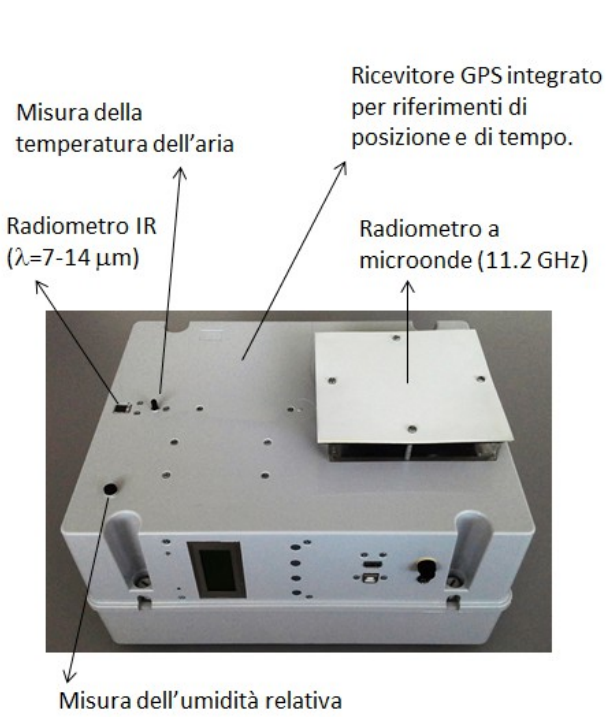
RadioAstroLab s.r.l.
60019 Senigallia (AN) - Italy
T +39 071 6608166
F +39 071 6612768
www.radioastrolab.it

Sperimentazioni & Misure: progetto ATMOSFERA

Flavio Falcinelli

Sperimentazioni & Misure: progetto ATMOSFERA

RAL_Atm: prototipo di radiometro MW e IR.



RadioAstroLab s.r.l. 60019 Senigallia (AN) - Italy - Via Corvi, 96
Tel: +39 071 6608166 - Fax: +39 071 6612768
info@radioastrolab.it www.radioastrolab.it

RadioAstroLab ha recentemente avviato un progetto di ricerca che riguarda lo studio dell'atmosfera, in particolare l'analisi delle caratteristiche della troposfera, lo strato vicino al suolo dove si localizzano i fenomeni meteorologici. In questo documento forniremo alcune informazioni preliminari sulla strumentazione utilizzata (in versione prototipale) e sugli obiettivi del progetto, rimandando gli aggiornamenti sugli sviluppi e sui risultati raggiunti ad articoli successivi.

La possibilità di utilizzare i nostri radiometri a microonde (banda 10-1 GHz) in applicazioni di *remote-sensing* del territorio e dell'atmosfera è molto interessante e apre nuove prospettive di ricerca, appetibili anche per lo sperimentatore dilettante.

Lo strumento che presentiamo, *RAL_Atm*, è un prototipo di radiometro a microonde (MW) e all'infrarosso (IR) progettato per misurare l'emissione termica degli strati dell'atmosfera vicini al suolo, per valutare la temperatura di brillanza dell'atmosfera e la sua trasparenza nella banda delle microonde (11.2 GHz), per verificare le proprietà di assorbimento e di diffusione dell'aria in modo da ottenere informazioni sulle caratteristiche del mezzo e dati utili a fini meteorologici e di tutela dell'ambiente. La possibilità di misurare l'opacità dell'atmosfera nella banda delle microonde (10-12 GHz) in modo da evidenziare la presenza di inquinanti nell'aria (smog, aerosol, fumi, etc..) è uno degli scopi principali del progetto.

Caratteristiche di *RAL_Atm*

Anche se l'atmosfera terrestre è relativamente trasparente alle onde radio, la sua influenza non è trascurabile. La presenza dell'atmosfera incrementa il rumore termico captato dalle antenne e, soprattutto alle frequenze radio più elevate (microonde), si verificano fenomeni di assorbimento e di diffusione dovuti alle molecole di gas presenti nell'aria. I processi fondamentali che regolano la propagazione delle onde radio attraverso l'atmosfera sono l'assorbimento, l'emissione e la diffusione. La radiazione dell'atmosfera, misurata da un radiometro a livello del suolo, è espressa in termini di temperatura di brillanza, definita come la temperatura fisica di un corpo nero (ideale) che emette la stessa potenza osservata dallo scenario. Per le temperature che caratterizzano l'atmosfera e per frequenze inferiori a 200 GHz la legge di Planck è ben approssimata con la relazione di Rayleigh-Jeans che stabilisce una proporzionalità fra la temperatura di brillanza dell'oggetto osservato e la sua temperatura fisica. Orientando l'antenna di un radiometro a microonde sullo zenith locale è possibile misurare l'opacità della stessa applicando la legge del trasferimento radiativo, dove le sorgenti radiative sono la temperatura di brillanza del fondo cosmico a microonde (circa 3 K) e i contributi di brillanza dei vari strati atmosferici lungo il cammino di vista dello strumento, pesati dalla funzione coefficiente di assorbimento volumetrico dell'aria. L'opacità (è una misura della trasparenza dell'aria), principale grandezza di interesse per la nostra sperimentazione, si calcola ipotizzando alcune ragionevoli approssimazioni sulla stratificazione dell'atmosfera e sulla sua temperatura media. L'opacità atmosferica, opportunamente elaborata, consente interessanti valutazioni sulla qualità dell'aria che respiriamo, in particolare sulla presenza di inquinanti nelle zone urbane.

Correlando le misure radiometriche a microonde con quelle radiometriche all'infrarosso (sensibili al contenuto di vapore acqueo, quindi alle formazioni nuvolose che transitano nel campo di vista dello strumento) e con le misure di temperatura dell'aria a di umidità a livello del suolo, è possibile ricavare una grande quantità di dati interessanti anche al punto di vista meteorologico che, opportunamente elaborati, consentono di azzardare previsioni sulle precipitazioni. Questo è un terreno fertile per la sperimentazione, che coinvolge raffinate tecniche di post-elaborazione dei dati: forniremo dettagli sugli sviluppi di questa interessante sperimentazione. La Fig. 4 mostra le informazioni che si ricavano elaborando i dati acquisiti dallo strumento.

Il prototipo *RAL_Atm* è stato costruito per “vedere” il cielo dal tetto di un automezzo adibito a laboratorio mobile (Fig. 1). E' indispensabile scegliere un luogo per la misura sgombro da alberi, costruzioni o strutture che, intercettate dalle antenne dei radiometri (anche dai lobi laterali), introducono errori nelle misure aggiungendo componenti alla temperatura di brillanza estranee alla radiazione atmosferica. E' molto importante posizionare lo strumento in modo che i lobi laterali delle antenne non ricevano contributi di rumore significativi dal terreno o da strutture adiacenti, caratterizzate da una temperatura di brillanza molto più elevata rispetto a quella del cielo “freddo” (Fig. 3): l'installazioe ideale è quella che prevede il posizionamento sul tetto di un alto edificio, con il campo di vista libero da ostacoli.

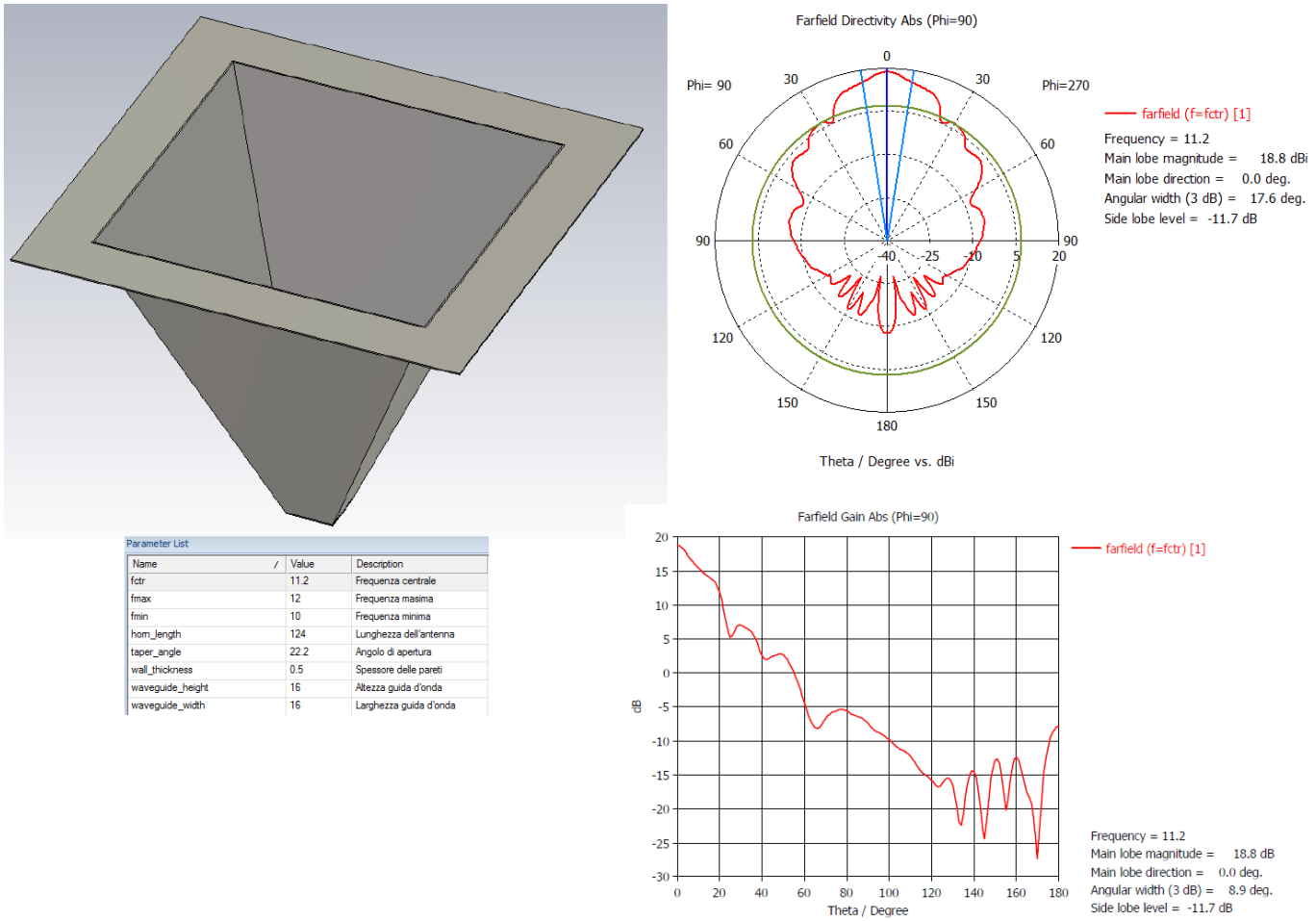
Lo strumento comprende i seguenti moduli:

1. Radiometro a microonde (MW) con elevata stabilità e risoluzione (tipo Dicke-Switch), operante alla frequenza di 11.2 GHz, caratterizzato da una banda passante di circa 1 GHz, equipaggiato con un'antenna horn tronco-piramidale con guadagno di circa 19 dB e ampiezza del fascio di ricezione di 17.6 gradi (Fig. 2).
2. Radiometro all'infrarosso (IR) operante nell'intervallo di lunghezze d'onda λ=7÷14 μm, equipaggiato con un'antenna caratterizzata da un'ampiezza del fascio di ricezione (simmetrico) di circa 7 gradi.
3. Ricevitore GPS che fornisce la posizione dello strumento e le informazioni di tempo universale.
4. Misura della temperatura dell'aria e dell'umidità relativa.
5. Elettronica di controllo e di gestione dei vari moduli.

Fig. 1: Protipo del radiometro MW (11.2 GHz) e IR (λ=7-14 μm) sviluppato per lo studio delle caratteristiche della troposfera. Lo strumento è posizionato sul tetto di un'autovettura con le antenne orientate sullo zenith locale. Sono misurate la temperatura dell'aria, l'umidità relativa, l'intensità del segnale radio a 11.2 GHz e l'intensità del segnale IR. Un ricevitore GPS integrato fornisce i riferimenti di posizione e di tempo ed è possibile registrare i dati tramite collegamento al PC (porta USB), oppure salvando le misure in formato testo su una comune chiavetta USB di memoria esterna, ad intervalli di tempo programmabili.

Lo strumento è equipaggiato con un display LCD che visualizza lo stato del sistema, una tastiera per l'impostazione dei parametri operativi, una porta USB per il collegamento con il PC e una seconda porta USB per l'inserimento di una chiavetta di memoria esterna che registra i dati acquisiti. Tale opzione è

molto utile durante le sessioni di misura “sul campo” quando non è disponibile o non è pratico l'uso del PC: i dati salvati in formato testo saranno successivamente scaricati e utilizzati per le necessarie elaborazioni. E' stato sviluppato un software dedicato, *DataRAL_ATM*, per il controllo dello strumento, l'acquisizione, la visualizzazione grafica e la registrazione delle misure tramite PC.



Parameter List

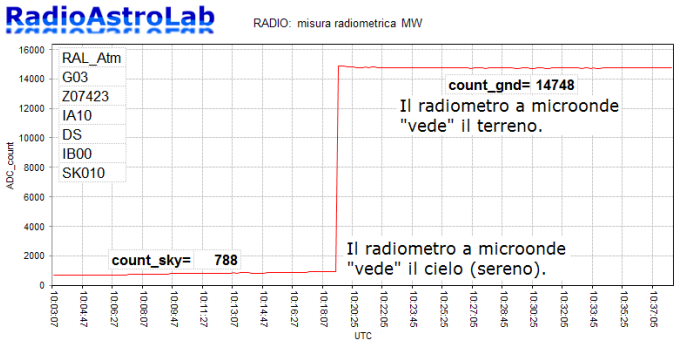
Name	Value	Description
fctr	11.2	Frequenza centrale
fmax	12	Frequenza masima
fmin	10	Frequenza minima
horn_length	124	Lunghezza dell'antenna
taper_angle	22.2	Angolo di apertura
wall_thickness	0.5	Spessore delle pareti
waveguide_height	16	Altezza guida d'onda
waveguide_width	16	Larghezza guida d'onda

Fig. 2: Antenna horn piramidale costruita per il radiometro a microonde 11.2 GHz: sono mostrate le dimensioni e le prestazioni simulate al calcolatore.

La Fig. 3 mostra la risposta del radiometro a microonde quando l'antenna è orientata verso il cielo (sereno e asciutto, libero da formazioni nuvolose) e quando “vede” il terreno: il guadagno di post-rivelazione del sistema e l'offset che fissa il livello della linea di base radiometrica sono stati impostati in modo da sfruttare tutta la dinamica di misura dello strumento.

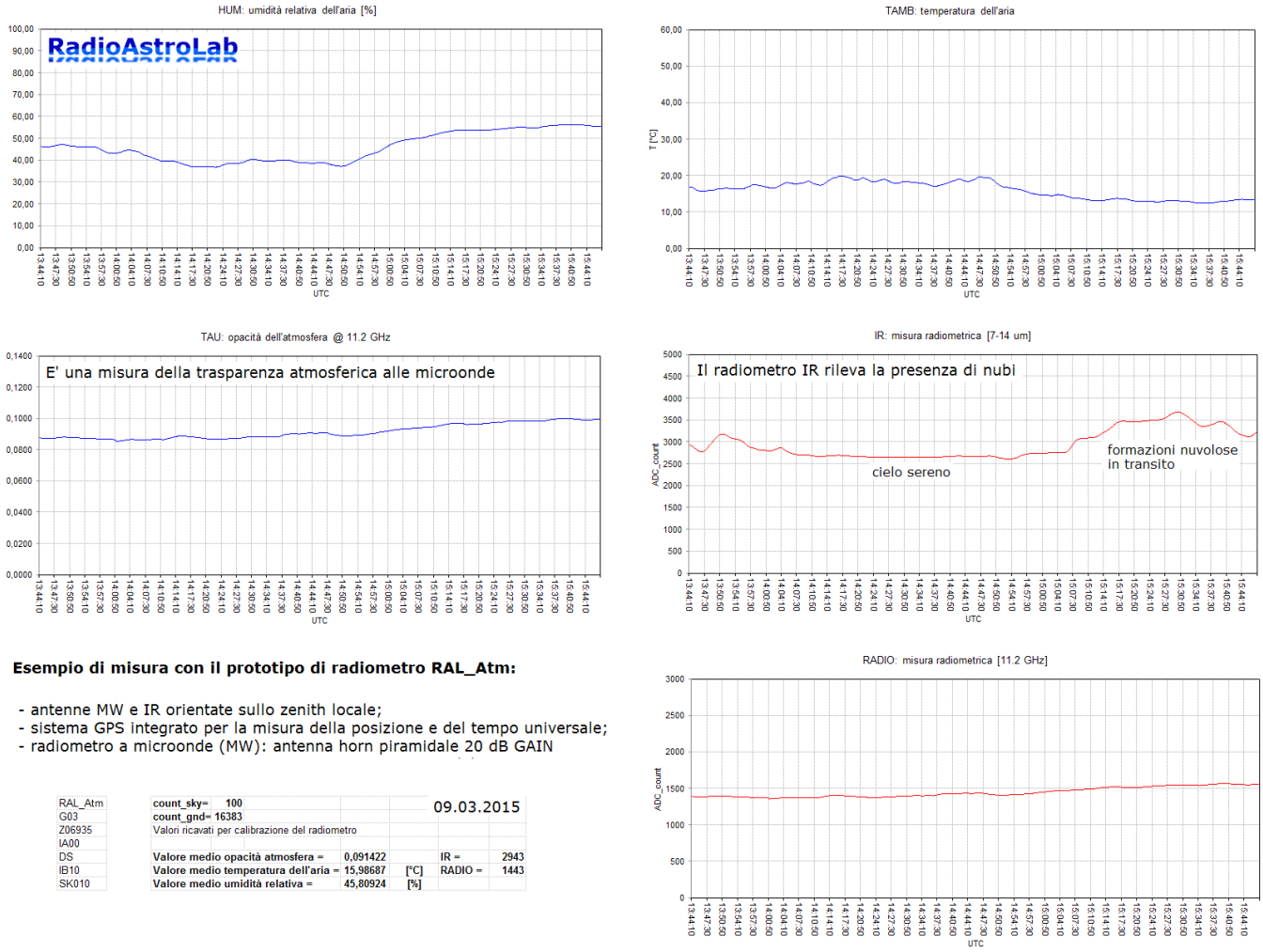
La Fig. 4 visualizza i dati ottenuti da una sessione di misura: ulteriori e più raffinate elaborazioni saranno necessarie per “estrarre” le informazioni richieste per ogni specifico argomento di studio. Queste misure, pianificate per un periodo sufficientemente lungo e abbinate ad altre informazioni meteorologiche, forniscono un aiuto alla corretta elaborazione delle previsioni sulle precipitazioni.

RadioAstroLab s.r.l.
60019 Senigallia (AN) - Italy
T +39 071 6608166
F +39 071 6612768
www.radioastrolab.it



File di calibrazione per il radiometro RAL_ATM

Fig. 3: Risposta del radiometro a microonde quando l'antenna dello strumento è orientata verso il cielo (atmosfera chiara e asciutta) e verso il terreno.



Esempio di misura con il prototipo di radiometro RAL_Atm:

- antenne MW e IR orientate sullo zenith locale;
- sistema GPS integrato per la misura della posizione e del tempo universale;
- radiometro a microonde (MW): antenna horn piramidale 20 dB GAIN

RAL_Atm	**count_sky=**	**100**			09.03.2015
G03	**count_gnd=**	**16383**			
Z06935	Valori ricavati per calibrazione del radiometro				
IA00					
DS	**Valore medio opacità atmosfera =**	**0,091422**		**IR =**	**2943**
IB10	**Valore medio temperatura dell'aria =**	**15,98687**	**[°C]**	**RADIO =**	**1443**
SK010	**Valore medio umidità relativa =**	**45,80924**	**[%]**		

Fig. 4: Registrazioni ottenute con *RAL_Atm* durante una sessione di prova. Lo strumento ha registrato, ogni 10 secondi, l'andamento della temperatura dell'aria al suolo (grafico in alto a destra), l'andamento dell'umidità relativa (in alto a sinistra), l'opacità dell'atmosfera a 11.2 GHz, i valori radiometrici IR e a microonde.
Si nota come la risposta del radiometro IR sia utile per confermare la presenza di formazioni nuvolose che transitano davanti al campo di vista del radiometro. Le registrazioni mostrano anche una ridotta sensibilità del radiometro a 11.2 GHz alle nubi. Tutte e misure sono state integrate con una costante di tempo dell'ordine di 40 secondi.

Doc. Vers. 1.0 del 29.03.2015
@ 2015 RadioAstroLab

RadioAstroLab s.r.l., Via Corvi, 96 – 60019 Senigallia (AN)
Tel. +39 071 6608166 Fax: +39 071 6612768
Web: www.radioastrolab.it Email: info@radioastrolab.it

Copyright: diritti riservati. Il contenuto di questo documento è proprietà del costruttore. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo senza il permesso scritto di *RadioAstroLab s.r.l.*.