



Presentazione e discussione dello stato di avanzamento dei lavori e dei prodotti –
workshop online 4 Marzo 2022

Università degli Studi della Basilicata

Tecniche satellitari in banda ottica e microonde per il monitoraggio del rischio idrogeologico

Gruppo di Fisica: Valerio Tramutoli, Teodosio Lacava, Valeria Satriano

(valerio.tramutoli@unibas.it)



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



*Ministero dell'Università
e della Ricerca*



PON
RICERCA
E INNOVAZIONE
2014 - 2020



Estratto da: Convegno di presentazione del progetto MITIGO e dei primi risultati - 4-5 Aprile 2022 –
Sommari degli interventi e presentazioni

© 2022 Università degli Studi della Basilicata

Editrice Universosud – Potenza

ISBN 9788899432850



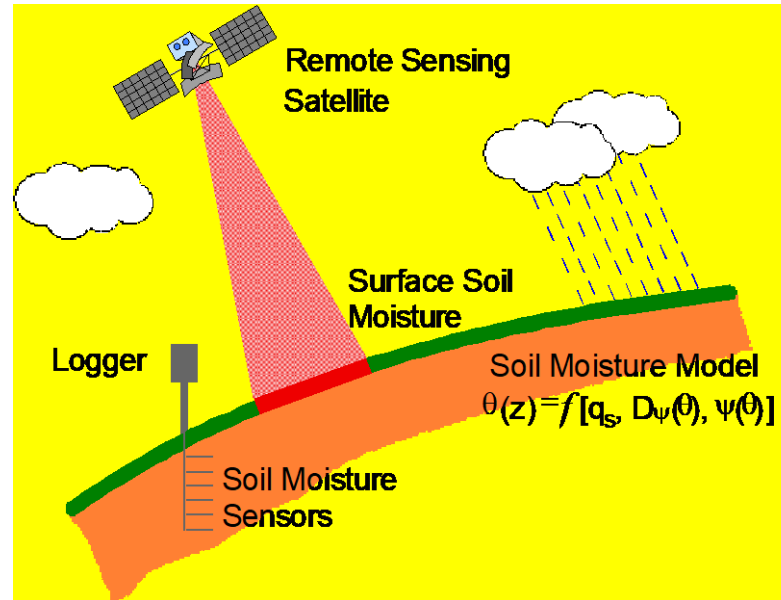
9 788899 432850

Pubblicazione realizzata con il cofinanziamento dell'Unione Europea – FESR, PON Ricerca e Innovazione 2014-2020.

www.ponricerca.gov.it

L'umidità del suolo parametro fondamentale nel ciclo idrologico

1. La conoscenza delle condizioni di saturazione dei suoli è di fondamentale importanza per la stima del rischio idrogeologico da frane e/o inondazioni
2. In qualunque sistema di allerta in presenza di previsioni meteorologiche avverse può fare la differenza rispetto alla evoluzione possibile dei fenomeni.

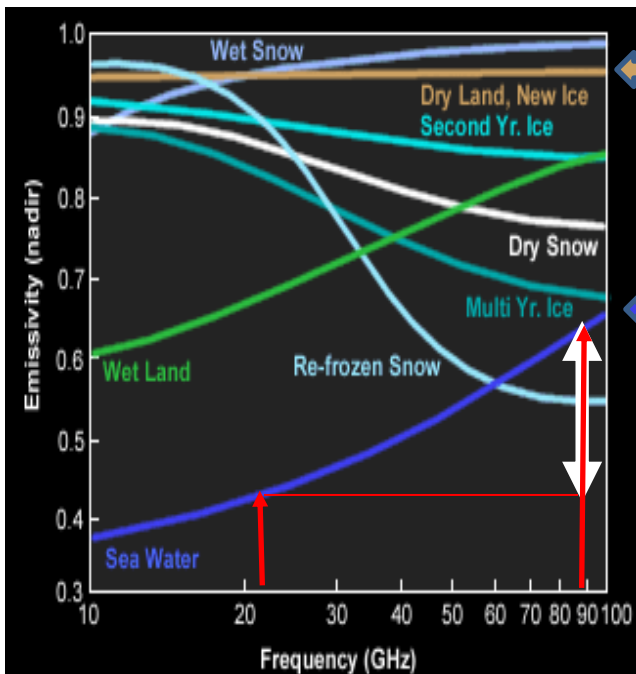


Osservazioni dal suolo (insufficienti)
da satellite (qualità ?)

Stima dell'umidità del suolo nelle microonde

L'emissività dipende dal contenuto d'acqua (**bene !**)

MA ANCHE dalla rugosità e dalla copertura vegetazionale (**male!**)

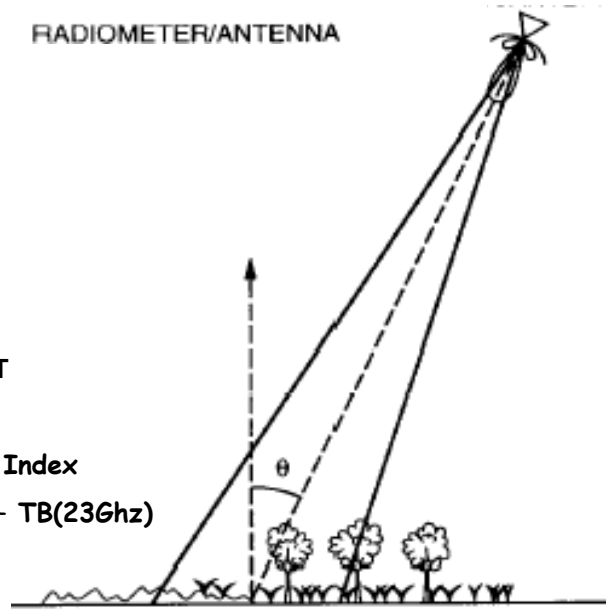


Suolo secco

Acqua

$$TB_{\lambda} = \epsilon_{\lambda} T$$

Soil Wetness Index
 $SWI = TB(89\text{GHz}) - TB(23\text{GHz})$

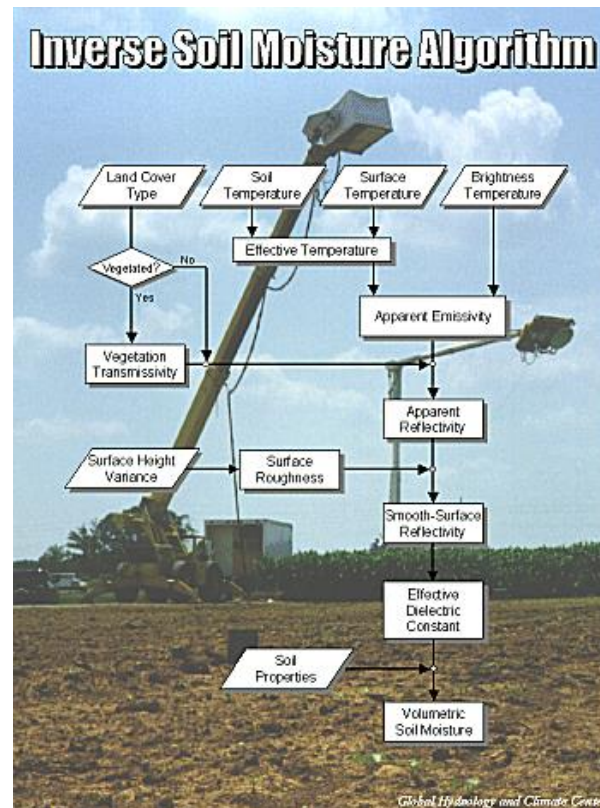


from Entekhabi et al., 1996

Stima dell'umidità del suolo nelle microonde

Soluzioni possibili: 1. Modelli

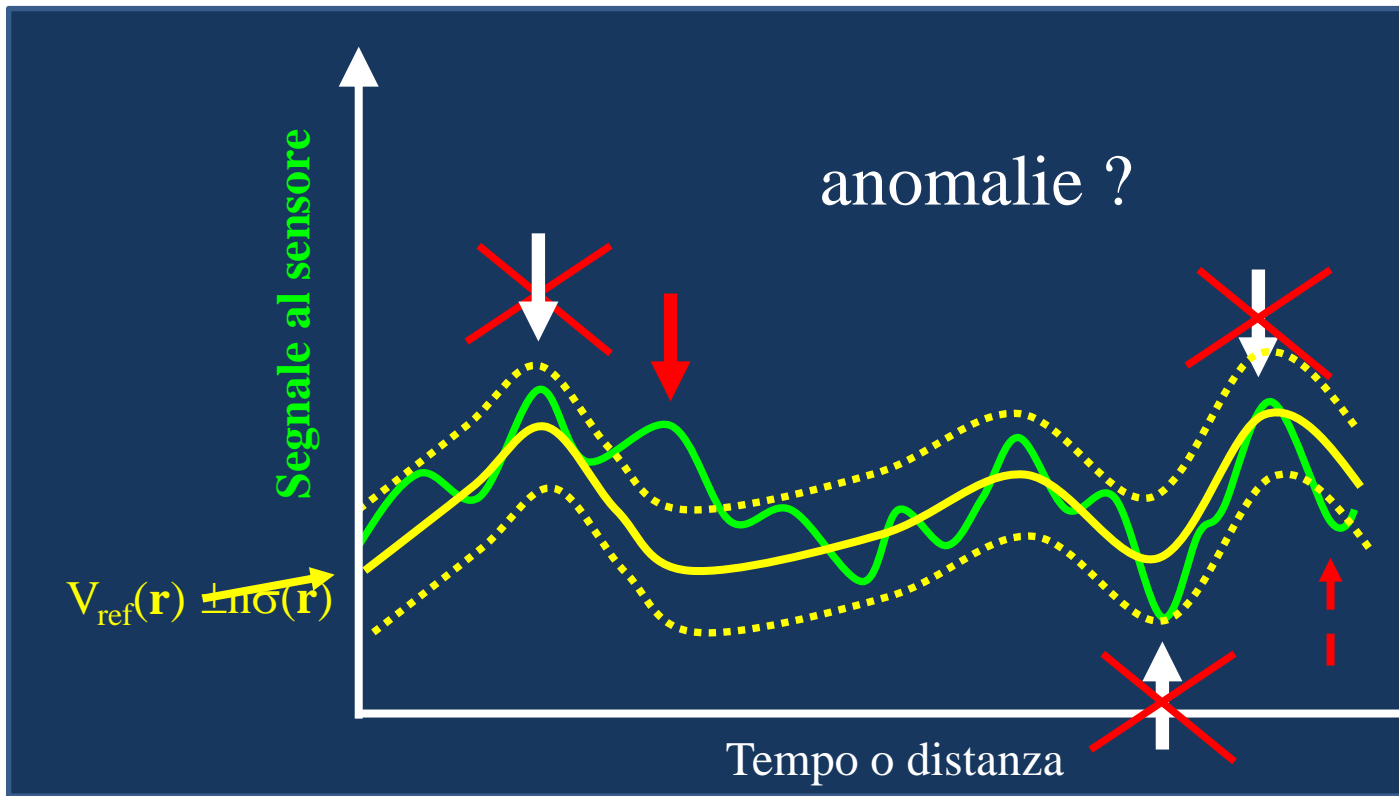
la stima quantitativa dell'umidità del suolo necessita di informazioni ausiliarie sulla vegetazione e sulla rugosità del suolo (raramente disponibili) e di idonei modelli in grado di isolare il contributo al segnale dovuto alla sola componente Soil Moisture (e.g. Paloscia, 2001)



Stima dell'umidità del suolo nelle microonde

Soluzioni possibili: 2 Robust Satellite Techniques

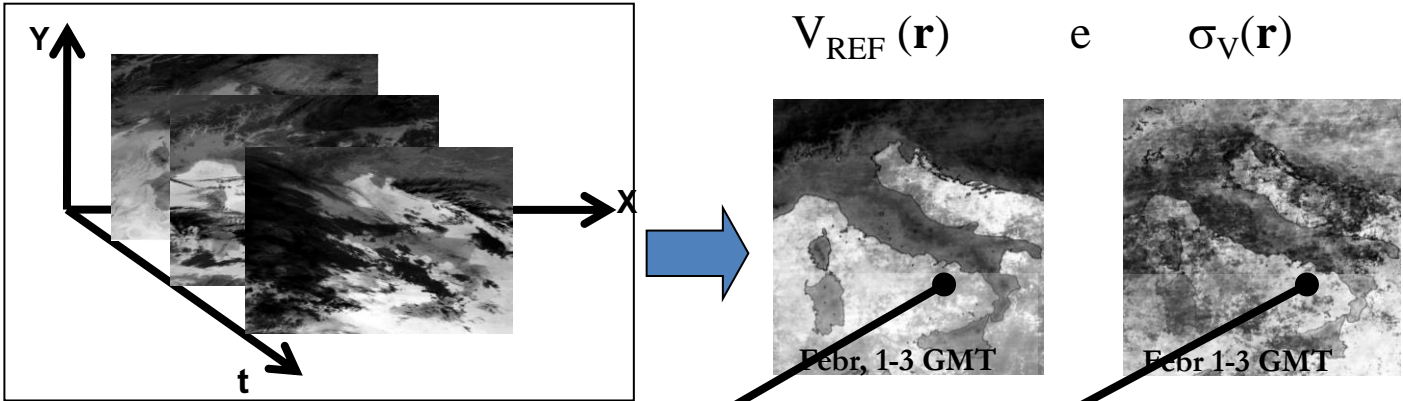
per disaccoppiare
il termine a
dinamica
temporale più
rapida (**contenuto
d'acqua**) dai
termini a dinamica
lenta
(**vegetazione**) o
lentissima
(**rugosità**)



Robust Satellite Techniques

(già **RAT: Robust AVHRR Techniques**, v. Tramutoli, 1998, 2005, 2007) 

1. **Calcolo dei campi di riferimento** imperturbati per $V(r,t)$ a partire da una serie multitemporale di osservazioni satellitari raccolte in condizioni OMOGENEE (stessa ora del giorno, mese dell'anno, etc.)



2. Change detection al tempo t con:

$$\otimes_V(x, y, t) = \frac{V(x, y, t) - V_{REF}(x, y)}{\sigma_V(x, y)}$$

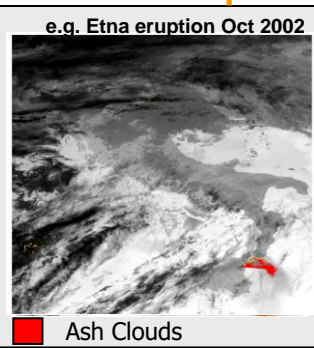
A.L.I.C.E.
(Absolutely Llocal Index of Change of the Environment)

20 anni di Applicazioni di RST

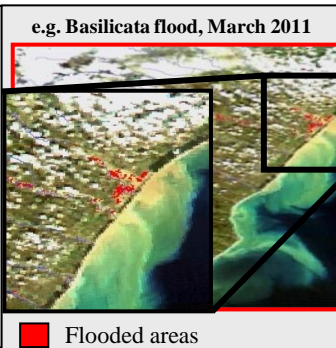
Forest fires



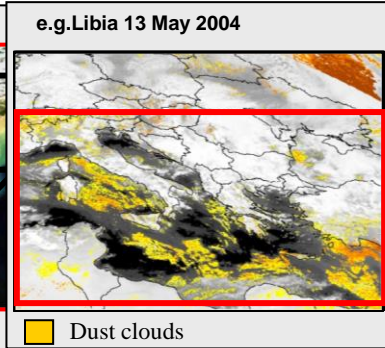
Volcanic Eruptions



Floods



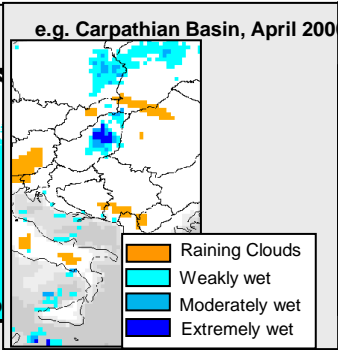
Dust storms



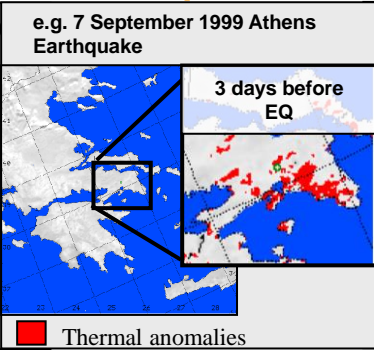
Oil spills



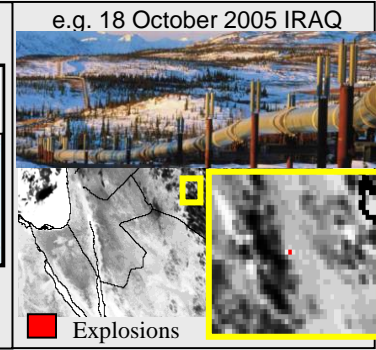
Soil wetness



Earthquakes



Infrastructures



RST per lo studio della umidità dei suoli

- Lacava T, Brocca L, Coviello I, Faruolo M, Pergola N, Tramutoli V (2015). Integration of optical and passive microwave satellite data for flooded area detection and monitoring. *Engineering Geology for Society and Territory Vol. 3: River Basins, Reservoir Sedimentation and Water Resources*; pp 631–635. doi: 10.1007/978-3-319-09054-2, Editors: Giorgio Lollino, Massimo Arattano, Massimo Rinaldi, Orazio Giustolisi, Jean-Christophe Marechal, Gordon E. Grant, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-09053-5 (Print) 978-3-319-09054-2 (Online)
- Lacava T, Brocca L, Coviello I, Faruolo M, Melone F, Moramarco T, Pergola N, Tramutoli V, (2012). Soil moisture variability estimation through AMSU radiometer. *European Journal of Remote Sensing (ISSN:2279-7254)*. 45, pp. 89- 97.
- Lacava T, Matgen P, Brocca L, Bittelli M, Heitz S, Pergola N, Moramarco T, Tramutoli V, (2012). A first assessment of THE SMOS soil moisture product with in-situ and modelled data in Italy and Luxembourg. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing (ISSN:0196-2892)*. 50, pp. 1612- 1622.
- Manfreda S, Lacava T, Onorati B, Pergola N, Di Leo M, Margiotta MR, Tramutoli V, (2011). On the use of AMSU-based products for the description of soil water content at basin scale. *Hydrology And Earth System Sciences (ISSN:1027-5606)*.15, pp. 2839- 2852.
- Lacava T, Brocca L, Calice G, Melone F, Moramarco T, Pergola N, Tramutoli V, (2010). Soil moisture variations monitoring by AMSU-based soil wetness indices: A long-term inter-comparison with ground measurements. *Remote Sensing of Environment (ISSN:0034-4257)*. 114, pp. 2317- 2325.
- Lacava T, Di Leo EV, Pergola N, Tramutoli V, (2006). Space-time soil wetness monitoring by a multi-temporal microwave satellite records analysis. *Physics And Chemistry of The Earth (ISSN:1474-7065)*. 31, pp. 1274-1283.
- Lacava T, Cuomo V, Di Leo EV, Pergola N, Romano F, Tramutoli V, (2005). Improving soil wetness variations monitoring from passive microwave satellite data: the case of April 2000 Hungary flood. *Remote Sensing of Environment (ISSN:0034-4257)*. 96, pp. 135- 148.
- Lacava T, Greco M, Di Leo EV, Martino G, Pergola N, Romano F, Sannazzaro F, Tramutoli V, (2005). Monitoring Soil Wetness variations by means of satellite passive microwave observations: the HYDROPTIMET study cases. *Natural Hazards And Earth System Sciences (ISSN:1561-8633)*. 5, pp. 583- 592.
- Lacava T, Greco M, Di Leo EV, Martino G, Pergola N, Romano F, Sannazzaro F, Tramutoli V, (2005). Assessing the potential of SWVI (Soil Wetness Variation Index) analysis for hydrological risk monitoring by satellite microwave observations. *Advances In Geosciences (ISSN:1680-7340)*. 2, pp. 221- 227.

RST per lo studio delle aree inondate

- Lacava, T., Ciancia, E., Faruolo, M., Pergola, N., Satriano, V., Tramutoli, V. (2019). On the Potential of RST-FLOOD on Visible Infrared Imaging Radiometer Suite Data for Flooded Areas Detection. DOI:10.3390/rs11050598. pp.598. In REMOTE SENSING - ISSN:2072-4292 vol. 11 (5)
- Lacava, T., E. Ciancia, M. Faruolo, N. Pergola, V. Satriano, and V. Tramutoli (2018), Analyzing the December 2013 Metaponto Plain (Southern Italy) Flood Event by Integrating Optical Sensors Satellite Data, *Hydrology*, 5(3), 43, doi:10.3390/hydrology5030043.
- Lacava T, Brocca L, Coviello I, Faruolo M, Pergola N, Tramutoli V (2015). Integration of optical and passive microwave satellite data for flooded area detection and monitoring. *Engineering Geology for Society and Territory Vol. 3: River Basins, Reservoir Sedimentation and Water Resources*; pp 631–635. doi: 10.1007/978-3-319-09054-2, Editors: Giorgio Lollino, Massimo Arattano, Massimo Rinaldi, Orazio Giustolisi, Jean-Christophe Marechal, Gordon E. Grant, Springer International Publishing, ISBN: 978-3-319-09053-5 (Print) 978-3-319-09054-2 (Online)
- Faruolo M, Coviello I, Lacava T, Pergola N, Tramutoli V (2013). A Multi-Sensor Exportable Approach for Automatic Flooded Areas Detection and Monitoring by a Composite Satellite Constellation. *IEEE Transactions On Geoscience And Remote Sensing (ISSN:0196-2892)*. 51, pp. 2136- 2149.
- Tarpanelli A, Brocca L, Melone F, Moramarco T, Lacava T, Faruolo M, Pergola N, Tramutoli V, (2013). Toward the estimation of river discharge variations using MODIS data in ungauged basins. *Remote Sensing of Environment (ISSN:0034-4257)*. 136, pp. 47- 55. *ote Sensing of Environment* 186 (2016) 196–216
- Temimi M, Lacava T, Lakhankar T, Tramutoli V, Ghedira H, Ata R, Khanbilvardi R, (2011). A multi-temporal analysis of AMSR-E data for flood and discharge monitoring during the 2008 flood in Iowa. *Hydrological Processes (ISSN:0885-6087)*. 25, pp. 2623- 2634.
- Lacava T, Filizzola C, Pergola N, Sannazzaro F, Tramutoli V, (2010). Improving flood monitoring by RAT (Robust AVHRR Technique) approach: the case of April 2000 Hungary flood. *International Journal of Remote Sensing (ISSN:0143-1161)*. 31, pp. 2043- 2062.
- Lacava T, Coviello I, Dileo V, Faruolo M, Pergola N, Tramutoli V (2007). From GMOSS to GMES: Robust satellite techniques for flood risk mitigation and monitoring. *Global monitoring for security and stability (GMOSS) integrated scientific and technological research supporting security aspects of the european union EUR 23033*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, ©European Communities, 2007, pp 306–314. ISBN 978-92-79-07584-1, ISSN 1018-5593, doi: 10.2788/53480.

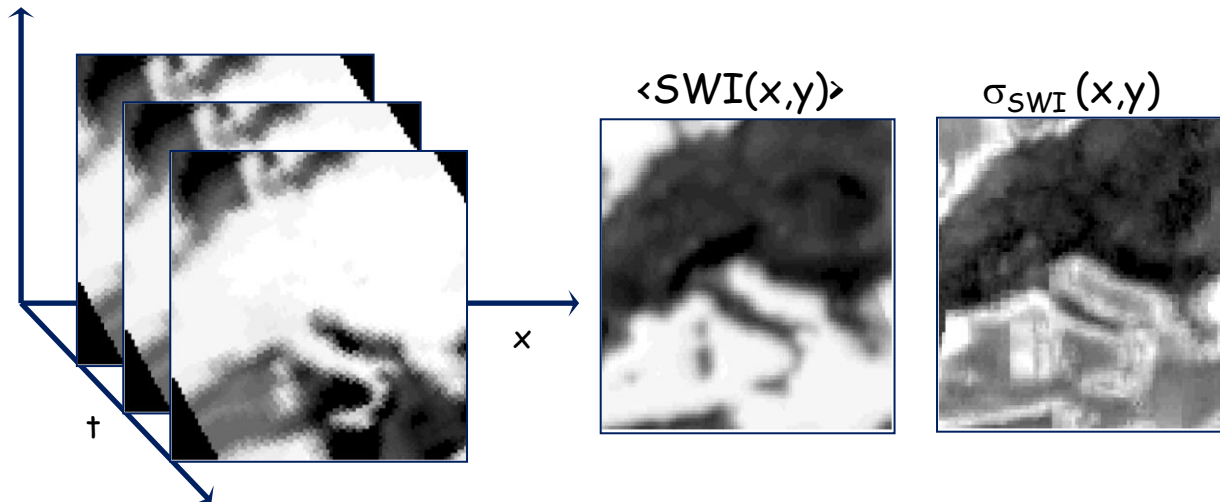
Esempio 1. RST per lo studio della umidità dei suoli applicato al Soil Wetness Index (NOAA/AMSU)

Soil Wetness Index

$$SWI = TB(89\text{GHz}) - TB(23\text{GHz})$$

$$\otimes_{SWI}(x, y, t) = \frac{SWI(x, y, t) - \langle SWI(x, y) \rangle}{\sigma_{SWI}(x, y)}$$

Channel (GHz)	AMSU-A (48 km) Advanced Microwave Sounding Unit-A	Instrument Component
1	23.8	A2
2	31.4	A2
3	50.3	A1-2
4	52.8	A1-2
5	53.6	A1-2
6	54.4	A1-1
7	54.9	A1-1
8	55.5	A1-2
9	57.2	A1-1
10	57.29±217	A1-1
11	57.29±322±0.48	A1-1
12	57.29±322±0.22	A1-1
13	57.29±322±0.10	A1-1
14	57.29±322±0.045	A1-1
15	89.0	A1-1



Esempio 1. RST per lo studio della umidità dei suoli applicato al Soil Wetness Index (NOAA/AMSU)

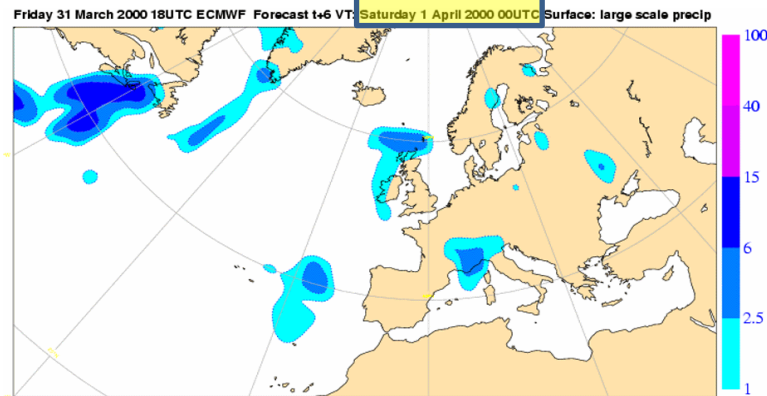
5-11 April 2000, Ungheria

- 10 VITTIME
- EVACUATE CIRCA 20.000 PERSONE
- GRANDI DANNI ALLE INFRASTRUTTURE ED AI TERRENI AGRICOLI
- DUE DIVERSI EVENTI METEOROLOGICI

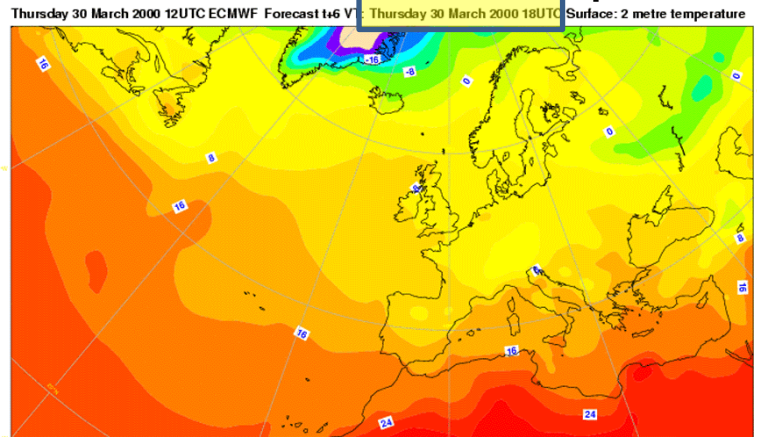
Sequenza 31 March-11 April

- TUTTA LA ZONA È STATA COINVOLTA DA UN INSOLITO AUMENTO DI TEMPERATURA CHE HA CAUSATO LO SCIOGLIMENTO DELLA NEVE SUI CARPAZI

ECMWF Forecast: large scale precipitation

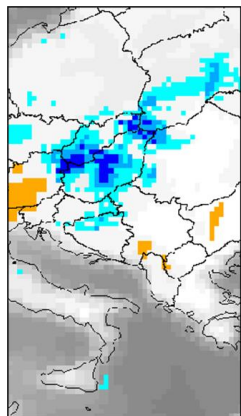


ECMWF Forecast: 2 metres temperature

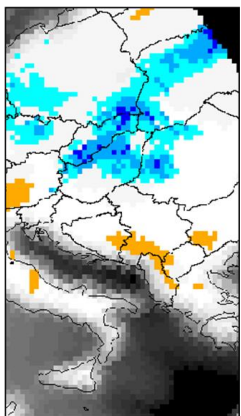


Sequenza 30 Marzo-9 April

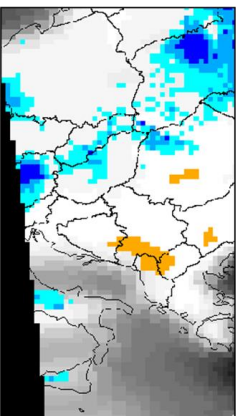
5-11 April 2000, Ungheria



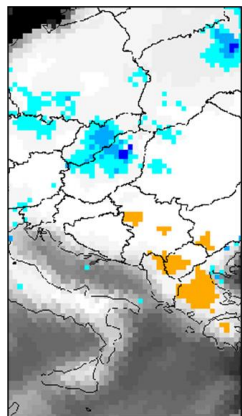
2 April 06:00



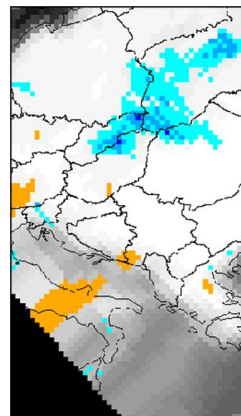
2 April 16:22



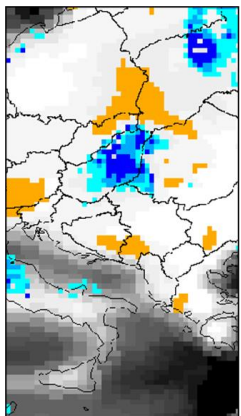
3 April 05:37



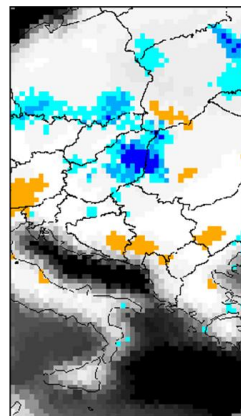
3 April 16:12



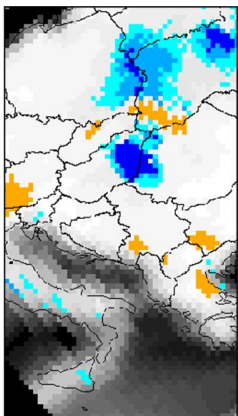
4 April 15:50



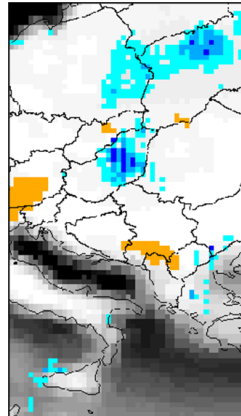
7 April 05:47



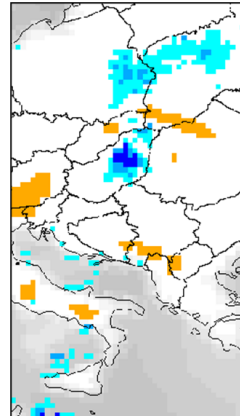
7 April 16:09



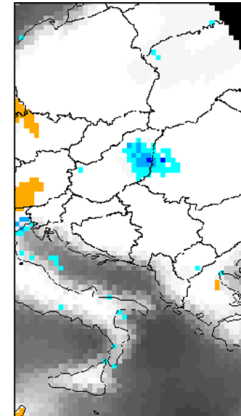
8 April 15:47



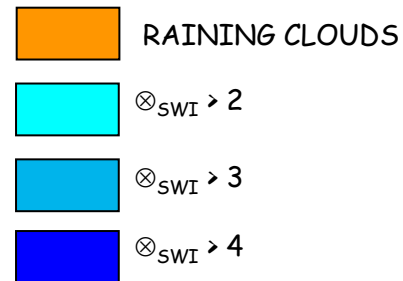
9 April 06:45



10 April 06:22



11 April 16:42



Esempio 2. RST per lo studio delle aree inondate (dic-2013)

$$\otimes_{NDSI}(x, y, t) = \frac{NDSI(x, y, t) - \langle NDSI(x, y) \rangle}{\sigma_{NDSI}(x, y)}$$

$$NDSI(x, y, t) = \frac{RED(x, y, t) - SWIR(x, y)}{RED(x, y, t) + SWIR(x, y)}$$

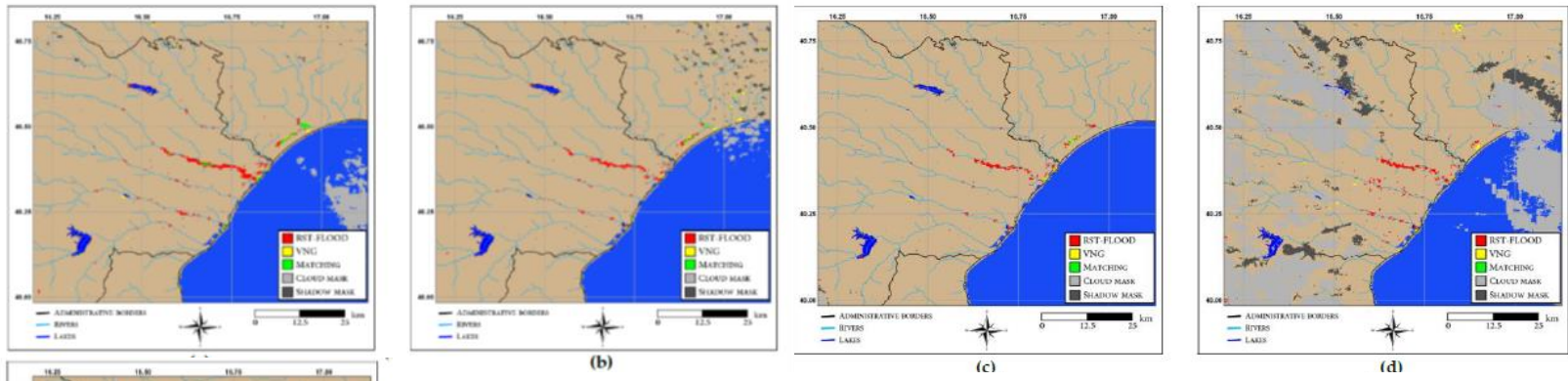
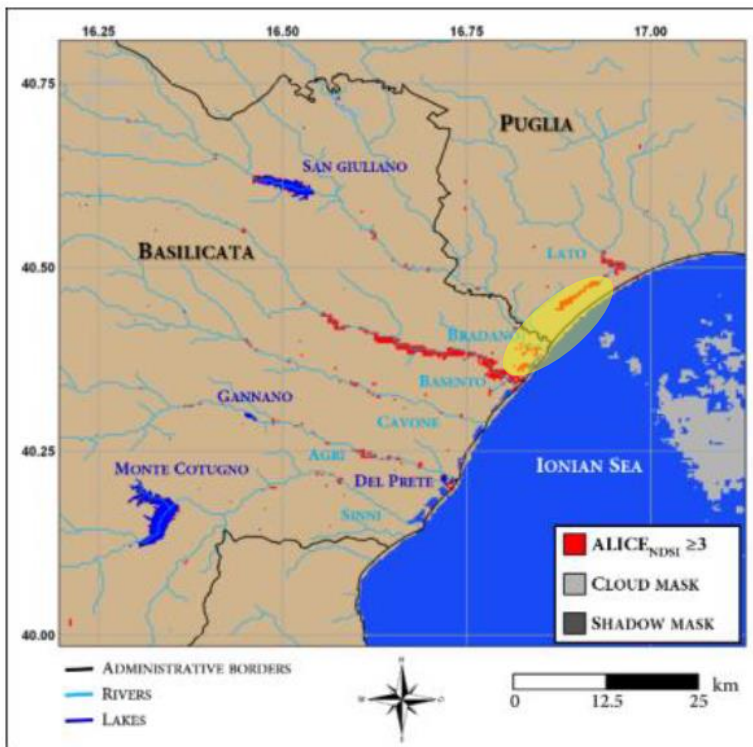


Figure 13. Comparison between flooded areas detected by RST-FLOOD using $ALICE_{NDSI} \geq 3$ (red pixels) and VNG (yellow pixels) on VIIRS data acquired on: (a) 04/12/2013; (b) 05/12/2013; (c) 06/12/2013; (d) 07/12/2013; (e) 08/12/2013. Common detections are depicted in green.

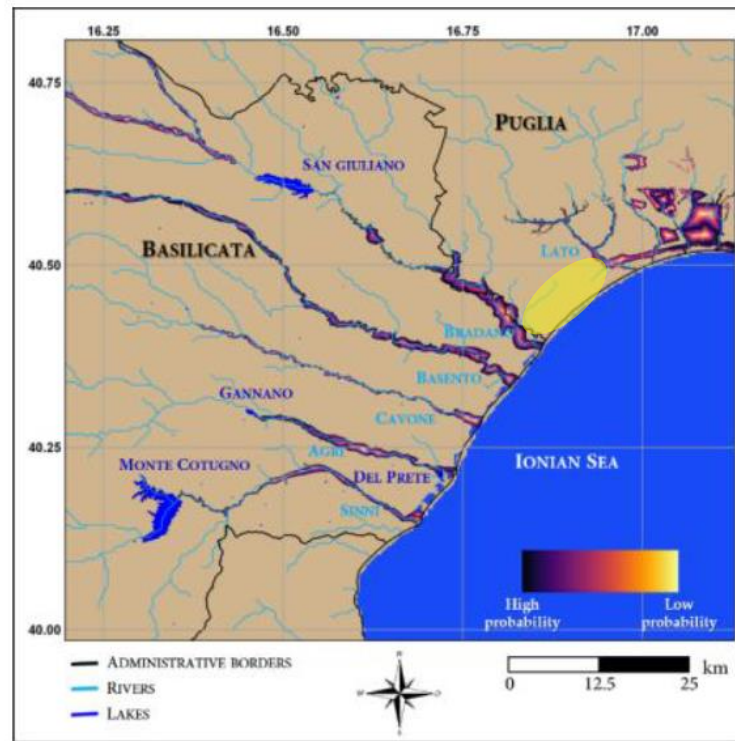
da Lacava et al., 2019

Esempio 2. RST per lo studio delle aree inondate (dic-2013) confronto con il PAI Regione Basilicata

Aree inondate (da RST 4 dicembre 2013)



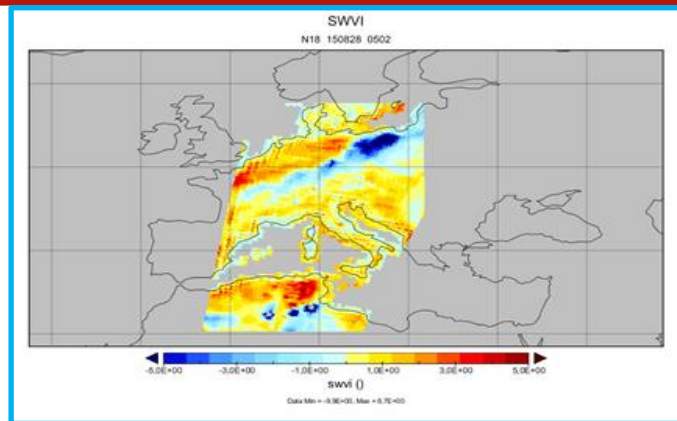
PAI Regione Basilicata



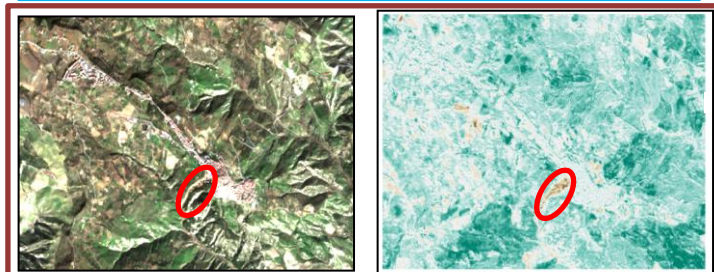
1. Impatto di nuovi sensori e indici spettrali in banda ottica e nelle microonde per:
 - Il miglioramento della valutazione del rischio da inondazione e frana
 - Il mapping delle **variazioni di copertura del suolo** monitoraggio (precoce ?) dei corpi di frana e delle aree inondate.

Contributo alle diverse azioni di mitigazione:

- **Pre-evento:** miglioramento della valutazione dinamica del rischio idrogeologico attraverso:
 - Valutazione giornaliera delle condizioni di umidità dei suoli con segnalazione di concentrazioni anomale nel dominio spazio-temporale
 - Affinamento della previsione delle aree inondabili grazie al mapping dettagliato degli eventi del passato
- **Durante:** mapping dell'evoluzione degli eventi in corso (corpi di frana, aree inondate) a supporto delle azioni di mitigazione
- **Post-evento:** mapping delle aree colpite a supporto degli interventi di ristoro e per la **valutazione ex-post dell'efficacia** delle azioni di mitigazione messe in atto precedentemente.



Stima della variazione della Soil Moisture da sensori passivi e attivi nelle microonde



Riconoscimento corpi di frana da sensori ottici a media e alta risoluzione spaziale



Mapping delle aree inondate da sensori a media risoluzione spaziale ed alta risoluzione temporale

Copernicus Surface Soil Moisture (SSM)

Generato a partire dalle misure nelle **microonde del SAR** a bordo dei satelliti **Sentinel 1** (1A - novembre 2014, 1B – ottobre 2016) e distribuito dal Copernicus Global Land Service

Unità di misura: **% di saturazione** (0-100%) riferita ai **primi 5 cm** del suolo
[si può trasformare in contenuto volumetrico (m³/m³) a partire da info sulla porosità (m³/m³)]

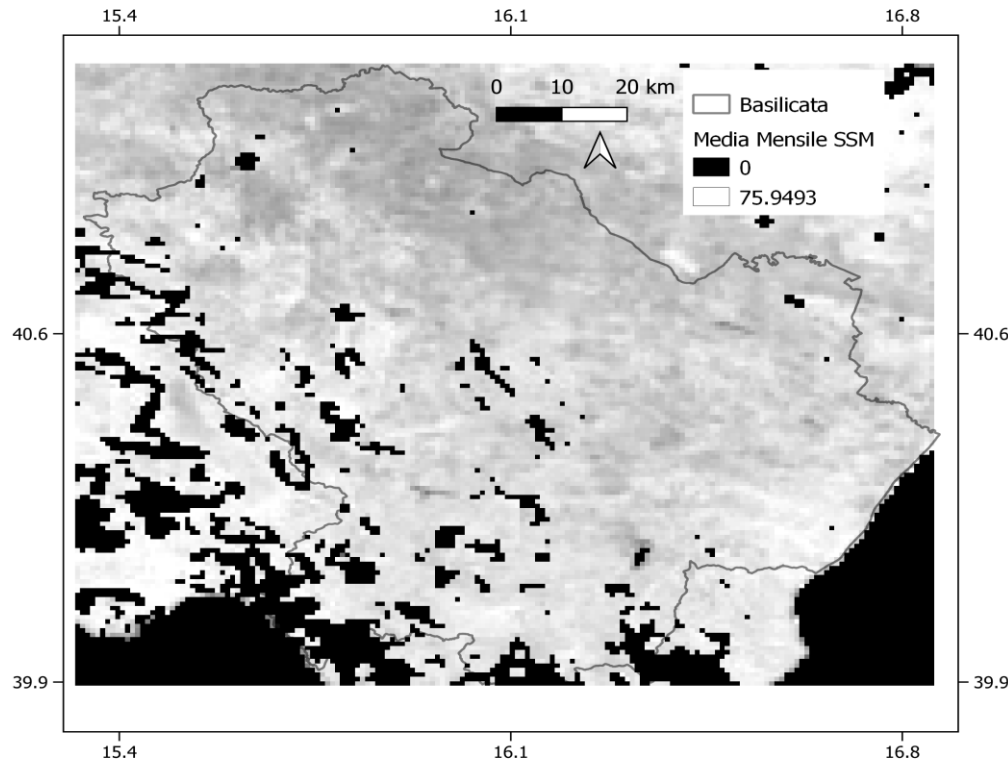
Risoluzione spaziale: **1 km**

Risoluzione temporale

1.5-4 gg a partire dal

2016, **3-8 gg** dal **2015**

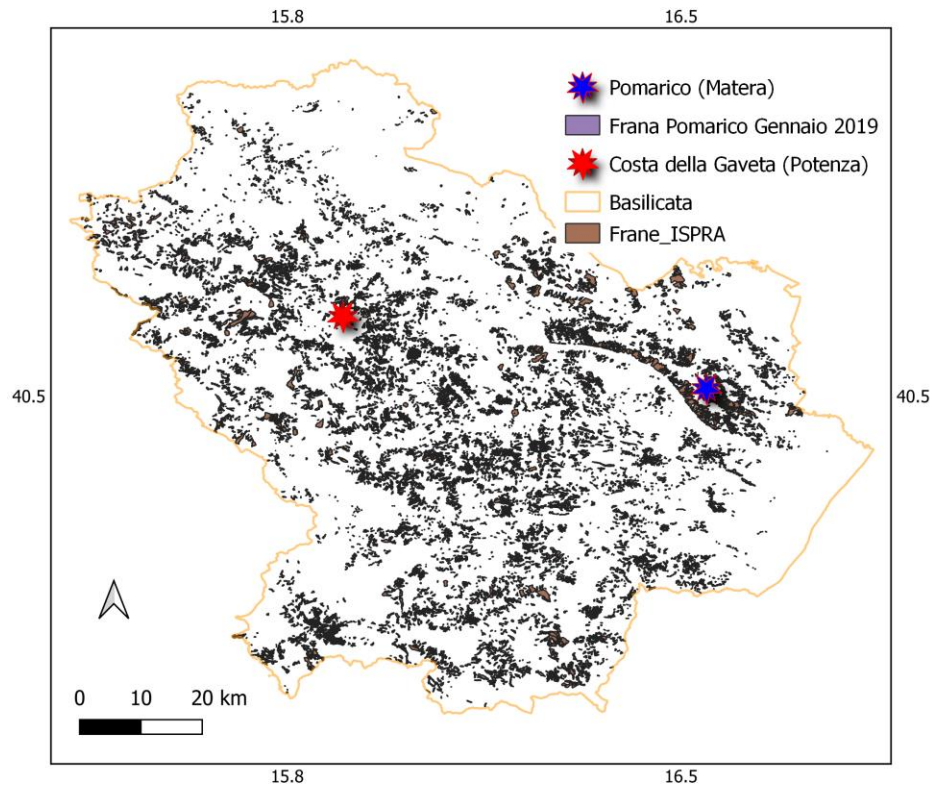
Aggregazione dei dati a differenti scale temporali e relativa analisi multi-temporale



Copernicus Surface Soil Moisture (SSM):

Applicazione alla scala locale

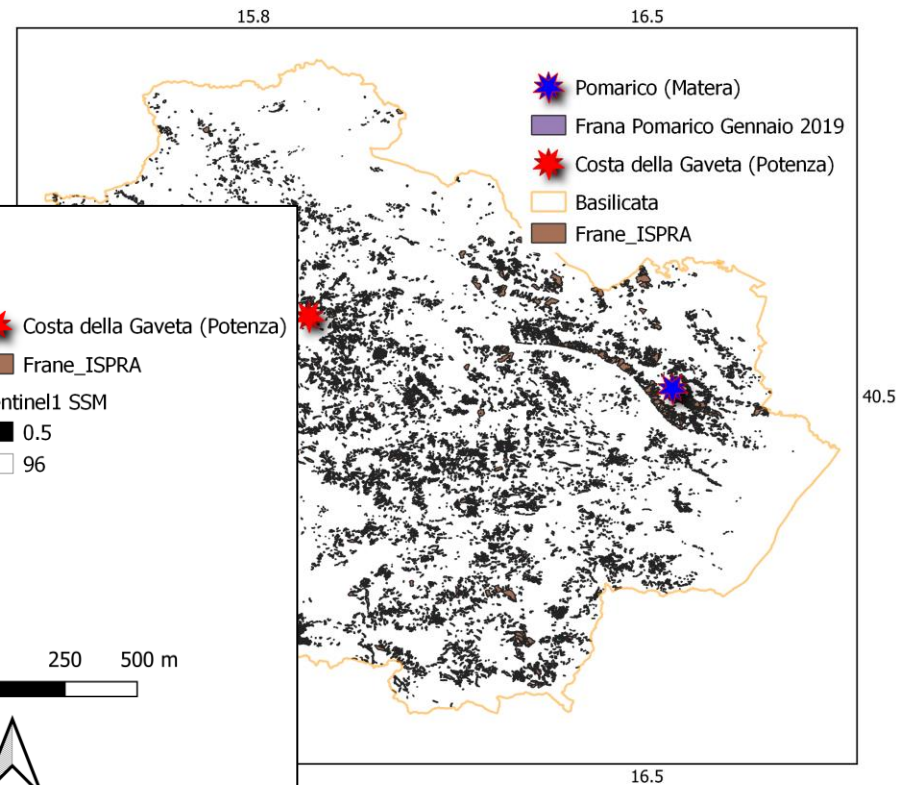
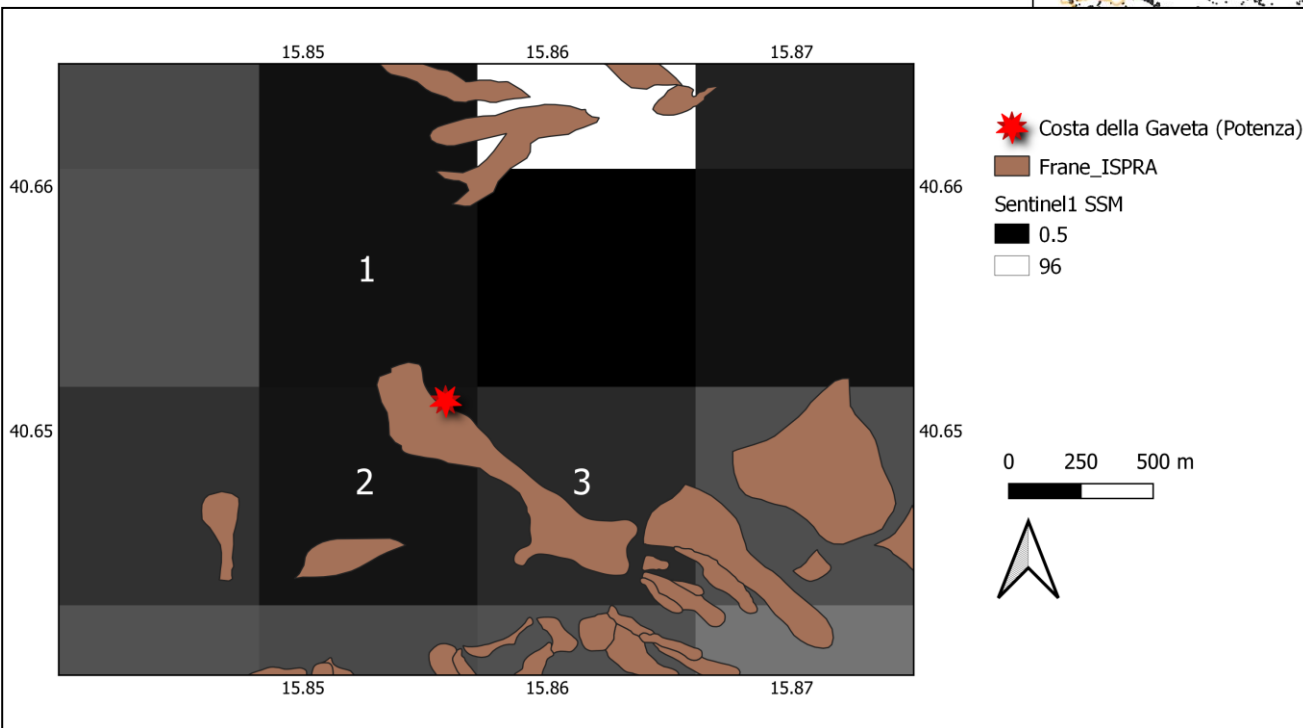
1) Frana di Varco d'Izzo 2) Frana di Pomarico



Copernicus Surface Soil Moisture (SSM):

Applicazione alla scala locale

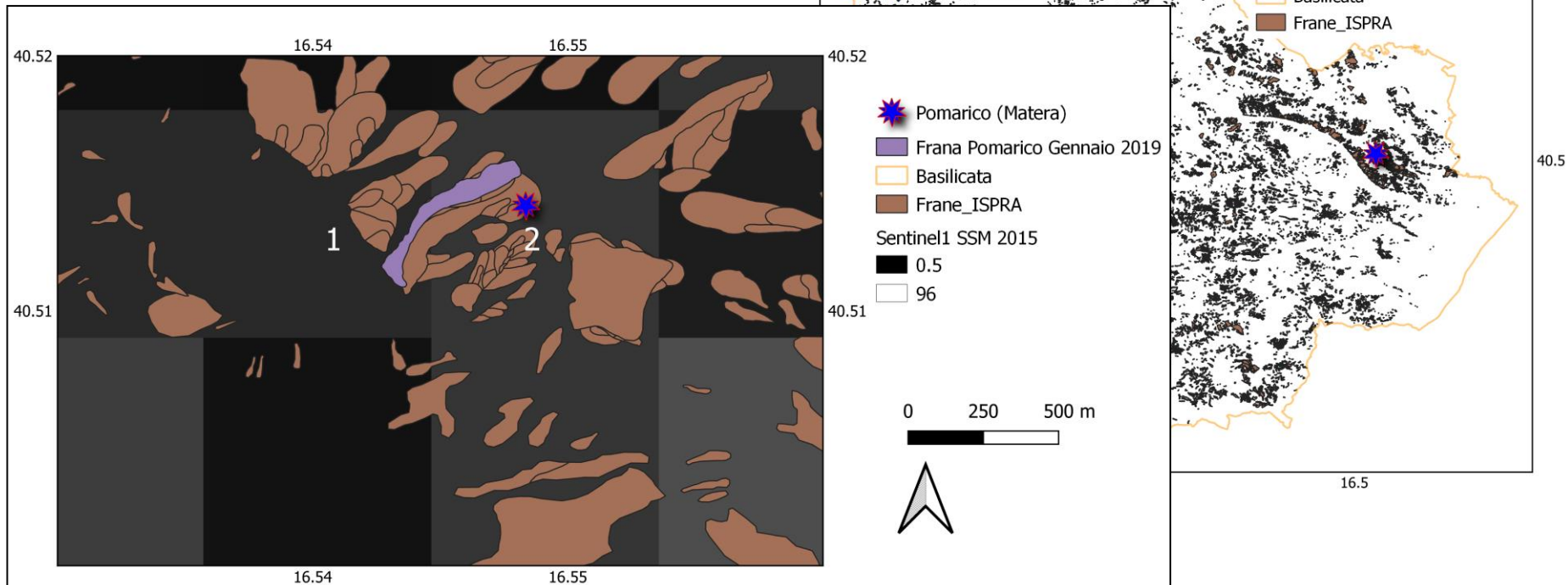
1) Frana di Varco d'Izzo 2) Frana di Pomarico

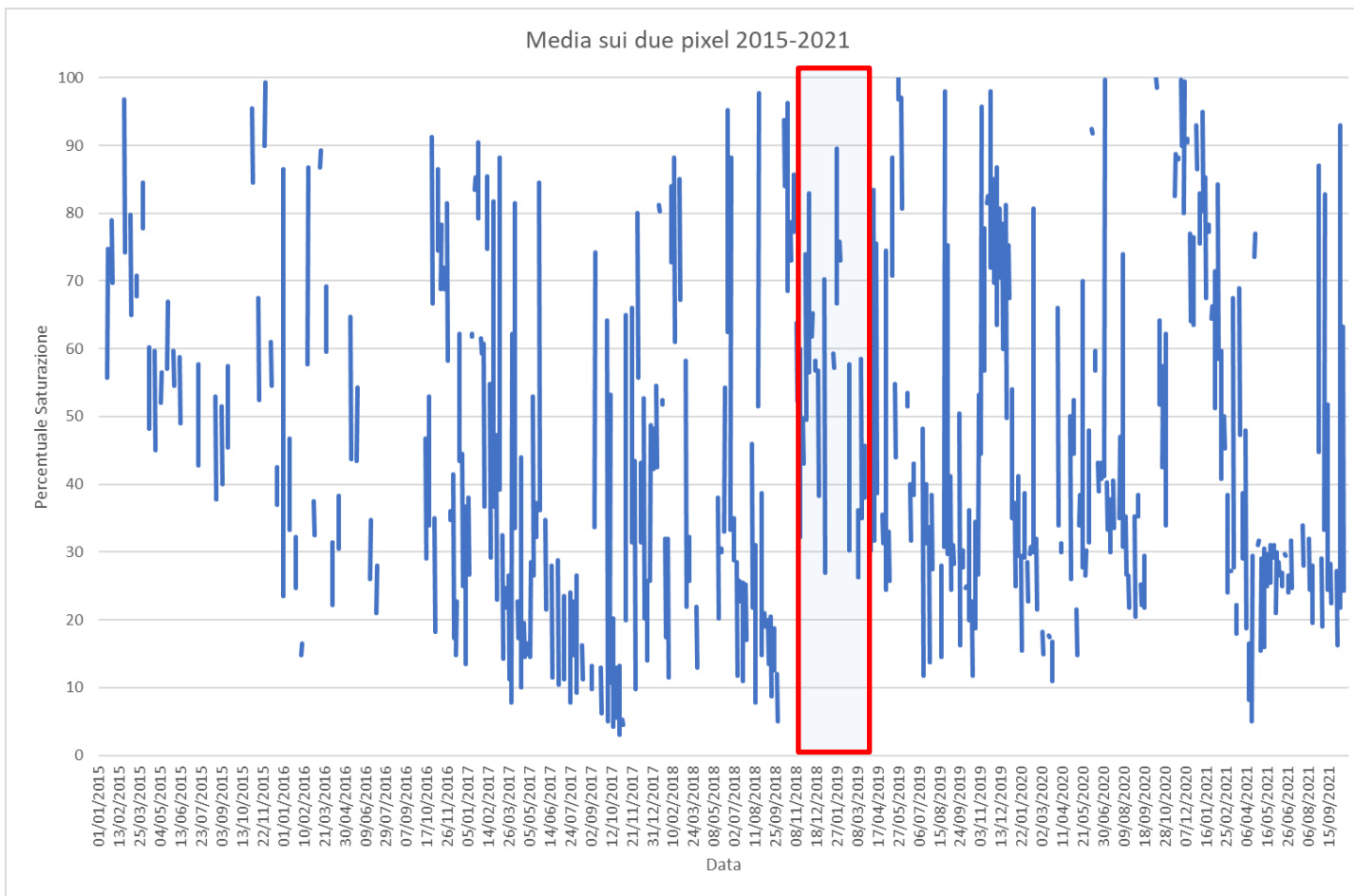


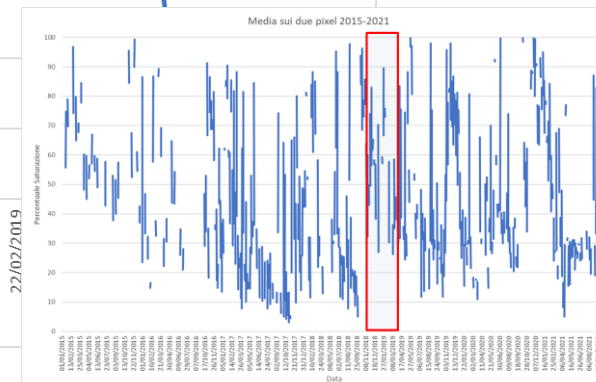
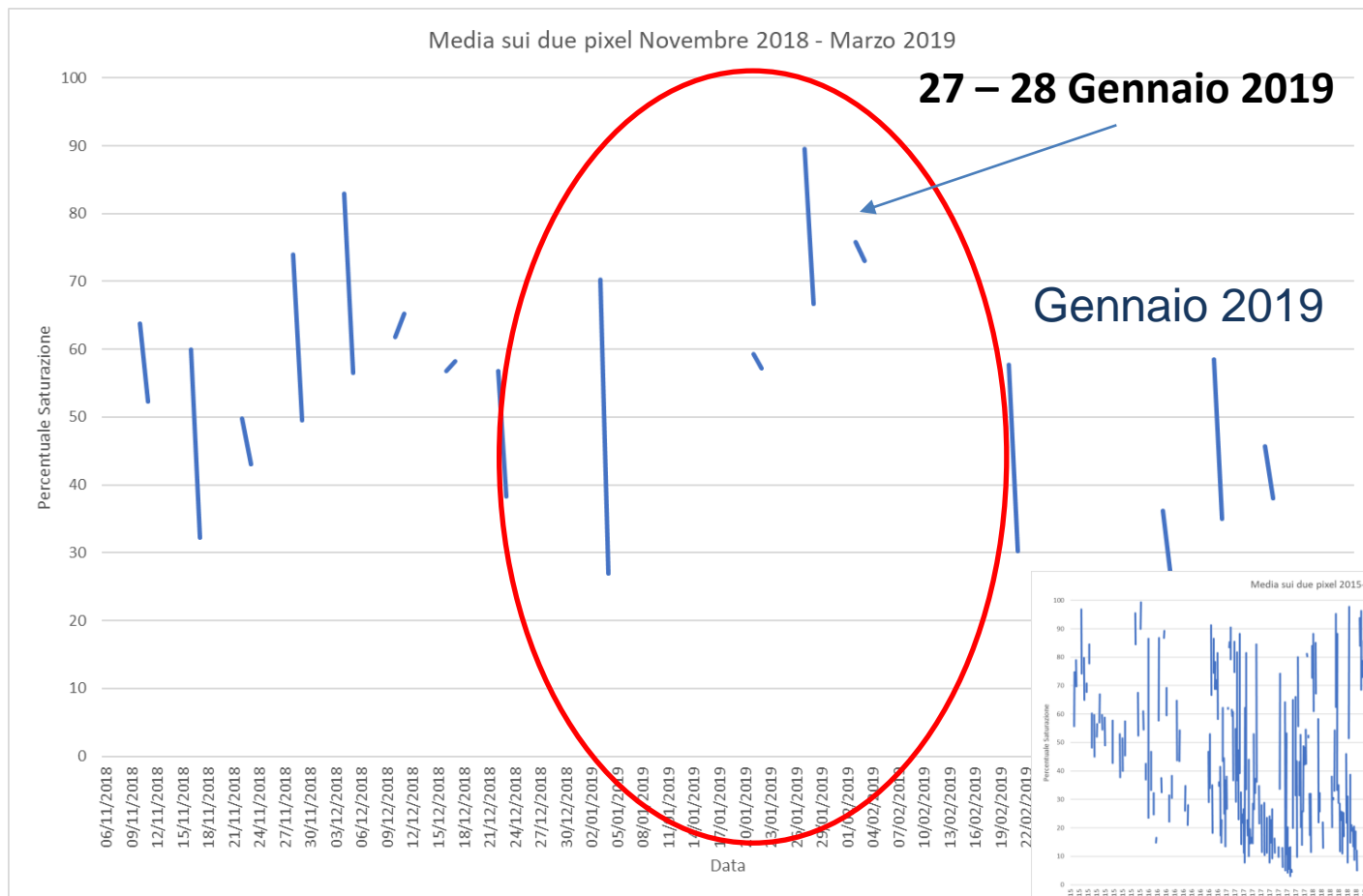
Copernicus Surface Soil Moisture (SSM):

Applicazione alla scala locale

1) Frana di Varco d'Izzo 2) Frana di Pomarico







Normalized Difference Vegetation index – NDVI su DATI Copernicus Sentinel-2 -MSI

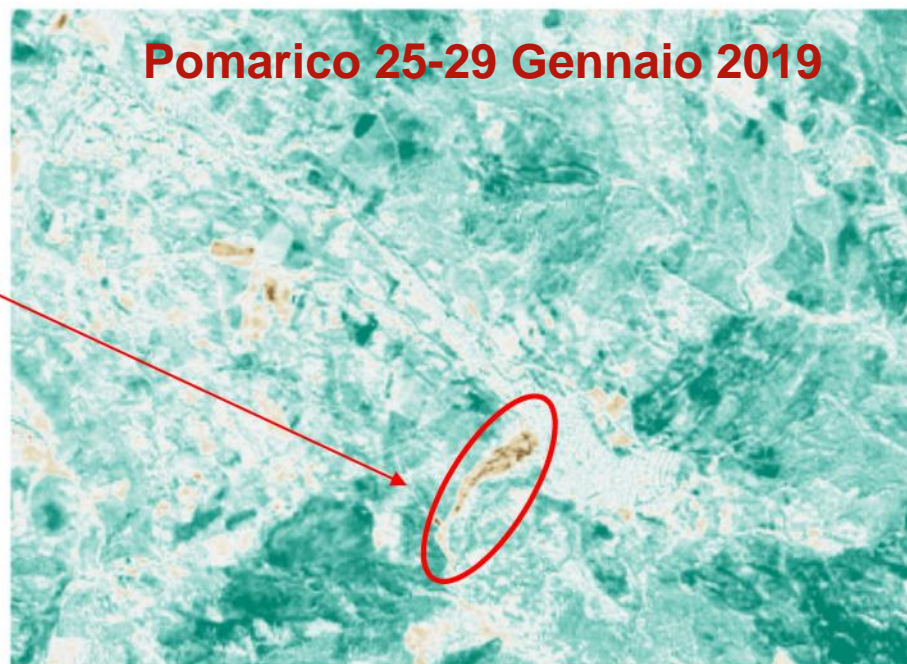
Bande spettrali: **13** (dal Visibile all’Infrarosso ad onde corte – SWIR)

Risoluzione spaziale: **da 10m a 60m** a seconda delle bande

Risoluzione Temporale: **10 giorni** per il singolo satellite e **fino a 5 giorni** in costellazione.

Disponibilità: **luglio 2015** (Sentinel-2A), **giugno 2017** (+ Sentinel-2B)

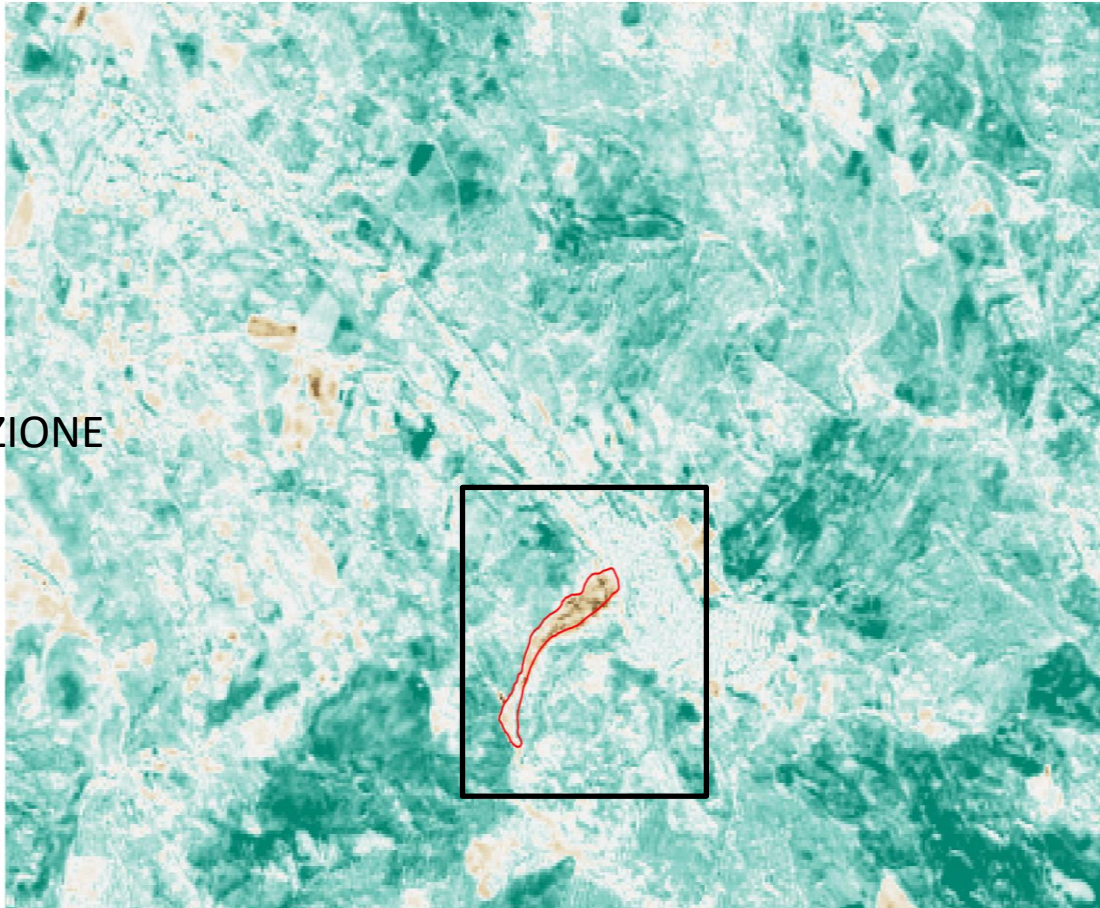
L’approccio multi-temporale di *change detection* tra due mappe NDVI ottenute a partire da immagini MSI *Sentinel-2* (10m), una antecedente l’evento e una subito successiva (la prima utile non nuvolosa).




NDVI(Feb2019)-NDVI(Feb2018)

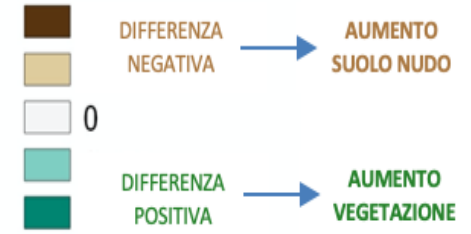


VALIDAZIONE

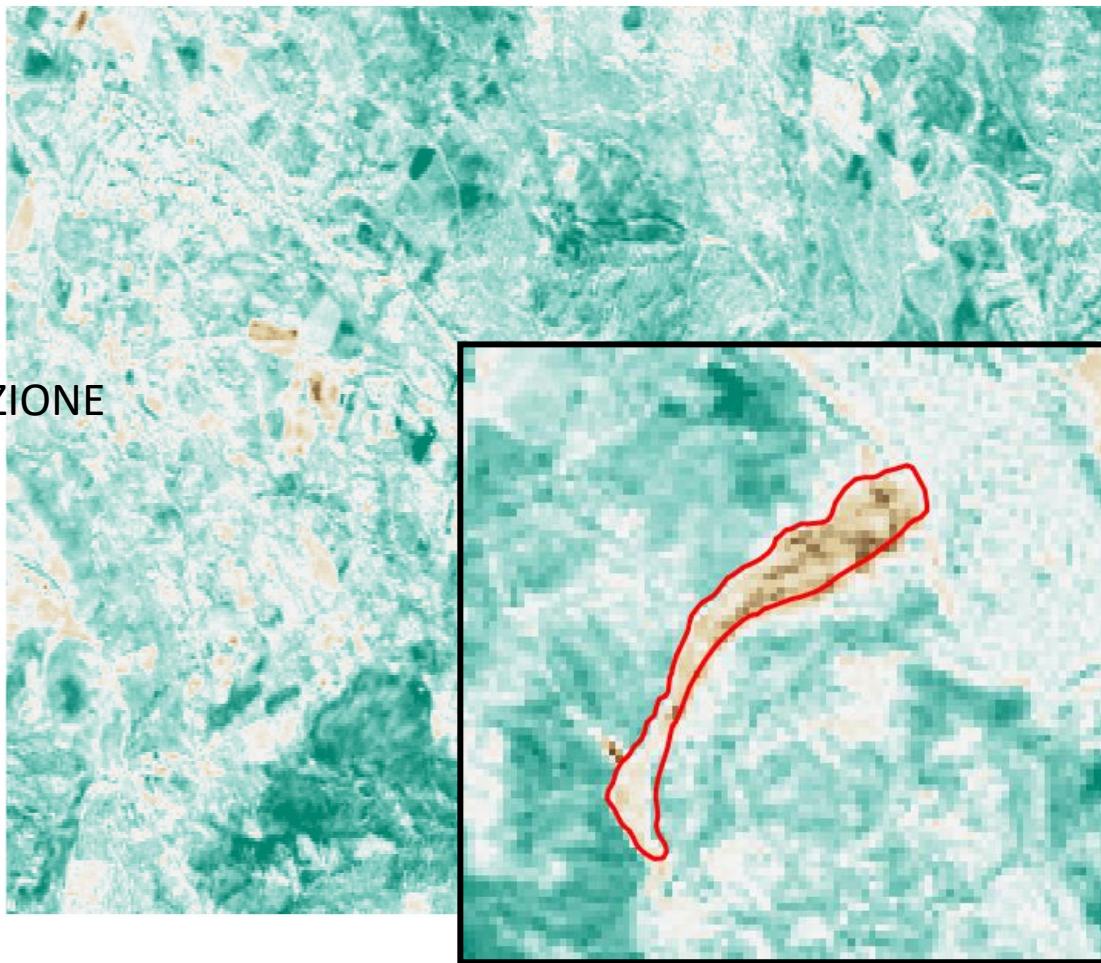



 Perrone et al., 2020 Landslides

NDVI(Feb2019)-NDVI(Feb2018)



VALIDAZIONE



 Perrone et al., 2020 Landslides
 PERRONE ET AL., 2021

NDVI(Feb2019)-NDVI(Feb2018)



- Analisi altri casi di frana in banda ottica con implementazione approccio multitemporale a maggiore densità per la valutazione di piccoli movimenti del terreno
- Analisi altri dati/prodotti satellitari di sm

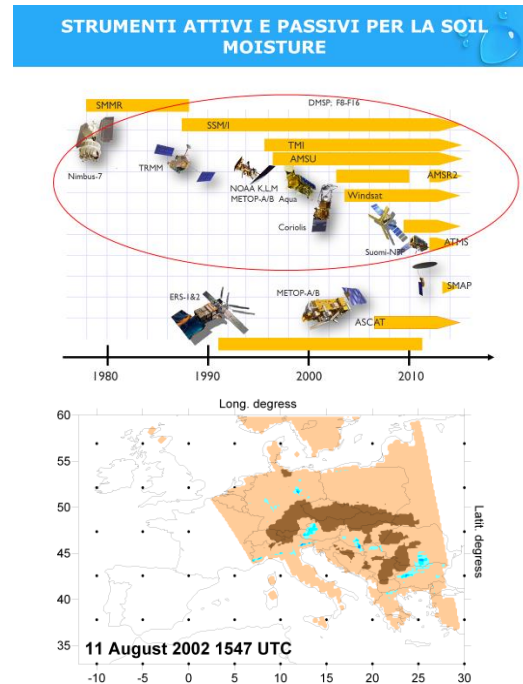
ASCAT Soil Water Index (SWI), Copernicus SWI, ...

- Analisi multitemporale sui diversi dati/prodotti satellitari per l'identificazione automatica di condizioni anomale di umidità dei suoli

Robust Satellite Techniques

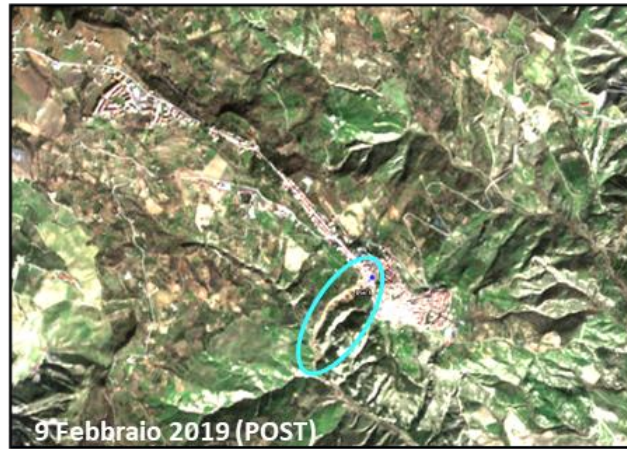
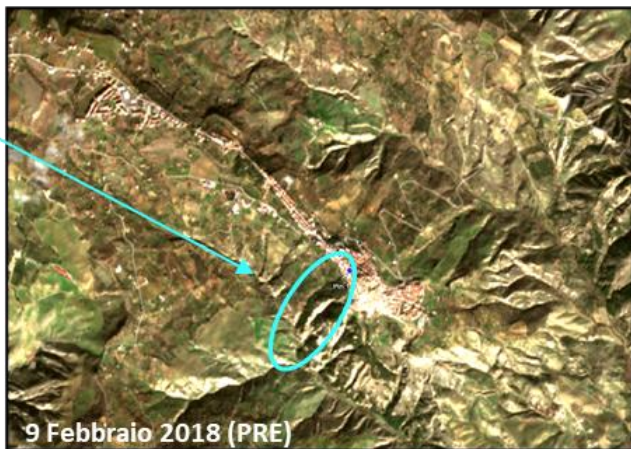
- Integrazione/intercalibrazione con informazioni al suolo ottenute dagli altri gruppi di ricerca relativamente a:

Porosità, umidità, precipitazioni



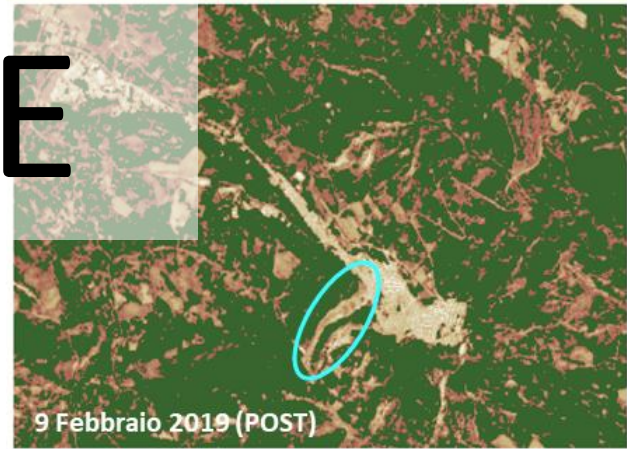
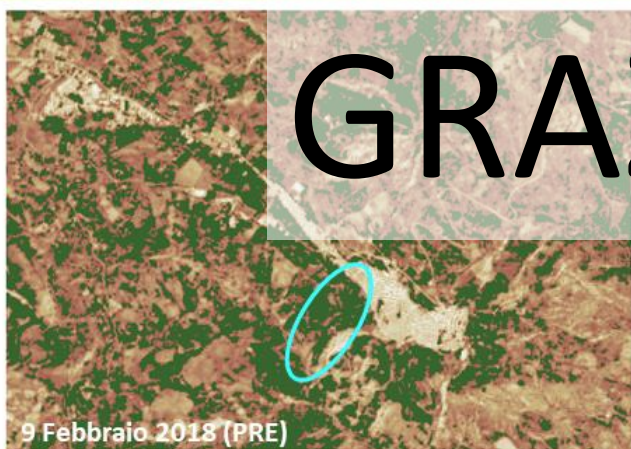
RGB

Area di frana



NDVI

-  ACQUA
-  NUVOLE
-  0
-  SUOLI
-  SUOLI
-  VEGETAZIONE



GRAZIE