

Région Autonome
Vallée d'Aoste



Regione Autonoma
Valle d'Aosta

**Relazione di commento ai dati di monitoraggio della
frana di Bosmatto in Comune di Gressoney-Saint-Jean.**

Periodo: 01/01/2013 – 31/12/2013

Il sistema di monitoraggio del movimento franoso di Letze - Bosmatto, realizzato nell'autunno del 2001 e successivamente implementato, è attualmente strutturato nel modo seguente:

1. una stazione meteorologica costituita da un pluviometro, da un termometro, da un barometro, da un igrometro e da un nivometro automatizzati con invio dei dati di piovosità, temperatura, pressione atmosferica, umidità relativa e altezza della neve al centro di acquisizione, sfruttando il ponte radio di Weissmatten e la rete ethernet della Protezione Civile.
2. una rete di stazioni GPS ad acquisizione automatica, di cui due poste nel corpo di frana principale, una a controllo della frana di "Stadelte" (al fine di controllare l'evoluzione di un settore di versante posto in dx orografica del Letze e parzialmente coinvolto dall'evento alluvionale dell'ottobre 2000), e una di riferimento ubicata presso il ponte radio di Weissmatten, in Comune di Gressoney-Saint-Jean, le cui posizioni planoaltimetriche vengono inviate al centro di acquisizione dati.
3. una rete di capisaldi topografici distribuiti sul settore di versante interessato dalla frana, la cui posizione viene determinata con strumentazione GPS, che consente la misura degli spostamenti superficiali nelle tre direzioni con elevata precisione.
4. un estensimetro a filo (E1), con trasduttore a corda vibrante e trasmissione dati via GSM, installato il 19/06/2007 a cavallo della frattura perimetrale del settore di "Stadelte", integrato il 25/05/2010 da altri due apparati gemelli (E2 ed E3) posizionati lungo la stessa frattura di "Stadelte" al fine di controllare meglio l'evoluzione del settore più attivo della frana di Bosmatto.
5. un nuovo estensimetro (E4) è stato installato il giorno 16/11/2011 a monte dell'estensimetro E2 al fine di monitorare una frattura di neoformazione; la taratura e lettura di zero sono state eseguite il giorno 13/12/2011. L'estensimetro E2 è stato smantellato il 01/10/2013 in quanto il movimento a monte rende le sue misure non più interpretabili.
6. nel corso del mese di novembre 2008 è stata installata una fotocamera automatica denominata "Meteoeye" della Techcom srl, sul traliccio della stazione GPS7 presso Stadelte. Tale apparato consente di scattare foto in maniera automatica e con cadenza predeterminata relativamente ad una inquadratura fissa. Le foto così raccolte, alimentano un archivio di immagini con l'obiettivo di registrare l'evoluzione morfologica nel tempo della parte frontale da cui si è originata la colata detritica dell'ottobre 2000. Di seguito è riportata una delle foto riprese dalla fotocamera.
7. nell'estate del 2009 è stata installata una seconda fotocamera automatica, identica a quella già in uso, posizionata in destra orografica del torrente Letze sul rilevato del bacino di accumulo e orientata verso il settore medio alto della frana.
8. il 18/04/2013 è stata installata una terza fotocamera in prossimità del GPS6 per controllare da monte l'intero settore di Stadelte.

9. nell'estate del 2009 è stato installato un piezometro ad acquisizione continua all'interno del foro di sondaggio realizzato nei pressi del GPS6; i dati vengono inviati mediante modem GSM direttamente al centro di acquisizione presso la Protezione Civile.



Fig. 1a: Immagine scattata da "Meteoeye" posizionata nel settore di Stadelte.



Fig. 1b: Immagine scattata da “Meteoeye” posta sul rilievo in destra orografica del torrente Letze



Fig. 1c: Immagine scattata da “Meteoeye” ad inquadrare il settore di Stadelle

La presente relazione contiene un commento sintetico ai dati che il sistema di monitoraggio ha rilevato durante tutto l'anno 2013, sia per quanto riguarda le reti automatiche, sia per le reti a lettura manuale.

I dati, opportunamente elaborati ed interpretati, sono riportati nei grafici nel testo od allegati che riguardano l'andamento della temperatura, della pioggia cumulata, i dati di spostamento degli estensimetri e delle tre stazioni GPS automatiche e dei caposaldi topografici rilevati mediante lettura GPS manuale.

I dati sono acquisiti con frequenza variabile a seconda della rete di riferimento. I dati meteorologici e piezometrici sono stati acquisiti con cadenza oraria, mentre i dati dei GPS automatici sono acquisiti ogni sei ore. La lettura manuale dei capisaldi GPS è stata eseguita il 08/11/2013.

Per quanto riguarda il dato pluviometrico cumulato, dal 01/01/2013 al 31/12/2013 sono stati registrati complessivamente 1308.8 mm di pioggia, con una maggiore concentrazione nell'intervallo che va da metà aprile ad inizio agosto. Tale periodo risulta caratterizzato da numerosi eventi di bassa entità e da alcuni relativamente più intensi.

L'andamento del dato piezometrico, rappresentato dal grafico allegato, risulta coerente con le varie fasi idrologiche annuali, in particolare per quanto riguarda il periodo di fusione della neve (metà aprile – inizio maggio) e i periodi caratterizzati dagli eventi di pioggia sopra descritti. Si osserva un rapido innalzamento nell'altezza di falda misurata di circa 13 m, subito seguito da un periodo di svuotamento dell'acquifero.

Si osserva infine un abbassamento costante nei primi mesi dell'anno fino a metà aprile, associato ad un lento drenaggio della frana, comportamento tipico del periodo invernale, che si può riscontrare ancora a partire da fine maggio 2013.

Il livello piezometrico risponde in maniera quasi impulsiva agli eventi pluviometrici di metà maggio e inizio agosto. Le variazioni misurate sono comprese entro i 2 m rispetto al livello precedente. Questo aspetto si può spiegare considerando la tipologia di mezzo entro cui circola l'acqua sotterranea. Esso è rappresentato da porzioni sicuramente assimilabili ad un mezzo puramente poroso (roccia molto fratturata e depositi superficiali) ma anche da porzioni di roccia fratturata entro cui l'acqua circola secondo direttrici preferenziali rappresentate dalle fratture più aperte. L'acqua che si muove entro queste fratture è sottoposta a gradienti maggiori e a minori forze di attrito e quindi dotata di maggiori velocità. Essa tende a confluire all'interno del cavo piezometrico, che verosimilmente intercetta tali fratture, facendo innalzare il livello al suo interno in maniera piuttosto rapida. Il valore misurato in tali casi non è quello del reale livello piezometrico.

A seguito delle piogge tardo primaverili, anche in considerazione della piovosità pregressa e della fusione della coltre nevosa presente in quota, da inizio giugno è stata registrata una modesta riattivazione della frana di "Stadelte" (vedi più avanti).

I dati della rete GPS automatica sono stati graficati secondo le tre componenti y, x, z rispettivamente corrispondenti a Nord (N), Est (E) e alla quota (H).

Per ciascuna componente, relativamente all'intero anno 2013, è stata calcolata la retta di regressione lineare che meglio interpola i valori che, per le caratteristiche intrinseche del sistema di misura, presentano un certo grado di dispersione. In tal modo è stato determinato il valore di spostamento complessivo cumulato al 31/12/2013 riferito ai GPS5 (Tab. 1) e GPS6 (Tab. 2). La stazione GPS7, che rileva gli spostamenti del settore di "Stadelte" richiede un'analisi a parte (cfr in seguito):

Stazione GPS5	Equazione retta regressione lineare (y in metri e x in anni)	Spostamento in cm (± 2.5 cm)	Spostamento totale 3D (cm)
N	$y = -0,0011m + 0,0001m / anno * x$	0,01	0,70
E	$y = -0,0028m - 0,0005m / anno * x$	-0,05	
Q	$y = 0,0039m - 0,0070m / anno * x$	-0,70	

Tabella n. 1

Stazione GPS6	Equazione retta regressione lineare (y in metri e x in anni)	Spostamento in cm (± 2.5 cm)	Spostamento totale 3D (cm)
N	$y = 0,0040m + 0,0064m / anno * x$	0,64	2,00
E	$y = 0,0177m - 0,0183m / anno * x$	-1,83	
Q	$y = -0,0210m - 0,0049m / anno * x$	-0,49	

Tabella n. 2

L'interpretazione dei valori ottenuti indica che la stazione GPS5 posta nella parte alta della frana, in corrispondenza della nicchia di distacco principale, si può considerare da un punto di vista plano-altimetrico ferma nell'arco di un anno solare di misure.

Lo spostamento della stazione GPS6 situata nella parte centrale della frana risulta pari a 1,94 cm verso NW, mentre l'abbassamento è stato di 0,49 cm.

In tutti i casi occorre tenere presente l'entità dell'errore della misura che è propria della tecnica adottata ed è dell'ordine di ± 2.5 cm in planimetria e di ± 2 cm sulla quota.

Per quanto riguarda la stazione GPS7, questa ha registrato perfettamente la riattivazione, e successiva stabilizzazione, del settore di frana di Stadelte, destabilizzatosi in seguito alle infiltrazioni dovute alla fusione del manto nevoso.

Nei grafici successivi viene rappresentato l'innalzamento del livello di falda in relazione all'altezza di neve al suolo (fig. 2), gli andamenti delle tre componenti di spostamento registrate dal GPS7 in rapporto al valore della pioggia cumulata (Fig. 3) e di altezza neve (Fig. 4) e l'andamento dello spostamento totale 3D in rapporto all'altezza neve al suolo (Fig. 5).

Si osserva anche nel 2013 che la dinamica evolutiva della frana è condizionata dal tasso di saturazione dei materiali che la costituiscono. Come già notato per gli anni 2009 e 2012, e a differenza di quanto avvenuto durante le annate 2010 e 2011, pare che il contributo prevalente alla riattivazione della frana sia da attribuire alla fusione nivale in quota, con un parte legata alle modeste precipitazioni primaverili, concentrate tra la fine di aprile e la prima metà del mese di maggio. Il manto nevoso è stato alquanto modesto durante la stagione invernale (avendo superato di poco il metro di altezza), ma vi è stata un'ulteriore nevicata a metà maggio (70 cm circa), la cui fusione completa si è esaurita nel giro di circa 3 settimane. Inoltre, questa veloce fusione ha portato anche un innalzamento istantaneo del livello della falda all'interno del piezometro posto a metà frana di Mussolier.

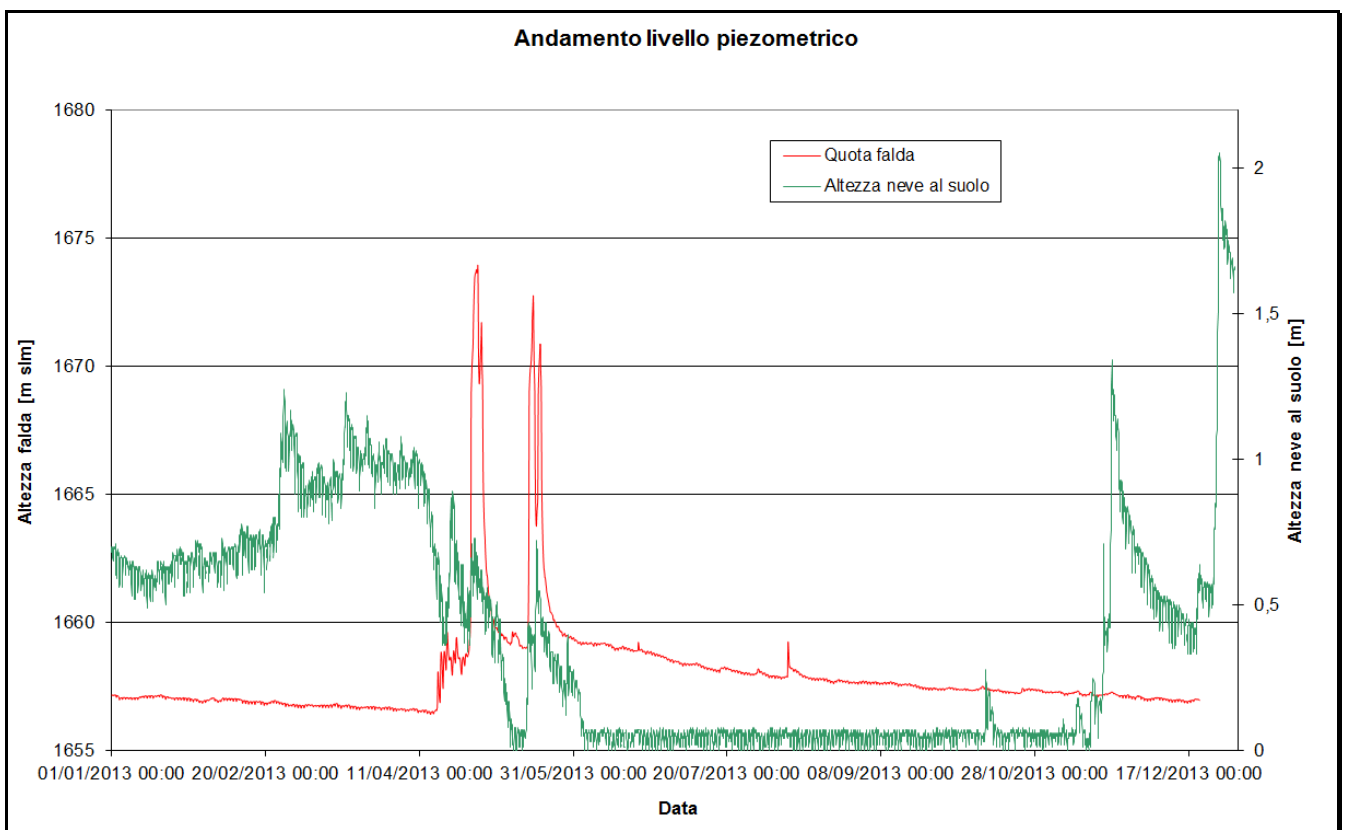


Figura n. 2

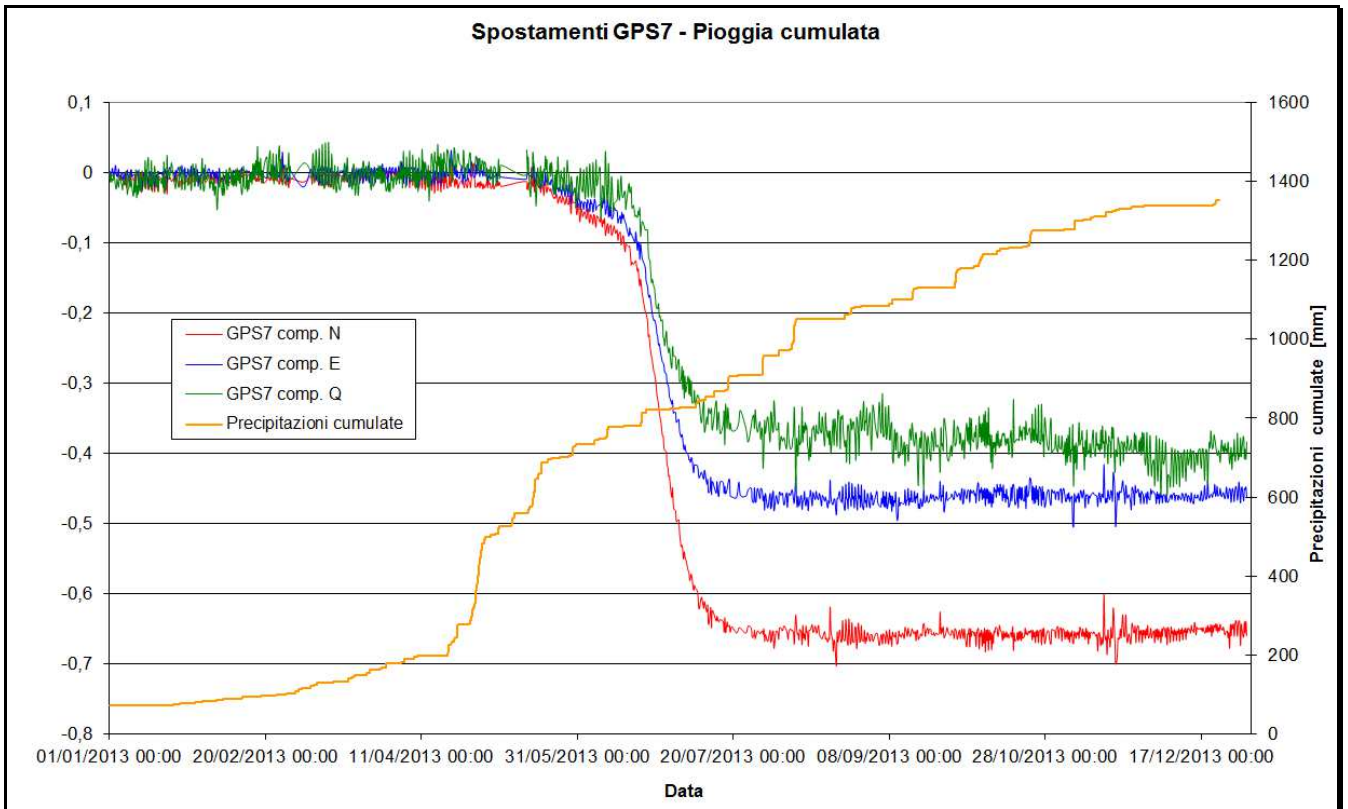


Figura n. 3

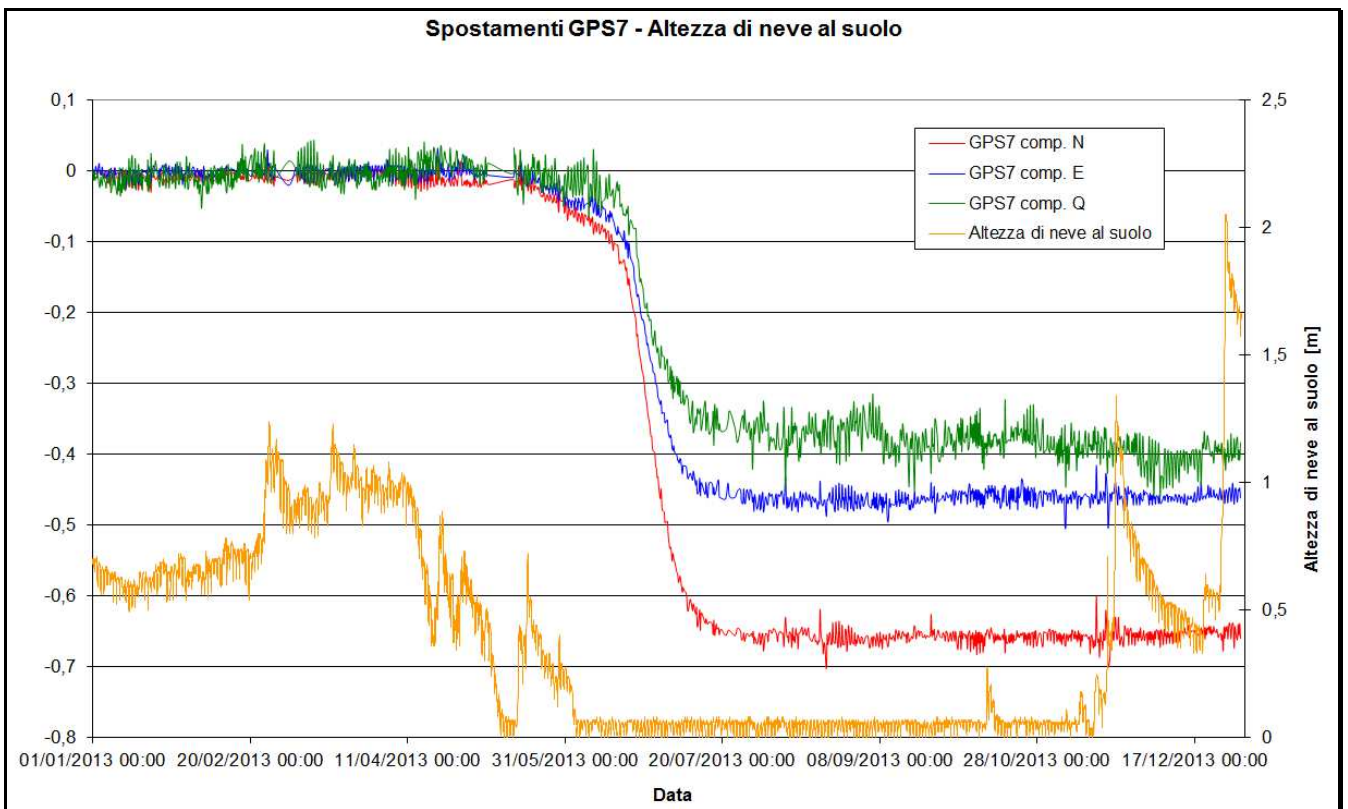


Figura n. 4

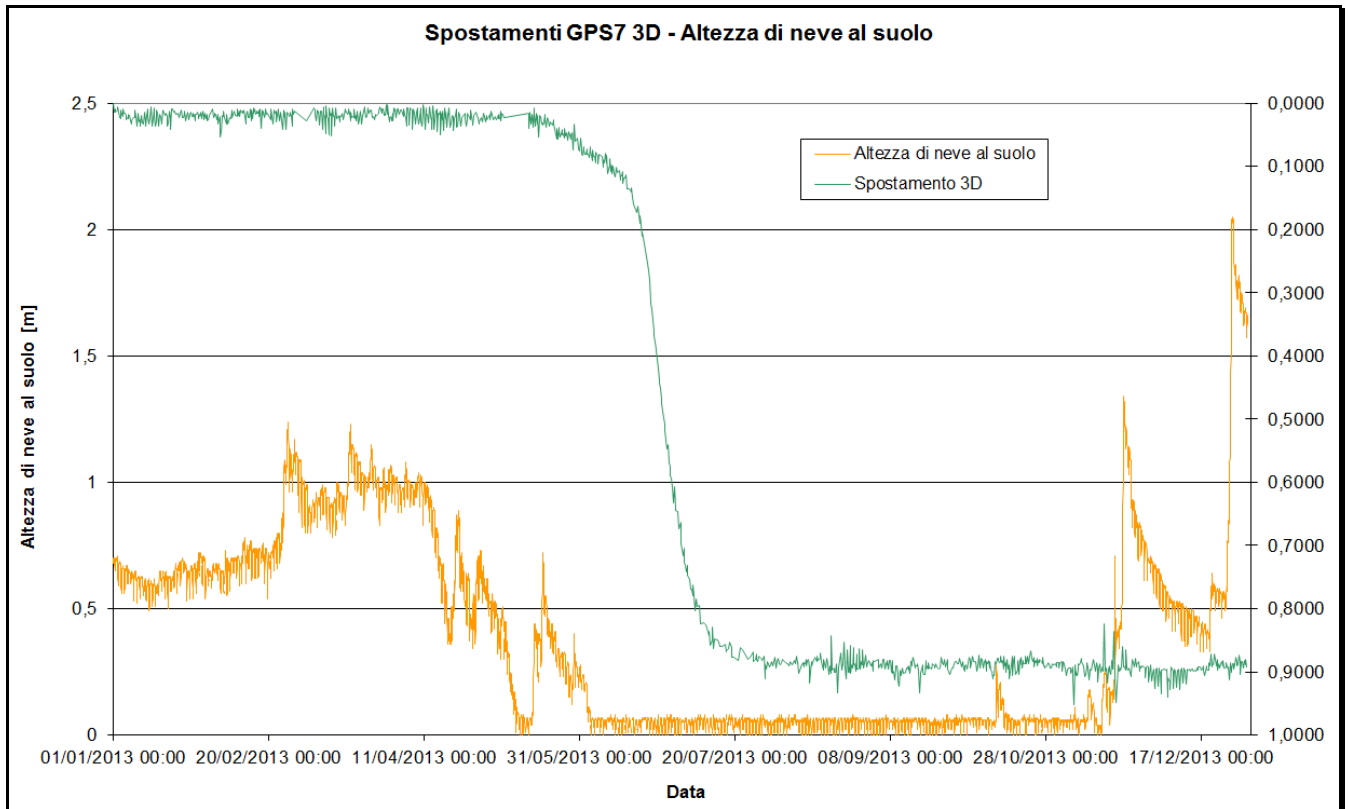


Figura n. 5

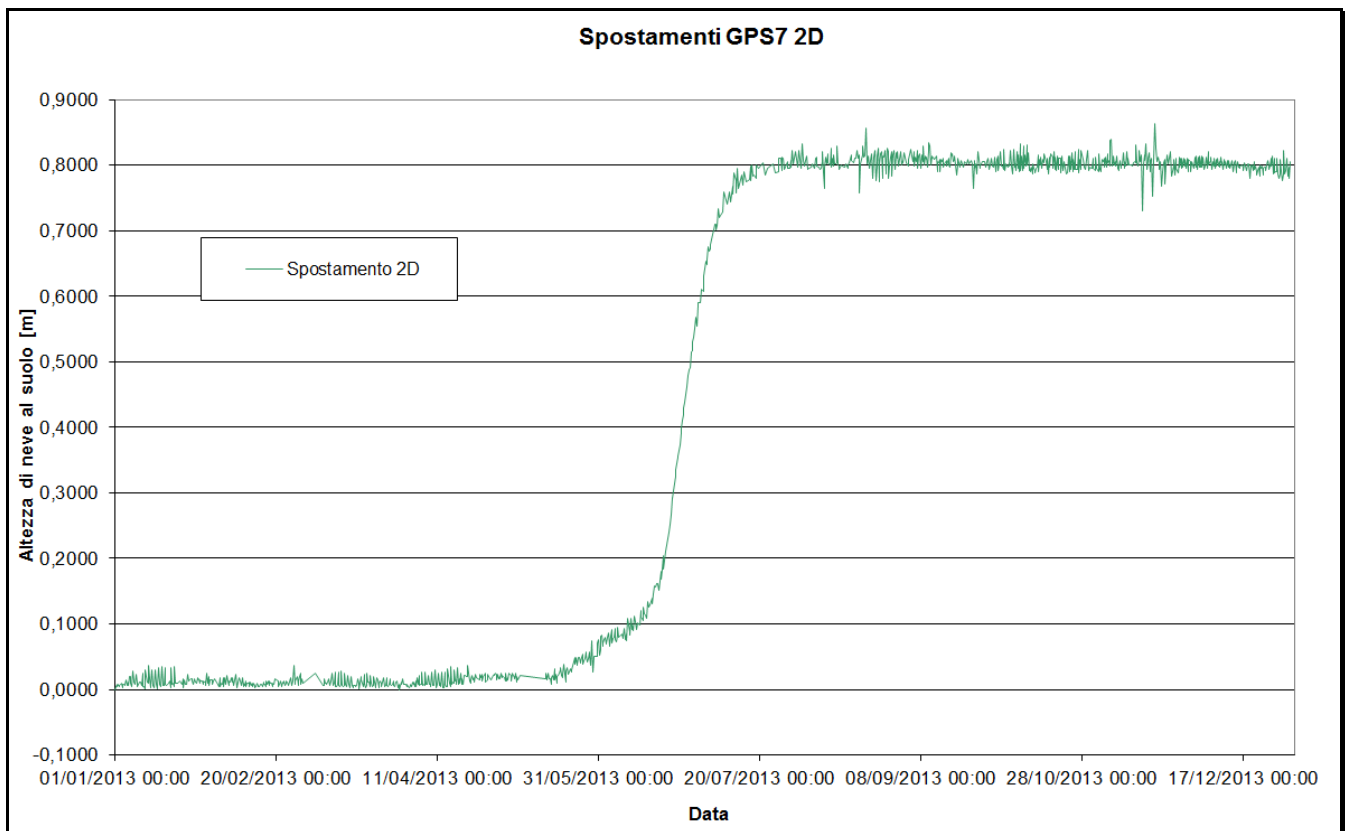


Figura n. 6

La riattivazione ha comportato uno spostamento piano-altimetrico pari a 80 cm (Fig. 6).

Complessivamente, lo spostamento registrato è stato di circa 80 cm sull'estensimetro 3 e di circa 60 cm sull'estensimetro 4. L'estensimetro n.1 ha presentato problemi di funzionamento legato a valori anomali nelle misure elettriche, parzialmente risolti applicando filtri via software.

Lo strumento n. 2 ha continuato ad avere dal 2012 molti problemi di funzionamento e interpretazione, tanto che è stato smantellato nel mese di ottobre. Questo strumento registra non solo il movimento della massa in frana, ma anche i movimenti relativi cui è soggetto l'apparecchio di misura e trasmissione dei dati posto a monte della frattura. La porzione in corrispondenza della quale esso è fissato, infatti, è attualmente coinvolta nella dinamica complessiva della frana poiché a monte della stessa si è aperta recentemente una frattura di neoformazione ad indicare una retrogressione della nicchia di distacco. A concorrere a tale retrogressione, che risulta particolarmente evidente nel settore monitorato dall'estensimetro 2, è la presenza di un'emergenza alla base della frattura principale. Il drenaggio preferenziale delle acque attraverso questo settore ha creato uno scalzamento connesso all'erosione operata dalle acque sorgive. La sovrapposizione dei movimenti relativi delle due estremità dell'estensimetro 2 restituiscono un grafico dall'andamento di difficile interpretazione.

I dati di spostamento degli estensimetri 3 e 4 rispetto al GPS7 confermano la congruità delle misure e l'affidabilità del sistema di monitoraggio.

L'esame dei dati di spostamento registrati dalla rete di caposaldi GPS a lettura manuale, evidenziano che nel periodo 25/10/2012 – 8/11/2013 le velocità 2D in mm/a di ciascun caposaldo si attestano tra 10 e 120 mm/a, confermando le tendenze evolutive degli anni precedenti.

Gli spostamenti planimetrici annui dei vertici vanno da meno di 1 cm (B2, B4) a circa 12 cm (B3), in direzione ESE - WNW; i maggiori spostamenti hanno interessato il settore sinistro dell'area controllata.

Gli spostamenti altimetrici confermano i trend osservati negli scorsi anni.

Il movimento che interessa il vertice B2 è confermando; quest'ultimo, pur essendo posto in posizione sicuramente esterna al settore di versante riattivatosi durante l'evento alluvionale dell'ottobre 2000, è interessato da spostamenti annui di entità millimetrica nella medesima direzione di movimento della frana.

La tabella n. 3 riporta gli spostamenti registrati nel periodo 25/10/2012 - 8/11/2013 dei capisaldi della rete GPS a lettura manuale, i cui vettori di spostamento sono riportati nella Figura n. 7.

La figura n. 7 riporta la velocità planimetrica dei capisaldi della frana di Bosmatto calcolati sull'intero periodo di monitoraggio.

Caposaldo	N (m)	E (m)	H (m)	Spostamento planimetrico totale	Spostamento totale 3D (m)
B2	-0.006	-0.004	0.090	0.007	0.090
B3	-0.116	-0.003	-0.090	0.116	0.147
B4	-0.011	-0.002	0.006	0.011	0.013
B5	-0.036	-0.020	-0.050	0.041	0.065
B6	-0.037	-0.001	-0.010	0.037	0.038
B7	-0.023	-0.001	-0.001	0.023	0.023
B8	-0.057	0.008	-0.018	0.058	0.060

Tabella n. 3

GPS BOSMATTO

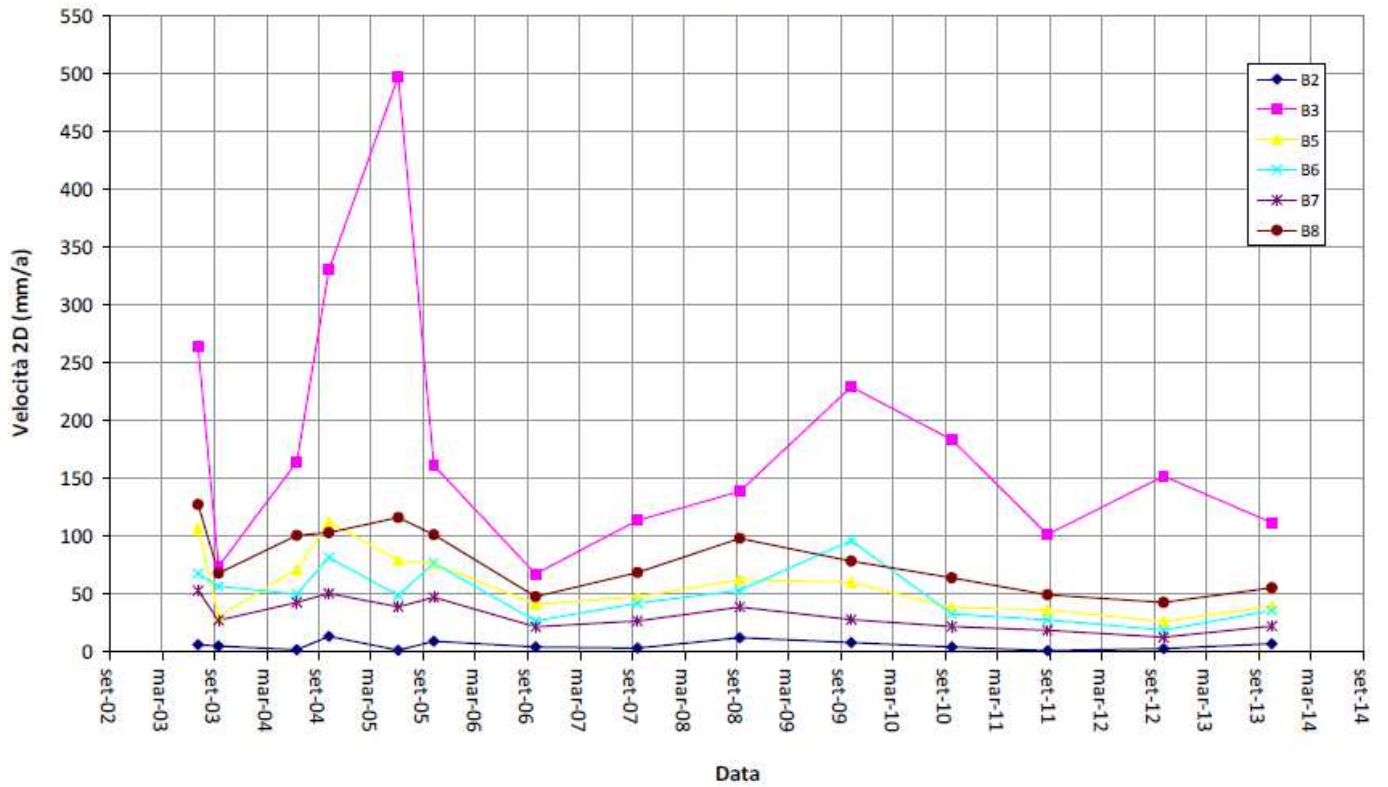


Figura n. 7

Superamento valori soglia strumentali

Durante tutto il 2013, due eventi hanno comportato il superamento dei valori soglia strumentali utilizzati ai fini dell'applicazione delle procedure di Protezione Civile:

- il 29/04/2013 le misure del pluviometro hanno determinato il superamento della soglia di allarme relativa alla pioggia cumulata nelle 36 ore; il rientro allo stato normale è avvenuto il giorno 02/05/2013;
- il 24/06/2013 le misure dello strumento GPS7 hanno determinato il superamento della soglia di preallarme calcolata sulle 36 ore; il rientro allo stato normale è avvenuto il giorno 08/07/2013;
- il 29/07/2013 ore 10.35 le misure del pluviometro hanno determinato il superamento della soglia di allarme relativa alla pioggia cumulata in 1 ora; il rientro allo stato normale è avvenuto il giorno 29/07/2013, ore 18.10.

Il FUNZIONARIO
- Ing. Jean-Elisée BLANC –

- Ing. Patrick THUEGAZ –

Ing. Patrick Thuégaz
Isc. Albo Ing. della
VALLE D'AOSTA
n. A-682

Rete Bosmatto
Spostamenti planimetrici
dal 25/10/2012 al 08/11/2013

Misure rappresentate:
Misura Nr. 14 del 25/10/2012
Misura Nr. 15 del 08/11/2013

0 20.0 mm
scala spostamenti

0 20.0 mm
scala ellissi d'errore

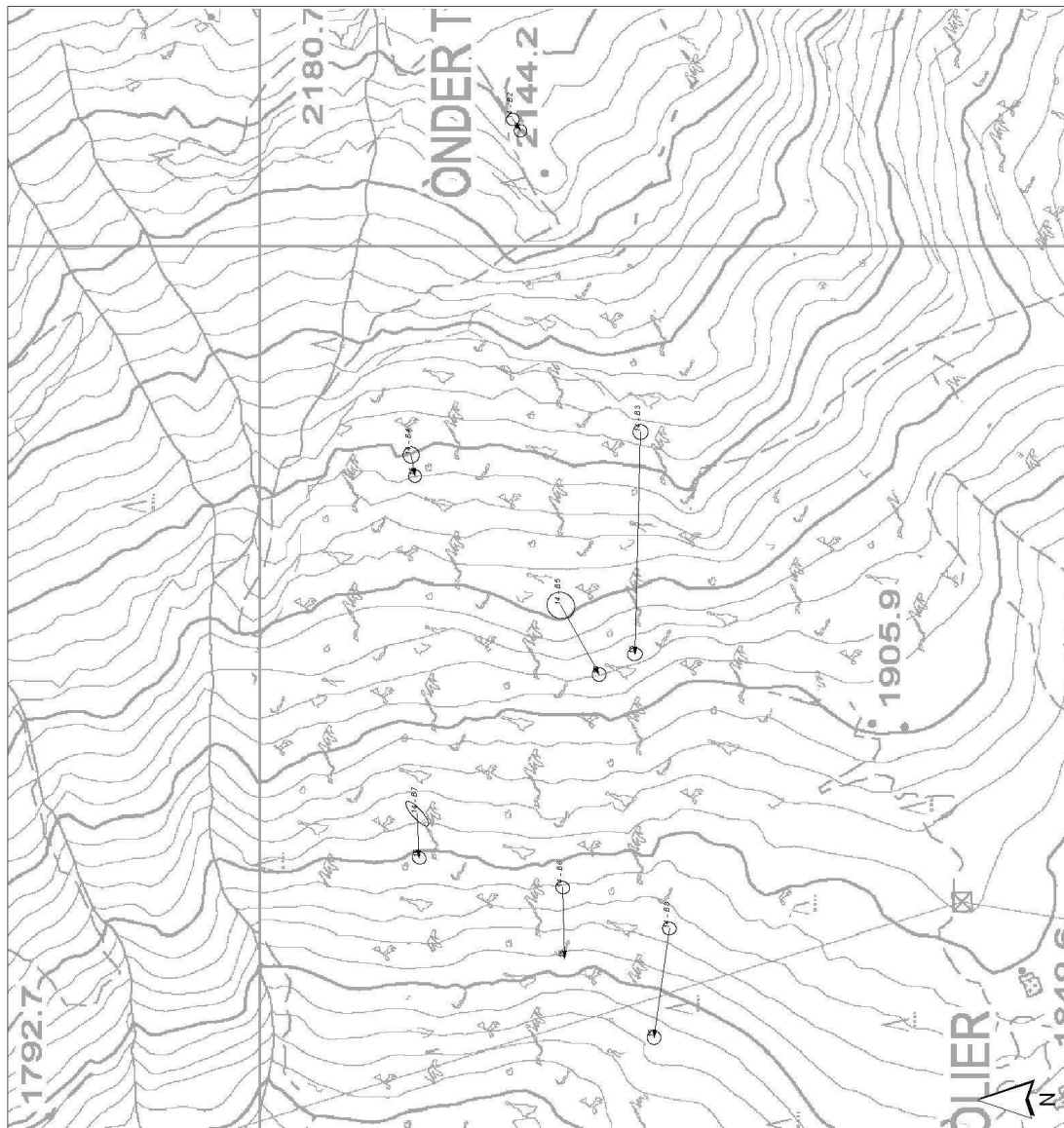
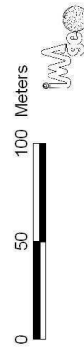


Figura n. 7: vettori di spostamento GPS a lettura manuale.

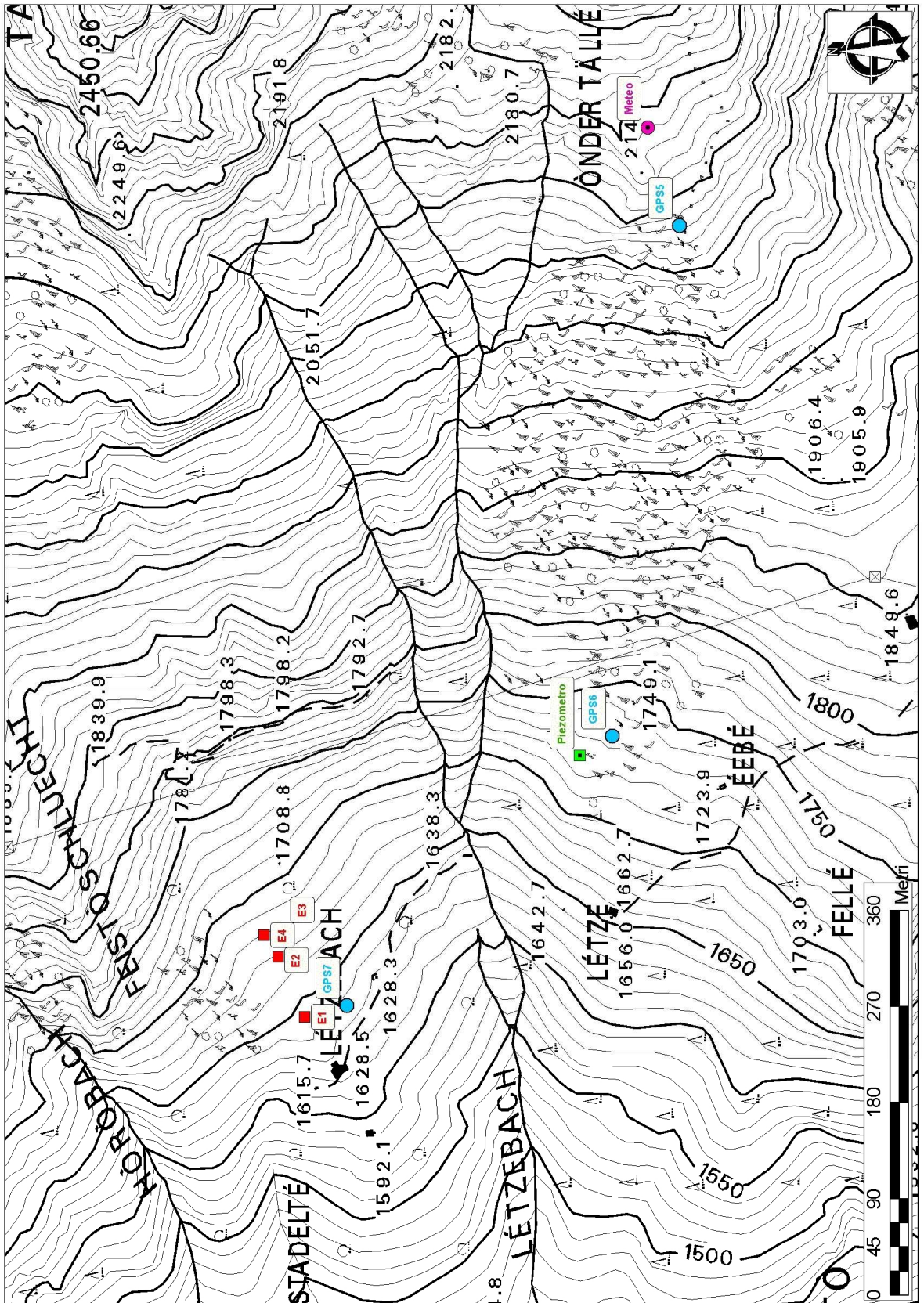


Figura n. 8: Stralcio planimetrico con indicazione delle stazioni di misura.