

COMPITI E SUDDIVISIONE FONDI TRA LE UNITÀ DI RICERCA  
prot. 2005025202

<b>Coordinatore Scientifico</b>	Carmine SERIO
<b>Ateneo</b>	Università degli Studi della BASILICATA
<b>Titolo della Ricerca</b>	Osservazioni spettralmente risolte nella banda rotazionale del vapor d'acqua nel range spettrale 17-50 micron per la validazione e verifica di modelli di trasferimento radiativo nell'atmosfera terrestre.
<b>Finanziamento assegnato</b>	Euro 271.000
<b>Durata</b>	24 Mesi

### Obiettivo della Ricerca

*Nonostante il ruolo preponderante della banda rotazionale del vapor d'acqua (17-50 micron) nel determinare il budget radiativo della Terra, ben poche misure sono state sino ad oggi effettuate in questa regione dello spettro. Esiste, ancora oggi, un gap notevole riguardo la conoscenza delle caratteristiche del vapor d'acqua in relazione all'assorbimento ed emissione della radiazione di onda lunga.*

*Obiettivo principale del progetto è di contribuire a ridurre tale gap attraverso l'esecuzione di campagne di misura di radianza spettralmente risolta, emessa dall'atmosfera terrestre, in appropriate condizioni meteorologiche, nella banda rotazionale del vapor d'acqua. Le osservazioni troveranno, poi, posto in idoneo database che sarà utilizzato:*

- per la verifica sperimentale di modelli di trasferimento radiativo, nella banda rotazionale dell'H<sub>2</sub>O, in condizioni di cielo sereno e nuvoloso;*
- per la validazione degli attuali modelli semi-empirici del continuo del vapor d'acqua nella banda rotazionale dell' H<sub>2</sub>O;*
- per la verifica della capacità della banda rotazionale come strumento di remote sensing di profili di temperatura ed umidità, (T,q), ed analisi in termini di accuratezza e risoluzione verticale dei prodotti (T,q), anche in relazione alla banda vibrazionale di H<sub>2</sub>O a 6.7 micron.*
- per il calcolo dei flussi e dei termini diabatici radiativi all'interno dell'atmosfera in presenza di nubi alte.*

*L'acquisizione dell'obiettivo prevede di combinare misure dal suolo e da satellite. Ciò allo scopo di fornire, insieme alle misure dirette dell'emissione infrarossa nella banda rotazionale del vapor d'acqua, anche i parametri ancillari e complementari, necessari per una corretta definizione dello stato termodinamico dell'atmosfera.*

*Il set di strumentazione prevista comprende:*

*A) Strumenti dal suolo: Spettrometri di Fourier (FTS) nell'infrarosso termico: REFIR-BB (Radiation Explorer in the Far InfraRed/Bread-Board), REFIR-PAD (Prototype for Application and Developments) e BOMEM MR100; più Raman Lidars per l'acquisizione di Temperatura, concentrazione di vapor d'acqua, carico aerosolico su profilo. FTS e Lidars consentiranno, altresì, la caratterizzazione dell'atmosfera in termini di copertura nuvolosa e relativi parametri ottici (e.g. spessore ottico).*

*B) Misure convenzionali: radiosonda; sistema VAISALA RS-80 e/o RS-90 per l'acquisizione su profilo di temperatura ed umidità dell'aria.*

*C) Misure da satellite: strumenti a bordo della piattaforma europea ENVISAT/1 (Environmental Satellite) saranno utilizzati per la definizione in alta troposfera/bassa stratosfera dei campi di temperatura ed umidità, e per la caratterizzazione della copertura nuvolosa e dei parametri ottici delle nubi. A complemento di dette misure si prevede l'utilizzo anche di imagers a bordo a) della piattaforma geostazionaria Meteosat Second Generation e b) della polare Aqua (National Oceanic and Atmospheric Administration). Ciò permetterà una migliore copertura temporale durante il periodo della campagna di misura. Si prevede, inoltre, di utilizzare anche i sensori termici a bordo di Aqua per la ricostruzione di campi di temperatura ed umidità nella bassa-media troposfera.*

*Si prevede di utilizzare almeno tre spettrometri di Fourier. I primi due, REFIR/BB e PAD (sviluppati da alcune delle U.d.R. in collaborazione con IFAC/CNR ed IMAA/CNR), coprono l'intervallo 100-1100 (cm<sup>-1</sup>) e consentiranno di coprire l'intero intervallo spettrale della banda rotazionale del vapor d'acqua. Il terzo è uno spettrometro della BOMEM Inc. (Quebec City, Canada) e copre il range 500 - 3000 (cm<sup>-1</sup>). Quest'ultimo si sovrappone in parte ai REFIR dal lato dell'onda lunga, ed è complementare ai REFIR dal lato dell'onda corta. In particolare con la combinazione dei due strumenti sarà possibile coprire la banda rotazionale e la banda vibrazionale (a 6.7 micron) del vapor d'acqua.*

*Questo permetterà lo studio del potenziale miglioramento dei prodotti inversi (mixing ratio del vapor d'acqua) attraverso l'uso combinato e/o in alternativa delle due bande*

*Tutti gli spettrometri di Fourier opereranno nel modo up-looking, cioè misureranno la radiazione atmosferica da una stazione collocata al suolo. Per misure di tal fatta, la banda rotazionale risulta normalmente opaca, in virtù del forte assorbimento nella bassa troposfera, rendendo impossibile la stima dell'assorbimento del continuo, che è un effetto del secondo ordine rispetto all'assorbimento di linea. Tale problema di saturazione si evita con misure in quota, dove l'atmosfera risulta sufficientemente secca da rendere visibili "micro-finestre", ovvero zone trasparenti, ove predomina l'effetto di assorbimento del continuo. Di conseguenza le campagne di misura dovranno essere condotte in stazioni di montagna, in modo da avere condizioni di carico su colonna di vapor d'acqua dell'ordine di 1 cm (acqua precipitabile) o meno. A tal fine i proponenti hanno individuato diversi siti adatti tra cui (Toppo*

di Castel Grande in Basilicata, circa 1200 m s.l.m. ed il sito alpino di: Testa Grigia (o Plateau Rosa, 45.9°N, 7.7°E, elev. 3500 m), dove una delle U.d.R. ha già avviato nell'inverno 2003-04 un'attività di ricerca diretta allo studio dell'atmosfera terrestre. Le misure primarie, in relazione agli obiettivi, saranno ottenute con gli spettrometri di Fourier. Il Lidar, radiosonde, e dati da satellite assumono, da un punto di vista metodologico, il doppio ruolo di

- 1) dati ancillari per la definizione dello stato atmosferico e, quindi, di dati necessari per la ricostruzione, tramite modello fisico/matematico, delle radianze spettrali
- 2) dati di cross-validazione, in quanto costituiscono misure dirette/indirette del contenuto di vapor d'acqua e quindi permettono di valutare la consistenza delle stesse misure spettrali dei radiometri di Fourier.

Uno dei vantaggi del progetto sarà di operare con un Lidar Raman per la misura del profilo del vapor d'acqua. Considerato che i tempi d'acquisizione di un sistema Lidar e degli spettrometri sono di qualche minuto (per l'intero profilo e/o spettro), ciò permetterà di avere misure riferite esattamente alla stessa massa d'aria e pressoché sincronizzate. Tale vantaggio non si può raggiungere, ad esempio, con l'usuale ausilio di radiosonde in quanto la salita del pallone può durare ore, e lo stesso può deviare notevolmente dalla linea di vista degli strumenti a terra, con evidenti problemi di consistenza nelle masse d'aria osservate e/o attraversate. Pur tuttavia, il ricorso al pallone sonda è indispensabile in quanto la misura Lidar è a sua volta una misura indiretta e, pertanto, necessita di uno "standard" diretto (sensore di umidità a bordo del pallone sonda) per la sua corretta calibrazione.

Sia il radiosondaggio che il Lidar difficilmente arrivano a fornire misure accurate nella bassa stratosfera e alta troposfera. Per tal motivo il ricorso alla misura satellitare, può risultare molto più accurata e permettere la cross-validazione o cross-check delle misure di vapor d'acqua, provenienti dai diversi strumenti, per la parte più alta dell'atmosfera. In aggiunta, l'utilizzo di sensori "nadir-looking" a bordo di Aqua permetteranno di completare l'analisi satellitare sino alla bassa troposfera. Ancora, l'ausilio di imagers da satellite permetterà di "vedere" che tipo di massa d'aria si sta misurando, oltre che permettere una migliore caratterizzazione dell'eventuale copertura di nubi e, quindi, delle loro proprietà ottiche.

Oltre al programma sperimentale di campagne di misure, il progetto affronterà anche l'aspetto di verifica dei modelli di trasferimento radiativo, ivi incluso l'analisi di consistenza dei modelli semi-empirici del continuo del vapor d'acqua.

## **Innovazione rispetto allo stato dell'arte nel campo**

C'è un interesse crescente nell'utilizzo dell'intervallo spettrale 200-600 (cm<sup>-1</sup>) (circa 17-50 micron), dello spettro d'emissione del pianeta Terra, come strumento di remote sensing nell'ambito della Fisica dell'Atmosfera. La ragione principale è dovuta al fatto che tale regione contiene la fondamentale banda rotazionale del vapor d'acqua: ovvero il maggior gas serra presente nell'atmosfera terrestre. Tale banda contribuisce, infatti, in modo preponderante al bilancio radiativo del pianeta, e regola anche i processi fisici che concorrono al raffreddamento/riscaldamento della troposfera e, quindi, al cosiddetto effetto serra "naturale". Pertanto, un'accurata comprensione del clima della Terra non può prescindere dalla conoscenza delle proprietà di assorbimento spettrale del vapor d'acqua nella banda rotazionale, e dalla corretta caratterizzazione del contenuto atmosferico di vapore in termini della sua distribuzione spaziale, sia verticale che orizzontale.

Ciononostante, misure nella banda rotazionale del vapor d'acqua sono ancora rare e le stesse proprietà di assorbimento (in particolare il continuo del vapor d'acqua che domina l'assorbimento nelle parti di "finestra" dello spettro) sono conosciute con una notevole incertezza ed ambiguità. In tale contesto, notevole è lo studio di Sinha and Harries (*Journal of Climate* Vol. 10/7, 1601-1614, 1997) che esamina il budget radiativo della Terra in relazione alla sua sensibilità alla banda rotazionale del vapor d'acqua. La conclusione di tale studio è che la mancanza di una seria verifica sperimentale dei parametri d'assorbimento del vapor d'acqua, nelle reali condizioni atmosferiche, può avere serie implicazioni sull'accuratezza con cui i flussi di onda lunga sono calcolati e, quindi, parametrizzati nei modelli Globali di Circolazione Atmosferica.

La caratterizzazione delle proprietà d'assorbimento del vapor d'acqua, in particolare del continuo, va fatta anche in condizioni reali atmosferiche, in modo da considerare la corretta distribuzione di temperatura e pressione, con misure dirette di radianza spettralmente risolta, soprattutto nella banda rotazionale.

Altro elemento critico è costituito dall'interazione con le nubi che rappresenta un ulteriore grado di libertà che modula la radiazione emessa verso lo spazio. In particolar modo, le nubi di ghiaccio sono quelle che agiscono in maniera più intensa sulla radiazione ad onda lunga uscente dal sistema terra. E' stato stimato che i cirri coprono permanentemente circa il 30% della superficie atmosferica e probabilmente costituiscono la più grande sorgente di calore nell'alta Troposfera ed il loro assorbimento va a contrastare l'effetto di raffreddamento dovuto al vapor acqueo. Per di più essi sono coinvolti quali componenti fondamentali in importanti processi di feedback riguardanti il clima terrestre.

I proponenti ritengono importante un programma di ricerca basato sull'acquisizione di radianze spettralmente risolte, in appropriate condizioni atmosferiche, in un intervallo spettrale che comprenda la banda rotazionale dell'acqua, con lo scopo principale di fornire un opportuno database:

1. per la verifica di modelli di trasferimento radiativo sia in condizioni di cielo sereno che nuvoloso;
2. per la valutazione degli attuali modelli semi-empirici del continuo del vapor d'acqua nella banda rotazionale;
3. per la verifica della capacità della banda come strumento di remote sensing di profili di temperatura ed umidità, (T,q), ed il contributo marginale, in termini di accuratezza e risoluzione verticale dei prodotti (T,q) in relazione alla banda vibrazionale di H<sub>2</sub>O a 6.7 micron;
4. per la ricostruzione dei flussi e dei termini diabatici radiativi all'interno dell'atmosfera in presenza di nubi alte.

Riguardo ad iniziative in atto a livello internazionale, parte dei proponenti hanno contribuito e contribuiscono con il progetto REFIR (Radiation Explorer in the Far InfraRed) allo studio delle problematiche connesse con la banda rotazionale del vapor d'acqua. Il progetto ha consentito grazie alla collaborazione di due Dipartimenti Universitari (Dip. Fisica, Università di Bologna e DIFA, Università della Basilicata) e due Istituti del CNR (IMAA/Tito Scalò, Pz, IFAC/Firenze) alla realizzazione degli spettrometri di Fourier, REFIR/BB e PAD, in grado di coprire l'intervallo spettrale 100-1100 (cm<sup>-1</sup>) e, pertanto, di coprire non solo la banda

rotazionale del vapor d'acqua ma anche la banda fondamentale di assorbimento della CO<sub>2</sub> a 15 micron e dell'ozono a 9.6 micron. Tale caratteristica fornisce allo strumento anche capacità di sounder di temperatura, umidità ed ozono.

Lo spettrometro, REFIR/BB insieme al suo compagno BOMEM MR100, costituiscono l'elemento driver della presente proposta, in quanto le loro misure possono consentire un salto di qualità nella comprensione delle proprietà spettroscopiche del vapor d'acqua nella banda rotazionale. Tale capacità, al momento, è unica nel panorama internazionale. Dei potenziali competitors:

- a) L'americano AERI-ER (Atmospheric Emitted Radiation Interferometer with Extended Range) copre la banda rotazionale solo sino a circa 400 (cm<sup>-1</sup>), mentre REFIR è in grado di coprire l'intero intervallo 100-1100 (cm<sup>-1</sup>).
- b) L'inglese TAFTS (Tropospheric Airborne Fourier Transform Spectrometer, <http://www.sp.ph.ic.ac.uk/tafts/>) ha dimostrato poca operatività, ed usa due bande con due diversi sensori, massimizzando così i problemi di cross-calibrazione, non presenti in REFIR che usa un solo sensore.
- c) L'americano INTESA ((Interferometer for Emission and Solar Absorption, (Keith et al, 2001) come il TAFTS copre la banda rotazionale con due diversi sensori, con problemi di cross-calibration.

L'analisi in condizioni atmosferiche delle proprietà d'assorbimento del vapor d'acqua è ostacolata dalla difficoltà di caratterizzare lo stato termodinamico e delle proprietà ottiche dell'atmosfera stessa. La sintesi attraverso modelli fisici della radiazione emessa dall'atmosfera richiede, infatti, che l'atmosfera sia pienamente caratterizzata in termini del profilo di temperatura ed umidità, della copertura di nubi e delle proprietà ottiche del particolato. Per ovviare a tale problema, si ricorrerà a misure ancillari da terra e da satellite. Misure ancillari da terra saranno effettuate principalmente con radiosondaggi convenzionali e con strumenti Lidar, di cui il gruppo proponente è particolarmente esperto contando tra i suoi componenti uno dei pionieri (G. Fiocco) della tecnica. In particolare si farà ricorso ad un sistema Raman Lidar che permetterà di osservare il profilo atmosferico di temperatura ed umidità. Si tratta di una tecnica sviluppata anche grazie al contributo di membri del gruppo proponente e che, ancora una volta, rendono "uniche" le capacità di "osservazione" dell'atmosfera terrestre del presente progetto.

Misure da satellite coinvolgeranno la piattaforma ENVISAT/1 (Environmental Satellite) dell'Agenzia Spaziale Europea, la piattaforma geostazionaria Meteosat Second Generation, e la piattaforma meteorologica "AQUA" della NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration).

Anche nell'aspetto satellitare il presente progetto è "unico" in quanto alcuni proponenti sono leader e driver in gruppi internazionali per la definizione di algoritmi ed analisi di dati satellitari. Ciò consentirà al gruppo l'uso privilegiato di alcuni strumenti, quali ad esempio lo spettrometro di Fourier MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding), a bordo della piattaforma ENVISAT/1.

## **Criteri di verificabilità**

Il progetto di ricerca prevede l'esecuzione di una serie di campagne di misura in montagna ed alta montagna e/o in condizioni di basso contenuto colonnare di vapor d'acqua. Nell'ambito delle campagne di misura saranno utilizzati una serie di spettrometri di Fourier, un radiometro a micro-onde più almeno un sistema Lidar Raman. Le campagne di misura sono pertanto il primo ed importante punto verificabile del progetto. Si prevede di effettuarne almeno due

1) una prima campagna di misura da effettuarsi nell'autunno-inverno del 2006. Questa campagna consentirà la messa a punto della parte strumentale.

2) una seconda campagna di misura da effettuarsi nella prima primavera del 2007 a quote superiori ai 3000 mt (il sito individuato è Testa Grigia, o Plateau Rosa, 45.9°N, 7.7°E, elev. 3500 m).

Sono da considerarsi motivo di successo delle due campagne, le misure con gli spettrometri di Fourier più i parametri ancillari, per un periodo complessivo di 2-3 giorni di condizioni di cielo sereno, più 2-3 giorni in condizioni di cielo nuvoloso. Tuttavia, per avere una buona qualità delle condizioni atmosferiche, le campagne dovranno durare attorno alle 3-4 settimane ognuna.

Per la parte teorica modellistica sono punti verificabili del progetto:

- 1) utilizzo delle misure per la verifica di modelli di trasferimento radiativo sia in condizioni di cielo sereno che nuvoloso;
2. utilizzo delle misure per la verifica degli attuali modelli semi-empirici del continuo del vapor d'acqua nella banda rotazionale;
3. utilizzo delle misure per verifica della capacità della banda rotazionale come strumento di remote sensing di profili di temperatura ed umidità;
4. utilizzo delle misure per la ricostruzione dei flussi e dei termini diabatici radiativi all'interno dell'atmosfera in presenza di nubi alte.

Per la parte relativa ai dati da satelliti, sono elementi di verifica:

- 1) lo scheduling (cioè acquisizione al progetto) di osservazioni MIPAS e di satelliti polari durante le campagne di misura
- 2) sviluppo di metodi e tecniche per l'analisi di dati MIPAS con miglior accuratezza, con particolare riferimento alla temperatura ed umidità dell'aria.
- 3) analisi dell'influenza delle nubi sulle misure da satellite al lembo ed applicazione ai dati MIPAS.

## **Elenco delle Unità di Ricerca**

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi della BASILICATA
<b>Responsabile Scientifico</b>	Carmine SERIO
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 77.220

### **Compito dell'Unità**

*L'unità di ricerca del DIFA vanta esperienza sia nella sensoristica attiva che passiva e renderà disponibile al progetto gli spettrometri di Fourier ed un sistema Lidar mobile che permetterà la misura su profilo del vapor d'acqua. In collaborazione con l'Istituto IMAA del CNR metterà a disposizione il Laboratorio Mobile di Radiometria e Spettroscopia di Fourier in modo da rendere trasportabili gli spettrometri, più il sistema di radiosondaggio (VAISALA RS-80/90). Metterà a disposizione del progetto competenze modellistiche per i trasferimenti radiativi in cielo sereno.*

*I principali compiti che l'U.d.R. affronterà nel corso della campagna di misura riguardano:*

*a) la gestione e ed operatività dei due spettrometri di Fourier, REFIR/BB e BOMEM MR100. La verifica di qualità dei dati e produzione di spettri calibrati per entrambi gli spettrometri.*

*b) La gestione ed operatività del sistema VAISALA per il radiosondaggio della temperatura ed umidità dell'atmosfera. Pre-processing dei dati in modo da curare la contemporaneità con i dati degli spettrometri.*

*c) Fruibilità nell'ambito del progetto di almeno un sistema Lidar per misure di vapor d'acqua e temperatura. Pre-processing dei dati e produzione di profili di temperature ed umidità debitamente calibrati. Mappe temporali del segnale Lidar per evidenziare lo stato del cielo durante la campagna di misura.*

*Ad integrazione e completamento del set di dati raccolti durante la campagna di misura in alta montagna, sono previste misure lidar di routine presso il DIFA (quota di circa 800 m) e misure radiometriche (REFIR/BB e BOMEM) presso il DIFA ed il campo di misura attrezzato dell'IMAA (quota circa 760 m), e di Toppo di Castel Grande (altezza 1200 mt).*

*Per quanto riguarda la parte teorico/modellistica, l'U.d.R. sarà coinvolta esplicitamente nei seguenti compiti e problematiche:*

*[1] Pre-processing e verifica comparata dei dati provenienti dai diversi strumenti, non solo quelli in gestione all'unità.*

*[2] Verifica dei modelli di trasferimento radiativo in condizioni di cielo sereno, con riguardo alla banda rotazionale del vapor d'acqua.*

*[3] Verifica delle proprietà di assorbimento del continuo del vapor d'acqua, con particolare riguardo alla banda rotazionale.*

*[4] Analisi e verifica sperimentale delle potenzialità della banda rotazionale quale sistema di remote sounding di temperatura ed umidità, ed in particolare della capacità di discriminazione tra carico di vapor d'acqua in bassa ed alta troposfera.*

---

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di BOLOGNA
<b>Responsabile Scientifico</b>	Massimo CARLOTTI
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 57.040

### **Compito dell'Unità**

*Presso l'unità di ricerca del DCFI dell'università di Bologna è presente una conoscenza approfondita dell'esperimento MIPAS-ENVISAT. Il coordinatore di questa unità ha preso parte allo sviluppo di MIPAS in qualità di membro dello "Scientific Advisory Group" insediato da ESA per fornire le linee guida scientifiche dell'esperimento fin dal 1995. Attualmente è membro dello "Science Team" a cui sono demandate le scelte scientifiche legate all'operatività dell'esperimento. Presso il DCFI è stato sviluppato il "Global-fit"; il metodo di analisi prescelto da ESA per ricavare i prodotti di livello 2 di MIPAS. I membri dell'unità di ricerca hanno collaborato alla realizzazione del codice operativo che implementa questo metodo e che attualmente genera i prodotti distribuiti da ESA alla comunità scientifica internazionale.*

*Il ruolo essenziale della unità di ricerca all'interno del progetto consiste nella scelta e nell'analisi delle osservazioni che l'esperimento MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding) effettuerà in coincidenza geografica e temporale col sito delle campagne di misura che sono previste da parte delle altre unità di ricerca. Per questo scopo (avendo al suo interno membri dello "science team" e del "quality working group" di MIPAS) l'unità di ricerca è nelle condizioni di poter richiedere a ESA misure "dedicate" di MIPAS con il modo di osservazione più adatto. Questa attività dovrà fornire essenzialmente i profili di temperatura e di vapor d'acqua nella parte alta della troposfera e nella bassa stratosfera, essendo questi dati indispensabili per una corretta valutazione della distribuzione di queste quantità alle quote inferiori (che vengono sondate dagli strumenti impiegati dalle unità di ricerca). Per raggiungere questi obiettivi sarà necessario progettare e mettere a punto delle tecniche di analisi specifiche e innovative che superino le limitazioni degli attuali metodi di analisi e forniscano una accuratezza adeguata dei prodotti anche in presenza di nubi o aerosol sulla linea di vista delle osservazioni. Le osservazioni dell'esperimento MIPAS sono in grado di fornire*

informazioni sulle proprietà fisiche e sulla composizione chimica dell'atmosfera a quote che si estendono dall'alta troposfera all'alta stratosfera.

---

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di BOLOGNA
<b>Responsabile Scientifico</b>	Rolando RIZZI
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 88.190

### **Compito dell'Unità**

L'unità di ricerca ADGB ha sviluppato importanti competenze modellistiche nel settore del trasferimento radiativo in condizioni di cielo sereno e nuvoloso, tra cui un codice di trasferimento radiativo line-by-line che implementa una soluzione adding-doubling in presenza di scattering multiplo, codice che viene costantemente sottoposto a verifiche sperimentali con misure spettro-radiometriche da aereo e dal suolo in intervalli spettrali dal visibile al lontano infrarosso. L'unità possiede inoltre estese competenze meteorologiche che permettono una analisi completa dei requisiti scientifici di strumentazione per le misure remote da satellite per la meteorologia e la climatologia (AIRS, IASI ecc.). Metterà queste competenze a disposizione del progetto a) partecipando alle campagne di misura, b) nella fase di analisi dei dati raccolti durante le stesse, sia in condizioni di cielo sereno che nuvoloso, c) nella successiva ricostruzione dei flussi radiativi in presenza di strati nuvolosi, e c) nello sviluppo di metodologie per l'analisi di dati satellitari al lembo in presenza di nubi.

L'obiettivo centrale del lavoro dell'Unità è la determinazione dei profili di riscaldamento e raffreddamento per scambio radiativo (profili diabatici) a cielo sereno e nuvoloso utilizzando il set completo delle misure al suolo e da satellite che saranno disponibili durante la campagna di misura. Questo obiettivo è scomposto nelle seguenti tre attività:

A) La campagna di misura, caratterizzazione meteorologica e disponibilità di dati satellitari

B) Influenza delle nubi sulle misure da satellite al lembo ed applicazione ai dati MIPAS

C) Valutazione della capacità modellistica in condizioni di cielo sereno ed in presenza di nubi e ricostruzione del profilo diabatico radiativi.

Il modello numerico di previsione meteorologica a breve termine LAMI (Limited Area Model Italy, gestito dal Servizio Idro-Meteorologico dell'ARPA Emilia Romagna e dall'Aeronautica Militare UGM) sarà utilizzato per la gestione ottimale del personale e dell'attrezzatura strumentale in periodi di osservazione intensiva che saranno definiti sulla base delle informazioni meteorologiche disponibili. Il modello LAMI sarà anche utilizzato durante la analisi dei dati misurati per avere informazioni sulle strutture 3-D del vento orizzontale e sulla componente verticale del campo di velocità e sulla loro evoluzione temporale durante il periodo di misura. Le strutture nuvolose presenti lungo la linea di vista di MIPAS saranno ricostruite utilizzando le immagini satellitari disponibili.

Il contributo strumentale dell'Unità ADGB alla campagna di misura è la utilizzazione del secondo prototipo REFIR-PAD (Prototype for Application and Developments), sviluppato per permetterne il funzionamento su pallone stratosferico. Lo strumento è stato realizzato presso l'IFAC-CNR e la gestione dello strumento nelle fasi pre-campagna e durante la campagna sarà del personale dell'IFAC-CNR con la partecipazione di altro personale dell'Unità. Le dimensioni e la gestione autonoma dello strumento lo rendono particolarmente adatto a misure in condizioni ambientali difficili. La presenza dei due prototipi REFIR posizionati con separazione verticale di circa 1000 metri rappresenta un vincolo ulteriore alla ricostruzione della struttura atmosferica (profili di temperatura ed umidità, proprietà differenziali del continuo del vapore acqueo) e permetterà di effettuare misure in condizioni di minimo contenuto di acqua precipitabile.

---

<b>Sede dell'Unità</b>	Università degli Studi di ROMA "La Sapienza"
<b>Responsabile Scientifico</b>	Giorgio FIOCCO
<b>Finanziamento assegnato</b>	<b>Euro</b> 48.550

### **Compito dell'Unità**

L'unità di ricerca presso l'Università di Roma "La Sapienza" possiede un'esperienza pluridecennale nella progettazione, costruzione ed utilizzo di sistemi Lidar elastici, Raman, Doppler, DIAL ed aviotrasportati. Attualmente dispone di Lidar elastici a Roma, a Lampedusa, a Thule (Groenlandia), ed a bordo dell'aereo stratosferico M55 Geophysica, con i quali sono state compiute numerose campagne di misure di aerosol, nubi, e profili di temperatura fino a 60 km di quota. Il gruppo dispone inoltre di un Lidar Raman per la misura di profili verticali di vapor acqueo a Roma, e sta per ultimare l'installazione di un sistema a Lampedusa. Da più di tre anni l'unità ha inoltre avviato una stretta collaborazione con la State University of New York a Stony Brook nella spettroscopia millimetrica ed ha acquisito uno spettrometro ad eterodina (GBMS) per la misura e lo studio di numerosi gas stratosferici in traccia. Dopo aver operato lo spettrometro da Thule (76.5° N, 68.7° W), Groenlandia, durante gli inverni 2001-2002 e 200-2003, dall'inverno 2003-2004 lo spettrometro compie misure da Testa Grigia (45.9° N, 7.7° E, elev. 3500 m), presso Cervinia (AO).

L'elevata quota rende il sito ideale per compiere, a medie latitudini, misure con strumenti che necessitano di un basso contenuto colonnare di vapor acqueo, essendo la maggior parte del vapor d'acqua contenuto nei primi chilometri della troposfera. La facile accessibilità di queste strutture (la funivia collega Testa Grigia a Cervinia, situata a circa 2000 m di quota) ne permette l'utilizzo per

la messa a punto di strumenti dedicati allo studio delle zone polari in condizioni logistiche e climatiche analoghe a quelle polari (temperature molto basse, basso contenuto di vapor acqueo, venti molto forti, etc.).

L'unità metterà a disposizione un lidar a scattering elastico per la misura dei profili verticali del coefficiente di retrodiffusione, estinzione e depolarizzazione di molecole, aerosol e nubi, dal suolo fino a 15 km di distanza dallo strumento, con una risoluzione temporale massima di 5 s e verticale di 30 m.

Il GBMS, progettato e costruito alla State University of New York a Stony Brook, può fornire profili verticali tra 15 e 75 km di quota del rapporto di mescolamento di O<sub>3</sub> e CO, e tra 15 e 50 km di quota di N<sub>2</sub>O, HNO<sub>3</sub>, HCN, e HDO. Il GBMS può inoltre fornire, con una risoluzione temporale di 5 minuti, una stima del contenuto colonnare di vapor acqueo, in quanto quest'ultimo è strettamente legato alla trasparenza atmosferica misurata con il GBMS a frequenze tra i 230 ed i 280 GHz. Riassumendo, i compiti di questa unità di ricerca saranno quindi i seguenti:

- a) Supporto logistico presso il laboratorio di Testa Grigia di parte della strumentazione a terra (compatibilmente con gli spazi a disposizione) durante la campagna di misura in programma.
  - b) Misure lidar per la determinazione dei parametri atmosferici sopra descritti.
  - c) Misure spettrali tramite il GBMS per la stima dei profili verticali di concentrazione di diverse specie chimiche in stratosfera e mesosfera, con particolare enfasi per le misure di O<sub>3</sub> ed N<sub>2</sub>O.
-