

REPORT FINALE

**Rilievo con tecnologia GBInSAR LiSALab per il
controllo della stabilità della parete Est della**

Cava di Giustino (Tn)

10 aprile - 17 aprile 2014

Cliente: Provincia di Trento

Località: Giustino (TN)

Contract #: 0670103ptn e CIG ZD30E71D69

STRICTLY CONFIDENTIAL DOCUMENT

9					
8					
7					
6					
5					
4					
3					
2	24 aprile 2014	Revisione	MG	IB	CR
1	22 aprile 2014	Revsione	MG	IB	CR
0	18 aprile 2014	Emissione	MG	IB	CR
Rev.	Data:	Note:	Scritto da:	Controllato da:	Approvato da:

INDICE

REPORT FINALE	1
INDICE	2
GLOSSARIO	3
Convenzioni	5
<i>Sistema di riferimento</i>	5
<i>Unità di misura del tempo</i>	5
Introduzione	6
1. Specifiche richieste per il monitoraggio	7
2. Descrizione del servizio	7
3. La tecnica SAR interferometrica	8
4. Parametri di misura e caratteristiche dell'immagine SAR	14
5. Punto di installazione del sistema GBInSAR LiSA	15
6. Analisi degli spostamenti misurati nel corso della campagna di misura di aprile 2014	17
Elaborazione dei risultati della campagna di aprile 2014	18
Mappe di spostamento, sequenza incrementale: 10 aprile - 17 aprile 2014	21
Mappa degli spostamenti cumulati e mappa di zonazione	30
Analisi quantitativa	32
7. Confronto con i risultati delle campagne del 2006, 2009 e 2014	38
8. Conclusioni	47
9. Allegati	48
Note, Avvertenze e Limitazioni di Responsabilità	49

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	2

GLOSSARIO

Ampiezza radiometrica	Livello d'intensità di energia raggiante.
Azimut	Direzione parallela al binario.
DEM/ DTM	Digital Elevation Model o Digital Terrain Model. Rappresentazione digitale tridimensionale della morfologia del terreno.
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 e' 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 LiSA ed un punto sito nella zona d'interesse.
LiSALab	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 ed ora proprietà esclusiva della Ellegi srl in grado di fornire mappe dettagliate di movimenti e deformazioni.

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	3

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 300mm.						
Pixel	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.						
Range	Direzione perpendicolare al binario. Le distanze lungo questa direzione vengono 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.).						
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 e non trasmessa. Si parla di riflettività spettrale quando ci si riferisce ad un particolare intervallo di lunghezza d'onda dell'energia incidente						
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 c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	4

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 LiSA (Figura 1).

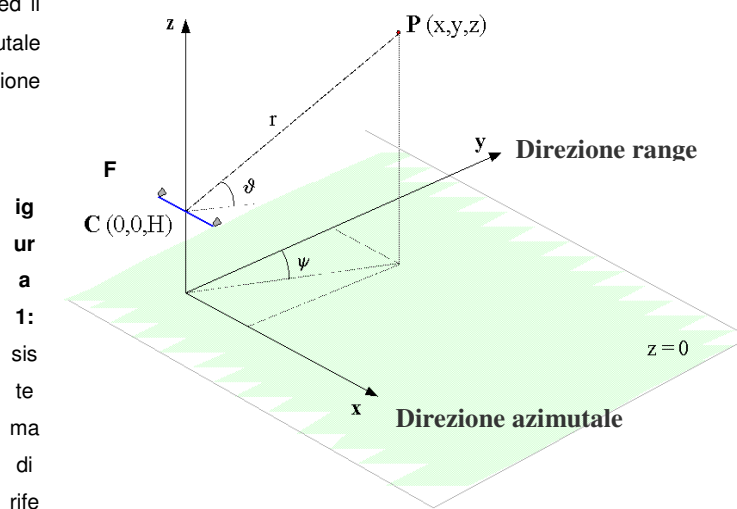
Il sistema di coordinate locali LiSALab è centrato sulla mezzeria del binario del sistema GBInSAR LiSALab (0,0,0) i cui assi sono l'uno perpendicolare (asse Y) e l'altro parallelo (asse X) all'asse del binario stesso.

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.



rimento utilizzato.

Unità di misura del tempo

Nel presente report l'unità di tempo utilizzata è l'ora GMT, viene riportata nella notazione Anno/Mese/giorno ora:minuti (AAAA/MM/gg HH:mm). Nel mese di aprile 2014 per ottenere l'ora locale aggiungere + 02:00.

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	5

Introduzione

La Ellegi Srl neglia ha svolto sul sito in oggetto dei servizi di monitoraggio articolati come segue:

1. Negli anni 2004, 2005 e 2006 su incarico dalla Maffei Spa sono state effettuate 5 campagne di rilievo con tecnologia GBInSAR LiSALab volte al monitoraggio del fronte della miniera di Giustino (TN), dove da rilevamenti eseguiti tramite degli estensimetri di tipo multibase installati nella galleria ENEL abbandonata che scorre trasversalmente al di sotto della parete della miniera stessa, sono stati misurati degli spostamenti.
L'obiettivo delle 5 campagne di misura eseguite era quello di misurare le deformazioni superficiali che interessavano il fronte della miniera e di individuare e delimitare l'area o le aree interessate da tali fenomeni. Il servizio eseguito è stato di tipo "Periodical Check".
2. La Maffei Spa ha successivamente ceduto le attività relative alla miniera in oggetto alla società Cunaccia Bruno Srl la quale ha richiesto un rilievo con servizio di tipo "Short Term Monitoring" (STM) della durata di circa 14 giorni in cui il sistema GBInSAR LiSA ha monitorato la parete.

Nel mese di Marzo 2014 il servizio Geologico della Provincia Autonoma di Trento per mezzo dell'PAT/RFS049-02/04/2014-0181534 l'affidamento incarico avente ad oggetto il servizio di rilievo con tecnologia GBInSAR LiSA per il controllo della stabilità della parete Est della Cava di Giustino (codice CIG ZD30E71D69)#15861ha richiesto l'esecuzione di una campagna di studio con le stesse modalità operative di quelle svolte in passato della durata di 7 giorni

In Figura 2 è riportata la fotografia della miniera a cielo aperto vista dal punto di installazione del sistema GBInSAR come appare ad aprile 2014.

Il presente report riassume tutti i risultati raccolti dal sistema GBInSAR LiSALab durante la campagna di misura eseguita tra il 10 e il 17 aprile 2014, ed è articolato come segue:

1. Breve introduzione ai concetti basilari sulla tecnica di monitoraggio con sensori interferometrici radar ad apertura sintetica con piattaforma basata a terra;
2. Descrizione dell'installazione del sistema GBInSAR LiSALab, sua messa in funzione e parametri di misura selezionati;
3. Elaborazione dei risultati acquisiti nella campagna di misura;
4. Confronto con i rilievi effettuati in passato;
5. Conclusioni.

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	6



Figura 2: Fotografia della miniera a cielo aperto di Giustino (TN) vista dal punto di installazione del sistema, aprile 2014.

1. Specifiche richieste per il monitoraggio

Le specifiche definite per l'applicazione del sistema GBInSAR LiSALab a tale fenomeno sono le seguenti:

1. esecuzione del monitoraggio di tipo "Short Term Monitoring" della cava di circa 7;
2. produzione di mappe di spostamento relative all'intervallo della stessa misura;
3. individuazione e identificazione delle diverse aree soggette a movimenti;
4. quantificazione dei movimenti caratterizzanti le aree precedentemente individuate;
5. confronto con i risultati delle misure precedenti.

2. Descrizione del servizio

Il servizio eseguito è costituito da una singola campagna di misura in cui il sistema GBInSAR LiSALab, precedentemente assemblato, adattato e calibrato allo specifico utilizzo presso la sede della Ellegi Srl, è stato trasportato in loco ed installato sul basamento utilizzato per le campagne precedenti. Per l'effettuazione e di questo set di misure sono state apportate delle variazioni alla trave di basamento per poter adattarla al nuovo modello di radar attualmente in uso alla Ellegi. Pertanto verranno fornite delle analisi quantitative sui dati acquisiti nella campagna in oggetto, mentre verranno effettuate valutazioni confrontando le misure effettuate all'interno di questa ultima campagna con quelle effettuate nelle campagne precedenti considerando il diverso tipo di radar utilizzato. Il sistema GBInSAR LiSALab dopo

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	7

by ellegi srl

le necessarie attività di implementazione, controllo e calibrazione, ha iniziato ad eseguire indagini radar per i 7 giorni successivi. Al termine della serie di acquisizioni il sistema è stato smontato, prelevato e riportato alla sede Ellegi srl per la elaborazione dei dati acquisiti.

I risultati dell'analisi, presentati qui di seguito, sono restituiti sotto forma di sequenze di mappe di spostamento in due e tre dimensioni, a copertura totale e/o parziale dell'intervallo considerato.

3. La tecnica SAR interferometrica

Il radar è un sensore attivo che invia impulsi a microonde verso la scena osservata, registra coerentemente il segnale diffuso e deriva l'informazione sulla distanza dei diversi diffusori nella scena dal calcolo del ritardo temporale tra segnale inviato ed eco ricevuti.

Nelle applicazioni di telerilevamento nelle quali l'oggetto di studio è una scena complessa è desiderabile distinguere quanti più dettagli possibile ed è importante la capacità del sistema di collocare esattamente i diversi oggetti nello spazio al fine di discriminare oggetti vicini: in altre parole, è importante ottenere un'elevata risoluzione spaziale. In questo tipo di applicazioni un valido approccio è rappresentato dalla tecnica SAR (Radar ad Apertura Sintetica), utilizzata per ottenere immagini a microonde con elevata risoluzione spaziale. Il sensore, in questo caso, si muove lungo una direzione rettilinea puntando in direzione perpendicolare rispetto a quella di movimento ed effettuando misure radar ad opportuni intervalli spaziali. Il successivo trattamento dell'insieme dei dati raccolti consente di produrre un'immagine con una risoluzione spaziale che dipende dalla distanza dell'area in esame.

Una caratteristica importante della tecnica SAR è che il trattamento dei dati può essere effettuato in modo tale da ottenere come risultato un'immagine composta da numeri complessi. Ogni cella di risoluzione (pixel) corrispondente ad una determinata porzione della scena osservata sarà pertanto caratterizzata non solo da un'ampiezza radiometrica che esprime la riflettività dell'oggetto alla frequenza di osservazione, rappresentata di seguito dalle mappe di potenza, ma anche da un valore di fase che dipende dalla distanza sensore-oggetto e dalle caratteristiche dielettriche di quest'ultimo.

L'utilizzo dell'informazione di fase contenuta nell'immagine SAR, talvolta in combinazione con l'informazione radiometrica, consente applicazioni avanzate della tecnologia radar tra le quali vi è quella dell'*interferometria differenziale SAR*.

L'interferometria differenziale SAR consente, attraverso il confronto tra le fasi del segnale di due acquisizioni separate temporalmente ma acquisite dallo stesso luogo e con gli stessi parametri di misura, di ricavare lo spostamento dei vari pixel che formano lo scenario osservato lungo la direzione della linea di vista (LOS) del sistema avvenuto durante l'intervallo trascorso.

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	8

Indipendentemente dalla piattaforma utilizzata (satellitare, aviotrasportata o terrestre) e dallo specifico metodo di misura, ogni volta che si applica l'interferometria differenziale SAR per misurare gli spostamenti il prodotto finale può essere ricondotto a mappe di spostamento che in generale possiedono le seguenti caratteristiche:

- (1) **Gli spostamenti misurati si riferiscono alla componente dello spostamento reale proiettata lungo la direzione di vista (LOS) del sistema SAR nell'intervallo di tempo compreso tra due acquisizioni;**
- (2) **La risoluzione spaziale delle mappe di spostamento è uguale a quella delle immagini SAR di partenza, ma la risoluzione può degradarsi se vengono applicate delle medie spaziali durante le operazioni di elaborazione dati;**
- (3) **La precisione nel misurare degli spostamenti è pari ad una frazione della lunghezza d'onda elettromagnetica. Solitamente si arriva a valori inferiori al millimetro.**

E' da notare che la tipica ambiguità caratteristica delle misure di fase, dovuta alla loro ciclicità tra $-\pi$ e $+\pi$, rimane irrisolta quando lo spostamento relativo di ogni pixel supera la mezza lunghezza d'onda.

Spostamenti anche di molte lunghezze d'onda sono correttamente misurabili purché abbiano una distribuzione spaziale sufficientemente 'morbida' da riguardare un certo numero di pixel. Il semplice esempio mono-dimensionale riportato in Figura 3 contribuisce a chiarirne il concetto.

La linea continua rappresenta la sezione di una sbarra in posizione di riposo mentre la linea tratteggiata rappresenta il profilo deformato della stessa. La deformazione è massima nella porzione centrale (pixel A), dove risulta superiore alla lunghezza d'onda e diminuisce verso gli estremi che si assumono fissi nelle due condizioni. Mentre l'interpretazione della misura sul pixel A, considerata isolatamente, è ambigua, la valutazione complessiva di tutta la serie di pixel da A a F (l'estremità) consente di derivare univocamente un pattern di deformazione.

Tale risultato può essere ottenuto applicando particolari algoritmi detti di *phase unwrapping* che consentono di 'srotolare' la fase e interpretare correttamente le discontinuità (chiamate frange) che appaiono in tale situazione. La condizione che in ultima analisi deve normalmente verificarsi è che la differenza tra gli spostamenti in pixel adiacenti non deve superare un quarto di lunghezza d'onda.

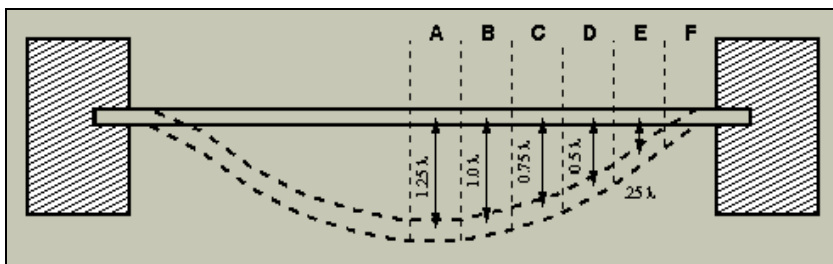


Figura 3: esempio di misura degli spostamenti in un caso mono-dimensionale

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	9

Le scale colorate che solitamente accompagnano le mappe di spostamento identificano gli spostamenti medi lungo la linea di vista del sensore dei pixel considerati. I valori negativi rappresentano spostamenti in avvicinamento al sistema (nel caso specifico sono spostamenti verso valle), viceversa quelli positivi rappresentano spostamenti in allontanamento dal sistema (nel caso specifico spostamenti verso monte).

Le mappe di spostamento a copertura di un lungo intervallo di tempo possono essere ottenute per via diretta, confrontando le immagini corrispondenti all'intervallo prescelto, o per via indiretta, sommando gli spostamenti misurati nelle coppie di interferogrammi successivi a copertura dell'intervallo temporale di interesse. Queste ultime mappe di spostamento sono spesso indicate anche con il nome di mappe degli spostamenti cumulati proprio perché gli spostamenti rappresentati sono la somma degli spostamenti misurati nei vari sottoperiodi relativi all'intervallo considerato.

Con la procedura indiretta, scegliendo opportunamente l'intervallo temporale tale per cui non si presenti il fenomeno della ciclicità della fase, si riesce a eliminare il problema dello "srotolamento" di fase.

In questo report saranno presentate sia mappe di spostamento prodotte con la tecnica diretta (tecnica classica) che con quella indiretta, dove si ha una corrispondenza biunivoca tra i valori degli spostamenti e la scala colorata relativa e quindi una più immediata ed intuitiva la lettura (mappe degli spostamenti cumulati).

Tutti gli spostamenti misurati e presentati nelle mappe di spostamento seguenti rappresentano le componenti dello spostamento reale del punto osservato proiettate lungo la linea di vista (LOS) del sistema GBInSAR LiSALab.

Con la strumentazione GBInSAR LiSALab è possibile realizzare la condizione di ripresa delle varie immagini SAR esattamente dalla stessa posizione. In tali condizioni, il contributo topografico alla fase dell'interferogramma è nullo. L'interferogramma è generato mediante la semplice moltiplicazione, pixel per pixel, del dato complesso di una prima immagine con il complesso coniugato del dato complesso della seconda.

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	10

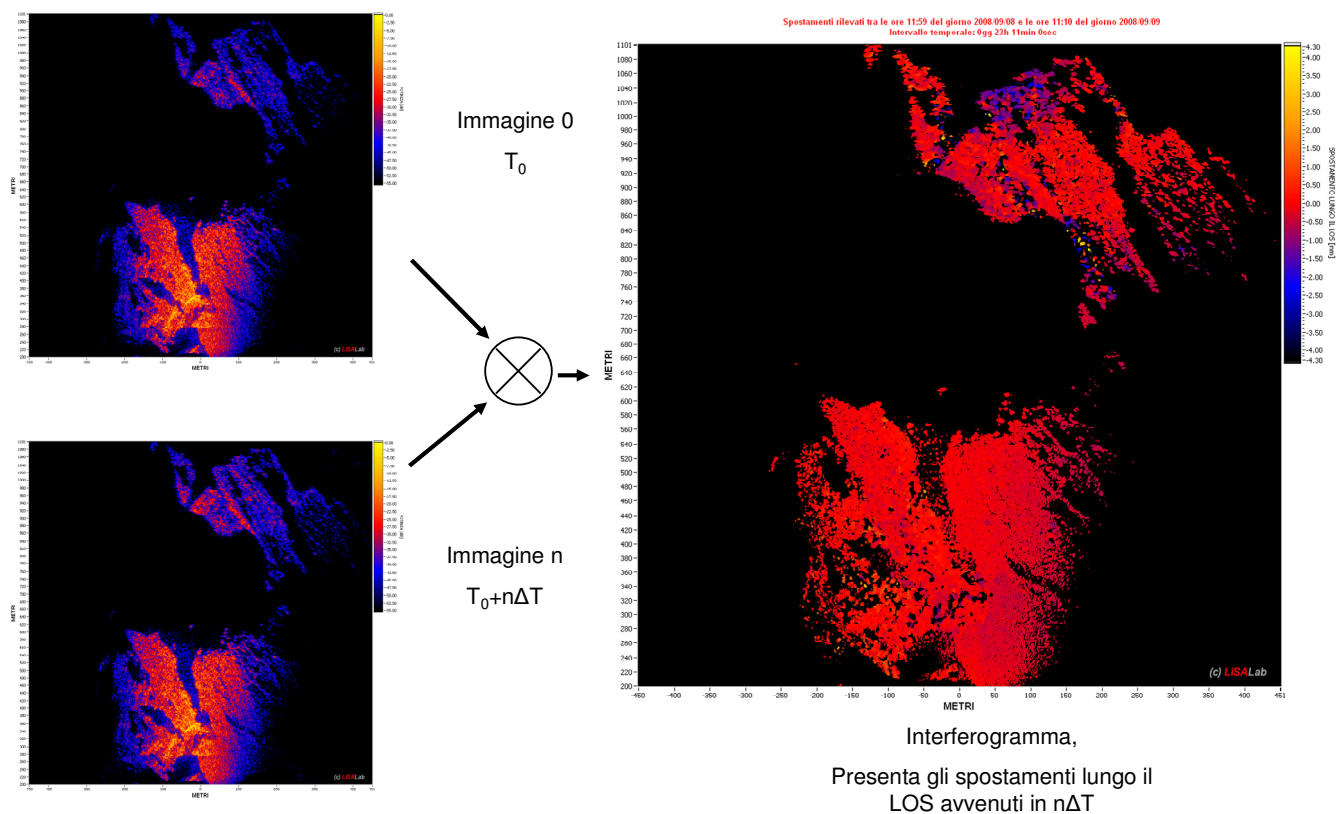


Figura 4: Schema concettuale di produzione di un interferogramma a partire da due immagini acquisite in tempi differenti T_0 e $T_0+\Delta T$, le immagini a sinistra sono immagini in potenza GBInSAR LiSalab.

Nell'assunzione che anche le varie ipotesi riguardo l'influenza degli effetti dielettrici siano verificate, il valore di fase di ogni pixel dell'interferogramma risultante è direttamente legato allo spostamento relativo, lungo la linea di vista del sistema (LOS), della porzione di terreno corrispondente alla cella secondo la relazione seguente:

$$\Delta\phi_s = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta S$$

dove ΔS è lo spostamento, $\Delta\phi_s$ è la fase dell'interferogramma e λ la lunghezza d'onda a cui si osserva.

Le scale colorate che solitamente accompagnano gli interferogrammi (se i risultati sono visualizzati in fase) o le mappe di deformazione (se i risultati sono visualizzati in millimetri) identificano gli spostamenti medi lungo la linea di vista del sensore dei pixel considerati. I valori negativi rappresentano spostamenti in avvicinamento al sistema (nel caso specifico sono spostamenti verso valle), viceversa quelli positivi rappresentano spostamenti in allontanamento dal sistema (nel caso specifico sono spostamenti verso monte).

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	11

Avendo a disposizione una serie di immagini SAR prodotte in istanti di tempo diversi ed acquisite al fine di studiare l'evoluzione temporale di un determinato fenomeno, sono generabili due tipi di sequenze di interferogrammi.

E' possibile definire un'unica immagine di riferimento e generare gli interferogrammi con tutte le immagini seguenti in modo tale che ognuno serva a misurare lo spostamento totale intercorso nel relativo intervallo di tempo (logica incrementale).

Alternativamente si può procedere alla generazione di interferogrammi tra coppie consecutive in modo da misurare l'eventuale spostamento passo – passo (logica rolling). Lo spostamento parziale misurato ad ogni passo può essere aggiunto alla sommatoria dei precedenti, ottenendo uno spostamento cumulato.

Le due sequenze devono, in generale, condurre agli stessi risultati finali, ma, relativamente ad ogni caso specifico, hanno delle peculiarità che possono far preferire l'una o l'altra.

In particolare il primo metodo può risentire di effetti di perdita di coerenza, riferendosi ad intervalli temporali più lunghi. In questo caso, gli spostamenti potrebbero essere pari ad un numero elevato di lunghezze d'onda e richiedere la procedura addizionale di *phase unwrapping* per eliminare le frange di interferenza (salti di fase) e consentire un'analisi più semplice dei risultati. È bene rilevare che la logica incrementale tende ad aumentare il rumore rispetto alla logica rolling.

Con la procedura passo – passo e scegliendo opportunamente un intervallo temporale tale per cui non si presenti il fenomeno della ciclicità della fase, si riesce a eliminare il problema della ciclicità della fase.

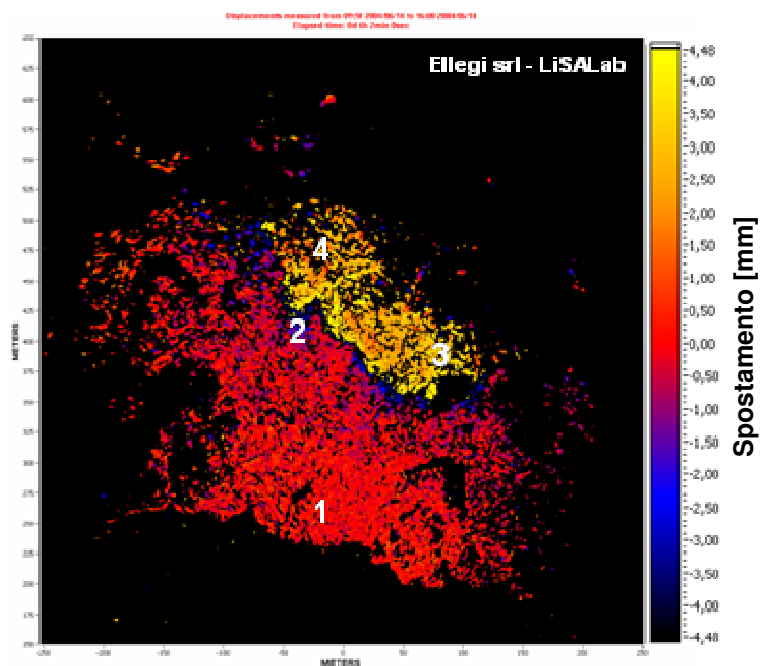
Spesso negli interferogrammi presentati, i valori di fase non sono "srotolati" e di conseguenza i valori delle deformazioni risultano affetti intrinsecamente dall'ambiguità delle misure di fase.

In Figura 5 sono presentate due mappe di deformazione della stessa area: una con valori "non srotolati", l'altra con valori "srotolati". Nel caso specifico si è scelta una mappa di deformazione con una frangia d'interferenza. Nella prima immagine (quella non "srotolata"), se lo spostamento del terreno verso l'osservatore eccede la fine della scala colorata, che passa dal rosso al blu scuro, i successivi valori delle misure ripartiranno dall'estremità opposta della scala (per la proprietà di ciclicità della fase), che passa dal colore giallo al rosso.

Accade così che dopo uno spostamento del terreno di 0.5λ , pari a 8,96 mm, i singoli pixel dell'interferogramma presenteranno di nuovo valori di fase pari a zero (colore rosso nella mappa di spostamento).

Tenendo presente questo effetto, è possibile quindi valutare e misurare il valore dello spostamento d'ogni singolo pixel contando il numero dei cicli di fase (n) e moltiplicandoli per 0.5λ (nell'esempio $n \times 8,96$ mm). Nella mappa srotolata invece si ha una corrispondenza biunivoca tra i valori degli spostamenti e la scala colorata relativa e ciò ne rende più immediata ed intuitiva la lettura.

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	12



Punto 1: area stabile, differenza di fase 0° , $n = 0$ e spostamento pari a 0 mm, è il punto di riferimento a partire dal quale contare le fasi;

Punto 2: blu scuro, equivale a una differenza di fase n pari a $-1/4\lambda$ ed uno spostamento di $\sim 2,24$ mm;

Punto 3: giallo chiaro, equivale a una differenza fase pari a $n = -1/2\lambda + 1/4\lambda$ ed uno spostamento di $\sim 8,96 + 2,24 = \sim 6,72$ mm;

Punto 4: rosso, equivale a $n = -1/2\lambda$ (prima frangia) = $\sim 8,96$ mm di spostamento.

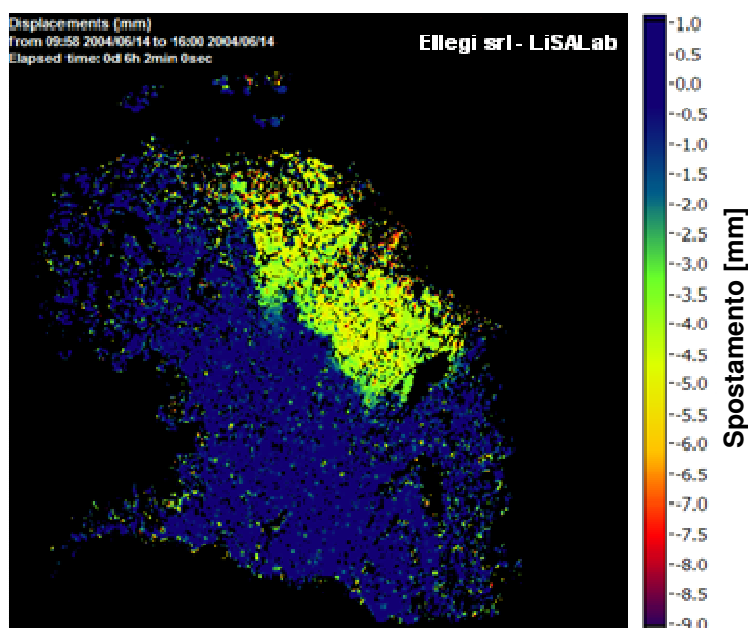


Figura 5: in alto: mappa di deformazione non "srotolata" e relativo esempio di lettura. In basso: mappa di deformazione "srotolata".

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	13

4. 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.

E' bene anche sottolineare che, diversamente dalla tecnica SAR tradizionale, la risoluzione non solo dipende dalla distanza ma ha anche una dipendenza con la posizione in azimut della cella rispetto alla collocazione del sensore. Tipicamente ci si può attendere una variazione fino al 50% della dimensione della cella.

In accordo con i parametri scelti, la risoluzione teorica in range è approssimativamente di 0,5 m, mentre quella in azimut varia tra 0,15 m e 1,60 m. La Figura 6 mostra la griglia di risoluzione utilizzata in questa campagna.

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

- Massima distanza dell'area osservata: 550 m
- Minima distanza dell'area osservata: 50 m
- Risoluzione teorica in range (costante): ~ 0,5 m
- Risoluzione teorica in azimut a 50 m: ~ 0,15 m
- Risoluzione teorica in azimut a 550 m: ~ 1,60 m

ellegi srl c.so magenta, 12 milano sede operativa via petrarca, 55 rovello porro	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della miniera di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	14

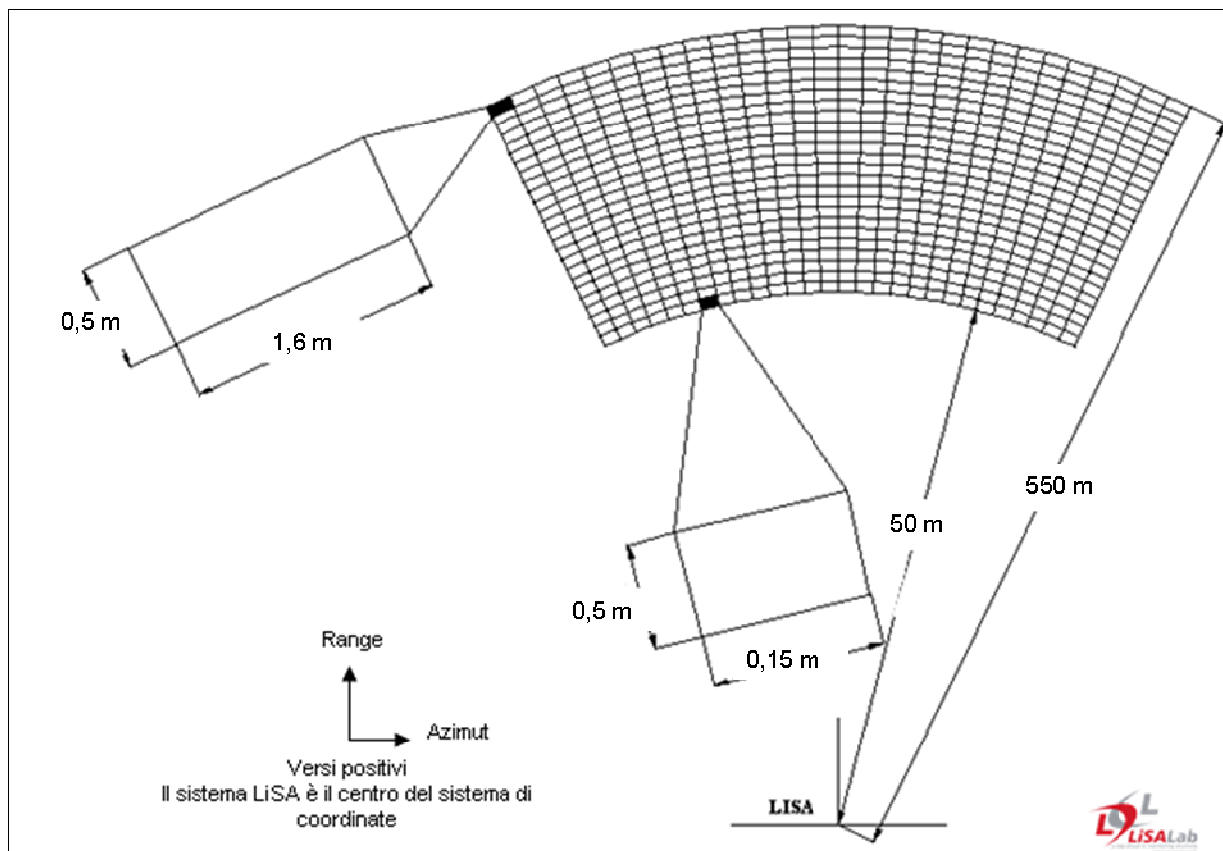


Figura 6: griglia di risoluzione del sistema GBInSAR LiSALab per la campagna in oggetto.

5. Punto di installazione del sistema GBInSAR LiSALab

In Figura 7 il triangolo bianco individua la posizione della postazione di misura sul DEM della miniera. Per poter operare correttamente, il sistema GBInSAR LiSALab necessita di un punto di installazione con i seguenti criteri:

- buona visuale della zona da monitorare;
- la postazione deve essere in un punto assolutamente stabile e non soggetto a sua volta a movimenti;
- distanza media dall'area da monitorare non eccessiva per non perdere in risoluzione spaziale;
- migliore linea di osservazione (LOS) possibile del fenomeno.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	15

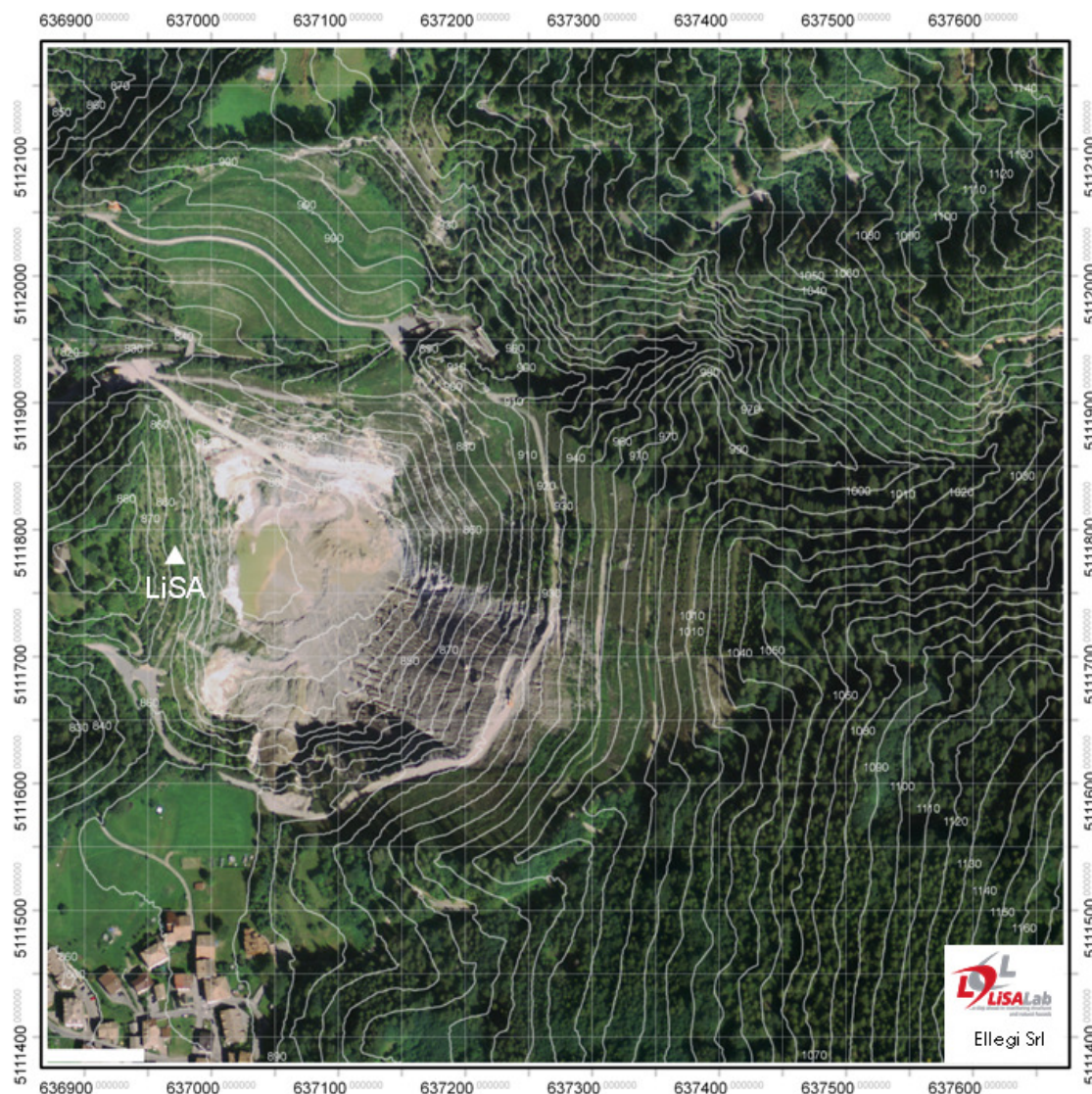


Figura 7: DEM della miniera con evidenziato il punto di installazione del sistema GBInSAR LiSALab (triangolo bianco).

Il sistema GBInSAR LiSALab è stato installato nella stessa postazione precedentemente utilizzata nelle vecchie campagne di acquisizione che è posta frontalmente e centralmente rispetto alla parete della miniera.

La postazione risulta essere ad una quota di circa 859 m s.l.m. Il fondo della miniera si trova a circa 790 m s.m. e la sua estremità superiore a circa 1050 m s.m. Quindi la postazione di misura del sistema LiSALab dista in linea d'aria dal fondo e dall'estremità superiore della miniera 180 m e 450 m circa.

Il sistema è stato installato sull'apposito piedistallo predisposto nelle campagne precedenti opportunamente modificato per accogliere il nuovo sistema attualmente in uso alla Ellegi Srl. Il Cliente ha provveduto alla sistemazione dell'area circostante ed alla riparazione della tettoia per proteggere

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	16

by ellegi srl

ulteriormente la strumentazione da eventuali precipitazioni atmosferiche. In Figura 8 è mostrata la postazione del sistema (aprile 2014).

La campagna di misura si è svolta dal 10 al 17 aprile 2014. Il sistema ha funzionato senza interruzioni acquisendo immagini ogni 3 minuti circa a partire dalle ore 09:59 del giorno 10 aprile fino alle ore 09:11 del giorno 17 aprile 2014.



Figura 8: Postazione di misura del sistema GBInSAR LiSALab.

6. Analisi degli spostamenti misurati nel corso della campagna di misura di Aprile 2014

In questa sezione saranno analizzati i risultati ottenuti nella campagna di misura attuale, effettuata dal 10 al 17 aprile 2014 presso la cava di Giustino (TN) per monitorare e rilevare l'eventuale presenza di spostamenti che hanno avuto luogo all'interno di questo periodo di misura.

I risultati sono presentati come una sequenza di mappe di spostamento cumulate in due dimensioni prodotte con la logica incrementale (intervallo di osservazione crescente a partire sempre da una stessa immagine di riferimento).

La scelta di produrre mappe di spostamento cumulate è dipesa dall'esigenza di eliminare il fenomeno dell'arrotondamento di fase (phase wrapping).

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	17

Elaborazione dei risultati della campagna di aprile 2014

In questo paragrafo si analizzano i risultati prodotti dal confronto tra le misure effettuate dal 10 aprile al 17 aprile 2014.

Un'immagine SAR in potenza della miniera, acquisita dal sistema GBInSAR LiSA nella campagna di misura attuale, è raffigurata in Figura 9.

Essa mostra la mappa dell'energia riflessa dagli oggetti presenti nella scena osservata, relativizzata al massimo segnale riflesso misurato. L'unità di misura utilizzata è il dB.

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

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	18

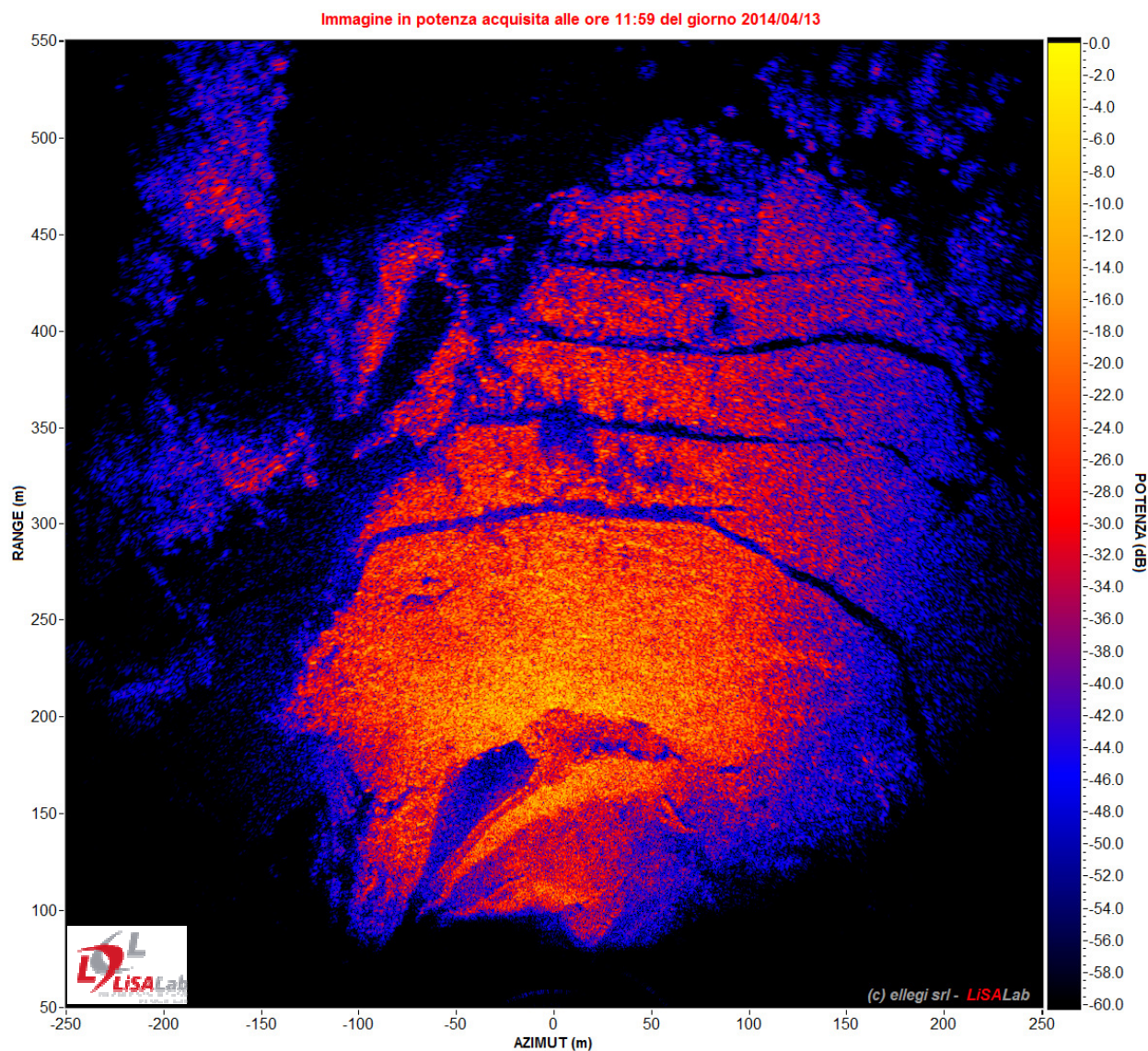


Figura 9: Immagine SAR in potenza in 2D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSA.

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 riassorbire le distorsioni caratteristiche delle immagini 2D, se si dispone di un DEM dello scenario osservato è possibile produrre un’immagine SAR tridimensionale.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	19

In Figura 11 è presentata la rappresentazione tridimensionale dell'immagine in potenza di Figura 9, non distorta e proiettata sul DEM dello scenario osservato, in Figura 11 ne è invece presentata una rappresentazione in pianta.

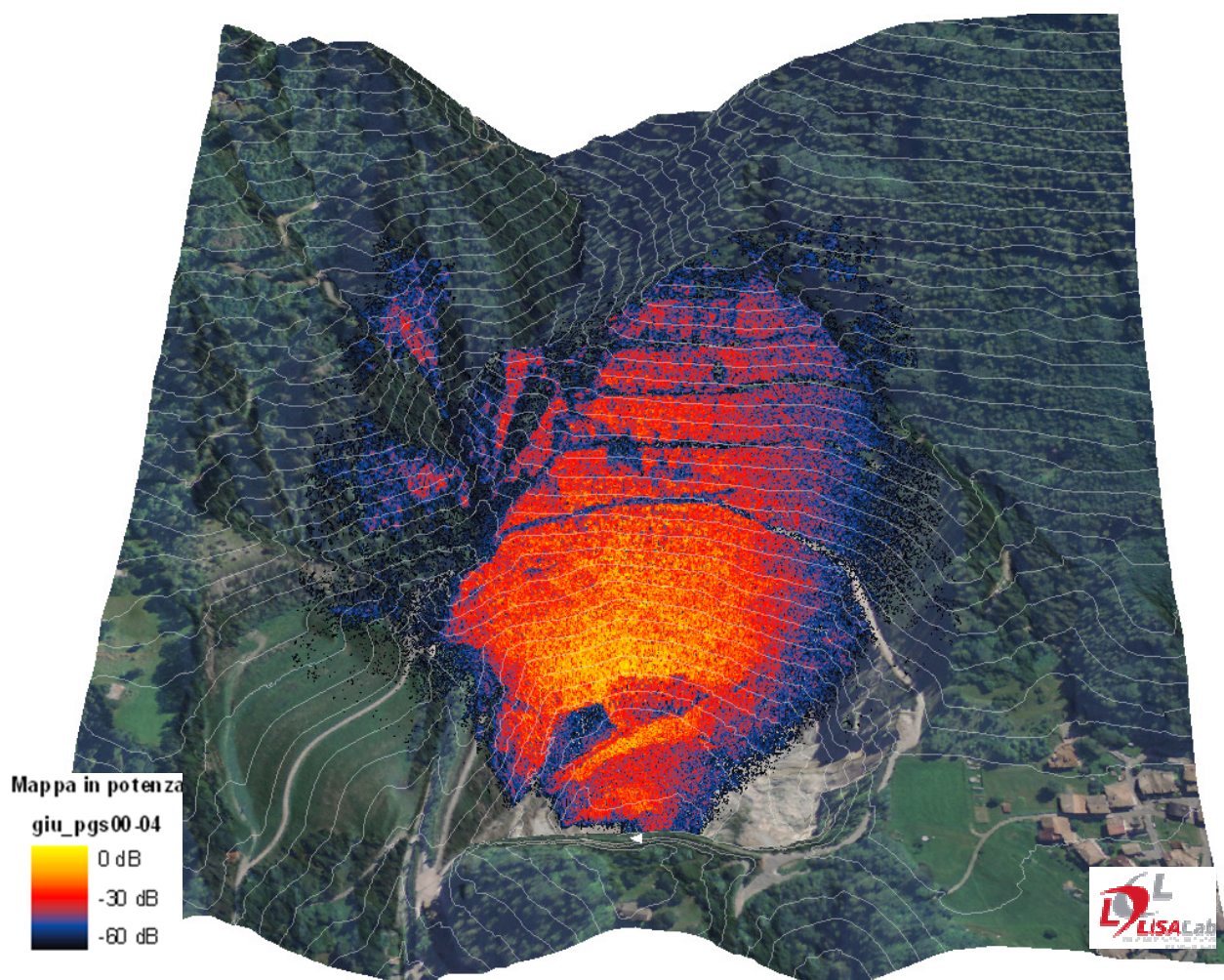


Figura 10: Immagine SAR in potenza in 3D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSA.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	20

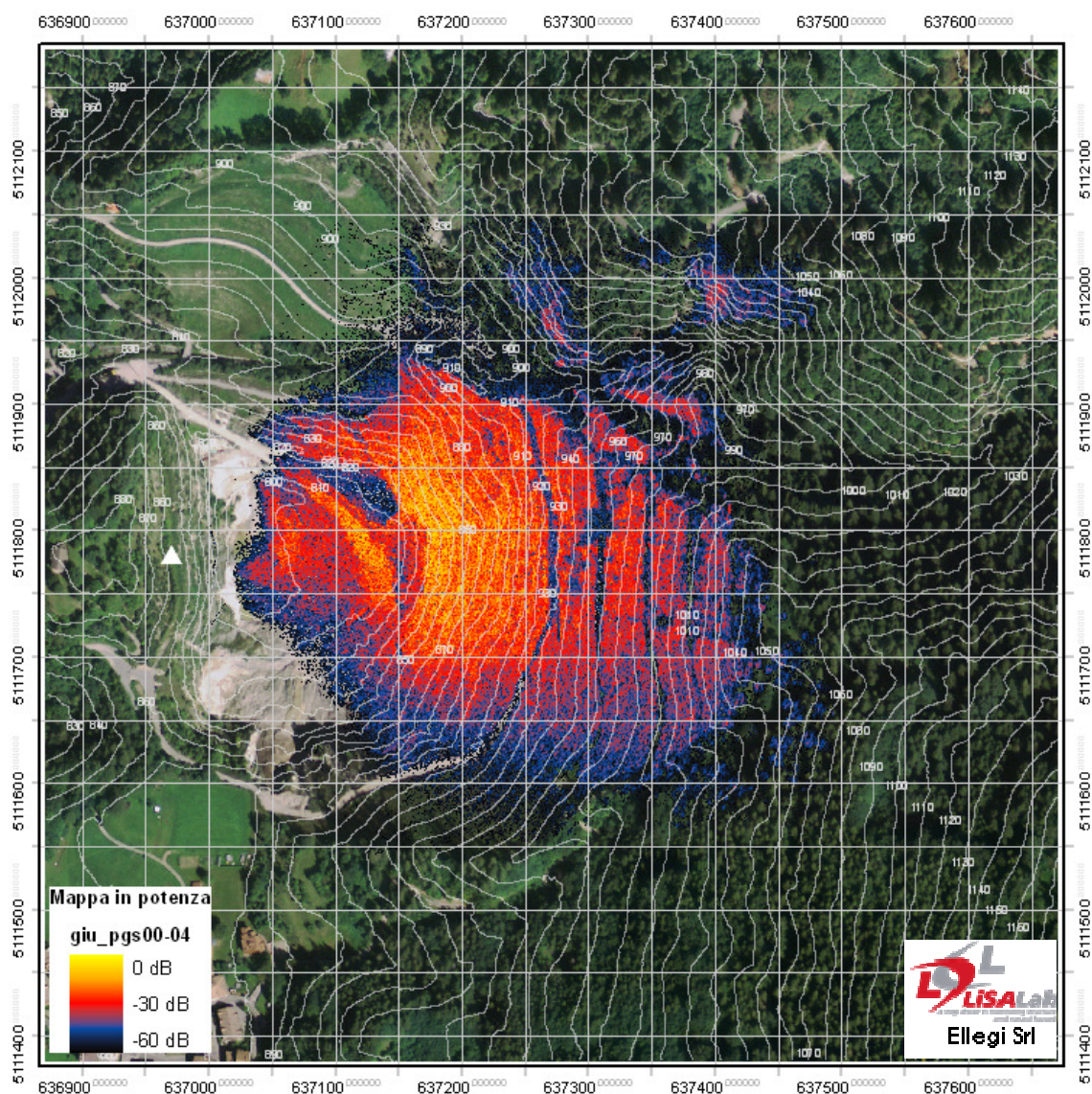


Figura 11: Immagine SAR in potenza in 3D dello scenario osservato dal sistema GBInSAR LiSA, vista in pianta.

Mappe di spostamento, sequenza incrementale: 10 aprile - 17 aprile 2014

In questa sezione sono presentate le mappe di spostamento della miniera, prodotte analizzando i dati ottenuti durante la campagna di misura attuale (10 aprile - 17 aprile 2014), a copertura di un intervallo temporale totale di 7 giorni circa. Tali mappe di spostamento servono ad evidenziare le regioni in movimento e ad individuare comportamenti o anomalie locali che interessano il fronte della cava.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	21

by ellegi srl

Le mappe possono essere lette utilizzando la barra colorata posta sul fianco sinistro di ciascuna mappa, che associa ad ogni colore un valore di spostamento. Valori positivi sono spostamenti in allontanamento dal sistema mentre, al contrario, valori negativi sono spostamenti in avvicinamento. Con la scala utilizzata in questa sequenza di immagini il colore verde indica spostamenti nulli e quindi zone ferme o stabili nell'intervallo di misura considerato, mentre i massimi valori di spostamento sono contraddistinti da colore viola.

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 delle misure o, nei casi peggiori, nell'impossibilità della misurazione stessa. Per ottenere valori accettabili nella precisione delle misure degli spostamenti estrapolate dalle mappe di spostamento, queste ultime vengono spesso prodotte mascherando le zone che hanno una coerenza troppo bassa, e quindi risulta evidente come le mappe di spostamento relative ad intervalli temporali più brevi contengano un maggior numero di punti non mascherati in coerenza.

Si è inoltre ritenuto efficace l'utilizzo di immagini mediate a ventiquattro ore per incrementare il rapporto segnale rumore delle misure effettuate e di conseguenza la precisione delle stesse eliminando o riducendo le influenze di fenomeni di disturbo quali ad esempio dilatazioni termiche giornaliere o movimenti caotici della vegetazione.

Le 7 mappe di spostamento presentate di seguito (Figura 12 -Figura 18) mostrano le deformazioni rilevate ad intervalli di osservazione crescenti, con un passo incrementale dell'intervallo di osservazione di circa ventiquattro ore.

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

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	22

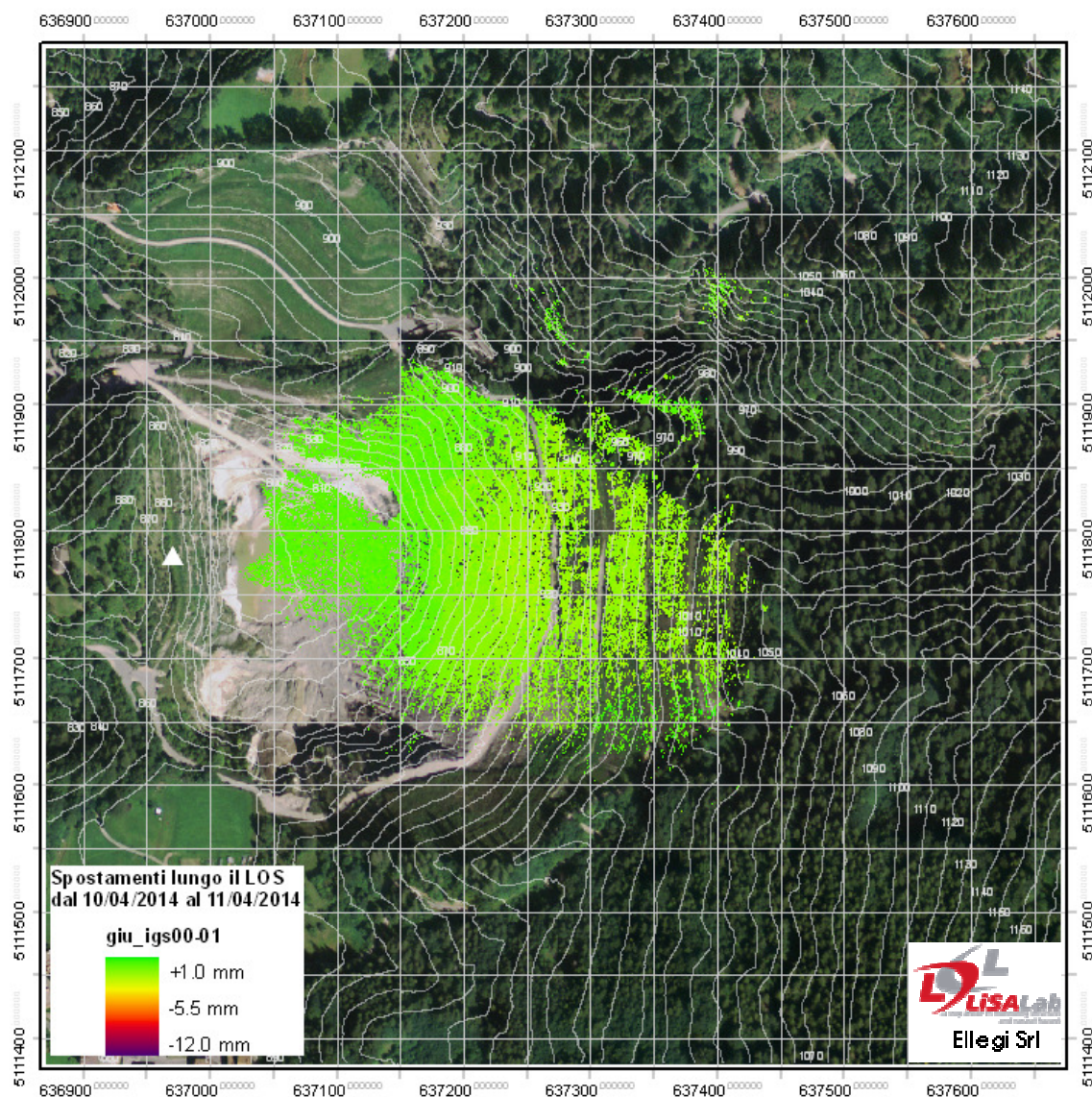


Figura 12: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra il 10 aprile e l'11 aprile 2014, intervallo 19 ore e 1 minuto.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	23

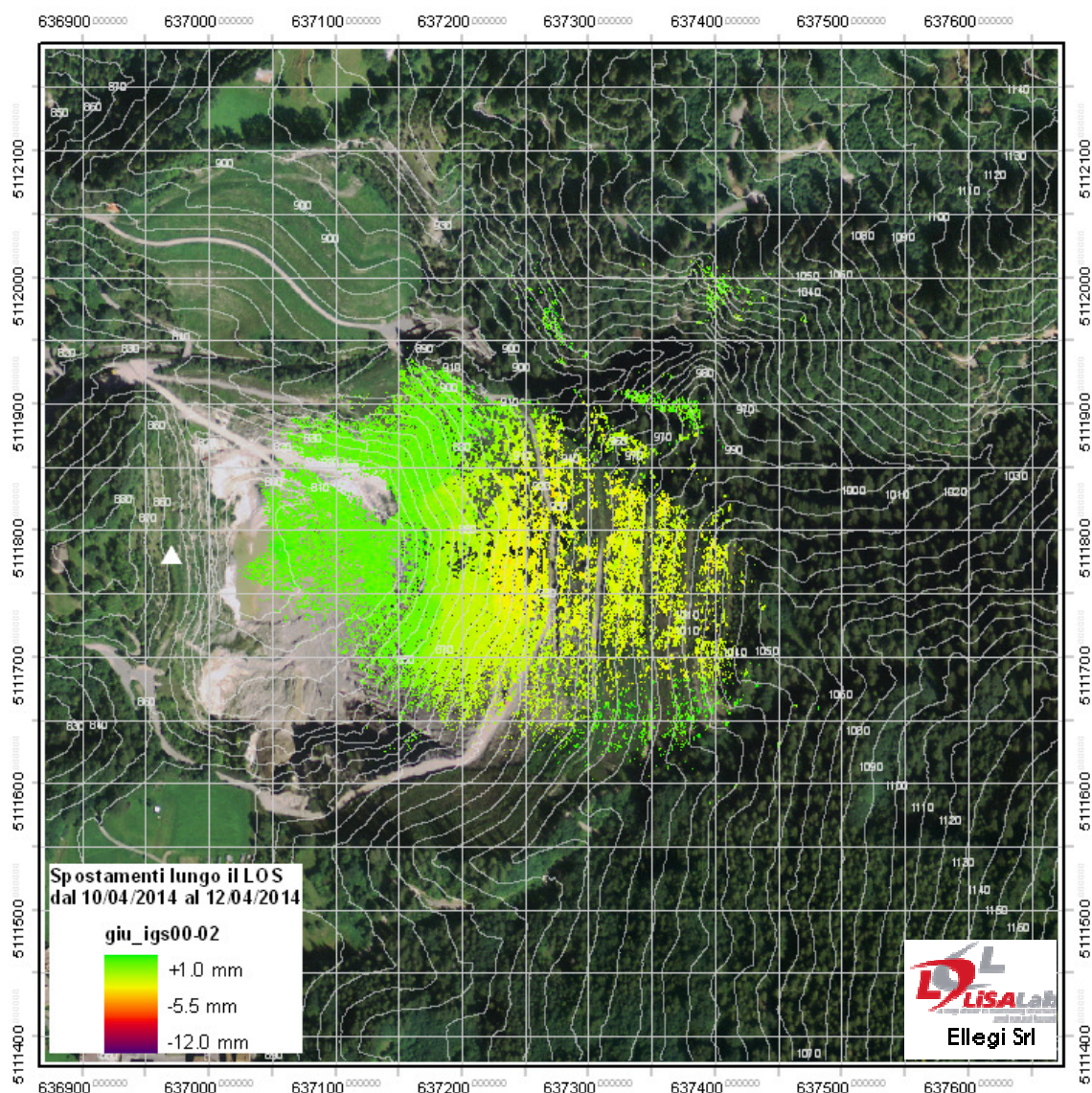


Figura 13: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra il 10 aprile e il 12 aprile 2014, intervallo 1 giorno, 19 ore ,1 minuto.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	24

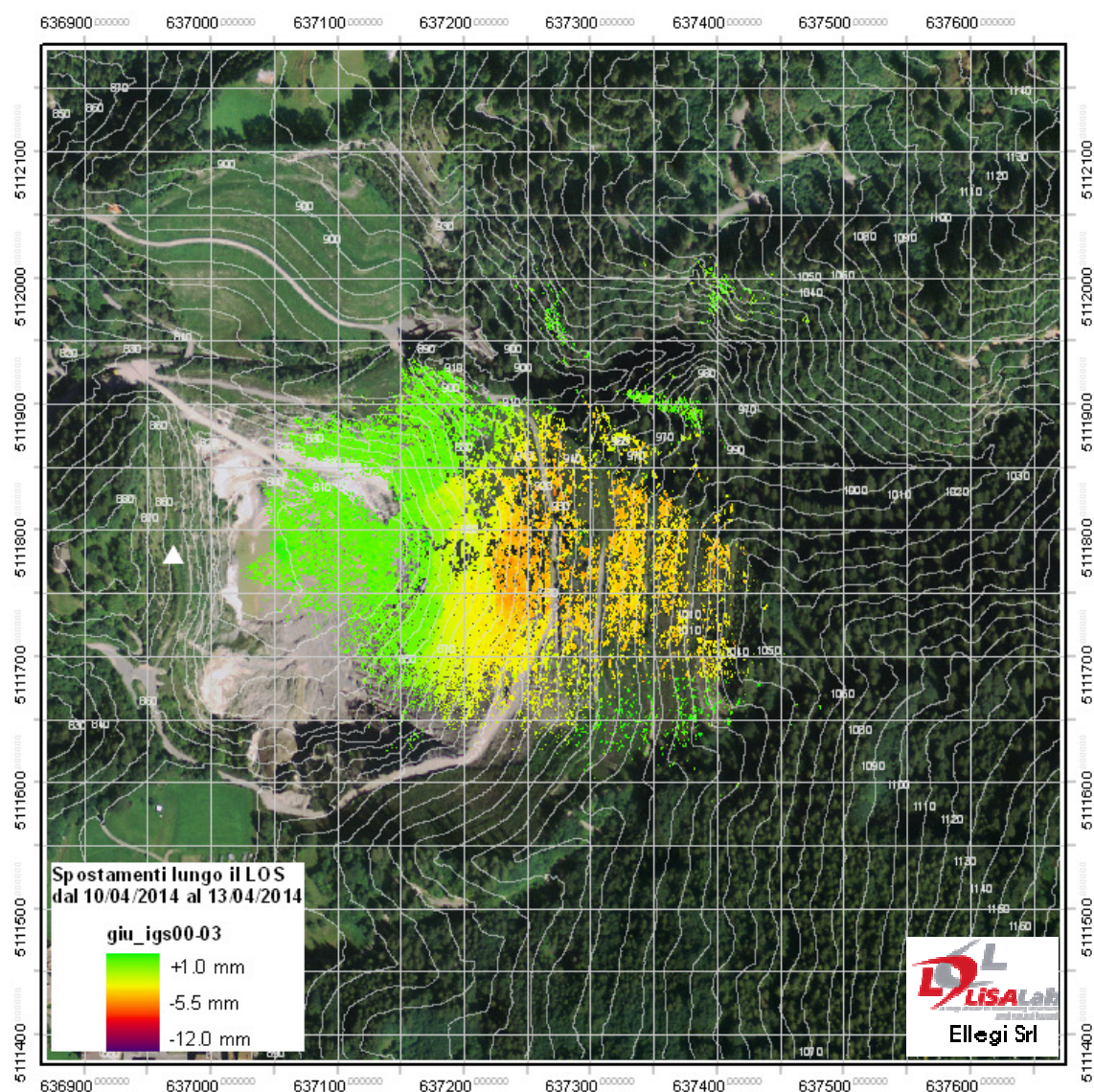


Figura 14: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra il 10 aprile e il 13 aprile 2014, intervallo 2 giorno, 19 ore, 1 minuto.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	25

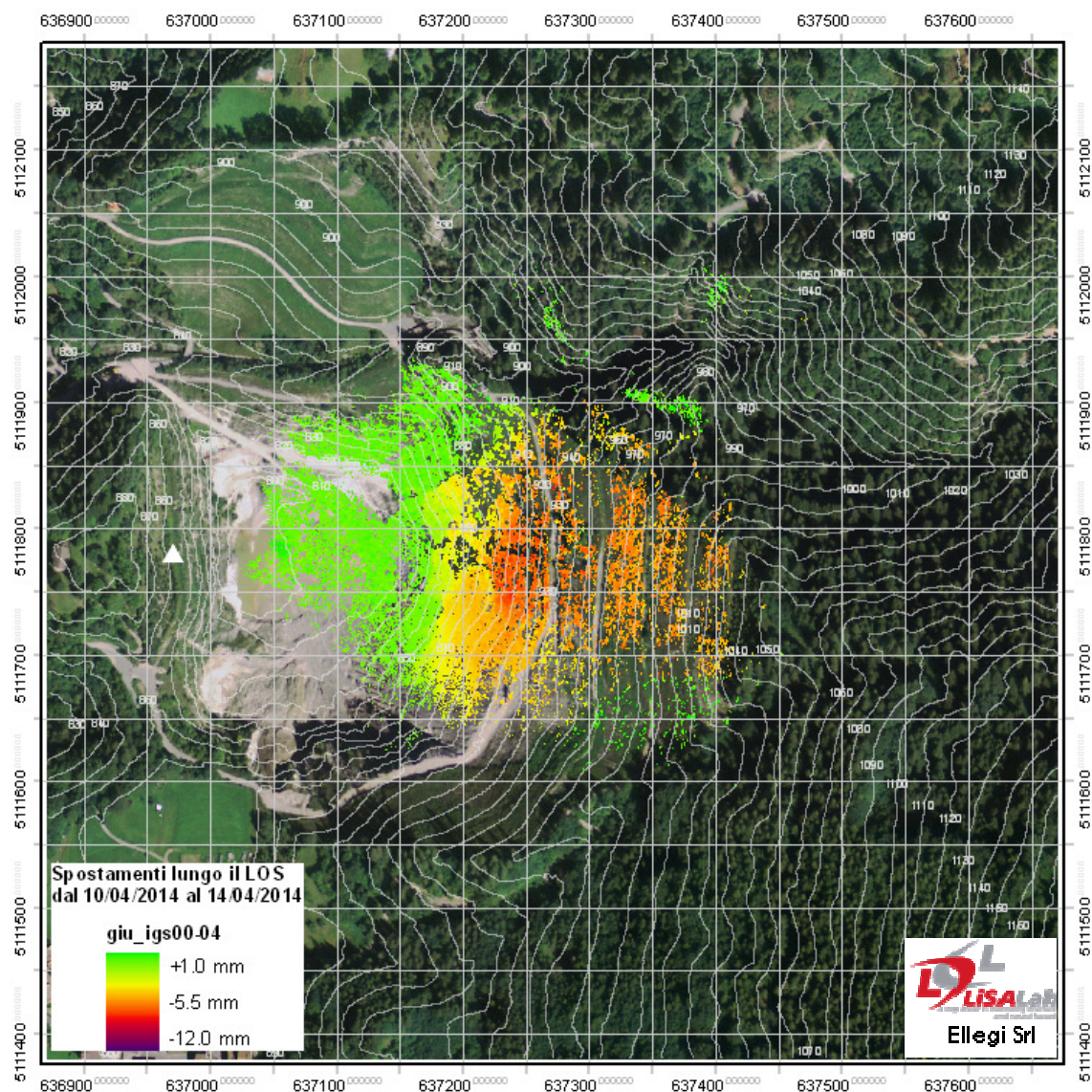


Figura 15: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra il 10 aprile e il 14 aprile 2014, intervallo 3 giorni, 19 ore e 2 minuti.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	26

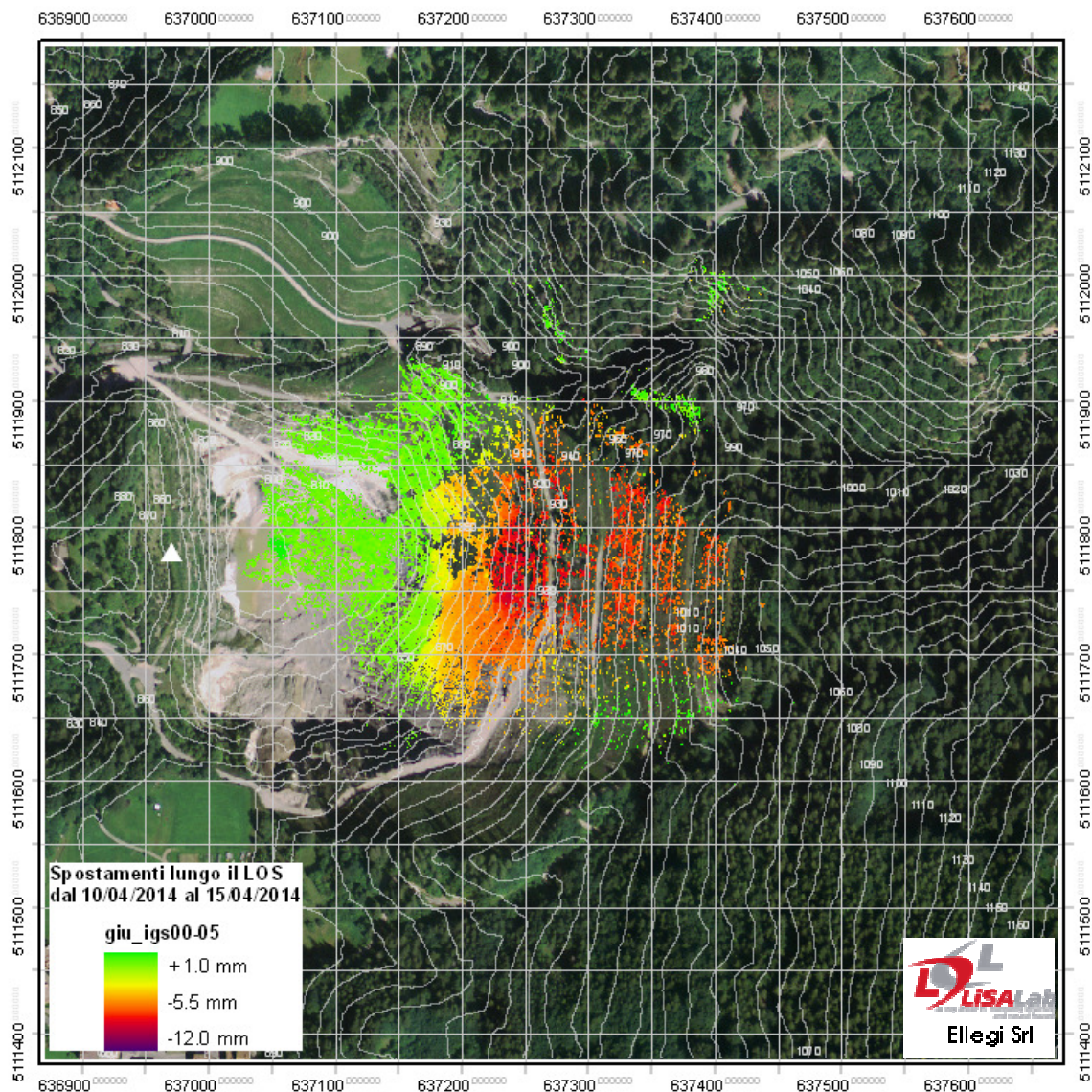


Figura 16: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra il 10 aprile e il 15 aprile 2014, intervallo 4 giorni, 19 ore e 1 minuto.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	27

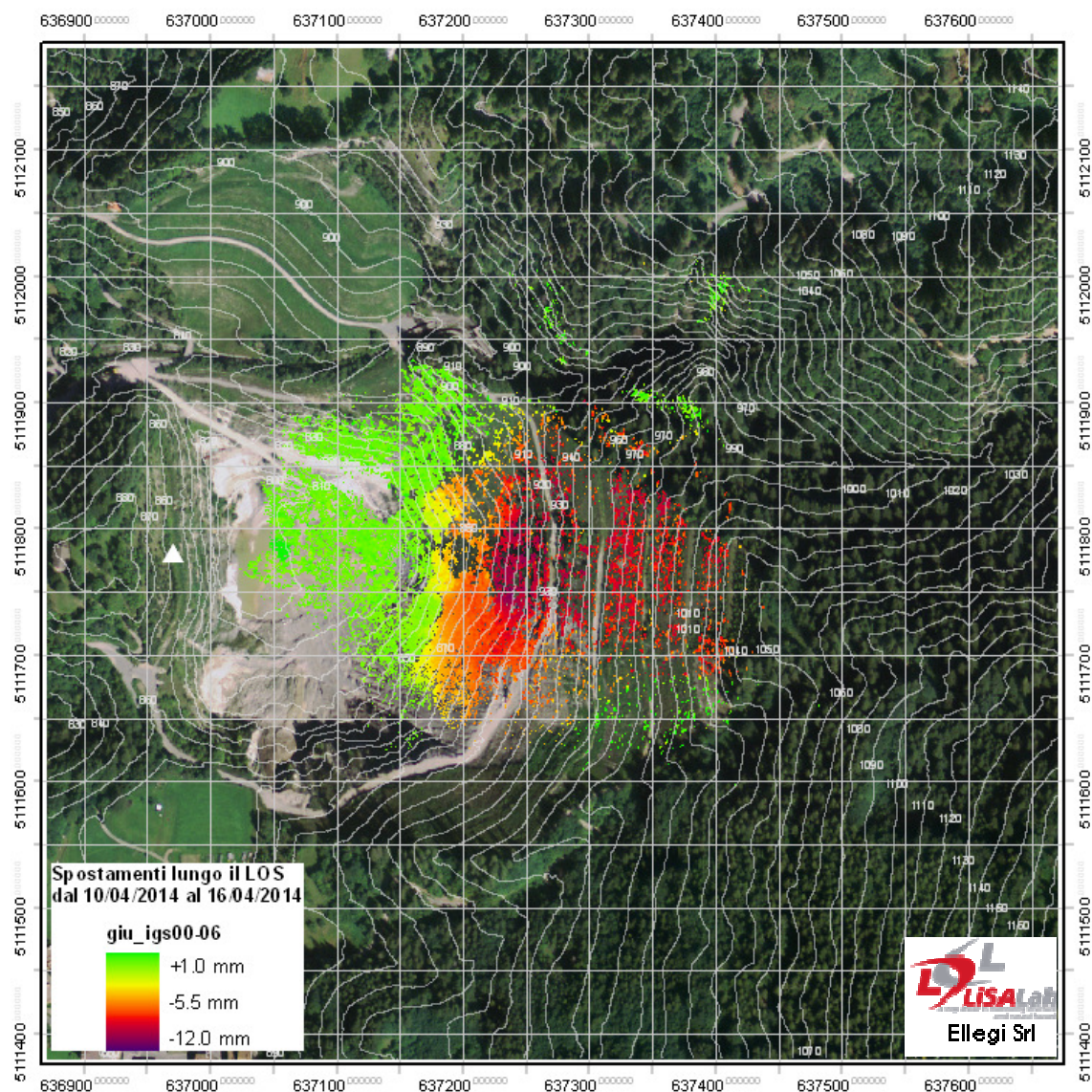


Figura 17: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra 10 aprile e il 16 aprile .2014, intervallo 5 giorni, 19 ore e 0 minuti.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	28

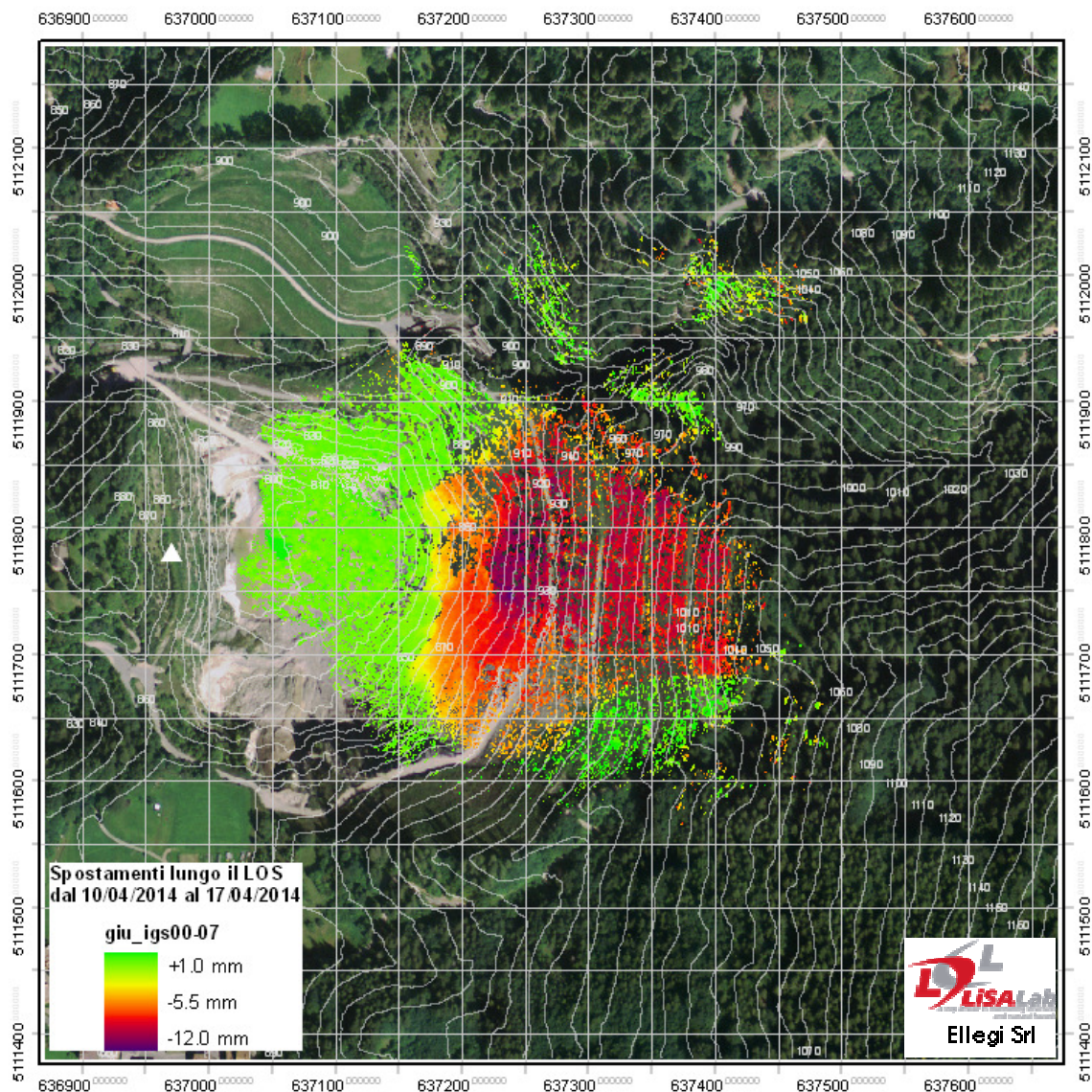


Figura 18: Mappa di spostamento relativa agli spostamenti misurati tra 10 aprile e il 17 aprile 2014, intervallo 6 giorni, 11 ore e 37 minuti.

Osservando la precedente sequenza di mappe di spostamento si può notare che:

- In quasi tutta l'area osservata siamo in presenza di spostamenti molto ben delineati. Questo comportamento permette (delimitazione netta tra aree con diverse velocità) di mettere in evidenza il passaggio tra aree sostanzialmente stabili nell'arco di tempo considerato e quelle soggette a movimento.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	29

by ellegi srl

- Non siamo in presenza di forti fenomeni di decorrelazione e ciò ha permesso di avere dei dati di qualità per le opportune analisi.
- Le regioni alla sinistra dell'immagine, che corrispondono alla piazzale di cava e alle parti basali della scarpata, risultano stabili. In coordinate radar l'area appena descritta si estende all'incirca dai 50 m ai 190 m in range e dai -125 m ai +190 m in azimuth.
- Salendo lungo la scarpata fortemente incisa a quota circa 830 m s.l.m. quindi a circa 20 m dal piazzale si è in presenza di una transizione netta tra aree stabili (parti più basse) e instabili (parti superiori). In coordinate radar l'area appena descritta si estende all'incirca dai 190 m ai 260 m in range e dai -50 m ai +150 m in azimuth.
- Dal limite sopra descritto, si ha una netta variazione positiva nelle velocità che aumentano salendo di quota, per arrivare al loro massimo a quota 890 m. Tali valori che risultano i più elevati di tutto lo scenario osservato (fino a -12 mm), tendono a mantenersi stabili fino a 940 m, per poi decrescere a -8 mm sostanzialmente fino al limite di osservazione. E' possibile notare come nella parte alta dell'immagine la zona in movimento presenta un limite netto con la parte ferma (colore verde). Il limite coincide con un leggero solco visibile ad occhio nudo. Osservando la parte bassa alta dell'immagine nella zona a quote da 930 m a 1040m è molto ben visibile un passaggio netto tra zone completamente ferme e zone in elevato movimento. Anche in questo caso siamo in presenza di una evidenza morfologica netta contraddistinta da un gradino che corre lungo il prato sommitale. In coordinate radar l'area appena descritta si estende all'incirca dai 250 m ai 470 m in range e dai -60 m ai +100 m in azimuth.

Mappa di zonazione

La mappa in tre dimensioni degli spostamenti cumulati di Figura 19 rappresenta gli spostamenti misurati tra il 10 aprile ed il 17 aprile 2014, a copertura di un intervallo d'osservazione di **7 giorni circa**, ed è proiettata su di un DEM della cava.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	30

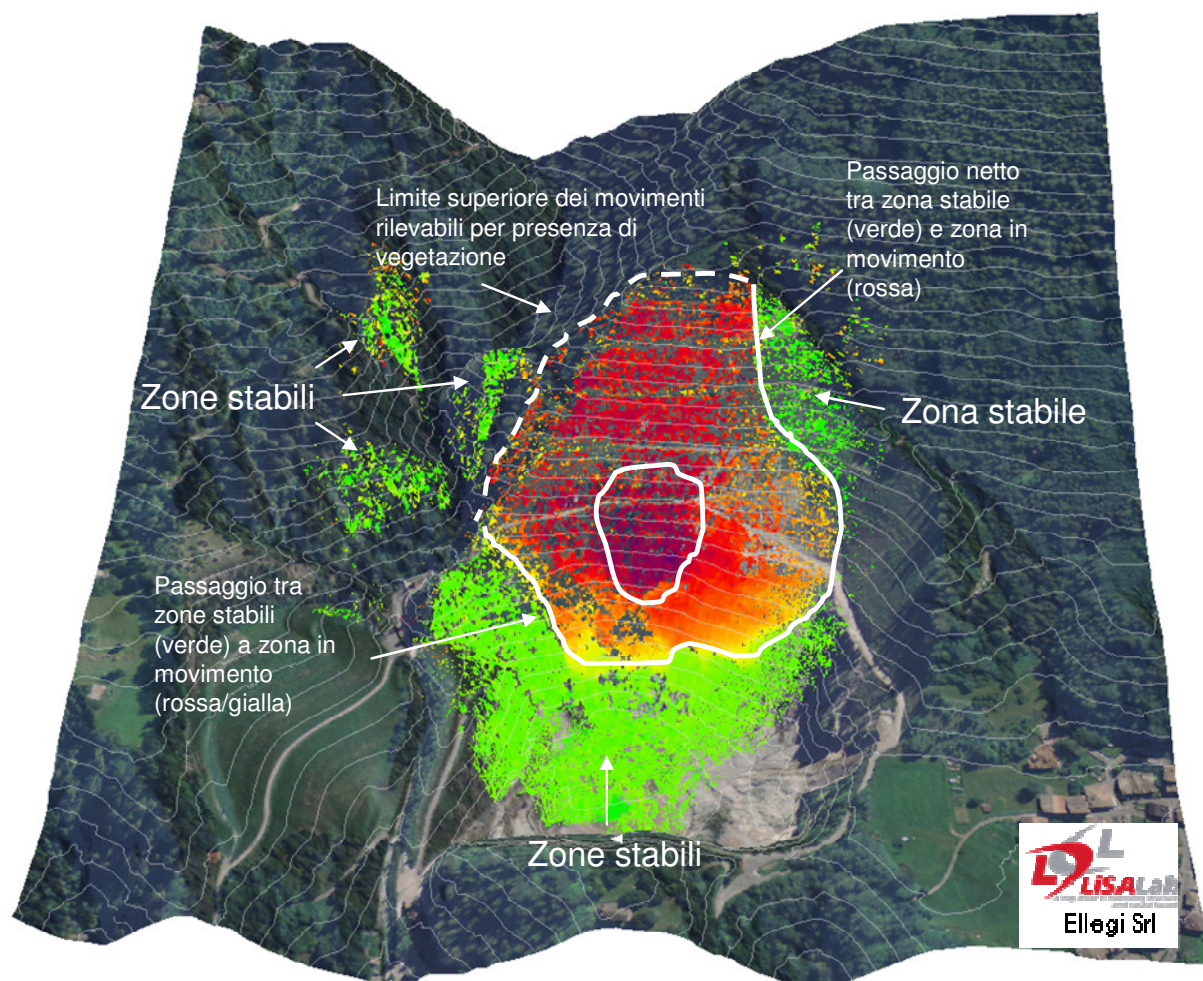


Figura 19: Mappa degli spostamenti cumulati proiettata su DEM tra il 10 aprile ed il 17 aprile 2014 (7 giorni circa)

Sulla mappa degli spostamenti cumulati di Figura 19, sono state evidenziate le regioni stabili (che in questo caso sono colorate di verde), la piccola regione centrale dove sono stati misurati gli spostamenti maggiori è caratterizzata da una colorazione viola. Dall'analisi di questa mappa si può osservare che:

- La regione in movimento è spazialmente ben definita, ed in Figura 19 è delimitata dalle linee bianche che la separano dalle regioni stabili;
- La distribuzione spaziale degli spostamenti misurati all'interno della regione in movimento mostra che gli spostamenti maggiori (identificati dalle tonalità viola è pari a circa 10-12 mm in 7 giorni) si trovano nella sua parte centrale, presentando un limite netto a valle con aree più lente e un gradiente verso monte;

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	31

- L'area alla posizionate alla sommità del versante sulla sinistra idrografica della regione in movimento, presenta un comportamento stabile (colore verde) con un netto passaggio tra regioni ferme e regioni in movimento;
- alla base dell'area in movimento i passaggi tra regioni stabili e regioni in movimento è più graduale come ad indicare una maggior capacità del versante nell'opporsi alle deformazioni;
- Il limite dell'area in movimento posto alla sommità superiore ed alla destra idrografica del versante è tratteggiato in quanto la presenza di vegetazione rende difficile una precisa individuazione del limite tra aree in movimento ed aree stabili.

Analisi quantitativa

Per migliorare la comprensione del fenomeno, è stata effettuata una analisi puntuale di tipo quantitativo. Si sottolinea che i risultati di questo tipo di analisi sono però estremamente soggetti ad effetti locali. Infatti, esiste una differenza tra l'analisi di un fenomeno su larga scala e la sua analisi puntuale.

Se viene scelta una zona molto grande, lo spostamento calcolato è una sorta di contributo medio di ogni pixel della stessa e, nel caso di pixel affetti da rumore, essi possono cambiare minimamente il risultato globale. Allo stesso tempo, però, questi risultati possono avere una scarsa relazione fisica con lo spostamento reale, specialmente nel caso di gradiente elevato nell'area analizzata.

D'altra parte, nel caso della selezione di un singolo pixel, il valore può essere molto rappresentativo del suo movimento ma può essere facilmente molto soggetto a rumore e al contributo degli effetti locali i quali possono modificarne di molto i risultati.

Per omogeneità con le misure eseguite nelle campagne precedenti sono stati utilizzati gli stessi criteri di analisi utilizzando gli stessi punti di interesse.

Sono stati scelti un punto fermo di riferimento (P1) e quattordici punti rappresentativi (P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14 e P15). La Tabella 1 riporta i punti rappresentativi selezionati e le loro coordinate, congruenti con la topografia utilizzata.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	32

Punto	X	Y	Quote		Punto	X	Y	Quote
P1*	637269	5111965	940		P9	637307	5111809	954
P2	637153	5111797	808		P10	637364	5111815	993
P3	637177	5111798	833		P11	637320	5111844	962
P4	637199	5111800	856		P12	637267	5111856	923
P5	637218	5111802	871		P13	637214	5111851	886
P6	637238	5111804	892		P14	637174	5111848	853
P7	637254	5111805	911		P15	637151	5111845	828
P8	637285	5111808	937		-	-	-	-

Tabella 1: Punti rappresentativi selezionati e loro coordinate

Il punto P1 appartiene ad una regione stabile.

I punti da P2 a P10 appartengono ad una stessa sezione, e sono stati scelti per osservare il comportamento delle deformazioni lungo appunto tale sezione, che ha azimuth pari a 0.

Il punto P11 è stato scelto perché appartiene alla regione caratterizzata dagli spostamenti maggiori.

Infine, i punti da P12 a P15 appartengono ad una seconda sezione che passa per le aree con gli spostamenti più marcati.

In Figura 20 è presentata una mappa della cava con evidenziate le posizioni dei punti scelti per questa analisi quantitativa.

Si ricorda ancora una volta che tutti gli spostamenti misurati sono da intendersi lungo la direzione di osservazione (LOS) del sistema, ossia la direzione che si ottiene congiungendo il sistema al particolare punto osservato, e che sono espressi in mm.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	33

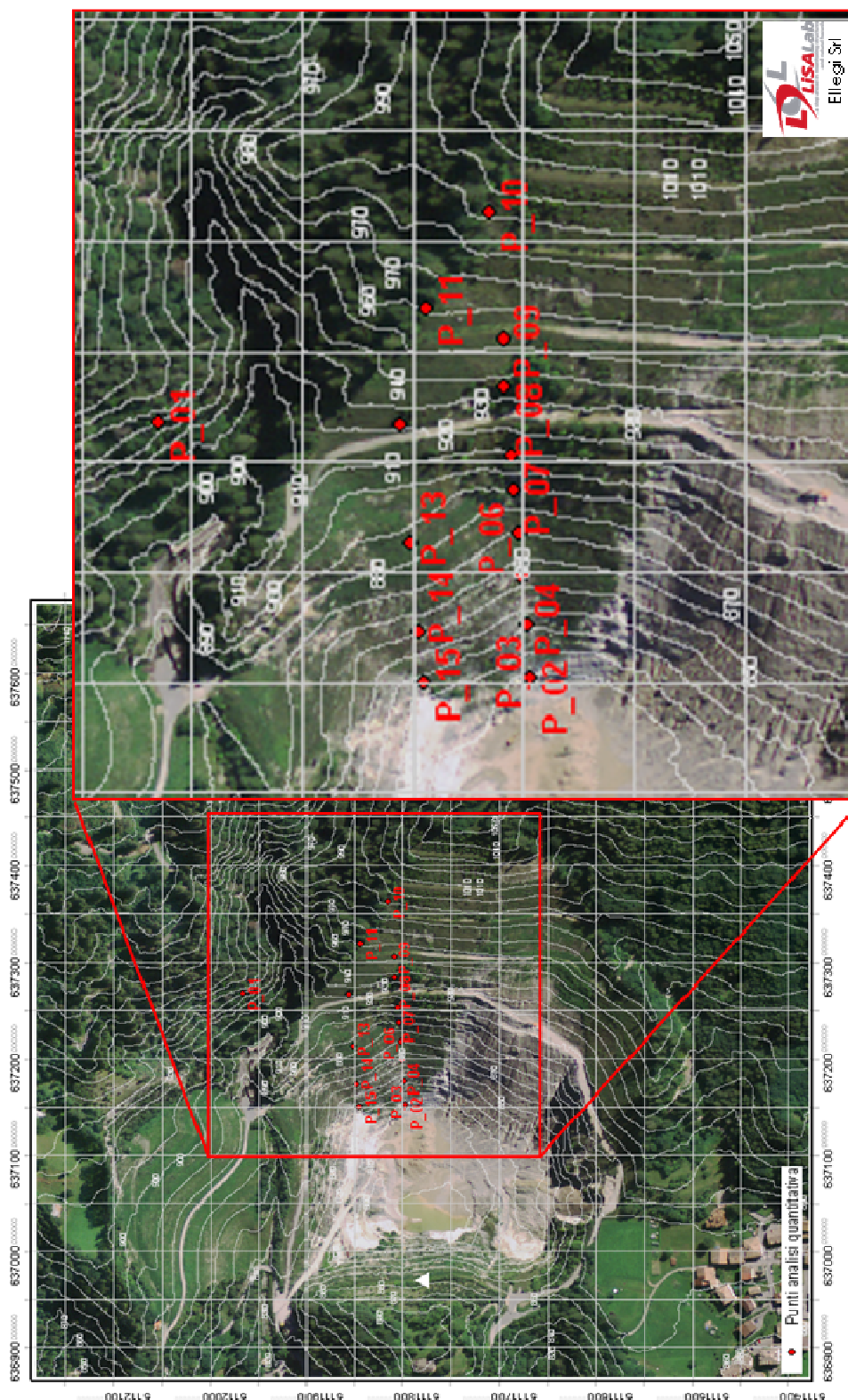


Figura 20: Mappa della miniera con le posizioni dei punti scelti per l'analisi quantitativa.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	34

by ellegi srl

Questa analisi quantitativa è stata svolta utilizzando le immagini mediate a otto ore, e procedendo con passi incrementali di ventiquattro ore circa, fino a coprire un intervallo d'osservazione pari a circa tredici giorni (dal 10/04/2014 al 17/04/2014).

Nei grafici che seguono sono riportati i valori degli spostamenti misurati nel punto P1 (Figura 21), nei punti della sezione L1 (punti da P2 a P6, Figura 22, e punti da P7 a P10, Figura 23), nel punto P11 (Figura 24) e nei punti della sezione L2 (punti da P12 a P15 - Figura 25).

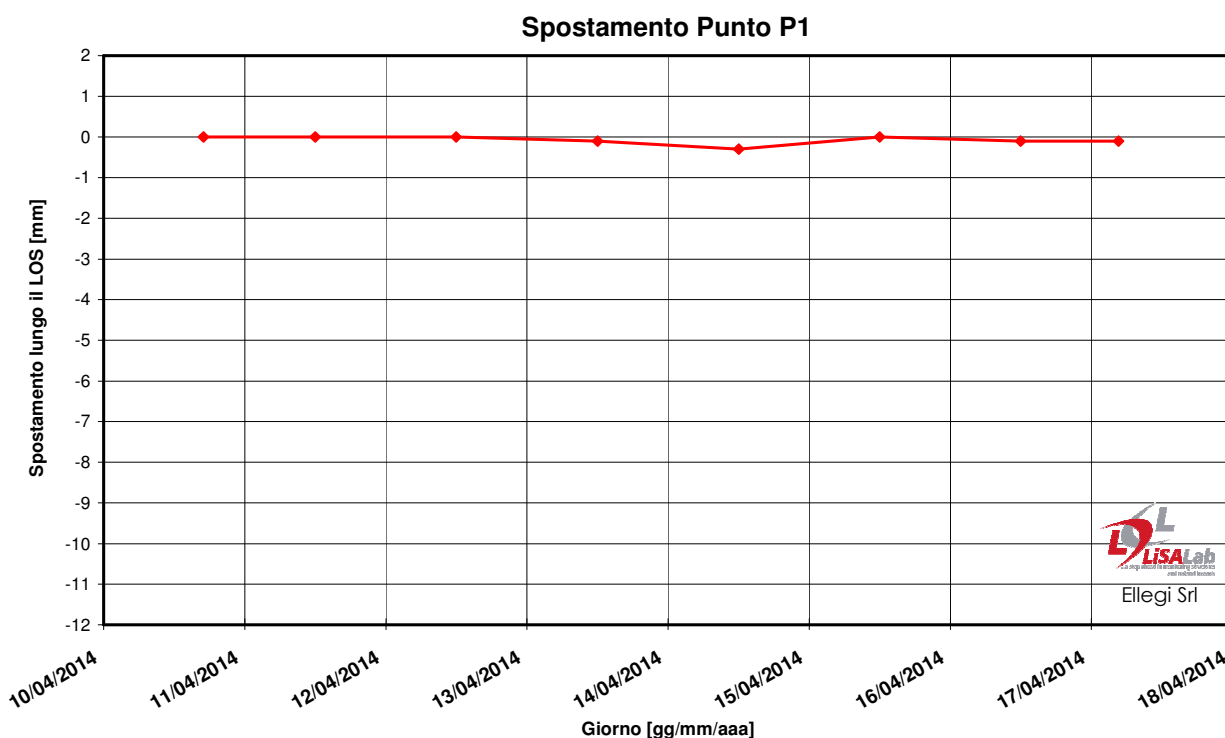


Figura 21: Grafico degli spostamenti lungo il LOS del punto P1 per l'analisi quantitativa.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	35

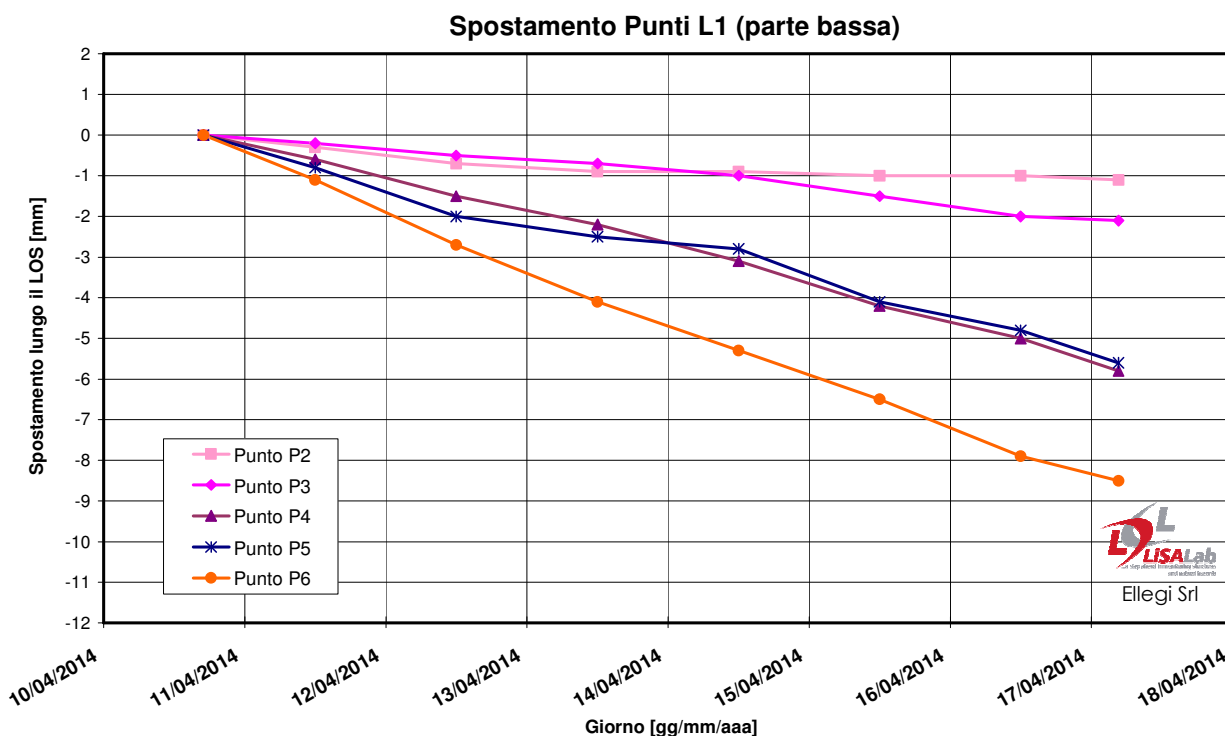


Figura 22: Grafico degli spostamenti lungo il LOS dei punti della sezione L1 (parte bassa) per l'analisi quantitativa.

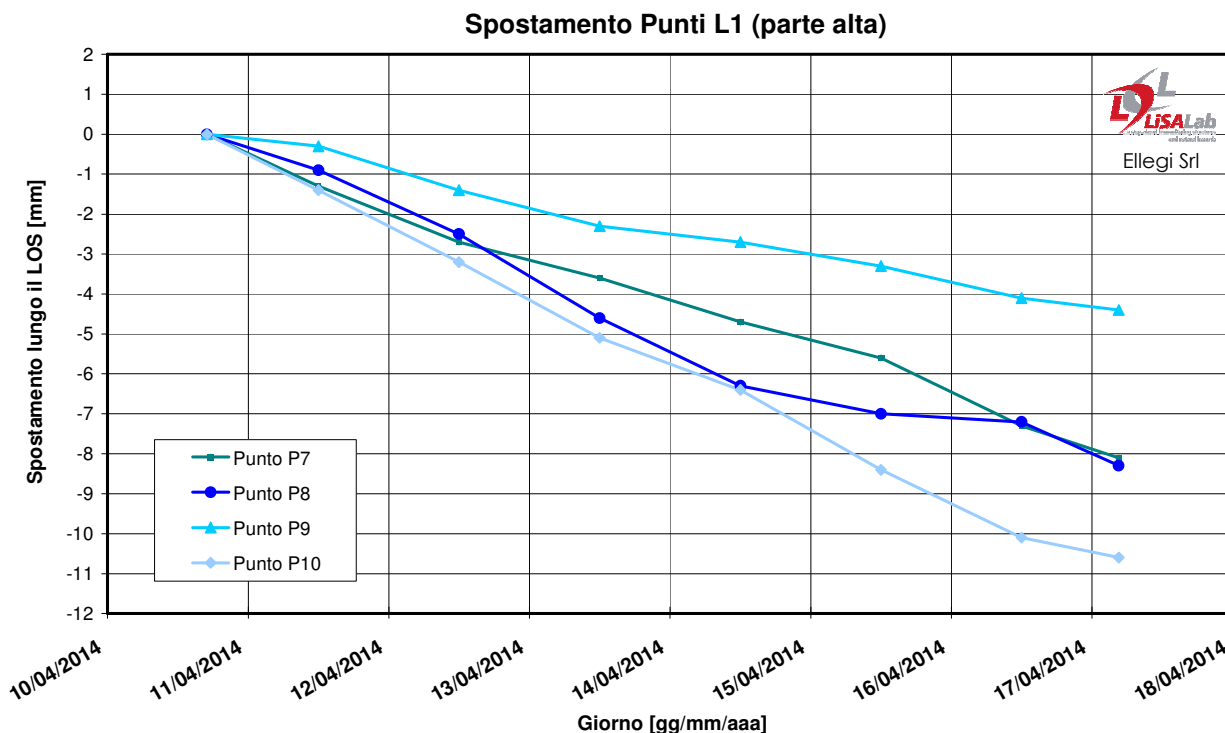


Figura 23: Grafico degli spostamenti lungo il LOS dei punti della sezione L1 (parte alta) per l'analisi quantitativa.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	36

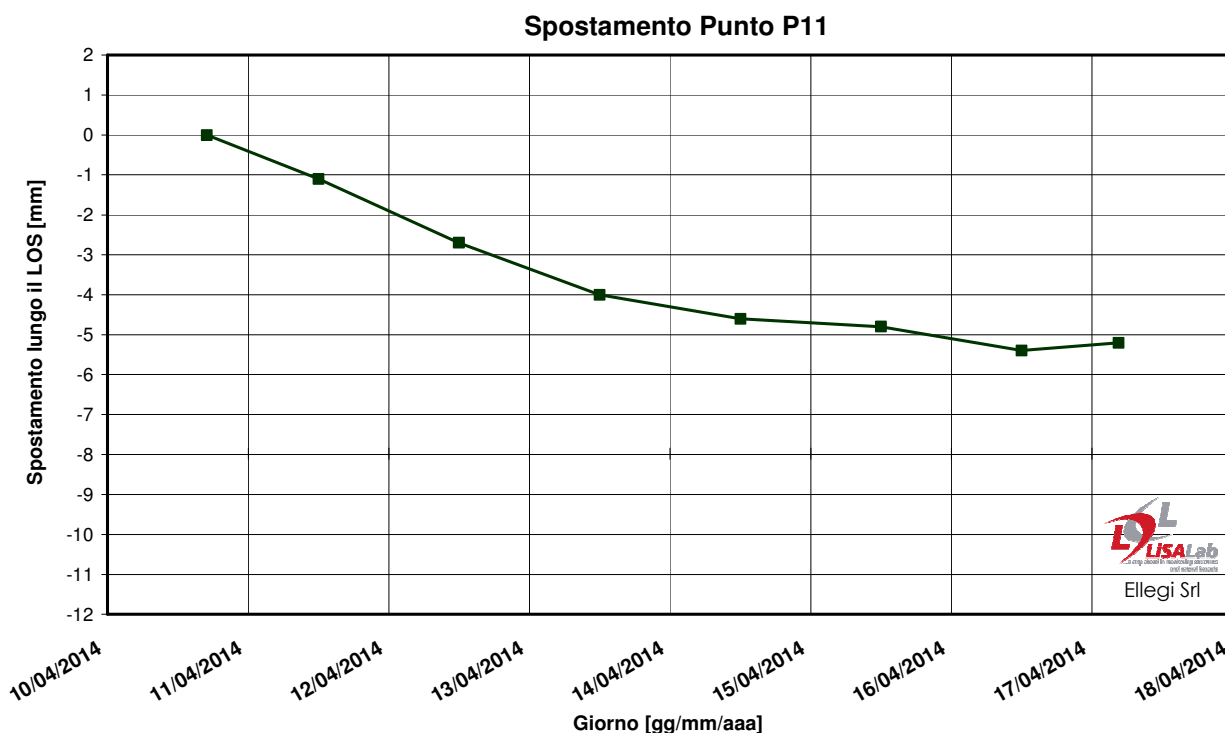


Figura 24: Grafico degli spostamenti lungo il LOS del punto P11 per l'analisi quantitativa.

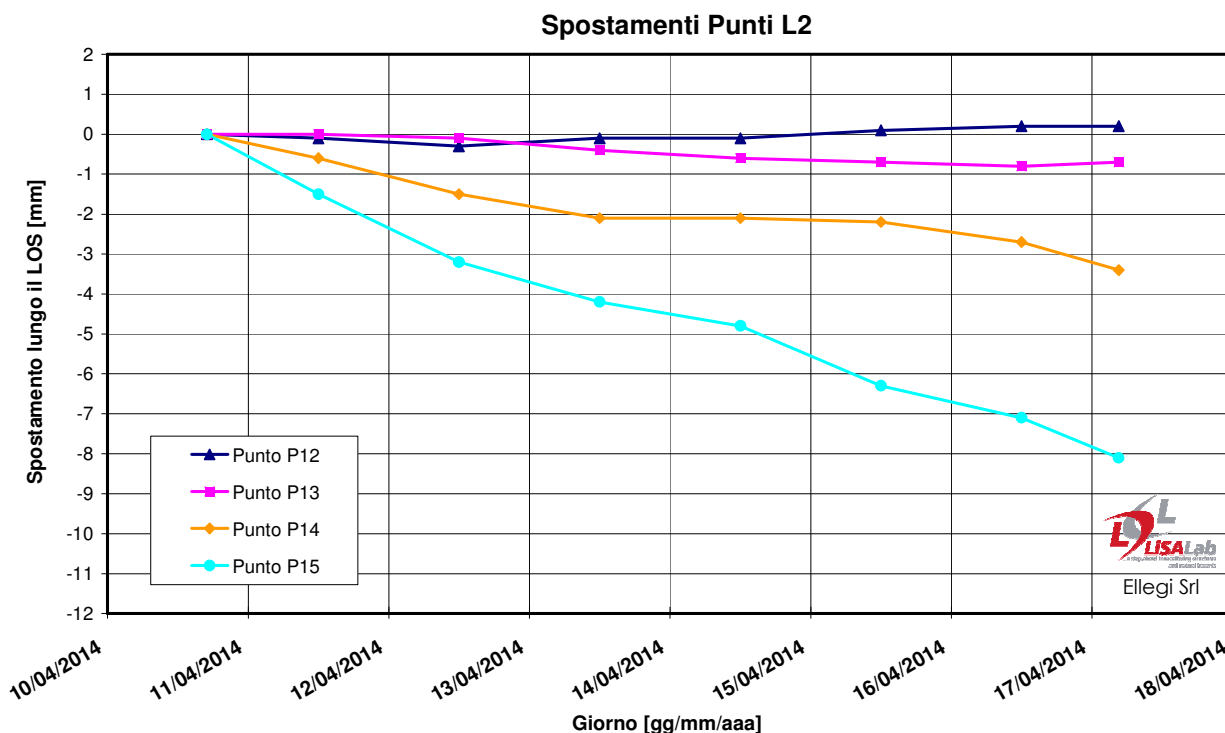


Figura 25: Grafico degli spostamenti lungo il LOS dei punti della sezione L2 per l'analisi quantitativa.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	37

Al termine dell'analisi quantitativa dei risultati ottenuti in questa campagna di misura (Aprile 2014), risulta che:

1. le analisi puntuali quantitative eseguite su due sezioni verticali (L1 ed L2) della parete centrale mostrano che la parte centrale e la parte superiore della parete sono in movimento, e gli spostamenti maggiori sono stati misurati salendo lungo i punti scelti sulle due sezioni verticali L1 ed L2.
2. i punti più veloci misurati nell'intervallo considerato sulla sezione L1 sono i punti P6, P7 e P10, con spostamenti in avvicinamento lungo il LOS del sistema di circa -7 mm per il primo e di circa -6 mm per gli altri due;
3. per la sezione L2 gli spostamenti maggiori sono stati misurati nei punti P14 e P15, rispettivamente con circa -4 mm e -7 mm in avvicinamento lungo il LOS del sistema;
4. il punto più veloce considerato nell'analisi quantitativa puntuale è stato il punto P11, che nell'intervallo di 13 giorni circa considerato dalla presente campagna ha presentato spostamenti di circa -14 mm in avvicinamento lungo il LOS del sistema.
5. nella parte inferiore della regione in movimento e nella parte superiore alla sinistra idrografica il confine con le aree stabili appare più netto nella parte centrale (Est) e nella parte alla destra (Nord) dell'interfaccia, come se ci fossero delle superfici di scivolamento, mentre nella parte bassa alla sinistra idrografica dell'interfaccia (Sud) si ha una distribuzione più graduale degli spostamenti misurati, come se queste regioni subissero delle deformazioni progressive senza scivolamenti reciproci di zone svincolate;

7. Confronto con i risultati delle campagne del 2006, 2009 e 2014

Come già accennato, il sistema GBInSAR LiSALab è già stato impiegato per misurare gli spostamenti superficiali di questo scenario con alcune campagne di misura eseguite nel corso del 2006 e del 2009. Purtroppo però il lasso di tempo intercorso tra l'ultima di queste campagne e l'attuale è troppo elevato per poterle correlare correttamente, lo scenario osservato ha subito sostanziali cambiamenti morfologici ed infine è cambiato il modello di interferometro utilizzato per le acquisizioni. Per questi motivi in questa sezione non sarà possibile misurare gli spostamenti intercorsi tra le precedenti campagne e quella attuale, ma sarà eseguito un confronto qualitativo e quantitativo tra gli spostamenti misurati in un

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	38

medesimo intervallo di tempo nella campagna attuale ed in quella omologa eseguita nel maggio 2006 e maggio 2009

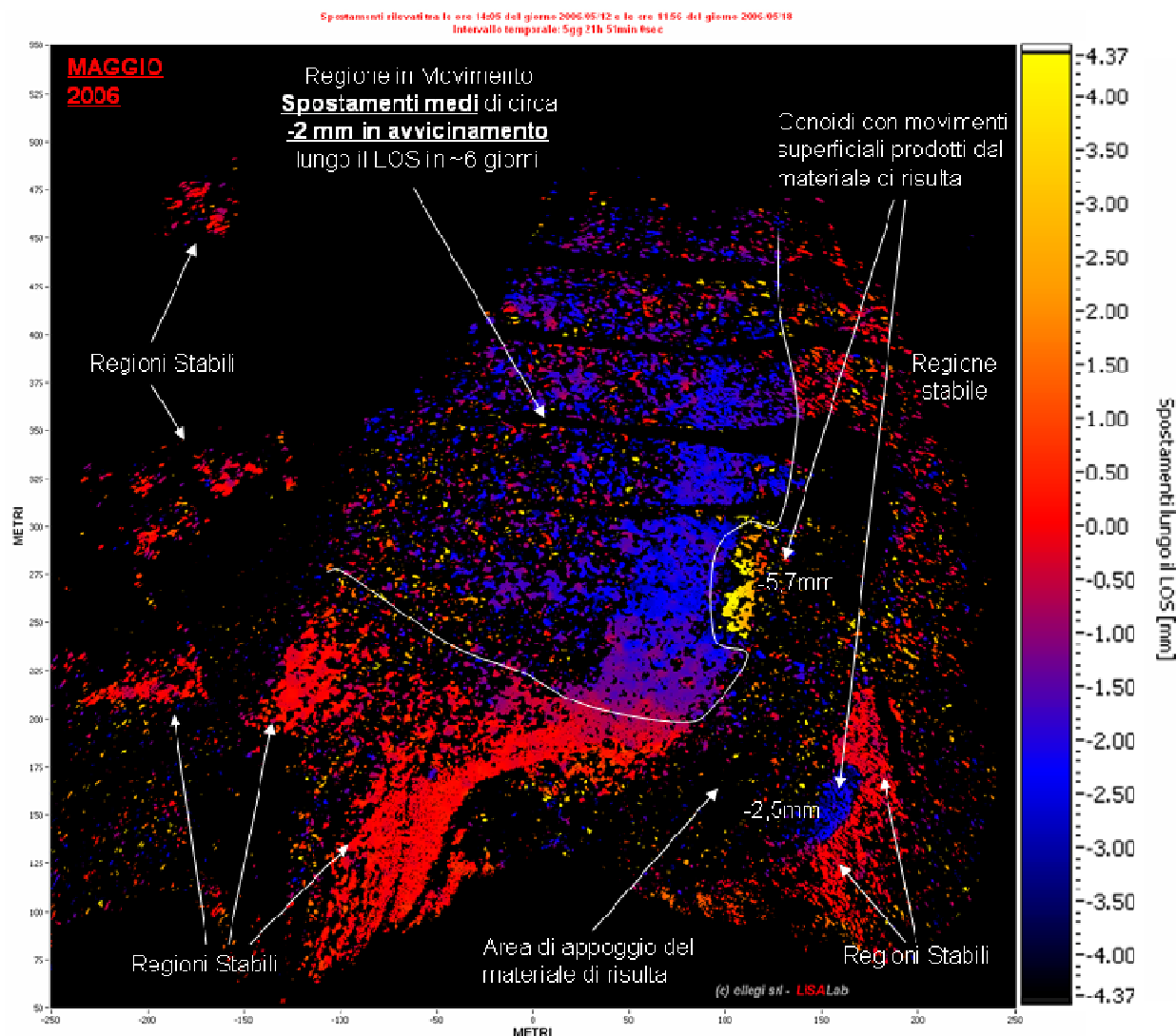


Figura 26: Mappa di spostamento tra il 12 ed il 18 maggio 2006 (intervallo d'osservazione di circa 6 giorni).

In Figura 26 è mostrata la mappa di spostamento relativa ad un intervallo d'osservazione di circa sei giorni tra il 12 ed il 18 Maggio 2006. In Figura 27 è mostrata la mappa di spostamento relativa ad un intervallo d'osservazione di circa sei giorni tra il 27 Maggio ed il 2 Giugno 2009, mentre in Figura 28 è rappresentata la mappa di spostamento dell'ultima campagna di acquisizione che va dal 10 aprile a 17 aprile 2014 (per consentire l'effettuazione di un raffronto con i vecchi dati è stato considerato un intervallo di 6 giorni rispetto ai 7 giorni complessivi).

Attenzione che le immagini presentano risultati non srotolati ed affetti dall'ambiguità di fase.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	39

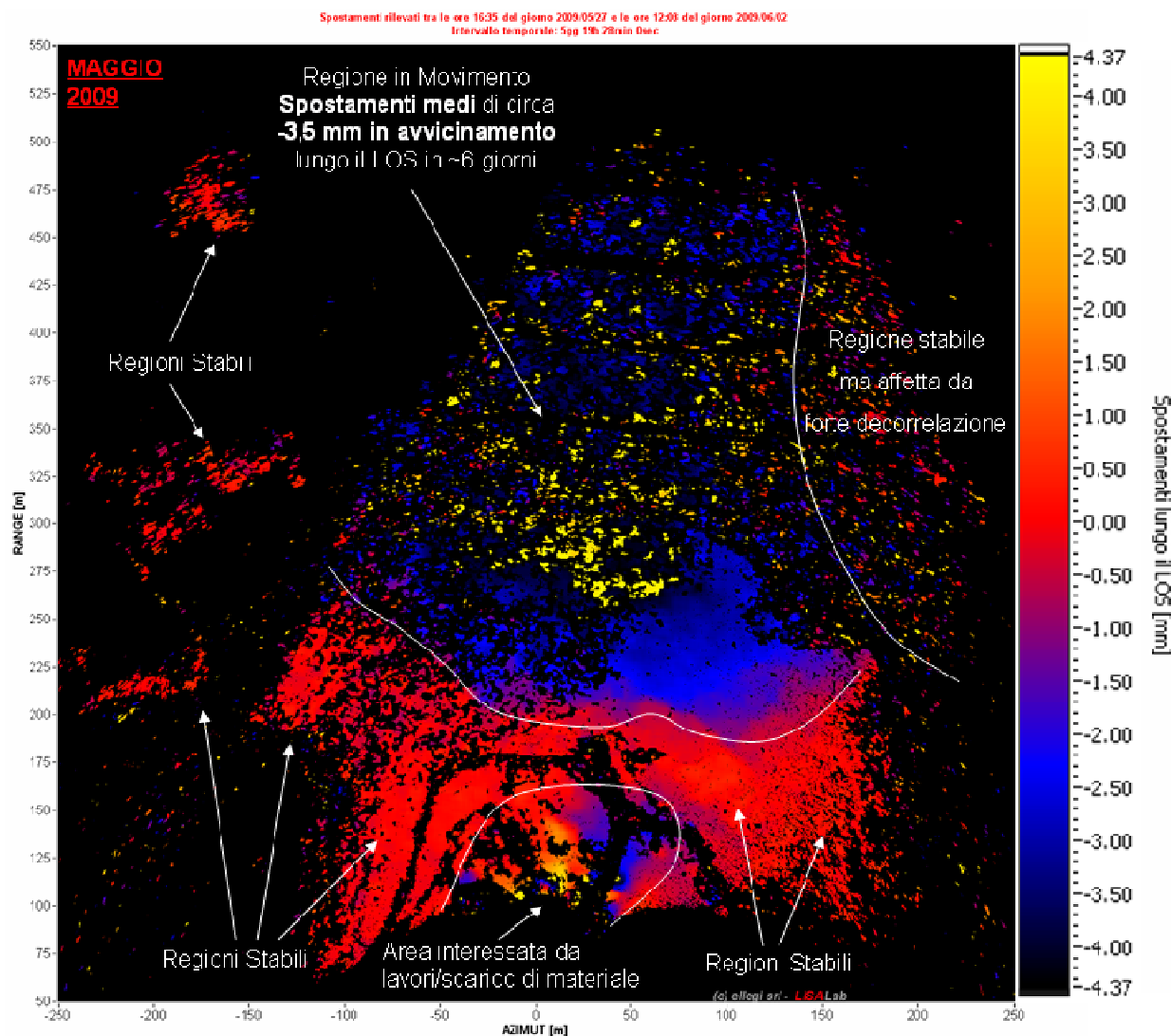


Figura 27: Mappa di spostamento tra il 27 maggio ed il 2 giugno 2009 (intervallo d'osservazione di circa 6 giorni).

Per un confronto quantitativo degli spostamenti misurati nelle campagne di maggio 2006 e maggio 2009 e aprile 2014 nelle figure seguenti (Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32) è riportato il confronto delle analisi puntuali in periodi omologhi nelle due campagne sulle sezioni L1 ed L2 e per il punto P11.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	40

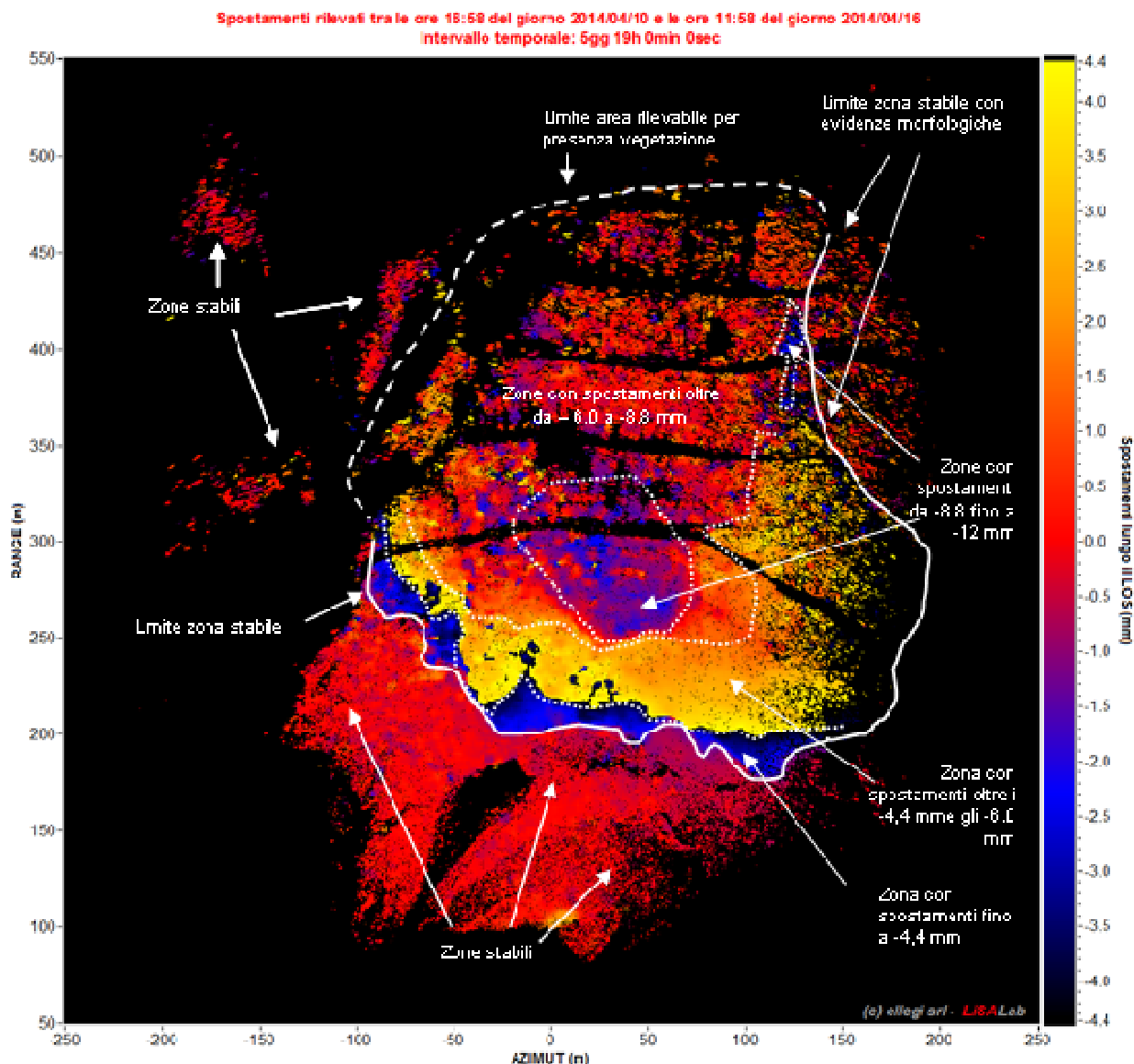


Figura 28: Mappa di spostamento tra il 10 ed il 17 aprile 2014 (intervallo d'osservazione di circa 6 giorni).

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	41

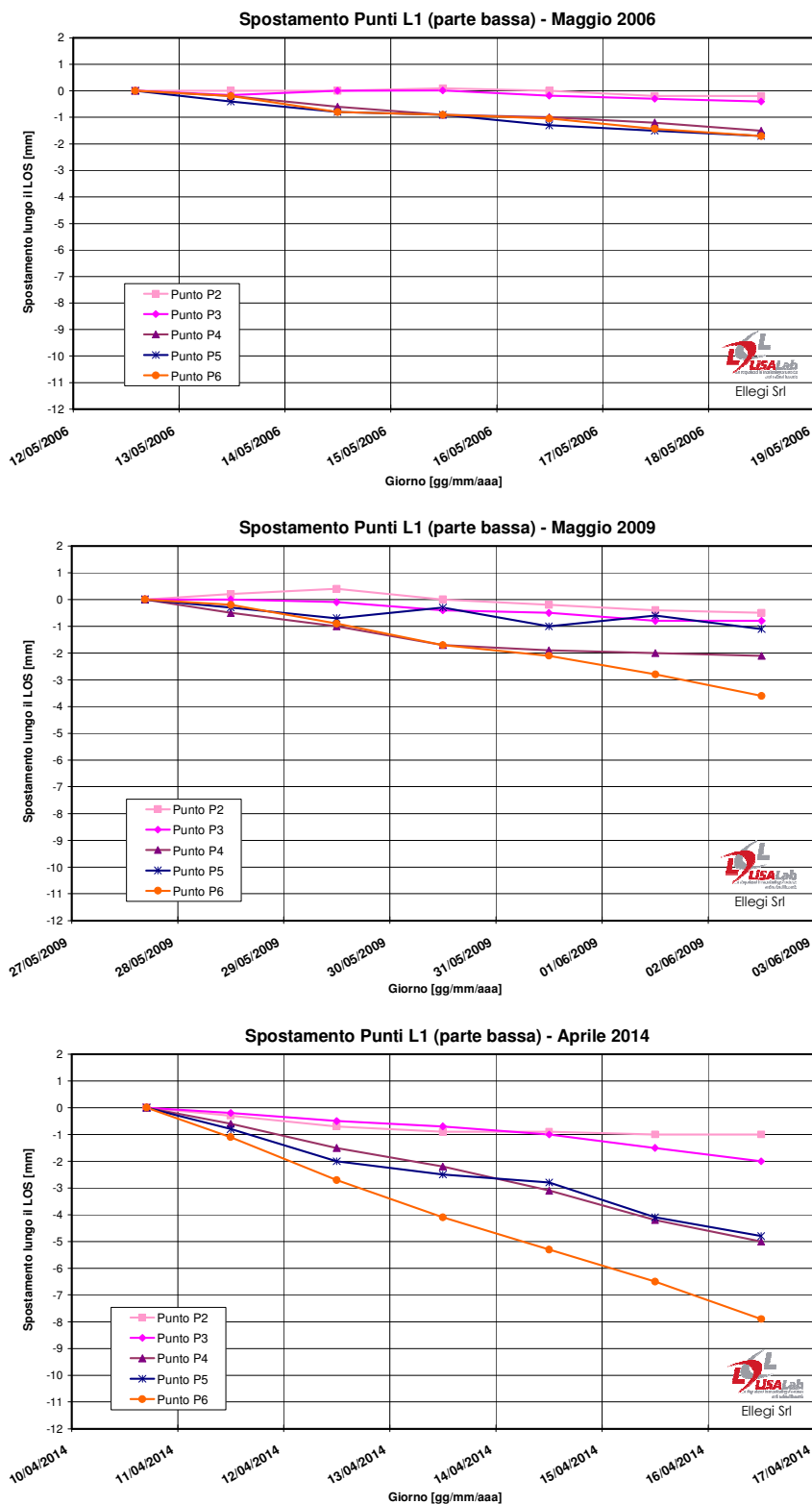


Figura 29: Confronto dei grafici degli spostamenti lungo il LOS dei punti della sezione L1 (parte bassa) per le analisi quantitative di Maggio 2006, Maggio 2009 e di Aprile 2014.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	42

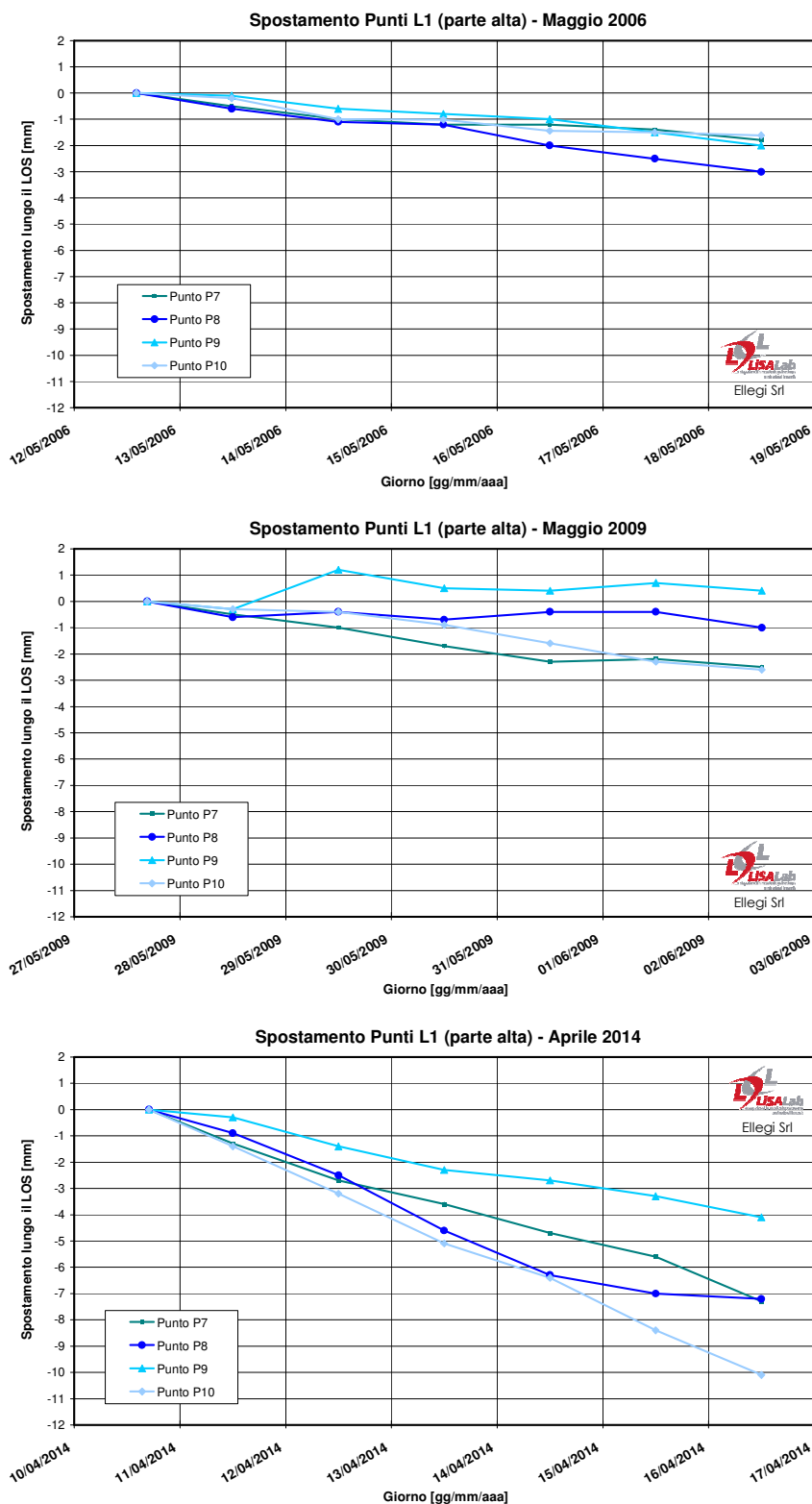


Figura 30: Confronto dei grafici degli spostamenti lungo il LOS dei punti della sezione L1 (parte alta) per le analisi quantitative di Maggio 2006, Maggio 2009 e di Aprile 2014.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	43

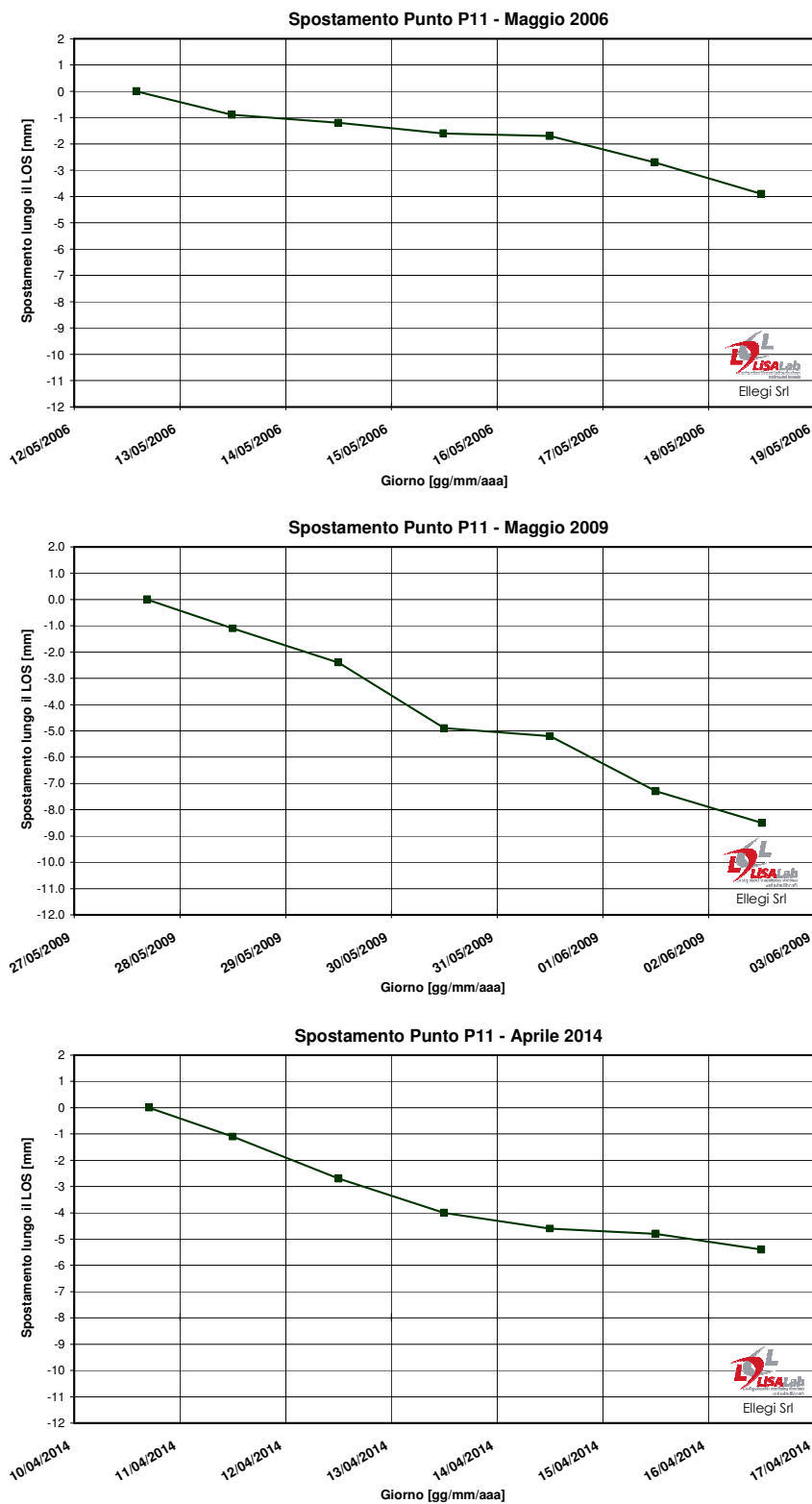


Figura 31: Confronto dei grafici degli spostamenti lungo il LOS del punto P11 per le analisi quantitative di Maggio 2006, Maggio 2009 e di Aprile 2014.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	44

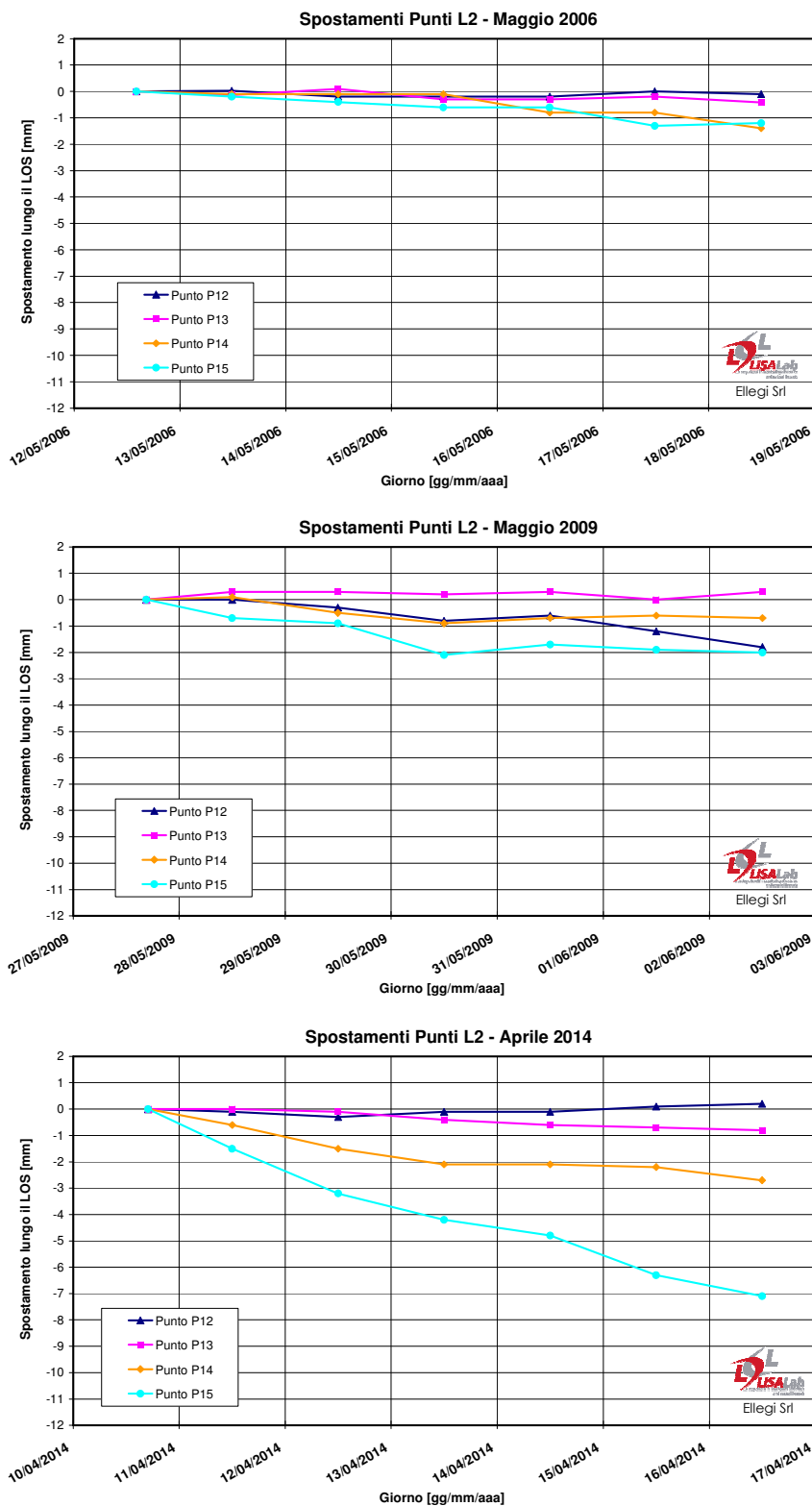


Figura 32: Confronto dei grafici degli spostamenti lungo il LOS dei punti della sezione L2 per le analisi quantitative di Maggio 2006, Maggio 2009 e di Aprile 2014.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	45

Dal confronto delle mappe di spostamento e delle analisi puntuali relative a periodi omologhi per durata di osservazione scelti nelle campagne di maggio 2006 e di maggio 2009 e aprile 2014 si evince che:

- il piazzale di cava non presenta spostamenti;
- le parti più basali della scarpata ossia dal piazzale di cava fino a quota 830 m circa risultano stabili come in passato;
- da quota 830 m siamo in presenza di spostamenti significativi che sono riconducibili come caratteristiche a quelli evidenziati nelle vecchie campagne, ma presentano spostamenti maggiori se analizzati all'interno dello stesso lasso di tempo, passando dai -4,0 mm ai -6,0 mm nelle parti basali in movimento della scarpata, per poi andare dai -3,5 mm ai -7 mm nelle parti più elevate dello scenario osservato. Infine lo sperone roccioso al di sotto della strada di arroccamento che corre a quota 930 m risulta l'area con spostamenti maggiori che arrivano a fino a -8,0 mm contro i 4,0 mm delle acquisizioni effettuate nel 2009
- le aree posizionate all'estrema sinistra delle immagini risultano stabili come in passato;
- la bontà dei dati raccolti in questa campagna permette di mettere ben in evidenza alcuni limiti netti che delimitano le aree in movimento e quelle stabili. Un esempio lo si può riscontrare a quote tra i 930 m e 1040 m nella parte destra dello scenario osservato in cui è ben evidente la presenza di una evidenza morfologica.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	46

8. Conclusioni

In seguito all'analisi dei dati raccolti in questa campagna di monitoraggio della stabilità della parete della miniera di Giustino (TN) eseguita tramite tecnologia GBInSAR LiSALab, si può concludere che:

1. La parete della miniera nell'intervallo di osservazione relativo alla presente campagna di misura (10 aprile 2014 - 17 aprile 2014) è soggetta a movimenti.
2. Le aree stabili risultano essere nelle parti alte del versante a destra (nord) e a sinistra (sud) idrografica ed al piede del fronte di scavo.
3. La parte centrale è in movimento, e dal confronto dei risultati raccolti tra la due campagne precedenti risulta che tale movimento ha una velocità maggiore.
4. Le deformazioni si originano a circa 830 m s.l.m. per poi distribuirsi lungo tutta la parete al di sotto di tale limite le aree sono stabili.
5. Dal limite sopra descritto, si ha una netta variazione positiva nelle velocità che aumentano salendo di quota, per arrivare al loro massimo a quota 890 m. Tali valori che risultano i più elevati di tutto lo scenario osservato (fino a -12 mm), tendono a mantenersi stabili fino a 940 m, per poi decrescere a -8 mm sostanzialmente fino al limite di osservazione.
6. E' presente nelle parte alla sinistra idrografica dell'area osservata una evidenza morfologica netta visibile che mette a contatto zone ferme con zone in movimento.
7. E' presente un'altra evidenza morfologica (piccolo solco con andamento continuo) ubicata a quote più basse nella parte sinistra dello scenario osservato che mette anche in questo caso a contatto aree stabili con aree in movimento.

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	47

9. Allegati

Al presente report sono allegati:

- Mappe in formato grafico (da Fig. 12 a 18): mappa degli spostamenti cumulati misurati dal 10 all'11 aprile 2014, dal 10 al 12 aprile 2014, dal 10 al 13 aprile 2014, dal 10 al 14 aprile 2014, dal 10 al 15 aprile 2014, dal 10 al 16 aprile 2014 e dal 10 al 17 aprile 2014.
- Mappe in formato elettronico (formato ASCII): mappa degli spostamenti cumulati misurati dal 10 all'11 aprile 2014, dal 10 al 12 aprile 2014, dal 10 al 13 aprile 2014, dal 10 al 14 aprile 2014, dal 10 al 15 aprile 2014, dal 10 al 16 aprile 2014 e dal 10 al 17 aprile 2014.
- Foglio Excel con i dati ed i grafici dell'analisi quantitativa della presente campagna.
- Grafici di confronto delle serie storiche nelle diverse campagne (2006 – 2009 – 2014, da fig. 29 a fig. 32)

ellegi srl piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	48

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 e lo slogan 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.

L'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.

L'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 piazza velasca, 5 milano sede operativa via xx settembre, 34 legnano	Argomento:	Report finale - Monitoraggio della cava di Giustino (TN) – aprile 2014					Data di creazione:	18 aprile 2014
	Riferimento Cliente:	Provincia di Trento	Rif. int.:	MG	Rev.:	02	Data di revisione:	24 aprile 2014
	File:	rep.ptn.140418.mg.02.doc	Note:	CONFIDENZIALE			Page:	49