

REPORT

APPROFONDIMENTO LONG TERM

**Rilievo con tecnologia GBInSAR LiSALab per il
monitoraggio delle pareti rocciose del Monte
Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO)**

Postazione Ovest

3 MARZO 2024 – 4 SETTEMBRE 2024

Cliente: Comunità Montana Valchiavenna

Località: Novate Mezzola (SO)

Contract #: 1820204cvc

CUP: B11B21004540002

CIG: 91968611CA

STRICTLY CONFIDENTIAL DOCUMENT

9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2					
1	01 Ottobre 2024	Revisione	AG	CR	DL
0	18 Settembre 2024	Emissione	AG	CR	DL
Rev.	Data:	Note:	Scritto da:	Controllato da:	Approvato da:



LISALAB

INDICE

INDICE	2
GLOSSARIO	3
Convenzioni	5
Sistema di riferimento	5
Unità di misura del tempo	5
Introduzione	6
La tecnica SAR interferometrica	10
Specifiche del servizio	10
Punto d'installazione del sistema GBInSAR LiSALab	11
Descrizione del servizio	12
Parametri di misura e caratteristiche dell'immagine SAR	13
Elaborazione dei risultati	14
Mappe di potenza	14
Mappe di spostamento – Postazione Ovest – 3 Marzo – 4 Settembre 2024	21
Conclusioni	37
Allegati	38
Note, Avvertenze e Limitazioni di Responsabilità	38

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	2



L I S A L A B

GLOSSARIO

Ampiezza radiometrica	Livello d'intensità di energia raggiante.
Azimut	Direzione parallela al binario.
CCR	Centro di Ricerca della Comunità Europea.
Range	Direzione perpendicolare al binario. Le distanze lungo questa direzione sono calcolate sfruttando l'informazione di "tempo di volo" e tenendo in considerazione il fatto che le onde elettromagnetiche si propagano con velocità pari a quella della luce (3E8 m/s ca.).
Frequenza	Numero di volte in cui un fenomeno periodico si ripete nell'unità di tempo
Immagine in potenza, Immagine in fase	Ogni pixel di un'immagine complessa rappresenta una quota parte della regione (cella o pixel) nella quale si sono focalizzati i dati grezzi. Ad esso è associata un'informazione relativa al segnale retrodiffuso da tutto ciò che è contenuto nella cella; si hanno quindi a disposizione due tipi di rappresentazione per la stessa immagine, in potenza e in fase. La prima fornisce un'indicazione sulla quantità di segnale retrodiffuso mentre la seconda sulla fase dello stesso.
Interferogramma	Immagine complessa risultante dal prodotto coniugato tra due immagini complesse. Rappresentata in fase essa fornisce l'informazione relativa ai cambiamenti avvenuti nell'arco temporale trascorso tra l'acquisizione della prima immagine e la seconda.
Linea di vista (LOS)	Congiungente immaginaria tra il sensore GBInSAR LiSALab ed un punto sito nella zona d'interesse.
LiSA	Linear Synthetic Aperture radar. Sensore radar interferometrico con piattaforma basata a terra (GBInSAR) studiato e sviluppato inizialmente al Centro di Ricerca della Comunità Europea di Ispra in grado di fornire mappe dettagliate di movimenti e deformazioni.
LiSALab (tecnologia)	Tecnologia esclusiva sviluppata dalla Ellegi srl e derivata dalla originaria tecnologia LiSA e dal sensore GBInSAR LiSA appartiene esclusivamente alla Ellegi srl.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	3



LISALAB

LiSAmobile	5° generazione del sensore GBInSAR che implementa la tecnologia LiSALab sviluppato e prodotto dalla Ellegi srl. Tale sensore appartiene esclusivamente alla Ellegi srl.
Mappe di spostamento	Rappresentazione del corrispondente interferogramma ma con le differenze di fase trasformate in differenza di distanze e misurate in mm.
Microonde	Onde elettromagnetiche di lunghezza compresa fra 1mm e 300 mm.
Rapporto segnale rumore	Nelle specifiche delle apparecchiature elettroniche il termine è spesso abbreviato in 'S/N ratio'. Si tratta del rapporto fra il segnale utile e il rumore di fondo.
Retrodiffusione	Fenomeno per cui un'onda elettromagnetica, battendo su una superficie scabra non assorbente né trasparente o attraversando un mezzo eterogeneo, viene rinviata nella direzione di provenienza
Riflettività	Proprietà caratteristica adimensionale di un materiale di riflettere tutta l'energia incidente non assorbita. Si parla di riflettività spettrale quando ci si riferisce ad un particolare intervallo di lunghezza d'onda dell'energia incidente
Risoluzione spaziale	Nel caso specifico dei radar rappresenta la dimensione minima della cella discriminabile. Due oggetti di dimensioni ridotte rispetto a quelle della cella discriminabile devono perciò appartenere a celle differenti per essere distinguibili.
SAR	Synthetic Aperture Radar. Particolare configurazione dei sistemi radar in cui la dimensione dell'antenna viene "simulata" molto maggiore di quella fisica attraverso il campionamento dei segnali dell'antenna mentre questa è in movimento. Questa tecnica serve ad ottenere una risoluzione maggiore.
Scatterometro	Lo scatterometro è un radar in grado di misurare le capacità che hanno gli oggetti di re-diffondere all'indietro (back-scattering) l'energia elettromagnetica che incide su di essi.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedùe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	4



L I S A L A B

Convenzioni

Sistema di riferimento

SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO, IL SISTEMA DI RIFERIMENTO UTILIZZATO PER I RISULTATI PRESENTATI IN QUESTO REPORT È UN SISTEMA DI ASSI CARTESIANO CHIAMATO SISTEMA DI COORDINATE LOCALI LiSALab (Figura 1).

Il sistema di coordinate locali LiSALab è centrato sulla mezzeria del binario del sistema GBInSAR LiSALab (0,0,0) i cui assi sono l'uno perpendicolare (asse Y) e l'altro parallelo (asse X) all'asse del binario stesso.

Il terzo asse (asse Z) è normale al piano formato dai due assi precedenti: il piano XY è un piano orizzontale (piano di Figura 1) ed ha coordinate z pari a 0. H è la distanza tra la mezzeria della congiungente il centro delle antenne (punto 0,0,H) e la mezzeria del binario del sistema (0,0,0).

I versi positivi sono individuati prendendo come riferimento un osservatore posto al centro del sistema cartesiano (0,0,0) e con lo sguardo rivolto verso la regione osservata (punto P). L'asse perpendicolare al binario (asse Y) ha verso positivo se dall'osservatore si va verso il punto P; l'asse longitudinale (asse X) al binario è positivo se dall'osservatore si va verso la sua destra, mentre la direzione positiva dell'asse normale (asse Z) è data dalla regola della mano destra considerando prima l'asse longitudinale (asse X) e poi l'asse trasversale (asse Y). La direzione individuata dall'asse longitudinale (asse X) viene anche convenzionalmente indicata come direzione "azimutale", mentre quella dell'asse perpendicolare (asse Y) come direzione "range".

"r" è la linea di vista (o LOS) ed è la linea immaginaria che unisce il centro del sistema ad uno specifico punto osservato P localizzato nell'area osservata.

L'angolo θ è l'angolo di elevazione definito nel piano YZ ed è formato dalla linea di osservazione r ed il piano orizzontale XY.

L'angolo ψ è l'angolo azimutale definito nel

piano XY ed è formato dalla proiezione sul piano XY della linea di vista r e dal piano YZ.

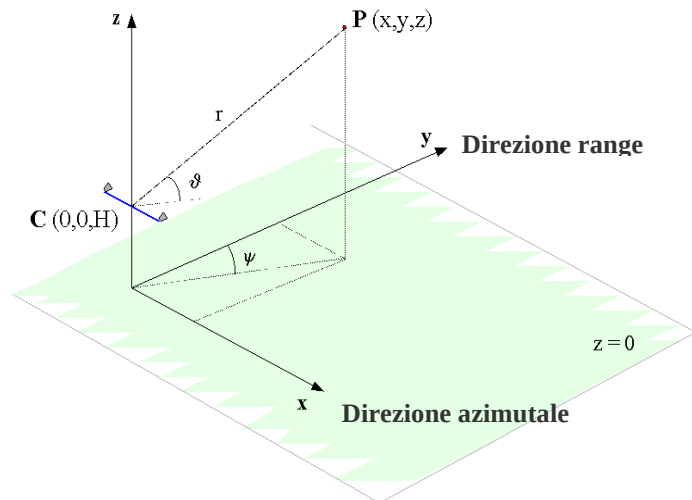


Figura 1: Sistema di riferimento utilizzato

Unità di misura del tempo

Nel presente report l'unità di tempo utilizzata è l'ora locale UTC +2, viene riportata nella notazione Anno/Mese/giorno ora:minuti (AAAA/MM/gg HH:mm).

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedée nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	5



LISALAB

Introduzione

La Ellegi srl, in seguito a Determinazione n. 724 del 28 Dicembre 2023, è risultata aggiudicataria nell'ambito dell'intervento id: 798-2021-so-201 "Realizzazione di vallo paramassi, da posizionarsi sull'estremo di valle del cambio di pendenza a protezione delle infrastrutture sottostanti (ss 36 e ferrovia) e abitazioni in Via della Riva". CIG Z153DF40c7 del servizio di monitoraggio di tipo "permanent monitoring" per il controllo delle deformazioni per l'identificazione di eventuali porzioni instabili sulle pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola SO durante l'esecuzione dei lavori sopramenzionati utilizzando il sistema GBinsar Lisalab.

Pertanto a partire dal mese di Marzo 2024 e per i 6 mesi seguenti è stato avviato il servizio di tipo *permanent monitoring presso la* Postazione Ovest, precedentemente impiegata per lo svolgimento del monitoraggio periodico del medesimo sito a scopo conoscitivo iniziato nel 2022.

Lo scopo del monitoraggio richiesto era quello di assicurare la sicurezza del cantiere e osservare le deformazioni che avrebbero potuto essere prodromi di eventuali crolli incipienti a monte delle aree di lavorazione. I dettagli del servizio Permanent Monitoring ed i suoi risultati sono stati oggetto del relativo report di pertinenza.

La postazione Ovest è stata pertanto occupata da un sistema permanente e partire dal 1 Marzo 2024 al 06 Settembre 2024 ha monitorato il versante che pertanto non è stato più oggetto di misure periodiche in questo lasso temporale.

Inoltre, poiché i due sistemi utilizzati, quello per il monitoraggio periodico e quello permanente, non sono compatibili, ovvero, le misure acquisite con un sistema non sono "confrontabili" con le misure acquisite dall'altro, non è stato possibile fornire informazioni sulle deformazioni delle aree esterne a quelle immediatamente sovrastanti il cantiere in questo l'asso temporale. Mentre, nel medesimo intervallo, è stata svolta una campagna periodica della postazione Est.

Ciò nonostante, essendo la strumentazione LiSAmobile impegnata nel monitoraggio permanente stata impostata con gli stessi parametri delle acquisizioni periodiche, essa è in grado, successivamente ad una opportuna elaborazione dei dati acquisiti, di fornire informazioni anche su parti più estese del versante coerentemente a quanto fatto per le misure periodiche,

Pertanto, assieme alla committenza, si è deciso di eseguire una rielaborazione dei dati simulando un monitoraggio periodico, composto da due campagne di misura. La prima eseguita a inizio Marzo 2024 e la seconda ad inizio settembre 2024, utilizzando due intervalli di acquisizione di 5 giorni ciascuno.

Con questo report viene, quindi, fornito un approfondimento che presenta gli spostamenti misurati sull'intero versante del Monte Avedè a copertura del periodo corrispondente al Permanent Monitoring eseguito tra fra Marzo 2024 e Settembre 2024.

Ricordiamo che le misure periodiche erano state assegnate alla Ellegi srl con contratto LL.PP. n. 03 del 14 Giugno 2021 per eseguire nel biennio 2022-2024 un monitoraggio del versante meridionale del Monte

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	6



LISALAB

Avedèe, nell'area della Cava di Foppa già soggetta ad attività estrattive nei decenni scorsi, finalizzato all'identificazione e alla mappatura di eventuali porzioni instabili delle pareti rocciose.

Dal punto di vista geologico, l'area in esame fa parte del lembo occidentale del Plutone Intrusivo Terziario del Masino-Bregaglia. Nella fattispecie, la zona di Novate Mezzola è celebre per il suo granito chiaro, intrusosi nelle rocce granodioritiche e quarzodioritiche del Masino-Bregaglia.

Originariamente il servizio di monitoraggio comprendeva svariate campagne di misura effettuate in diversi periodi dell'anno (ogni quattro mesi circa) da due postazioni differenti, identificate come postazione *Est* e postazione *Ovest*. Le postazioni di misura sono raffigurate in Figura 2: la postazione *Ovest* si trova in prossimità del Lago di Novate mentre la postazione *Est* si trova nei pressi del piede della parete rocciosa della Cava di Foppa.



Figura 2: Ubicazione delle due postazioni di misura. La Postazione Ovest, situata in vicinanza del Lago di Novate Mezzola, permette di ottimizzare le misure nell'area B mentre la Postazione Est, prossima al versante, permette una buona copertura dell'area A. Il presente report afferisce ai dati della Postazione Ovest in quanto dal mese di marzo 2024 dalla Postazione Ovest viene effettuato un monitoraggio di tipo permanente.

L'area di interesse si estende dalla strada statale SS36 in località Foppa fino a Montagnola e Ganda Grossa per una estensione lineare di circa 1.000 m. L'area da indagare di primario interesse è quella immediatamente sopra l'abitato fino a circa 650 m s.l.m. (area circoscritta in verde in Figura 3). A questa zona si aggiunge una ulteriore area che comprende la parte superiore del versante roccioso del monte

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	7



LISALAB

Avedèe (area circoscritta in giallo in Figura 3). Il fine del monitoraggio richiesto è il controllo della stabilità e l'individuazione e la perimetrazione di eventuali aree in movimento.

In Figura 4 viene riportata la fotografia del sistema di monitoraggio LiSAmobile impegnato nella campagna di misura permenente e con cui è stata simulata la misura periodica. Viene inoltre riportata la ripresa fotografica del montuoso monitorato come osservato dal radar (Figura 5).

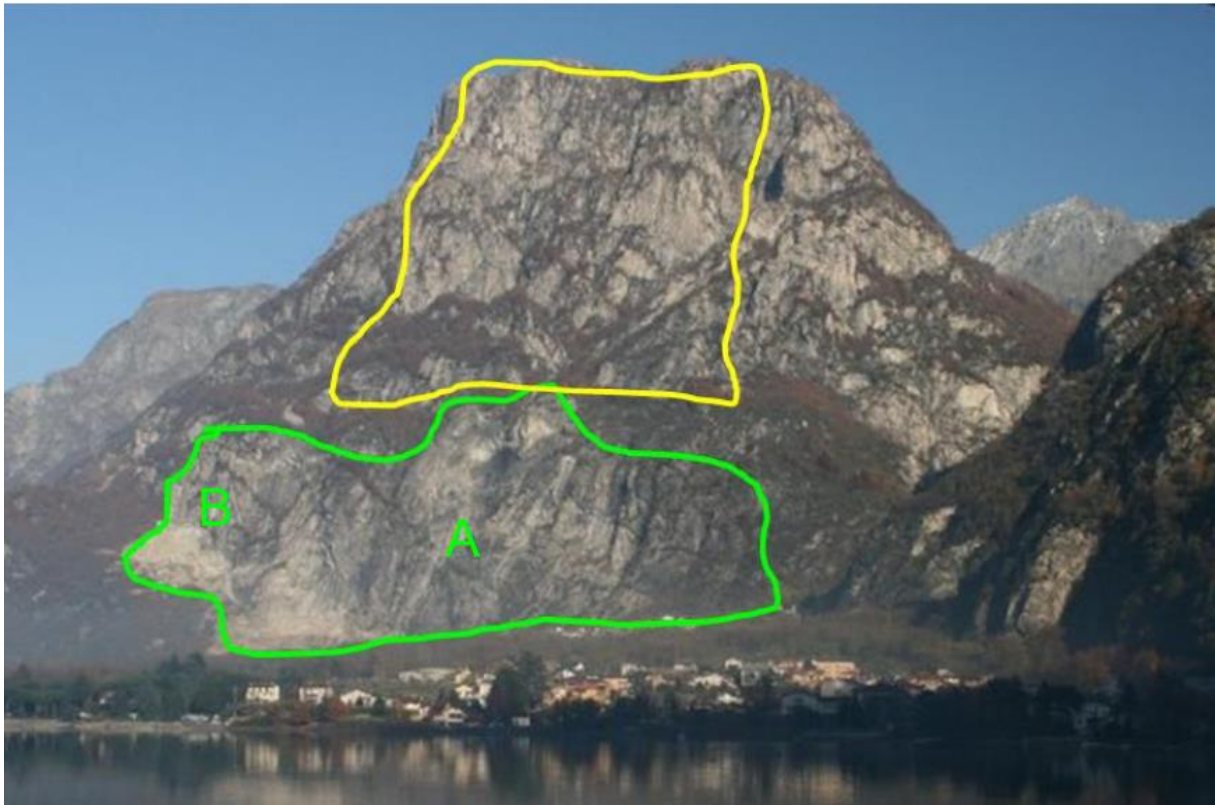


Figura 3: Fotografia del versante meridionale del Monte Avedèe, sopra Novate Mezzola, con circoscritte in verde le aree di primario interesse per il monitoraggio con tecnologia SAR terrestre (GBInSAR). In giallo sono evidenziate invece le pareti rocciose a quote più elevate e considerate obiettivo secondario del monitoraggio.

In Figura 3 sono perimetrare in verde le aree da monitorare considerate di primaria importanza ed in giallo le pareti rocciose a quote più elevate che rappresentano l'obiettivo secondario del monitoraggio. Le lettere A e B indicano due settori nella zona di interesse. L'area A è situata immediatamente sopra al luogo dove si sta progettando la costruzione di un vallo a protezione dell'abitato di Novate mentre l'area B, immediatamente sopra la località Foppa, presenta un pilastro roccioso che sembra mostrare recente attività. L'eventuale distacco di materiale da questo pilastro interesserebbe la strada SS36 e la ferrovia sottostante. Quest'ultima area B è quella osservata dal sistema impegnato nel moniotraggio permenente e i cui risultati sono presentati in questo report.

Il presente approfondimento è articolato come segue:

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	8



LISALAB

1. Descrizione dell'installazione del sistema GBInSAR LiSALab, sua messa in funzione e parametri di misura selezionati;
2. Definizione parametri di misura;
3. Analisi delle immagini radar acquisite;
4. Elaborazione dei risultati in 3D;
5. Conclusioni.



Figura 4: Stazione di monitoraggio per il permanent monitoring dalla postazione di Novate Ovest. Periodo di monitoraggio Marzo – Settembre 2024.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	9



LISALAB



Figura 5: Scenario osservato dal sistema di monitoraggio LiSAmobile nella campagna di monitoraggio della parete del Monte Avedè dalla postazione Ovest. Foto Marzo 2024.

La tecnica SAR interferometrica

Per la descrizione della tecnica SAR interferometrica si rimanda al report della misura zero (rep.cvc.220601.ag.01).

Specifiche del servizio

Per la descrizione della descrizione del servizio si rimanda al report della misura zero (rep.cvc.220601.ag.01). In questo approfondimento si considerano solo due acquisizioni una relativa al mese di Marzo 204 e la seconda relativa al mese di settembre 2024.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	10



L I S A L A B

Punto d'installazione del sistema GBInSAR LiSALab

Per poter operare correttamente nello specifico caso di misura del versante del monte Avedèe dalla Postazione Ovest, il sistema LiSAMobile è stato installato nel medesimo sito delle misure periodiche aventi le seguenti caratteristiche:

- buona visuale della zona da monitorare;
- postazione stabile non soggetta a movimenti;
- distanza media dall'area da monitorare tale da non comportare la perdita di risoluzione spaziale;
- migliore linea di osservazione (LOS) possibile del fenomeno.

Di seguito riportiamo le coordinate (nel sistema UTM – WGS84, Fuso 32) della postazione di misura Ovest a cui afferiscono i dati del presente report:

	Est [m]	Nord [m]	Quota [m s.l.m.]
Coordinate	534419	5119154	207

Nella postazione, la Comunità Montana della Valchiavenna ha fatto realizzare per le misure periodiche un magrone in cemento con dimensioni tali da poter ospitare una postazione di monitoraggio permanente. Al di sopra del magrone in cemento sono state installate delle travi metalliche (Figura 6) per il posizionamento dello strumento. Queste sono state lasciate in loco per tutta la durata del servizio e permettono di mantenere un riferimento univoco nelle successive installazioni.

Nel mese di febbraio 2024 la postazione periodica è stata completata da un'apposita copertura che permette di proteggere la strumentazione nell'esecuzione del monitoraggio permanente, composta da una copertura superiore cilindrica (chiamata radome) trasparente alle onde elettromagnetiche e da una gonnella di tamponamento inferiore in legno.

La postazione è stata quindi dotata di un modem per permettere la comunicazione con il sistema e l'aggiornamento di un apposito sito web di visualizzazione dei risultati acquisiti.

Il sistema, contrariamente, alle misure periodiche in cui veniva alimentato da un collegamento elettrico volante realizzato presso una abitazione posta nelle vicinanze della postazione, nel monitoraggio permanente, è stato dotato di una alimentazione permanente tramite apposito contatore da cantiere.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	11



LISALAB



Figura 6: Postazione Ovest: installazione del sistema di monitoraggio e della gonnella di legno protettiva – Febbraio 2024.

Descrizione del servizio

Come descritto nell'introduzione in questo report si andrà a fornire un approfondimento in stile "Periodical Check" in cui i dati di due sottoperiodi (Marzo 2024 e Settembre 2024) verranno analizzati con lo scopo di fornire una misurazione degli spostamenti in atto nel periodo intercorso fra i due sottoperiodi.

I risultati delle analisi eseguite sono di seguito restituiti sotto forma di mappe di spostamento, in due e tre dimensioni, a copertura totale dell'intervallo considerato.

I due campagne Periodical Check sono state simulate prendendo i dati continui acquisiti in due distinti periodi continui di 5 giorni ciascuno. Il primo tra il 1 e il 5 Marzo 2024 ed il secondo tra il 2 e 6 Settembre 2024.

Nel primo periodo sono state elaborate 1481 immagini radar, nel secondo 1409, ovvero sono state rielaborate complessivamente 2891 immagini radar.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	12



LISALAB

Parametri di misura e caratteristiche dell'immagine SAR

Le proprietà dell'immagine SAR acquisite per mezzo della tecnica GBInSAR LiSALab, in particolare la risoluzione spaziale, sono legate ai parametri di misura scelti, alle caratteristiche dell'installazione e alla distanza del sensore dalla scena osservata. Le risoluzioni in *range* (distanza) ed *azimut* (direzione parallela al movimento del sensore) sono date dalle due seguenti relazioni:

$$\Delta r = \frac{c}{2B}$$

$$\Delta r_x = \frac{cR}{2Lf_c}$$

L'estensione totale del tratto percorso lungo il binario dalle antenne (L) e la frequenza centrale del segnale trasmesso (f_c) influiscono in maniera inversamente proporzionale sulla dimensione longitudinale (*azimut*) della cella di risoluzione, mentre la larghezza della banda di frequenze trasmessa (B) ha effetto solo sulla seconda dimensione (*range*), sempre in modo inversamente proporzionale.

Nel presente report, come quanto eseguito nelle analisi periodiche precedenti a cui facciamo ci rifacciamo, sono stati elaborati nelle due sottofinestre: una, la sottofinestra *Near*, ha come obiettivo principale il monitoraggio delle deformazioni nella porzione di versante più vicina al sistema (area circoscritta in verde in Figura 3); la seconda, la sottofinestra *Far*, si focalizza invece sulle pareti più lontane, nella porzione superiore del monte Avedè (area circoscritta in giallo in Figura 3). Gli estremi delle due sottofinestre, in coordinate radar, sono riportati nella seguente tabella:

Postazione OVEST

Sottofinestra	Min Azimuth (m)	Max Azimuth (m)	Min Range (m)	Max Range (m)
FAR	-600	800	1000	1650
NEAR	-500	600	500	1000

È bene anche sottolineare che la risoluzione non solo dipende dalla distanza ma ha anche una dipendenza dalla posizione in azimut della cella rispetto alla collocazione del sensore. Tipicamente ci si può attendere una variazione fino al 50% della dimensione della cella a seconda dei filtri utilizzati nell'elaborazione dei dati.

In accordo con i parametri scelti, la risoluzione teorica in range è approssimativamente di 0,7 m, mentre quella in azimut varia tra 2,9 m e 4,8 m. mostra le griglie di risoluzione utilizzate per la postazione di misura

Le condizioni operative e i parametri di misura utilizzati dal sistema sono riassunti nella tabella seguente:

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	13



L I S A L A B

Postazione OVEST

	NEAR	FAR
Minima distanza osservata	500 m	1000 m
Massima distanza osservata	1000 m	1650 m
Risoluzione teorica in azimut a distanza minima	1.4 m	2.9 m
Risoluzione teorica in azimut a distanza massima	2.9 m	4.8 m
Risoluzione teorica in range (costante)	0.7 m	0.7 m

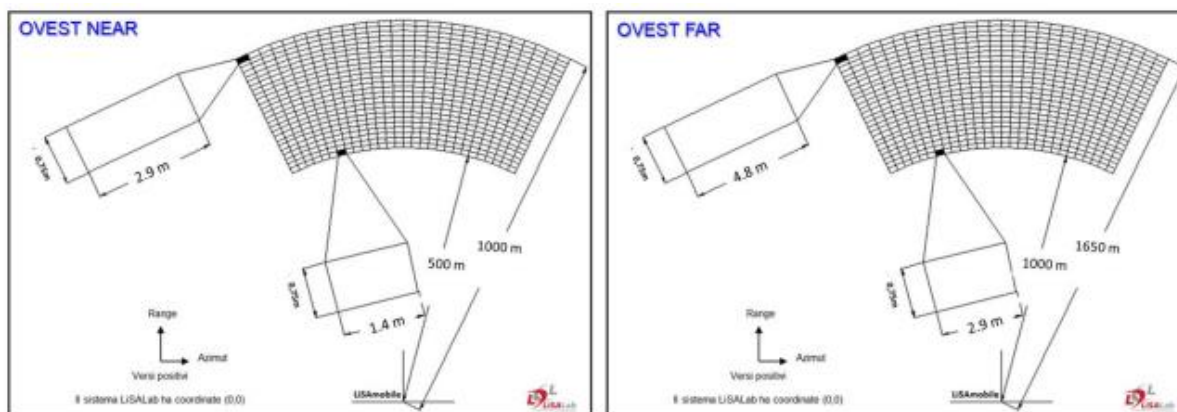


Figura 7: griglia di risoluzione del sistema GBInSAR LiSALab per la campagna in oggetto, Postazione Ovest.

Elaborazione dei risultati

In questa sezione saranno presentati i risultati del periodical check simulato a copertura di un intervallo di 184 giorni e 9 ore.

Mappe di potenza

Nelle figure seguenti vengono presentate le immagini SAR in potenza del versante del monte Avedèe acquisite dal sistema GBInSAR LiSALab secondo le griglie di risoluzione presentate nella sezione precedente. Ciascuna mappa mostra l'energia riflessa dagli oggetti presenti nella scena osservata, relativizzata al massimo segnale riflesso misurato. L'unità di misura utilizzata è il dB.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	14



LISALAB

Le regioni gialle sono quelle che riflettono meglio le onde elettromagnetiche, mentre quelle blu sono le regioni che riflettono peggio i raggi trasmessi a causa della geometria o del materiale della superficie su cui incidono che tende ad assorbire maggiormente le onde.

In generale, le zone rocciose e le strutture in muratura o metalliche riflettono le onde incidenti meglio delle aree coperte da vegetazione. Le zone d'ombra o vegetate presentano generalmente una colorazione vicina al nero.

Dalle precedenti immagini in potenza si può notare che le pareti rocciose pseudo-verticali dello scenario sono ben visibili ed hanno una buona risposta al segnale radar.

Le immagini radar 2D di un oggetto sono intrinsecamente distorte in quanto lungo la direzione "range" sono riportate le distanze "sensore – punto osservato" e per questo le immagini tendono ad essere "stirate" più ci si allontana dal sensore stesso.

Per rendere più immediata la comprensione dell'immagine in potenza e per riassorbire le distorsioni caratteristiche delle immagini 2D, si riporta una rappresentazione qualitativa con indicazioni delle zone radar sull'immagine fotografica dello scenario. Tale georeferenziazione è mostrata in Figura 12.

Nei capitoli successivi, le mappe verranno direttamente proiettate su un DEM dell'area monitorata recuperando così le distorsioni tipiche delle misure radar ed ottenendo una relazione univoca tra pixel radar e punto "fisico" osservato.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	15

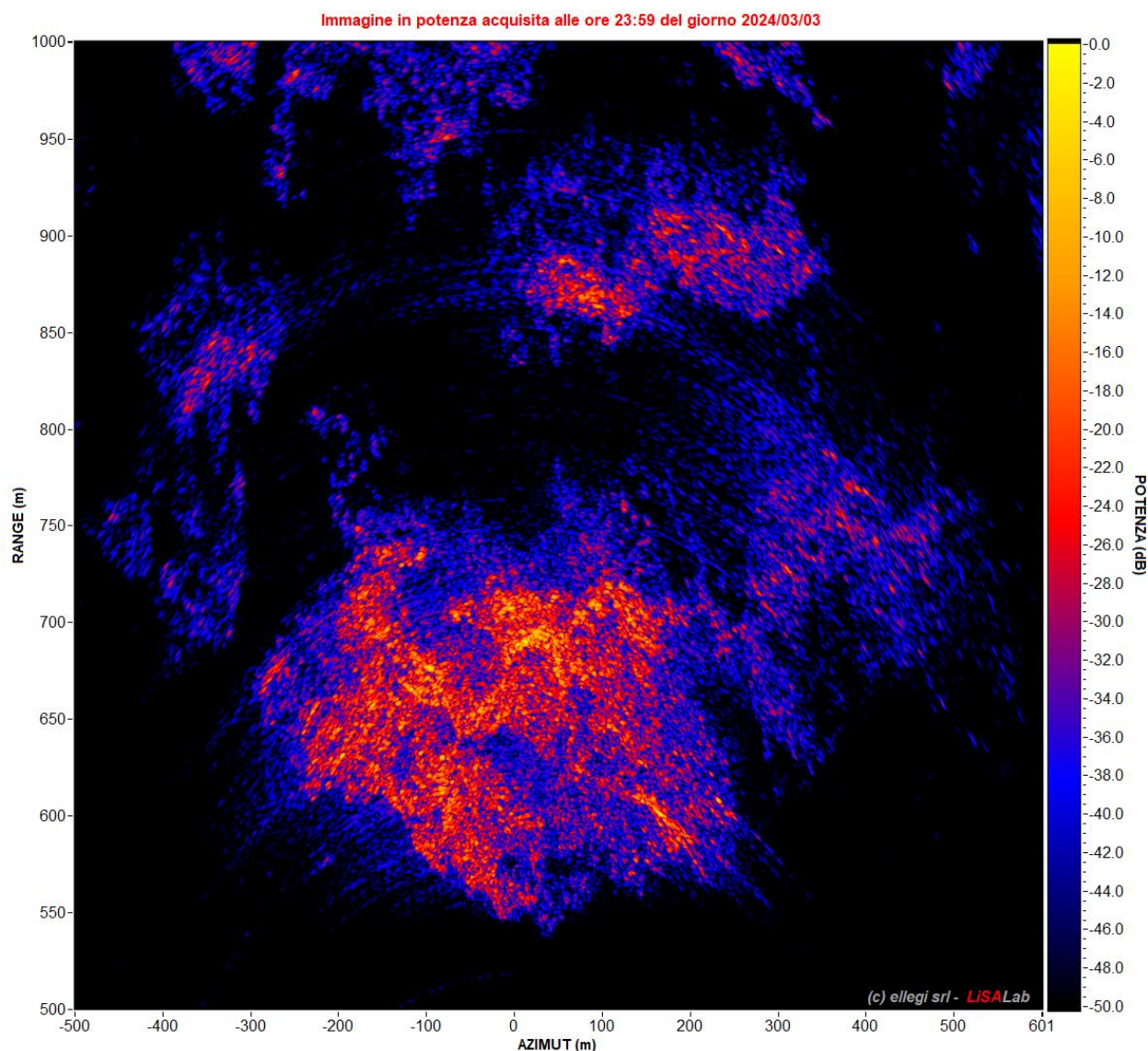


Figura 8: Immagine SAR in potenza in 2D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSALab, Marzo 2024.
Postazione Ovest, sottofinestra Near.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	16

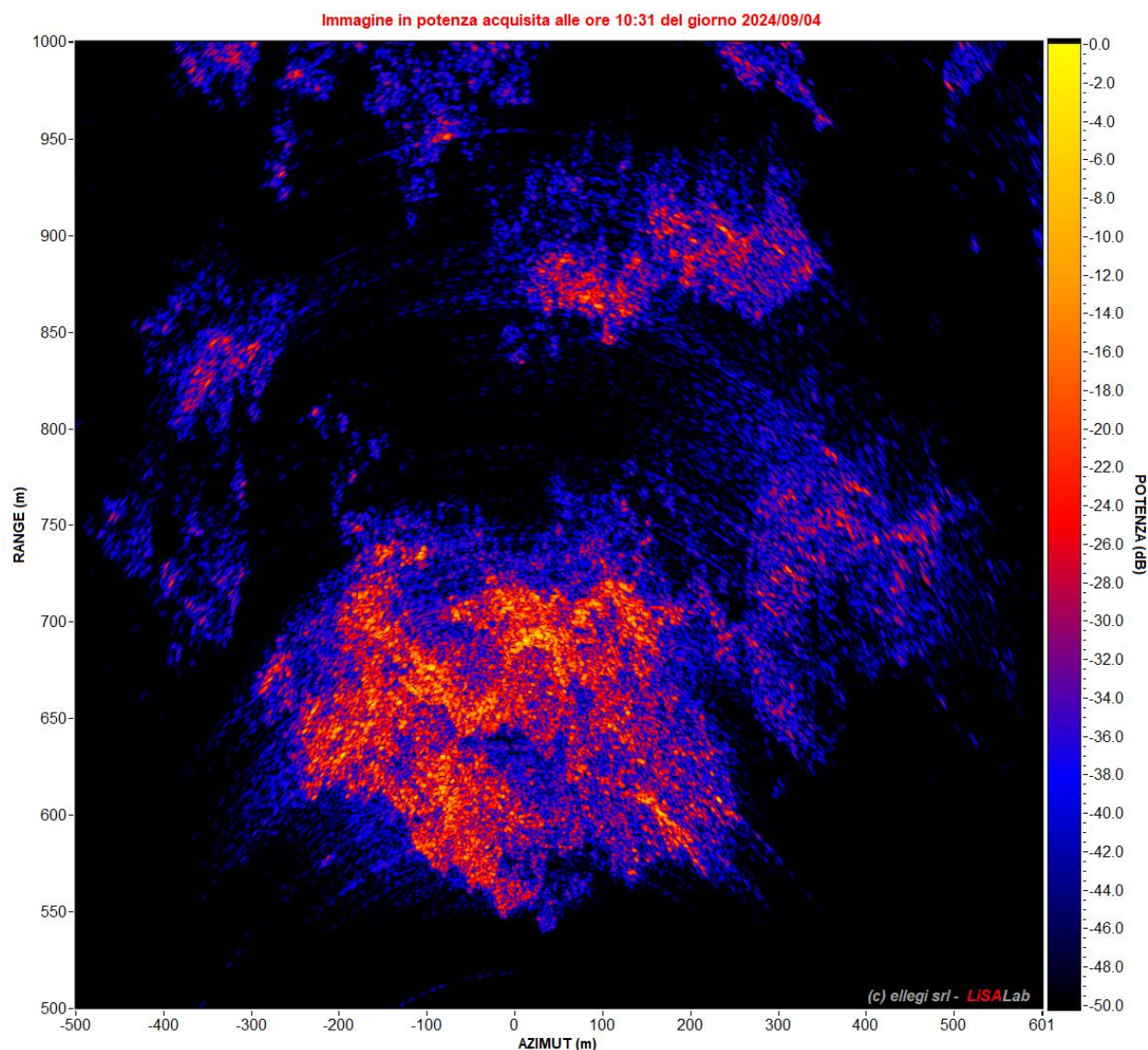


Figura 9: Immagine SAR in potenza in 2D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSALab, Settembre 2024.
Postazione Ovest, sottofinestra Near.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	17

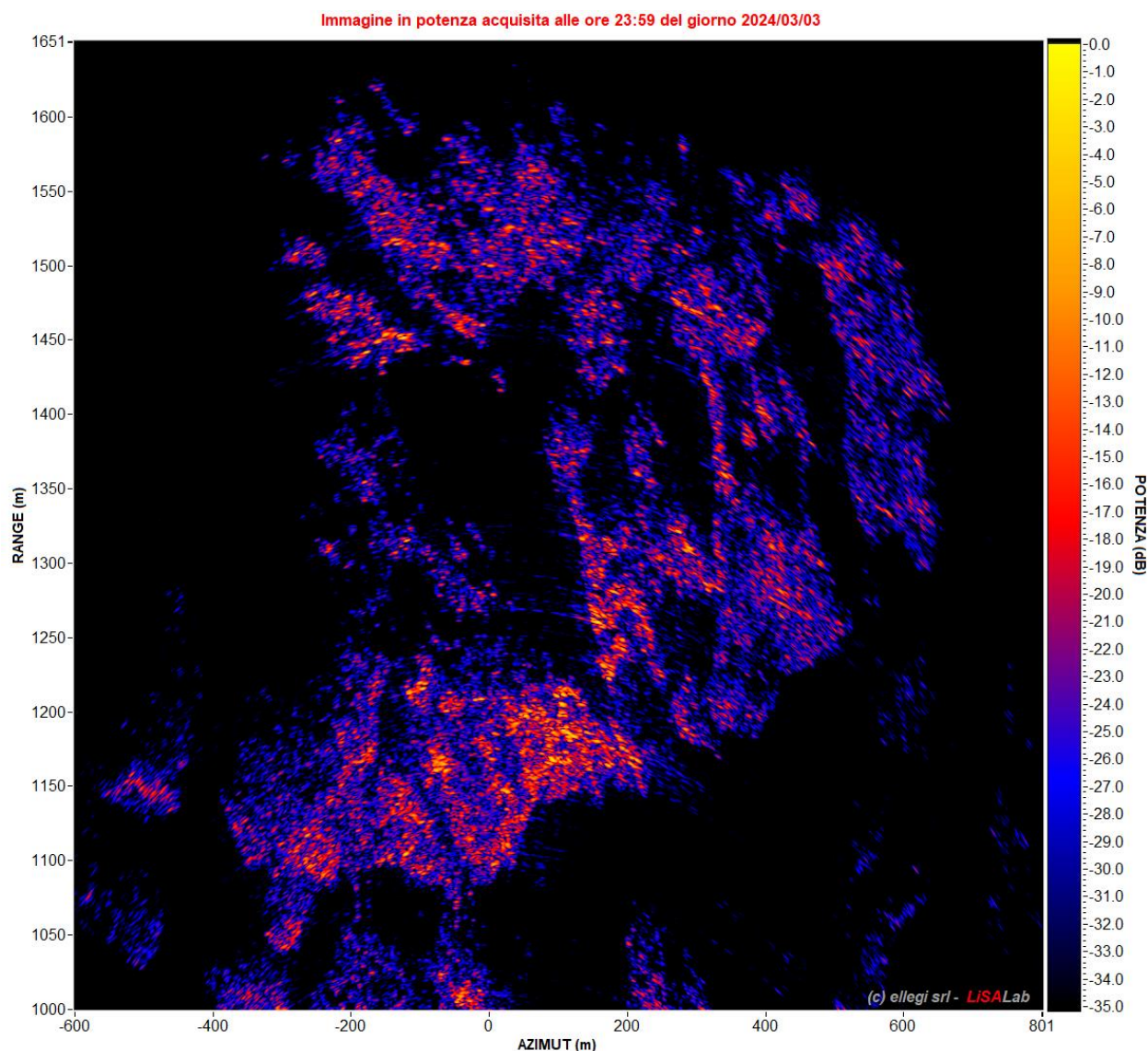


Figura 10: immagine SAR in potenza in 2D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSALab, Marzo 2024.
Postazione Est, sottofinestra Far.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	18

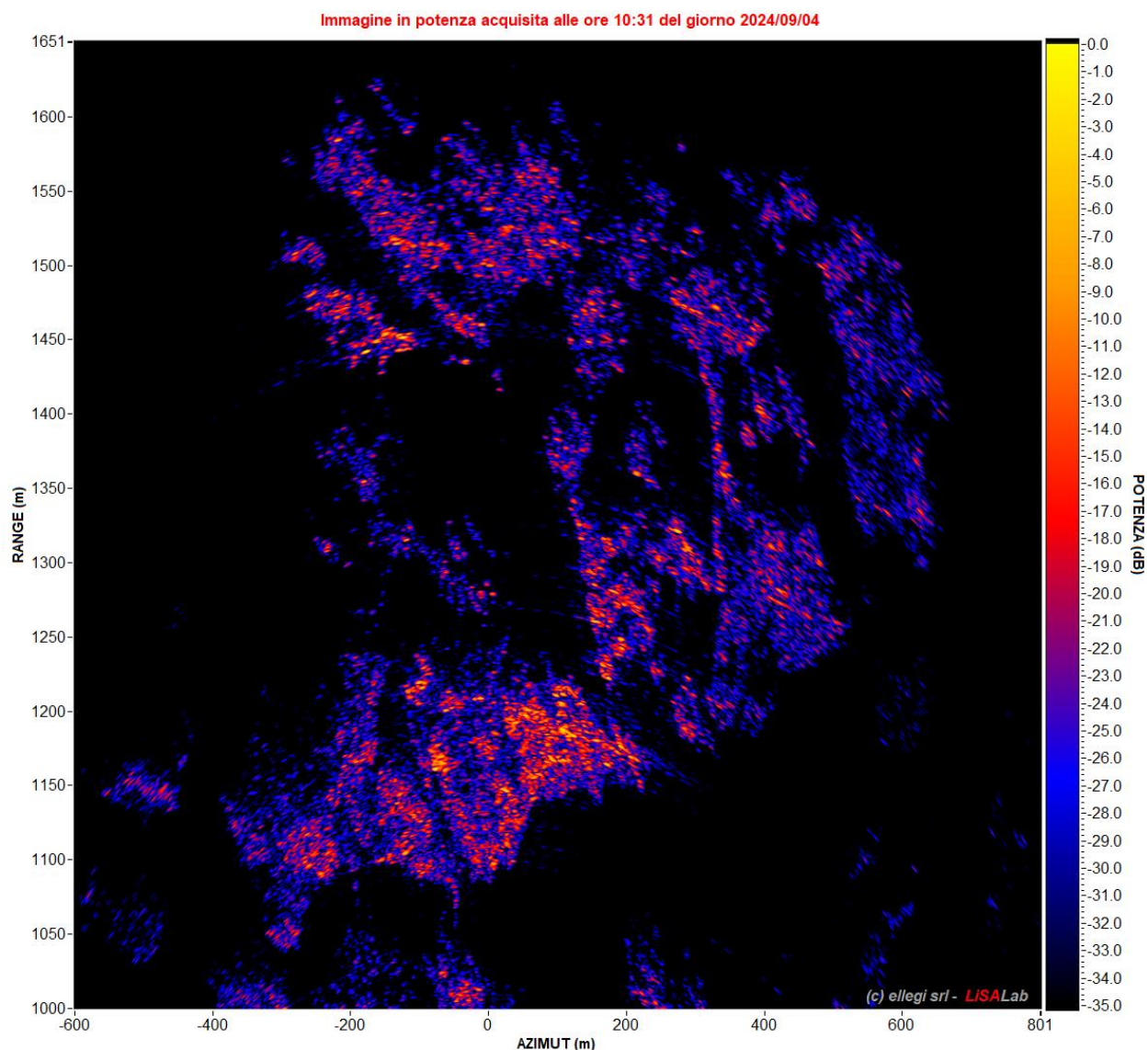


Figura 11: immagine SAR in potenza in 2D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSALab, Settembre 2024.
Postazione Est, sottofinestra Far.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	19

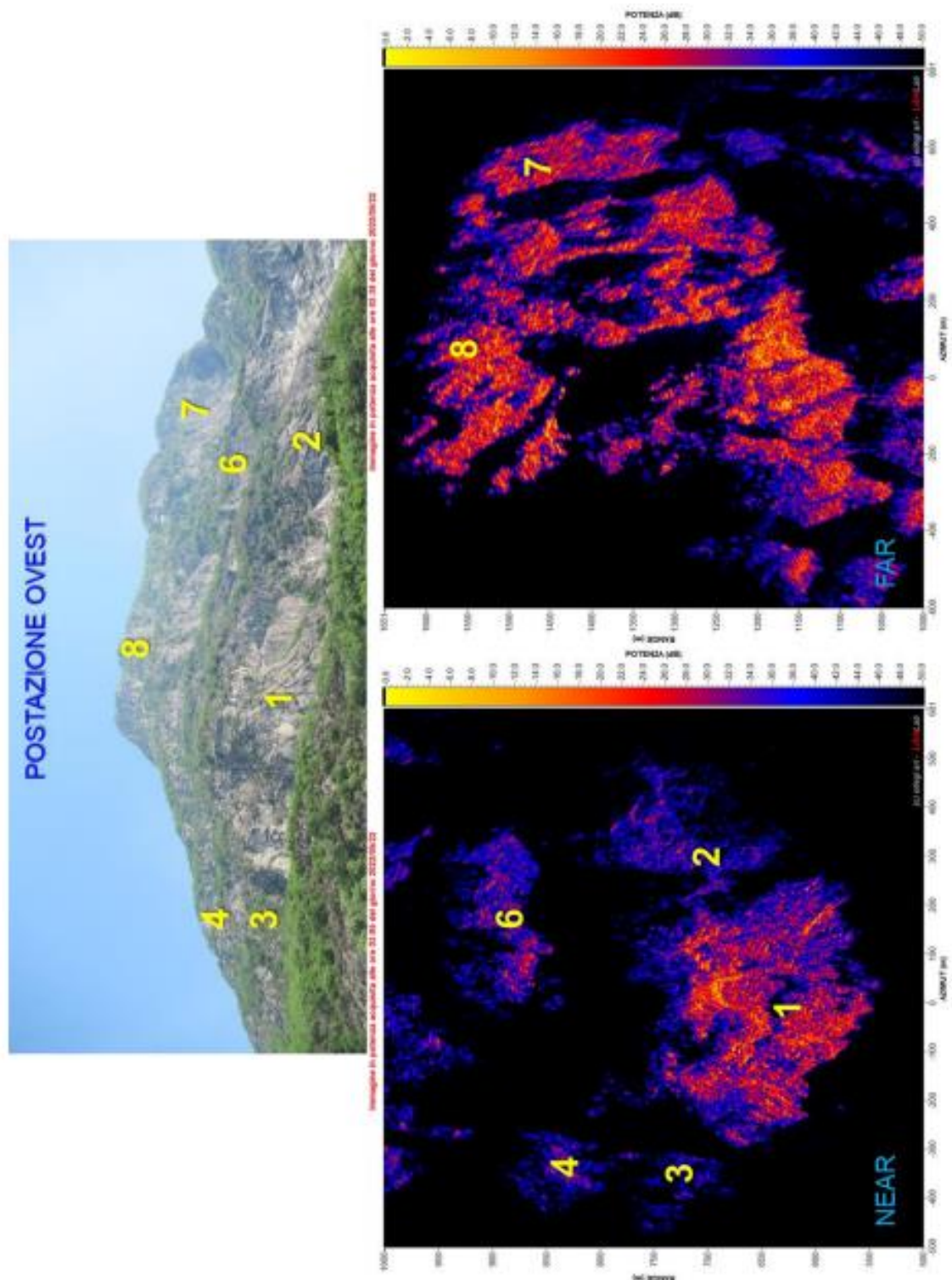


Figura 12: Georeferenziazione qualitativa delle immagini radar in potenza sulla fotografia del versante. Postazione Ovest, sottofinestre Near e Far.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	20



L I S A L A B

Mappe di spostamento – Postazione Ovest – 3 Marzo – 4 Settembre 2024

In questa sezione vengono presentati i risultati principali di questo approfondimento. Saranno analizzati i risultati ottenuti confrontando delle speciali medie interferometriche ottenute mediando i due sottoperiodi selezionati. La prima immagine è stata ottenuta mediando i dati fra il 2 e il 5 Marzo 2024 mentre la seconda immagine è stata ottenuta mediando le immagini fra il 2 e il 6 settembre 2024. L'analisi finale copre quindi un intervallo di circa 184 giorni, 9 ore e 32 minuti.

Per ognuna delle due sottofinestre analizzate (sottofinestra *Near* e sottofinestra *Far*) verranno presentati i seguenti risultati:

- Mappe di spostamento 2D;
- Mappe di spostamento sovrapposte ad immagine ottica del versante;

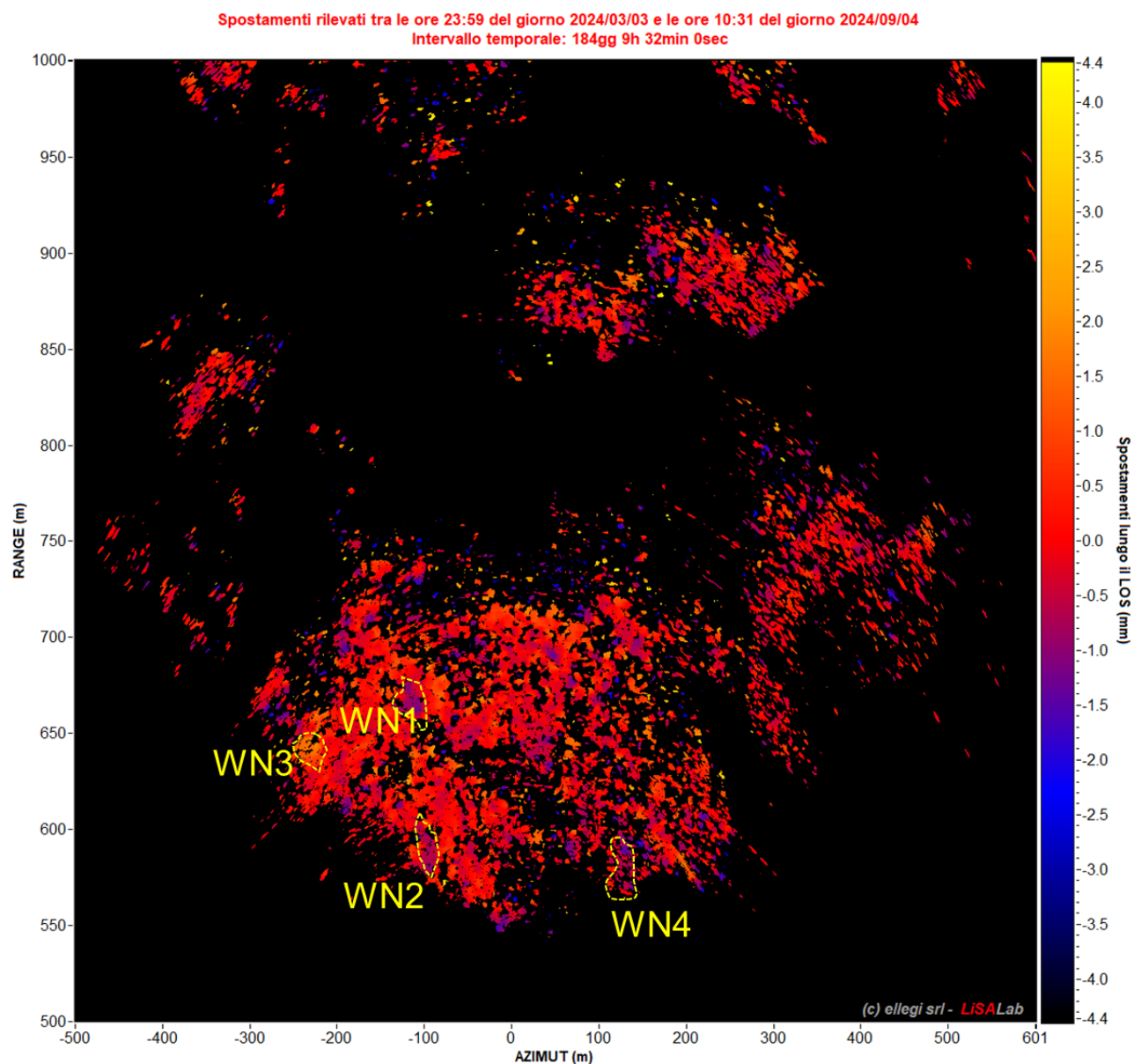
Verrà infine presentata una chiave di lettura globale proiettando i dati su modello digitale in 3D del versante monitorato.

Le mappe degli spostamenti relative al lungo termine possono essere lette utilizzando le barre colorate poste sul fianco di ciascuna mappa, che associano ad ogni colore un valore di spostamento. Nella scala utilizzata in queste immagini, generalmente il colore rosso identifica zone ferme o stabili nell'intervallo di misura considerato. Le zone con spostamenti fra i -2 mm e i -4 mm in avvicinamento hanno un colore blu/blu scuro mentre il colore giallo/arancio sarà associato a spostamenti in allontanamento rispetto al sistema caratterizzati da spostamenti compresi tra +2 mm e +4 mm nell'intervallo di tempo considerato. In alcuni casi, il colore giallo può significare il superamento della fase interferometrica e quindi spostamenti in avvicinamento al sistema con valori che eccedono i -4 mm.

Rammentiamo nuovamente che i fenomeni di perdita di coerenza, o decorrelazione, si manifestano nelle immagini SAR come rumore sovrapposto alla fase interferometrica legata agli spostamenti e si concretizzano con una perdita di precisione nelle misure o, nei casi peggiori, nell'impossibilità della misurazione stessa. Per ottenere valori accettabili nella precisione delle misure dalle mappe di spostamento, queste ultime sono spesso prodotte mascherando le zone che hanno una coerenza troppo bassa, quindi risulta evidente che le mappe di spostamento relative ad intervalli temporali più brevi contengano un maggior numero di punti non mascherati in coerenza.

SI RICORDA CHE TUTTI I RISULTATI PRESENTATI RIPORTANO LA MISURA DEGLI SPOSTAMENTI LUNGO LA DIREZIONE DI OSSERVAZIONE (LOS) DEL SISTEMA GBInSAR LiSAMobile, OSSIA LA DIREZIONE CHE SI OTTIENE CONGIUNGENDO IL SISTEMA AL PARTICOLARE PUNTO OSSERVATO.

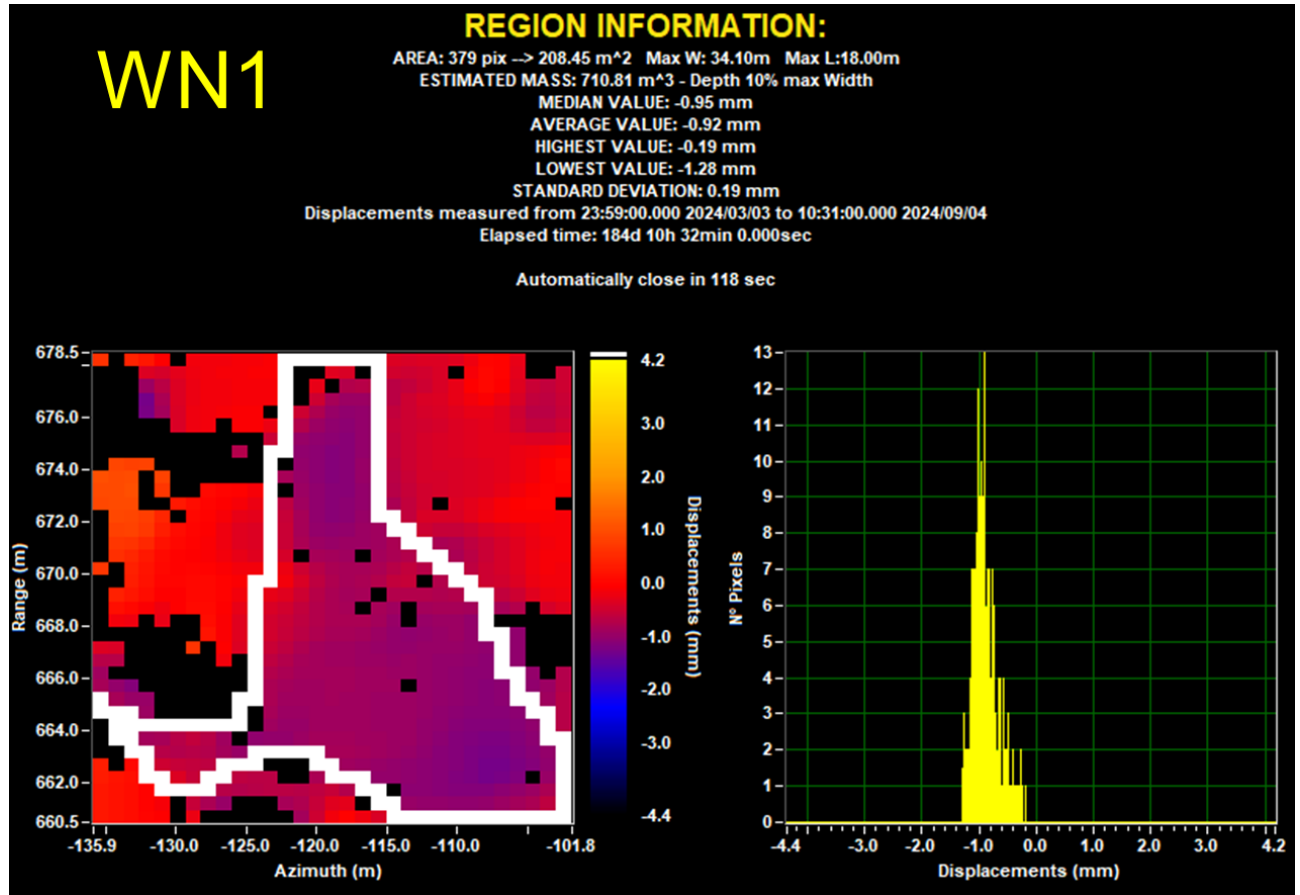
ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedée nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	21



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	22



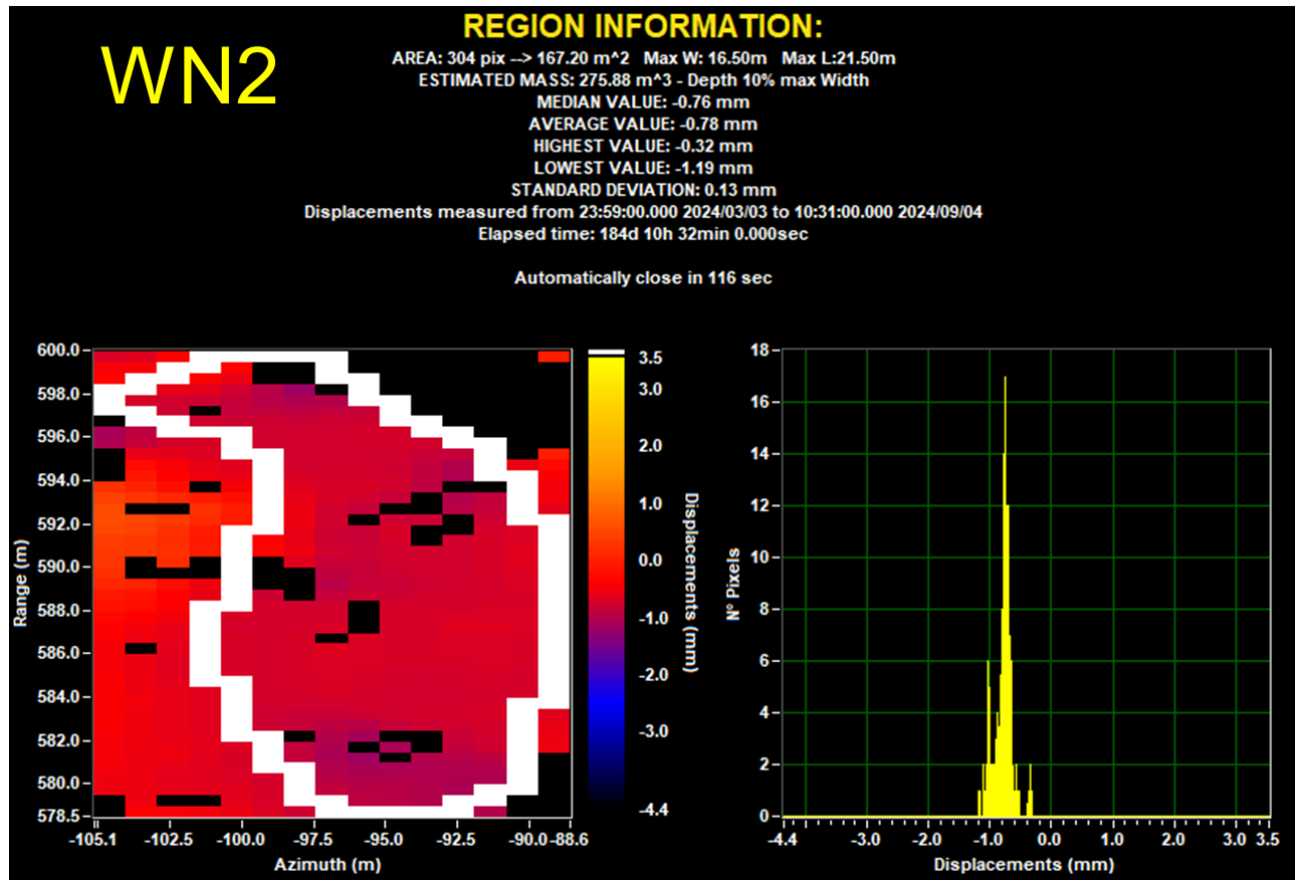
LISALAB



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	23



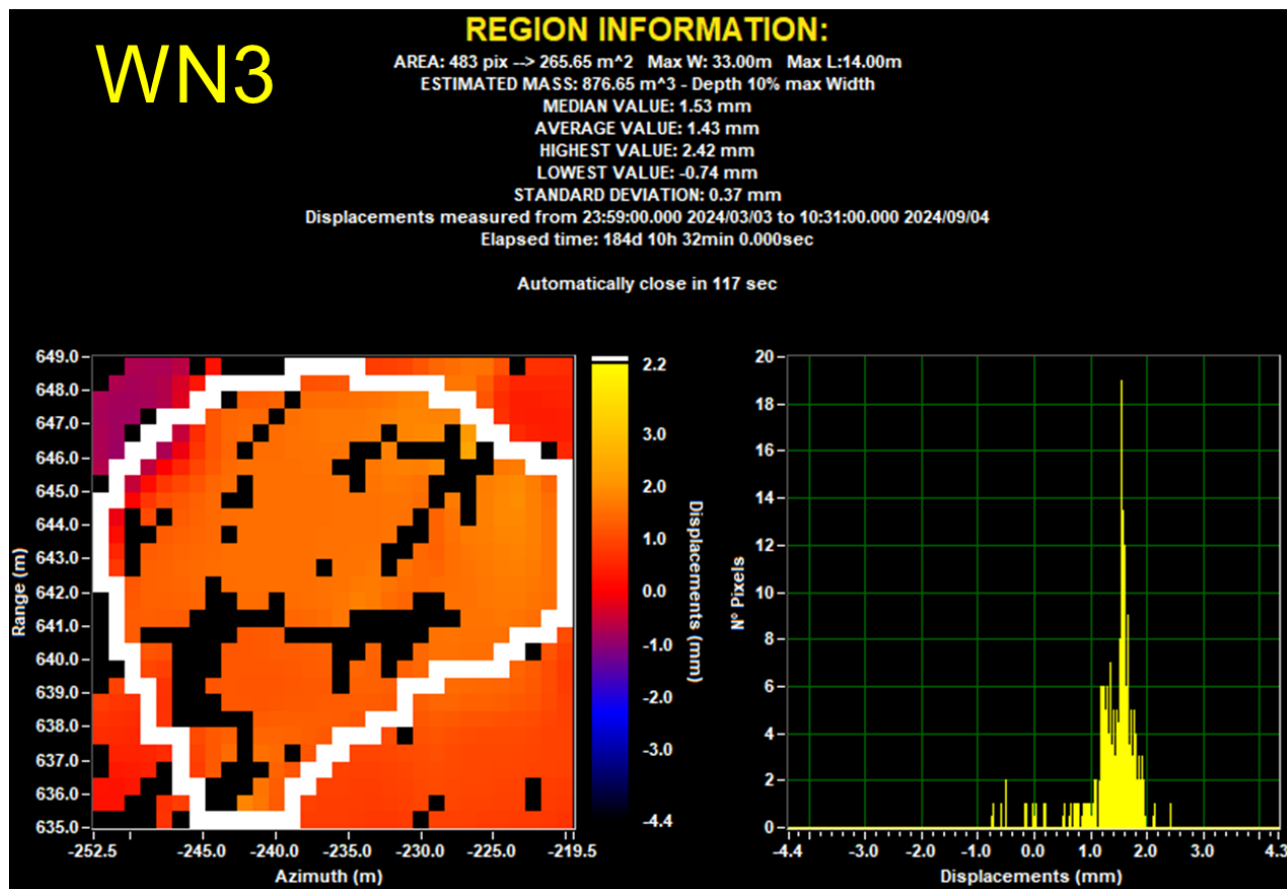
LISALAB



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	24



LISALAB



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	25



LISALAB

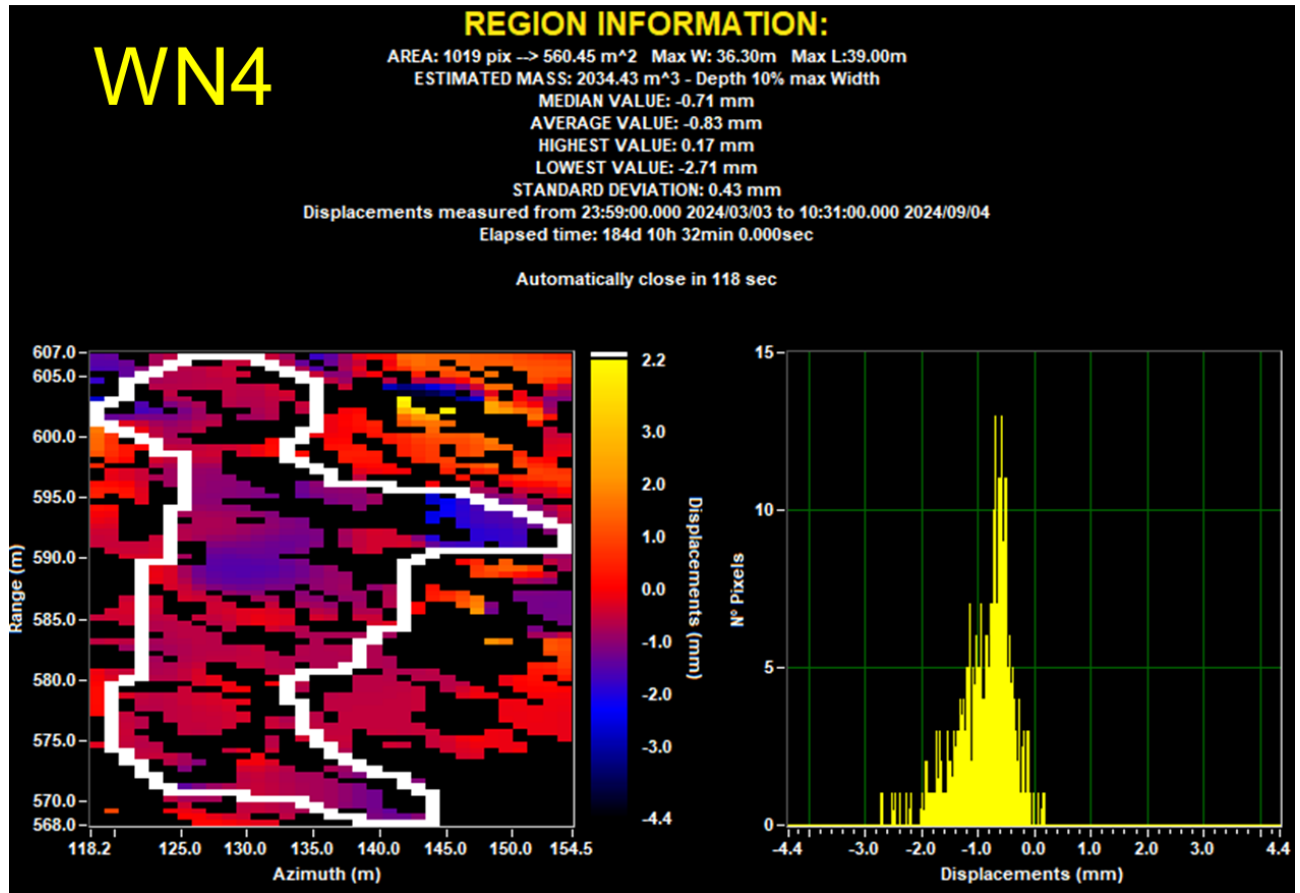


Figura 13: Mappa di spostamento 2D per il periodo 3 Marzo 2024 – 4 Settembre 2024. Postazione Ovest, sottofinestra Near.
Pannello superiore: rappresentazione in coordinate radar 2D. *Pannelli inferiori:* Statistiche sugli spostamenti rilevati nelle zone WN1, WN2, WN3 e WN4.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	26



LISALAB

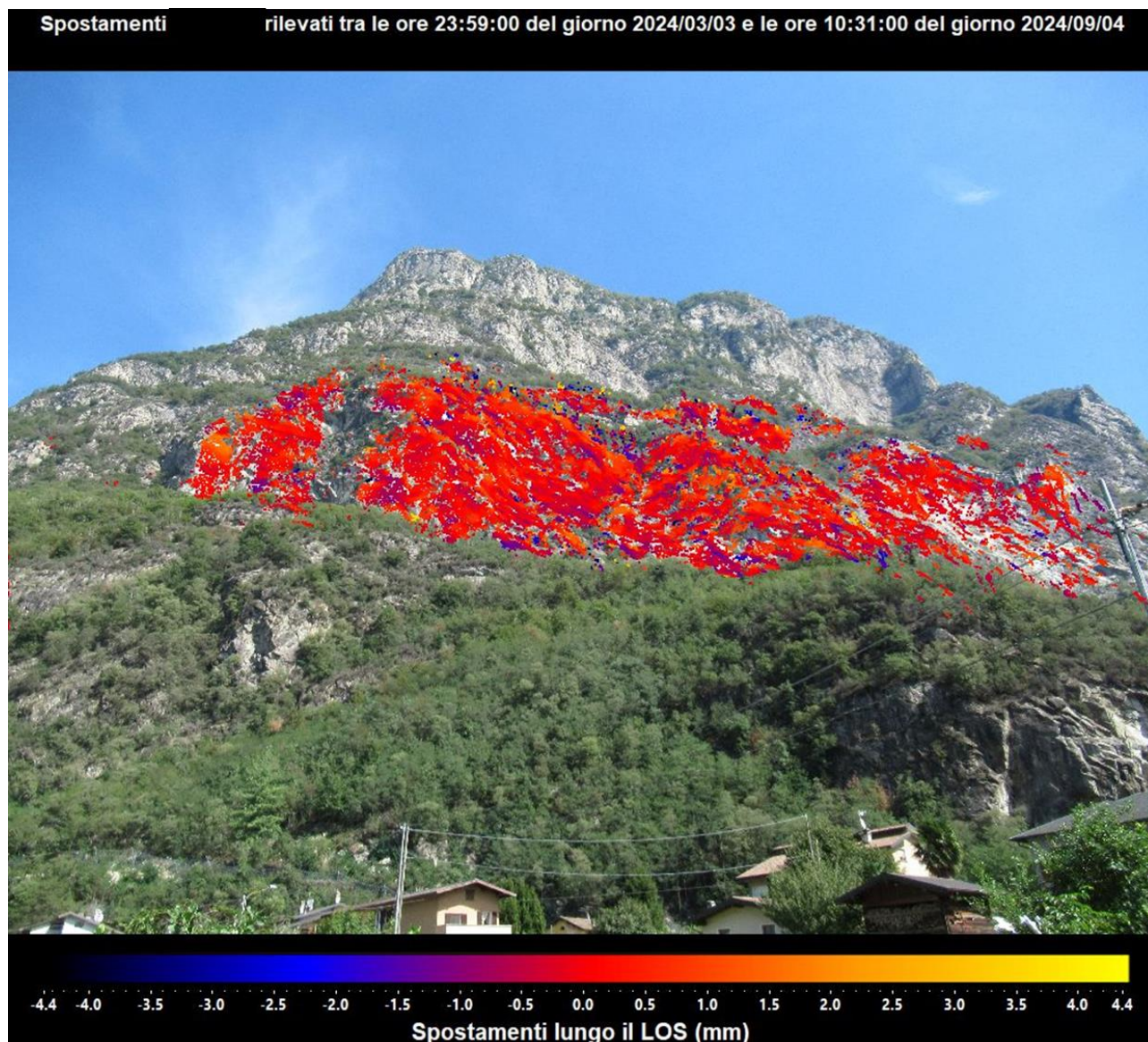


Figura 14: Mappa di spostamento 2D per il periodo 3 Marzo 2024 – 4 Settembre 2024. Postazione Ovest, sottofinestra Near. Dati proiettati sull'immagine fotografica del versante.

Dai dati di spostamento della sottofinestra Ovest Near (Figura 13 e Figura 14) si può osservare come, durante il periodo coperto dal presente approfondimento, nella porzione inferiore dello scenario monitorato vi sia in generale una situazione di stabilità con solamente tre zone aventi spostamenti attorno alla precisione strumentale ma comunque sempre sotto al -1 mm in avvicinamento ed una zona in allontanamento.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	27



LISALAB

Queste zone sono state denominate in questo approfondimento WN1 e WN2 e le loro caratteristiche di dettaglio sono fornite in Figura 13.

La zona WN1 occupa circa 208 m² e i suoi spostamenti complessivi nell'intervallo 3 Marzo 2024 - 4 Settembre 2024 raggiungono in media i -0.9 mm in avvicinamento lungo la LOS del sistema con picchi di circa -1.3 mm sempre in avvicinamento. Il suo baricentro in coordinate generali ha le seguenti coordinate: X = 534693 m; Y= 5119622 m.

La zona WN2, situata più in basso rispetto a WN1 si estende per circa 167 m² e presenta spostamenti lievemente inferiori (media di circa - 0.8 mm in avvicinamento e picchi isolati di -1.2 mm). Il suo baricentro in coordinate generali ha le seguenti coordinate: X = 534679 m; Y= 5119600 m.

La zona WN3 corrisponde al pilastro roccioso obiettivo principale del monitoraggio permanente dalla postazione Ovest. I dettagli sul monitoraggio di questa struttura verranno forniti nel report di pertinenza. In questo approfondimento, tuttavia, si segnala la presenza di lievi spostamenti in allontanamento di circa + 1.4 mm. Il suo baricentro in coordinate generali ha le seguenti coordinate: X = 534597 m; Y= 5119702 m.

Infine, per quanto riguarda la sottofinestra Near, la zona WN4 occupa circa 560 m² e presenta spostamenti medi di circa -0.8 mm in avvicinamento. Il suo baricentro in coordinate generali ha le seguenti coordinate: X = 534859 m; Y= 5119457 m.

Nella porzione più alta del versante, ovvero quella rilevabile dalla sottofinestra Ovest Far, si sono osservati degli spostamenti lievemente più alti (Figura 15 e Figura 16). In particolare, in linea con quanto già osservato nelle nostre campagne di misura, si osservano degli spostamenti millimetrici nella zona B. Il baricentro generale della zona B ha le seguenti coordinate: X = 535004 m; Y= 5120059 m.

I primi lievi movimenti in questa zona vennero documentati nell'Ottobre del 2022 (riferimento *rep.cvc.221014*) e i successivi report hanno messo in luce la presenza di uno stile deformativo legato ai cicli termici con deformazioni in avvicinamento e in allontanamento a seconda del periodo considerato (riferimento *rep.cvc.230614*).

Per questa zona piuttosto estesa che occupa in coordinate radar una superficie di circa 9840 m² si sono potute osservare lievi deformazioni in avvicinamento durante le fasi di riscaldamento della parete rocciosa mentre deformazioni di segno opposto appaiono caratterizzare le fasi di raffreddamento dell'ammasso roccioso (*rep.cvc.230614*). Tale ciclicità non viene smentita dai risultati forniti in questo approfondimento: il periodo compreso fra Marzo e Settembre è infatti un periodo di riscaldamento e le deformazioni medie registrate nella zona B sono di circa -1.4 mm in avvicinamento.

Questa correlazione fra stili deformativi e cicli termica è però complessa in quanto zone differenti reagiscono in maniera diversa a questi forcing di tipo termo-elastico (riferimento *rep.cvc.240424*). Tale complessità negli stili deformativo viene ulteriormente confermata dai dati presentati in questo approfondimento.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	28



LISALAB

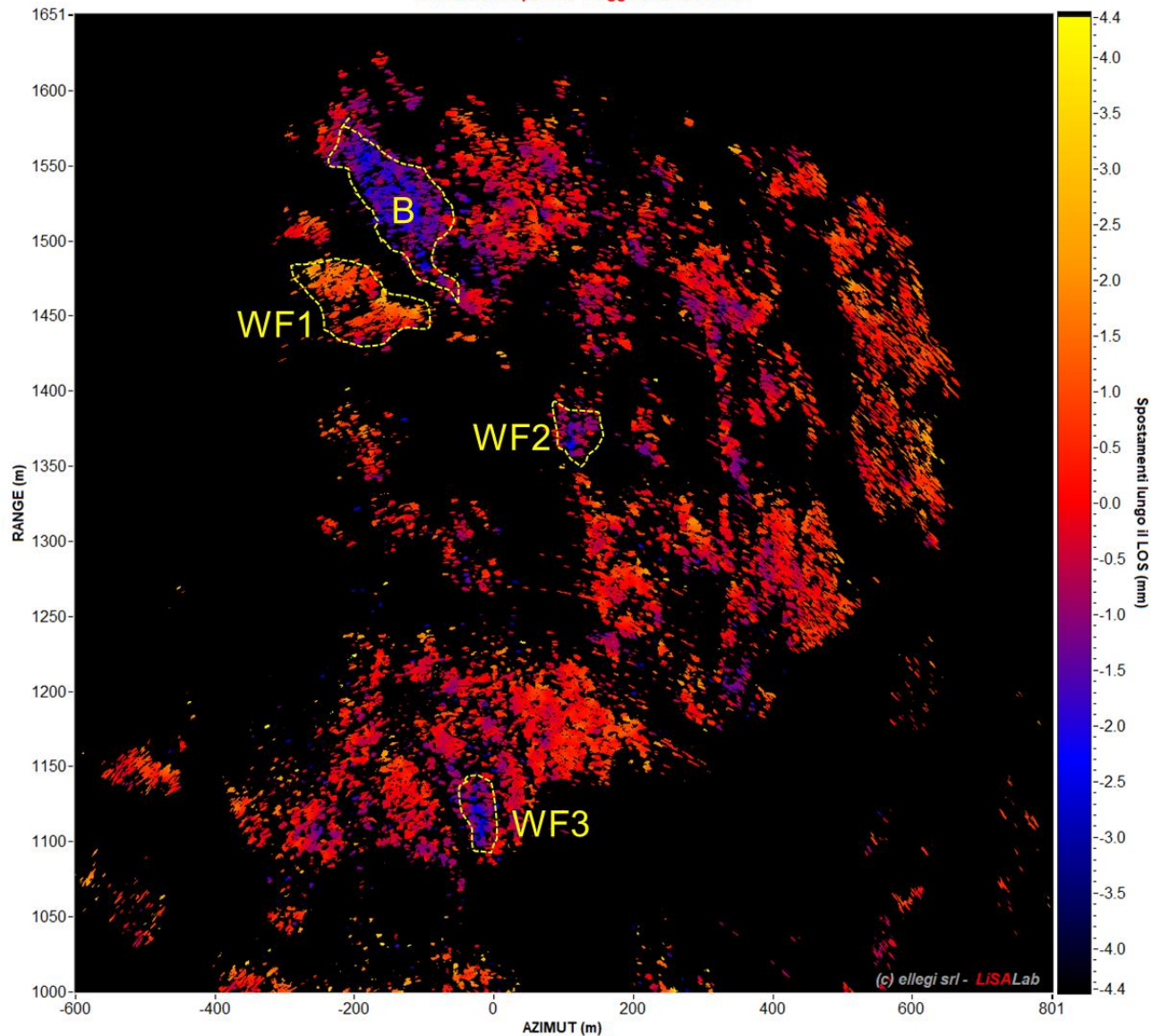
Se infatti nella zona B osserviamo un segnale deformativo in avvicinamento, nella sottostante zona WF1 che occupa circa 4304 m² in coordinate radar, si rilevano invece degli spostamenti di segno opposto (circa - 1.2 mm in allontanamento). Il baricentro generale della zona WF1 ha le seguenti coordinate: X = 534951 m; Y= 5120069 m.

Risulta quindi evidente la complessità della fisica delle relazioni fra stato termico della parete e deformazioni cicliche degli ammassi rocciosi e si rimanda il lettore ai lavori di *Gischig et al., 2011* per eventuali approfondimenti (Gischig, V. S., J. R. Moore, K. F. Evans, F. Amann, and S. Loew (2011), Thermomechanical forcing of deep rock slope deformation: 1. Conceptual study of a simplified slope, J. Geophys. Res., 116, F04010, doi:10.1029/2011JF002006; Gischig, V. S., J. R. Moore, K. F. Evans, F. Amann, and S. Loew (2011), Thermomechanical forcing of deep rock slope deformation: 2. The Randa rock slope instability, J. Geophys. Res., 116, F04011, doi:10.1029/2011JF002007).

Si conclude questa analisi menzionando infine altre due sottozone osservate nel presente approfondimento. Le zone WF2 e WF3 occupano circa 1132 m² e 1638 m², rispettivamente e hanno registrato spostamenti medi di circa -1,1 e -1,2 mm, rispettivamente. I baricentri in coordinate generale di queste due ultime sottozone sono i seguenti: WF2: X= 535181 m; Y=5119847 m; WF3: X= 534963 m; Y=5119802 m.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	29

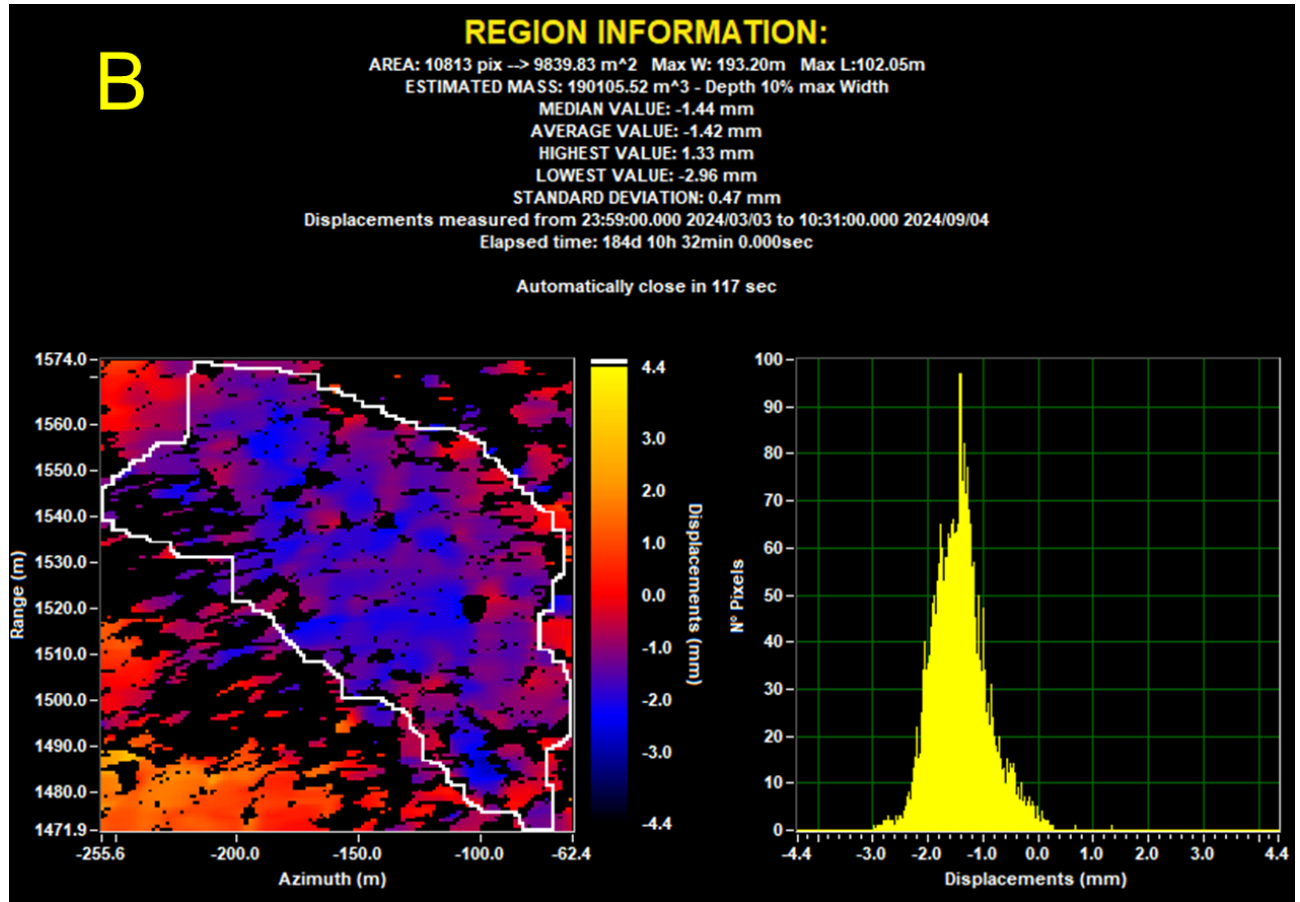
Spostamenti rilevati tra le ore 23:59 del giorno 2024/03/03 e le ore 10:31 del giorno 2024/09/04
Intervallo temporale: 184gg 9h 32min 0sec



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	30



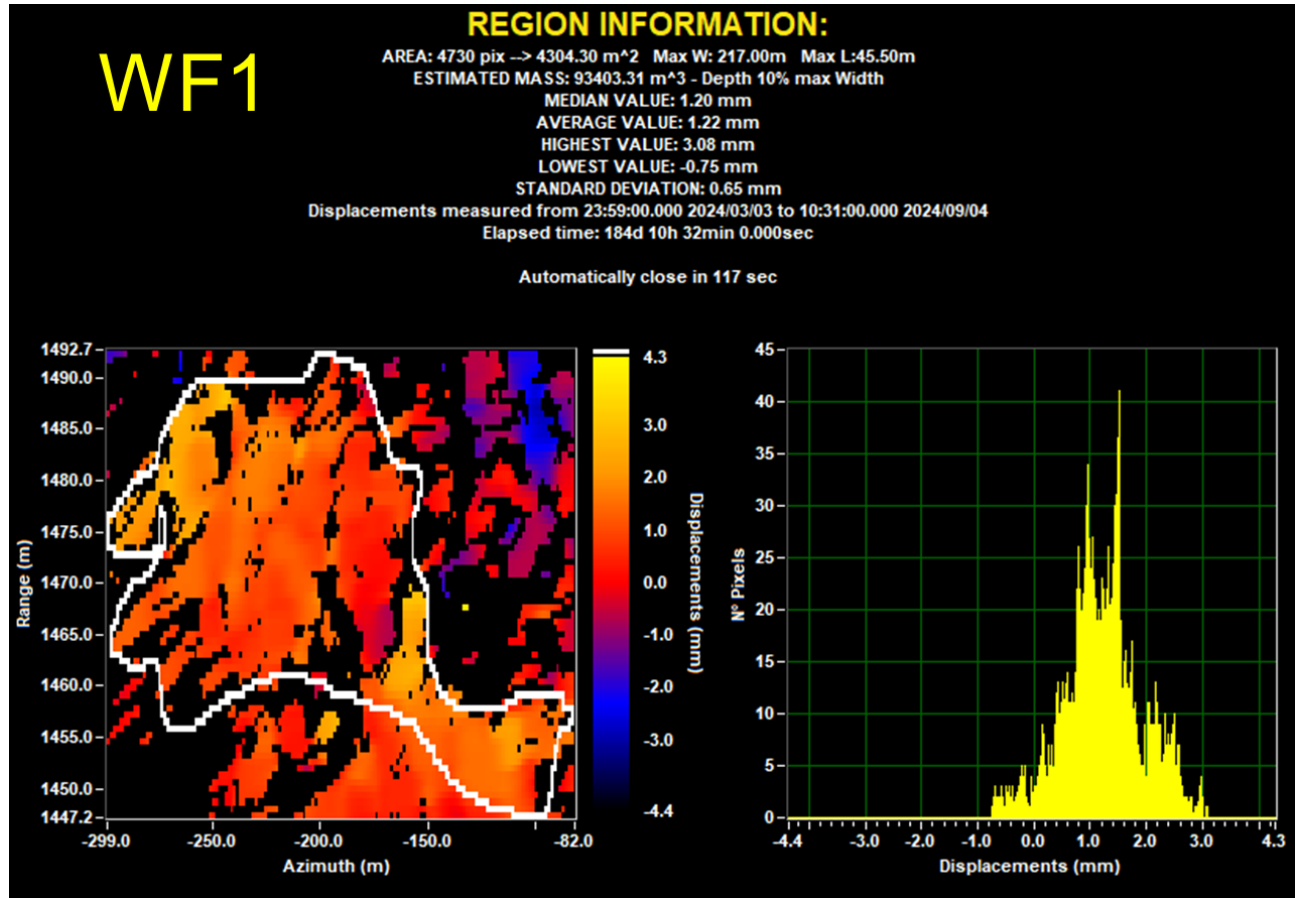
LISALAB



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	31



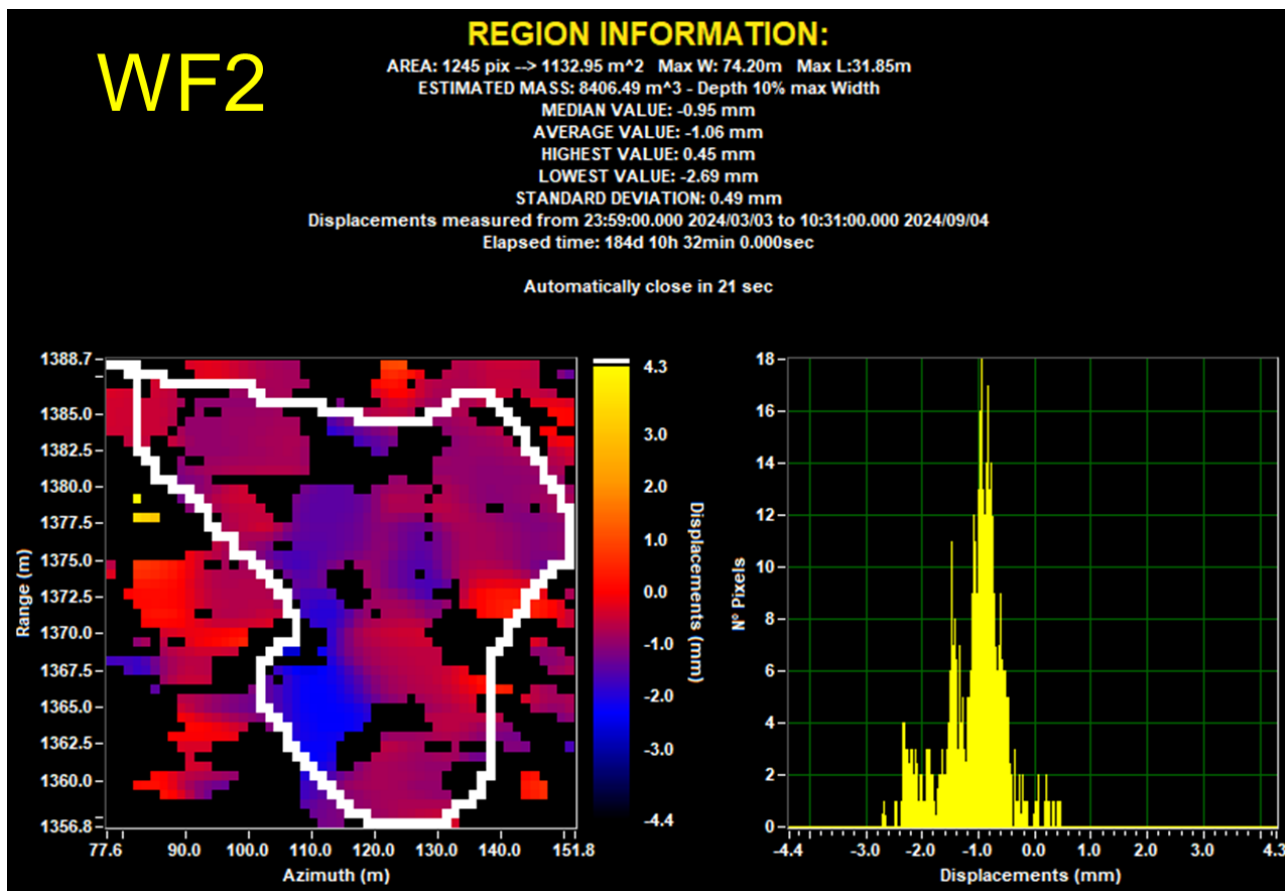
LISALAB



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	32



LISALAB



ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	33



LISALAB

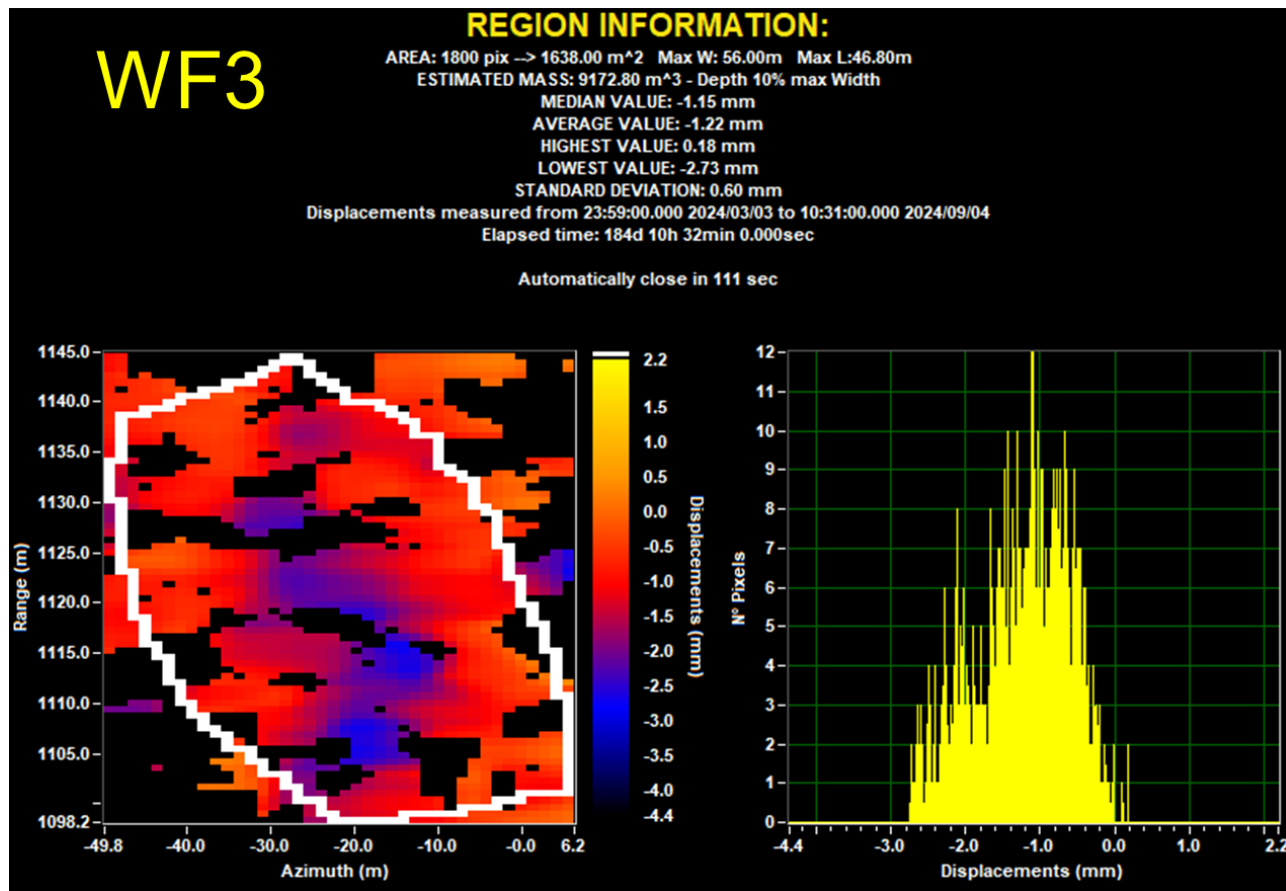


Figura 15. Mappa di spostamento 2D per il periodo 3 Marzo 2024 – 4 Settembre 2024. Postazione Ovest, sottofinestra Far.
Pannello superiore: rappresentazione in coordinate radar 2D. *Pannelli inferiori:* Statistiche sugli spostamenti rilevati nelle zone B, WF1, WF2 e WF3.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	34

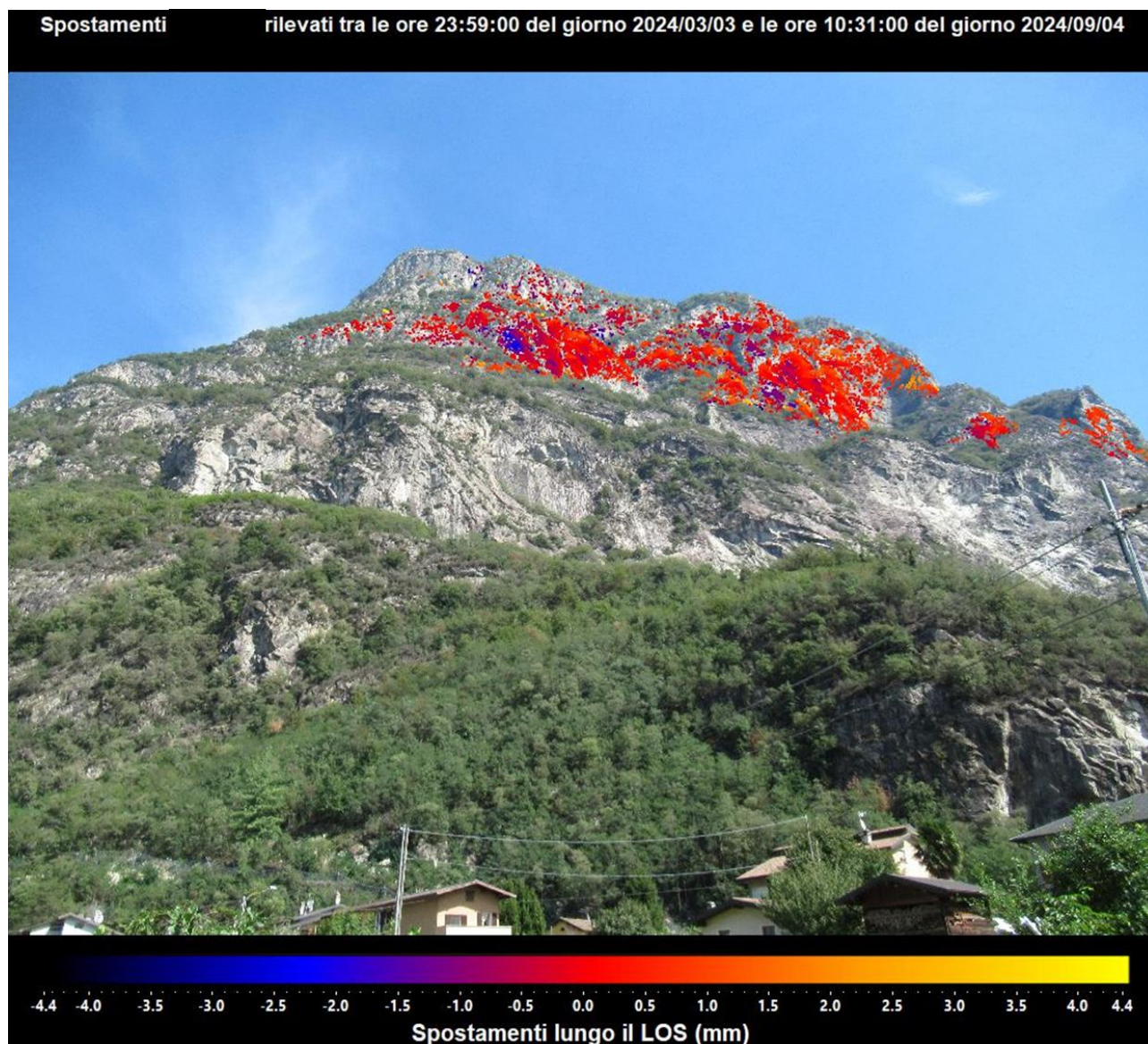


Figura 16: Mappa di spostamento 2D per il periodo 3 Marzo 2024 – 4 Settembre 2024. Postazione Ovest, sottofinestra Far. Dati proiettati sull'immagine fotografica del versante.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	35

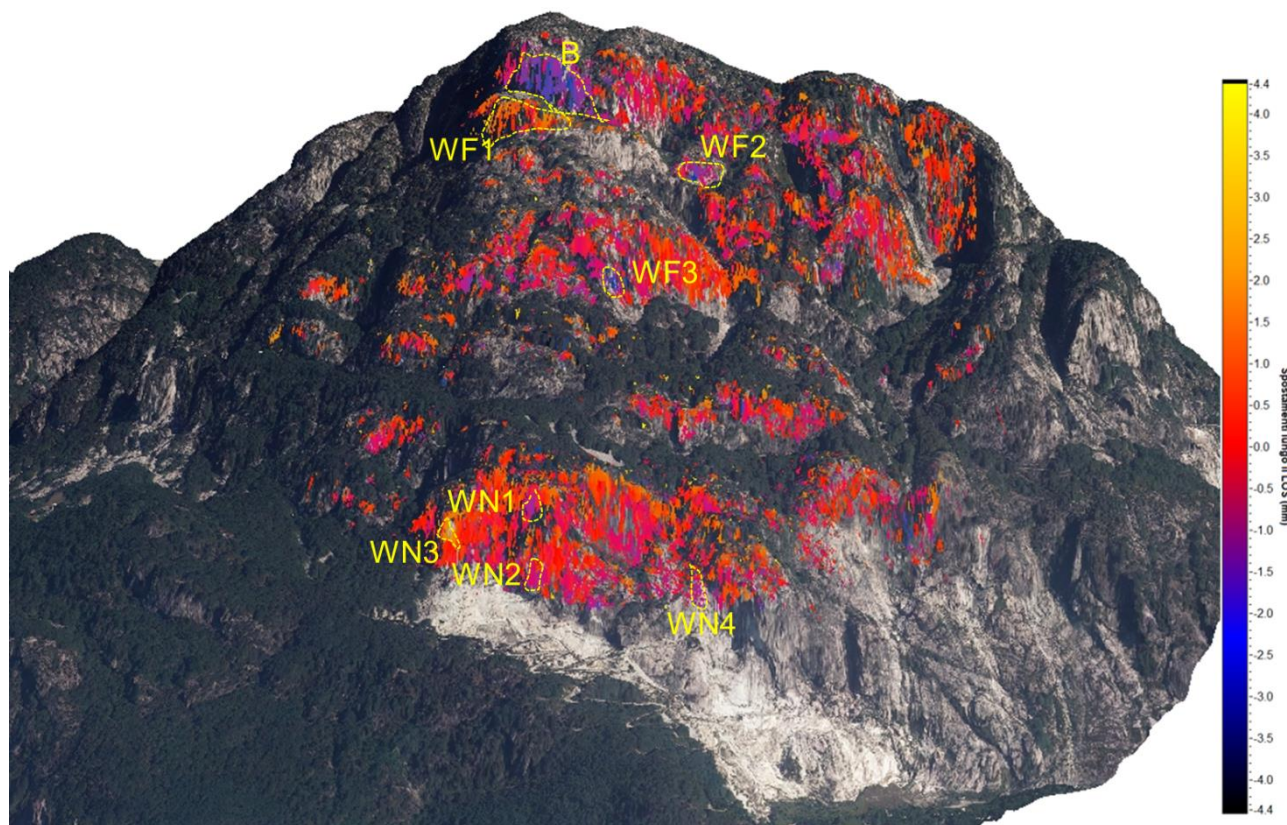


Figura 17: Mappa di spostamento 3D per il periodo 3 Marzo 2024 – 4 Settembre 2024 su DEM del versante con indicazioni sulla posizione delle zone in movimento osservate nel presente approfondimento.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedè nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	36



LISALAB

Conclusioni

In questo report si è fornito un approfondimento sulle deformazioni long-term in atto sulle pareti rocciose del Monte Avedèe dalla Postazione Ovest del Comune di Novate Mezzola (SO) partendo dai dato acquisito nel monitoraggio permanente e simulando l'esecuzione un periodical check composta da due campagne distinte di misura, una includendo il periodo tra il 1 ed il 5 Marzo 2024 e la seconda il periodo tra il 2 e il 6 Settembre 2024. Questa analisi copre pertanto un intervallo di circa 184 giorni, compreso tra il 3 Marzo 2024 e il 4 Settembre 2024 e, dai suoi risultati, si possono trarre le seguenti conclusioni.

1. Lo scenario in esame si conferma visibile al radar e le aree che rispondono meglio sono quelle corrispondenti zone rocciose e non vegetate. I dati acquisiti sono stati elaborati per due sottofinestre spaziali: una sottofinestra *Near* ha coperto le regioni più vicine alla postazione di misura, una finestra spaziale *Far* ha coperto le aree poste a quote più elevate e quindi più lontane dal sistema radar-
2. Per migliorare la qualità dei risultati ed aumentare il rapporto segnale-rumore sono state elaborate delle immagini "mediate" complessive su intervalli temporali di circa 5 giorni.
3. Per la sottofinestra *Near* si è osservata una situazione di generale stabilità ma con alcune zone, sempre comunque inferiori ai 600 m² in coordinate radar, i cui spostamenti variano fra i 1.4 mm in allontanamento della zona WN3 e i -0.9 mm in avvicinamento della zona WN1.
4. Nella sottofinestra *Near* sono state identificate quattro zone in movimento. Fra queste, la zona WN3 corrisponde al pilastro roccioso obiettivo del monitoraggio permanente. Malgrado un report dettagliato sia in preparazione per questa particolare struttura, si segnalano fra Marzo 2024 e Settembre 2024 la presenza di lievi spostamenti in allontanamento di circa 1.4 mm.
5. L'analisi nella sottofinestra *Far* ha evidenziato e confermato la complessa presenza di stili deformativi millimetrici controllati da cicli termici. Per questa sottofinestra sono state identificate 4 zone (B, WF1, WF2 e WF3).
6. La zona B, già ampiamente descritta nei nostri report precedenti ha, in questo approfondimento, subito degli spostamenti di circa -1.4 mm in avvicinamento.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	37



L I S A L A B

Allegati

Al presente report si allegano le seguenti mappe in formato elettronico:

- a) Risultati in formato elettronico della mappa in 3D di deformazione per il periodo 3 Marzo – 4 Settembre 2024 ottenuta dalla Postazione Ovest, finestra *Near*;
- b) Risultati in formato elettronico della mappa in 3D di deformazione per il periodo 3 Marzo – 4 Settembre 2024 ottenuta dalla Postazione Ovest, finestra *Far*.

Note, Avvertenze e Limitazioni di Responsabilità

Nel presente report non è stata prevista né è stata fornita nessuna interpretazione geofisica, geologica o strutturale dei dati acquisiti, elaborati e presentati.

Nessuna interpretazione successiva potrà essere ascritta o associata alla Ellegi srl.

LISALAB il suo logo, lo slogan e LiSAmobile sono marchi o marchi registrati della Ellegi srl.

Tutti gli altri prodotti, servizi, nomi menzionati nel documento sono marchi dei rispettivi proprietari.

Qualsiasi prodotto, processo o tecnologia descritta in questo documento può essere soggetta a Proprietà Intellettuale di proprietà della Ellegi srl. Lo stesso può essere applicato alla Proprietà intellettuale di proprietà di altri.

Le informazioni contenute in questo documento sono fornite "così come sono" senza alcuna garanzia di qualsiasi genere, sia espressa sia implicita, inclusa ma non limitata alla garanzia implicita di fattibilità tecnico - commerciale, adattabilità a particolari applicazioni e o scopi, o di inviolabilità di proprietà intellettuale.

Le informazioni contenute in questo documento possono contenere errori tipografici e imprecisioni tecniche. Cambiamenti e modificazioni delle informazioni e dei contenuti possono essere apportate ed incorporate nelle nuove revisioni del documento.

La Ellegi srl può apportare in qualsiasi momento e senza alcun obbligo di comunicazione modificazioni, sviluppi o cambiamenti ai prodotti ed ai servizi descritti.

Vietata la riproduzione e la diffusione senza preventivo consenso della Ellegi srl.

ellegi srl via bandello, 5 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Monitoraggio pareti rocciose del Monte Avedèe nel Comune di Novate Mezzola (SO) – Postazione Ovest – Marzo-Settembre 2024					Data di creazione:	18 Settembre 2024
	Riferimento Cliente:	Comunità Montana Valchiavenna	Rif. int.:	AG	Rev.:	01	Data di revisione:	01 Ottobre 2024
	File:	rep.cvc.240918.ag.01	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	38