

An aerial photograph taken from the perspective of someone looking out from the wing of an aircraft. The wing's leading edge is visible in the upper left corner, silhouetted against a bright sky. Below the wing, a vast expanse of water stretches towards the horizon. The sun is low on the horizon to the right, creating a brilliant orange and yellow glow that reflects on the water's surface. The sky is filled with soft, wispy clouds, and the overall atmosphere is serene and expansive.

ISSN 2239-5172

Dipartimento Terra e Ambiente

LABORATORIO AEREO PER L'OSSERVAZIONE DELLA TERRA

DTA/03-2011



Dipartimento Terra e Ambiente

P.le Aldo Moro 7 - 00185 Roma
Tel. 06 49933836 - Fax: 0649933887
<http://dta.cnr.it/>

Progetto editoriale e grafico a cura di:
Tiziana Ciciotti

La responsabilità dei dati tecnici e scientifici è dei singoli autori.
Per informazioni su questo documento scrivere a: direttore.dta@cnr.it



LABORATORIO AEREO

PER L'OSSERVAZIONE DELLA TERRA

(LAERTE)

Opportunità e strategie del CNR per l'istituzione di un laboratorio aereo
a supporto della gestione del territorio e dell'analisi ambientale

Autori:

- Francesco Cairo
- Bruno Carli
- Ruggero Casacchia
- Giuseppe Cavarretta
- Sandro Fuzzi
- Riccardo Lanari
- Franco Miglietta
- Vito Felice Uricchio

Con il contributo di

- Emanuele Bohm
- Claudia Giardino
- Beniamino Gioli
- Giovanni Macelloni
- Mariarosaria Manzo
- Simonetta Paloscia
- Anna Rampini



LABORATORIO AEREO PER L'OSSERVAZIONE DELLA TERRA (LAERTE)

Prefazione

A cura di Enrico Brugnoli

Il presente studio è stato prodotto dal Gruppo di Lavoro (GdL) interdisciplinare e interdipartimentale istituito dal Dipartimento Terra e Ambiente (DTA), al fine di coordinare e integrare le diverse apparecchiature per l'osservazione della terra disponibile presso gli Istituti CNR e per esplorare la possibilità di dotare la ricerca nazionale di una piattaforma aerea. Questo libro bianco è il frutto di un lavoro complesso che sintetizza e integra un gruppo interdisciplinare con interessi e approcci di ricerca differenziati che vanno dalle osservazioni della terra *tout court* comprendenti ad esempio la topografia e le osservazioni del mare, fino allo studio della qualità dell'aria, dei cicli biogeochimici e dei cambiamenti climatici.

Si è trattato di un lavoro che si è protratto nel tempo, prevalentemente prima che lo scrivente assumesse la direzione del DTA. Per questo è doveroso rivolgere un particolare ringraziamento, oltre che al GdL, a Giuseppe Cavarretta, che mi ha preceduto in questo incarico.

Questo libro bianco assume notevole importanza per il CNR perché rappresenta il tentativo di rispondere a un'esigenza particolarmente sentita dalla comunità scientifica nazionale, ovvero di dotarsi di un laboratorio aereo per la ricerca scientifica. Numerosi sono stati i tentativi degli Istituti CNR di dotarsi di questa importante infrastruttura, la cui esigenza nasce da rilevanti obiettivi scientifici e tecnologici nel campo della salvaguardia ambientale e dei rischi naturali e antropici. Alcuni Istituti (Istituto di Biometereologia-IBIMET e Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo-ISAFOM) hanno acquisito, infatti, piccoli aerei del tipo Sky-Arrow per effettuare studi sui cambiamenti climatici.

Questo documento mira a completare queste dotazioni con velivoli di alta quota e con maggiore capacità di carico. Un'infrastruttura aerea quindi in grado di consentire maggiore flessibilità e una notevole implementazione dell'offerta di ricerca della comunità scientifica nazionale, consentendo al tempo stesso di rispondere a esigenze di studio e prevenzione dei rischi.

L'idea di realizzare un libro bianco sul telerilevamento aereo nasce pertanto dalle numerose e consolidate esperienze e competenze dei ricercatori CNR e ha trovato la sua naturale collocazione nel Dipartimento Terra e Ambiente, in cui è attivo un Progetto dedicato all'Osservazione della Terra, ma con il contributo prezioso e la collaborazione del Dipartimento AgroAlimentare (DAA), del Dipartimento Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni (ICT) e del Dipartimento Materiali e Dispositivi (DMD).

Nel testo sono raccolte le competenze e le esperienze della rete scientifica CNR, gli strumenti che possono operare su piattaforma aerea e sono descritte ipotesi operative per dotare il CNR di un Laboratorio aereo per le ricerche ambientali ad alto contenuto tecnologico, che contribuisca anche al potenziamento delle sinergie tra mondo della ricerca e mondo delle imprese.



Ritengo che questo documento possa contribuire a rendere maggiormente efficace l'azione del CNR in ambito nazionale a supporto della comunità scientifica. Anche questa iniziativa, insieme con altre, va nella direzione di un recupero da parte del CNR del ruolo di *hub* della ricerca nazionale, che tradizionalmente gli compete. In tal modo, oltre ad ampliare la capacità di ricerca e di gestione dell'ambiente a livello nazionale, si colloca l'Italia tra i Paesi che gestiscono e condividono grandi infrastrutture accrescendo il prestigio e il peso del nostro paese nella programmazione della ricerca europea.

Presentazione

A cura di Giuseppe Cavarretta

Quale altro Ente di ricerca poteva e doveva prendere l'iniziativa di dotare la comunità scientifica nazionale di una piattaforma aerea strumentata per l'osservazione multi tematica e multidisciplinare della Terra, in un'ottica di *open access*, proponendola nelle opportune sedi istituzionali?

E' nella lunga tradizione del CNR il farsi carico dell'offerta di accesso a grandi infrastrutture di ricerca i cui costi d'impianto e gestione nel lungo termine non sono di norma nella capacità del singolo Istituto Nazionale o Università. A titolo di esempio basti ricordare che per l'area di Scienze della Terra già nel 1969 il Consiglio di Presidenza del CNR, formato dai Presidenti dei Comitati Nazionali di consulenza oltre che dal Presidente stesso, decise di assegnare a 3 Centri di Studio localizzati nelle Università altrettanti microscopi elettronici a scansione, appena immessi sul mercato, con l'impegno a garantirne il funzionamento e soprattutto l'accesso ad ampi bacini di utenza, naturalmente a titolo gratuito.

Questo tipo di azione è continuato negli anni, con la costituzione della Commissione Grandi Apparecchiature e un'apposita voce di bilancio del CNR. Ancora per le Scienze della Terra, sono state così assegnate 2 microsonde elettroniche a raggi-X, 2 TEM, diffrattometri a raggi-X, una microsonda ionica (l'unica in Italia), ancora una nuova microsonda elettronica, e altre. I laboratori così impiantati sono stati sostenuti, fino a tempi relativamente recenti, anche con l'assegnazione di fondi per la manutenzione delle grandi apparecchiature. Ancora oggi, pur dopo la cessazione della funzione di agenzia da parte del CNR, la soppressione della Commissione Grandi Apparecchiature e del relativo capitolo di spesa per la manutenzione ordinaria, la maggior parte di questi laboratori continua a lavorare a beneficio della comunità scientifica nazionale: il segreto di questa longevità e dell'apertura alla collaborazione è la loro collocazione in Istituti CNR, e ancor più significativamente la dedizione di ricercatori e tecnici qualificati; un patrimonio più che pregiato.

Nelle Scienze della Terra un'azione CNR per le grandi infrastrutture di ricerca coordinata e finanziata a livello centrale è continuata per le navi oceanografiche, ma ha avuto nuovo impulso nella primavera del 2006, con l'avvio dei Dipartimenti: il Dipartimento Terra e Ambiente (DTA) ha dapprima partecipato, nell'interesse degli Istituti, ai Progetti ESFRI Aurora Borealis e COPAL e quindi si è impegnato con responsabilità di WP nei Progetti I3 SIOS e JERICO.

Per le osservazioni da piattaforma aerea nel gennaio 2009 il DTA ha proposto e ottenuto di destinare l'intera quota fondo dell'intesa MIUR-CNR per il Mezzogiorno all'assegnazione di un set di apparecchiature da installare su piattaforma aerea agli Istituti localizzati nelle Regioni Obiettivo-1, consistente in 2.3 milioni di Euro.

La scelta strategica del set di queste apparecchiature è stata affidata a un Gruppo di Lavoro (GdL) coordinato dal Responsabile del Progetto dipartimentale Osservazione della Terra e viene descritta in dettaglio appresso in questo documento. Sulla base del documento propositivo prodotto dal GdL a conclusione dei propri lavori, il DTA, con il parere favorevole del Consiglio Scientifico di Dipartimento, ha assegnato le rispettive quote di finanziamento agli Istituti selezionati che hanno provveduto direttamente alle acquisizioni. Per la gestione dei fondi e della "infrastruttura distribuita" così configurata è stata costituita una nuova Commessa di Sviluppo Competenze a coordinamento DTA.

La condizione irrinunciabile posta agli Istituti per detta assegnazione è stata una dichiarazione d'impegno a condividere l'utilizzazione dell'apparecchiatura, in totale adesione alle priorità stabilite dal Dipartimento, sulla base delle proposte di uno specifico Comitato di Gestione nel quadro di una programmazione annuale.

Questo è stato solo il primo passo verso la piena costituzione del "Laboratorio aereo per l'osservazione della Terra" del CNR in grado di rispondere alla domanda di disponibilità di un ampio spettro di strumenti scientifici installati su una piattaforma aerea in grado di realizzare analisi multi tematiche e multidisciplinari, con adeguata capacità di carico e autonomia.

In data 11 gennaio 2011 il DTA ha quindi costituito un nuovo GdL, attingendo alle competenze di diversi Istituti afferenti sia al DTA stesso, che ai Dipartimenti Agroalimentare (DAA), Materiali e Dispositivi (DMD) e Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni (ICT), con l'incarico primario di analizzare le diverse opportunità di acquisizione o accesso a idonee piattaforme aeree, anche con l'obiettivo di valorizzare, attraverso la loro integrazione, le diverse apparecchiature per OT presenti nella rete degli Istituti CNR, non limitate a quelle acquisite con il fondo MIUR-CNR per il Mezzogiorno.

Questo "libro bianco" prodotto dal GdL "Piattaforma Aerea" si configura quindi come un completo studio di fattibilità del laboratorio aereo multifunzione da gestirsi in un quadro di *open access* e tale da poter essere integrato nella *facility* europea EUFAR, anche per scambiare con gli altri Partner "quote" di accesso ad altre piattaforme aeree con caratteristiche diversificate: a titolo di esempio si possono menzionare l'FA20 e la piattaforma stratosferica HALO del DLR, l'ATR42 e FA20 di SAFIRE e molti altri (vedi www.eufar.net). Esso è anche un pregiato esempio di ciò che il coordinamento realizzato dai Dipartimenti del CNR può realizzare. Il dettato della Legge 213 del 31-12-2009 (Riordino degli enti di ricerca) che prevede l'assegnazione ai dipartimenti interni del CNR di un "ruolo centrale di riferimento e valorizzazione delle comunità tematiche e disciplinari in ambito nazionale", recepito ed esplicito nel punto 1.c dell'Art. 3 dello Statuto, si realizza anche con interventi di questo tipo.

Riassunto

Le piattaforme aeree sono diventate negli ultimi anni uno strumento insostituibile per lo studio dei processi ambientali e per la gestione del territorio. Le osservazioni da piattaforma aerea si collocano fra le misure a terra e quelle da satellite: rispetto alle prime hanno migliore mobilità e copertura geografica e rispetto alle seconde una migliore risoluzione spaziale e una maggiore flessibilità in termini di scelta del tempo e del luogo dell'osservazione. Nel caso delle misure dell'atmosfera sono infine l'unico metodo per ottenere misure in situ in funzione della quota.

E' opportuno che il CNR, in qualità di principale Ente di ricerca nazionale, si doti dell'infrastruttura di un laboratorio aereo, attrezzato con strumentazione dedicata all'osservazione della Terra (OT), a supporto della gestione del territorio e dell'analisi ambientale. Il presente documento è un libro bianco in cui si analizza lo stato del settore e s'identificano i possibili interventi.

Da un'analisi delle attività e delle competenze del CNR risulta che le seguenti tematiche, brevemente analizzate nel documento, sono pronte a trarre vantaggio dall'utilizzo di una piattaforma aerea:

- turbolenza atmosferica e struttura dello strato limite;
- flussi superficiali di massa ed energia;
- qualità dell'aria;
- ciclo dell'acqua e cambiamenti climatici;
- qualità delle acque interne;
- osservazioni del mare;
- neve e ghiaccio;
- topografia e deformazioni del terreno;
- uso e gestione del suolo;
- contaminazione del suolo;
- emissioni vulcaniche.

All'interno di queste tematiche spesso sussistono, accanto alle domande scientifiche, anche esigenze operative e gestionali. Pertanto qualsiasi iniziativa intrapresa in questo settore coinvolge una varietà di utenti, in alcuni casi a livello di concorrenza tecnologica, ma molto più spesso di collaborazione e convergenza d'interessi conoscitivi e operativi.

Le tematiche relative alle emergenze ambientali sono quelle di maggior interesse per gli Enti preposti alla salvaguardia del territorio e della salute dei cittadini. La possibilità di disporre di un'infrastruttura flessibile in merito alla tempistica d'intervento e alla tipologia di dati acquisiti, apre numerose forme di collaborazione con Enti di ricerca, Università e Amministrazioni pubbliche.

Inoltre la disponibilità di un laboratorio per il telerilevamento aereo, consente di valorizzare le competenze tecnico-scientifiche che il CNR possiede nel settore di OT, favorendone una maggiore competitività internazionale nei grandi progetti di ricerca europei sia del Settimo Programma Quadro dall'Unione Europea e sia delle agenzie spaziali (*European Space Agency* - Agenzia Spaziale Italiana).

Esistono già presso gli Istituti CNR numerosi strumenti che sono stati sviluppati o che sono stati acquisiti per osservazioni aviotrasportate. Questa capacità osservativa è il risultato della passata esperienza con l'aereo russo M55, della realizzazione di strumentazione per osservazioni da pallone stratosferico, dell'investimento di finanziamenti del MIUR e di finanziamenti locali provenienti dalle Regioni. Gli strumenti operano però in modo discontinuo attraverso occasionali opportunità di volo e accordi bilaterali, lenti e non sempre efficienti, con i gestori delle piattaforme aeree. L'inventario degli strumenti esistenti mette in evidenza un diverso grado di maturità delle capacità osservativa del CNR per le diverse tematiche, ma in generale la base strumentale esistente è un buon punto di partenza e fornisce alcune garanzie per quanto riguarda sia la completa utilizzazione di una piattaforma aerea e sia la competenza dell'Ente nel suo utilizzo.

Il confronto all'interno del progetto strutturale europeo *EUropean Facility for Airborne Research* (EUFAR) mostra la marginalità degli attuali investimenti italiani sugli aeromobili rispetto a quanto fatto dagli altri paesi. D'altra parte, il numero di pubblicazioni scientifiche (nel periodo 1977-2010), connesse a ricerche da piattaforme aeree, pone l'Italia a un dignitoso quarto posto, evidenziando la buona produttività e quindi il potenziale della comunità scientifica nazionale, pur nelle difficili condizioni operative ricordate.

L'utilizzo di piattaforme aeree che il CNR ha fatto a livello nazionale mostra che diverse soluzioni possono essere adottate per garantire l'accesso alle opportunità di volo, ma i risultati più efficaci e di maggiore durata sono stati ottenuti quando accanto all'investimento dello strumento si è potuto effettuare anche l'investimento nella piattaforma su cui lo strumento poteva operare.

Dall'analisi degli aerei per la ricerca esistente a livello europeo nell'ambito del progetto EUFAR e tenendo conto delle applicazioni che sono rese prioritarie dalla domanda degli utenti esterni e dalla competenza dell'Ente, risulta che sono spesso richiesti profili di missione molto diversi e che non è efficiente far volare un grande laboratorio con tanti strumenti, quando l'osservazione può essere efficacemente realizzata solo da alcuni di questi. Queste considerazioni suggeriscono che è preferibile poter disporre di più di un aereo di taglia medio-piccola, piuttosto che di un unico grande laboratorio.

Va anche sottolineata la necessità che gli aeromobili siano disponibili per le modifiche strutturali necessarie all'impiego della strumentazione scientifica.

La flotta appropriata per il CNR dovrebbe essere composta da:

- un aereo di alta quota e *medium range*: un aereo in grado di coprire tutto il territorio nazionale, capace di raggiungere quote di volo sino ai 12.000 m, e con capacità di carico superiori ai 1.500 kg per alloggiare un carico strumentale completo;
- un aereo *multi-mission* bimotore: un aereo molto flessibile con ridotti costi di esercizio, quote massime di circa 5.000 m, voli di circa 5 ore, capacità di carico di circa 400 kg e con a bordo solo il pilota e un operatore;
- due piccoli aerei del tipo Sky-Arrow, già esistenti, per osservazioni con piccoli carichi a bassa quota;
- uno o più di uno piccoli UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), con peso a vuoto inferiore ai 20 kg per missioni di breve durata (qualche ora) e di semplice utilizzo per osservazioni con piccolissimi carichi di supporto a campagne di misura fatte con altra strumentazione.

L'acquisizione degli aerei deve essere accompagnata da una strategia per la loro gestione. La gestione è un compito che richiede competenze specialistiche di carattere tecnico (sulle caratteristiche del velivolo) e operativo (sulle problematiche di volo) e che non può essere svolto dal CNR.

Sono possibili diverse modalità per l'acquisizione e la gestione di una piattaforma aerea da parte del CNR. In base alle necessità operative, l'ipotesi di gestione dell'infrastruttura "Piattaforma aerea" più fattibile è di attivare forme di collaborazione con le imprese del settore.

Accanto all'acquisizione e alla gestione, anche il completamento e l'adeguamento della strumentazione sono stati presi in considerazione per un intervento organico e funzionale.

Dotare il CNR dell'infrastruttura di un laboratorio aereo di osservazioni della Terra per lo studio dei processi ambientali e per la gestione del territorio è un'impresa possibile e altamente strategica in quanto abilitante in un settore in cui esiste una crescente domanda di nuovi prodotti osservativi.

Un'opportunità d'intervento è fornita dal finanziamento infrastrutturale nazionale per progetti nei campi della ricerca scientifica, dello sviluppo tecnologico, della competitività e dell'innovazione industriale del PON (Programma Operativo Nazionale) "Ricerca e Competitività". La partecipazione ai bandi del PON è riservata a Enti di ricerca e industrie che risiedono nelle regioni convergenza. Il CNR ha istituti attivi e competenti nel campo delle osservazioni della Terra da piattaforme aviotrasportate che risiedono nelle regioni convergenza e che hanno già stabilito costruttivi rapporti di collaborazione con industrie locali del settore.

Si propone pertanto che il CNR, sulla base delle risorse e delle competenze dimostrate da questo documento, attraverso i propri istituti operanti nelle regioni convergenza, si presenti al prossimo bando PON per le infrastrutture come coordinatore scientifico e tecnico di una proposta per la realizzazione di piattaforme aeree e strumentazione aviotrasportata per le osservazioni della Terra, la gestione del territorio e l'analisi ambientale.

LABORATORIO AEREO PER L'OSSERVAZIONE DELLA TERRA (LAERTE)

• Prefazione	pag. 5
• Presentazione	pag. 7
• Riassunto	pag. 9

Indice

1. Introduzione	pag. 14
2. Il contesto	pag. 15
3. Gli obiettivi scientifici e tecnici	
3.1 Turbolenza atmosferica e struttura dello strato limite	pag. 17
3.2 Flussi superficiali di massa ed energia	pag. 18
3.3 Qualità dell'aria	pag. 19
3.4 Ciclo dell'acqua e cambiamenti climatici	pag. 21
3.5 Qualità delle acque interne	pag. 23
3.6 Osservazioni del mare	pag. 24
3.7 Neve e ghiaccio	pag. 25
3.8 Topografia e deformazioni del terreno	pag. 27
3.9 Uso e gestione del territorio	pag. 29
3.10 Contaminazione del suolo.....	pag. 32
3.11 Emissioni vulcaniche	pag. 33
4. Gli utenti	pag. 34
5. Gli strumenti	pag. 36
6. Le opportunità d'accesso alle piattaforme aeree	
6.1 Scenario europeo	
6.1.1 EUFAR	pag. 41
6.1.2 COPAL	pag. 44
6.1.3. L'aereo russo M-55 Geophysica	pag. 45
6.2 Scenario nazionale	
6.2.1 Piattaforme aeree del CNR	pag. 46
6.2.2 Altre piattaforme utilizzate in ambito nazionale	pag. 48
6.3 Possibilità offerte da altre piattaforme	pag. 50

7.	Opzioni d'intervento per adeguare la capacità osservativa del CNR	
7.1	Tipologia degli aerei utilizzati come osservatori scientifici	pag. 53
7.2	Infrastruttura necessaria	pag. 55
7.3	Gestione dell'aereo	pag. 57
8.	La realizzazione di un'infrastruttura per il telerilevamento da aereo	
8.1	Modalità di acquisizione di piattaforme aeree	pag. 59
8.2	Il completamento della strumentazione	pag. 62
9.	Conclusioni e raccomandazioni	pag. 63
	Ringraziamenti	pag. 64
 <u>APPENDICE 1</u>		
	Fattibilità di costituzione di una struttura d'intervento rapido per il supporto alla gestione delle emergenze	pag. 65
 <u>APPENDICE 2</u>		
	Gli acronimi	pag. 66
 <u>APPENDICE 3</u>		
	Gli strumenti	pag. 69

LABORATORIO AEREO PER L'OSSERVAZIONE DELLA TERRA

1. INTRODUZIONE

Le infrastrutture sono un elemento qualificante per la ricerca e per tutte le attività degli Enti pubblici che usufruiscono d'informazioni ad alto contenuto scientifico. Il continuo aumento dell'esigenza conoscitiva e l'avanzamento della tecnologia rendono possibile e auspicabile un aggiornamento delle infrastrutture, effettuato utilizzando al meglio le competenze nazionali, le esperienze internazionali e valutando l'economia dell'impresa in termini di costi e benefici.

Considerando la crescente importanza delle osservazioni effettuate con sensori montati a bordo di piattaforme aereotrasportate e tenendo conto del ruolo importante che, per competenze e attività, il CNR ha nel campo delle osservazioni e dello studio del sistema Terra e dell'Ambiente, il Dipartimento di Terra e Ambiente (DTA) ha deciso di costituire un Gruppo di Lavoro "Piattaforme Aeree" con il compito di analizzare l'esistente e le nuove esigenze che si stanno sviluppando in questo settore.

Forti motivazioni di questa decisione sono:

- il fatto che il DTA comprende all'interno della propria struttura scientifica un progetto "Osservazione della Terra" interamente orientato allo sviluppo di attività basate sull'uso delle tecniche di telerilevamento;
- il fatto che il DTA ha destinato la quota assegnata nell'ambito della rimodulazione MIUR-CNR all'acquisto di strumenti per il telerilevamento da piattaforma aerea;
- l'esperienza sviluppata in merito all'utilizzo del sensore aviotrasportato MIVIS (*Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer*), di proprietà del CNR, in collaborazione con la BLOM-CGR di Parma;
- l'attività svolta in ambito EUFAR (*European Facility For Airborne Research*), un'iniziativa ESFRI (*European Strategy Forum on Research Infrastructures*) finanziata in FP6 e FP7 (*Framework Programme 6 and 7*), che coordina le operazioni di una flotta europea di aerei strumentati nel campo della ricerca ambientale, atmosferica, marina e terrestre e che è partecipato dal CNR che ha messo a disposizione gli aerei Sky-Arrow;
- l'attività svolta in ambito COPAL (*COmmunity heavy PAYload Long endurance instrumented aircraft for tropospheric research*), un'iniziativa ESFRI il cui obiettivo è definire le caratteristiche più idonee di un aereo troposferico per studi multidisciplinari e multiparametrici di lunga durata e con elevata capacità di carico strumentale;
- le competenze esistenti all'interno della rete scientifica coordinata dal DTA e nei dipartimenti ICT, DMD e DAA in merito alle attività di telerilevamento aereo per lo studio e il monitoraggio delle diverse componenti del sistema Terra.

Il mandato del GdL riguarda l'analisi dei vari aspetti che concernono l'investimento in un'infrastruttura impegnativa come una piattaforma aerea, quali: i vantaggi operativi e strategici, le modalità di accesso e le opportunità esistenti, la fattibilità e produttività di varie soluzioni e la completezza dei *payload* scientifici, il possibile ruolo del CNR nel quadro internazionale del settore, le possibili collaborazioni con il Dipartimento della Protezione Civile e gli altri Enti pubblici interessati nel settore.

Le conclusioni di tale analisi sono riassunte nel presente libro bianco, così strutturato: dopo aver svolto nel paragrafo 2) alcune brevi considerazioni sulla rilevanza delle osservazioni aerotrasportate, si esamina nel paragrafo 3) come vari campi d'indagine scientifica usufruirebbero della disponibilità di una piattaforma aerea. Nel paragrafo 4) si identificano quali Enti, operanti nel campo delle attività operative e gestionali di generale interesse sociale, possano essere interessati a partecipare alle osservazioni o all'utilizzo dei dati. Una rassegna della strumentazione scientifica disponibile presso il CNR e applicabile a un utilizzo su aeromobile è presentata nel paragrafo 5). Il paragrafo 6) esamina le attuali opportunità di accesso a piattaforme aeree, sia straniere sia nazionali, fornendo un quadro delle attività europee e delle disponibilità italiane.

Alla luce di quanto svolto, nel paragrafo 7) vengono delineate le capacità ideali che dovrebbero possedere un'infrastruttura per l'osservazione della Terra da aereo, e il successivo paragrafo 8) svolge un'analisi di fattibilità per la realizzazione di tali capacità, studiando possibili modalità di acquisto o di nolo di piattaforme aeree. Infine, il paragrafo 9) conclude lo studio fornendo alcune raccomandazioni per lo sviluppo futuro di una capacità osservativa tramite l'impiego di aeromobili a supporto della gestione del territorio e dell'analisi ambientale.

2. IL CONTESTO

Le piattaforme aeree sono diventate negli ultimi anni uno strumento insostituibile per lo studio dei processi ambientali e per la gestione del territorio. Le osservazioni da piattaforma aerea si collocano fra le misure a terra e quelle da satellite: rispetto alle prime hanno migliore mobilità e copertura geografica e rispetto alle seconde una migliore risoluzione spaziale e una maggiore flessibilità in termini di scelta del tempo e del luogo dell'osservazione. Nel caso delle misure dell'atmosfera sono infine l'unico metodo per ottenere misure *in-situ* in funzione della quota.

Le capacità operative della strumentazione aviotrasportata hanno fatto sì che anche molte attività istituzionali di monitoraggio, sorveglianza e rilevamento siano negli ultimi anni sempre più interessate alle capacità tecnologiche della nuova strumentazione, dotandosi individualmente di piccole infrastrutture finalizzate alle esigenze specifiche.

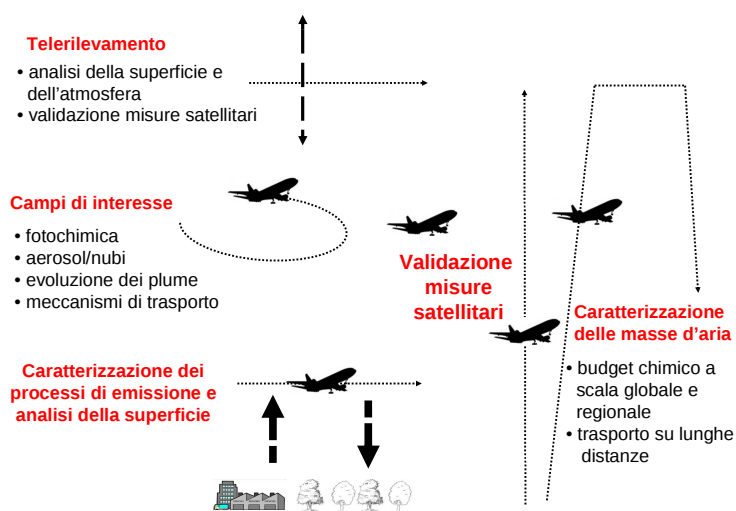


Figura 2.1 – Versatilità delle piattaforme aeree in termini di applicazioni e modalità di osservazione

Il carico utile degli aerei va da poche decine di kilogrammi fino a carichi di diverse tonnellate. Aerei leggeri possono portare piccoli carichi ad altezze fino a ca. 4 km e possono volare alcune ore a una velocità di ca. 250 km/h. Aerei a turboelica sono disponibili in un'ampia varietà di dimensioni, da piccoli bimotori che possono trasportare 100 - 200 kg di strumentazione a un'altezza fino a 6 km con un'autonomia operativa di 1.000 - 2.000 km, a grossi quadrimotori che possono portare diverse tonnellate di strumentazione per un tempo massimo di 10 ore fino a un'altezza di circa 8 km. Gli aerei a turboelica offrono il vantaggio di operare a velocità relativamente basse, requisito importante per ottenere elevata risoluzione spaziale delle misure.

Anche i jet sono disponibili in un'ampia varietà di dimensioni e possono portare apparati strumentali varianti da alcune centinaia di kilogrammi ad alcune tonnellate. Tipicamente i jet possono operare ad altezze fino a 10-12 km ed hanno un'autonomia operativa variabile da 2.000 a 10.000 km. Altezze più elevate possono essere raggiunte da aerei speciali come M55, ER2 o B57. Sono pure disponibili vari tipi di UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) che possono essere utilizzati per particolari missioni; il loro uso è tuttavia molto limitato dalle regole di sicurezza del traffico aereo.

In funzione della problematica da studiare e delle misure da effettuare, debbono essere impiegati aeromobili con diverse caratteristiche quali autonomia di volo, quota e velocità di volo, e tipo di carico strumentale. Anche le modalità operative del volo variano considerevolmente a seconda dello scopo della missione specifica (vedi Fig. 2.1).

Pertanto, le grandi opportunità di analisi, rese possibili da un laboratorio montato su una piattaforma aviotrasportata, richiedono di ottemperare diversi requisiti che possono essere soddisfatti al meglio, e a costi competitivi, solo se gli aerei utilizzati sono commisurati agli obiettivi che si vogliono perseguire.

3. GLI OBIETTIVI SCIENTIFICI E TECNICI

Sono molte le tematiche scientifiche e ambientali che possono trarre vantaggio dall'utilizzo di una piattaforma aerea sulla quale montare la strumentazione specifica del settore. Nelle attività del CNR s'identificano le seguenti tematiche scientifiche, di seguito brevemente illustrate:

- 3.1 Turbolenza atmosferica e struttura dello strato limite.
- 3.2 Flussi superficiali di massa ed energia.
- 3.3 Qualità dell'aria.
- 3.4 Ciclo dell'acqua e cambiamenti climatici.
- 3.5 Qualità delle acque interne.
- 3.6 Osservazioni del mare.
- 3.7 Neve e ghiaccio.
- 3.8 Topografia e deformazioni del terreno.
- 3.9 Uso e gestione del suolo.
- 3.10 Contaminazione del suolo.
- 3.11 Emissioni vulcaniche.

3.1 Turbolenza atmosferica e struttura dello strato limite

La capacità di misurare correttamente la turbolenza atmosferica a elevata risoluzione spaziale e temporale è un requisito fondamentale per l'accrescimento della conoscenza nel campo della fisica dell'atmosfera. Grazie a misure di questo tipo è possibile caratterizzare la troposfera e lo strato limite planetario, che agisce come interfaccia tra i processi fisico-chimici che avvengono alla superficie terrestre e l'atmosfera stessa.

La misurazione tramite piattaforma aerea del vento nelle sue 3 componenti spaziali e della turbolenza atmosferica è una realtà operativa ormai da alcuni decenni nell'ambito della ricerca scientifica nei diversi settori legati allo studio dell'atmosfera. Fino a pochi anni fa per tali scopi erano necessari aerei di medie/grandi dimensioni, capaci di trasportare strumentazione complessa e pesante, oltre che personale dedicato alla loro gestione. Con l'avvento di una nuova generazione di sensoristica con caratteristiche di compattezza, limitato consumo energetico, bassi costi e tempi di risposta molto rapidi, è stato possibile allestire aerei di dimensioni sempre più piccole, fino ad arrivare a piattaforme leggere e oggi anche a velivoli UAV.

I vantaggi sono evidenti, non solo in termini di costi e di facilità di gestione, ma anche in termini di obiettivi scientifici: la possibilità di volare a bassa quota e a bassa velocità per ottenere un'alta risoluzione spaziale delle misure, nonché una minore invasività del mezzo e, quindi, una maggiore precisione delle misure di turbolenza, in virtù del fatto che la distorsione del flusso turbolento naturale operata dall'aereo è estremamente limitata.

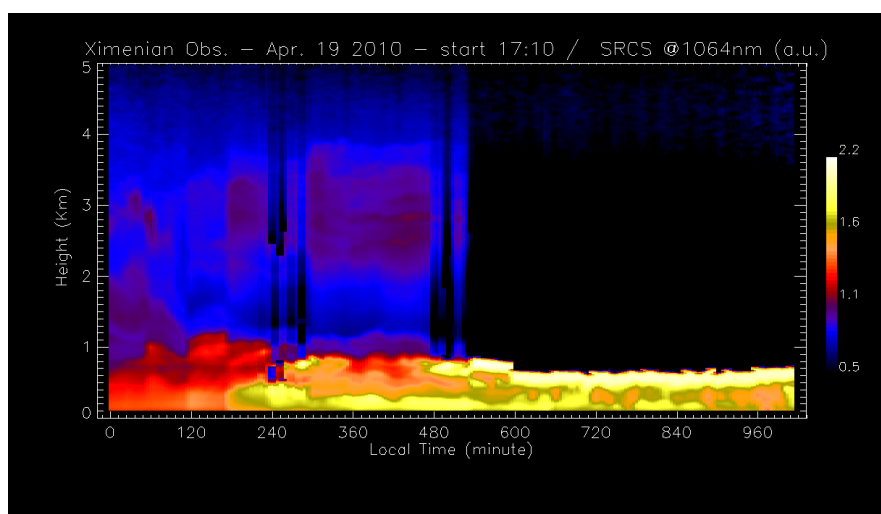


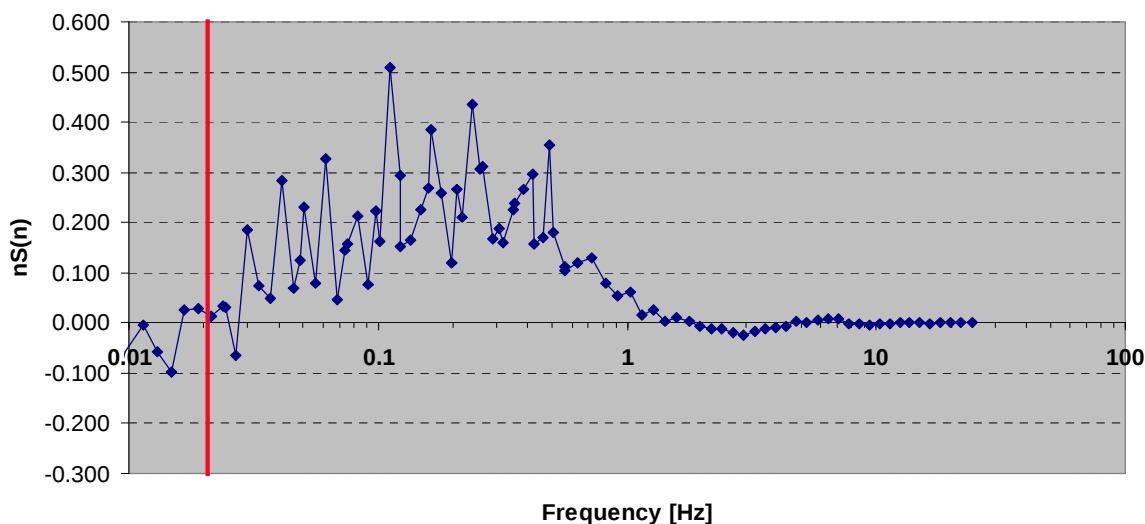
Figura 3.1 - Immagine sintetica della retrodiffusione atmosferica ottenuta da un LIDAR al di sopra di una struttura urbana. L'immagine evidenzia l'evoluzione diurna dello strato limite planetario (in giallo). L'integrazione fra misure a terra e misure aeree offre interessanti opportunità per una sempre migliore comprensione dei meccanismi e delle relazioni che regolano la dinamica della bassa atmosfera

3.2 Flussi superficiali di massa ed energia

La stima del bilancio superficiale di massa ed energia su aree eterogenee dal punto di vista bio-geofisico, morfologico e demografico, molto comuni in Europa, necessità di nuove conoscenze sui meccanismi di scambio alle scale intermedie (aree dell'ordine di 10^4 km^2), alle quali lo strato limite planetario gioca un ruolo fondamentale come interfaccia tra la biosfera e l'atmosfera. Ad esempio a questa scala le emissioni industriali e antropogeniche contribuiscono al pari della biosfera terrestre nel regolare il contenuto di CO_2 in atmosfera. La conoscenza e la quantificazione di tali dinamiche si devono basare sulla considerazione delle emissioni e degli assorbimenti di gas da parte della biosfera, della ripartizione del bilancio energetico superficiale, insieme ai meccanismi meteorologici coinvolti nel trasporto e nella diffusione dei gas.

Ad oggi, esiste un divario tra la conoscenza dei meccanismi di scambio di massa ed energia a livello locale, regionale e continentale. Studi basati sull'utilizzo di stazioni di misura locali, oggi organizzate all'interno di un network mondiale (denominato FLUXNET) comprendente alcune centinaia di siti in cui vengono impiegate tecniche micrometeorologiche quali l'*eddy covariance* per la misura diretta dei flussi, hanno permesso di caratterizzare con precisione le dinamiche giornaliere, intra ed inter-annuali su un sempre più vasto spettro di usi del suolo e di condizioni ambientali.

L'impiego della tecnica *eddy covariance* tramite piattaforme aeree ha rappresentato una nuova opportunità scientifica per la misura dello scambio di massa ed energia a scala regionale, in contesti caratterizzati da alta eterogeneità e variabilità, e ha quindi permesso di integrare in modo sostanziale le informazioni che possono essere ottenute con misure da torri, modelli ed anche prodotti satellitari. L'accuratezza e l'affidabilità delle misure aeree di flusso di energia e massa sono ormai ampiamente dimostrate per diverse piattaforme e condizioni di utilizzo.



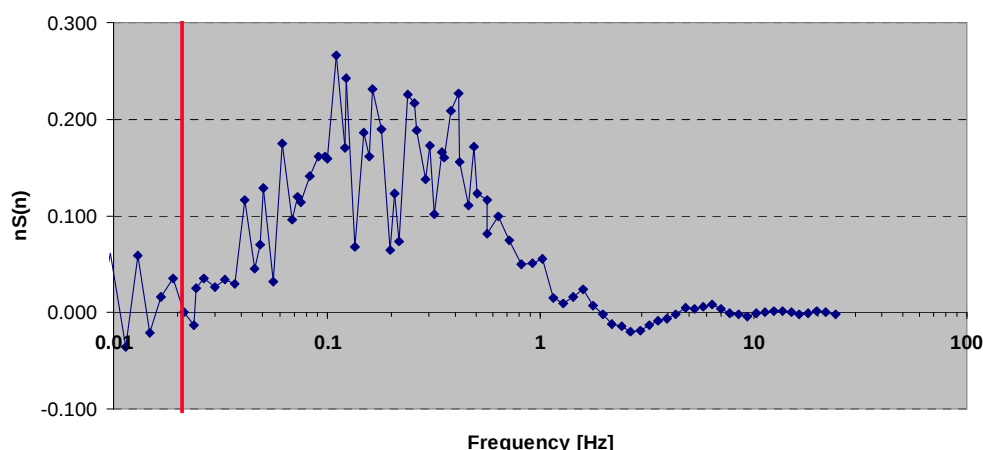


Figura 3.2 - Cospettri tra velocità verticale del vento e, rispettivamente, le concentrazioni di vapor acqueo (sopra) e CO₂ (sotto) misurate nel *surface layer* da una piattaforma aerea equipaggiata con un sistema di misura dei flussi turbolenti (BAT Probe). L'integrale dell'area sottesa ai cospettri equivale al valore assoluto del flusso degli scalari

3.3 Qualità dell'aria

L'inquinamento atmosferico viene definito come la situazione in cui gas in traccia e aerosol atmosferico di origine antropica raggiungono concentrazioni sufficientemente elevate da causare danni diretti o indiretti a piante, animali (incluso l'uomo), altre forme di vita, ecosistemi, infrastrutture, beni culturali.

La problematica riguardante l'inquinamento atmosferico e più in generale la qualità dell'aria interessa un'ampia varietà di scale, dalla scala locale fino a quelle emisferiche e globali e ha diverse ricadute sull'ambiente, dalla salute al funzionamento degli ecosistemi, dal clima al deterioramento dei manufatti.

Le due principali tematiche oggi aperte nel campo della qualità dell'aria riguardano la formazione di foto ossidanti, principalmente durante il periodo estivo, e il particolato atmosferico, problematica importante, in diverse forme, lungo tutto l'arco dell'anno.

Le ricadute applicative relative allo studio della qualità dell'aria sono molteplici e riguardano l'ambito della ricerca (studio di processi in atmosfera relativi alla formazione di inquinanti, studio della struttura e composizione dell'atmosfera), della protezione civile (eventi calamitosi, disastri industriali), del controllo dell'ambiente (validazione dei risultati di modelli di trasporto, individuazione e quantificazione delle sorgenti di inquinanti, validazione di dati da satellite).

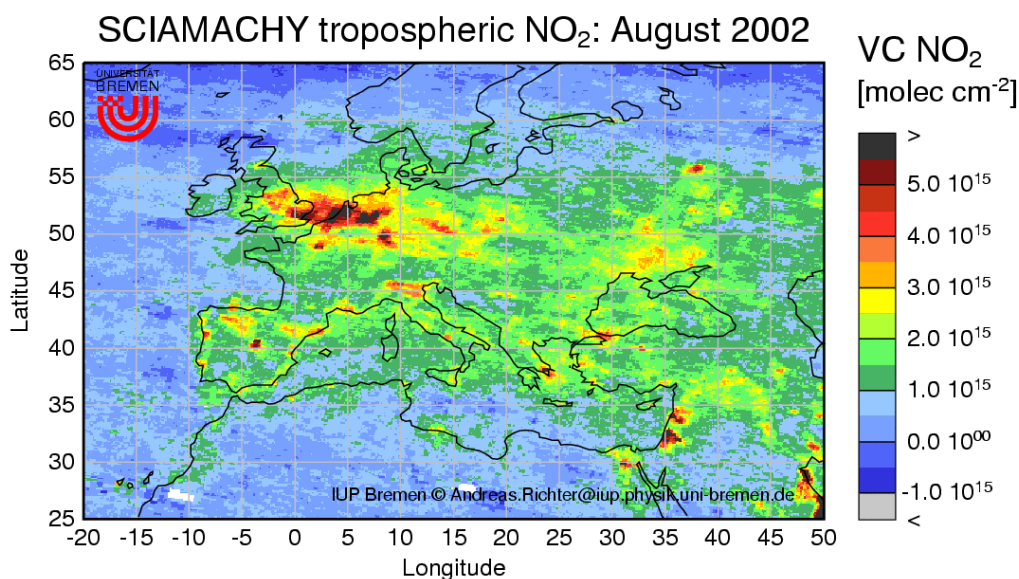


Figura 3.3 - Mappa da satellite della concentrazione di NO₂ a scala europea.
 Appare chiaramente l'elevata concentrazione di questo inquinante sulla Pianura Padana

Un esempio (in negativo) dell'importanza delle misure da piattaforma aeromobile per lo studio della qualità dell'aria è il progetto QUITSAT, Progetto Pilota dell'Agenzia Spaziale Italiana per sviluppare un sistema informativo sulla qualità dell'aria mediante l'uso combinato di osservazioni da satellite, misure al suolo, profili LIDAR (*Laser Detection and Ranging*) e modelli di trasporto. A fronte della mancanza di misure da aeromobile accessibili in termini di possibilità e di costo, si sono avute difficoltà notevoli nello sviluppo degli algoritmi necessari a ricavare i parametri di qualità dell'aria dai dati satellitari, dato che il solo prodotto modellistico non è sufficiente a correlare in modo chiaro tra loro le osservazioni da satellite con le misure al suolo.

Le modalità operative per lo studio della qualità dell'aria da aeromobile sono molteplici, dipendono dalla tematica specifica, ma possono in linea generale dividersi in 2 grandi filoni: i) misure *in-situ*, ii) misure di telerilevamento. Mentre queste ultime non prevedono importanti modifiche alla struttura dell'aeromobile, la maggior parte delle misure *in-situ* prevede la disponibilità di un *inlet* che introduca l'aria da campionare all'interno dell'aeromobile in condizioni termodinamiche e di turbolenza controllate e riproducibili. Questi sofisticati sistemi di campionamento devono essere progettati per lo specifico aeromobile e raramente possono essere interscambiabili fra aerei diversi.

La messa in opera di un sistema di *inlet* su un aeromobile influenza sensibilmente l'aerodinamica del velivolo e necessita quindi di opportuna certificazione. All'interno dell'aeromobile possono poi essere impiegati sia strumenti di misura in continuo dei parametri desiderati, sia sistemi di collezione dei campioni gassosi o particolati da analizzarsi poi in laboratorio.

Dato il limitato tempo di volo, le misure da aereo sono particolarmente indicate per lo studio di singoli processi e fenomeni o per la validazione di dati telerilevati (da satelliti o dal suolo), piuttosto che come strumento di monitoraggio.

3.4 Ciclo dell'acqua e cambiamenti climatici

E' evidente l'importanza che le osservazioni da piattaforma aerea hanno avuto, e avranno nella comprensione dei processi che interessano nubi e aerosol.

Per i modelli di previsione meteorologica e climatica le nubi sono coinvolte in processi *subgrid*, e necessitano di parametrizzazioni in grado di descriverne la formazione, vita e dissipazione, oltre che il loro effetto precipitativo. Tuttavia permangono alcune basilari questioni irrisolte sulla microfisica delle nubi, e in particolare sulla formazione del ghiaccio e sull'origine della precipitazione. E' proprio quest'ultima, una delle variabili che i modelli climatici predicono con minor successo.

Infatti, la precipitazione non dipende solo dalla dinamica dell'atmosfera, ma anche da complessi processi microfisici associati alla presenza e alle caratteristiche degli aerosol, che sono i principali responsabili della formazione di particelle acquose e ghiaccio. Inoltre nubi e aerosol giocano un ruolo fondamentale anche nello studio della chimica in atmosfera (sia per i processi in fase gassosa sia per quelli in fase eterogenea) e dei processi di rimozione dei composti chimici dall'atmosfera.

Anche nello studio del cambiamento climatico c'è un ampio consenso nell'assegnare all'aerosol atmosferico un effetto climatico comparabile con quello indotto dalla CO₂, ma con incertezze ben maggiori, che riguardano sia il suo ruolo "diretto" di componente atmosferico radiativamente attivo, sia il suo impatto "indiretto" sui meccanismi di formazione e sulle caratteristiche delle nubi.

Nonostante questa sua importanza, rimangono ancora molti aspetti non chiariti sui meccanismi di formazione e di residenza dell'aerosol in atmosfera.

Le osservazioni *in-situ*, che si possono effettuare esclusivamente da aereo, sono le uniche in grado di raccogliere dati in regioni spazialmente estese, con una risoluzione temporale che non è raggiungibile da nessuna altra piattaforma. L'uso di piattaforme aeree è particolarmente critico nel caso della ricerca sulle nubi, dato che le loro proprietà microfisiche non sono accessibili da altre piattaforme.

Misure da aereo sono in grado di effettuare rilevazioni a differenti livelli, penetrando nubi di alta quota o prodotte da convezione profonda, ottenendo inoltre la caratterizzazione dell'ambiente entro cui le nubi si sono sviluppate.

Non è sufficiente sondare l'atmosfera dal suolo o da satellite: i risultati di tali indagini, sebbene possano avere estensione globale, non solo non hanno la necessaria risoluzione verticale, ma spesso non permettono di ricavare molti dei parametri d'interesse, e in particolare quelli legati alla microfisica delle nubi.

E' una lezione acquisita dal passato che solo dal confronto con misure *in-situ*, spesso condotte in modo concomitante da piattaforme affiancate, si possa migliorare l'interpretazione delle misure dal suolo o da satellite, ponendole nel giusto contesto e potenziando il loro utilizzo quando sono necessarie analisi a grande scala o di lungo periodo.

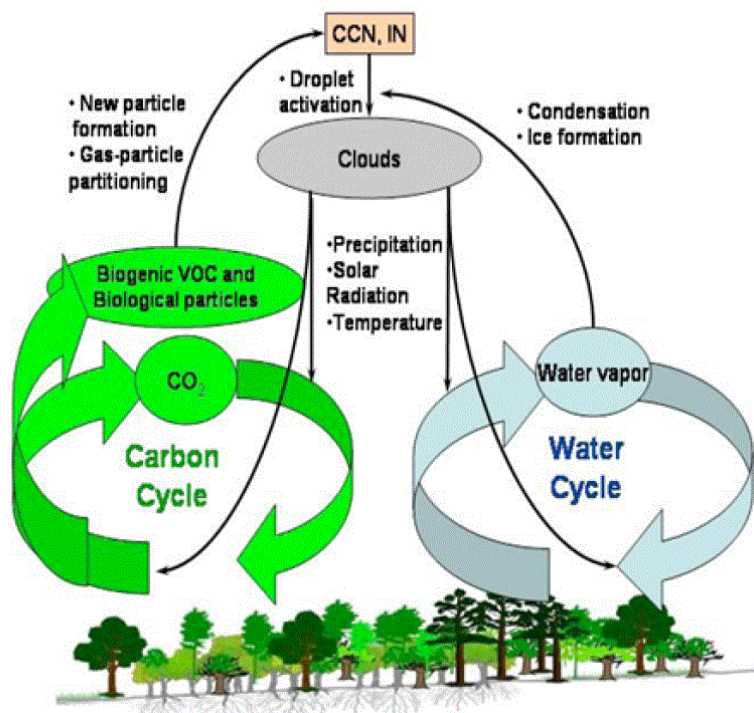


Figura 3.4 - Ruolo di aerosol e nubi nei processi radiativi e nel ciclo dell'acqua e del carbonio

Il CNR ha recentemente guidato un ambizioso programma nazionale (progetto FISR/AEROCLOUDS finanziato dal MIUR tra il 2006 e il 2010) per studiare gli effetti diretti e indiretti indotti dagli aerosol e dalle nubi sul clima. Il progetto ha impegnato:

- 1) la rete di fotometri solari ospitati in siti appartenenti ad AERONET (*Aerosol Robotic Network*) più altri siti (San Pietro Capofiume, Roma) facenti parte della rete SKYNET;
- 2) la rete di stazioni LIDAR del CNR (Firenze, Roma Tor Vergata), ENEA (Lampedusa) e di stazioni EARLINET (*European Aerosol LIDAR Network*, Lecce e Potenza);
- 3) la rete di stazioni di campionamento e di analisi chimica degli aerosol al suolo, consistente di siti CNR (ISAC, IIA) e altri siti presso diversi Dip. di Università Italiane (Milano Bicocca, Venezia Ca' Foscari, Salento).

E' purtroppo mancata la disponibilità di un aereo attrezzato per la caratterizzazione delle proprietà radiative dell'aerosol e delle nubi con rilevazioni *in-situ*.

Alla luce delle esperienze acquisite è risultata chiara l'importanza di una piattaforma aerea strumentata con sensori di telerilevamento e *in-situ*, per studi sulla meteorologia, sul clima ed i suoi cambiamenti.

3.5 Qualità delle acque interne

L'analisi della qualità delle acque interne e costiere rappresenta oramai un elemento di grande rilevanza in tutti gli scenari di monitoraggio ambientale.

In tale ambito un ruolo sempre più importante è giocato dal telerilevamento la cui efficacia riguarda principalmente la stima dei seguenti parametri:

- la concentrazione di clorofilla-a (proxy del fitoplancton) presente all'interno della colonna d'acqua. Il fitoplancton, composto da micro-alghe, rappresenta la base della catena alimentare acquatica ed è un'importante variabile nella stima dei processi di produzione primaria. In questo ambito è particolarmente importante il riconoscimento dei pigmenti algali, quali le ficocianine presenti nei cianobatteri che sono potenzialmente tossiche ed hanno frequenze di occorrenza in costante aumento;
- la concentrazione di sedimento solido sospeso nelle sue componenti organiche ed inorganiche. Esso è un tracciante dei fenomeni d'immissione ad opera di fiumi e/o tributari, e di risospensione per effetto di vento, onde e correnti;
- la concentrazione di sostanze gialle o *coloured dissolved organic matter* (CDOM): incluse le sostanze organiche disciolte (acidi fulvici e umici) nell'acqua. La sua origine è sia marina/lacustre (per la degradazione del fitoplancton) sia terrestre (per apporto fluviale) ed è un'importante variabile della modellistica del ciclo del carbonio;
- il coefficiente di attenuazione lungo la colonna d'acqua e dell'irradianza incidente, indicatore della profondità dello stato eufotico e della trasparenza dell'acqua;
- la copertura del fondale che, se colonizzata da fanerogame, assume un interesse strategico per il ruolo ecologico che esse rivestono e la cui necessità di monitoraggio è prevista dalla Dir. CE WFD 2000/60.

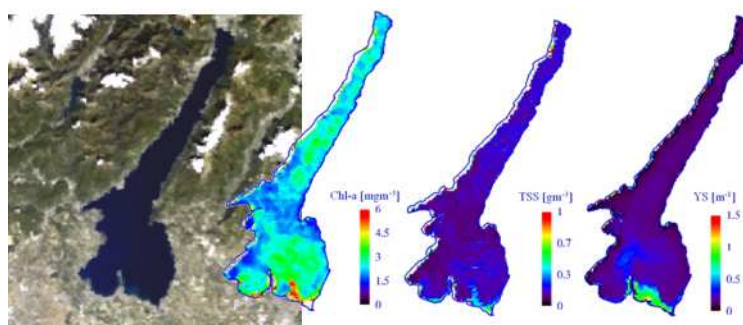


Figura 3.5 - Immagine MERIS (*MEdium Resolution Imaging Spectrometer*) del lago di Garda. Da sinistra, immagine a colori reali e mappe di concentrazione di parametri di qualità dell'acqua: clorofilla-a, solidi sospesi e sostanze gialle

La complessità ottica delle acque interne e costiere (rispetto a quelle marine/oceaniche), causata dalle continue interazioni tra la parte acquatica e le terre limitrofe, e i vincoli di scala, spesso imposti dalle dimensioni dei bacini, possono limitare l'utilizzo dei dati telerilevati mediante sistemi satellitari. Pertanto, la disponibilità di un'infrastruttura di telerilevamento aereo rappresenta uno strumento importante nello studio della qualità delle acque in tutti quei contesti in cui le cui dinamiche spazio/temporali non possono essere individuate da satellite perché richiedono un dettaglio spaziale/spettrale molto spinto, o necessitano di ricognizioni di emergenza (es. fioriture di alghe potenzialmente tossiche).

3.6 Osservazioni del mare

Le misure di telerilevamento marino effettuate da sensori aviotrasportati hanno una duplice utilità. In primo luogo, a differenza dei sensori satellitari, sono molto meno affette dalle problematiche di correzione atmosferica (essendo lo strato che separa il sensore dalla superficie marina riducibile a piacere), in secondo luogo si possono valere di strumenti che per esigenze di potenza e di peso non sono installabili a bordo delle piattaforme satellitari. Inoltre tali misure, effettuate nell'ambito di campagne di validazione dei dati satellitari, consentono la copertura sinottica di ampie zone in poco tempo. Oltre all'uso di sensori specifici a bordo di aerei, ulteriori osservazioni sono effettuabili mediante il rilascio di sonde dagli stessi aeroplani.

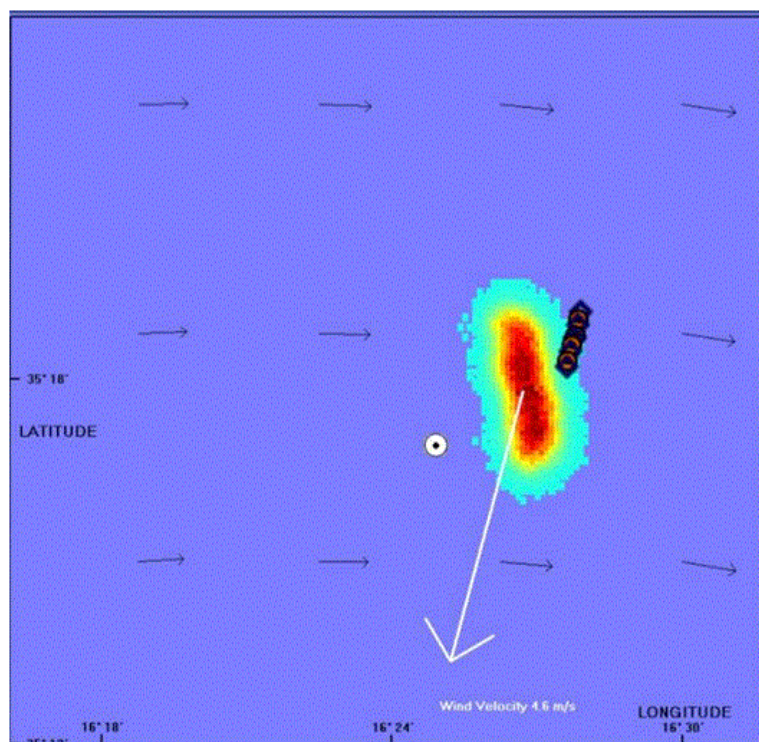


Figura 3.6 - Posizione di una macchia d'idrocarburi sulla superficie marina.

Sono indicate inoltre le posizioni di rilascio di boe lagrangiane per studiarne l'evoluzione (progetto ASI PRIMI)

Mentre per le acque di tipo 1 (quelle il cui colore dipende principalmente dalla concentrazione della clorofilla) sono già disponibili algoritmi affidabili di estrazione della clorofilla, è di grande importanza lo sviluppo di nuovi algoritmi di stima della clorofilla dai dati satellitari nelle acque di tipo 2 (quelle il cui colore è determinato dalla presenza di vari costituenti disciolti e sospesi). Le acque di tipo 2 sono particolarmente abbondanti in prossimità delle coste e questa nuova capacità di telerilevamento, che può beneficiare dall'utilizzo di misure effettuate da sensori iperspettrali aviotrasportati, ha importanti applicazioni in ambito ecologico per la comprensione della fascia costiera. Infatti, tra i sensori aviotrasportati, esistono anche misuratori di fluorescenza mediante il laser, da cui è possibile desumere la concentrazione di clorofilla con schemi di campionamento simili per tempistica a quelli satellitari e in grado quindi di risolvere la variazione a scala spaziale fine, che non è effettuabile a bordo di navi oceanografiche per limitazioni alla sinotticità delle misure e alla spaziatura tra stazioni idrografiche, che generalmente non è mai particolarmente ridotta.

Le principali osservazioni e attività marine effettuabili da sensori aviotrasportati sono:

- SST temperatura superficiale del mare mediante utilizzo di radiometri.
- Concentrazione della clorofilla nelle acque superficiali (prima quota ottica).
- *Total Suspended Sediment* (TSM) o sedimento solido sospeso.
- *Colour dissolved organic matter* CDOM o sostanza organica disciolta e colorata.
- Coefficiente di attenuazione della radianza diffusa nella colonna d'acqua K490 (a 490 nanometri) ovvero trasparenza della colonna d'acqua stessa.
- SSS salinità superficiale del mare tramite la misura della costante dielettrica dell'acqua marina da cui si desume la concentrazione di sale nella stessa.
- Lancio di AXBT (*Airborne EXpendable Bathy Thermographers*) per la mappatura sinottica di zone più estese di quelle campionabili da nave con gli XBT (*Expendable Bathy Thermographers*).
- Lancio di XCTD (*Expendable Conductivity Temperature Depth*) dai cui profili si possono produrre profili verticali di temperatura, salinità e densità della colonna d'acqua.
- Utilizzo di un radiometro polarimetrico a microonde che consente la misura vettoriale del vento alla superficie del mare.
- Lancio di boe lagrangiane (ovvero derivanti che seguono la massa d'acqua superficiale) per seguire specifiche masse d'acqua interessate da fenomeni di sversamento d'idrocarburi o altri inquinanti.

3.7 Neve e ghiaccio

Il monitoraggio delle trasformazioni che interessano la criosfera, ovvero l'insieme di coperture nevose, ghiacciai, calotte glaciali, ghiacciai continentali, permafrost, terreni stagionalmente congelati, banchise, ghiaccio dei fiumi e dei laghi e le precipitazioni solide, continua a rappresentare un elemento fondamentale per gli studi sul clima e sui cambiamenti climatici. Il monitoraggio può essere effettuato con successo tramite immagini riprese da sensori ottici e a microonde, al fine di determinare sia l'estensione stagionale delle coperture nivo-glaciali, sia la struttura fisica del manto nevoso.

Questo tipo d'indagine riveste un interesse particolare se applicata agli apparati nivo-glaciali delle aree montane dell'arco alpino per l'impatto che il bilancio idrologico ha sull'economia di queste regioni, dal punto di vista energetico, industriale e delle economie locali.

Lo studio di questi territori con sistemi remoti da piattaforma aerea acquista particolare rilevanza per le difficoltà osservative legate alla topografia e al clima che limitano l'utilizzo di sensori satellitari.

La misura da aereo consente un'accurata descrizione in termini spettrali e geometrici dell'apparato glaciale permettendo di svolgere analisi di *up/down scaling* necessarie nel trattamento del dato satellitare. Dal punto di vista scientifico la possibilità di pianificare il volo aereo (es. passaggi ripetuti su di una stessa area secondo linee di volo che si intersecano) permette inoltre di osservare le superfici nivo/glaciali secondo diverse geometrie di ripresa.

Tale capacità, nel caso di dati ottici opportunamente trattati, aiuta a definire la funzione di riflettanza bidirezionale (BRDF) delle superfici e di determinare infine valori reali di albedo.

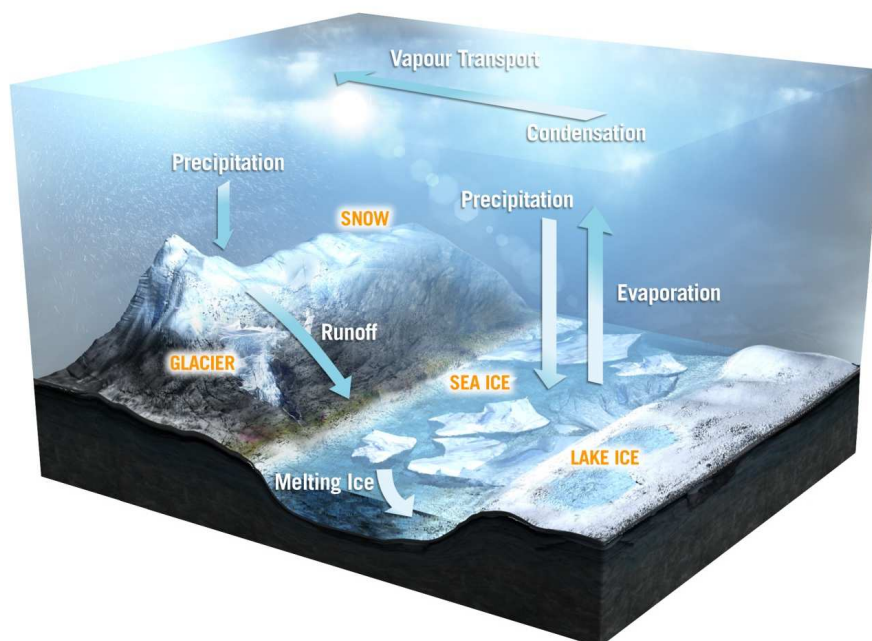


Figura 3.7 – La neve e il ghiaccio sono gli elementi che costituiscono la criosfera. Il monitoraggio della criosfera è determinante per gli studi sui cambiamenti climatici e in particolare per la determinazione degli scambi energetici all'interfaccia superficie/atmosfera (Credito: ESA-AOES Medialab)

Le misure a microonde sono in grado di fornire informazioni precise sull'estensione nevosa, sullo stato asciutto/bagnato della neve e sulla sua massa (espressa come contenuto d'acqua della neve), che è la grandezza fondamentale per la stima della disponibilità di risorse d'acqua necessarie, ad esempio, all'approvvigionamento idrico, alla stima della produzione di energia idroelettrica e alla previsione di eventi estremi (e.g. allagamenti dovuti allo scioglimento della neve).

Misure multifrequenza sono inoltre in grado di fornire informazioni a diverse profondità permettendo, ad esempio, di rivelare strati umidi o a densità diversa nel manto che sono potenziali zone a rischio valanga. Alle lunghezze d'onda del visibile e dell'infrarosso la riflettività della neve dipende dalle dimensioni dei cristalli e dalla quantità e qualità delle impurità presenti, che sono generalmente costituite da particelle di diversa natura e che possono comprendere anche particelle di origine carboniosa e sostanze inquinanti.

La riflettività decresce con l'aumentare delle dimensioni dei granuli di neve, dimensioni a loro volta collegabili alla densità e al contenuto di acqua. Le impurità, che non hanno alcuna influenza alle lunghezze d'onda dell'infrarosso, nel visibile determinano la diminuzione dell'albedo del manto nevoso. Anche i dati acquisiti con sensori ottici possono quindi fornire informazioni sullo stato e l'estensione delle coperture nevose.

Pertanto, le osservazioni da piattaforma aerea permettono di migliorare le capacità di studio delle aree innevate e degli apparati glaciali, e consentono di affinare le stime dei bilanci radiativi e di massa.

3.8 Topografia e deformazioni del terreno

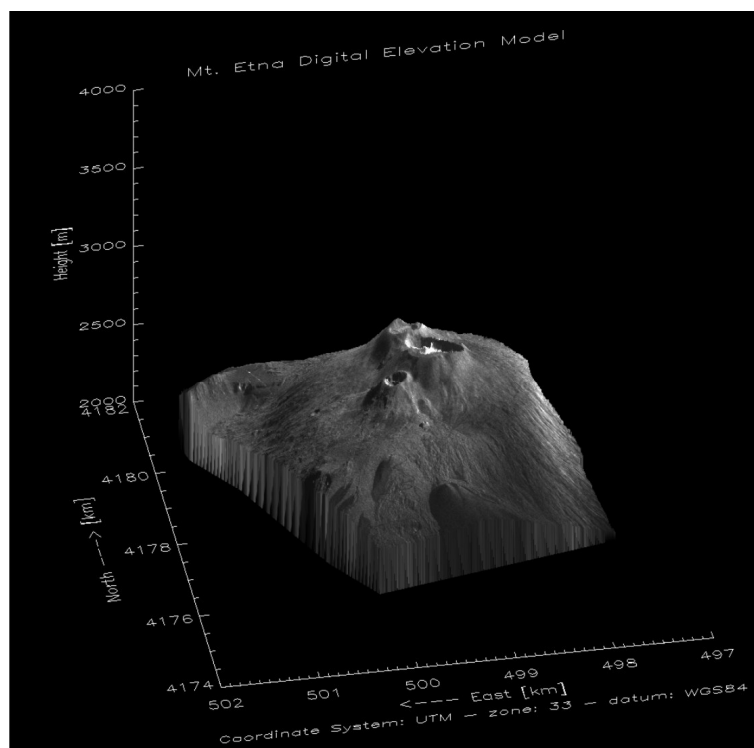


Figura 3.8 - Rilevazione altimetrica del monte Etna con tecniche InSAR (Fonte: DLR-CNR)

La misura della topografia e delle sue variazioni è di fondamentale importanza nell'ambito dello studio del territorio, con particolare riguardo alle indagini per la mitigazione dei rischi naturali.

La rappresentazione della topografia del territorio avviene tipicamente attraverso la generazione di Modelli Digitali di Elevazione (DEM) che consentono di rappresentare fedelmente la forma del rilievo osservato, fornendo uno strumento essenziale per studi geomorfologici, pianificazione territoriale, zonazione sismica, studio dei fenomeni franosi e studi ambientali in genere, etc. I DEM tipicamente sono realizzati con tecniche di telerilevamento che prevedono l'elaborazione di dati acquisiti attraverso un sensore montato su un satellite, un aeromobile o una stazione a terra.

La tecnologia LIDAR (spesso anche definita laser scanner) aerotrasportata è una tecnica di telerilevamento attivo per l'esecuzione di rilievi topografici ad alta risoluzione (con precisione verticale tipicamente di qualche decina di centimetri). Essa consente di determinare la distanza di un oggetto o di una superficie, utilizzando un impulso laser inviato verso il sistema da osservare e misurando il tempo trascorso fra l'emissione dell'impulso e la ricezione del segnale retrodiffuso.

Il LIDAR utilizza lunghezze d'onda ultraviolette, nel visibile o nel vicino infrarosso, e permette di effettuare analisi anche di singole strutture antropiche quali edifici, ponti, etc. La tecnologia LIDAR aerotrasportata, in combinazione con GPS, ha notevoli applicazioni in geologia e sismologia, consentendo rilievi di aree in frana o affette da fenomeni di subsidenza, zone di faglia, etc., tramite la generazione di mappe altimetriche del terreno estremamente accurate.

L'Interferometria Radar ad Apertura Sintetica (InSAR) è anch'essa una tecnica di telerilevamento attivo che consente di ricavare il profilo altimetrico della scena osservata con un'accuratezza dell'ordine di qualche metro e in alcuni casi submetrica. Per ottenere tale risultato l'interferometria SAR utilizza due immagini radar della stessa zona, osservata da due angoli di vista leggermente diversi e acquisite da un sistema SAR preferibilmente equipaggiato con almeno due antenne. La tecnica interferometrica sfrutta la diversità di percorso compiuto dalla radiazione elettromagnetica, per calcolare la differenza di fase tra le due immagini denominata interferogramma.

Lo spettro elettromagnetico utilizzato è quello delle microonde (lunghezze d'onda più grandi rispetto a quelle impiegate nei sistemi LIDAR) che, al contrario del LIDAR, permette ai sistemi SAR di operare anche in condizioni meteorologiche avverse (nebbia, pioggia, etc.); inoltre, l'elevato grado di automazione dell'elaborazione dei dati SAR interferometrici permette di analizzare aree di territorio notevolmente più estese rispetto a quelle investigate con tecniche LIDAR.

Un'applicazione dell'Interferometria è la cosiddetta Interferometria SAR Differenziale, che consente la valutazione delle deformazioni della superficie terrestre (in realtà della sua proiezione sulla linea di vista del radar) a partire dall'interferogramma relativo alla zona di interesse. Questa tecnica trova applicazioni dirette nei settori dell'osservazione, dello studio e del monitoraggio dei fenomeni deformativi superficiali dovuti a cause naturali (eventi sismici, vulcanici, di dissesto idrogeologico, ecc.) e antropiche (ad esempio fenomeni di subsidenza dovuti a estrazione di fluidi dal sottosuolo), grazie alla capacità di rilevare spostamenti della superficie terrestre con precisioni di frazioni della lunghezza d'onda, quindi dell'ordine del centimetro e in alcuni casi anche di qualche millimetro.

Negli ultimi anni la tecnica dell'Interferometria Differenziale ha consentito lo sviluppo di metodologie d'indagine innovative per la caratterizzazione delle modalità evolutive dei fenomeni deformativi rilevati, ricostruendo, a partire da sequenze temporali di immagini SAR, trend deformativi che sono spesso molto importanti per la definizione degli scenari di rischio e per le attività di gestione del territorio. In questo ambito, è possibile per esempio monitorare i movimenti vulcanici (vedi anche tematica incendi e vulcani), e rilevare i cedimenti di edifici, infrastrutture, monumenti.

L'utilizzo di un sensore SAR interferometrico installato su piattaforma aerea, se da un lato fornisce una copertura superficiale più ridotta rispetto ai sistemi satellitari, dall'altro permette di incrementare la risoluzione spaziale e di assicurare una maggiore flessibilità operativa con notevoli vantaggi per molti scenari di analisi e monitoraggio del territorio.

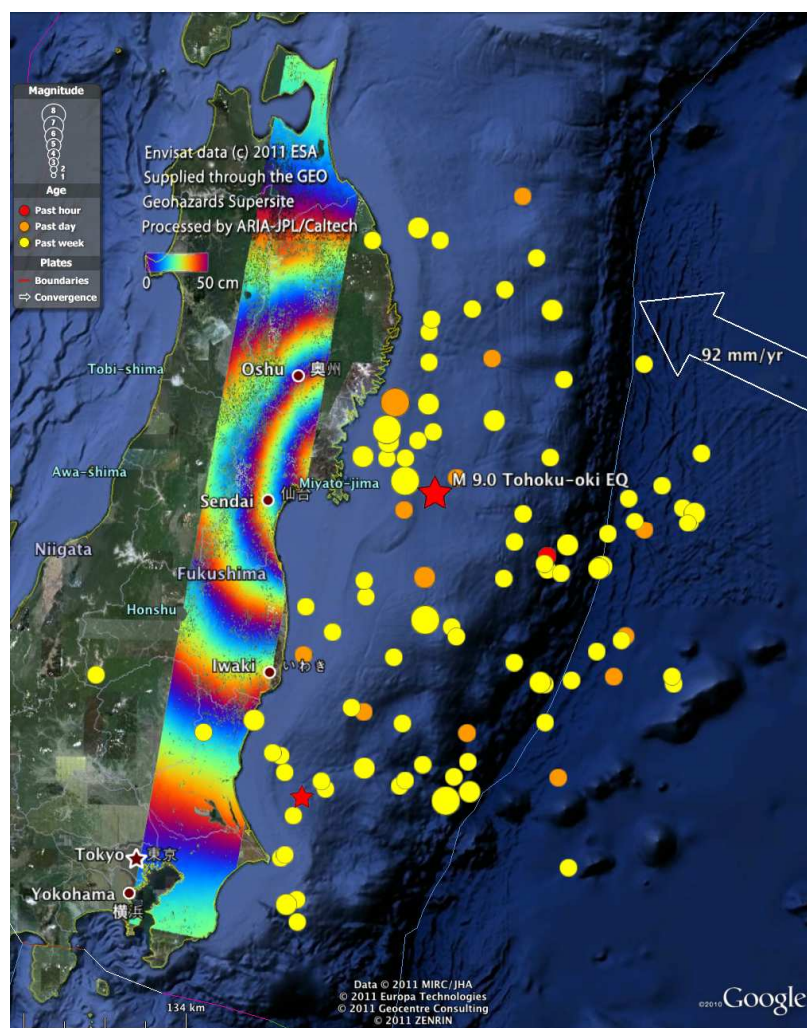


Figura 3.9 – Interferogramma SAR relativo all'area del Giappone colpita dal sisma dell'11 marzo 2011 (M 9.0), ottenuto dalle immagini radar del sensore ENVISAT dell'ESA acquisite il 19 febbraio e il 21 marzo 2011. Si segnala che un ciclo di colore corrisponde a 50 cm di spostamento nella direzione di illuminazione del radar inclinata di circa 41 gradi rispetto alla verticale (Fonte: JPL/Caltech)

3.9 Uso e gestione del territorio

La conoscenza del territorio e delle sue trasformazioni è indispensabile per il monitoraggio delle principali attività umane ed economiche presenti e degli effetti che esse producono, al fine di predisporre e realizzare gli interventi di tutela e salvaguardia. Tra i diversi strumenti per lo studio del territorio, il telerilevamento da piattaforma aerea riveste un ruolo di fondamentale importanza. Basti pensare all'aggiornamento cartografico e al monitoraggio dell'espansione delle aree urbane e delle relative infrastrutture, oltre al significativo contributo di conoscenza sulle modalità con cui si sono succedute le trasformazioni dei vari habitat e quindi sulla valutazione della qualità ambientale, anche in termini di perdita di biodiversità.

L'aspetto di maggior interesse nell'utilizzo del telerilevamento aereo per la gestione del territorio risiede nella duttilità di utilizzo di sensori che operano in diversi intervalli di lunghezza d'onda, in funzione delle necessità operative.



Figura 3.10 - Immagine in falsi colori di una zona dell'Isola di Pianosa ottenuta da piattaforma aerea con una camera multispettrale VIS-NIR. L'immagine evidenzia il livello di risoluzione spaziale che può essere raggiunto con sensori aerotrasportati nello studio delle caratteristiche spettrali della vegetazione, anche in territori complessi come quelli tipici dell'area mediterranea

Pertanto le applicazioni che possono essere realizzate sono numerose e per ciascuna di queste è possibile ottenere specifiche informazioni utili per l'inventario, il monitoraggio e il pronto intervento. Fra le applicazioni ricordiamo la pianificazione della produttività forestale, il monitoraggio dei disastri naturali (quali incendi boschivi, frane, valanghe, esondazioni) e la gestione del territorio e della produzione agricola. Alcune di queste sono descritte di seguito.

Produttività forestale

La pianificazione e gestione territoriale in campo forestale si basa su azioni di monitoraggio delle risorse forestali a diverse scale, finalizzate alla definizione di parametri e metodologie comuni per la realizzazione degli inventari e per la quantificazione degli *stock* di carbonio. Il monitoraggio da piattaforma aerea in questo campo è un settore in crescita, e si basa sull'impiego di diverse tecnologie, fra cui quella LIDAR. A oggi il mercato offre nuove tipologie di sensori che possono essere installati anche su piattaforme aeree leggere, e numerose amministrazioni regionali prevedono l'impiego del dato LIDAR tra gli strumenti operativi per la ricerca e gestione forestale. Altri sensori che possono essere impiegati a questo fine sono i radiometri a microonde che, soprattutto alle frequenze più basse (banda L, 1.4 GHz), permettono di stimare la biomassa forestale. L'uso di SAR operanti da aereo in banda L o P permette di avere informazioni su aree forestali più estese e con risoluzione a terra più spinta di quelle ottenibili con i radiometri.

Monitoraggio dei disastri naturali e gestione operativa

I fenomeni naturali potenzialmente calamitosi si presentano con una grande varietà fenomenologica, per quanto riguarda: (i) i processi scatenanti (meteo-climatici, geofisici, geochimici, antropici), (ii) i meccanismi d'innescio, (iii) i tempi d'innescio e di sviluppo (pochi secondi per terremoti e frane sismo-indotte, da poche ad alcune ore per frane e inondazioni prodotte da piogge intense, anni per i fenomeni di siccità, decine di anni per le variazioni glaciali e dell'estensione del permafrost), (iv) la scala geografica e l'estensione delle aree colpite (da poche decine di metri quadrati o ettari nel caso di singoli movimenti franosi, a diverse migliaia di chilometri quadrati nel caso di eventi alluvionali o terremoti), e (v) la frequenza, la ripetitività e la variabilità geografica e temporale degli eventi (stagionale nel caso di frane e inondazioni, pluriennale nel caso di altri fenomeni).

A dispetto della varietà e diversità dei fenomeni, il rischio posto da tutti i fenomeni naturali dipende dalla loro interazione con la sfera antropica, ossia da "come", "quando", "dove" e "quanto intensi" saranno gli effetti sugli elementi esposti al rischio (la popolazione, le strutture, le infrastrutture, i beni artistici, il patrimonio agricolo e forestale, le risorse idriche, i beni e le risorse economiche, ecc.).

Tra i contesti operativi di pronto intervento in cui sono rilevanti le tecniche di telerilevamento ricordiamo:

- Incendi: il monitoraggio degli incendi boschivi, sia di origine dolosa sia naturale, è di estrema importanza per una corretta opera di Protezione Civile e di pianificazione territoriale. Il "Catasto Incendi Boschivi" è uno strumento previsto dalla L. 353/2000 "Legge quadro in materia di incendi boschivi" al fine di arginare il fenomeno degli incendi dolosi. La realizzazione dei Catasti Incendi a livello comunale è risultata frammentata sul territorio (Indagine Ecosistema Incendi, Legambiente) ed è un settore in cui il telerilevamento da piattaforma aerea rappresenta uno strumento molto efficace.
- Alluvioni/Frane: tra gli strumenti idonei per condurre studi sul dissesto idrogeologico, oltre ovviamente a dettagliati rilievi in situ, devono essere impiegate tecniche di gestione informatica dei dati per la generazione di cartografia a diversa scala, sistemi di monitoraggio conoscitivo per l'acquisizione automatica dei dati, sistemi di rilevamento remoto e di osservazione della terra per il controllo del territorio, modellistica matematica e fisica per la simulazione dei fenomeni e la previsione della loro evoluzione.

Le tecnologie a microonde (sia con radiometri sia con SAR) consentono di ottenere mappe di deformazione del suolo, mappe di umidità del terreno ed estensione e spessore del manto nevoso (vedere anche paragrafo 3.7), tutti parametri rilevanti per il ciclo idrologico e utilizzabili per il monitoraggio e la previsione degli eventi calamitosi legati al ciclo dell'acqua.

Lo sviluppo di sensori ad alta risoluzione spaziale ha determinato un considerevole impulso nell'utilizzo anche del telerilevamento ottico per lo studio del rischio idrogeologico. La disponibilità di dati telerilevati con ampia diffusione areale e una fitta serie temporale, permette una dettagliata ricostruzione ambientale dell'assetto del territorio in tutte le sue componenti naturali e seminaturali.

Gestione agricola e agricoltura di precisione

L'uso di piattaforme aeree nel campo della ricerca agraria è in rapido sviluppo. Accanto alle metodologie più classiche di telerilevamento per la stima della produzione, delle condizioni di stress e di gestione degli interventi di fertilizzazione e irrigazione, si stanno sviluppando applicazioni innovative di *proximal sensing* per l'agricoltura di precisione.

Ne sono esempi importanti le nuove tecnologie di rilevamento in viticoltura che promettono di diventare uno strumento operativo di grande rilevanza. Si tratta, in estrema sintesi, di tutte le metodologie che consentono di affiancare in modo efficace la gestione colturale sia nella fase di crescita, sia di raccolta, fornendo un ausilio sostanziale nella riduzione dell'uso di sostanze chimiche e aiutando a scegliere specifiche aree e superfici in cui la qualità delle produzioni è la migliore possibile. In prospettiva, il telerilevamento da piattaforma aerea si candida a svolgere un ruolo importante nelle fasi preparatorie della prossima missione FLEX dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) che sperimenterà l'uso di misure di fluorescenza *sun induced* come indice per la stima dei tassi fotosintetici della vegetazione terrestre. Il CNR ha partecipato, nel recente passato, alla fase di studio avviata dal 2007 dall'ESA e i suoi Istituti hanno ora la possibilità di contribuire in modo importante alle prossime fasi della missione.

3.10 Contaminazione del suolo

Le tecniche di telerilevamento consentono di fornire significative informazioni riconducibili alla tessitura e alla mistura dei materiali che compongono il suolo, alle proprietà chimiche e fisiche, alle dimensioni delle particelle, al contenuto di umidità, etc. Gli agenti inquinanti presenti nei terreni contaminati, costituiti principalmente da metalli pesanti, pesticidi, idrocarburi e solventi organici, causano profonde modificazioni alle proprietà fisiche, chimiche e biologiche dei suoli. Ne consegue un processo di alterazione, le cui intensità e velocità sono strettamente legate al tipo di *parent material*, alla tipologia e alla concentrazione della sostanza inquinante. Inoltre, i contaminanti presenti nel suolo possono essere assorbiti dalle colture che a loro volta possono manifestare gli effetti della loro presenza.

Da questi fenomeni deriva la possibilità di ottenere, attraverso tecniche di telerilevamento, informazioni sulla mappatura della contaminazione da idrocarburi, sulle emissioni di biogas da discariche di rifiuti, sulle coperture in cemento amianto, etc. In aggiunta la visione sinottica associata all'analisi spettrale consente di ottenere informazioni riferibili alla presenza di residui organici (anche mediante la valutazione degli effetti dei processi di trasformazione esotermici o dei processi biologici) e di inquinanti inorganici. In tale direzione le più recenti attività di ricerca riferiscono di applicazioni relative alla mappatura di diossine ed IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici): contaminanti emergenti sui quali sono in corso approfondimenti da parte delle ARPA e delle Regioni.

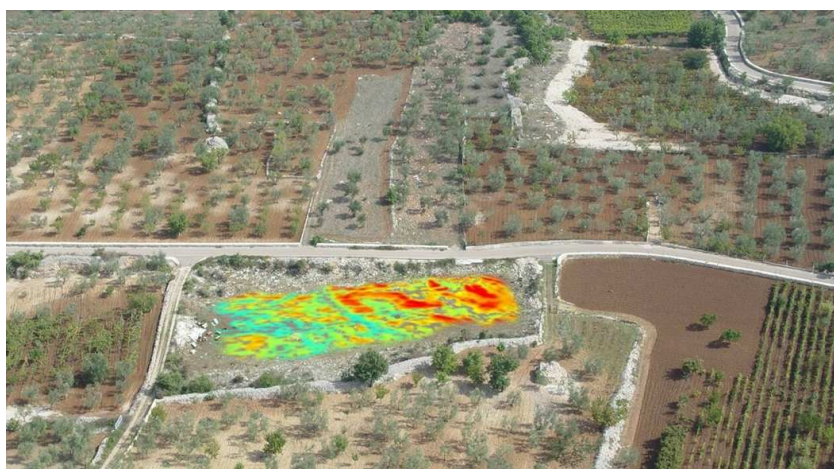


Figura 3.11 - Termografia di un suolo interessato allo svernamento di fanghi conciarati, eseguita attraverso elaborazione di immagine *Forward Looking InfraRed* (FLIR)

Le osservazioni con sensori iperspettrali e termici da piattaforma aerea si collocano strategicamente tra quelle più definite dal punto di vista della risoluzione spaziale, consentendo altresì una visione sinottica. La disponibilità di misure di alta qualità da sensori aviotrasportati permette risultati positivi in termini di calibrazione/validazione di misure satellitari. Le osservazioni da aereo rappresentano pertanto il tassello che, a oggi, è spesso mancante per una strategia di osservazione globale, multi-parametrica di aree contaminate.

Inoltre, queste osservazioni sono particolarmente importanti e significative quale elemento di supporto diretto alla spazializzazione delle contaminazioni in piani di caratterizzazione, fornendo utilissime informazioni per le attività di messa in sicurezza e/o bonifica dei siti contaminati.

La natura della contaminazione e le complessità intrinseche nel sistema suolo conferiscono significativi impulsi all'implementazione di specifiche attività di ricerca che hanno urgenti motivazioni di carattere applicativo e che incontrano l'interesse diretto da parte di imprese ed enti locali.

Tali applicazioni, più di frontiera, si coniugano efficacemente con ambiti in cui vi è una consolidata esperienza di positive applicazioni del telerilevamento, come quelle che riguardano il riconoscimento dei tipi litologici, l'analisi degli allineamenti strutturali, la ricostruzione del modello erosionale espresso dalle forme di drenaggio, lo studio idrogeologico relativo alla ricerca di sorgenti e plaghe sorgentifere, lo studio pedologico, la valutazione del grado di vulnerabilità delle falde sotterranee, l'uso attuale del suolo, l'umidità dei suoli, ecc.

3.11 Emissioni vulcaniche

Le eruzioni vulcaniche sono in grado di iniettare nuvole di cenere e gas in atmosfera. Queste emissioni hanno un notevole impatto climatico, che può durare alcuni anni nel caso di eruzioni particolarmente energetiche che immettono particolato e gas direttamente in stratosfera.

Tra i principali gas rilasciati in atmosfera da eruzioni vulcaniche, vi sono composti altamente dannosi come il biossido e il monossido di carbonio, il biossido di zolfo, gli acidi solfidrico, cloridrico, fluoridrico.

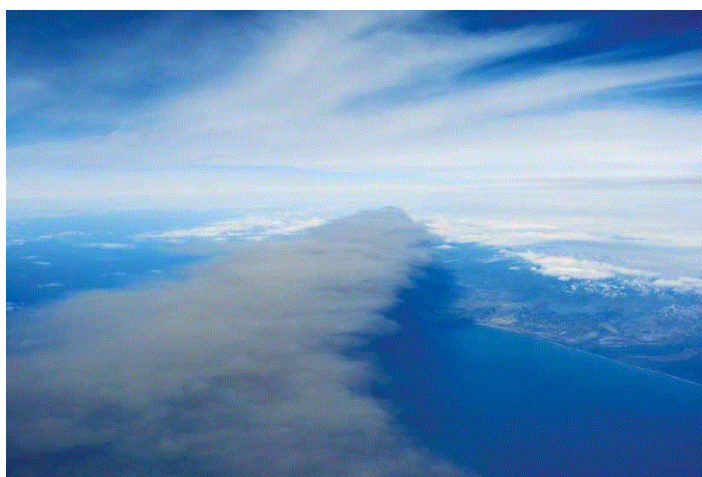


Figura 3.12 - Pennacchio vulcanico dell'*Eyjafjöll*. La foto è stata scattata a bordo dell'aereo da ricerca Tedesco Falcon-F20 del DLR (Foto: *Bernadett Weinzierl*)

Nel periodo dell'eruzione e per alcune settimane successive, la composizione troposferica può risultare inoltre sensibilmente modificata su scala continentale, con effetti non solo sulla salute umana ma anche sui manufatti. Fra le diverse attività umane, il traffico aereo è particolarmente vulnerabile alle eruzioni vulcaniche, poiché emissioni di gas e cenere vulcanica possono compromettere funzionamento dei motori a turbina, impedendo il regolare svolgimento del traffico commerciale anche a notevoli distanze dalla sorgente di emissione. Per fronteggiare questo pericolo, negli ultimi decenni ci sono state una serie di iniziative per dotare la comunità del traffico aereo della capacità di individuare, valutare, prevedere e monitorare gli eventi eruttivi.

La recente eruzione del vulcano islandese *Eyjafjöll* nell'aprile e maggio 2010 ha dimostrato in modo drammatico l'impatto non solo climatico ma soprattutto socio-economico che simili eventi possono avere. Il pennacchio di cenere e gas originatosi dal vulcano è stato monitorato da satelliti, aerei, e da strumenti a terra mentre si estendeva su vaste regioni europee, causando per settimane importanti perturbazioni del traffico aereo in tutta Europa.

Sebbene il controllo del movimento della nube vulcanica in tutta Europa sia stato eseguito mediante varie tecniche di telerilevamento dal suolo e da satellite, informazioni dirette sulle concentrazioni di particolato e gas precursori entro e attorno la nube di cenere e sulla loro variabilità spazio-temporale sono state ottenute solo attraverso misurazioni aeree, con aeromobili resi disponibili da varie strutture di ricerca Europee. Queste informazioni, raccolte *in-situ*, si sono rivelate essenziali per valutare la pericolosità e prevedere l'evoluzione della nube vulcanica.

Le operazioni degli aeromobili di ricerca, provenienti da Svizzera, Germania, Regno Unito, Francia e Spagna, sono state decise su base nazionale, affinché il monitoraggio del pennacchio contribuisse alle decisioni delle autorità deputate al controllo degli spazi di volo nazionali.

In tale contesto, l'Italia si è di fatto trovata impreparata, priva di autonome capacità di monitoraggio aereo, a gestire con la necessaria rapidità l'emergenza del trasporto aereo e solo dopo alcuni mesi ha approntato un sistema di telerilevamento di polveri vulcaniche da aereo, frutto di una collaborazione tra il CNR e l'Aeronautica Militare.

Dato il rilevante numero di vulcani attivi sul nostro territorio, la lezione del passato dovrebbe spingere il nostro paese a dotarsi stabilmente di un'infrastruttura di ricerca che sia anche in grado di supportare il processo decisionale nella gestione di emergenze prodotte da eruzioni vulcaniche. Identiche considerazioni possono applicarsi alla gestione di altre emergenze con simili caratteristiche, come incidenti in impianti industriali o di produzione energetica potenzialmente pericolosi per la popolazione.

4. GLI UTENTI

Le tematiche riportate nel precedente paragrafo mettono in evidenza come la domanda scientifica relativa alle osservazioni da piattaforma aerea coincida spesso con le esigenze operative e gestionali. Una qualsiasi iniziativa che si intenda attuare in questo settore coinvolge pertanto una varietà di utenti, in alcuni casi a livello di concorrenza tecnologica, ma molto più spesso a livello di collaborazione e convergenza d'interessi conoscitivi e operativi.

La disponibilità di una infrastruttura per il telerilevamento aereo consentirebbe di valorizzare le competenze tecnico-scientifiche che il CNR possiede nel settore di Osservazione della Terra, favorendo una maggiore competitività internazionale nei grandi programmi/progetti di ricerca europei. A livello internazionale il contesto operativo di riferimento è determinato dagli indirizzi dell'ICSU (*International Council of Sciences Union*) e dell'ESF (*European Science Foundation*), nonché dalla domanda espressa in prevalenza dai Programmi-Quadro dell'UE (Unione Europea), mentre a scala nazionale le indicazioni per lo sviluppo di tecnologie per OT sono determinate dai progetti Ministeriali, dagli Enti locali e da Aziende del settore che a vario titolo chiedono e finanziano ricerca.

L'infrastruttura che si propone di realizzare deve essere quindi capace di utilizzare il contributo sinergico di tutti gli Istituti del CNR e di interfacciarsi costruttivamente con tutte le iniziative simili che sono in corso a livello nazionale e internazionale.

Progetti internazionali

La strategia di gestione dell'infrastruttura deve essere coerente con i principali *asset* di ricerca previsti dall'Unione Europea, così da favorire e rafforzare la presenza degli Istituti del CNR e più in generale dell'Italia nei prossimi progetti europei e internazionali. In particolare è opportuno che l'infrastruttura osservativa proposta guardi alle tematiche *Environment, Space, Security e Food* di FP7, nonché alle opportunità di finanziamento offerte dai progetti UNEP (*United Nations Environment Programme*) *Mercury Programme* e *Atmospheric Brown Cloud*, dallo *Strategic Approach to International Chemicals Management* (SAICAM), dai programmi come l'*European Monitoring Evaluation Programme* (EMEP) e dalla *Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollutants* (TF HTAP) della convenzione UNECE-LRTAP (*United Nations Economic Commission for Europe- Long Range transboundary Air pollution*) sull'inquinamento atmosferico a scala globale.

L'infrastruttura aeromobile può inoltre fornire supporto alle agenzie spaziali (ESA-Agenzia Spaziale Europea e ASI-Agenzia Spaziale Italiana) per lo sviluppo di nuove metodologie osservative (per esempio con l'uso di sensori ottici attivi non ancora maturi per l'impiego dallo spazio), per l'identificazione di requisiti e specifiche per i sensori di prossima generazione e per le attività di calibrazione e validazione degli strumenti già operanti dallo spazio.

Enti pubblici

Le tematiche relative alle emergenze ambientali sono quelle di maggior interesse per gli Enti preposti alla salvaguardia del territorio, della sicurezza e della salute dei cittadini. La possibilità di disporre di un'infrastruttura flessibile in merito alla tempistica di intervento e alla tipologia di dati acquisiti, fornisce l'opportunità per numerose forme di collaborazione con enti di ricerca, università e amministrazioni pubbliche.

In questo ambito assume particolare rilievo il potenziamento della collaborazione con il Dipartimento della Protezione Civile che ha già individuato nel CNR numerosi centri di competenza da cui ottiene supporto tecnico e scientifico e servizi ad alto contenuto scientifico. La stessa considerazione vale per strutture pubbliche quali ISPRA (Ist. Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), le Regioni, le ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) e le amministrazioni locali; quest'ultime in particolare si avvalgono delle competenze degli istituti del CNR anche attraverso società consortili o associazioni a partecipazione pubblico-privata (i.e. TeRN - Consorzio Tecnologie per l'Osservazione della Terra e i Rischi Naturali, DIPAR-Distretto Produttivo per l'Ambiente e il Riutilizzo) o interamente pubblica (i.e. AMRA - Centro di Competenza nel settore dell'Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale) per realizzare progetti di controllo, monitoraggio e gestione del territorio.

Va inoltre considerato che importanti opportunità di accesso a risorse finanziarie sono rappresentate dalla partecipazione al PON (Programmi Operativi Nazionali) 2007-2013 “Ricerca e Competitività”, che prevede aggregazioni con le Imprese soprattutto nell’ambito dei Distretti Tecnologici.

In tale direzione la *mission multispecialistica* del CNR è stata recentemente ribadita dal Programma Nazionale della Ricerca (PNR), che ne ha confermato il ruolo di sostegno tecnico-consulenziale al MIUR, per assicurare che la Ricerca italiana tenda, con continuità e costanza, ai trend e alle prospettive della ricerca mondiale anche garantendo la presenza italiana nei progetti internazionali e nello Spazio Europeo della Ricerca. Significativo è anche il compito attribuito al CNR di potenziare il raccordo con gli altri attori della ricerca, come le Università e il sistema produttivo nazionale per incrementare la generazione di valore dalla ricerca, favorendo il trasferimento tecnologico e la creazione di nuova imprenditorialità ad alto contenuto scientifico e tecnologico (*start up e spin off*).

Nel PNR poi si ribadisce e si sottolinea come le caratteristiche di diffusione sul territorio nazionale del CNR possano orientare l’incentivazione del rapporto pubblico-privato anche attraverso proficue interazioni con i sistemi regionali di sviluppo, contribuendo a creare raccordi con la grande industria e le PMI.

Privati

Le osservazioni della Terra favoriscono lo sviluppo tecnologico, ovvero la progettazione di strumenti sempre più sofisticati per l’analisi ambientale. L’utenza principale in questo contesto è costituita dal mondo delle imprese che operano nei settori dell’ottica, dell’elettronica e del monitoraggio ambientale, al quale il CNR fornisce competenze sia nella progettazione della strumentazione sia nell’analisi dati.

Potenziare le capacità di ricerca in un settore strategico come quello delle osservazioni da piattaforma aerea vuol dire quindi potenziare il trasferimento di *know-how* all’industria per lo sviluppo di nuovi sensori e di sistemi operativi per la gestione ambientale e la prevenzione dei rischi.

5. GLI STRUMENTI

Esistono presso gli Istituti CNR numerosi strumenti che sono stati sviluppati o che sono stati acquisiti per osservazioni aviotrasportate. Questa capacità osservativa è il risultato della passata esperienza con l’aereo russo M55 (vedere paragrafo 6.1.3), della realizzazione di strumentazione per osservazioni da pallone stratosferico (vedere paragrafo 6.3), dell’investimento di finanziamenti del MIUR e di finanziamenti locali provenienti dalle regioni. Informazioni dettagliate a proposito di questi strumenti sono raccolte in Appendice 3 e un quadro riassuntivo è fornito in Tabella 5.1 dove gli strumenti, i rispettivi Istituti e le tematiche scientifiche alle quali possono contribuire sono riassunti.

Come discusso nel paragrafo 6, questi strumenti operano attraverso accordi bilaterali e opportunità di volo all’interno di specifici progetti.

Il grado di maturità e operatività che il CNR, con questi strumenti, può mettere in campo per affrontare le tematiche scientifiche discusse nel paragrafo precedente è riassunto in Tabella 5.2. La capacità osservativa del CNR varia per le diverse tematiche, ma in generale la base strumentale è un buon punto di partenza e fornisce delle garanzie per quanto riguarda sia la completa utilizzazione di una piattaforma aerea e sia la competenza dell’Ente nel suo utilizzo.

**Tabella 5.1 - Gli strumenti idonei per integrazione su aereo
a disposizione degli Istituti CNR**

Nome strumento	Tipo di strumento	Istituto	Strato limite	Flussi superficiali	Qualità dell'aria	Ciclo dell'acqua e CC	Acque interne	Osservazioni del mare	Neve e ghiaccio	Topografia e	Territorio	Contaminazione terreni	Emissioni vulcaniche
MFP	Mobile Flux Platform	ISAFOM	*	*	*								
PRT-MS	Sensore di composti organici volatili	IBIMET	*	*	*								
ALISEO	Spettrometro a immagine	IFAC					*	*	*		*	*	
FLIDAR	Lidar a fluorescenza	IFAC	*		*		*	*	*		*	*	*
IROE	Radiometro a microonde	IFAC					*		*		*		
REFIR-PAD	Spettroradiometro nel lontano infrarosso	IFAC				*		*	*				
AMS	Aerosol Mass Spectrometer (in situ)	IIA	*		*	*							*
MIVIS	Radiometro iperspettrale VNIR-SWIR-TIR	IIA					*	*	*		*	*	
HYSPER 320	Radiometro SWIR	IMAA					*	*	*		*	*	
HYSPER 1600	Radiometro VNIR	IMAA					*	*	*		*	*	
TASI	Radiometro TIR	IMAA					*	*	*		*	*	
ALTO	Airborne Laser Tunable Observer	INO	*	*	*	*							
COLD	Cryogenically Operated Laser Diode	INO	*	*	*	*							
InSAR	SAR Interferometrico	IREA						*	*	*	*		
LIDAR	Laser scanner	IRPI							*	*	*		
Camera iperspettrale	Radiometro VNIR	IRSA					*	*	*		*	*	
Camera Termica	Radiometro TIR	IRSA					*	*	*		*	*	

**Tabella 5.1 - Gli strumenti idonei per integrazione su aereo
a disposizione degli Istituti CNR**

Nome strumento	Tipo di strumento	Istituto	Strato limite	Flussi superficiali	Qualità dell'aria	Ciclo dell'acqua e CC	Acque interne	Osservazioni del mare	Neve e ghiaccio	Topografia e deformazioni	Territorio	Contaminazione terreni	Emissioni vulcaniche
ISAC-AP	<i>Airborne Photometer</i>	ISAC			*	*							*
CPC	<i>Condensation Particle Counter (in-situ)</i>	ISAC	*		*	*							*
CRDA	<i>Cavity Ring Down airborne spectrometer</i>	ISAC	*	*	*	*							
NOAA	Fotometro solare	ISAC			*	*							*
GASCODE	UV-Vis spectroradiometer	ISAC	*		*	*							*
MAS	Scatterometro per misura di aerosol (in situ)	ISAC	*		*	*							*
RAMNI	Mini LIDAR	ISAC	*		*	*							*
POLIFEMO	Spettrometro a immagine	ISAFOM						*	*		*	*	
GRIMM	Spettrometro per misura di aerosol (in situ)	ISAFOM	*		*								*
RMT	Analizzatore di metano (in situ)	ISAFOM	*		*								
LI-7500	Analizzatore di CO ₂ /H ₂ O	ISAFOM e IBIMET	*	*	*								
Flir A40M	Termocamera a infrarossi	ISAFOM						*	*		*	*	
MLIDAR	Mini LIDAR	ISAFOM	*		*								*
BAT probe	<i>Best Aircraft Turbulence probe</i>	ISAFOM											
In grassetto gli strumenti acquisiti dal DTA con fondi della rimodulazione CNR-MIUR per il Mezzogiorno													

Tabella 5.2 - Capacità osservativa del CNR

Tematica	Livello	Commento
Strato limite	●	Esiste un'ottima dotazione strumentale per misure da aereo. La sensoristica disponibile comprende sensori veloci per la misura della temperatura dell'aria, della pressione atmosferica e di vari scalari che accoppiati a sistemi inerziali e di posizionamento ad altissima frequenza, consentono di studiare la struttura dello strato limite planetario in modo molto accurato.
Flussi superficiali	●	La strumentazione di riferimento è quella inserita nei sistemi BAT probe (<i>Best Atmospheric Turbulence</i>) che sono disponibili presso il CNR. Sono allo studio potenziamenti tecnologici per misurare flussi di gas traccia finora poco studiati (CH ₄), integrando così le classiche misure di flussi di Carbonio, vapor acqueo, calore e momento.
Qualità dell'aria	●	La dotazione sperimentale per la determinazione <i>in situ</i> delle proprietà dell'aerosol atmosferico è da considerarsi buona, anche se la caratterizzazione dimensionale <i>in-situ</i> è limitata a una piccola parte delle possibili dimensioni. Per la rilevazione di gas in traccia atmosferici è disponibile spettrofotometro sia strumentazione <i>remote sensing</i> , che <i>in situ</i> .
Ciclo dell'acqua e cambiamenti climatici	●	In generale la capacità strumentale è buona, anche se in ambito radar è limitata alla banda X. Manca inoltre un radiometro MW per la misura dei profili di temperatura e umidità. La caratterizzazione fisica <i>in-situ</i> del particolato è limitata a una piccola parte dello spettro dimensionale. Manca strumentazione per caratterizzare i nuclei di condensazione e di ghiacciamento. Mancano igrometri <i>in-situ</i> .
Qualità delle acque interne	●	Si riscontra una buona capacità della strumentazione in essere per la caratterizzazione bio-fisica della qualità delle acque interne. Parametri quali temperatura, concentrazione di fitoplancton e pigmenti (tra cui clorofilla-, ficocianine, ficoeritrine, carotenoidi), solidi sospesi (organico e inorganico), sostanze organiche disciolte, caratteristiche di albedo e del substrato sono tutti parametri potenzialmente ottenibili dai sensori ottici iperspettrali (operativi nel range 0.4-1.0 μ m e 10-12 μ m) e con i sistemi LIDAR.
Osservazioni del mare	●	Le osservazioni del mare utilizzano sostanzialmente la stessa strumentazione usata per le analisi delle acque interne (sensori ottici iperspettrali, LIDAR e SAR), pertanto anche in questo caso si riscontra una buona capacità osservativa. I parametri osservati sono la temperatura, la concentrazione di fitoplancton e pigmenti (tra cui clorofilla-, ficocianine, ficoeritrine, carotenoidi), solidi sospesi (organico e inorganico), sostanze organiche disciolte, caratteristiche di albedo e del substrato. Le attività osservative sono finalizzate alla validazione dei dati satellitari e allo studio e gestione di fenomeni specifici quali il versamento di idrocarburi.

Tabella 5.2 - Capacità osservativa del CNR

Tematica	Livello	Commento
Neve e ghiaccio		Gli strumenti ottici disponibili consentono di acquisire dati significativi per lo studio e il monitoraggio delle coperture nivo-glaciali. La possibilità di acquisire dati alle lunghezze d'onda del VIS, NIR, SWIR e TIR permette inoltre di distinguere le coperture nevose da quelle glaciali, di analizzare la struttura del manto nevoso in relazione alla granulometria, elemento determinante per stabilire il grado di metamorfismo della neve, e di correlare questo dato allo stato termico della superficie. La comunità scientifica italiana possiede la capacità di svolgere con successo le operazioni di calibrazione e validazione delle firme spettrali delle diverse coperture nivo-glaciali. Estremamente utili sono infine le informazioni complementari, in termini di osservazioni di altri parametri e di rilevazione <i>all weather</i>, fornite dai laser altimetri e a fluorescenza, dal SAR in banda X (ottima sarebbe anche l'evoluzione in banda L) e dai radiometri a microonde.
Topografia e deformazioni del suolo	 Topografia  Deformazioni	Il LIDAR e il SAR interferometrico operante in banda X delle microonde rappresentano due strumentazioni avanzate in grado di fornire risultati molto buoni per quanto riguarda la stima della topografia di un'area d'interesse attraverso la generazione di modelli digitali del terreno. Per quanto riguarda invece la misura delle deformazioni superficiali, si segnala che l'uso del SAR in banda X è limitato sostanzialmente ad aree urbane, lave o zone con rocce esposte. Sarebbe quindi particolarmente importante estendere la strumentazione CNR acquisendo anche un sistema SAR operante a frequenze più basse rispetto alla banda X, quali la banda L. Tale sistema consentirebbe di superare i suddetti limiti del sistema SAR in banda X, ricostruendo deformazioni superficiali in aree estese; inoltre, le accuratezze attese sono dell'ordine di pochi centimetri, quindi superiori a quelle ottenibili dal sistema LIDAR disponibile.
Uso e gestione del suolo		Le sensoristica a disposizione operante nel VIS, NIR, SWIR, consente di operare efficacemente per la mappatura dell'uso del suolo, ambito in cui possono esprimere un contributo anche il LIDAR aereo e il SAR interferometrico.

Tabella 5.2 - Capacità osservativa del CNR

Tematica	Livello	Commento
Contaminazione del suolo	●	La tematica scientifica di frontiera necessita della massima convergenza tra più tecnologie che coinvolgano appieno la strumentazione CNR con particolare riferimento a: - Sensore iperspettrale nel VIS, NIR e SWIR (Mivis, HySpex 320 e 1600, Tasi e sensori Irsa); - Spettrometro portatile VIS – NIR (Aliseo e Polifemo); - Laser a fluorescenza. Manca lo scanner geomagnetico elitrasmesso che permette l'esplorazione remota del sottosuolo, consentendo il rinvenimento di discariche abusive "tombate" e grotte naturali utilizzate per lo smaltimento di rifiuti tossici. In aggiunta la ricostruzione 3D dei livelli di falda permette di valutare il deflusso della falda e la potenziale propagazione d'inquinanti.
Incendi e vulcani	●	La capacità di telerilevamento di particolato e di gas è buona. La caratterizzazione fisica in-situ del particolato è limitata ad una piccola parte dello spettro dimensionale. Sono anche accessibili sistemi di rilevamento multispettrale per l'analisi e la mappatura di aree esposte a incendi boschivi. Manca la sensoristica <i>off-the-shelf</i> per la misura <i>in-situ</i> di CO₂, CO, SO₂, H₂S, HCl, HF.
● insufficiente; ● sufficiente; ● buono; ● ottimo		

6. LE OPPORTUNITA' DI ACCESSO ALLE PIATTAFORME AEREE

6.1 Scenario europeo

6.1.1. EUFAR

Le nazioni europee in possesso d'infrastrutture per la ricerca aerea, pur mantenendo il completo controllo su di esse, hanno da qualche tempo iniziato un processo di coordinamento e di parziale condivisione di tali risorse, che sono ora inserite in una struttura europea, denominata EUFAR (*European Facility for Airborne Research*), che incentiva un comune e coordinato utilizzo delle piattaforme.

EUFAR è un *Infrastructure Integrating Project* attualmente supportato dal *Framework Programme 7* della Commissione Europea (www.eufar.net), che si estenderà fino al 2012, e per il quale si prevede un nuovo contratto che ne prolungherà l'attività per ulteriori 4 anni. EUFAR raggruppa 32 istituzioni europee e compagnie coinvolte nella ricerca aerea (tra cui il CNR, che è stato coinvolto in tempi diversi con due suoi istituti, l'IBIMET e l'ISAFOM, che hanno in gestione aerei leggeri), che operano complessivamente con 23 velivoli strumentati, il dettaglio del quale è fornito nel paragrafo 7.1.

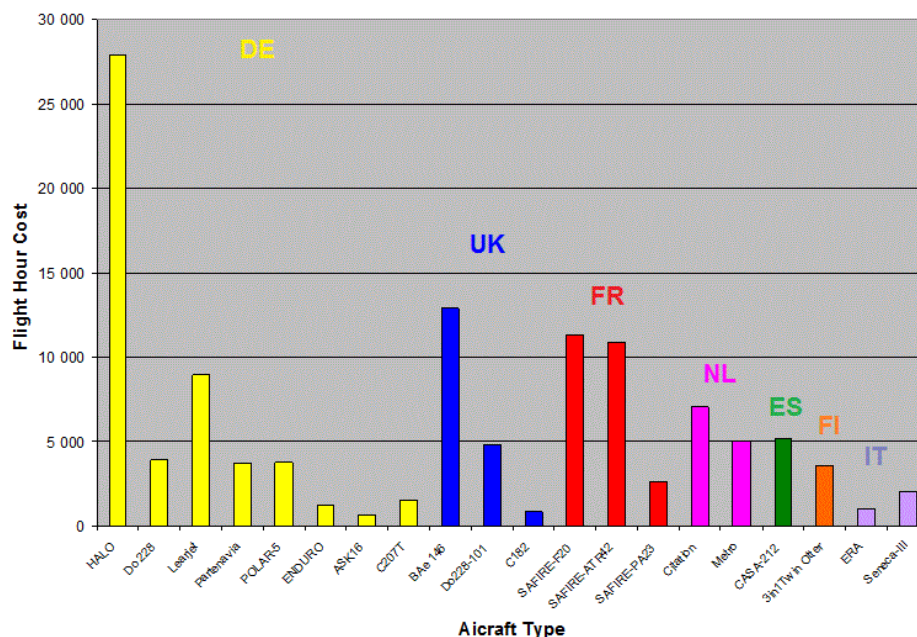


Figura 6.1 - Costo per ora di volo dei velivoli associati alla flotta EUFAR. Il costo tiene conto della manutenzione e dell'ammortamento del velivolo, ed è indicativo delle risorse necessarie per l'acquisizione ed il mantenimento della piattaforma. Il codice di colori identifica la nazionalità di appartenenza. (Fonte: EUFAR Office)

Lo scopo di EUFAR è coordinare le operazioni degli aerei strumentati, sfruttando le capacità di esperti in misure da aereo, per rendere disponibili tali infrastrutture al maggior numero di ricercatori Europei. EUFAR ha iniziato la sua attività nel 2000 entro il FP5, nel contesto di una comunità molto frammentata di operatori e di utenti scientifici.

Si rammenta che nei pochi paesi in possesso di velivoli da ricerca, l'accesso a essi veniva regolamentato dalle agenzie di finanziamento nazionali, dagli operatori del velivolo e dagli utenti scientifici; quindi, mentre l'accesso a infrastrutture nazionali era facilitato, quello a velivoli stranieri avveniva esclusivamente tramite la partecipazione ad attività di ricerca in ambito internazionale. Inoltre, gli sviluppi delle infrastrutture venivano decisi a livello nazionale, con poca considerazione per l'eventuale esistenza di infrastrutture simili disponibili in altri paesi europei.

EUFAR si è pertanto prefisso di mitigare la grande disomogeneità di risorse e competenze esistente tra i singoli paesi, e integrare le comunità dei velivoli di ricerca a livello europeo. Una rappresentazione della disomogeneità di risorse è fornita in figura 6.1 che mostra il costo per ora di volo delle piattaforme aeree operanti in Europa, che ben approssima l'ammontare delle risorse investite per l'acquisizione e il mantenimento dei velivoli.

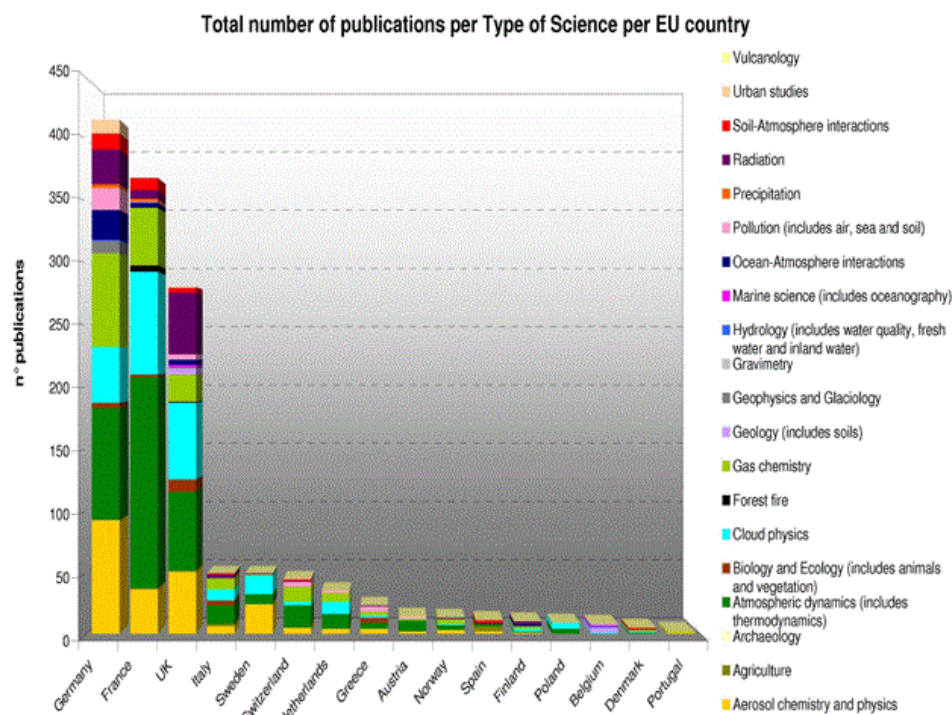


Figura 6.2 - Numero totale di pubblicazioni scientifiche (1977-2010) suddivise per nazionalità degli autori. Il codice dei colori identifica l'area scientifica. (Fonte: EUFAR Office)

Dall'istogramma si evince chiaramente l'investimento assolutamente preponderante della Germania, rispetto a quello quasi trascurabile dell'Italia. D'altra parte, la disponibilità di risorse è solo parzialmente rispecchiata dal numero di pubblicazioni scientifiche (nel periodo 1977-2010) connesse a ricerche da piattaforme aeree, suddivise per settore di ricerca e nazionalità degli autori mostrata in figura 6.2. Questa analisi pone l'Italia a un dignitoso quarto posto, evidenziando la buona produttività e quindi il potenziale della comunità scientifica nazionale.

Nel corso della sua storia, EUFAR ha permesso agli utenti scientifici di acquisire velocemente informazioni sulle attività e sulla disponibilità d'infrastrutture e strumenti in altri Paesi, ha fornito occasioni di finanziamento per l'accesso a tali infrastrutture, ha promosso una cultura della cooperazione e condivisione, che ha facilitato lo scambio di conoscenze e migliorato il funzionamento delle infrastrutture esistenti, ha infine sostenuto l'individuazione e lo sviluppo di nuove infrastrutture.

Nello specifico tre sono i principali campi di attività di EUFAR: *Networking*, *Transnational Access* e *Joint Research Activities*.

Il **Networking** ha generato una struttura direttiva per il progetto, che comprende uno *Scientific Advisory Committee* composto di scienziati eminenti il cui compito è quello di informare EUFAR sui bisogni della comunità scientifica, di definirne le priorità e identificare attività ridondanti o mancanti in seno al progetto. Inoltre EUFAR si è dotato di 18 *Working Groups* (WG) che raggruppano specialisti in varie materie e che si scambiano i principali risultati nei rispettivi campi di interesse.

Il **Transnational Access** (TNA) ha mirato a fornire ai ricercatori europei accesso ad aerei da ricerca o a strumentazione non disponibili attraverso i canali nazionali. L'accesso a una data infrastruttura è finanziato da EUFAR sulla base dell'accettazione di proposte di ricerca elaborate dal ricercatore europeo e sottomesse al giudizio di valutatori indipendenti.

Infine, la **Joint Research Activity** finanzia attività di ricerca innovative per esplorare nuove tecniche di misura o tecnologie per un uso più efficiente delle infrastrutture di ricerca. In tale ambito, è stata ravvisata la mancanza di una piattaforma che potesse trasportare carichi sperimentali elevati sul lungo raggio. E' stato quindi formulato all'interno della comunità EUFAR, e finanziato dall'UE, un *Preparatory Phase Project*, denominato progetto COPAL, nell'ambito della *roadmap* ESFRI.

6.1.2 COPAL

COPAL ha raggruppato 14 istituzioni (tra cui il CNR) da 10 paesi europei, che nel corso di 4 anni si sono dedicate a individuare i modelli di velivolo più adatti a supplire alla mancanza nella flotta europea di un aereo per grande carico e lungo raggio, studiandone il modello di gestione più appropriato e arrivando a proporre ai governi dei paesi membri del progetto un'assunzione di impegno per l'acquisizione dell'infrastruttura, che diventerebbe la prima europea del genere.

Il progetto termina a ottobre 2011, e al momento non vi sono fondi disponibili per finanziare l'acquisizione dell'infrastruttura COPAL (il costo per l'acquisizione, le modifiche e il mantenimento per un medio periodo del velivolo individuato, un C-130, è di alcune decine di milioni di Euro).

Nonostante questa conclusione, è stata comunque decisa la firma di un *Memorandum of Understanding* tra le principali Istituzioni scientifiche interessate, per impegnarsi a proseguire le attività preparatorie del progetto fino a che i fondi non diventino disponibili. Tale *Memorandum of Understanding* inoltre dovrebbe sviluppare la modalità di accesso **Open Access** (OA) a tutti gli aerei da ricerca Europei, a fianco e oltre il termine naturale del prossimo contratto EUFAR.

Il passaggio dal TNA all'OA è la chiave di volta per capire l'evoluzione di EUFAR: mentre il TNA è finanziato direttamente dal progetto Europeo, l'OA dovrebbe attuarsi attraverso contratti bilaterali o multilaterali tra Istituzioni di ricerca e Operatori dei velivoli, le cui linee-guide saranno elaborate in seno alla comunità EUFAR.

Attraverso l'OA, istituzioni prive d'infrastrutture di ricerca guadagnerebbero l'accesso, per i propri strumenti e scienziati, a infrastrutture straniere, e ne gestirebbero autonomamente parte dell'attività. In cambio fornirebbero contributi *in cash* o *in kind*. Questi ultimi assumerebbero la forma di possibili condivisioni di piattaforme nazionali (per esempio: accesso ad un velivolo in cambio di accesso ad un natante), di strumentazione avanzata, di personale. Quest'ultima modalità appare particolarmente attraente per lo scambio di competenze che attuerebbe, e fornirebbe ai paesi che si stanno dotando di infrastrutture, una garanzia di utilizzo efficace delle risorse e un trasferimento di capacità di indubbio interesse.

E' importante sottolineare la rilevanza strategica di mantenere e possibilmente aumentare la visibilità Nazionale entro una struttura europea come EUFAR, attraverso la partecipazione a piattaforme aeree nazionali, per contribuire efficacemente ai programmi di ricerca Europei nel settore delle osservazioni della Terra.

6.1.3 L'aereo russo M-55 Geophysica

Le attività legate alla ricerca atmosferica con l'aereo da alta quota M-55 Geophysica sono l'esempio di un caso in cui il CNR ha svolto un ruolo guida a livello Europeo. Esse sono iniziate nell'agosto 1990, quando una delegazione CNR fu invitata a Mosca dal premio *Nobel Prokhorov* per discutere di possibili cooperazioni relative allo studio della chimica dell'ozono stratosferico e all'uso di un aereo militare russo di alta quota, l'M-55, capace di volare a 21.000 m di altezza, in ogni condizione di tempo, trasportando attraverso lo strato di ozono quasi 2 tonnellate di strumentazione.

Successivamente, in seguito all'approvazione di vari progetti per coprire i costi di realizzazione di strumentazione montabile sull'M-55 Geophysica e per effettuare una prima campagna di misura nell'Artico, nacque un'organizzazione *no profit* di coordinamento di progetti denominata *Airborne Polar Experiment* - Comitato Direttivo (APE-Man), trasformatasi, in seguito, in una Società a Responsabilità Limitata, l'*Environmental Research and Services* (ERS).

L'ERS diventa uno dei membri del Geophysica-GEIE, (Gruppo Europeo di Interesse Economico), l'istituzione che ha gestito contrattualmente l'M-55 dal 2002 al 2007, raggruppando oltre all'ERS, l'ASI, il CNR, le tedesche DLR, FZJ, FZK, il francese CNRS (che però presto lo abbandona), varie università e centri di ricerca Europei e Russi (*University of Frankfurt, ETHZ, University of Lancaster, Observatoire de Neuchatel, CAO*, tra gli altri).

Compito del GEIE è amministrare le risorse messe a disposizione annualmente dai suoi componenti, garantendone l'operatività e fornendo il supporto logistico alla gestione delle campagne, finanziate principalmente da UE ed ESA, oltre che da agenzie nazionali (in prevalenza Italiane e Tedesche).

Nel 2007 il GEIE si scioglie, e pertanto l'utilizzo del velivolo per le successive campagne di misura viene contrattato di volta in volta con la compagnia proprietaria del velivolo, sulla base dello specifico progetto scientifico finanziato.

Durante i 20 anni di attività scientifica dell'M-55 Geophysica, il velivolo è stato impegnato in campagne di misura dal Mar Artico fino all'Antartide, dalle medie latitudini fino ai Tropici, utilizzando strumentazione innovativa, spesso progettata e sviluppata in Italia.

Tuttavia, il progressivo esaurirsi di risorse nazionali dedicate a tale attività ha portato a una graduale obsolescenza della strumentazione italiana, e a una crescente marginalizzazione della comunità scientifica nazionale entro le attività del velivolo.

Il Geophysica continua la sua attività (una campagna di misure è prevista avvenire a Novembre 2011, finanziata dalla Germania), ma necessiterà presto di una revisione funzionale che costerà intorno ai 4-5ME.



Figura 6.3 – I partecipanti alla campagna internazionale APE-GAIA dell’aereo stratosferico M55-Geophysica effettuata dal PNRA (Programma Nazionale di Ricerche in Antartide) con la collaborazione di ENEA, ASI e CNR, in Antartide nel 1999

Nulla è certo circa la disponibilità dei fondi necessari per mantenerne l’operatività, ma è verosimile che verranno resi disponibili fondi dalla comunità tedesca, che sta continuando a investire nello sviluppo di nuova strumentazione montabile sul velivolo.

Per mantenere una presenza Italiana entro queste attività, è comunque essenziale l’investimento di fondi nazionali.

6.2 Scenario nazionale

6.2.1 Piattaforme aeree del CNR

Nel 1991 il CNR, a seguito dell’acquisizione del sensore MIVIS (*Multispectral Infrared/Visible Imaging Spectrometer*), ha dato inizio al Progetto LARA (Laboratorio Aereo per Ricerche Ambientali), finalizzato alla ripresa di dati telerilevati da piattaforma aerea. Il Progetto LARA, inizialmente inserito all’interno del Progetto Strategico “Clima, Ambiente e Territorio del Mezzogiorno” è diventato successivamente una Sezione dell’Istituto sull’Inquinamento Atmosferico del CNR. Attualmente il sensore MIVIS è gestito nell’ambito delle attività del consorzio di ricerca CISIG (Consorzio per l’Innovazione dei Sistemi Informatici Geografici), partecipato dal CNR, dalla CGR (Compagnia Generale Riprese aeree) e dall’Università di Parma. Attraverso il progetto LARA il CNR ha offerto alla comunità scientifica nazionale un’opportunità di crescita nell’ambito della ricerca ambientale e delle misure da remoto di parametri fisici della superficie terrestre.

Tuttavia, le difficoltà di gestione di una piattaforma aerea hanno reso necessaria l’individuazione di un partner privato che possedesse la necessaria esperienza e competenza per gestire l’esecuzione di campagne di volo secondo i requisiti della comunità scientifica.

Il MIVIS è stato quindi installato su un bimotore CASA 212/200 di proprietà della CGR di Parma (attualmente BLOM-CGR), un velivolo in possesso delle caratteristiche tecniche (quota massima operativa 7.600 m, autonomia standard 5 ore 30', capacità di carico utile 2.700 kg) indispensabili per la realizzazione di un "laboratorio aereo".

In questo modo è stato possibile affiancare alle riprese iperspettrali del MIVIS anche dati GPS e immagini fotogrammetriche estremamente utili per le procedure di correzione geometrica delle immagini. La collaborazione con la CGR è ancora attiva nell'ambito del Consorzio CISIG e consente al CNR di utilizzare il MIVIS senza costi aggiuntivi. La CGR esegue inoltre la calibrazione dello strumento prima di ogni campagna di volo e fornisce il personale per il controllo delle operazioni in volo e della fase di *pre-processing* dei dati.

In tempi più recenti è mancata una politica generale dell'Ente sul tema delle piattaforme di ricerca aerea, nonostante si andassero sviluppando in Europa progetti di ricerca e iniziative infrastrutturali di coordinamento delle flotte europee (vedere paragrafo 6.1.1).

A partire dal 2002, alcuni Istituti del CNR si sono dotati di proprie risorse di ricerca aerea. E' nata in tal modo una collaborazione con una società aeronautica italiana (Iniziativa Industriali Italiane SpA, Monterotondo Scalo - Roma) che ha progettato, realizzato e certificato, nell'ambito di *joint ventures* internazionali con il CNR, il NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e l'Università di San Diego, una piattaforma di ricerca aerea certificata nota con la sigla di Sky-Arrow ERA (*Environmental Research Aircraft*) un velivolo di piccole dimensioni, che è stato nel tempo equipaggiato con vari sensori e strumenti per misure atmosferiche e di telerilevamento, e di cui ne esistono sette, operanti attualmente in Italia, USA, Argentina, Olanda e Svezia.

Gli Sky-Arrow ERA del CNR hanno partecipato, fra il 2002 e oggi, a diversi progetti di ricerca europei e internazionali finanziati dalla Commissione Europea (EU-RECAB, VFP - EU-*CarboEurope*, VIFP - EU-BRIDGE, VIIFP), dall'Agenzia Spaziale Europea (CEFLES2, ESA), dal Ministero dell'Ambiente (Programma bilaterale Italia-USA) e dal Ministero della Ricerca (CarbItaly, FISR-MIUR). Gli stessi velivoli hanno operato nell'ambito di progetti svolti con committenti pubblici e privati finalizzati a specifici progetti di monitoraggio atmosferico, agricolo e ambientale.

Al momento esistono due piattaforme Sky-Arrow ERA in operatività presso il CNR che sono accessibili soltanto attraverso accordi bilaterali con l'ISAFOM, che si fa autonomamente carico dei costi di gestione della piattaforma e ne cura la manutenzione.

Inoltre, non esiste al momento nessuna procedura consolidata di accesso alla piattaforma per ricercatori CNR di altri Istituti e manca un piano di promozione dell'infrastruttura di ricerca aerea che potrebbe avere importanti ricadute su tutto il sistema della ricerca e dell'osservazione della terra presente nel CNR.

Il DTA ha operato, negli ultimi anni, sia per venire incontro alle esigenze gestionali delle piattaforme sia per supportarne l'attività e la partecipazione ad iniziative internazionali di settore. Un'altra modalità di accesso alle piattaforme Sky-Arrow ERA del CNR è riservata ad utenti scientifici "non-italiani" nell'ambito delle attività istituzionali di EUFAR.

6.2.2 Altre piattaforme utilizzate in ambito nazionale

La disponibilità di una piattaforma aerea può essere assicurata alla ricerca scientifica anche attraverso accordi con altri Enti e organizzazioni nazionali che si fanno carico della gestione e sono disposti a condividere con l'Ente di ricerca i costi e l'utilizzo dell'aeromobile all'interno della convergenza di interessi identificata in opportuni accordi quadro. Segue una sintesi delle principali iniziative che coinvolgono il CNR.

Accordo quadro in Regione Puglia

L'accordo di programma quadro per la tutela ambientale, basato su attività di monitoraggio dei siti contaminati, stipulato tra Regione Puglia, Comando Tutela Ambiente dei Carabinieri, Guardia di Finanza, Corpo Forestale dello Stato, ARPA Puglia e CNR-IRSA, ha portato allo sviluppo di un modello innovativo di acquisizione dell'informazione e di gestione della conoscenza con tecnologie d'intelligence.

La mobilitazione di potenti mezzi (aerei e navali) e risorse umane fortemente professionalizzate nei diversi comparti della sicurezza, della ricerca e dell'amministrazione, consente quotidianamente di ottenere risultati importanti sia sul piano numerico (numero di sequestri, numero di arresti, imposte evase recuperate, etc.) sia su quello qualitativo (offrendo alla magistratura e alle amministrazioni comunali dossier completi composti dall'analisi integrata di dati acquisiti da rilievi aerei con immagini ed informazioni, analisi chimiche e valutazioni ambientali).

L'esperienza pugliese ha introdotto importanti innovazioni sul piano tecnologico, organizzativo e gestionale per il controllo e la tutela dell'ambiente, concorrendo alla prevenzione, alla scoperta degli illeciti e soprattutto dei responsabili, all'applicazione delle relative sanzioni per il perseguimento di obiettivi di contrasto ai pericoli per la salute umana e per l'ambiente.

Con riferimento agli specifici aspetti del telerilevamento i mezzi aerei della Guardia di Finanza utilizzando il sistema elettro-ottico FLIR (*Forward Looking Infra-Red*), la cui applicazione per il riconoscimento speditivo di sversamenti al suolo e di scarichi in acqua ha beneficiato dell'implementazione di specifici algoritmi sviluppati dal CNR (si veda Fig. 3.11).

L'interesse scientifico rispetto all'applicazione di modelli matematici, all'implementazione di software specialistici e di sistemi d'intelligenza artificiale e dispositivi elettronici avanzati è decisamente elevato anche in ragione della forte connotazione interistituzionale. Questo consente di sperimentare sul campo i risultati della ricerca e ottenere dagli stessi utilizzatori stimoli e suggerimenti per ulteriori implementazioni e affinamenti.

Tale scenario di proficua collaborazione e attiva sinergia rende tale forma di collaborazione un laboratorio operativo che ha conseguito importanti riconoscimenti internazionali. L'accordo di programma con la Guardia di Finanza, attivato nel 2002, è attualmente in corso ed è prorogato con cadenza annuale (ultimo rinnovo 29 marzo 2011) utilizzando risorse rese disponibili dalla Regione Puglia per attività essenzialmente riferite al monitoraggio dei siti potenzialmente contaminati ed al contrasto dei traffici illeciti di rifiuti.

Accordo quadro con AGEA

La struttura operativa di AGEA (Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura) del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali opera, per i suoi fini istituzionali (controlli per la produzione in agricoltura), con due piattaforme aeree (Learjet e Viator) che utilizzano un payload osservativo composto di uno scanner multispettrale e da un sistema SAR monocanale in banda X, nonché ha accesso all'utilizzo di un sensore iperspettrale nel visibile/infrarosso vicino. Avendo preventivamente verificato il reciproco interesse allo sviluppo di un'iniziativa a valenza nazionale che mettesse a fattor comune le piattaforme aeree e i sensori in dotazione all'AGEA con lo sviluppo da parte del CNR di sistemi di avanzati aerotrasportati per il telerilevamento, il CNR e l'AGEA hanno firmato un Accordo di Programma Quadro finalizzato all'utilizzo comune, aggiornamento e potenziamento dei sistemi di telerilevamento dell'AGEA, operati dalla società TeLAER.

A seguito di tale accordo l'IREA-CNR e la TeLAER hanno poi firmato una convenzione operativa per il potenziamento del sensore SAR di TeLAER, da realizzare con l'aggiunta di capacità interferometriche finanziate dal CNR nell'ambito della rimodulazione dell'Intesa CNR-MIUR per il Mezzogiorno.

In particolare, il CNR ha affidato all'IREA la responsabilità dell'acquisizione di una coppia di canali ricevitori in banda X e di un sistema di navigazione inerziale (INU, denominato anche IMU) di ultima generazione operante in modo integrato con un GPS, in grado di potenziare il sensore SAR di TeLAER mediante l'aggiunta della capacità interferometrica. Tale *upgrading* interferometrico è attualmente in corso e verrà completato entro l'estate 2011. Si segnala inoltre che la convenzione operativa TeLAER-IREA prevede anche la realizzazione di missioni sperimentali e/o operative condotte congiuntamente o disgiuntamente tra i due soggetti, con l'impiego principalmente del sistema SAR interferometrico, ma potendo anche realizzarsi missioni multi-sensore.

Convenzione con il Comando Generale dell'Arma dei Carabinieri

Il Programma Operativo Nazionale (PON) Sicurezza è un programma cofinanziato dall'Unione Europea (50% Fondo Europeo di Sviluppo Regionale) e dallo Stato Italiano (Fondo di rotazione con gestione del Ministero dell'Interno - Arma dei Carabinieri) che oggi interessa le regioni Convergenza (Calabria, Campania, Puglia e Sicilia) e che nella programmazione 2000-2006 ha coinvolto anche altre Regioni dell'obiettivo 1 tra cui la Basilicata ed il Molise.

L'obiettivo generale del PON Sicurezza è quello di diffondere migliori condizioni di sicurezza, giustizia e legalità per i cittadini e le imprese, in quelle regioni in cui i fenomeni criminali limitano fortemente lo sviluppo economico. Il titolare del PON Sicurezza è il Dipartimento della Pubblica Sicurezza del Ministero dell'Interno, e prevede la collaborazione fra tutte le forze di polizia (Polizia di Stato, Arma dei Carabinieri, Guardia di Finanza, Polizia Penitenziaria e Corpo Forestale) e il coinvolgimento delle realtà istituzionali locali (ARPA, Regioni, Province, Comuni).

Il Programma si sviluppa su 3 assi: Sicurezza per la libertà economica e d'impresa, Diffusione della legalità, Assistenza tecnica.

Il CNR-IIA è coinvolto nell'asse 1 - Obiettivo Operativo 1.3 - Tutela Ambientale, nell'ambito del quale ha stipulato una convenzione con il Comando Generale dell'Arma dei Carabinieri. Quest'ultimo ha affidato al CNR-IIA un servizio di mappatura ambientale e di assistenza tecnica che comprende varie attività effettuate con il sensore MIVIS. Tale sensore è gestito dall'IIA in collaborazione con BLOM-CGR (vedere paragrafo 6.2.1).

Il sensore è stato utilizzato per numerose applicazioni di tipo ambientale finalizzate principalmente allo studio di processi superficiali e alla gestione del territorio. Le attività sono state realizzate nell'ambito di convenzioni con strutture pubbliche e private e con Organi dello Stato.

Collaborazione con ENAC e AM

Stimolata dalla recente sospensione del traffico aereo su scala continentale, causata dall'eruzione del vulcano finlandese *Eyjaflöjll* (aprile-maggio 2010), l'Ente Nazionale per l'Aviazione Civile (ENAC) ha ravvisato la necessità di dotare l'Italia di un sistema aerotrasportato per il monitoraggio delle polveri vulcaniche. Il CNR ha fornito un sistema di telerilevamento LIDAR che è stato qualificato al volo, montato e testato su un C27J-Spartan dell'Aeronautica Militare (AM). Dimostrata la fattibilità di un tale sistema di monitoraggio, si è in attesa di definire le modalità del suo mantenimento, che potranno attuarsi – ad esempio - tramite una convenzione tra CNR, AM ed ENAC.

Va tuttavia notato che l'impiego del sistema aerotrasportato è soggetto alla disponibilità del velivolo militare a essere utilizzato solo in occasioni di contingenza. Sarebbe invece opportuno affidarne la gestione a una struttura scientifica dotata di piattaforma autonoma. Tale struttura integrerebbe organicamente attività scientifiche e di servizio civile, alla stregua di quanto fatto da altri paesi europei, potenziando sinergicamente e ottimizzando l'investimento in strumentazione e competenze. L'esperienza sviluppata dal CNR nell'ambito di questi accordi mostra comunque che la disponibilità continuativa di una piattaforma aerea dedicata (si vedano i casi del Geophysica e degli Sky-Arrow) rende più efficace l'uso della strumentazione e ne valorizza i risultati.

6.3 Possibilità offerte da altre piattaforme

Nel quadro delle osservazioni da aeromobile esistono anche altre piattaforme capaci di portare in quota della strumentazione scientifica. Fra queste si ricordano brevemente i palloni stratosferici, i dirigibili e gli UAV.

I palloni stratosferici

I palloni da ricerca attualmente disponibili permettono l'utilizzo di una varietà di sensori per il telerilevamento e l'analisi in-situ in una regione atmosferica che si estende fino a 40 km di quota, a partire dal suolo. E' proprio nella regione al di sopra delle quote di volo degli aeroplani che l'utilizzo di palloni si rivela essere di interesse. Infatti, mentre i palloni troposferici incontrano severe limitazioni legate alla sicurezza del volo e alle possibili e non prevedibili cadute al suolo, i palloni stratosferici trovano largo uso per la loro migliore affidabilità e predicibilità di volo.

Inoltre, il buon rapporto costi/benefici, la relativa facilità di utilizzo e rapidità di dispiegamento rendono tali piattaforme di sicuro interesse per verificare il comportamento e le potenzialità di strumentazione destinata a satelliti o stazioni spaziali, oltre che per validare i dati prodotti dagli strumenti spaziali. La realizzazione di palloni stratosferici di lunga durata sta iniziando a permettere un maggiore utilizzo di queste piattaforme in studi atmosferici a scala globale e a un costo relativamente contenuto.



Figura 6.4 – Lancio notturno di un pallone stratosferico da Teresina (Brasile) effettuato dal CNES

La comunità scientifica italiana ha acquisito grande esperienza sulla progettazione, realizzazione e implementazione di sofisticate strumentazioni, montate su palloni, finalizzate allo studio dell'alta troposfera e stratosfera.

Ciò è avvenuto attraverso la partecipazione ai più importanti programmi UE in materia di ricerca stratosferica, in collaborazione con il francese CNES (*Centre National d'Etudes Spatiales*), a collaborazioni con la NSBF (*National Stratospheric Balloon Facility*) negli Stati Uniti, o autonomamente attraverso il lancio di palloni stratosferici dalla base di lancio italiana di Trapani-Milo (ora non più operativa).

Si sottolinea, infine, che negli ultimi anni si è registrato un progressivo distacco dell'Agenzia Spaziale Italiana da programmi di studio dell'atmosfera da pallone, innescando una riduzione delle attività scientifiche in questo campo.

I dirigibili

Il dirigibile è una piattaforma aeromobile che ha iniziato recentemente a riscuotere notevole interesse per la ricerca ambientale. Le sue particolari caratteristiche di volo rendono possibili numerose operazioni che non potrebbero essere altrimenti attuate da aeroplani o elicotteri.

Il dirigibile è una piattaforma ideale per osservazioni ambientali, ricerche troposferiche o rilievi del territorio e del mare, data la sua estrema lentezza di volo, l'alta capacità di carico, la possibilità di stazionare in quota e la precisione nel posizionamento, gli alti standard di sicurezza e le minime esigenze infrastrutturali a terra che ne permettono l'impiego anche in prossimità di aree abitate.

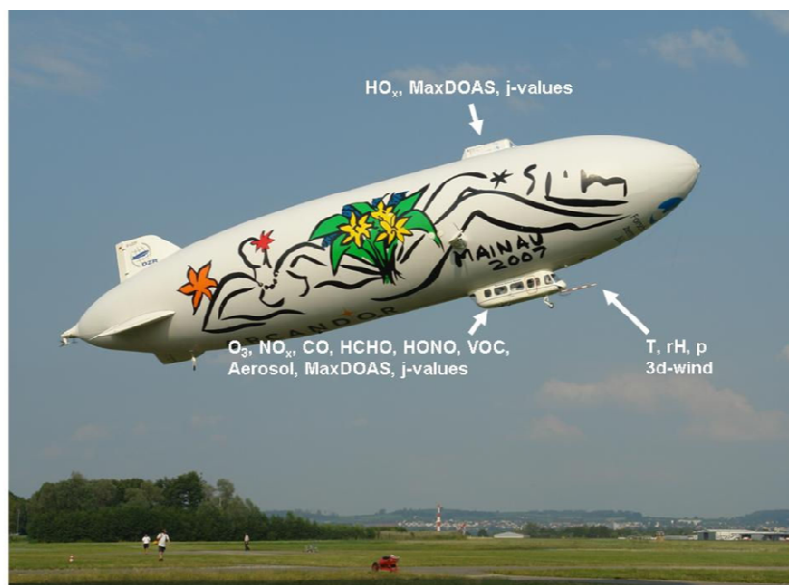


Figura 6.5 – Il dirigibile Zeppelin NT che sarà utilizzato nell’ambito del progetto europeo PEGASOS per misure di gas in traccia e aerosol sulla Pianura Padana

Nell’ambito del progetto europeo PEGASOS verrà impiegato nel 2012 il dirigibile Zeppelin NT per misure di profili verticali dello strato limite planetario e di chimica atmosferica (gas in traccia e aerosol) sulla Pianura Padana, al fine di studiare le interazioni fra i cambiamenti della composizione chimica dell’atmosfera ed il clima. Questo dirigibile ha una lunghezza di 75 m e può volare fino a 2.500 m di quota, possiede un’elevata autonomia di volo (fino a 20 ore) ed un carico utile di ca. 2 t.

Unmanned Aerial Vehicles (UAV)

Gli UAV sono aeromobili a pilotaggio remoto, conosciuti anche come droni, di dimensioni assai differenti, da oggetti volanti delle dimensioni di piccoli insetti a velivoli di dimensioni ordinarie. Tali mezzi possono seguire piani di volo automatizzati e preprogrammati o possono essere teleguidati da stazione mobile (per raggi di 150-300 km) o fissa (anche via satellite, per distanze illimitate).



Figura 6.6 – UAV “Pitagora” a decollo verticale prodotto da un’azienda del Distretto aerospaziale pugliese



Figura 6.7 – Global Hawk aereo stratosferico (fino a 20 Km di quota) senza pilota di proprietà della NASA, capace di fare voli con durata fino a 30 ore, diventato recentemente disponibile per applicazioni scientifiche

Gli UAV sono utilizzati per missioni critiche quali operazioni militari, presenza di radioattività, incendi, condizioni climatiche particolarmente avverse, etc., poiché evitano di mettere a rischio vite umane. In funzione delle dimensioni possono essere a lancio manuale (con iniziale spinta umana ed alimentazione elettrica), a decollo convenzionale (orizzontale), a decollo assistito da catapulta o a decollo verticale. In funzione della capacità di carico, possono essere attrezzati con telecamere, sensori in situ e/o sensori per telerilevamento.

7. OPZIONI D'INTERVENTO PER ADEGUARE LA CAPACITA' OSSERVATIVA DEL CNR

7.1 Tipologia degli aerei utilizzati come osservatori scientifici

In tabella 7.1 sono riportati gli aerei della flotta EUFAR, raggruppati in 5 categorie. Tralasciando l'unico Jet stratosferico della flotta che ha caratteristiche non confrontabili con altri velivoli, le categorie rispecchiano in modo abbastanza omogeneo le specifiche dei velivoli, in base al carico trasportabile e alla quota e velocità operativa di volo.

I *Jet* hanno una quota massima di volo (*ceiling*) tra 47.000 e 39.000 piedi, carico scientifico utile (*payload*) tra i 6.000 ed i 1.500 kg, (il BAE146, un Large A/C, può trasportare fino a 16.600 kg), velocità minime tra i 90 e i 45 m/s e velocità medie operative tra i 100 e i 200 m/s. Hanno una durata di volo (*endurance*) vicine alle 6 ore corrispondente ad un raggio d'azione di 3-4.000 km e permettono la presenza di personale scientifico a bordo.

I Jet sono tipicamente usati per misure di chimica e fisica nell'alta troposfera. Sebbene abbiano in principio la possibilità di operare anche a quote più basse, l'alta velocità e l'elevato costo orario ne sconsigliano l'utilizzo.

Tabella 7.1 - Gli aerei da ricerca europei afferenti ad EUFAR

Operatori	Categorie				
	Strato-Jets	Jets	Large A/C	Medium A/C	Small A/C
MDB (Russian Fed.)	M55- Geophysica				
DLR (Germany)		Halo (Gulfstream V)		Cessna 208B	
NLR (The Netherlands)		Citation			
ENVISCOPE (Germany)		LearJet			Partenavia
SAFIRE (France)		F-20	ATR-42		Piper-Aztec
MetOffice (United Kingdom)			BAe146		
NERC (United Kingdom)				Do-228	
INTA (Spain)				2 Casa-212	
TAU (Israel)				King-Air 200	
GTK (Finland)				Twin-Otter Caravan	
TU-BS (Germany)				Do-128	
FUB (Germany)					Cessna 207 TMG-ASK-16
UNIMAN (United Kingdom)					C-182
CNR (Italy)					2 Sky-Arrow
IFU (Germany)					Microlight
Total aircraft 23	1	4	2	8	8

I *Large Tropospheric Aircraft* hanno una quota massima di volo tra 21.000 e 15.000 piedi, carico scientifico utile tra 5.000 e 4.000 kg, velocità minime tra i 70 e i 45 m/s, velocità medie operative intorno ai 100 m/s. Inoltre sono caratterizzati da *endurance* di 6 ore per 3-2.000 km di raggio d'azione tipicamente, permettono spesso la presenza di un ragguardevole carico e personale scientifico a bordo. Vengono utilizzati per applicazioni di chimica e dinamica a grande scala nella media troposfera, e permettono missioni in luoghi relativamente distanti dalle basi di partenza (regioni polari o oceaniche). Inoltre questa classe di aerei, insieme alla successiva, rappresenta la classe di preferenza per misure di telerilevamento del suolo.

I *Medium Tropospheric Aircraft* hanno un *ceiling* tra 20.000 e 15.000 piedi, un carico tra i 3.000 e 1.500 kg, velocità minime intorno ai 40 m/s o poco meno, e velocità operative intorno ai 80 m/s, *endurance* di 6 ore per 2.000 km di raggio d'azione. Permettono la limitata presenza di personale scientifico a bordo. Hanno caratteristiche simili ai *Large Tropospheric Aircraft*, ma prestazioni ridotte e sono indicati per studi su scala regionale.

Infine, gli *Small Tropospheric Aircraft* hanno un *ceiling* inferiore ai 15.000 piedi, *payload* tra 300 e 600 kg, velocità tra i 20 e gli 80 m/s, *endurance* di 6 ore per un raggio d'azione inferiore a 2.000 km. Solo in alcuni casi permettono la presenza di personale scientifico a bordo. Sono indicati per applicazioni regionali e locali, principalmente indirizzate allo studio dello strato limite planetario.

7.2 Infrastruttura necessaria

Le tematiche scientifiche descritte nel documento coinvolgono l'uso di strumenti e criteri di misura che richiedono profili di missione molto diversificati, e spesso incompatibili tra loro. Si dovrà quindi cercare un compromesso tra costi, carico utile, quote, velocità massime e di stallo, e durata massima della missione.

Da quanto detto finora, si evince chiaramente che non è possibile individuare un singolo aereo in grado di soddisfare tutte le esigenze. D'altra parte non è neanche efficiente far volare un grande laboratorio, dotato di numerosi strumenti, anche quando l'osservazione può essere fatta solo da alcuni di questi. Queste considerazioni suggeriscono che è preferibile poter disporre di più di un aereo di taglia medio piccola, piuttosto che di un unico grande laboratorio.

Perciò, nel delineare l'infrastruttura necessaria, si dovrà cercare di identificare un insieme di piattaforme aeree, necessariamente limitato, che realizzi la massima versatilità possibile. Di seguito s'illustrano alcune delle tipologie di vettore aereo di maggior interesse, le problematiche relative alla gestione e alcune considerazioni sugli eventuali costi di utilizzo delle piattaforme aeree.

Aereo ad alta quota e medium range

Un primo aereo dovrebbe avere un'elevata autonomia, in modo da essere abbondantemente in grado di coprire tutto il territorio nazionale. Dovrebbe avere quote massime di volo sino ai 12.000 m in modo da permettere l'indagine strumentale *in-situ* lungo l'intera estensione della troposfera delle latitudini temperate, e capacità di carico superiori ai 1.500 kg per alloggiare un carico strumentale significativo e completo.

Un perfetto candidato, realizzato dall'industria nazionale, è il Piaggio P-180: ha una quota massima di volo molto elevata, non dissimile da quelle dei jet della flotta EUFAR, capacità di carico assolutamente significative, ma dimensioni e, soprattutto, costi di acquisizione ed utilizzo paragonabili agli aerei EUFAR di classe media. Seguendo la categorizzazione proposta nella tabella 7.1, un aereo del genere avrebbe prestazioni intermedie tra i Large A/C e i Medium A/C, colmando un vuoto presente nella flotta europea, e assicurerebbe la versatilità necessaria a consentire la quasi totalità delle investigazioni proposte e delineate nel presente documento.

Aereo multi-mission bimotore

Un secondo aeromobile, di prestazioni più contenute, dovrebbe avere caratteristiche intermedie tra i Medium A/C e gli Small A/C, con quote massime di volo vicine ai 5.000 m, ridotte velocità di crociera, ma capacità di carico non inferiori ai 500 kg. Dovrebbe avere un raggio di azione regionale e costi di manutenzione ed esercizio moderati. Tale aeromobile troverebbe il suo impiego in tutte le molteplici applicazioni che richiedono quote di volo non eccessivamente elevate, quali quelle richieste nelle osservazioni del suolo in telerilevamento, o indagini nello strato limite planetario. Il bimotore TECNAM P2006T in configurazione MMA (Multi Mission Aircraft) sembra rispondere a questi requisiti sia perché opera anche con carburanti non-Avio, ha un'autonomia di missione superiore a 8 ore, un notevole spazio in cabina che offre notevoli opportunità per alloggiare sensori aerotrasportati. Tutte le modifiche presenti in questa versione del velivolo sono certificate STC e l'accesso commerciale alla piattaforma è possibile attraverso accordi di collaborazione internazionale gestiti dal costruttore italiano. TECNAM gestisce una rete di assistenza a scala mondiale.

Piccoli aerei certificati

Da ormai un decennio si è affermata internazionalmente una classe di velivoli di ricerca definiti come SERA (*Small Environmental Research Aircraft*). Questa categoria si pone in una scala intermedia fra i velivoli teleguidati (UAV) e piattaforme operative più importanti come ad esempio gli aerei *multi-mission* che sono stati brevemente descritti sopra. Il nostro paese e in particolare il CNR hanno ormai acquisito una leadership internazionale nello sviluppo, progettazione e certificazione di questa classe di velivoli, soprattutto attraverso il programma Sky-Arrow ERA che è stato attivo dai primi anni duemila fino ad oggi. Come già accennato in altre parti di questo documento, il CNR dispone già di due velivoli Sky-Arrow ERA equipaggiati con varia strumentazione. Questo segmento della flotta di ricerca completa in modo molto efficace l'intero piano LAERTE poiché permette di operare in maniera molto economica su scale spaziali molto ristrette, a quote di volo molto basse e a velocità di crociera molto ridotte.

La manovrabilità di velivoli SERA, inoltre, consente di operare su target molto piccoli o frammentati grazie a caratteristiche di volo che non si discostano poi molto da quelle di velivoli a pale rotanti. A questo si aggiunge la possibilità di utilizzare campi di volo anche di piccole dimensioni per decolli e atterraggi, cosa che consente spesso di operare a distanze molto ridotte dalle aree di missione, con evidenti vantaggi economici. Non ultimo, i velivoli di questa categoria possono essere facilmente smontati e rimontati, in modo da essere carrellabili; ciò consente di affrontare campagne di volo e attività in zone anche remote e lontane, sfruttando il trasporto su strada che è ovviamente molto meno costoso di quanto non siano lunghi voli di trasferimento.

Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Infine, l'ultimo tipo di aeromobile considerato dovrebbe essere un UAV. In generale l'utilizzo di UAV è consigliato nelle missioni *dull, dirty and/or dangerous*, ovvero in quei casi in cui la durata della missione sia particolarmente lunga, o si debba volare molto vicino alla superficie o in regioni prive di strutture aeroportuali (oceani, poli), o in presenza di pericoli (ad esempio attraversando contaminanti chimici o radiologici). Mentre la normativa di volo europea sta evolvendo, in Italia l'ENAC permette l'utilizzo degli UAV – una volta certificati dal Registro Aeronautico Nazionale - in spazi aerei segregati, previa richiesta di NOTAM (*NOTice To Air Men*). In spazi non segregati, invece, l'autorizzazione al volo può essere accordata caso per caso. In generale, dunque, l'utilizzo di UAV è complesso e presuppone strutture e personale qualificato.

Di particolare interesse è la classe di UAV con peso a vuoto inferiore ai 20 kg (*small UAV*): sottoposti a normative meno stringenti, hanno procedure di decollo e atterraggio più agevoli che li rendono adatti a essere utilizzati su terreni difficili, o su natanti, per missioni che possono durare poche ore (in genere non più di 3). Il limitato carico strumentale, spesso inferiore ai 5 kg, suggerisce l'utilizzo di una formazione di UAV, ognuno dedicato a un singolo strumento. Il costo relativamente basso di simili piattaforme, unito alla possibilità di un loro impiego in regioni altrimenti non raggiungibili da piattaforme con equipaggio (ad esempio in prossimità di eruzioni vulcaniche, o a quote molto basse in aree polari/oceaniche), rende il loro utilizzo attraente e certamente praticabile.

La classe immediatamente superiore di UAV (*light UAV* con peso a vuoto inferiore ai 150 kg) offre una capacità di carico maggiore, a discapito di una ben maggiore difficoltà di utilizzo della piattaforma.

7.3 Gestione dell'aereo

La gestione di una piattaforma aerea è compito complesso che richiede competenze consolidate di carattere tecnico (caratteristiche del velivolo) e operativo (problematiche di volo). In ambiente scientifico è difficile che un istituto o una struttura possieda questi requisiti in quanto l'interesse dei ricercatori è orientato maggiormente verso la realizzazione di strumenti e di applicazioni.

In base alle nuove disposizioni dell'Ente Nazionale Aviazione Civile (ENAC), la società proprietaria e/o esercente dell'aeromobile (aereo o elicottero), deve essere in possesso delle certificazioni e/o licenze conformi alle normative vigenti in materia di Lavoro Aereo che comprendono:

- certificazione come Operatore di Lavoro Aereo (COLA), emessa da ENAC in base al "Regolamento Certificato di Operatore di Lavoro Aereo" dell'ENAC e della relativa idoneità a effettuare le Operazioni di Lavoro Aereo come specificato nel documento "Specifiche delle Operazioni" approvata da ENAC;
- licenza di Lavoro Aereo emessa da ENAC secondo il relativo Regolamento Tecnico con le relative approvazioni delle attività;
- autorizzazioni al sorvolo ed esecuzione di rilievi nella/e zona/e di operazione rilasciate dalle autorità di navigazione aerea, civili (ENAV) e militari.

Inoltre l'aeromobile deve essere provvisto di equipaggiamenti, dispositivi e dotazioni, in accordo al R.T. dell'ENAV, richieste per l'esecuzione dei voli nelle condizioni di impiego pianificate. L'installazione delle apparecchiature e le relative limitazioni, riguardanti l'aeronavigabilità dell'aeromobile, devono essere preventivamente approvate da EASA (*European Aviation Safety Agency*) o ENAV in accordo al regolamento (CE) 1702/2003.

Va inoltre ricordato che il vettore deve possedere le necessarie certificazioni per operare con ogni singolo strumento installato.

Al fine di comprendere meglio in che contesto opera una piattaforma aerea sono state acquisite alcune informazioni dalle società con cui il CNR collabora da maggior tempo e con maggior successo. In base alle necessità operative del CNR, l'ipotesi di gestione dell'infrastruttura "Piattaforma aerea" più fattibile è di attivare forme di collaborazione con le imprese del settore, sia nel caso di "affitto" sia nel caso di acquisto dell'aeromobile. A tale proposito sono stati avviati contatti con la proprietà di una società trentina di lavoro aereo, con la BLOM-CGR di Parma (<http://blomasa.com>) e con AEROSIGMA che ha sede in Puglia, Campania e Basilicata. Nei casi citati si manifesta l'interesse a collaborare nell'ambito di una società consortile che, nel primo e nel terzo caso deve essere costituita, mentre nel secondo la BLOM-CGR e il CNR già collaborano nell'ambito del consorzio CISIG.

La società trentina ha manifestato interesse ad avviare una consultazione con il CNR finalizzata all'acquisizione di un velivolo di ricerca, un bimotore TECNAM, predisposto a operare strumenti e sensori di ricerca. L'iniziativa si potrebbe inserire nel recente Accordo Quadro firmato fra il CNR, la Provincia Autonoma di Trento (PAT) e la Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige (FEM), che ha già dato vita al laboratorio di ricerca CNR-FEM denominato FoxLab. Da un punto di vista finanziario, l'operazione avrebbe indubbi aspetti positivi, riuscendo a far confluire in un sistema consorziale gli interessi privati dell'azienda e quelli pubblici di CNR e FEM, e a sfruttare al meglio le potenzialità di supporto finanziario della PAT.

Da un punto di vista operativo, si potrebbe configurare un sistema gestionale molto efficace che garantirebbe l'acquisizione del velivolo, la gestione delle attività di volo in varie scenari operativi di interesse dell'intera comunità scientifica del CNR, la capacità tecnica di seguire programmi di manutenzione ed eventuali complesse procedure di certificazione e modifica degli apparati sperimentali aerotrasportati. Da un punto di vista strategico, l'iniziativa potrebbe avere un valore transnazionale attraverso il coinvolgimento di una società di lavoro aereo austriaca (*Airborne Technologies, Wiener Neustadt*) che commercializza, su licenza TECNAM, il velivolo bimotore d'interesse del CNR, in configurazione Multi-Mission. Tale organizzazione privata, che ha manifestato interesse a iniziative congiunte, ha già rapporti con il CNR, tramite commesse di lavoro aereo programmate nell'ambito di vari progetti di ricerca internazionali.

La CGR rappresenta la più significativa realtà imprenditoriale italiana nel campo della fotogrammetria e dell'analisi territoriale e ambientale e dispone di una consistente flotta aerea. Gli aspetti relativi alla collaborazione del CNR con la BLOM-CGR sono stati in parte illustrati nel paragrafo 6.2.1. Il Consorzio CISG è la struttura che consente la gestione del sensore iperspettrale MIVIS: la CGR fornisce la piattaforma aerea, il personale per l'operatività dello strumento a bordo e gestisce le campagne di volo. Il CNR contribuisce con lo strumento e le competenze per l'elaborazione dei dati.

Per il CNR si tratta quindi di una partecipazione non onerosa in quanto anche i costi di manutenzione dello strumento sono garantiti dall'attività progettuale del consorzio. La partecipazione del CNR al Consorzio è stata rinnovata (nel 2009), per altri sette anni, fino al 2016.

AEROSIGMA è una "rete governata", fortemente impegnata nelle regioni della convergenza in attività di telerilevamento e di riprese aerofotografiche, che raccoglie le esperienze di aziende operanti da anni nel settore quali la Nuova Avioriprese (Campania), la SIT-Servizi di Informazione Territoriale (Puglia) e la Geotec (Basilicata). L'integrazione delle tre società ha messo in campo sinergie tecniche, organizzative e produttive che comprendono un vasto e qualificato parco di attrezzature (che vanno dagli aeromobili, muniti dei sensori digitali per l'acquisizione dei dati, alle tecnologie e procedure per la produzione delle banche dati territoriali ed ambientali e la loro fruizione, condivisione e diffusione, etc.), un bagaglio di competenze ed esperienze, un corposo e qualificato staff operativo con professionalità di alto profilo ed una rete di relazioni con operatori economici ed Enti di ricerca. La realtà dispone di certificazioni e brevetti in grado di assicurare piena operatività in funzione delle scelte che potranno essere operate.

La Nuova Avioriprese S.r.l. nasce il 16.11.1999 acquistando il settore aerofotogrammetrico, ramo d'azienda della società Avioriprese Jet Executive S.p.A., con le relative attrezzature, personale e know-how, sviluppato dal 1979 a oggi; inoltre è iscritta all'Albo Regionale come Centro di Ricerca e certificata ISO9002. L'obiettivo è quello di sviluppare nel Sud Italia, un'azienda specializzata nel settore delle riprese aeree.

L'estendersi delle problematiche connesse alla gestione del territorio propone di considerare il territorio come una risorsa da amministrare attentamente in tutte le sue dinamiche ed evoluzioni. Gestire il territorio significa, infatti, comprendere le trasformazioni in corso, prevedere le potenzialità di sviluppo, pianificare le necessarie strategie di controllo e di recupero, tutto in ragione della possibilità di valutare e amministrare le valenze economiche proprie di una regione.

8. LA REALIZZAZIONE DI UN'INFRASTRUTTURA PER IL TELERILEVAMENTO DA AEREO

8.1 Modalità di acquisizione di piattaforme aeree

La disponibilità di una piattaforma aerea per la ricerca è un problema indifferibile per l'Italia, unico fra i 4 maggiori Paesi dell'UE a non possedere nessuna di tali infrastrutture. E' parimenti naturale pensare che, relativamente a questa problematica, l'attore principale in Italia debba essere il CNR, non solo in quanto maggiore Ente di ricerca nazionale, ma anche perché una gran parte della ricerca nel campo delle scienze della Terra e dell'Ambiente, per la quale la disponibilità di un aeromobile è estremamente importante, viene effettivamente svolta dagli Istituti del CNR che hanno acquisito importanti posizioni di rilievo nell'ambito della ricerca europea nel settore.

L'utilizzo di una piattaforma aerea richiede specifiche competenze gestionali ed operative. L'esperienza pregressa ha ampiamente dimostrato che un Ente di ricerca come il CNR deve necessariamente avvalersi di strutture operative terze come, ad esempio, sta accadendo per le navi oceanografiche. Tali strutture sono necessarie per operare nel campo della certificazione e del lavoro aereo, settori nei quali è richiesta competenza, esperienza e capacità di negoziazione con le autorità aeronautiche preposte al controllo e alla verifica. Tipicamente una società certificata di lavoro aereo svolge attività di manutenzione ordinaria e straordinaria del velivolo, ottiene e gestisce autorizzazioni e piani di volo nell'ambito delle normative vigenti, fornisce attività di consulenza aeronautica al proprietario e agli utenti del velivolo, interagisce con le imprese e gli Enti autorizzati per la certificazione di modifiche al velivolo.

Si possono individuare essenzialmente cinque opzioni per l'acquisizione di una piattaforma aerea per la ricerca da parte del CNR:

- a) noleggio dell'aeromobile da una società certificata di lavoro aereo con un contratto omnicomprendivo che preveda la disponibilità dell'aeromobile stesso per un numero di ore di volo concordato;
- b) noleggio dell'aeromobile da una società certificata di lavoro aereo con un contratto omnicomprendivo che preveda la disponibilità dell'aeromobile stesso in esclusiva per il CNR;
- c) accordi con Enti dello Stato (e.g. GAN);
- d) *leasing* senza riscatto, con condivisione di proprietà e uso con il gestore;
- e) acquisto dell'aeromobile da parte del CNR, con affido in gestione ad una società certificata di lavoro aereo.

Al di là dei costi di queste cinque diverse procedure, che diventano una considerazione di merito solo in funzione delle effettive disponibilità finanziarie, si impongono alcune considerazioni sulle diverse opzioni in termini di funzionalità dell'accesso all'aeromobile per gli scopi di ricerca del CNR.

L'opzione a) consente di tenere "sotto controllo" i costi di utilizzo della piattaforma aerea e costituisce una soluzione percorribile nel caso di impiego dell'aeromobile unicamente nell'ambito di attività di ricerca o di servizio programmate, ovvero quando siano disponibili le risorse necessarie. In questo caso i costi di gestione possono essere coperti interamente dalla comunità scientifica, non richiedendo una disponibilità standard di risorse all'Amministrazione centrale dell'Ente. Tuttavia, quest'opzione permette di utilizzare la piattaforma nei termini concordati "a priori" ed esclude un eventuale impiego dell'aereo nel caso di emergenze ambientali.

L'opzione b) è decisamente più onerosa della precedente in quanto per una società di volo i costi sono consistenti anche in condizioni di velivolo fermo (personale, tasse aeroportuali, mantenimento in efficienza del velivolo). L'aeromobile "a disposizione" del CNR impegna notevolmente l'Ente nel garantire la copertura dei costi, sebbene consenta di attivare forme di collaborazione di maggior pregio e rilievo scientifico.

Altro aspetto positivo di quest'opzione è la possibilità di ampliare la capacità di utilizzo della piattaforma (che, in questo caso, potrebbe essere messa a disposizione di enti preposti alla tutela del territorio) e di sviluppare iniziative nell'ambito di infrastrutture nazionali ed internazionali.

L'opzione c) presenta, rispetto alle prime due, costi estremamente ridotti grazie all'impiego di velivoli in dotazione ad Enti dello Stato (es. GAN (Gruppo aeronavale), ROAN (Reparto Operativo Aeronavale) della GdF) ed alla possibilità di fruire dell'abbattimento dell'accisa sul carburante avio (imposta indiretta sulla produzione dei prodotti energetici).

Inoltre, offre la possibilità di impiegare piloti di elevata competenza in grado di operare in condizioni critiche e H24. Tuttavia, l'opzione c) presenta alcuni punti di debolezza, quali la difficoltà di programmazione di voli all'estero, le limitazioni di impiego dell'aeromobile e le interruzioni di programmi di volo in situazioni di emergenza e missioni speciali.

Per quanto riguarda l'opzione d) si segnala che alcuni operatori di società di lavoro aereo italiane hanno manifestato l'interesse a esplorare opzioni di collaborazione con il CNR e altri Enti di Ricerca per sostenere lo sviluppo di una capacità operativa di volo per finalità di ricerca. In particolare si fa riferimento a una specifica soluzione proposta da una società di lavoro aereo operante in una provincia autonoma italiana che potrebbe essere presa a modello di questa fattispecie di accordo. La società acquisterebbe un bimotore tipo *Multi Mission* (es. TECNAM MMA) a fronte di un impegno da parte del CNR a effettuare un numero minimo di ore di volo all'anno.

Il costo delle ore di volo verrebbe quotato all'interno di un'apposita convenzione quadro, che comprenderebbe tutti i costi associati ad ammortamento, gestione, manutenzione ed operatività del velivolo. L'accordo avrebbe durata limitata nel tempo (ma rinnovabile) e dovrebbe essere negoziato con il contributo di tutti gli utenti CNR (o associati), che andrebbero a formare il "monte ore di volo" in grado di giustificare l'investimento da parte del privato. Quest'ultimo si riserverebbe, nell'ambito dell'accordo, la disponibilità del velivolo per attività di addestramento piloti e scuola di volo.

E' evidente che tale soluzione offre notevoli vantaggi economici, dal momento che, di fatto, solleva il CNR da investimenti diretti per l'acquisto della piattaforma aerea e da tutti gli oneri derivanti dalla gestione o dall'affidamento della gestione della piattaforma a società terze specializzate. Tuttavia, richiede l'impegno da parte dell'Ente a far fronte a una spesa annua obbligatoria minima per attività di volo.

L'opzione e) è essenzialmente equivalente alla b) dal punto di vista dell'utente di ricerca, in quanto entrambe rendono possibile un'operatività flessibile dell'aeromobile, necessaria per scopi di ricerca e gestione ambientale. E' comunque prevedibile che l'opzione d) sarebbe di più facile gestione, non essendo necessario negoziare con il proprietario dell'aeromobile ogni modifica strutturale. Sono, inoltre, probabilmente queste le due uniche opzioni che permetterebbero interventi anche strutturali sull'aeromobile, al fine di potervi installare qualsiasi tipo di strumentazione necessaria all'attività di ricerca.

Infine, un'ulteriore possibilità per l'acquisizione di una piattaforma aerea da parte del CNR è rappresentata dall'attivazione di partnership con altri Enti che gestiscono aeromobili; tuttavia, questa alternativa sembra più adatta a progetti specifici (si veda, ad esempio, l'utilizzo di un LIDAR del CNR montato su un aereo dell'Aeronautica Militare per il controllo delle emissioni da eruzioni vulcaniche ai fini del traffico aereo) piuttosto che alla regolare attività di ricerca del CNR. I vantaggi e gli svantaggi delle diverse opzioni sono riassunti nella Tabella 8.1.

Tabella 8.1 – Vantaggi e svantaggi delle diverse modalità di acquisizione di piattaforme aeree per la ricerca da parte del CNR	
a)	noleggio dell'aeromobile da una società certificata di lavoro aereo con un contratto omnicomprendente che preveda la disponibilità dell'aeromobile stesso per un numero di ore di volo concordato
Punti di forza	Punti di debolezza
<i>Contenimento dei costi di gestione della piattaforma aerea nel caso di utilizzo unicamente nell'ambito di attività di ricerca o di servizio programmate.</i> <i>Non richiede la disponibilità di risorse che impegnino con continuità l'Amministrazione centrale dell'Ente.</i>	<i>Utilizzo della piattaforma secondo criteri concordati "a priori": esclusione dell'eventuale utilizzo dell'aereo nel caso di emergenze ambientali.</i> <i>Impossibilità di operare interventi strutturali sull'aeromobile.</i> <i>Impossibilità di aderire a progetti internazionali (ad es. EUFAR).</i>
b)	noleggio dell'aeromobile da una società certificata di lavoro aereo con un contratto omnicomprendente che preveda la disponibilità dell'aeromobile stesso in esclusiva per il CNR
Punti di forza	Punti di debolezza
<i>Attivazione di forme di collaborazione di maggior pregio e rilievo scientifico nell'interesse del CNR.</i> <i>Ampliamento della capacità di utilizzo della piattaforma che, in questo caso, potrebbe essere messa a disposizione di Enti preposti alla tutela del territorio, e di sviluppo d'iniziative nell'ambito di infrastrutture nazionali e internazionali.</i> <i>Possibilità d'interventi strutturali sull'aeromobile per installazione di strumentazione dedicata.</i>	<i>Maggiori oneri finanziari rispetto all'opzione precedente (costi consistenti, quali quelli relativi al personale, alle tasse aeroportuali, alla tenuta in efficienza del velivolo, anche in condizioni di velivolo fermo).</i> <i>Necessità di negoziazione con il proprietario le modifiche strutturali.</i>

Tabella 8.1 – Vantaggi e svantaggi delle diverse modalità di acquisizione di piattaforme aeree per la ricerca da parte del CNR	
c) accordi con Enti dello Stato (e.g. GAN)	
Punti di forza	Punti di debolezza
<i>Piloti di elevata competenza in grado di operare in condizioni critiche ed H24.</i> <i>Costi estremamente ridotti per l'impiego dei mezzi aerei legati alla possibilità di utilizzare velivoli in dotazione ad Enti dello Stato (es. GAN, ROAN della GdF).</i> <i>Costi di volo contenuti per la possibilità di fruire dell'abbattimento dell'accisa sul carburante avio.</i>	<i>Possibili limitazioni d'impiego ed interruzioni di programmi di volo in situazioni di emergenza e missioni speciali.</i> <i>Impossibilità di aderire a progetti internazionali (ad es. EUFAR).</i> <i>Impossibilità di interventi strutturali</i>
d) leasing senza riscatto	
Punti di forza	Punti di debolezza
<i>Il CNR non deve sostenere investimenti diretti per l'acquisto della piattaforma e tutti gli oneri derivanti dalla gestione o dall'affidamento della gestione a società terze specializzate.</i>	<i>Impegno dell'Ente a sostenere una spesa annua minima obbligatoria per le attività di volo.</i>
e) acquisto dell'aeromobile da parte del CNR, con affido in gestione ad una società certificata di lavoro aereo	
Punti di forza	Punti di debolezza
<i>Possibilità di disporre di una piattaforma o di una flotta aerea a tempo pieno e poter quindi stabilire le priorità di azione in assoluta autonomia.</i> <i>Rafforzamento delle capacità progettuali nazionali e internazionali.</i> <i>Partecipazione alle grandi infrastrutture europee dedicate all'Osservazione della Terra.</i> <i>Possibilità d'interventi strutturali sull'aeromobile per installazione di strumentazione dedicata</i>	<i>Impegno finanziario per l'acquisto di uno o più aeromobili.</i> <i>Necessità di garantire la copertura dei costi di gestione attraverso l'acquisizione di fondi da progetti o attraverso il pagamento diretto alla società.</i>

8.2 Il completamento della strumentazione

Lo status delle capacità osservative del CNR, schematicamente presentato in tabella 5.2, mostra uno scenario incoraggiante. In particolare, emerge chiaramente l'esistenza di un'ottima dotazione strumentale per la caratterizzazione della struttura dello strato limite planetario e per la ricostruzione del profilo topografico di un'area d'interesse.

Di poco inferiore è, invece, il livello della strumentazione adoperata per lo studio e l'analisi dei flussi superficiali, per la determinazione in-situ delle proprietà dell'aerosol atmosferico, per la caratterizzazione bio-fisica della qualità delle acque interne, per l'osservazione del mare, per lo studio e il monitoraggio delle coperture nivo-glaciali, per la mappatura dell'uso del suolo, per la caratterizzazione fisica di particolato e di gas, per la mappatura di aree esposte ad incendi boschivi. In questi settori l'acquisizione mirata di un numero contenuto di nuovi sensori, ad esempio per la misura in-situ di CO₂, CO, SO₂, H₂S, HCl, HF, H₂O, per la misura dei profili di temperatura e umidità e per la caratterizzazione di nuclei di condensazione e di ghiacciamento porterebbe agevolmente al completamento della capacità osservativa del CNR.

A differenza di quanto detto sopra, risulta invece solo di livello sufficiente la sensoristica per la mappatura della contaminazione del suolo; in questo caso, l'esigenza di potenziare il numero e la tipologia di strumenti è fortemente auspicata, come dettagliato in modo specifico in tabella 5.2.

Si segnala infine che risulta strategica l'acquisizione da parte del CNR di un sistema SAR operante a frequenze più basse (in particolare in banda L) rispetto a quello già disponibile che opera in banda X. L'acquisto di un tale sistema consentirebbe, infatti, la stima di deformazioni superficiali del suolo in aree estese con accuratezze attese di pochi centimetri, e allo stesso tempo, incrementerebbe una vasta gamma di analisi legate all'uso del suolo, nonché favorirebbe lo studio e il monitoraggio delle coperture nivo-glaciali, fornendo informazioni complementari a quelle deducibili dai sistemi di osservazione e rilevazione disponibili.

9. CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

In generale le infrastrutture rappresentano un investimento strategico che spesso fornisce risorse maggiori di quelle che sono state impiegate per l'acquisizione dell'infrastruttura stessa. Questo è a maggior ragione vero in un settore, come quello delle piattaforme aeree per il rilevamento e la gestione ambientale, dove sono numerosi gli interessi convergenti di altri enti pubblici e privati e dove esistono molteplici progetti europei che potrebbero essere attratti dalla disponibilità della risorsa.

In particolare le soluzioni che potrebbero garantire maggiori risultati in ambito scientifico e in un contesto operativo di trasferimento tecnologico alle imprese, convergono verso una stretta collaborazione con il settore privato. Il CNR possiede un parco strumenti di assoluto rilievo e competenze scientifiche in ambito ambientale che rendono l'Ente competitivo nelle applicazioni per il monitoraggio e la gestione del territorio e per lo studio dei processi atmosferici. In questo contesto la disponibilità di più di un velivolo è la soluzione che soddisfa entrambe le esigenze. Tuttavia, in considerazione delle diverse problematiche che riguardano l'operatività di una piattaforma aerea, è opportuno che queste attività siano gestite da terzi, mentre il CNR deve mantenere il coordinamento e la programmazione scientifica delle attività, oltre gestire la manutenzione della strumentazione.

In relazione ai velivoli la soluzione tecnica più efficace è quella di acquisire tre vettori che possano soddisfare esigenze operative diverse, ma che possano consentire anche acquisizioni coordinate e simultanee. Nello specifico i vettori dovrebbero essere in grado di eseguire voli ad alta quota per lo studio dei processi atmosferici e a quote comprese tra 5.000 e 10.000 m per gli studi finalizzati alla gestione del territorio.

L'esigenza di effettuare modifiche strutturali all'aeromobile, imprescindibile per molte delle attività prese in considerazione, richiede che l'Ente sia proprietario dell'aeromobile.

Va infine ricordato che una flotta aerea con queste caratteristiche consentirebbe di effettuare attività programmata nell'ambito di programmi scientifici nazionali e internazionali e di disporre di uno strumento di pronto intervento nel caso di emergenze ambientali e a supporto delle azioni della Protezione Civile. In questo contesto operativo può essere importante anche la costituzione di una struttura dedicata la cui fattibilità è esaminata in Appendice 1.

Il gruppo di lavoro considera un proprio compito sottolineare alla dirigenza del CNR e al MIUR l'importanza strategica di dotare il CNR di una infrastruttura per lo sviluppo delle osservazioni da aereo, tuttavia prende anche atto delle difficoltà economiche che in questo momento potrebbero rendere difficile un investimento autonomo dell'Ente.

Un'opportunità di finanziamento esterno è fornita dal finanziamento infrastrutturale nazionale per progetti nei campi della ricerca scientifica, dello sviluppo tecnologico, della competitività e dell'innovazione industriale nel periodo di programmazione 2007-2013 dal PON "Ricerca e Competitività". La partecipazione ai bandi del PON è riservata a enti di ricerca e industrie che risiedono nelle regioni convergenza. Il CNR ha istituti attivi e competenti nel campo delle osservazioni della Terra da piattaforme aviotrasportate che risiedono nelle regioni convergenza e che hanno già stabilito costruttivi rapporti di collaborazione con industrie locali del settore.

Si propone pertanto che il CNR, sulla base delle risorse e delle competenze dimostrate da questo documento, attraverso i propri istituti operanti nelle regioni convergenza, si presenti nel prossimo bando PON per le infrastrutture come coordinatore scientifico e tecnico di una proposta per la realizzazione di piattaforme e strumentazione aviotrasportate per le osservazioni della Terra, la gestione del territorio e l'analisi ambientale.

Ringraziamenti

Si ringraziano gli istituti che hanno fornito i dati relativi agli strumenti che possono essere utilizzati su piattaforma aerea:

- IBIMET - Istituto di Biometeorologia
- IFAC - Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"
- IIA - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
- IMAA - Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale
- INO – Istituto Nazionale di Ottica
- IREA - Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente
- IRPI - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
- IRSA - Istituto di Ricerca sulle Acque
- ISAC - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima
- ISAFOM - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo

APPENDICE 1

Fattibilità di costituzione di una struttura d'intervento rapido per il supporto alla gestione delle emergenze

L'impegno che il CNR sta dedicando allo sviluppo delle attività previste dalle varie intese operative in corso tra il DPC e gli istituti del CNR che sono centri di competenza della Protezione Civile nazionale è molto ampio, ma certamente non rende sostenibile, almeno nell'immediato, la possibilità di intervenire operativamente a supporto del DPC in presenza di un susseguirsi di situazioni di emergenza. Va, però, detto che in situazioni di emergenza "grave", come dimostrato nel passato recente (terremoto de L'Aquila del 2009 e nube eruttiva del vulcano islandese *Eyjafjallajokull*, nel 2010), la capacità del CNR di fornire efficace supporto è una realtà.

In tale contesto, lo sviluppo di una infrastruttura CNR per il telerilevamento da aereo può rappresentare, quindi, un elemento di grande rilevanza qualora si decida di voler incrementare il ruolo operativo dell'ente. Infatti, tale infrastruttura potrebbe essere un elemento centrale per la costituzione di una struttura d'intervento rapido per il supporto al DPC alla gestione delle emergenze. Tale obiettivo richiede, però, una serie di scelte opportunamente meditate ed efficacemente realizzate che vedono fortemente coinvolti gli istituti del CNR e che, al tempo stesso, non possono dipendere esclusivamente da essi. Gli aspetti chiave per il raggiungimento di tale obiettivo sono vari e strettamente vincolati alla disponibilità di adeguate:

1. risorse finanziarie e strumentali;
2. unità di personale dedicato;
3. operatività della piattaforma ospitante i sensori e della infrastruttura di supporto.

Il primo aspetto, anche se può sembrare strano di questi tempi, è per certi versi il più semplice, perché è chiaro che non può prescindere da un cospicuo investimento effettuato dal DPC. Esso potrebbe essere, però, oggetto di negoziazione tra il CNR ed il DPC nell'ambito dell'ipotizzato rinnovo dell'Accordo Quadro quinquennale tra i due soggetti (che potrebbe essere finalizzato nel 2012). A fronte di tali considerazioni va comunque detto che tale orientamento operativo da parte del CNR non deve di fatto assorbire in toto le proprie attività perché va lasciato uno spazio opportuno allo sviluppo di temi di ricerca da mettere "in linea", a valle delle necessarie fasi di studio e messa a punto. E' chiara, inoltre, la necessità di provvedere all'acquisizione e al mantenimento di adeguate risorse strumentali da dedicare alle attività da svolgersi in situazioni di emergenza, che, però, nei momenti di attesa potrebbero essere utilizzate per attività di ricerca. In questo ambito è prevedibile un significativo aggiornamento delle risorse strumentali (*hardware e software*) che sarebbe chiaramente di notevole beneficio per il CNR, ma anche di garanzia per le finalità operative di interesse per il DPC.

Più delicato è il discorso riguardante l'individuazione delle unità di personale dedicato alle attività operative di interesse per il DPC, che, per loro caratteristica, dovrebbero essere rappresentate principalmente da personale tecnico e da tecnologi. E' chiaro che in questo caso si pone una questione di definizione delle mansioni (opportunamente regolamentate) e dell'inquadramento di tali unità, con particolare riguardo alla necessità di disporre di operatori su base H24. Inoltre, andrebbe anche chiarita la "traiettoria professionale" per questi soggetti che non possono essere relegati a un ruolo di precariato perenne. E' assolutamente chiaro che questo tipo di problematiche richiede un coinvolgimento del CNR ai suoi massimi livelli decisionali.

Decisamente più specifico, ma ugualmente molto rilevante, è il discorso legato alle caratteristiche della piattaforma scelta per “ospitare” i sensori del CNR. E’, infatti, assolutamente evidente che, nel momento in cui si pensi ad una infrastruttura di telerilevamento da aereo del CNR con finalità anche di intervento rapido, non si può assolutamente prescindere dagli aspetti di operatività della piattaforma/piattaforme aerea scelta.

In aggiunta a quanto detto si segnala infine la necessità di definire opportunamente le procedure di acquisizione di dati e d’immagini telerivate successive ad ogni evento di allerta/allarme di protezione civile. In questi casi la costituzione di tali procedure ed automatismi è necessaria perché deve sia evitare la dispersione di preziose risorse di sistema (in senso ampio), causate da inopportune strategie di acquisizione, sia consentire un accesso ai dati efficiente dal punto di vista computazionale, ben regolamentato e automatizzato. A tal fine è abbastanza evidente che non si può prescindere da una infrastruttura dedicata, in grado di supportare le operazioni di elaborazione e distribuzione delle informazioni telerilevate acquisite grazie ai sorvoli effettuati.

APPENDICE 2

Gli acronimi

Sigla	Descrizione per esteso
AERONET	Aerosol Robotic Network
AGEA	AGenzia per l’Erogazioni in Agricoltura
AM	Aeronautica Militare
AMRA	Centro di Competenza nel settore dell’Analisi e Monitoraggio del Rischio Ambientale
APE-Man	Airborne Polar Experiment – Comitato Organizzativo
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale
ASI	Agenzia Spaziale Italiana
AXBT	Airborne Expendable Bathy Thermographers
BRDF	funzione di riflettenza bidirezionale
BRIDGE	Building Radio frequency IDentification for the Global Environment
CAO	Central Aerological Observatory
CDOM	Coloured Dissolved Organic Matter
CEFLES2	CarboEurope, FLEx and Sentinel-2
CGR	Compagnia Generale Riprese aeree
CISIG	Consorzio per l’Innovazione dei Sistemi Informativi Geografici dei grandi bacini fluviali
CNES	Centre National d’Etudes Spatiales
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
COLA	Certificato Operatore di Lavoro Aereo
COPAL	COmmunity heavy Payload Long endurance instrumented aircraft for tropospheric research
DAA	Dipartimento AgroAlimentare
DEM	Digital Elevation Model



Sigla	Descrizione per esteso
DLR	Deutschen zentrums für Luft- und Raumfahrt
DMD	Dipartimento Materiali e Dispositivi
DPC	Dipartimento della Protezione Civile
DTA	Dipartimento Terra e Ambiente
EARLINET	European Aerosol Lidar Network
EASA	European Aviation Safety Agency
EMEP	European Monitoring Evaluation Programme
ENAC	Ente Nazionale dell'Aviazione Civile
ENAV	Ente Nazionale di Assistenza al Volo
ENEA	Agenzia nazionale per le Nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
ERA	Environmental Research Aircraft
ERS	Environmental Research and Services
ESA	Agenzia Spaziale Europea
ESF	European Science Foundation
ESFRI	European Strategy Forum on Research Infrastructures
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EU	European Union
EUFAR	EUropean Facility for Airborne Research
EU-RECAR	Regional assessment and Modeling of the carbon balance of Europe
FEM	Fondazione E. Mach
FLEX	FLuorescence EXplorer
FLIR	Forward Looking InfraRed
FP	Framework Programme
FZJ	ForschungsZentrum Julich
FZK	ForschungsZentrum Karlsruhe
GAN	Gruppo AeroNavale
GdF	Guardia di Finanza
GdL	Gruppo di Lavoro
GEIE	Gruppo Europeo di Interesse Economico
IBIMET	Istituto di Biometeorologia
ICSU	International Council of Sciences Union
ICT	Information Communication and Technology (Dipartimento "Tecnologie dell'Informazione e delle Comunicazioni" - CNR)
IFAC	Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"
IIA	Istituto sull'Inquinamento Atmosferico
IMAA	Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale
INO	Istituto Nazionale di Ottica
InSAR	Interferometria Radar ad Apertura Sintetica
INU	Inertial Navigation Unit
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
IREA	Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente
IRPI	Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica



Sigla	Descrizione per esteso
IRSA	Istituto di Ricerca Sulle Acque
ISAC	Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima
ISAFOM	Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
JERICO	Joint European Research Infrastructure Network for Coastal Observatories
LARA	Laboratorio Aereo per Ricerche Ambientali
LIDAR	Laser Detection And Ranging
LRTAP	Long Range Transboundary Air pollution
MERIS	MEdium Resolution Imaging Spectrometer
MIUR	Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
MIVIS	Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Near InfraRed
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOTAM	NOTice To AirMen
NSBF	National Stratospheric Balloon Facility
OT	Osservazioni della Terra
PAT	Provincia Autonoma di Trento
PEGASOS	Pan-European Gas-AeroSol-climate interaction Study
PMI	Piccole e Medie Imprese
PNR	Programma Nazionale della Ricerca
PNRA	Programma Nazionale di Ricerche in Antartide
PON	Programma Operativo Nazionale
PRIMI	PROgetto pilota Inquinamento Marino da Idrocarburi
PROSA	PROdotti di Osservazione Satellitare per Allerta Meteorologica
QUITSAT	Qualità dell'aria mediante l'Integrazione di misure da Terra, da Satellite e di modellistica chimica multifase e di Trasporto
ROAN	Reparto Operativo AeroNavale
SAICAM	Strategic Approach to International Chemicals Management
SAR	Radar ad Apertura Sintetica
SERA	Small Environmental Research Aircraft
SIOS	Svalbard Integrated Observing System
SSS	Sea Surface Salinity
SST	Sea Surface Temperature
SWIR	Short-Wavelength Infra Red
TECNAM	S.R.L. Costruzioni Aeronautiche
Telaer	Consorzio Sistema di telerilevamento aereo avanzato per la gestione integrata del territorio
TeRN	Consorzio Tecnologie per l'Osservazione della Terra e i Rischi Naturali
TF HTAP	Task Force on Hemispheric Transport of Air Pollutants
TIR	Thermal Infra Red
TSM	Total Suspended Sediment
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UE	Unione Europea

Sigla	Descrizione per esteso
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	United Nations Environment Programme
VIS-NIR	VISible-Near Infra Red
WG	Working Group
XBT	Expendable Bathy Thermographers
XCTD	Expendable Conductivity Temperature Depth

APPENDICE 3

Gli strumenti

N.	Sigla	Strumento	Istituto	Dipartimento di afferenza
1	MFO	Mobile Flux Platform	IBIMET e ISAFOM	DAA
2	PRT-MS	Proton Rate Mass Transfer Ionicon	IBIMET	DAA
3	ALISEO	Spettrometro a immagine	IFAC	DMD
4	FLIDAR	Lidar a fluorescenza	IFAC	DMD
5	IROE	Radiometro a microonde	IFAC	DMD
6	REFIR-PAD	Spettroradiometro per lontano infrarosso	IFAC	DMD
7	AMS	Aerosol Mass Spectrometer (in situ)	IIA	DTA
8	MIVIS	Radiometro iperspettrale VNIR-SWIR-TIR	IIA	DTA
9	HYSER 320	Radiometro SWIR	IMAA	DTA
10	HYSER 1600	Radiometro VNIR	IMAA	DTA
11	TASI	Radiometro TIR	IMAA	DTA
12	ALTO	Airborne Laser Tunable Observer	INO	DDM
13	COLD	Cryogenically Operated Laser Diode	INO	DDM
14	InSAR	SAR Interferometrico	IREA	ICT
15	LIDAR	Laser scanner	IRPI	DTA
16	Camera iperspettrale	Radiometro VNIR	IRSA	DTA
17	Camera Termica	Radiometro TIR	IRSA	DTA
18	ISAC-AP	Airborne Photometer	ISAC	DTA
19	CPC	Condensation Particle Counter (in-situ)	ISAC	DTA
20	CRD	Cavity Ring Down Aeroportato	ISAC	DTA
21	NOAA	Fotometro solare	ISAC	DTA
22	GASCODE	UV-Vis spectroradiometer	ISAC	DTA

N.	Sigla	Strumento	Istituto	Dipartimento di afferenza
23	MAS	Scatterometro per misura di aerosol (in situ)	ISAC	DTA
24	RAMNI	Mini Lidar	ISAC	DTA
25	POLIFEMO	Spettrometro a immagine	ISAFOM	DAA
26	GRIMM	Spettrometro per misura di aerosol (in situ)	ISAFOM	DAA
27	RMT	Analizzatore di metano (in situ)	ISAFOM	DAA
28	LI-7500	Analizzatore di CO ₂ /H ₂ O	ISAFOM e IBIMET	DAA
29	Flir A40M	Termocamera a infrarossi	ISAFOM	DAA
30	MLIDAR	Mini Lidar	ISAFOM	DAA
31	BAT-Probe	"Best" Aircraft Turbulence probe	ISAFOM	DAA

MFO***Mobil Flux Platform***

Ubicazione: CNR - Istituto di Biometeorologia e Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Beniamino Gioli
b.gioli@ibimet.cnr.it

**Caratteristiche tecniche**

Peso: ~10 kg (probe) + ~10 kg (acquisizione dati).
Alimentazione: 12 VDC, potenza assorbita ~100 W.

Parametri misurati:

- componenti tri-dimensionali della velocità del vento, U, V, W (acc. 0.1 ms^{-1} , freq. 50 Hz);
- temperatura aria (termocoppia veloce, accuracy $0.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, freq. 50 Hz, time response 0.02 s);
- umidità aria (analizzatore IRGA Li7500, freq. 50 Hz);
- concen. CO_2 (analizzatore IRGA Li7500, freq. 50 Hz);
- dati radiometrici ancillari (radiazione PAR incidente e riflessa, radiazione netta, temperatura superficiale).

Formato dati output: NetCDF

Piattaforma aerea: n. 3 Sky-Arrow 650 TCNS
Proprietario: IBIMET(1) e ISAFOM (2).
Quota volo: 100 ft AGL – 10.000 ft.
Velocità in misurazione: 70 kts.
Endurance: 3.5 ore.

Applicazioni:

- misura degli scambi di massa ed energia tra biosfera ed atmosfera tramite tecnica *eddy covariance*;
- misure di flussi di massa ed energia nel PBL (*Planetary Boundary Layer*) e nella *entrainment zone*;
- caratterizzazione della struttura verticale del PBL.

Progetti e tipo di attività:

- RECAP (EC- V F.P.): n. 7 campagne sperimentali in Europa (2000 - 2003).
- CarboEurope - CERES (EC – VI F.P.): n. 3 esperimenti intensivi in Francia (2004 - 2009).
- CARBIUS (Min Amb): misure regionali “long term” in Toscana (2004 - 2007).
- Carbotaly (MIUR): misure regionali in Sardegna (2006 - 2010).
- CEFLES2 (ESA): misure di validazione di dati telerilevati, n. 2 campagne in Francia (2007 - 2009).
- CarboAfrica – CARE (EC, VII FP): esperimento regionale in Ghana (2006 - 2010).
- EUFAR (EC – VII): *Transnational Access facility* (2008 - 2011).

PRT-MS***Proton Rate Mass Transfer Ionicon***

Ubicazione: CNR - Istituto di Biometeorologia

Responsabile: Rita Baraldi

r.baraldi@ibimet.cnr.it / Tel. 051-6399009

Caratteristiche tecniche

Peso: circa 140 kg.

Dimensioni: 55 x 86 x 78 cm.

Alimentazione: 220 V, potenza elettrica circa 750 Watt.

Mass range: 1-512 amu (up to 2048 amu on request).

Resolution: < 1 amu.

Response time: 100 ms.

Measuring time: 2 ms/amu - 60 s/amu.

Turbomolecular pumps: 3.

Sensitivity (Benzene): > 300 cps/ppbv.

Detection threshold: < 1 pptv.

Linearity range: 1 pptv - 10 ppmv.

Adjustable flow: 50 - 800 sccm.

Inlet system (2nd inlet system on request): heating range up to 180 °C.

Reaction chamber heating range: 40 – 130 °C

Power supply: 100-230 V, max 750 W.

Dimensions (w x h x d) 55x86x78 cm (21.7x33.9x30.7 in).

Weight: 140 kg (309 lb).

Interface: Ethernet 10/100MBit RJ45 (TCP/IP).

**Applicazioni:**

- misurazione concentrazione composti volatili organici atmosferici.

Lo IONICON *High-Sensitivity* PTR-MS è un sensore ultra-sensibile per la misura di composti organici volatili (VOCs) che consente di quantificare molte specie diverse anche in bassissime concentrazioni. Esso può effettuare misure dirette in aria in maniera dinamica o esaminare campioni in modo statico (offline).

ALISEO

Imaging spectrometer (Iperspettrale interferometrico di tipo push-broom)

Ubicazione: CNR - Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"

Responsabile: Ivan Pippi
i.pippi@ifac.cnr.it



Caratteristiche tecniche

Peso: < 30 Kg.

Volume: 0.40 m x 0.50 m x 0.20 m

Consumo: < 30 W.

Altro: compartimento pressurizzato, osservazione al nadir.

Durata: 3 anni di operatività.

"Flight model" sviluppato da IFAC per satelliti ASI.

Data type:

12 bit 2048 x 2048 images.

ALISEO è uno spettrometro a immagine che opera nell'intervallo spettrale 400 - 1.000 nm con una risoluzione spaziale di 5 m e una risoluzione spettrale di 1 - 5 nm in funzione della configurazione.

Lo spettro è ottenuto dall'interferogramma che ogni pixel dell'immagine produce nell'interferometro statico a seguito del moto dell'osservatore rispetto alla sorgente.

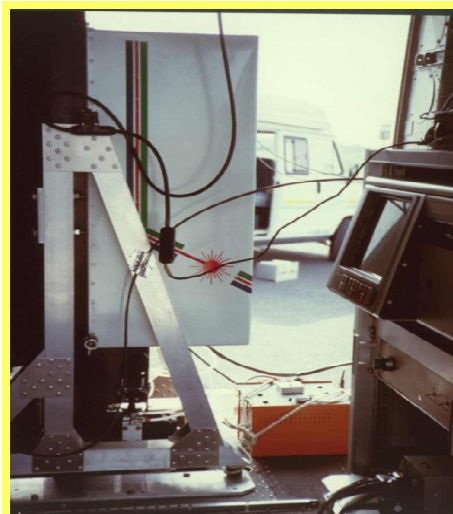
Lo strumento fornisce, tra l'altro, la caratterizzazione di fondo necessaria per la calibrazione di strumenti di osservazione al nadir per lo studio dell'atmosfera.

FLIDAR

LIDAR a Fluorescenza

Ubicazione: CNR - Istituto di Fisica Applicata
"Nello Carrara"

Responsabile: Giovanna Cecchi
g.cecchi@ifac.cnr.it



Caratteristiche tecniche

Peso: 80 Kg.

Volume: $0.80 \times 0.80 \times 1.10 \text{ m}^3$.

Potenza elettrica: 2,5 Kw.

Altre informazioni: compartimento pressurizzato o non, osservazione al nadir con una finestra di aperture 0.60 m trasparente nel visibile (400 - 800 nm).

Prototipo pronto per piattaforma aerea.
Sono necessarie modifiche per misure stratosferiche.

Lo strumento utilizza una sorgente laser allo stato solido per stimolare la fluorescenza nella vegetazione e nell'ambiente marino.

La fluorescenza indotta è acquisita da uno spettrometro a media risoluzione con un *intensified array detector* nel piano focale.

IROE***Instrument for Radio Observation of the Earth***

Ubicazione: CNR - Istituto di Fisica Applicata "Nello Carrara"

Responsabile: Simonetta Paloscia
s.paloscia@ifac.cnr.it

Caratteristiche tecniche

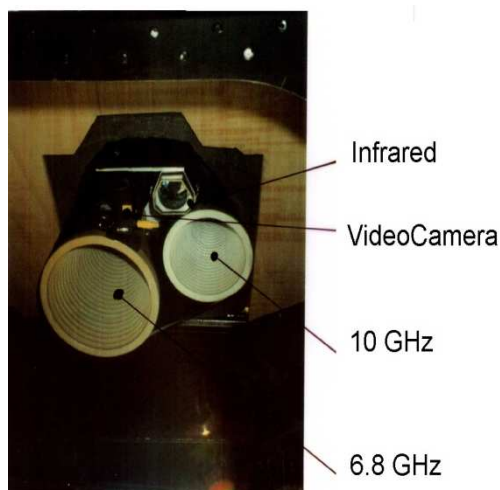
Peso: 150 Kg.

Volume: 5 per 0.40 x 0.40 x 0.40 m³.

Consumo: 500 W.

Altro: compartimento pressurizzato, osservazione al nadir.

Finestra di 80 cm per la banda L.



Lo strumento consiste di un radiometro a microonde operante a più frequenze (1.4, 6.8, 10.6, 19, e 36.5 GHz) e con doppia polarizzazione utilizzato insieme a un radiometro infrarosso (8 - 14μm).

Lo strumento può misurare i principali parametri relativi al ciclo idrologico quali: estensione della copertura nevosa, contenuto in acqua della neve, umidità del suolo.

Lo strumento opera sia da terra che da piattaforma aviotrasportata.

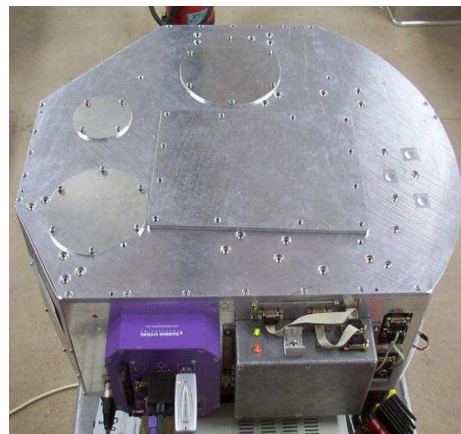
Sono necessarie modifiche per eventuali applicazioni stratosferiche.

REFIR-PAD***Radiation Explorer in the Far-InfraRed Prototype for Applications and Development***

Ubicazione: CNR - Istituto di Fisica Applicata
"Nello Carrara"

Responsabile: Luca Palchetti
l.palchetti@ifac.cnr.it

Tel. 055-5226311 / cell. 366-6874551

**Caratteristiche tecniche**

Peso: 55 Kg.
Dimensioni: 62 cm diametro, 26 cm altezza.
Alimentazione: 10 - 30 V (50 W, 70 W picco).
Misura spettri di emissione: da 100 a 1.400 cm^{-1} .

Risoluzione max: = 0.25 cm^{-1} .
NESR $\approx 1 \text{ mW/m}^2 \text{ sr cm}^{-1}$ at 400 cm^{-1} .
Errore BT $\approx 0.1\text{K}$ (@ 280K).

Utilizza compartimento non pressurizzato.

Parametri geofisici misurati:

Profili verticali di temperatura e di concentrazione di vapore acqueo.

Errore: $T \approx 2 \text{ K}$, $\text{H}_2\text{O} \approx 20\%$.
 T superficiale, Errore $\approx 0.4 \text{ K}$.
Flusso di radiazione in onda lunga.
Errore $\approx 1.3 \text{ W/m}^2$.

REFIR-PAD (Radiometro spettralmente risolto operante nell'infrarosso lontano e termico) è uno spettro-radiometro a trasformata di Fourier progettato per la caratterizzazione della radianza emessa dall'atmosfera e dalla superficie terrestre nell'IR termico.

Lo strumento è un prototipo sviluppato per applicazioni sul campo sia da terra in alta quota che da piattaforma avio-trasportata. E' stato utilizzato nelle seguenti campagne di misura:

- 2005 ELBC progetto CNRS-CNES; pallone stratosferico lanciato da Teresina (Brasile).
- 2007 ECOWAR/COBRA progetto PRIN, misure dalla stazione Testa Grigia, Plateau Rosa a 3.500 m.
- 2009 RHUBC-II progetto USA ARM-DoE, misure dal Cerro Toco a 5.380 m (Cile).

AMS High Resolution Aerosol Mass Spectrometer (HRTof-AMS)

Ubicazione: CNR - Istituto sull'Inquinamento
Atmosferico

Responsabile: Mauro Montagnoli
montagnoli@iia.cnr.it / Tel: 06-90672691



Caratteristiche tecniche

Dimensioni in cm: 105 x 61 x 135.

Peso: circa 170 Kg. (con box trasporto circa 280 Kg).

Alimentazione universale: 110VAC/60Hz o 220VAC/50 Hz.

Sistema da vuoto operante a: 24 VDC

Potenza elettrica: circa 600 W.

Classificazione granulometrica ed analisi chimica di aerosol sub-micronici.

Range aerodinamico: 40 nm – 1 µm.

ToFMS: lo spettrometro a tempo di volo può lavorare in configurazione a bassa risoluzione (V) o ad alta risoluzione (W):

	limite di rilevabilità $\mu\text{g}/\text{m}^3$	risoluzione	Range di massa
HR-ToF-AMS (V-mode)	0.003	Unitaria (1000)	1-1200
HR-ToF-AMS (W-mode)	0.05	4000	1-1200

Limiti di rilevabilità determinati acquisendo 1 minuto e con un rapporto S/N 3/1. Il limite è calcolato sullo ione nitrato (per le specie organiche si ha una rilevabilità 1 volta inferiore per il solfato, 2 volte inferiore mentre l'ammonio è 20 volte inferiore).

Parametri misurati e formati di output

Tutte le elaborazioni sono fornite in formato HDF (Hierarchical Data Format) ed eseguite tramite applicativi IGOR Pro 6.2.

- Distribuzione aerodinamica degli aerosols nel range 40nm – 1µm.
- Spettri di massa di sostanze inorganiche (nitrato, solfati, ammonio) e speciazione di sostanze organiche per classi di composti.
- (idrocarburi saturi e insaturi, idrocarburi ossigenati ecc.).
- Determinazione della composizione elementare (O:C, H:C).

MIVIS

Multispectral Infrared & Visible Imaging Spectrometer

Ubicazione: CNR - Istituto sull'Inquinamento Atmosferico

Responsabile: Rosa Maria Cavalli
cavalli@iia.cnr.it / Tel: 06-49934479

A



Caratteristiche tecniche

Il sistema MIVIS è composto di 5 elementi:

testa di scansione (B nella figura) è alta 67 cm, larga 52 cm e profonda 61 cm; Digitalizzatore, Distributore di alimentazione (28Volt corrente continua), *Moving Window Display* e Registratore sovrapposti e l'intera colonna (A nella figura) è alta 102 cm, larga 48 cm e profonda 61 cm.

Peso totale del sistema: 209 kg.

Campo di vista totale FOV (Field Of View): 90.0°.

Campo di vista istantaneo IFOV (*Instantaneous Field Of View*: 2.0 mrad.

Velocità rotazionale di scansione selezionabile SRF (*Scan Rotational Frequency*: 25, 16.7, 12.5, 8.3, 6.25 Hz.

102 bande spettrali simultaneamente digitalizzate e registrate.

Copertura spettrale compresa tra 0.43 e 12.7 μm tramite 4 spettrometri:

Spettrometro	Intervallo spettrale (nm)	Canali	Larghezza di banda, Full-Width Half-Maximum, FWHM (nm)
I	430 - 830	20	20
II	1.150 – 1.550	8	50
III	2.000 – 2.500	64-32	8
IV	8.200 – 12.700	10	450

- 2 corpi neri di riferimento calibrabili in funzione della temperatura ambiente.

Parametro misurato: radianza al sensore ($\text{nW}/\text{cm}^2/\text{sr}/\text{nm}$).

Formati di output: immagini a 102 bande spettrali nei formati BIL, BSQ e BIP.

Piattaforma aerea: CASA 212C di proprietà della BlomCGR S.p.A.

Il MIVIS è stato utilizzato per numerose applicazioni per lo studio della superficie terrestre e dell'atmosfera ed è stato impiegato per progetti di ricerca che per attività di servizio di interesse delle amministrazioni pubbliche (es. Programma Operativo Nazionale "Sicurezza per lo sviluppo - Obiettivo Convergenza 2007-2013").

HySpex Swir-320m

Ubicazione: CNR – Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale

Responsabile:

Stefano Pignatti / pignatti@imaa.cnr.it

Angelo Palombo / palombo@imaa.cnr.it



Caratteristiche tecniche

Peso: 7.0 Kg + PC di controllo $\approx$ 3 Kg.

Dimensioni: (36.0 x 14.0 x 15) cm + PC di controllo (in comune con HySpex VNIR-1600). Alimentazione (220/24 V).

Potenza elettrica: 100 w + PC di controllo (in comune con HySpex VNIR-1600) $\approx$ 200 w.

Performance (NE Δ R < 0.07 mW/ - m² nm sr - per oltre il 70% del range spettrale).

Piattaforma: Aeromobile P68 equipaggiato con GPS/IMU Novatel non di proprietà CNR.

Parametro misurato e formati di output

Misura la radianza spettrale nel range 1.3÷2.5 μ m, l'output è un'immagine in formato binario con header, le dimensioni sono 320 pixel spaziali x 240 bande spettrali in formato BIL.

Applicazioni

- Difesa e sicurezza: individuazione-identificazione obiettivi militari, sorveglianza, ricerca e salvataggio.
- Forestali: la mappatura delle foreste, classificazione e monitoraggio delle foreste.
- Agricoltura: agricoltura di precisione, monitoraggio della crescita, previsione delle rese.
- Geologia: mappatura dei minerali, l'impatto ambientale attorno ad aree minerarie.
- Monitoraggio ambientale: fioritura di alghe, versamenti di materiali petroliferi, monitoraggio del mare, glaciologia.
- Monitoraggio del territorio: pianificazione urbana.

HySpex VNIR-1600

Ubicazione: CNR – Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale

Responsabile:

Stefano Pignatti / pignatti@imaa.cnr.it

Angelo Palombo / palombo@imaa.cnr.it

Caratteristiche tecniche

Peso: 4.6 Kg + PC di controllo $\approx$ 3 Kg.

Dimensioni: 31.5 x 8.4 x 13.8 cm + PC di controllo (in comune con HySpex Swir-320 m).

Alimentazione: 220/24 V.

Potenza elettrica: 6 w + PC di controllo (in comune con HySpex Swir-320m) $\approx$ 200 w.

Parametri misurati: radianza spettrale nel range (0.4 – 1.0 μm), performance ($\text{NEdR} < 0.3 \text{ mW} / - \text{m}^2 \text{ nm sr}$ - per oltre il 70% del rang spettrale).

Piattaforma: Aeromobile P68 equipaggiato con GPS/IMU Novatel non di proprietà CNR.

Parametro misurato e formati di output

Misura la radianza spettrale nel range 0.4÷1.0 μm , l'output è un'immagine in formato binario con header, le dimensioni sono 1600 pixel spaziali x 160 bande spettrali con interleave BIL.



Applicazioni

- Difesa e sicurezza: individuazione - identificazione obiettivi militari, sorveglianza, ricerca e salvataggio.
- Forestali: la mappatura delle foreste, classificazione e monitoraggio delle foreste.
- Agricoltura: agricoltura di precisione, monitoraggio della crescita, previsione delle rese.
- Geologia: mappatura dei minerali, l'impatto ambientale attorno ad aree minerarie.
- Monitoraggio ambientale: fioritura di alghe, versamenti di materiali petroliferi, monitoraggio del mare, glaciologia.
- Monitoraggio del territorio: pianificazione urbana.

TASI 600

Ubicazione: CNR – Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale

Responsabile:

Stefano Pignatti / pignatti@imaa.cnr.it

Angelo Palombo / palombo@imaa.cnr.it

Caratteristiche tecniche

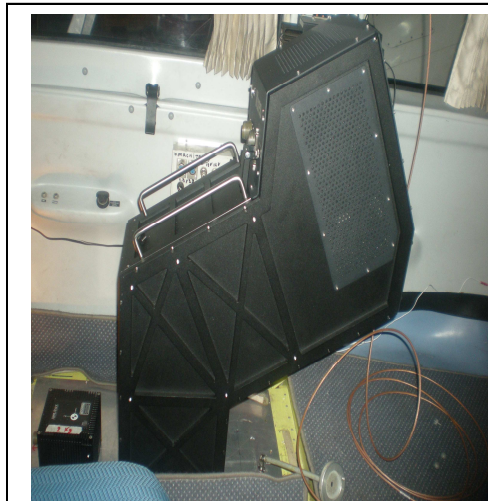
Peso: 40 Kg + PC di controllo $\approx$ 10 Kg + display $\approx$ 3 Kg.

Dimensioni: 30.0x85.0x20.0 cm + PC di controllo 48.3x17.8x52.3 cm, alimentazione (32/24 V).

Potenza elettrica: 200 w + PC di controllo $\approx$ 400 w.

Parametri misurati: radianza spettrale nel range ($8\div 11.5 \mu\text{m}$), performance ($\text{NE}\Delta T < 0.2 \text{ K}$ @ 300 K).

Piattaforma: Aeromobile P68 equipaggiato con GPS/IMU Novatel.

**Parametro misurato e formati di output**

Misura la radianza spettrale nel range $8\div 11.5 \mu\text{m}$, l'output è un'immagine in formato binario con header, le dimensioni sono 620 pixel spaziali x 32 bande spettrali con interleave BIL.

Applicazioni

- Difesa e sicurezza: individuazione-identificazione obiettivi militari, sorveglianza, ricerca e salvataggio.
- Agricoltura: mappatura dei suoli.
- Geologia: mappatura dei minerali, l'impatto ambientale attorno ad aree minerarie.
- Monitoraggio ambientale: versamenti di materiali petroliferi, inquinamento dei suoli.
- Monitoraggio del territorio: pianificazione urbana.

ALTO***Airborne Laser Tunable Observer***

Ubicazione: CNR - Istituto Nazionale di Ottica

Responsabile:

Francesco D'Amato / francesco.damato@ino.it

Silvia Viciani / silvia.viciani@ino.it

Tel. 055 2308267

Caratteristiche tecniche

Parametro misurato: misura assoluta della concentrazione in situ del Metano (CH_4).

Sensibilità: 50 ppb ; Precisione: 5 % ; Accuratezza: 10-15 % ; Risoluzione temporale: 5 s.

Alimentazione e Potenza: ALTO necessita solo di un'alimentazione con potenza 25 W+150 W per riscaldatori.

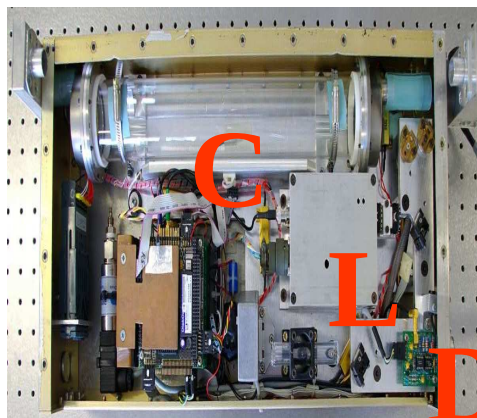
Aggiornamenti: attualmente è in costruzione una nuova versione realizzata con fibre ottiche e una nuova elettronica. E' previsto un incremento delle prestazioni strumentali.

Dimensioni: 26 x 60 x 11 cm³ ; Peso: 25 kg.

Piattaforma aerea su cui è stato impiegato: aereo stratosferico M55 Geophysica del Myasishchev Design Bureau (MDB), Russia (Quota di volo max: 21830 m; Range: 4500 km; Velocità: 210 m/s; Payload: 1500 kg; Durata: 5h 40').

Formati di output

2 file binari registrati ogni ora e contenenti rispettivamente: gli spettri di assorbimento del CH_4 acquisiti ogni 4-5 s (file di circa 12 MB) + i dati di housekeeping acquisiti ogni s (file di circa 400 kB). Gli spettri acquisiti vengono processati a terra per fornire la concentrazione di CH_4 .



La concentrazione del gas (pompato dall'esterno della piattaforma dentro una cella multi-passo **C**) viene calcolata misurando con un rivelatore **D** l'assorbimento della radiazione laser che attraversa la cella **C**.

Attualmente è in costruzione una versione di ALTO realizzata con fibre ottiche.

Applicazioni

ALTO è stato impiegato per la misura di Metano nelle zone della bassa stratosfera - alta troposfera durante campagne di misura tropicali a bordo dell'aereo stratosferico M55 Geophysica:

- 2005-TROCCINOX-2: *Tropical Convection, Cirrus and Nitrogen Oxides Experiment* (Brasile).
- 2005-SCOUT-O3: *Stratospheric Climate Links with Emphasis on the Upper Troposphere and Lower Stratosphere* (Australia).
- 2006-AMMA: *African Monsoon Multidisciplinary Analysis* (BURKINA-FASO).

COLD

Cryogenically Operated Laser Diode

Ubicazione: CNR - Istituto Nazionale di Ottica

Responsabile:

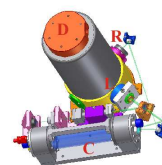
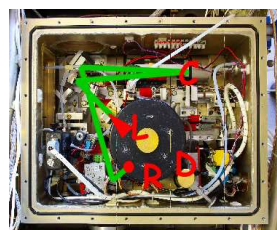
Francesco D'Amato / francesco.damato@ino.it

Silvia Viciani / silvia.viciani@ino.it

Tel. 055-2308267

Formati di output

2 file binari o NetCDF registrati ogni ora e contenenti rispettivamente: gli spettri di assorbimento del CO acquisiti ogni 4-5 s (file di circa 18 MB)+ i dati di housekeeping acquisiti ogni s (file di circa 700 kB). Gli spettri acquisiti vengono processati a terra per fornire la concentrazione di CO.



La concentrazione del gas (pompato dall'esterno della piattaforma dentro una cella multi-passo **C**) viene calcolata misurando con un rivelatore **R** l'assorbimento della radiazione laser che attraversa la cella **C**.

Nella versione attuale dello strumento il laser (**L**) e il rivelatore (**R**) sono raffreddati all'azoto liquido e inseriti in un dewar (**D**). Nella versione futura la parte criogenica dovrà essere sostituita da una sorgente laser QCL (*Quantum Cascade Laser*) a temperatura ambiente.

Caratteristiche tecniche

Parametro misurato: misura assoluta della concentrazione in situ del Monossido di Carbonio (CO). Sensibilità: 1-2 ppb ; Precisione: 1-2%. Accuratezza: 6-9% ; Risoluzione temporale: 5 s. Alimentazione e Potenza: COLD necessita solo di un'alimentazione con potenza 150 W+150 W per riscaldatori.

Aggiornamenti: COLD necessita di cambiare l'attuale sorgente laser criogenica con una sorgente QCL (*Quantum Cascade Laser*) a temperatura ambiente, per permettere un'operatività a lungo termine (giorni e non più 7-8 ore).

Dimensioni e peso stimate per la nuova versione: 30 x 75 x 20 cm³ con un peso di 35 kg.

Piattaforma aerea su cui è stato impiegato: aereo stratosferico M55 Geophysica del Myasishchev Design Bureau (MDB), Russia (Quota di volo max: 21.830 m; Range: 4.500 km; Velocità: 210 m/s; Payload: 1.500 kg; Durata: 5 ore 40').

Applicazioni

COLD è stato impiegato per la misura di Monossido di Carbonio nelle zone della bassa stratosfera - alta troposfera durante campagne di misura tropicali e polari a bordo dell'aereo stratosferico M55 Geophysica:

- 2005 TROCCINOX-2: *Tropical Convection, Cirrus and Nitrogen Oxides Experiment* (Brasile).
- 2005 SCOUT-O3: *Stratospheric-Climatic Links with Emphasis on the Upper Troposphere and Lower Stratosphere* (Australia).
- 2006 AMMA: *African Monsoon Multi-disciplinary Analysis* (Burkina-Faso).
- 2010 RECONCILE: *Reconciliation of essential process parameters for an enhanced predictability of arctic stratospheric ozone loss and its climate interactions* (Svezia e Isole Svalbard).

InSAR**Radar ad Apertura Sintetica (SAR) interferometrico in banda X a tre canali**

Tale sistema è frutto della collaborazione tra il Consorzio Telaer e l'IREA-CNR, nell'ambito dell'accordo quadro stipulato tra AGEA e CNR. In particolare, il CNR è proprietario del sistema di upgrading interferometrico, rappresentato da una coppia di canali di acquisizione in banda X e dal sistema di navigazione di bordo.

Ubicazione: presso Telaer, Via Cannizzaro 71 - 00156 Roma.

Responsabile:

Ing. Stefano Perna / Tel. 081-5707999

**Caratteristiche tecniche**

Il radar consta di tre canali, uno Tx/Rx, due Rx.
Portante: 9.55 GHz (banda X).
Banda: fino a 400 MHz (Risoluzione spaziale: fino a 0.5 m).
Potenza di picco: 2.5 KW Potenza media: 150 W.
Swath: 1 – 7 Km (circa 2Km con risoluzioni dell'ordine del metro).

Piattaforma aerea: Learjet 35A, di proprietà del Consorzio Telaer S.T.A. Propulsione: due turbofan Garret T731. Max massa al decollo: 8310 kg. Max velocità operativa: 800 Km/h. Autonomia: 4000 km. Quota di volo: fino a 8400 m.

Applicazioni

A seguito dell'operazione di "upgrading interferometrico", lo strumento potrà essere impiegato per la generazione di modelli digitali del terreno e mappe di deformazione del suolo ad alta risoluzione. La flessibilità operativa garantita dall'impiego del vettore aereo sarà cruciale in vari scenari, come ad esempio nell'ambito della gestione delle fasi successive a situazioni di emergenza legate ad eventi vulcanici, sismici e/o idrogeologici, consentendo di superare i limiti operativi legati all'utilizzo esclusivo di sensori SAR satellitari.

Parametro misurato e formati di output

- Profilo altimetrico della scena illuminata (DEM) con risoluzione spaziale ed accuratezza in quota dell'ordine del metro (prodotto interferometrico a singolo passaggio).
- Deformazione del suolo con risoluzione spaziale dell'ordine del metro e accuratezza centimetrica, in alcuni casi sub-centimetrica (prodotto interferometrico multi-passaggio).

I suddetti parametri saranno forniti, in coordinate cartografiche, su file in formato *float* o *ascii*.

N.B. Tali parametri non sono direttamente ottenibili dai dati "grezzi" acquisiti durante i sorvoli, bensì il sono il risultato di elaborazioni avanzate effettuate su tali dati.

LiDAR Aerotrasportato RIEGL – Q680i

Ubicazione: CNR - Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica

Responsabile: Giorgio Lollino
giorgio.lollino@irpi.cnr.it

Caratteristiche tecniche

2.44 X 0.60 X 0.25 m (pod di alloggiamento esterno), Kg. 55, alimentazione 18 – 32 VDC, assorbimento: 7° (solo sensore laser).

Parametri misurati: scatti fotografici, impulsi multipli laser riflessi.

Quota di volo tipica: 1.500 m AGL.
Aeromobili / elicotteri: AS350 su POD esterno o con botola fotogrammetrica idonea su velivoli *General Aviation* turboelica.

Accuratezza impulso laser: 0,08 m H / 0,04 m V + IMU/GPS.

GSD: 0,35 (@ 800 m AGL).

Divergenza laser: < 0,3 mrad.



Applicazioni e Progetti

- Dissesto idrogeologico, con particolare riferimento ai processi gravitativi di versante.
- Dinamica fluviale, fornendo un supporto di base insostituibile per la messa a punto di modelli idraulici, idrologici e idromorfologici e per lo studio dell'evoluzione morfologica dei corsi d'acqua.
- Coperture vegetali e dell'uso del suolo.
- Produzione cartografica.
- Produzione orto fotografica.
- Produzione modelli digitali del terreno a elevata densità.

Formati Output

Laser: raw, las (1.0,1.1,1.2), BIN, ASCII.

Camera: Raw, TIFF.

GPS/IMU: Time, XYZ, RPH.

Sensore aviotrasportato iperspettrale VNIR

Ubicazione: CNR – Istituto di Ricerca Sulle Acque

Responsabile:

Ing. Michele Vurro / michele.vurro@cnr.it

Dr. Vito Felice Uricchio / vito.uricchio@ba.irsac.cnr.it

Il sensore è in fase di acquisizione.

Il bando è pubblicato sul sito www.le.isac.cnr.it/gare.

Data di invio del bando alla G.U. della Repubblica Italiana: 01/02/2011.

Data di invio del bando alla G.U. dell'Unione Europea: 01/02/2011.

Caratteristiche tecniche

Tecnologia sensore:	Pushbroom.
Range spettrale:	380-1000 nm.
FOV:	40 +/-2 Deg.
# canali spettrali:	almeno 250.
Risoluzione spettrale:	4 nm o inferiore.
# pixel per linea (CCD):	almeno 1.200.
Digitalizzazione:	12 bit o superiore.
Affidabilità spaziale:	+/- 0.35 pixel.

Da montare su velivolo bimotore, munito di singola o doppia botola fotogrammetrica, con velocità compresa tra circa 170 ÷ 460 km/h, munito di piattaforma inerziale tipo Applanix o Novatel.

I dati forniti saranno mappe di radianza o riflettenza georiferite e ortorettificate tramite software proprietario.

Sensore aviotrasportato iperspettrale VNIR

Ubicazione: CNR – Istituto di Ricerca Sulle Acque

Responsabile:

Ing. Michele Vurro / michele.vurro@cnr.it

Dr. Vito Felice Uricchio / vito.uricchio@ba.irs.cnr.it

Il sensore è in fase di acquisizione.

Il bando è pubblicato sul sito www.le.isac.cnr.it/gare.

Data di invio del bando alla G.U. della Repubblica Italiana: 01/02/2011

Data di invio del bando alla G.U. dell'Unione Europea: 01/02/2011

Caratteristiche tecniche

Tecnologia sensore:	Pushbroom.
Range spettrale:	8-12um.
FOV:	>= 45 Deg.
# canali spettrali:	1.
Risoluzione spettrale:	4 nm o inferiore.
# pixel per linea (CCD):	>= 300.
Digitalizzazione:	12 bit o superiore.
NETD:	0.2 °C a 20 °C.

Da montare su velivolo bimotore, munito di singola o doppia botola fotogrammetrica, con velocità compresa tra circa 170 ÷ 460 km/h, munito di piattaforma inerziale tipo Applanix o Novatel.

I dati forniti saranno mappe di radianza o temperatura di brillantezza, georiferite e ortorettificate tramite software proprietario.

ISAC Airborne Photometer (ISAC-AP)

Ubicazione: CNR – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile: Vito Vitale
v.vitale@isac.cnr.it / Tel. 051-6399595

Caratteristiche tecniche

Peso: < 10 Kg.
Dimensioni 25 cm di diametro di base x 30 cm h.
28V DC potenza max 30 W.
Strumento basato su *solid state* doppio monocromatore e CCD lineare, dynamic range 3000:1, 14 bit A/D converter, exposure time ranging from 2.1 ms up to 5 s.

Il primo prototipo ha volato sul POLAR-4 dell'AWI, un Dornier DO-228-101, max. payload 1.000 kg (3 ore volo), endurance senza payload 3.000 km, velocità max 330 km/h, quota crociera 2.500 m, quota massima 7.600 m, potenza disponibile per la scienza 350 A a 28V DC, numero passeggeri 8.

Parametri misurati

Flusso solare diretto da 300 a 1.100 nm con una risoluzione variabile da 2 a 4 nm. File ASCII su elettronica a bordo. Possibilità di interfacciamento a PC e software dedicato e di visualizzazione grafica misure e pre-analisi. Frequenza di misura impostabile nell'intervallo di valori che va da 5 secondi a 1 minuto.



Applicazioni

Determinazione dello spessore ottico delle particelle (AOT) e del suo spettrale a diverse quote. Possibilità di determinare la distribuzione delle particelle nella colonna sovrastante la quota di misura con ipotesi e/o informazioni sull'indice di rifrazione. Possibilità di ricavare il coefficiente di estinzione medio in strati di 200-500 metri di spessore, e da questo numerose informazioni su *size distribution*, concentrazione particelle etc.

Un primo prototipo ha partecipato alla campagna ASTAR 2007 alle Svalbard.

CPC

Condensation Particle Counter

Ubicazione: CNR - Istituto di Scienze
dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile: Franco Belosi
f.belosi@isac.cnr.it
Tel.: 051-6399568



Caratteristiche tecniche

Peso: 12 Kg.
Dimensioni: 22 x 26 x 30.
Alimentazione: 220 V.
Numero particelle da 5 nm a 1.000 nm.

Parametri misurati

Misura della concentrazione di particelle ultrafini.
PNRA e MONITER (ARPA-EMR).
Numero di particelle complessive per unità di volume.

File in formato testo o xls.

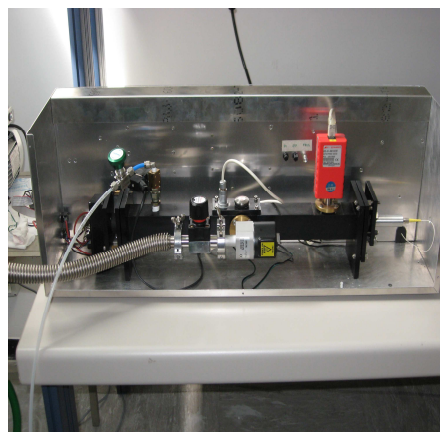
CRD***Cavity Ring Down Aeroportato***

Ubicazione: CNR - Istituto di Scienze
dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile: Marcel Snels
m.snels@isac.cnr.it / Tel. 06-49934316

Parametri misurati

Coefficiente di estinzione aerolica in Mm^{-1} .
Concentrazione di gas in ppm.
Velocità di campionamento: 1 secondo.

**Caratteristiche tecniche**

Peso: circa 25 Kg, dimensioni 80x30x30. Alimentazione 220 V, potenza elettrica circa 500 Watt.

Performance: Coefficienti di estinzione aerosolica da $1 - 1.000 Mm^{-1}$.

Concentrazione di gas:

- H₂O 1 ppm
- CO 0.2 ppm
- CH₄ 3 ppm
- H₂S 10 ppm

Applicazioni

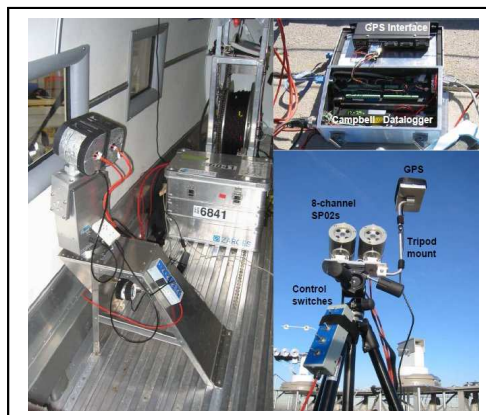
- Misurazione estinzione aerosolica.
- Misurazione concentrazione gas atmosferici, quali vapor d'acqua, metano, CO, H₂S, N₂O, NH₃.

Lo strumento è stato sviluppato nell'ambito del progetto Aeroclouds, con lo scopo di misurare la concentrazione del vapor d'acqua in troposfera. Era previsto il suo impiego su un aereo ma dato la indisponibilità dell'aereo non ha mai volato. Il prototipo portatile è stato sviluppato nell'ambito del progetto ISOTREX per la misurazione di vapori di esplosivi.

ISAC-NOAA *Sun photometer*

Ubicazione: CNR – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile: Vito Vitale
v.vitale@isac.cnr.it / Tel 051-6399595

**Caratteristiche tecniche**

6 kg + tracker 20 kg; alimentazione 24V DC; potenza max 100W (riscaldamento) tipica < 50 W; parametri di controllo misurati: tensione e temperature interne. Segnale: voltaggi in mV, sensibilità 0.001 mV, accuratezza 0.003.

Lo strumento ha votato sul POLAR-5 dell'AWI, un Basler BT-67, max. payload 2500 kg (3 h volo), endurance senza payload 3000 km, velocità max 380 km/h, quota crociera 2500 m, quota massima 7600 m, potenza disponibile per la scienza 550 A a 28V DC, numero passeggeri 18.

Applicazioni

Determinazione dello spessore ottico delle particelle (AOT) e del suo spettrale a diverse quote. Possibilità di determinare la distribuzione delle particelle nella colonna sovrastante la quota di misura con ipotesi e/o informazioni sull'indice di rifrazione.

Possibilità di ricavare il coefficiente di estinzione medio in strati di 200-500 metri di spessore, e da questo numerose informazioni sulla distribuzione e sulla concentrazione delle particelle.

Lo strumento ha partecipato alla campagna PAM-ARCMIP 2009.

Parametri misurati

Flusso solare diretto in 8 canali spettrali del visibile e vicino infrarosso, unico file ASCII su datalogger Campbell che comprende segnali, flags, temperature, GPS etc. 1 record per scanning. Frequenza di misura impostabile su 5 sec oppure 1 minuto.

GASCOD-A4 π UV-Vis spectroradiometer

Ubicazione: CNR - Istituto di Scienze
dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile: Ivan Kostadinov
i.kostadinov@isac.cnr.it / tel. 051 6399622/33

Caratteristiche tecniche

Peso:

Unità Ottica – 38 Kg / Unità Elettronica - 15 Kg.

Volume: $0.125 \text{ m}^3 + 0.043 \text{ m}^3$.

Potenza di consumo: < 450 W.

Risoluzione spettrale: $0.4 \div 0.7 \text{ nm}$.

Campo di vista: 3 ingressi ottici per DOAS con $1.1 \times 10^{-5} \text{ sr}$, (1 zenith, 2 orizzontali) + 2 ingressi ottici $2\pi \text{ sr}$ per spettrometria.

Lo strumento è stato installato a bordo dell'aereo stratosferico russo M55-Geophysica.

Requisiti del volo:

da definire alimentazione elettrica; ingressi ottici sull'aereo.

Parametri misurati

Misure DOAS in geometria Zenith e Nadir

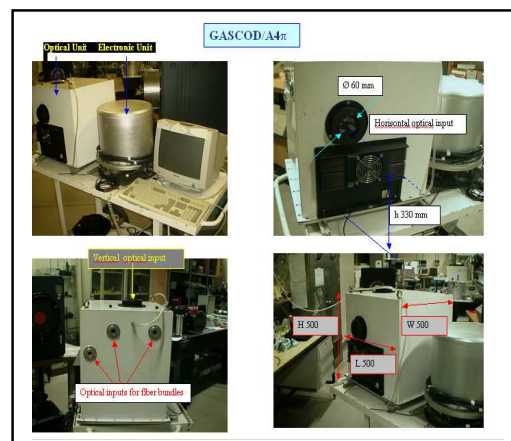
Contenuto colonnare di O_3 , NO_2 , BrO, OCIO, ecc.

Misure DOAS in geometria Orizzontali

Contenuto *quasi in-situ* di O_3 , NO_2 , BrO, OCIO, ecc.

Misure Spettroradiometriche:

- Actinic flux;
- $J(\text{NO}_2)$ values.



Applicazioni

GASCOD/A4 π è una versione "airborne" del DOAS UV-Vis. Lo strumento è stato progettato per acquisire il contenuto colonnare di O_3 , NO_2 , BrO, OCIO, NO_3 , SO_2 , etc. dallo spettro caratteristico di assorbimento a banda stretta, applicando la legge di Beer-Lambert in forma differenziale.

GASCOD/A4 π può operare anche come spettroradiometro fornendo misure di flussi di "upwelling & downwelling" risolti spettralmente e derivando valori di J.

Progetti: APE-THESEO, APE-GAIA, APE-INFRA; APE-ENVISAT, aree polari (Kiruna, Ushuaia), tropici (Seychell, Arrasatuba, Brazil), medie latitudini (Forlì) dedicato a studi UTLS, ozono, validazione di dati satellitari, etc.

MAS

Multiwavelength Aerosol Scatterometer

Ubicazione: CNR – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile: Francesco Cairo
f.cairo@isac.cnr.it

Caratteristiche tecniche

40 Kg, 60 x 60 x 80, 28 Vdc, 150 W.

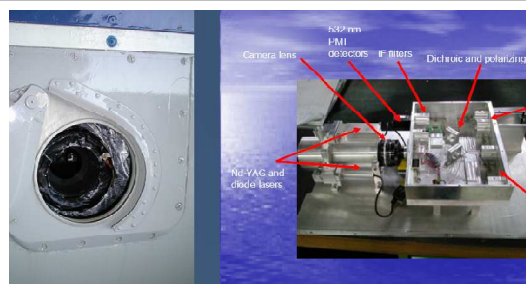
Misura le caratteristiche ottiche delle particelle in sospensione nell'atmosfera.

E' stato utilizzato esclusivamente sull'M55-Geophysica, un aereo per ricerca in alta quota. Tale aereo ha un ceiling di 21 km, una endurance di 5 ore, una velocità di 200 m/s.

Parametri misurati

Misura l'*Aerosol backscattering coefficient* (sensibilità/accuratezza $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e l'*Aerosol depolarization* (sensibilità / accuratezza 2%), lungo un profilo orizzontale, ortogonalmente alla direzione di volo, da un metro a poche centinaia di metri dalla piattaforma ospitante, con risoluzione di 0.1 m, a 532 nm.

Il profilo viene fornito ogni 5s. Il formato di uscita è in ASCII. Necessità di misure di pressione, temperatura e geolocalizzazione quali parametri ancillari.



A sinistra, l'oblò di uscita sulla carlinga del velivolo, a destra il piano ottico dello strumento.

Applicazioni

E' essenzialmente un lidar elastico a corto raggio (alcune centinaia di metri) e trova applicazione nello studio di nubi e aerosol.

E' complementare a misure di contatori ottici di particelle, potendo individuare la fase termodinamica del particolato e permettendo un uso sinergico dei dati, per l'individuazione dell'indice di rifrazione del particolato.

Ha partecipato ad attività di studio sui cirri sub visibili tropicali e le nubi stratosferiche polari, nei seguenti programmi di ricerca: RECONCILE; APE-TROCCINOX SCOUT-O3; APE-INFRA; APE-EUPLEX; APE-ENVISAT; APE-THESEO; APE; APE-GAIA.

RAMNI**Radar ottico Aviotrasportato per il Monitoraggio delle *Noflight zones* sopra l'Italia**

Ubicazione: CNR – Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

Responsabile:

Francesco Cairo / f.cairo@isac.cnr.it

Guido Di Donfrancesco / guido.didonfrancesco@enea.it



Il sistema montato a bordo di un C27J della AM.

Caratteristiche tecniche

50 Kg, 40 x 50 x 80, 28 Vdc, 300 W.

Misura lungo un profilo verticale le caratteristiche ottiche delle particelle in sospensione nell'atmosfera.

E' stato utilizzato esclusivamente su un aereo C27J dell'Aeronautica Italiana, in un progetto pilota per il monitoraggio delle polveri vulcaniche in atmosfera. Il C27J ha caratteristiche analoghe a quelle degli Hercules C-130.

Applicazioni

E' un lidar elastico a due lunghezze d'onda, con diversità di polarizzazione, e trova applicazione nello studio di nubi sottili e aerosol; può individuare la fase termodinamica del particolato.

E' stato utilizzato in un recente progetto pilota per il monitoraggio delle polveri vulcaniche in atmosfera.

Parametri misurati

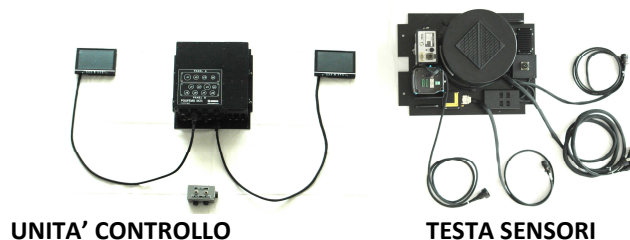
Misura l'aerosol *backscattering coefficient* (sensibilità/accuratezza $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$) e l'aerosol *depolarization* (sensibilità/accuratezza 2%), fornendone il profilo verticale dalla piattaforma ospitante fino a 15 km di quota, con una risoluzione di 30 m, a 532 nm.

Tale profilo viene fornito ogni 5 s. Il formato di uscita è in ASCII. Necessità di misure di pressione, temperatura e geolocalizzazione quali parametri ancillari.

POLIFEMO M21 SPETTROMETTRO A IMMAGINE A 21 CANALI

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it
cell. 338 5765873



Caratteristiche tecniche

Peso: 13 Kg
Potenza assorbita: 8 Amp @12VDC.
Dimensioni: 400 x 330 x 490 mm.

Specifiche Unità Acquisizione e Controllo:

Peso: 7.5 Kg.
Potenza Assorbita: 6 Amp @12VDC.
Dimensioni: 350 x 160 x 340 mm.

Specifiche Piattaforma Aerea:

Imbarcato su velivolo ERA – Sky-Arrow (quota di volo, endurance, etc).

Applicazioni

Classificazione Forestale.
Controllo discariche abusive.
Perimetrazione incendi.
Valutazione biomasse.
Monitoraggio sversamenti e inquinamento acque interne.
Monitoraggio e analisi rischio incendi.

Channel	Description	SPECTRAL RANGE		OPTICS				SENSORS			DIGITIZATION (pixels)
		Min. Freq. (nm)	Max. Freq. (nm)	Type	Focal Length (mm)	f	FOV	Sensors (pixels)	Acquisition Mode	bit	
1 - 8	VIS/NIR	400	950	HiRes	15	4	H32° V27°	2440*2050	Digital	8	2440*2050
9 - 19	MIR	950	1700	LowRes	15	4	H32° V27°	640*512	Digital	10	640*512
20	COL	420	650	HiRes	15	4	H32° V27°	2440*2050	Digital	8	2440*2050
21	Thermal	3-5 or 8-14 micron (µm)		LowRes	60	1,1	H11° V8°	320*240	Digital	12	320*240

GRIMM 1.109

Aerosol Spectrometer

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it



Caratteristiche tecniche

Dimensioni Esterne: 0.1 x 0.3 x 0.3 m.

Peso: 2 Kg.

Modalità di funzionamento: in situ.

Campo: Campo di misura: da 0,25 a 32 μ m in 31 canali di dimensioni: 0,25-0,28 - 0,3-0,35 - 0,4 - 0,45 - 0,5-0,58 - 0,65 - 0,7-0,8 - 1.0 - 1.3 - 1,6-2,0 - 2,5 - 3,0-3,5 - 4 - 5 - 6.5 - 7,5-8,5 - 10 - 12.5 - 15 - 17,5-20 - 25 - 30 - 32 μ m

Numeri di particelle: da 1 a 2.106 particle/litre.

Massa delle Polveri: da 0,1 a > 100.000 μ g / m.

Risoluzione: Riproducibilità: 3% max. gamma.

Dato misurato: PM2.5, PM10.

Formati di output: ASCII.

Applicazioni

I Dust monitor in grado di misurare il PM10 + PM2.5 ed il numero delle particelle e loro distribuzione di tutte le dimensioni, allo stesso tempo.

Il modello 1107 GRIMM fornisce la misura precisa della densità e dimensioni delle particelle indipendentemente dal colore delle polveri e dalla umidità.

RMT-200***Fast Methane Analyzer***

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi
Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it / cell. 338 5765873

Caratteristiche tecniche

Precisione.

Incertezza totale (senza taratura) <1% della lettura.

Gamma di misura (rispetta tutte le specifiche) 0,3-25 ppmv.

Range operativo (calibrazione esterna può essere richiesto) 005-100 ppmv.

Ripetibilità / Precision (1-sigma, tipici livelli ambientali, 0.1 Hz) 1 ppbv (al tasso di 1-Hz).

Tempo di risposta (tempo di flusso attraverso la cella di misura) 0,05 secondi (w / pompa del vuoto esterno opzionale) 25 secondi (standard con pompa del vuoto interno).

Parametri misurati: CH₄.
Formato uscita: ASCII.

**Applicazioni**

Il Los Gatos consente misure di metano fino a 20 Hz. L'analizzatore è semplice da usare, basso consumo e robusto, che lo rende ideale per un'ampia varietà di studi di settore che prevedono misure di questi gas serra.

La capacità unica di analizzatori di LGR per effettuare le misure vere a velocità di trasmissione di 20Hz li rende l'unica scelta reale per le misure di flusso *eddy covariance*.

LI-7500***CO₂ and H₂O by open-path IR absorption***

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi
Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it / cell. 338/5765873

**Caratteristiche tecniche**

Tipo: analizzatore di gas a infrarossi open-path, non dispersivo.

Rivelatore: termo-elettrico raffreddato seleniuro di piombo.

Larghezza di banda: 5, 10 o 20 Hz, selezionabile via software.

Lunghezza percorso: 12.5 cm (4.72").

Temperatura di esercizio: da -25 a 50 °C (da -40 a 50 °C test di verifica disponibile su richiesta).

Uscite: RS-232 (massimo 20 Hz), SDM (selezionabile dall'utente a 50Hz), 2 DAC a 16 bit aggiornato a 300 Hz.

Ingressi ausiliari: 2 canali per sensori di temperatura e pressione (durante la calibrazione).

Ingresso ausiliario con sensore di pressione: 0-4.096 V ($\pm 5V$ reiezione di modo comune).

Requisiti di alimentazione: da 10.5 a 30 volt corrente continua.

Consumo energetico: 30 W durante il warm-up, 10 W in stato stazionario.

Dimensioni:

Testa: Dia 6.5 cm, lunghezza 30 cm. Progettato per un disturbo minimo di flusso del vento.

Dato misurato: CO₂, H₂O

Applicazioni

The LI-7500 is a high performance, non-dispersive, open path infrared CO₂/H₂O analyzer designed for use in eddy covariance flux measurement systems. Some of the LI-7500's important features include:

- simultaneous measurements of CO₂ and H₂O in the free atmosphere.
- High speed measurements. Internal 150 Hz measurements are digitally filtered to provide a true 5, 10, or 20 Hz bandwidth.
- Withstands exposure to rain or snow without damage or calibration shift.
- Versatile output options: DACs, SDM, and RS-232.
- Simple Windows® software provides for easy user calibration and configuration.

Flir A40-M**Termocamera a Infrarossi**

Termocamera a infrarossi ultracompatta per applicazioni di automazione industriale e controllo dei processi

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it / cell. 338-5765873

**Caratteristiche tecniche**

Peso: 1.4 Kg.

Dimensioni: 207 mm x 92 mm x 109 mm.

Alimentazione: batteria e adattatore AC 110/120 V.

Tensione: 10/30 V nominale, < 6 W.

Caratteristiche immagine:

- risoluzione spaziale (IFOV): 1,3 mrad;
- ris. termica: 0.08°C a 30°C alla piena frequenza di 50 Hz;
- range spettrale: 7,5-13 μ m.

La termocamera produce immagini di temperatura 16 bit.

Applicazioni

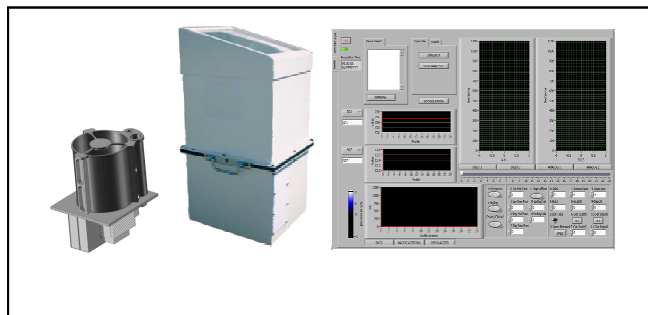
La termocamera ThermoVision A40-M permette di rilevare differenze di temperatura molto piccole fino a 0.08 °C nell'intervallo tra -40 °C e +500 °C.

Produce immagini ad alta risoluzione (320 x 240 pixel) che offrono oltre 76.800 singoli punti per ogni immagine a una velocità di aggiornamento di 50/60 Hz.

MLIDAR

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it

**Caratteristiche tecniche**

General description GREEN-IR ND-YAG Lidar.
Pulse energy 200 μJ @532nm and 700 μJ @1064 nm.
Shot rate up to 3 kHz.
Channels 2 on Green (direct and depolarized) and 1 on IR.
Measurement PhotonCounting + Analog over channels.
Spatial resolution. 1.5 m Range 50m-15.000 m.
Geolocalized data through internal GPS.
Eye-safety 500 m.
Internal sensors Temperatures and atmospheric pressure.
Dimensions: 300 x 300 x 400 mm.
Weight: 18 Kg.
Power consumption Type: 100W@12V Max:260W@12V (cold start).
Power supply: 12V regulated or 220V (option).
Temperature range Operating: 0-40 °C, Storage: -20+50 °C.
Humidity range <95% RH, non condensing.
(opt)UV wavelength UV channel 200 μJ @355 nm.
(opt)Remote console Remote controls and dash.
(opt)Expansion unit Provide up to 15 inputs for extra sensors.

Applicazioni

Progetto AMMA: Monitoraggio del trasporto delle polveri sahariane su scala continentale.
Rilevamento automatico dell'altezza del PBL.
Mappatura 3D di aree urbane per rilevamento sorgenti di particolato.
Analisi strati di aerosol e nuvole.

Software: MLIDAR Manager & PROLAB2011.

Output data: LIDAR profile direct & dep for each wavelength.

Data export formats:
DAT,ASCII, csv, MATLAB.

BAT-probe***"Best" Aircraft Turbulence probe***

Ubicazione: CNR - Istituto per i Sistemi
Agricoli e Forestali del Mediterraneo

Responsabile: Enzo Magliulo
enzo.magliulo@cnr.it / cell. 338 5765873

**Caratteristiche tecniche**

La BAT probe è una semisfera di alluminio di 15 cm di diametro montato su un cilindro in fibra di carbonio, che ingloba trasduttori di pressione, accelerometri, sensori termici.

Sviluppata dall'americana NOAA in collaborazione con l'australiana *Airborne Research Australia* (ARA). L'acronimo deriva dalla forma della sonda, che assomiglia ad una mazza da baseball. Lo scopo di questa sonda è di estendere in avanti la testa del sensore del velivolo in una regione di minimo disturbo del flusso. Il nome completo *"best aircraft turbulence probe"* riflette un impegno per l'eccellenza nella misurazione continua turbolenza. Il sistema è stato ideato da Tim Crawford alla fine degli anni 1980 e inizialmente sviluppato dal suo team della NOAA ATDD. E' stato in uso operativo dal 1989 e da allora il progetto si è evoluto in accuratezza, la modularità e duplicabilità. La versione attuale è in uso in tutto il mondo.

La sonda BAT incorpora sensori di ultimo disegno in un pacchetto autonomo che richiedono solo le connessioni per l'alimentazione e per la trasmissione seriale dei dati. La Temperatura interna della sonda è controllata per mantenere la stabilità di calibrazione in un ampio intervallo di

La BAT probe si integra con gli accelerometri triassiali di bordo, GPS di velocità e posizione, GPS a 4 canali per la misura dell'assetto, piattaforma inerziale ed altri componenti del sistema MFP.

Parametri misurati

Misura della turbolenza atmosferica attraverso il calcolo del vettore di vento tridimensionale finalizzato alla mappatura dello scambio netto ecosistemico e degli scambi di massa ed energia degli ecosistemi terrestri.