

BOLLETTINO DELL'INNEVAMENTO

SCHEMA TECNICA

*Laboratorio di Telerilevamento
Struttura Idro-Meteo-Clima - Arpae Emilia-Romagna
Viale Silvani 6, Bologna 40122*



Autori:

Alessandro Pirola

Efthymia Chatzidaki

Fausto Tomei

CONTENUTI

INDIVIDUAZIONE DELLA NEVE	3
CHIAVI DI LETTURA DELLE IMMAGINI DA SATELLITE	5
Definizione delle bande	5
Esempi di lettura delle acquisizioni Sentinel 3 SLSTR, TERRA / AQUA MODIS, LandSat 8 OLI	6
CONTENUTO IDRICO DELLA NEVE (SWE)	9
WEBGIS DEFINIZIONI BASI CARTOGRAFICHE	10
Bibliografia per approfondimento:	10

Keyword: telerilevamento, MODIS, Avhrr/3, MeteoSat, Sentinel-3, SLSTR, Sentinel-2, LandSat, Copernicus, snow, innevamento, neve, snow water equivalent, SWE, cambiamenti climatici, Protezione civile, Emilia-Romagna, bollettino

INDIVIDUAZIONE DELLA NEVE

L'individuazione e l'evoluzione delle superfici innevate della Regione Emilia-Romagna è realizzata grazie a sensori multispettrali montati su piattaforme satellitari.

Infatti, la neve e il ghiaccio presentano significativi assorbimenti a lunghezze d'onda prossime a 1.6 μm , rendendoli facilmente riconoscibili ed in forte contrasto rispetto alle altre coperture. Questa caratteristica permette di visualizzare a colori la presenza della neve e di individuarla a livello spettrale attraverso specifici algoritmi di intelligenza artificiale.

Diversi sensori si prestano per l'individuazione della copertura nevosa (Tabella 1).

Satellite	Sensore	Risoluzione spaziale	Risoluzione temporale	Link per scaricare
Sentinel-2	MSI	20 m	5 gg	Sentinel-2
Sentinel-3	SLSTR	500 - 1000 m	1 gg	Sentinel-3
TERRA / AQUA	MODIS	250 - 500 m	12 h	TERRA / AQUA
METOP	AVHRR/3	1090 m	102 min	AVHRR/3
MeteoSat Second Generation	Seviri Snow RGB	3000 m	15 min	Seviri Snow RGB
LandSat 7	ETM+	30 m	14 gg	LandSat 7
LandSat 8	OLI	30 m	14 gg	LandSat 8

Tabella 1: Descrizione di prodotti satellitari che si possono usare per identificare il manto nevoso sulla superficie terrestre

Tuttavia, è stato scelto di utilizzare immagini acquisite dal sensore Sea and Land Surface Temperature Radiometer¹ (SLSTR), montato a bordo dei satelliti Sentinel-3 dell'Agenzia Spaziale Europea. Questo perché offre il miglior compromesso tra risoluzione spaziale, spettrale e tempo di rivisita per questa tipologia di applicazione.

La costellazione comprende due satelliti gemelli, che forniscono una o due immagini ogni giorno per il territorio della Regione Emilia-Romagna.

I dati, acquisiti di norma a metà mattinata, sono disponibili gratuitamente alcune ore dopo il passaggio del satellite, ortorettificati e georeferenziati.

¹ <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-3-slstr>

Il sensore SLSTR presenta una risoluzione spaziale di 500 m, per le bande del visibile e dell'infrarosso, mentre la sua risoluzione diventa di 1 km per le bande dell'infrarosso termico.

L'algoritmo empirico sviluppato sfrutta l'intero range di bande del sensore SLSTR tramite un albero decisionale statico, basato sia su soglie numeriche che sull'indice Normalized Difference Snow Index (NDSI).

Indipendentemente dalla risoluzione geometrica del dato di partenza, le immagini e la classificazione della neve vengono poi riportate a 500 m di risoluzione spaziale per mantenere coerenza con i dati pregressi e le uscite modellistiche.

L'innevamento identificato viene poi aggregato per fasce altimetriche delle macroaree e per bacini idrografici.

Il servizio è operativo dall'inverno 2005-6 e tutti i bollettini degli anni precedenti sono liberamente scaricabili dalla cartella [archivio bollettini innevamento](#). La loro frequenza varia in relazione alle condizioni meteo, sia per la presenza di neve sulla superficie che per l'acquisizione di immagini satellitari libere da nubi.

Infatti, tutti i sensori utilizzati sono ottici, quindi in caso di nubi la superficie della Terra non è visibile ed è impossibile proseguire con l'identificazione della copertura nevosa. Dal sito è possibile scaricare anche la localizzazione dei nivometri automatici dell'Emilia-Romagna riferiti nel bollettino, da caricare su Google Earth.

CHIAVI DI LETTURA DELLE IMMAGINI DA SATELLITE

Definizione delle bande

ID	1	2	3	4	5	6	7	8
Banda	Blue	Green	Red	Near InfraRed	Mid InfraRed 1	Mid InfraRed 2	Far InfraRed 1	Far InfraRed 2
Lunghezza d'onda centrale (µm)	0.45	0.55	0.65	0.85	1.6	2.2	10	12
MSI	2	3	4	8 - 8A	11	12	-	-
SLSTR	-	1	2	3	5	6	8	9
MODIS	3	4	1	2	6	7	31	32
AVHRR/3	-	-	1	2	3A	-	4	5
SEVIRI Snow RGB	-	-	1	2	3	-	9	10
ETM +	1	2	3	4	5	7	6	-
OLI	2	3	4	5	6	7	10	11

Descrizione bande

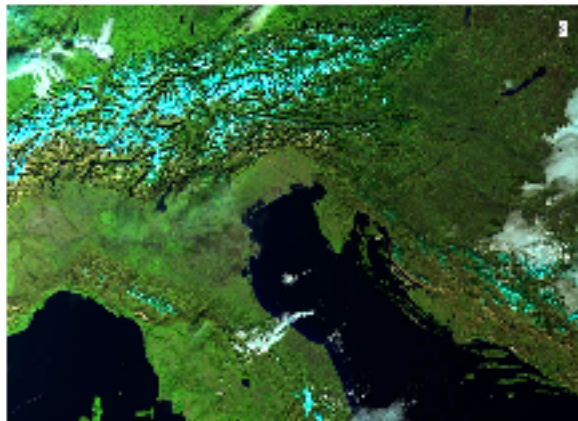
Per ogni sensore la banda corrispondente ad una specifica lunghezza d'onda, può avere un indicatore diverso. Per gli scopi di questo documento, fanno fede gli indici riportati nella riga ID.

Ad esempio, per il sensore MSI, la combinazione NIR - MIR 1 - R corrisponde alle bande 8-11-4, secondo invece la generalizzazione qui adottata la combinazione è 4-5-3 e rimane costante per tutti i satelliti.

Esempi di lettura delle acquisizioni Sentinel 3 SLSTR, TERRA / AQUA MODIS, LandSat 8 OLI

1. Visualizzazione RGB corrispondente alle bande con ID 543 (Sentinel-3 SLSTR: 532, Terra / Aqua MODIS: 621, LandSat 8 OLI: 654)

- *Vegetazione in verde*
- *Neve in ciano (colore simile può interessare anche nubi ghiacciate)*
- *Suolo nudo ed urbano in marrone o rosa*
- *Nubi in bianco*

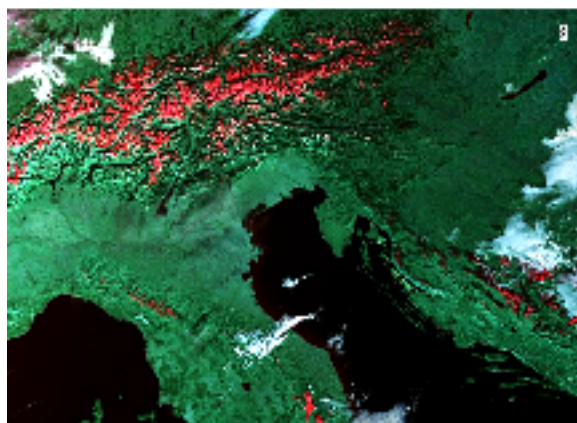
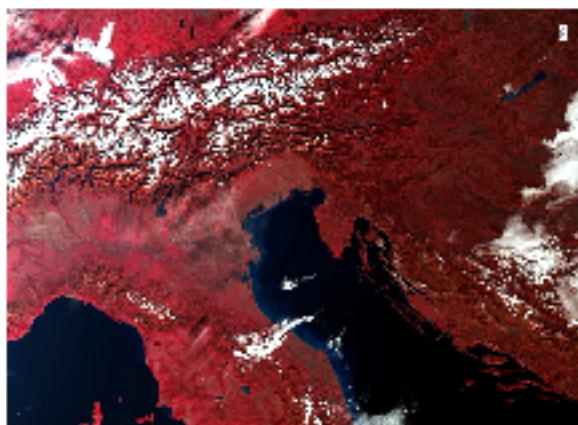


2. Visualizzazione RGB corrispondente alle bande con ID 356 (Sentinel-3 SLSTR: 256, Terra / Aqua MODIS: 167, LandSat 8 OLI: 467)

- *Vegetazione in verde*
- *Neve in rosso (colore simile può interessare anche nubi ghiacciate)*
- *Suolo nudo ed urbano in ciano o rosa*
- *Nubi in bianco*

3. Visualizzazione RGB corrispondente alle bande con ID 432 (Sentinel-3 SLSTR: 321, Terra / Aqua MODIS: 214, LandSat 8 OLI: 543)

- *Vegetazione in rosso*
- *Neve in bianco*
- *Suolo nudo ed urbano in marrone o grigio*
- *Nubi in bianco*



4. Visualizzazione RGB corrispondente alle bande con ID 652 (Sentinel-3 SLSTR: 651, Terra / Aqua MODIS: 764, LandSat 8 OLI: 763)

- *Vegetazione in verde*
- *Neve in blu (colore simile può interessare anche nubi ghiacciate)*

- *Suolo nudo ed urbano in marrone o giallo*
- *Nubi in bianco o beige*



CONTENUTO IDRICO DELLA NEVE (SWE)

Da dicembre 2007 il bollettino della neve è integrato con i dati di Snow Water Equivalent (contenuto equivalente in acqua della neve in mm) calcolato tramite il modello di Brooks et al. (2007).

Il modello è un bilancio di massa ed energia del manto nevoso che usa come input dati orari di temperatura, precipitazione (possibilmente da pluviometri riscaldati), umidità, radiazione e vento, preventivamente spazializzati in Praga² su un Digital Surface Model (DSM) a passo di 500 m. Il modello è stato già testato in vari casi e si è dimostrato ben correlato con i dati reali, soltanto nei casi di dati di partenza privi dell'errore prodotto da pluviometri non riscaldati. Vista la mancanza di pluviometri riscaldati in pianura, è stato scelto di validare il dataset solo in montagna/collina, ignorando i dati di tutti i pluviometri in pianura. Per questo motivo il dato in pianura è generalmente poco attendibile.

La mappa prodotta dal modello viene successivamente corretta con i dati satellitari: i punti innevati che secondo il modello presentano valore di SWE sotto una soglia minima (tipicamente 5 o 10 mm) vengono eliminati in quanto potenzialmente non attendibili, mentre tutti i punti innevati presenti nella classificazione dell'immagine satellitare e non presenti nel modello così modificato, vengono aggiunti alla mappa, con dato pari alla soglia minima. Il valore in tali punti è da considerarsi pertanto puramente indicativo.

Il modello è stato validato durante la tesi di laurea magistrale dell'ing. P. D'Agnese³.

Nel bollettino si riportano i valori di Swe (mm) ed i milioni di metri cubi (Mmc) aggregati a livello di bacini idrografici.

² Software sviluppato da Arpae Simc <https://github.com/ARPA-SIMC/PRAGA/wiki>

³ [Tesi](#) dell' Ing. P. D'Agnese

WEBGIS DEFINIZIONI BASI CARTOGRAFICHE

Descrizione della visualizzazione su mappe del contenuto equivalente in acqua della neve (*webgis non operativo*).

Acronimi:

Agea - Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura

Ctr - Carta tecnica regionale

Rer - Regione Emilia-Romagna

Rer Agea2008 + Ctr Multiscala

Foto aeree a colori reali Agea 2008 (<http://www.agea.gov.it/>) sovrapposte alle carte tecniche Rer alle scale 1:250.000, 1:25000 e 1:5000 in funzione dello zoom della vista.

Rer Agea2008 infrarossi + Ctr Multiscala

Foto aeree infrarosse a falsi colori Agea 2008 (<http://www.agea.gov.it/>) sovrapposte alle carte tecniche come sopra.

Rer Agea2011 + Ctr Multiscala

Foto aeree a colori reali Agea 2011 (<http://www.agea.gov.it/>) sovrapposte alle carte tecniche come sopra.

Arpae Multiscala

Base cartografica di Arpae Emilia-Romagna in cui è visibile il modello digitale del terreno sovrapposto alle carte tecniche come sopra. A grande scala è visibile anche la copertura aerea a colori reali Agea 2011.

Bibliografia per approfondimento:

Antolini G., Tomei F. (2006) - Praga - Programma di Analisi e Gestione dati Agrometeorologici. Atti del convegno AIAM "Agrometeorologia e gestione delle colture agrarie", Torino 6-8 giugno 2006, pp 79-82

Bittelli M., Tomei F., Pistocchi A., Flury M., Boll J., Brooks E., Antolini G., 2010, Development and testing of a physically based, three-dimensional model of surface and subsurface hydrology. *Advances in Water Resources* 33 (2010) 106-122

Brooks E., Boll J., Mc Daniel P. A., 2007, Distributed and integrated response of a geographic information system-based hydrologic model in the eastern Palouse region, Idaho, *Hydrological processes*, 21, 110-122

D'Agnese P., Govoni C., Spisni A., Tomei F., Toth E., & Marletto V., 2016 Use of snow measurements for the analysis of a snow accumulation and melt model. "Nuove avversità e nuovi servizi per gli Agroecosistemi" AIAM 2016 - XIX Convegno Nazionale di Agrometeorologia, Bologna

Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V. (1995) - Development of methods for mapping global snow cover using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer data.

Remote Sensing of Environment, 54: 127-140

Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V., Digirolamo N.E., Bayr K.J. (2002) - MODIS snow-cover products. Remote Sensing of Environment, 83: 181-194

Riggs G.A., Hall K. D. (2004) - Snow and Cloud Discrimination Factors in the Modis Snow Algorithm, Proceedings of the Igrass, Anchorage, Alaska

Spisni A., Mezzasalma P., Tomei F. (2007) - Evoluzione della superficie innevata in Emilia-Romagna tramite dati MODIS L1B, Neve e Valanghe, 62: 32-41

Spisni A., Tomei F., Pignone S., Muzzi E., Panzacchi A., Antolini G., Villani G., Di Lorenzo M., Foraci R., Bittelli M., Brooks E.S., 2011, Snow cover analysis in Emilia-Romagna, Italian Journal of Remote Sensing, Vol 43(1):59-73

Void-filled seamless SRTM data V2, 2006, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database: <http://srtm.csi.cgiar.org>