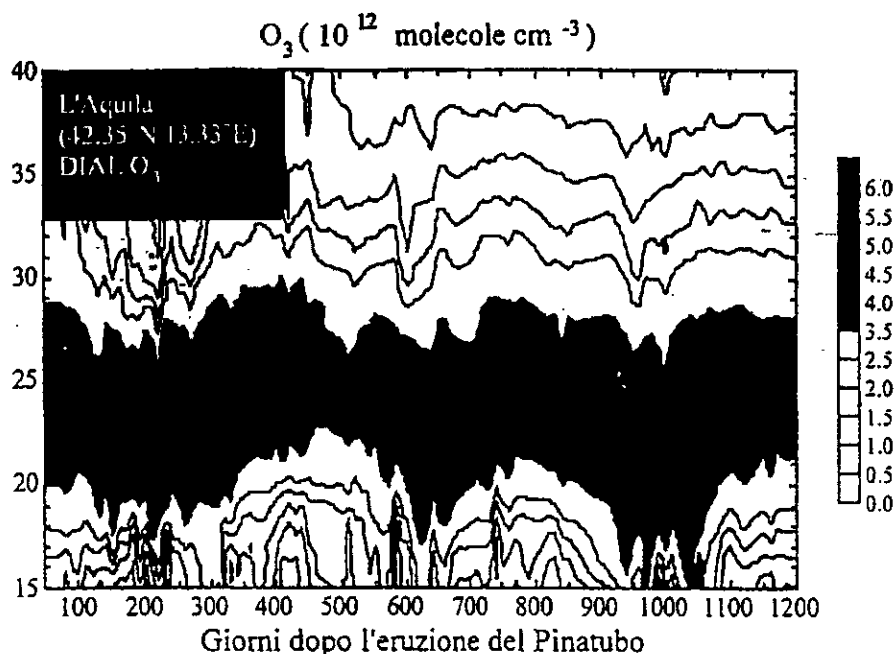


Figura 2 Evoluzione temporale dei profili Dial di ozono nell'intervallo di quota 15-40 km. La scala temporale parte dall'inizio di agosto 1991 e termina a settembre 1994; nelle ordinate compare l'altitudine in km.

Come completamento dell'attività di ricerca svolta a L'Aquila, la SLAQ ha partecipato a campagne di misura artiche nelle quali sono stati sviluppati, in collaborazione con università e enti di ricerca europei, sistemi LIDAR per effettuare misure alle alte latitudini dell'emisfero Nord. Il primo LIDAR, installato a Sodankyla in Finlandia nell'inverno 1991-92 durante la campagna EASOE, era un sistema DIAL per misure di ozono sviluppato in collaborazione con il CNRS francese. Successivamente è stato sviluppato sempre a Sodankyla, nell'ambito del progetto SESAME, un sistema per la misura delle nubi stratosferiche polari allo scopo di studiarne i meccanismi di formazione e le caratteristiche chimico-fisiche. L'importanza di tale ricerca è legata al ruolo che tali nubi hanno nella chimica dell'ozono polare (buco di ozono). Nel corso del 1997 si è iniziato l'ulteriore sviluppo dei due sistemi LIDAR della SLAQ allo scopo sia di raffinare le misure sia di ampliare la tipologia delle stesse. A tale scopo gli apparati di ricezione dei sistemi LIDAR della SLAQ sono stati potenziati con un nuovo telescopio composto da quattro specchi parabolici di 50 cm di diametro con il prelevamento dei segnali per mezzo di fibre ottiche posizionate sul fuoco degli specchi. Tale sistema di ricezione è posto in un container dell'ING collocato presso la SLAQ. Per questo nuovo LIDAR nel futuro sarà necessario sviluppare l'intero sistema di ricezione dopo gli specchi. Ogni canale di ricezione, per un totale di quattro canali, uno per ogni singolo specchio, dovrà essere dotato di fibra ottica con accoppiati ottici, chopper meccanico, elettronica di sincronismo tra laser ed acquisizione, ottiche di collimazione e filtraggio ottico dei segnali (lenti, filtri interferenziali, fotomoltiplicatori + alimentatori), ed elettronica di fotoconteggio. In tal modo il sistema sarà di estrema versatilità dato che i quattro canali di ricezione potranno essere utilizzati in varie combinazioni tra di loro per raccogliere un singolo segnale o segnali LIDAR con differenti lunghezze d'onda simultaneamente. Ciò potrà servire inoltre per un ulteriore sviluppo della misura DIAL di ozono utilizzando la tecnica dello scattering Raman indotto dalla radiazione laser sulle molecole di azoto presenti in atmosfera. In tal modo l'intervallo di quota della

misura di ozono sarà ulteriormente ampliato e si potranno ottenere profili di ozono con una precisione maggiore anche in presenza di un grosso quantitativo di aerosol vulcanici dato che il segnale Raman retrodiffuso è solo in minima parte influenzato da questi ultimi. Con questo sistema si cercherà di sviluppare anche la misura di profili di densità e di temperatura nell'intervallo di quota compreso tra 30 km e 90 km di quota. Tale LIDAR installato nel container eventualmente potrà anche essere utilizzato per una partecipazione più diretta alle campagne di misura alle alte latitudini che nel futuro verranno effettuate dalla comunità scientifica europea. Nel corso del 1997 è stato inoltre portato avanti lo sviluppo del LIDAR per la misura di aerosol stratosferici rendendolo utilizzabile anche per la misura di profili di concentrazione di costituenti metallici atomici presenti in mesosfera tramite la tecnica dello scattering risonante. Questo tipo di misure, che attualmente allo stato preliminare ha già dato i primi risultati per quanto riguarda la misura di profili di sodio, oltre a dare informazioni sulla composizione e sulla dinamica dell'atmosfera ad alta quota, 80-110 km, sono in netta connessione con quelle di profili di densità di elettroni presenti in ionosfera che vengono effettuate dall'osservatorio ionosferico. In diretta connessione con l'attività scientifica, nel 1997 la SLAQ è stata impegnata, e lo è tuttora, nel progetto europeo SAONAS (Stratospheric Aerosols and Ozone Experiment) e nella campagna POAMAS (Particles and Ozone in the Antarctic, Midlatitude, and Arctic Stratosphere) inserita nell'ambito del programma nazionale italiano per l'Antartide. Nell'ambito di questi progetti sono state portate avanti anche linee di ricerca finalizzate al confronto degli algoritmi di inversione dei segnali LIDAR per uniformare l'analisi dei dati sperimentali tra i gruppi di ricerca coinvolti, in modo da ottenere set di dati il più omogenei possibile.

5. Partecipazione al PNRA (Progetto Nazionale di Ricerche in Antartide)

All'interno dell'ovale aurorale, la ionosfera è particolarmente interessante in quanto direttamente connessa con lo spazio esterno per mezzo della riconnessione delle linee di forza del campo magnetico attraverso la magnetopausa. Le misure disponibili, rilevate tanto da stazioni a terra che da satellite, hanno già mostrato l'occorrenza di fenomeni particolarmente complessi che alle alte latitudini hanno elevata percentuale di accadimento. L'alta variabilità nello spazio e nel tempo dei fenomeni connessi alle interazioni Sole-Terra richiede un grande impegno nella produzione, collezione e analisi statistica di quante più osservazioni *geofisiche* possibili per poter fornire una o più chiavi di interpretazione degli eventi osservati. Sono perciò necessarie lunghe serie di dati misurati simultaneamente in diversi punti di osservazione. A tal fine l'U.O.A. partecipa dal 1990 al Progetto Nazionale di Ricerche in Antartide con un osservatorio ionosferico permanente installato nella base Italiana di Terra Nova (74.42 S, 164.06 E). Dal 1996 l'Osservatorio Ionosferico Antartico è funzionante durante tutto l'anno e quindi, automaticamente, anche durante l'inverno antartico. Oltre alle misure di plasma ionosferico standard, sono state effettuate importanti campagne di sondaggio ionosferico obliquo tra Terra Nova e Roma e di Contenuto Elettronico Totale (TEC) (in collaborazione con l'Istituto Ricerche Onde Elettromagnetiche, CNR, Firenze) con un sistema di ricezione ed elaborazione del segnale NNSS per misure Doppler Differenziali dalle quali è possibile ricavare informazioni per il calcolo del contenuto colonnare di elettroni tra il satellite e la stazione ricevente al suolo. Studi sul modelling ionosferico nella calotta polare e correlazioni tra TEC misurato e derivato da modelli originali semi-empirici sono in progresso e il primo lavoro sui risultati ottenuti è in pubblicazione.

Le misure provenienti dall'osservazione continua e sistematica delle condizioni ionosferiche a Terra Nova sono state pubblicate su *Annuari* e inviate alla banca dati ionosferici per l'Antartide (IPS, Ionospheric Prediction Service, Sydney, Australia) e vengono inoltre

utilizzate per le previsioni settimanali dei parametri utili nei radiocollegamenti regionali in Antartide (Base Italiana-Campi Remoti, Base Italiana-Nave Italica), per la scelta in tempo reale delle frequenze migliori per i radiocollegamenti sia in voce che per trasmissione dati (sistema ALIS) tra la Base Italiana e l'Italia. Per lo studio delle variazioni rapide spazio/temporali del sistema accoppiato ionosfera-magnetosfera, l'U.O.A. è anche impegnata (in collaborazione con U.O. Geomagnetismo dell'I.N.G.) nel programma "Riometria". La stazione riometrica consta attualmente di due riometri (Relative Ionospheric Opacity Meter) permanenti installati tra il 1993 e il 1995 per la misura del rumore cosmico di fondo a 30 e 38.2 MHz attraverso il quale è possibile ricavare l'assorbimento non deviativo della bassa regione ionosferica D. Sulla base di queste osservazioni, sono stati condotti diversi studi per l'analisi dei dati di rumore cosmico per l'individuazione della migliore curva quieta di riferimento (QDC) necessaria per il calcolo dell'assorbimento ionosferico. Sono stati anche avviati con buon successo lavori di ricerca mirati all'uso di analisi convenzionale e non lineare applicata a dati di assorbimento e geomagnetici (De Franceschi et al., 1997a; De Franceschi et al., 1997b; De Santis et al., 1997). Inoltre, per quanto riguarda la determinazione dei tempi di risposta ionosferici a perturbazioni magnetiche alle alte latitudini, è in preparazione un lavoro di ricerca che, sulla base di serie temporali di parametri ionosferici opportunamente trasformati, ha evidenziato con buona approssimazione che il "ritardo ionosferico" rispetto al fenomeno perturbativo di origine magnetosferico è di circa 15 ore. Tale risultato sarà anche di sicuro interesse per quanto riguarda le previsioni ionosferiche a corto-termine (Radicella and De Franceschi, 1997).

Un'altra importante attività sperimentale per il 1997 è stata la progettazione e la realizzazione di un radar doppler operante su frequenze comprese tra 1 e 20 MHz per lo studio dei movimenti degli strati riflettenti della ionosfera. La misura si basa sull'effetto Doppler che modifica la frequenza ricevuta dopo la riflessione ionosferica rispetto a quella emessa di una quantità che dipende anche dalla velocità di spostamento degli strati atmosferici. L'apparato è stato installato nell'osservatorio ionosferico della base italiana in Antartide durante la spedizione 1997-1998 riportando una serie di misure da analizzare.

Alla fine del 1996 è iniziata anche una collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e la cattedra di fisica terrestre dell'Università di Milano (Prof. Ignazio Tabacco) nell'ambito di studi di glaciologia antartica. L'attività della U.O.A. (in collaborazione con l'U.O. Geomagnetismo) è focalizzata nel miglioramento del sistema di acquisizione dell'apparato radar impiegato nel passato. Tale apparato si avvaleva di un oscilloscopio digitale che acquisiva il segnale ricevuto in 512 punti consentendo l'acquisizione di una traccia ogni 3 secondi. Il nuovo sistema di acquisizione basato su una scheda progettata e realizzata dalla U.O.A. consente di acquisire fino a 50 tracce / secondo con una risoluzione di 1024 punti.

Durante la spedizione antartica del 1997 - 1998 sono state effettuate misure con l'apparato così modificato riportando dati di notevole qualità.

6. Collaborazioni con Istituzioni nazionali e internazionali

6.1. Collaborazione con il Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste (ICTP)

Anche per il 1997 il Laboratorio di Fisica Atmosferica e Radiopropagazione dell'ICTP ha costituito per l'U.O. Aeronomia un importantissimo partner, non solo nei lavori di ricerca svolti nell'ambito dei progetti COST, ma anche nell'attiva partecipazione, quali docenti e/o discenti, nelle Scuole di discipline ionosferiche organizzate annualmente dal Centro.

6.2 IITS (Improved Quality of Service in Ionospheric Telecommunication System Planning and Operation) una nuova azione di cooperazione scientifica e tecnologica promossa dalla Comunità Europea.

Nel luglio 1995 fu inaugurato a Bruxelles un nuova azione COST ovvero di Cooperazione Scientifica e Tecnologica nel settore delle telecomunicazioni, dal titolo IITS Improved Quality of Service in Ionospheric Telecommunication Systems Planning and Operation, e denominata azione COST 251. Tale azione dalla necessità di sviluppare ricerche sul plasma ionosferico e sui suoi effetti nelle radiocomunicazioni intese, non semplicemente come uso e pianificazione dei collegamenti in HF, ma comprendente un range di applicazioni che va dai sistemi satellitari GPS, radar transorizzonte, radar altimetri ed altri strumenti geodetici, nonché al cosiddetto "Space Weather". Tali ricerche furono iniziate durante l'azione COST 238 PRIME, nel quadriennio passato, e sono state estese ad una regione geografica che comprende, oltre al continente Europeo, anche la zona polare ed il vicino oriente utilizzando una più completa e diversificata serie di misure ionosferiche.

I principali obiettivi del progetto COST 251, inseriti nel Memorandum d'intesa approvato da 10 paesi europei, sono :1) Dimostrare il fondamentale miglioramento dei radiocollegamenti terrestri e terra-spazio basati sui modelli generati nel COST 238 PRIME e promuoverne il loro uso.2) Migliorare ulteriormente le prestazioni di questi modelli ed estenderne l'area di applicazione.3) Aggiungere e collezionare altri tipi osservazioni e misure ionosferiche diverse dal radiosondaggio per aumentare la statistica dei fenomeni osservati. I lavori di questo progetto, che coinvolge circa 60 ricercatori ed oltre 10 istituzioni, sono organizzati in quattro differenti Working Groups ed avranno una durata di quattro anni. In particolare la collaborazione ha coinvolge le seguenti Istituzioni: il Centre National d'Etudes des Télécommunication, Francia, per i temi di sondaggio verticale e raccolta dati; il Royal Meteorological Institute, Belgio, l'Observatori de l'Ebre, Spagna e il National Defence Research Establishment, Svezia per le misure di sondaggio obliquo; il CNR/ROE di Firenze, il Rutherford and Appleton Laboratory, UK, per i modelli di mapping istantaneo; l'Università di Salonicco, Grecia e il Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste per i temi di variabilità ionosferica; il Geomagnetic Institute di Belgrado, Jugoslavia e l'Università di Graz, Austria per il mapping mediano mensile. In questo progetto i ricercatori dell'U.O. Aeronomia sono impegnati non solo nei temi di ricerca ma svolgono anche un importante ruolo gestionale come rappresentanti nel Management Committee, come Vice Chairman o come Working Group leader nel progetto stesso.

6.3. Misure di ozono nella stratosfera

Di notevole importanza è il ruolo che la stazione LIDAR di L'Aquila ha avuto nelle diverse campagne e progetti di ricerca internazionali come ESMOS (*European Stations Monitoring the Stratosphere*), UARS Correlative Measurement Program, SESAME (*Second European Stratospheric Arctic and Mid-latitude Experiment*), LITE (*Laser In space Technology Experiment - Shuttle*). In essi la stazione ha avuto il riconoscimento della comunità scientifica internazionale come stazione a terra per la validazione di misure effettuate da strumenti installati sui satelliti e su navette spaziali e come sito permanente nella rete NDSC (*Network for the Detection of Stratospheric Change*) per lo studio dei cambiamenti in stratosfera a livello planetario. Nell'ambito di questi progetti sono state portate avanti anche linee di ricerca finalizzate al confronto degli algoritmi di inversione dei segnali LIDAR per uniformare l'analisi dei dati sperimentali tra i gruppi di ricerca coinvolti, in modo da ottenere set di dati il più omogenei possibile.

Le Istituzioni scientifiche che hanno partecipato e collaborato con l'I.N.G. negli esperimenti citati includevano: Il Centre National pour la Recherche Spatial, Francia; il CNR/IROE di Firenze; la Freie Universität di Berlino, Germania; l'Observatoire Cantonal di Neuchatel, Svizzera; l'Université de Lyon, Francia e il Finnish Meteorological Institute, Finlandia.

6.4. Misure ionosferiche durante la missione "*Tethered Satellite System Reflight*"

L'U.O. Aeronomia ha partecipato alla programmazione e quindi all'esecuzione, all'inizio del 1996, di una serie di sondaggi ionosferici in coincidenza con il volo del TSS-1R *Tethered Satellite System Reflight*. La campagna di misure, condotta da un *network* mondiale di 34 stazioni ionosferiche distribuite omogeneamente sul pianeta, aveva lo scopo di compiere un monitoraggio e per la prima volta un *real-time forecasting* delle condizioni globali della ionosfera. Anche se la missione ha avuto un esito parzialmente negativo, le misure di plasma ionosferico hanno permesso un primo confronto con le misure da Terra e una prima valutazione dei modelli maggiormente in uso. Per la prima volta comunque è stata fatta una valutazione in tempo reale del plasma ionosferico con misure contemporanee da Terra e dallo Spazio. Durante il 1997 sono stati studiati alcuni primi risultati, derivanti da una parziale analisi delle misure fatte, presentati alla conferenza dell'American Geophysical Union lo scorso mese di maggio ed in via di pubblicazione su *Geophysical Research Letters*.

Le attività di ricerca relative alla Fisica Ionosferica e allo *Space Weather* sono state coordinate dal *Science Application International Corporation, USA*.

6.5 Collaborazione con l'Istituto per le Ricerche sulle Onde Elettromagnetiche del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Oltre al citato progetto di ricerca relativo ad una metodologia di valutazione del contenuto elettronico totale è importante ricordare altri due temi di ricerca svolti in collaborazione con l'IROE: l'installazione a Roma e a Firenze di due ricevitori di segnali omega per lo studio della bassa ionosfera e l'installazione di due ricevitori a L'Aquila e Gibilmanna di segnali provenienti da satelliti NNSS per la misura del contenuto elettronico totale.

6.6 Altre collaborazioni Internazionali

Nel quadro delle cooperazioni scientifiche promosse dal Ministero degli Affari Esteri attraverso accordi bilaterali è importante ricordare l'attivo ruolo dell'U.O. Aeronomia negli accordi di cooperazione scientifica e culturale tra il nostro paese e la Grecia, la Repubblica Popolare Cinese e gli Stati Uniti d'America.