

## Interpretazione geologica dei valori di umidità superficiale da dati radar Sentinel-1

Francesco Onorato Perseu <sup>(a)</sup>, Maria Teresa Melis <sup>(a)</sup>, Danila Patta <sup>(a)</sup>, Antonio Funedda <sup>(a)</sup>, Giorgio Ghiglieri <sup>(a)</sup>, Elisa Vuillermoz <sup>(a)</sup>, Vasil Yordanov <sup>(b)</sup>, Marco Scaioni <sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Università degli Studi di Cagliari – Dip. di Scienze Chimiche e Geologiche– Laboratorio TeleGIS, via Trentino 51, Cagliari 09127 – email: titimelis@unica.it

<sup>(b)</sup> Politecnico di Milano – Dip. di Architettura, dell’Ambiente Costruito e dell’Ingegneria delle Costruzioni, via Ponzio 31, Milano 20133 – email:marco.scaioni@polimi.it

### Riassunto

Lo studio proposto ha l’obiettivo di integrare in un unico ambiente di interpretazione i fenomeni di instabilità rilevati sul campo e le misure di umidità del terreno elaborate da dati radar, in un settore della Sardegna centrale. In particolare, viene proposta una cartografia multi-temporale in cui, alla specifica fenomenologia franosa legata ai differenti tipi litologici, viene associata la variazione di umidità superficiale elaborata dai dati del sensore C-Band SAR della missione *Sentinel-1*. Il lavoro si è concentrato sui fenomeni che si sviluppano sui versanti del Monte Guzzini, altopiano basaltico che copre formazioni sedimentarie mioceniche. I fenomeni che hanno originato questi corpi sembrano essere innescati dal raggiungimento del valore di saturazione del contenuto di acqua. I risultati sembrano coerenti con le ipotesi iniziali e si denota un comportamento, rispetto al segnale radar, particolare per ogni litologia rilevata nell’area.

### Abstract

*The goal of this study is to integrate in just one interpretation environment the instability phenomena located in a part of central Sardinia and the soil moisture measurement coming from the elaboration of radar data. Particularly, a multi-temporal map is proposed where, the superficial soil moisture variation measured with SAR data from Sentinel-1, is correlated with specific lithological*

types. This work concerns about the landslides on Mt. Guzzini slopes. The results seem to be coherent with the initial hypothesis and they show a different behavior, depending on lithology investigated by the radar signal.

## Introduzione

Il lavoro proposto si pone l'obiettivo di studiare la variazione dei valori di umidità superficiale misurati a partire da dati radar della missione *Sentinel-1*, delle differenti litologie presenti in un settore della Sardegna centrale. Lo studio intende applicare le metodologie proposte in particolare da Paloscia et alii, (2013) che propongono l'utilizzo di specifici algoritmi per l'estrazione del valore di umidità del suolo a partire dai dati radar provenienti dai satelliti lanciati in orbita da ESA (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>). Ci si propone pertanto di testare queste metodologie finalizzando l'analisi alla proposta di un sistema di monitoraggio di specifici fenomeni franosi, partendo da serie multitemporali ad alta risoluzione geometrica.

In particolare, lo studio intende approfondire le relazioni esistenti tra le variazioni dei valori di *backscattering* e l'aumento di umidità delle coltri superficiali dei corpi geologici potenzialmente instabili e, come si vedrà di seguito nello specifico dei corpi soggetti a colamento lento.

## Area di studio

L'area presa in esame si trova nella Sardegna centrale tra i comuni di Nurri, Villanovatulo, Esterzili e Orroli (Fig. 1). In questo settore sono stati rilevati un alto numero di fenomeni franosi, di diversa tipologia di innesco e di evoluzione.

La prima parte del lavoro si è concentrata essenzialmente sui fenomeni che si sviluppano sui versanti settentrionali del Monte Guzzini (Fig. 2), altopiano basaltico che copre le formazioni sedimentarie mioceniche (Funedda et alii, in

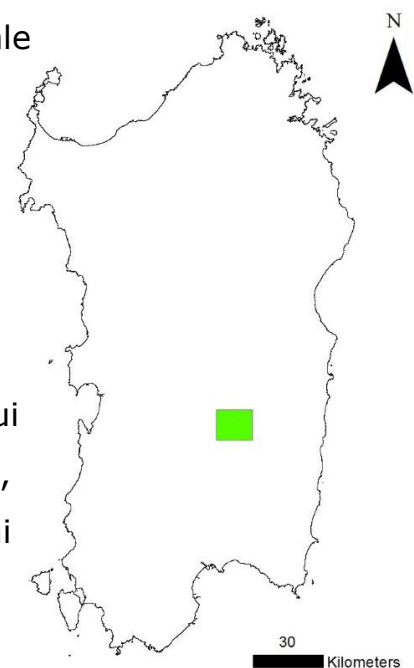


Figura 1. Localizzazione dell'area di studio

stampa). Il materiale che forma i corpi di frana è composto per la maggior parte da sedimento con granulometria molto fine (argille e limo) proveniente dalle litologie marnoso-arenacee mioceniche su cui poggiano i litotipi basaltici. All'interno del substrato di questi corpi di frana sono inclusi blocchi di basalto derivanti dai fenomeni di crollo alla cornice del plateau, che rotolano sul versante e contribuiscono al lento movimento gravitativo.

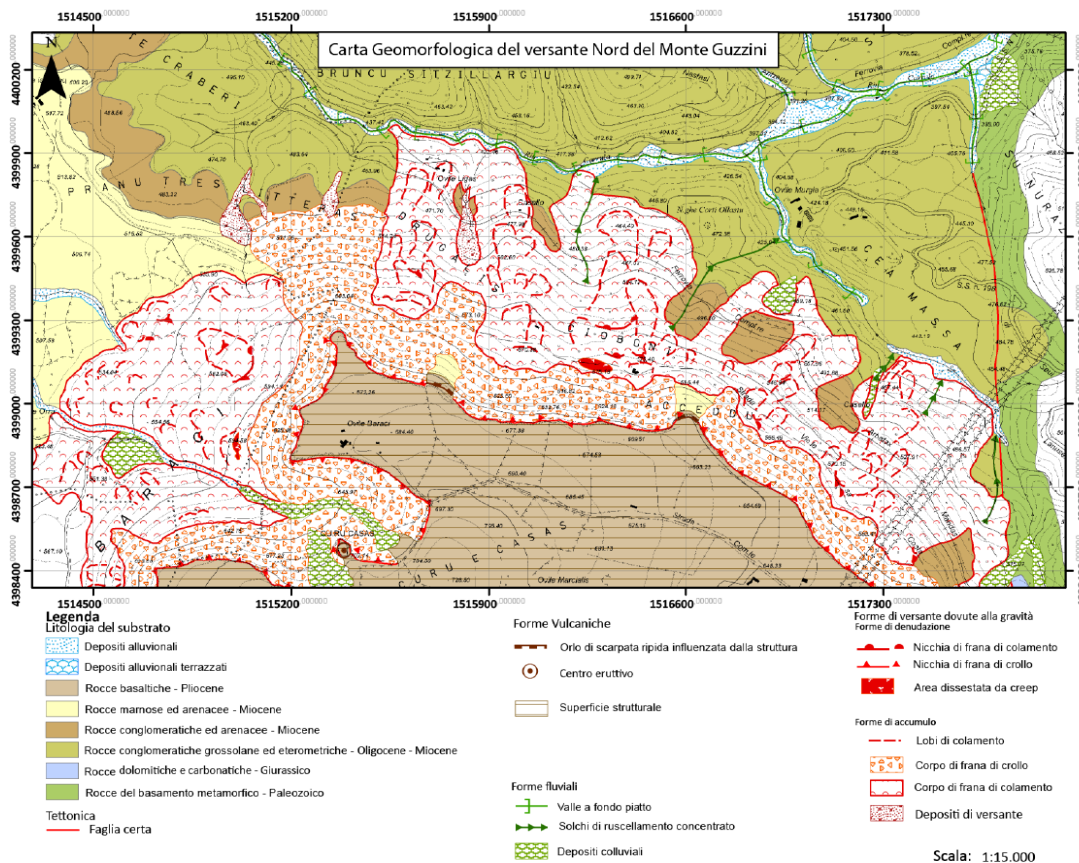


Figura 2. Estratto della Carta Geomorfologica elaborata durante lo studio

I corpi di frana sembra siano stati messi in movimento da fenomeni di colamento molto lenti il cui movimento sembra essere innescato dal raggiungimento del valore limite di saturazione del contenuto di acqua, ciò sembra essere confermato dalle evidenze raccolte durante le indagini *in situ* come la presenza di *creep* e la deformazione visibile in maniera eloquente nei muri di sostegno, costruiti negli anni '70 con lo scopo di contrastare la spinta opposta dal versante, che presentano chiari segni di deformazione differenziale

e ricostruzione a seguito di crollo. Inoltre, le ipotesi sulle litologie la cui erosione genera i corpi di frana messi in movimento da processi di colamento lento sembrano essere confermate da prove geotecniche speditive volte alla caratterizzazione geotecnica del materiale campionato durante le attività di campagna.

## **Materiali e metodi**

I valori di umidità delle coperture superficiali sono stati elaborati utilizzando i dati radar acquisiti dagli strumenti SAR montati a bordo dei satelliti lanciati in orbita da *ESA* durante il progetto *Copernicus*, *Sentinel-1A* e *Sentinel-1B*.

I principali vantaggi forniti dai dati satellitari provenienti da queste missioni sono:

- L'elevata risoluzione spaziale;
- L'elevata risoluzione temporale (ogni 6 giorni);
- Dati scaricabili dagli appositi portali dedicati in maniera totalmente gratuita.

Per lo sviluppo dello studio, oltre le immagini radar sono state utilizzati i seguenti dati:

- Foto aeree per la realizzazione di un *DTM* ad alta risoluzione;
- Dati provenienti da indagini in situ;
- Dati pluviometrici per lo studio del regime piovoso relativo all'intero anno di studio.

I dati radar utilizzati per raggiungere gli obiettivi prefissati dallo studio sono immagini acquisite in modalità *Interferometric Wide Swath Mode* (IW) con una risoluzione di 5x20 m e in doppia polarizzazione VV e VH.

Sulla base del regime pluviometrico dell'area si è deciso di utilizzare 6 immagini nell'arco temporale di un anno.

I dati *Sentinel-1* sono stati processati ed elaborati tramite il *software SNAP* distribuito dall'ESA (<http://step.esa.int/main/download/>). Alle immagini sono state applicate nella fase di *pre-processing* le correzioni di tipo radiometrico e di tipo geometrico, le prime per ottenere l'effettivo valore del *backscattering* e le seconde per poterle georeferenziare:

- *Multilooking* per l'eliminazione del rumore di fondo;
- *Terrain correction* per la georeferenziazione.

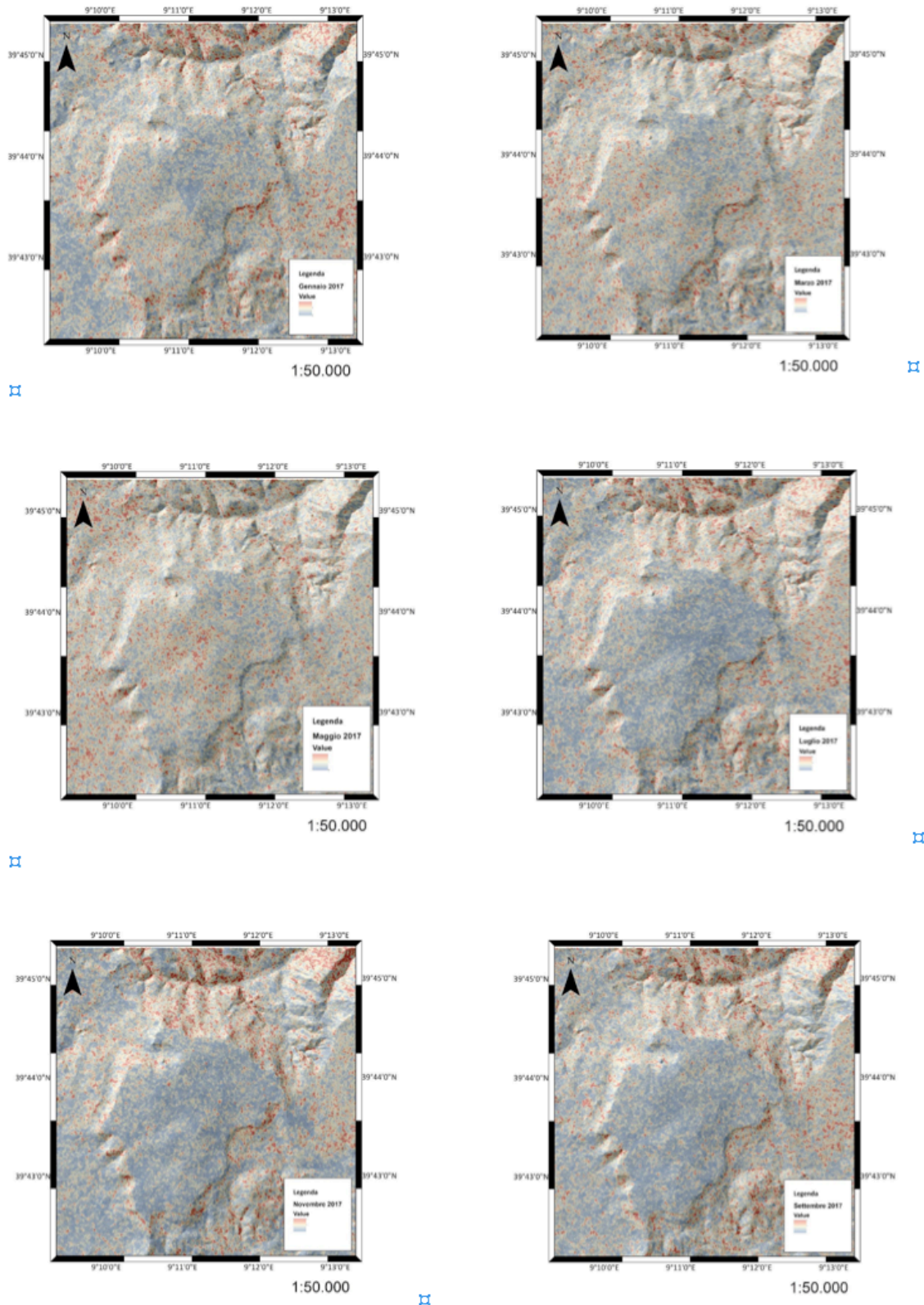
In un secondo momento sono state create delle maschere per l'eliminazione dei valori corrotti dai fenomeni di *layover* e *shadowing*.

### **Risultati e conclusioni**

I primi risultati delle elaborazioni sembrano essere coerenti con la cartografia geologica rilevata in campagna. Infatti, nelle carte che mostrano la distribuzione del valore di *backscattering* si riconosce una relazione tra la distribuzione spaziale dei valori del parametro e quella delle litologie e coperture superficiali presenti nell'area. Dall'osservazione della variazione stagionale dei valori di umidità è evidente che le immagini acquisite nella stagione estiva presentano valori omogenei, che invece risultano ben differenziati durante la stagione invernale e primaverile in cui gli apporti meteorici sono maggiori (Fig. 3).

Sono pertanto stati estratti i soli pixel riferiti a quelle aree e si è proceduto al calcolo della frequenza dei pixel con differente valore di *backscattering*. Per elaborare questi dati, i valori originali (espressi in forma continua) sono stati riclassificati suddividendoli in tre classi: basso (Classe 1), medio (Classe 2) ed alto (Classe 3), e calcolato il numero di pixel appartenenti a ciascuna classe (Tab. 1).

Si è notata inoltre una buona correlazione tra il dato radar e le litologie, che mostrano un comportamento differente ed una risposta al segnale caratteristica per ogni litotipo presente all'interno dell'area di studio.



*Figura 3. Carte della distribuzione del valore di backscattering tra il mese di Gennaio 2017 e il mese di Novembre dello stesso anno: in rosso i valori bassi e in blu i valori più alti.*

Mese	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Gennaio	23843	454	0
Marzo	23481	789	4
Maggio	20929	3287	63
Luglio	23306	963	1
Settembre	23180	1091	21
Novembre	23179	1087	6

*Tabella 1. Tabella riassuntiva del numero di pixel appartenente ad ogni classe per tutti i mesi presi in esame durante l'elaborazione dei dati radiometrici*

Si è notata inoltre una buona correlazione tra il dato radar e le litologie, che mostrano un comportamento differente ed una risposta al segnale caratteristica per ogni litotipo presente all'interno dell'area di studio.

Sulla base di questi primi risultati sembra che il dato Sentinel1 abbia la capacità di discriminare la capacità di assorbimento idrico delle diverse coperture litologiche. Per arrivare ad una stima quantitativa del fenomeno, si è programmata l'attività di sviluppo della ricerca che riguarderà la calibrazione dei valori rilevati da satellite con i dati acquisiti sul campo. Si sta dunque procedendo al rilevamento dell'umidità del terreno con uno strumento TDR per poter misurare il *Volumetric Water Content* (%VWC) in situ e di seguito sui campioni in laboratorio. Inoltre, per ottenere un valore di rugosità superficiale, cui il backscattering è profondamente legato, si sta testando un metodo di restituzione fotogrammetrica delle superfici che permetterà di istruire l'algoritmo di elaborazione finale e di considerare quindi le variabili locali che influenzano la risposta del segnale.

## **Bibliografia**

S. Paloscia, S. Pettinato, E. Santi, C. Notarnicola, L. Pasolli, A. Reppucci; "Soil moisture mapping using Sentinel-1 images: Algorithm and preliminary validation"; 2013, remote Sensing of Environment, ELSEVIER, V. 134, pp 234-248

Funedda A., Petrusati P.C., Carmignani L., Uras V., Pisanu G., Murtas M.; "Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – foglio 540 Mandas"; (in stampa, pubblicate su [http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note\\_illustrative/540\\_Mandas.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/540_Mandas.pdf)).

*SNAP tutorials:* <http://step.esa.int/main/doc/tutorials/snap-tutorials/>