



## REPORT ATTIVITA' PROGRAMMA DI RICERCA STM

Il Fruitore: Daniele Casella

Istituto di afferenza: Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima

con qualifica: Ricercatore livello III

Dipartimento di afferenza: Dipartimento Terra e Ambiente

Titolo del programma:

Analysis of coincident satellite observations of active and passive MW sensors for the characterization of snowfall at high latitudes.

Obiettivi:

Miglioramento degli algoritmi di stima della precipitazione nevosa e dell'individuazione di nubi precipitanti ad alte latitudini nella stagione invernale con radiometri a MW da satellite.

Attività Svolte:

Nel corso della visita il candidato ha analizzato diversi dataset di osservazioni coincidenti spazialmente e temporalmente ottenuti da radar da satellite (CloudSat Cloud Profiling Radar e GPM Dual-frequency Precipitation Radar) e da radiometri passivi alle microonde (PMW – MHS, ATMS, GMI). Lo scopo dell'analisi consisteva nella ricerca di relazioni tra i dati radar e le osservazioni PMW e la definizione dei limiti e delle potenzialità del segnale da PMW in presenza di precipitazione nevosa in differenti condizioni meteorologiche e ambientali. In particolare sono stati realizzati 3 dataset ex-novo:

1. DPR-CPR
2. CPR-ATMS
3. CPR-GMI

E sono stati analizzati 2 estesi dataset di coincidenze tra i radiometri AMSR-E e MHS realizzati presso l'istituto ospitante (SSEC) dal prof. Mark Kulie.

Analisi del background superficiale:

L'analisi si è concentrata sulla classificazione della superficie, che costituisce un' importante sorgente di rumore nelle osservazioni PMW, realizzando un algoritmo di classificazione della superficie a partire da osservazioni PMW e da dati ancillari (temperatura a 2 m) da modello. Uno schema sul funzionamento del classificatore della superficie per il radiometro ATMS è riportato in Figura 1. Lo schema di classificazione utilizza una mappa geografica per calcolare la percentuale di terra all'interno di un pixel ATMS, e opera una prima semplice classificazione in terra/oceano/costa. Successivamente vengono applicati degli schemi di analisi del discriminate per identificare superfici coperte da neve su terra e il ghiaccio su mare. Tali schemi fanno uso delle temperature di brillantezza ATMS dei canali bassa frequenza (23 e 31 GHz) e della temperatura a 2 metri calcolata dal modello ecmwf. Gli schemi di classificazione sono stati sviluppati utilizzando il dataset di coincidenze radiometro-CPR sia in presenza di nube che in assenza di nube. Gli indici statistici di questo primo schema di classificazione sono notevoli e sono stati riassunti nella tabella 1.



# ATMS surface classifier flowchart

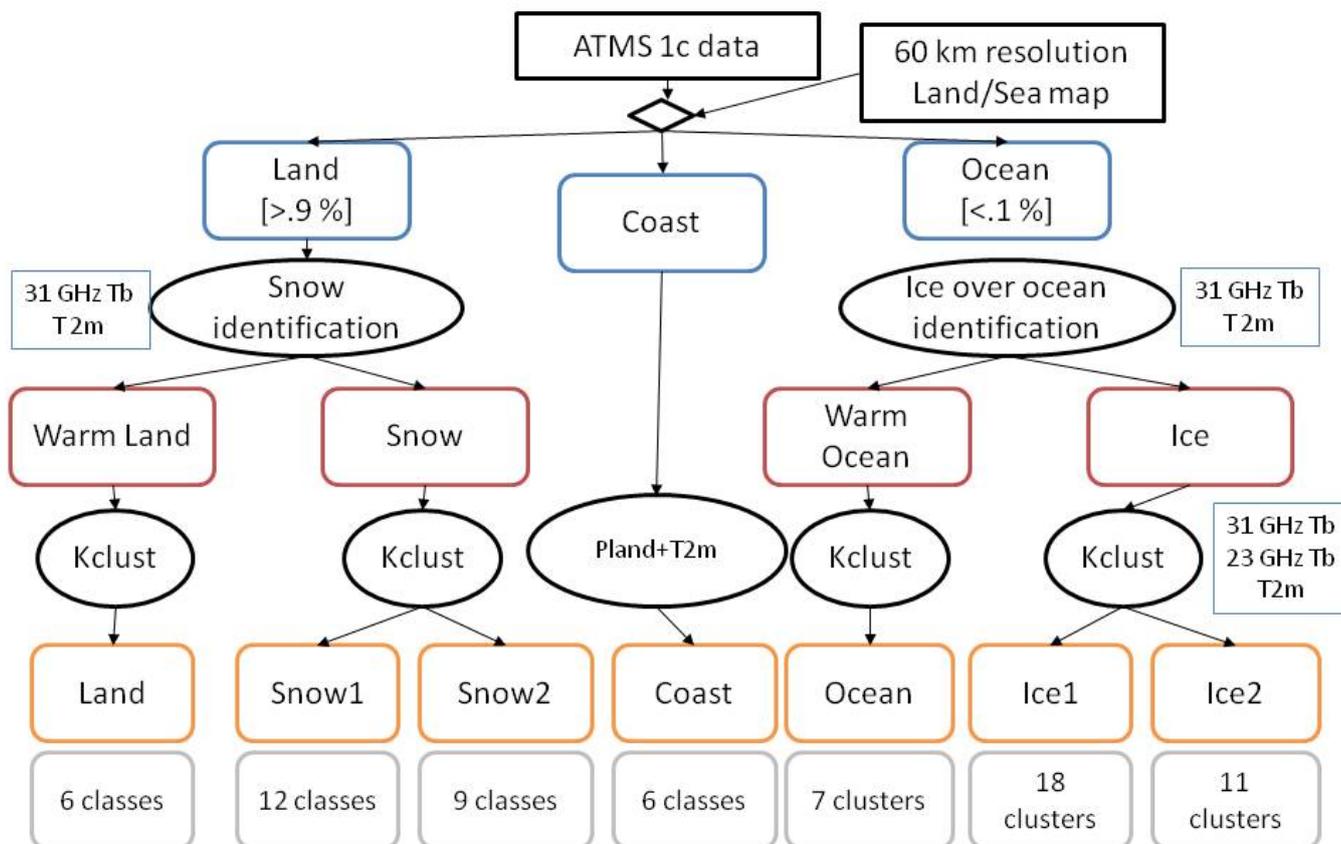


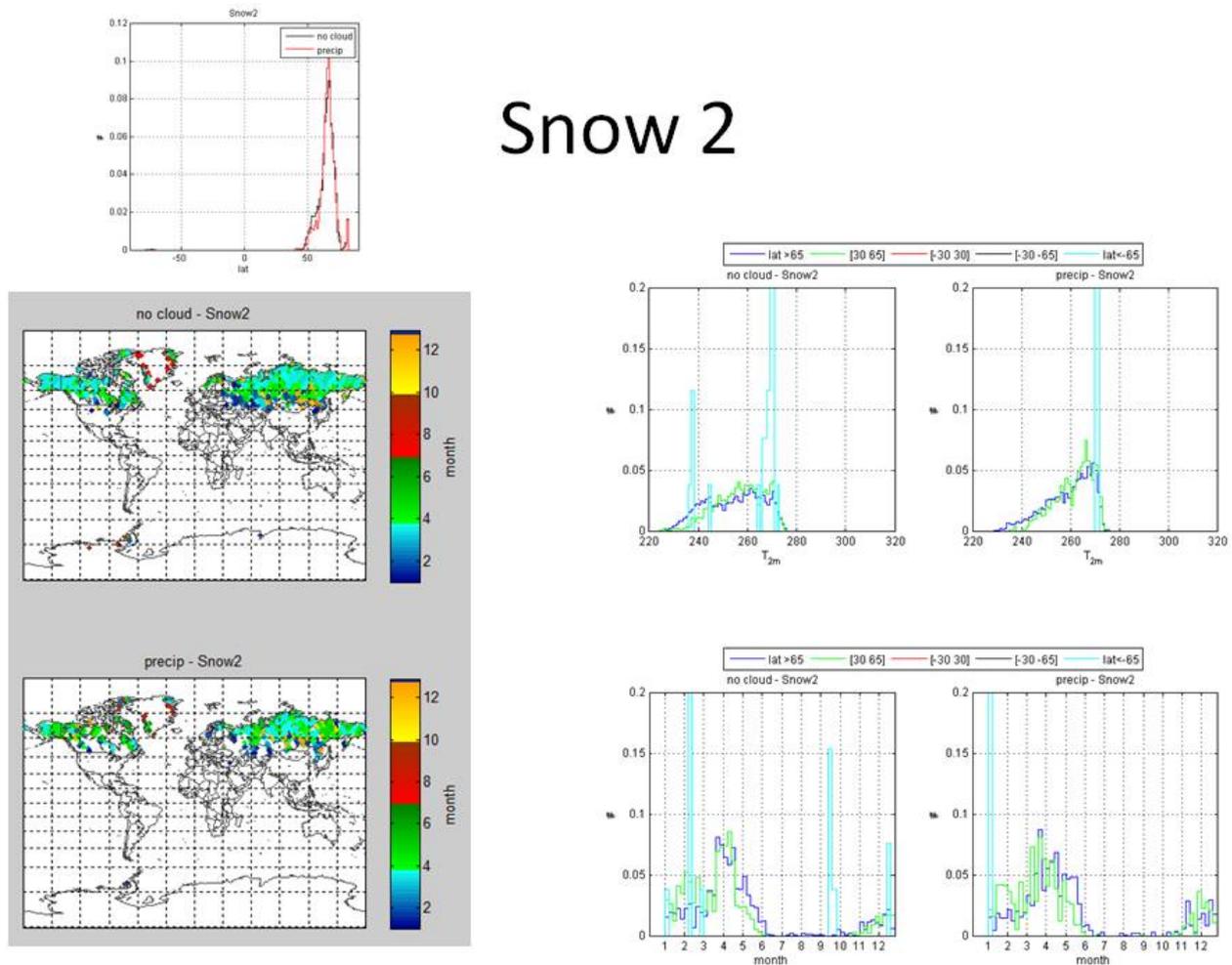
Figura 1 schema del classificatore del background per il radiometro ATMS

	No Cloud		Precipitation	
	POD	FAR	POD	FAR
<b>Ice over Ocean</b>	94%	0.3%	93%	1%
<b>Snow over land</b>	97%	7%	93%	10%

Tabella 1 Indici statistici per la classificazione di neve su terra e ghiaccio su mare per il radiometro ATMS

L'algoritmo di classificazione del background superficiale analizza il segnale a dei canali a bassa frequenza per un'ulteriore classificazione del dataset utilizzando uno schema di "clustering" progettato appositamente da poter essere utilizzato per una classificazione più o meno specifica della superficie a seconda della ricchezza del "dataset" analizzato e dell'applicazione richiesta. In particolare vengono individuate due tipologie di neve al suolo e due tipologie di ghiaccio su mare. Come mostrato in Figura 1 è possibile utilizzare il classificatore per suddividere ulteriormente il segnale in un numero maggiore di cluster.

Per ciascuna categoria di background superficiale è stata analizzata la distribuzione spaziale e temporale con cui il cluster si presenta all'interno del dataset, alcuni risultati sono stati riconosciuti come particolarmente interessanti, ad esempio il cluster snow2 (come mostrato in figura2) viene riscontrato quasi esclusivamente nell'emisfero nord nei mesi primaverili, probabilmente si tratta di una categoria legata al disgelo delle vaste pianure continentali dell'emisfero nord.



**Figura 2** analisi della distribuzione spaziale e stagionale del cluster snow2

### Analisi del segnale PMW

La ricerca di un segnale nelle temperature di brillantezza dei radiometri PMW legato alla precipitazione nevosa si è concentrato sullo studio di varie combinazioni di canali nella banda di assorbimento del vapor d'acqua intorno a 183 GHz. Tale scelta è stata dettata sia dai risultati di precedenti studi (Hong, 2005; Laviola and Levizzani, 2011; Laviola et al., 2013; Tian et al., 2014; You et al., 2015) sia dalla disponibilità di 5 canali nella banda a 183 GHz sul radiometro ATMS i cui dati sono stati resi disponibili solo recentemente. In particolare si è osservato come le TB a 183 siano estremamente dipendenti dal contenuto integrale di vapor d'acqua (calcolato dal modello ECMWF). In particolare se si considerano le  $\Delta TB_{183}$  come in (Hong, 2005) si possono osservare tre regimi, dipendenti dal contenuto integrale del vapor d'acqua: il primo in cui entrambi i canali considerati non sono influenzati dalla superficie (situazione umida), il secondo in cui entrambi risentono fortemente dell'emissività superficiale (situazione secca) e un regime di transizione in cui il canale soggetto a minore assorbimento da parte del vapor d'acqua è influenzato dalla superficie e quello più esterno nella banda di assorbimento non lo è. La figura 3 mostra un esempio di questo effetto.

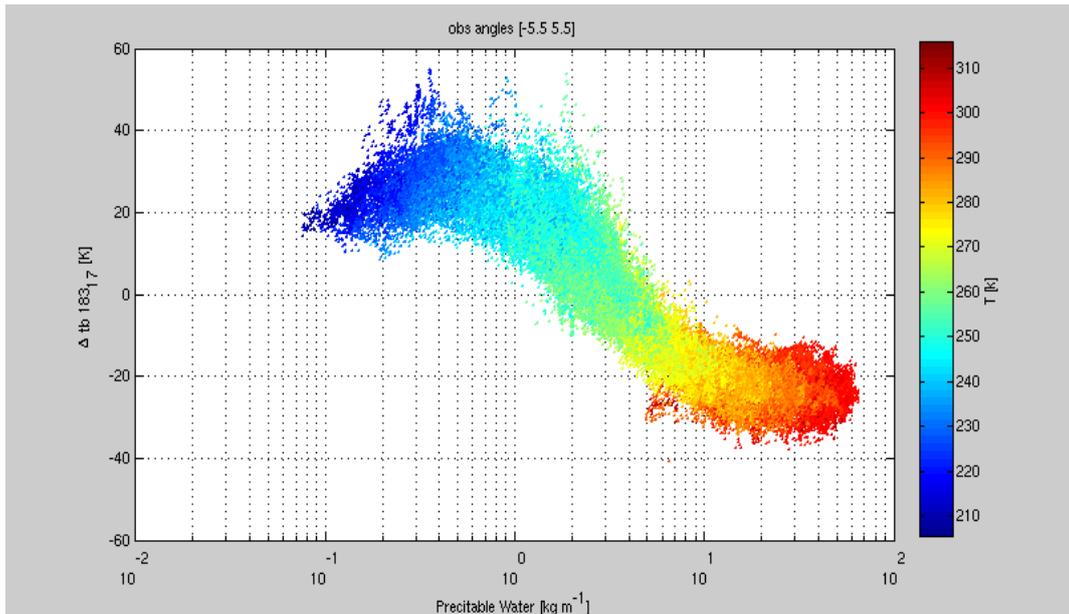


Figura 3 effetto del contenuto colonnare di vapor d'acqua sulla combinazione di TB 183±1 - 183±7 GHz

Considerando l'analisi del legame tra il contenuto colonnare di vapor d'acqua e le TB a 183 GHz e la classificazione del background superficiale sono stati analizzati molteplici combinazioni di TB al variare delle condizioni della superficie e dell' contenuto di vapore atmosferico. In particolare sono stati realizzati molteplici grafici come quelli di figura 4 e figura 5 in cui viene visualizzata la variabilità di sue variabili considerando il dataset con precipitazione nevosa e quello privo di nube, per ogni possibile combinazione di tipo di superficie e contenuto di vapore. I risultati principali di questa analisi consistono nell'individuazione di due tipologie di segnale legate alla presenza di precipitazione nevosa il primo in regime di scattering particolarmente importante su superfici ad emissione calda e in presenza di elevate quantità di vapore acqueo (figura 4) e il secondo in regime di assorbimento principalmente su superfici ad emissione fredda e in condizioni secche.

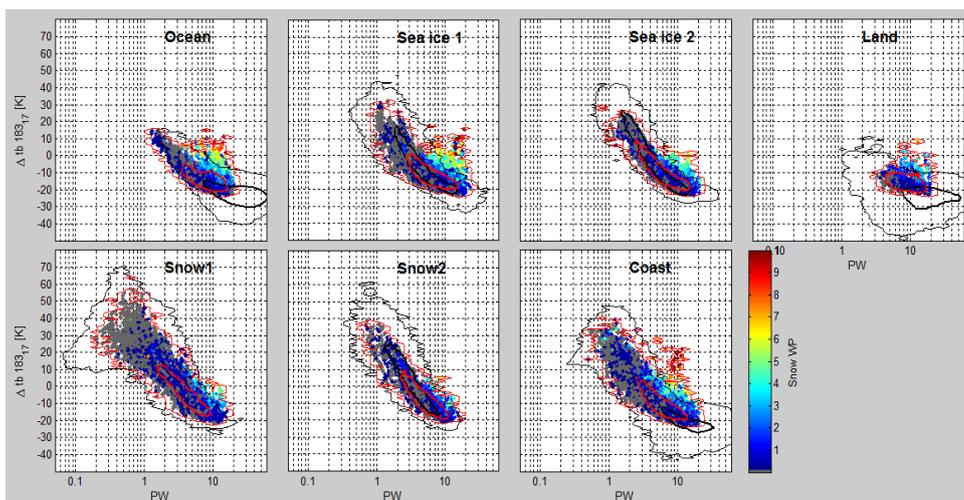
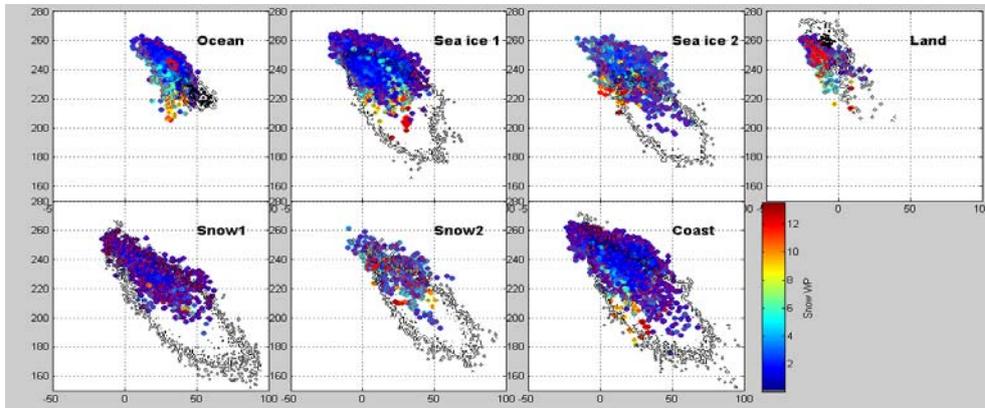


Figura 4 Analisi al variare del contenuto colonnare di vapor d'acqua (PW) del segnale della combinazione di TB 183±1 - 183±7 GHz al variare della tipologia di superficie. lo spazio delimitato dal dataset privo di nube è stato disegnato come una linea nera, il bordo del dataset con precipitazione nevosa con una linea rossa. Per il dataset con precipitazione nevosa la scala colorata riporta il contenuto colonnare di neve nelle nubi. Un segnale di scattering è osservabile al di sopra di alcune superfici (Ocean, sea ice1, land, coast) per contenuti di neve sufficientemente elevati e per contenuti in presenza di aria sufficientemente umida.



**Figura 5** Analisi del segnale della combinazione di TB  $183\pm 1 - 183\pm 7$  GHz (asse x) in funzione della tb 166 GHz per profili atmosferici csecchi ( $\text{precipitable water} < 3 \text{ kg m}^{-2}$ ) al variare della tipologia di superficie. lo spazio delimitato dal dataset privo di nube è stato disegnato come una linea nera, il bordo del dataset con precipitazione nevosa con una linea rossa. Per il dataset con precipitazione nevosa la scala colorata riporta il contenuto colonnare di neve nelle nubi. Al di sopra di superfici con bassa emissione (oceano, sea ice2) in condizioni secche è possibile osservare un riscaldamento della TB  $183\pm 7$  legato a processi di assorbimento. Il segnale in questione è molto debole e non sembra essere correlato al contenuto di neve nelle nubi.

La prima tipologia di segnale è stata analizzata da differenti autori in condizioni diverse da quelle oggetto di questo studio (Hong, 2005; Laviola and Levizzani, 2011). Il valore aggiunto degli studi effettuati è in una precisa caratterizzazione di questo segnale in funzione della tipologia di superficie e del contenuto colonnare di vapor d'acqua. La seconda tipologia di segnale è invece più interessante e potrebbe essere legata alla presenza di gocce di acqua liquida super raffreddata (supercooled liquid water droplets) nelle nubi con precipitazione nevosa, argomento di particolare interesse scientifico in una serie di pubblicazioni recenti (Bennartz et al., 2013; Kneifel et al., 2014).

#### Sommario:

La visita di 21 giorni al SSEC è stata estremamente fruttuosa, sia per la qualità del lavoro svolto (la scrittura di un articolo scientifico al riguardo è in corso d'opera), che per l'alto livello degli scambi all'interno di varie discussioni scientifiche con il Prof. Mark Kulie e con altri ricercatori e professori dell'istituto e di altri istituti americani. In particolar modo è stato possibile iniziare una collaborazione con il prof. Gram Petty dell'SSEC riguardo l'utilizzo dei dataset di coincidenze PMW -radar, con il dott. Benjamin Johnson della NOAA sulla sensibilità dei radiometri PMW alle idrometeore di neve precipitanti, con il prof Joe Turk del JPL riguardo le proprietà emissive alle microonde delle superfici nevose, con i prof. Norman Wood e Trystan L'Ecuyer riguardo i prodotti del radar Cloudsat e la loro affidabilità.