



**PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO  
DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE  
SERVIZIO GEOLOGICO**

**MONITORAGGIO TOPOGRAFICO – STRUMENTALE  
del versante a monte del  
Polo Museale MART**

**ROVERETO**

Aggiornamento: marzo 2019

## PREMESSA:

La presente relazione aggiorna le precedenti con i dati rilevati a febbraio/marzo 2019.

Per una corretta interpretazione dell'andamento del monitoraggio è utile la consultazione di tutti i rapporti periodici emessi da I.C. s.r.l. e delle precedenti relazioni prodotte dal Servizio Geologico, ultima delle quali trasmessa in data 24/04/2018 – prot. 243271 e aggiornata con l'integrazione del 8/10/2018 – prot. 572779.

Sono stati rimossi, come da autorizzazione trasmessa in data 6 luglio 2017 – prot. 374746, i fessurimetri installati nei garage delle schiere di Via Bellavista.

## MONITORAGGIO ATTUALE:

Il sistema di monitoraggio è ora costituito da:

Tipologia	Ubicazione
Monitoraggio sui punti ottici TPS	Versante
Nadirale	Edificio MART
Punti di livellazione	Versante
Celle di carico manuali	Versante - muro tirantato
Misure laser da remoto	Diaframma
Tubi inclinometrici	Versante e diaframma

## MONITORAGGIO OTTICO TPS - VERSANTE

- PM00 Pilastro di stazione
- FOND Punto sulla fondazione alla base del vano scale – riferimento
- PM01 Mira sul Liceo "Antonio Rosmini" – riferimento
- PM02 Mira sul campanile della chiesa di S.Rocco – riferimento
- PM03 Mira su pilastro in prossimità del diaframma 3°lotto
- PM04 Mira su pilastro nella zona nord del versante
- PM05 Mira su pilastro nella zona nord del versante sotto Via Bellavista
- PM06 Mira su pilastro nella zona nord del versante
- PM07 Mira sul tetto 1°schiera via Bellavista
- PM08 Mira su pilastro nella zona mediana del versante
- PM09 Mira su ultima casa in cls armato Via Miramonti
- PM10 Mira su muro tirantato sottostante Via sette Ville – Nord
- PM11 Mira su pilastro in prossimità della tomba Polonsky
- PM12 Mira su muro tirantato sottostante Via sette Ville – Sud
- PM13 Mira su tomba Polonsky
- PM14 Mira su pilastro a monte del diaframma 1°lotto
- PM15 Mira su muro giardino 4°schiera via Bellavista

Alcuni dei punti sono stati corretti dalle anomalie causate da urti e/o manomissioni, sicuramente indipendenti dal movimento del versante. (es.: PM04, 09 e 12).

In continuità con le precedenti relazioni, il monitoraggio ottico espone i risultati considerando due zone ben distinte: la zona Nord, a monte del parcheggio interrato e la zona Sud a monte dell'edificio del MART vero e proprio.

## Planimetria monitoraggio ottico con vettori di spostamento x 500 rispetto all'ortofoto



### Zona Nord

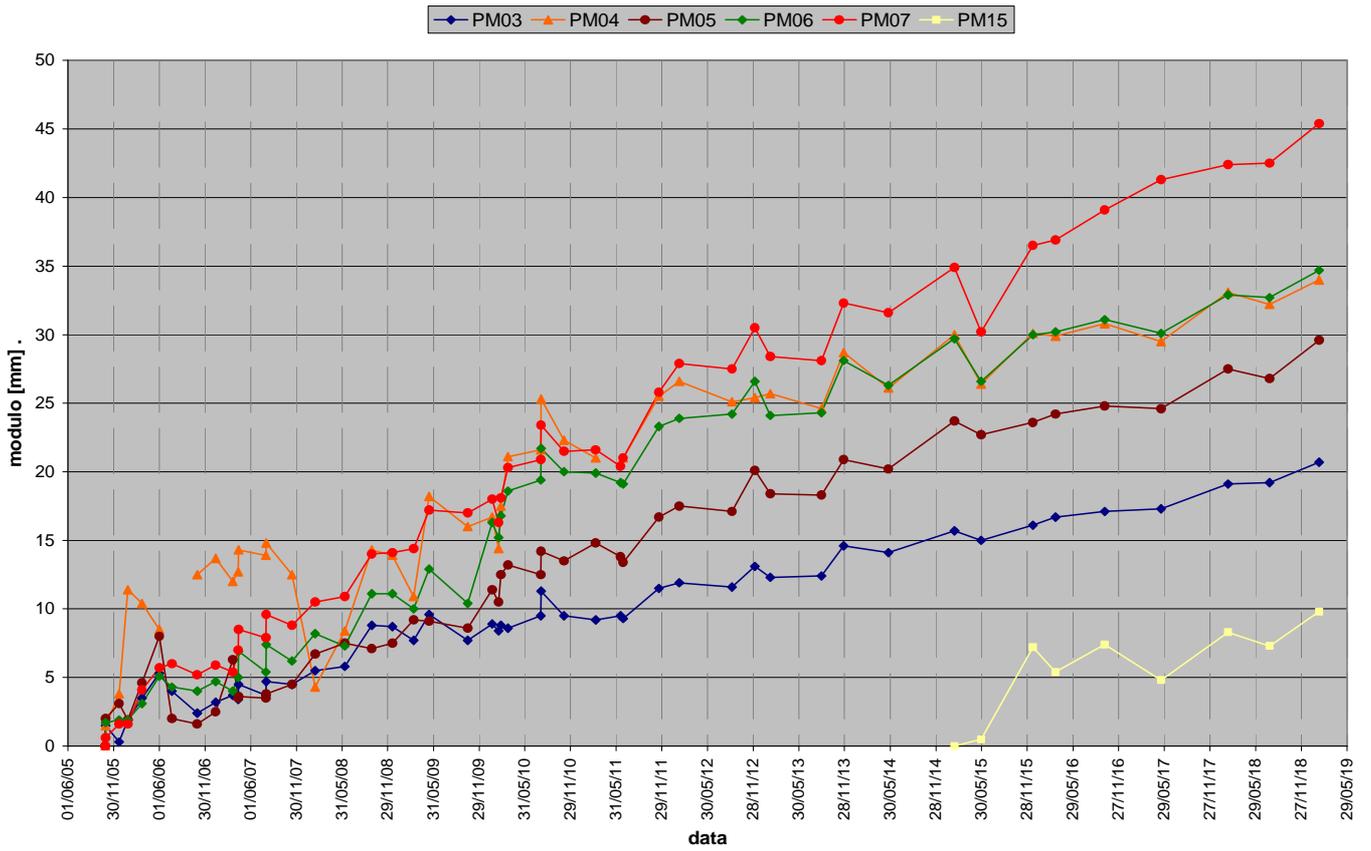
La zona Nord si conferma quella con le maggiori deformazioni (escludendo il PM15, posizionato solo nel 2015); la deformazione media (PM04-05-06-07) è di circa 36 mm dal 2005, con una massima di 45 mm sul punto PM07, molto probabilmente amplificata dalla posizione in alto sull'edificio; il punto PM03, posto nella parte bassa del versante, poco sopra il parcheggio interrato, si muove nello stesso modo, ma con meno velocità. La velocità di deformazione media della zona considerata è gradualmente diminuita dai 5-6 mm/anno del 2006 a 1 mm/anno del 2015; nei tre anni successivi si è mantenuta piuttosto costante, pari a circa 2 mm/anno, la stessa misurata anche nell'ultimo anno.

### Zona Sud

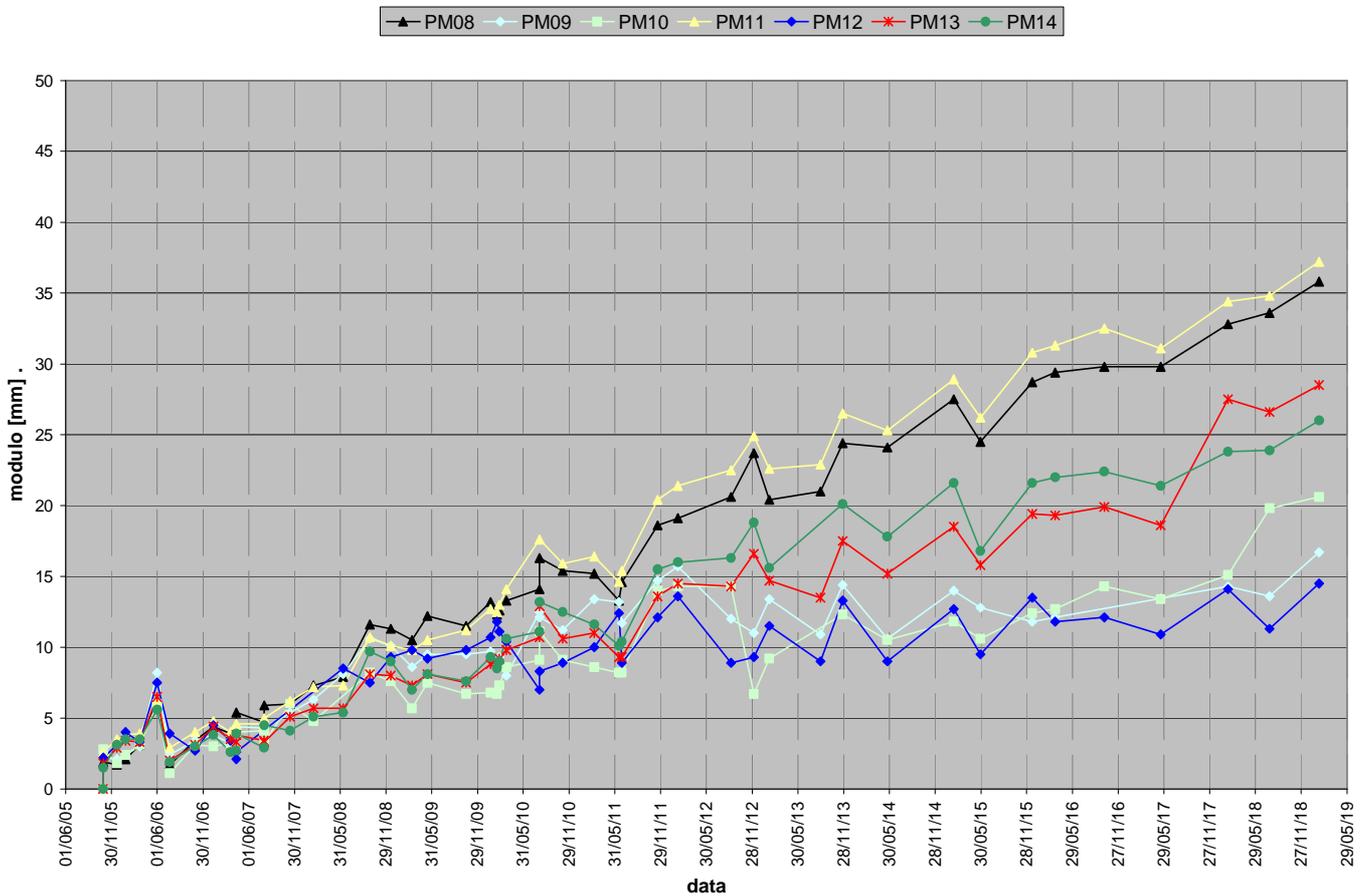
La zona Sud, a valle del muro tirantato (PM08-11-13-14), registra una deformazione media di 32 mm, con una punta massima di 37 mm in P11. La velocità media nel periodo 2006/2015 è diminuita dai 3 mm/anno ad 1 mm/anno; dal marzo 2016 è stabile attorno ai 2 mm/anno.

Dei restanti tre punti, il PM09 e PM10 (il primo posto su un edificio in cemento armato, il secondo nella parte Nord del muro tirantato) evidenziano deformazioni prossime ai 15 mm totali; dopo il 2015, la loro velocità è diminuita a circa 0,5 mm/anno. Il punto PM12, nella parte mediana del muro, dopo il danneggiamento subito nel 2008 è sostanzialmente fermo dal punto di vista planimetrico; ha evidenziato però un abbassamento verticale di 3-4 mm tra il 2005 e il 2013; nel periodo successivo è però privo di movimento, confermato anche dalle misure di livellazione.

MART ottico vettori totali ZONA NORD

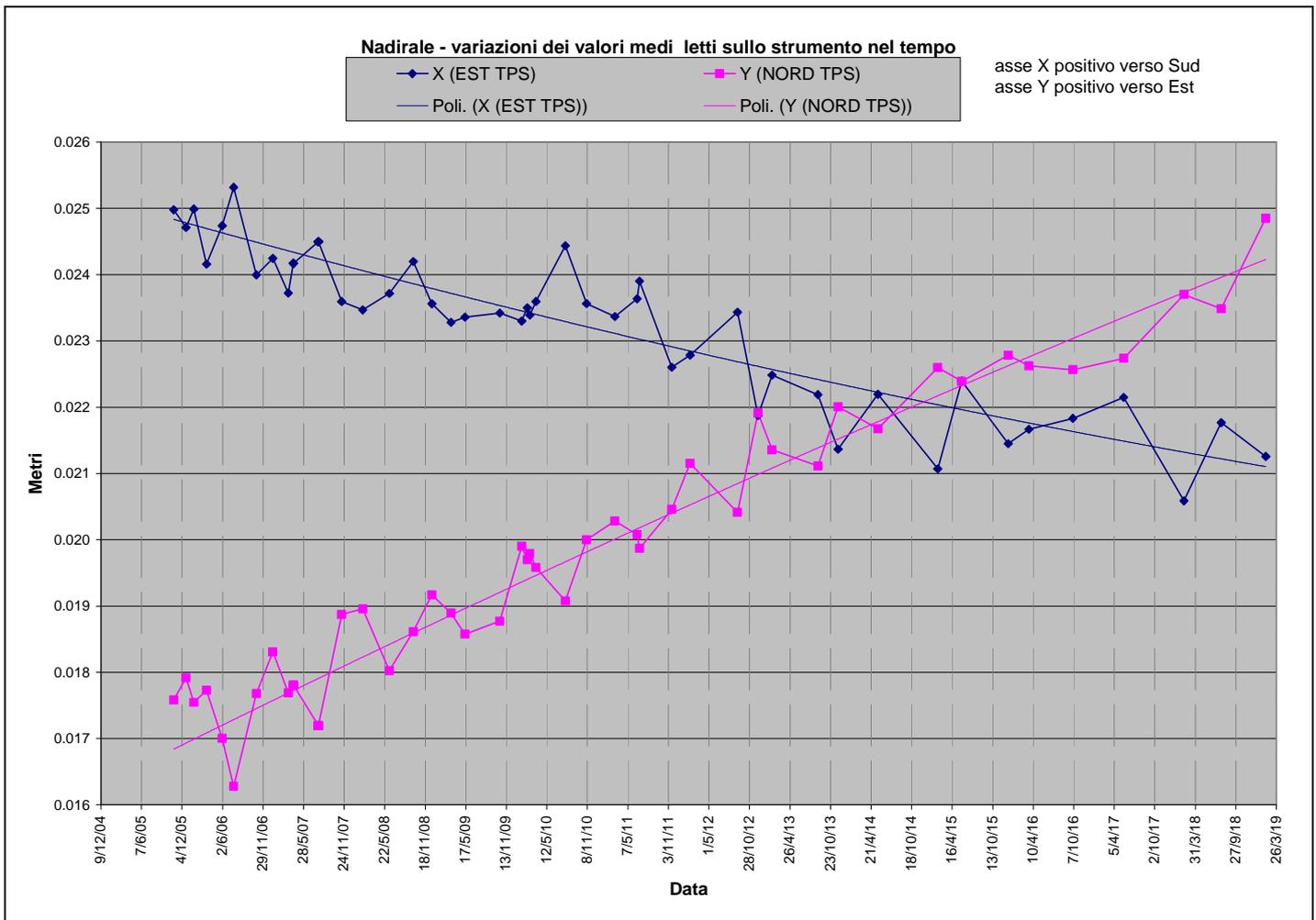


MART ottico vettori totali ZONA SUD

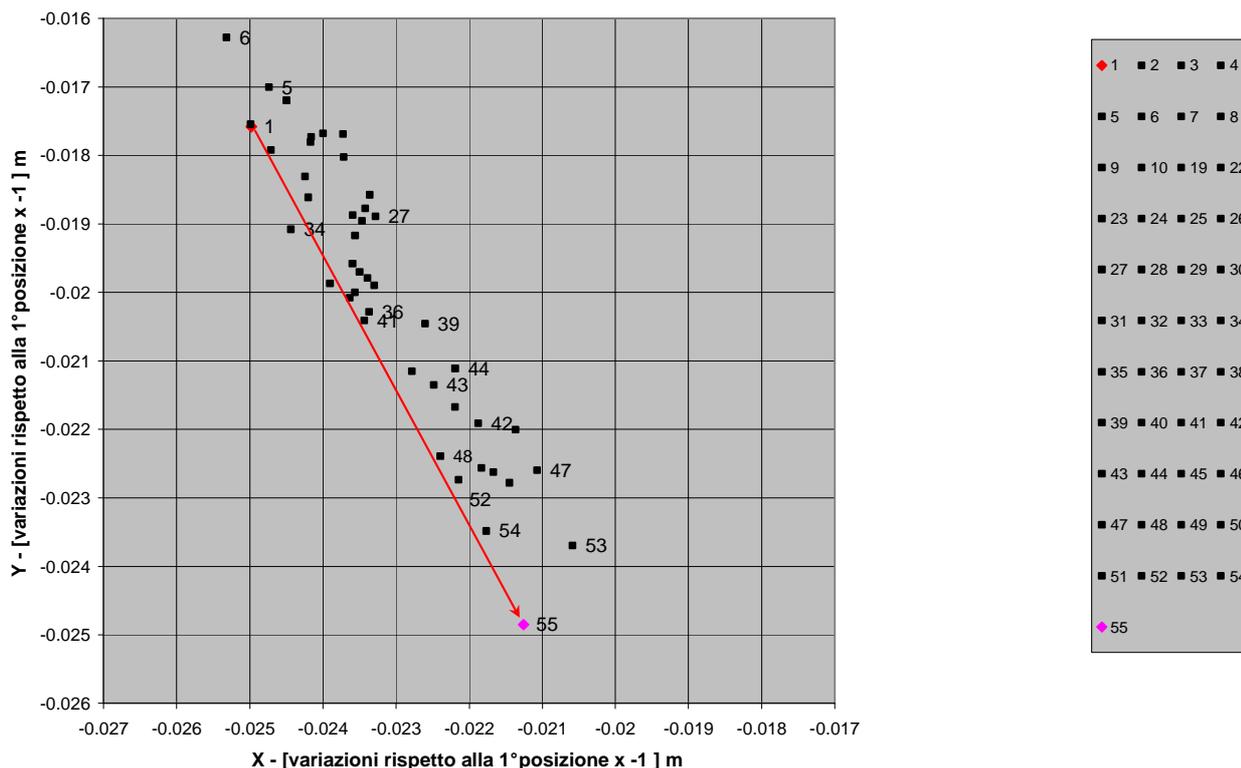


## NADIRALE – EDIFICIO MART

Lo strumento nadirale misura gli spostamenti del pilastro di stazione sul tetto del Mart rispetto a un punto materializzato sulla fondazione alla base del vano tecnico; permette di riportare ad ogni misura, misurandone i delta, l'asse verticale della stazione totale esattamente sul punto materializzato sulla fondazione. E' in pratica un "piombo ottico" che misura il movimento planimetrico della copertura rispetto alla fondazione dell'edificio; a ogni misura (sono 55 in totale) il punto in alto viene, attraverso una basetta micrometrica, riportato sulla verticale del punto sulla fondazione. I valori registrati, secondo gli assi cartesiani riportati in planimetria (X = ~ Nord/Sud; Y = ~ Est/Ovest), sono quindi speculari rispetto al reale movimento del punto in alto rispetto alla fondazione; la direzione reale di spostamento è Ovest- Sud/Ovest e vale circa 8 mm in 13 anni (0,6 mm/anno)



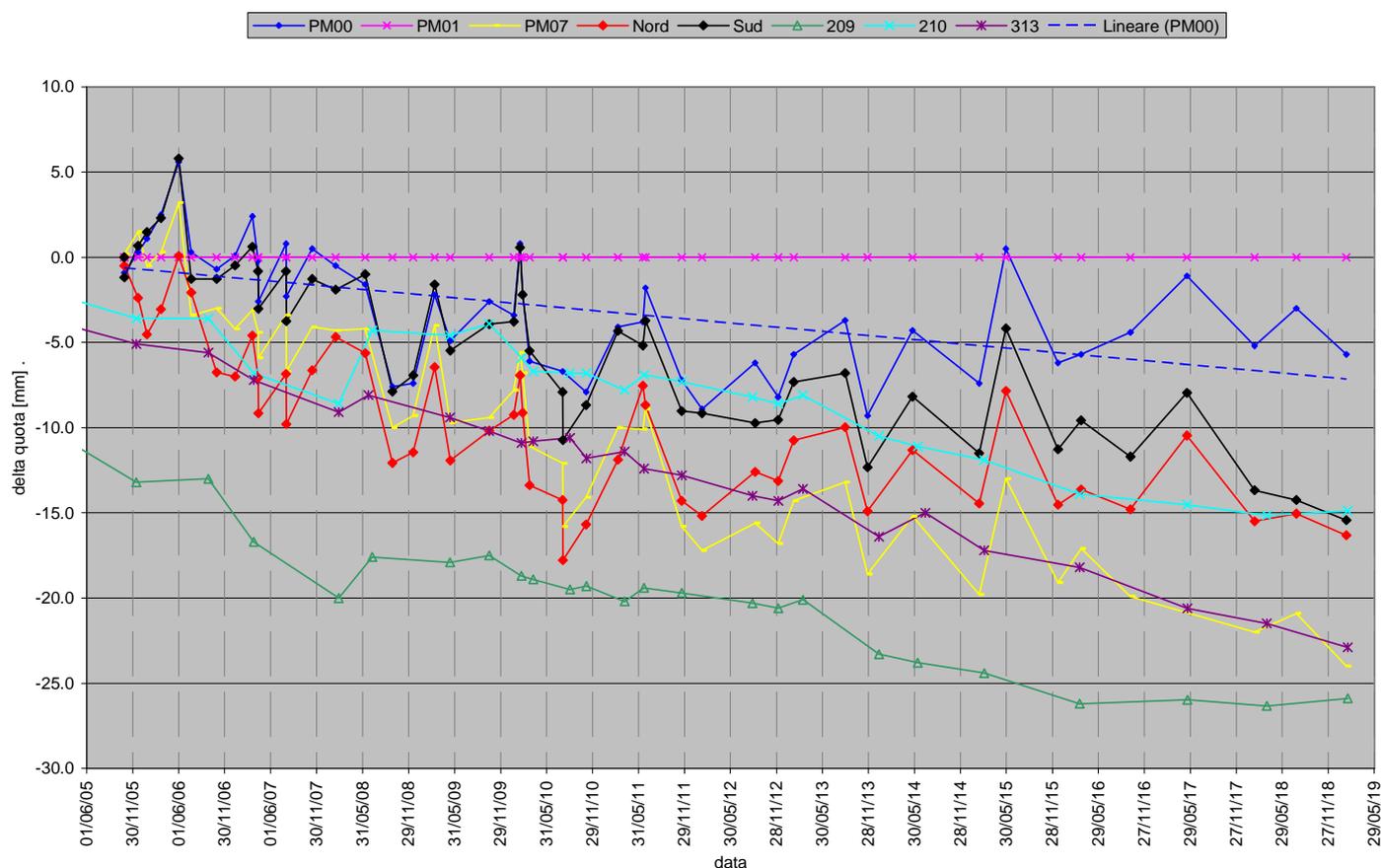
### NADIRALE spostamento della copertura rispetto alla fondazione



I risultati del nadirale misurano il solo movimento sul piano orizzontale del pilastro di stazione; è però molto probabile che al movimento planimetrico si associ anche un assestamento verticale. Si sono quindi corrette le quote risultanti dalle misure ottiche TPS fissando in quota la mira PM01 posta sull'edificio storico del liceo (non visibile in planimetria), oltre 200 m più nord e certamente non influenzato dai lavori di costruzione del MART. La stazione totale non è lo strumento più preciso per la misura della componente verticale, tuttavia i grafici derivanti dalle elaborazioni mostrano una tendenza all'abbassamento del punto di stazione PM00 sul tetto.

Sono confrontabili gli assestamenti sui punti TPS in corrispondenza di alcuni dei punti di livellazione (209-210-313) misurati con un riferimento completamente diverso e, nella componente verticale, molto più preciso. Il trend di deformazione verticale si presenta in diminuzione.

MART TPS - componente VERTICALE



## LIVELLAZIONI - VERSANTE

Le linee di livellazione attuali sono il risultato di successive integrazioni e variazioni che si sono successe nel tempo a seguito degli interventi del 2000 e del 2010. Le prime misure riguardavano la sola via Sette Ville; in seguito si sono estese a via Bellavista ed al muro tirantato. Le misure di livellazione danno la sola componente verticale, ma con una precisione maggiore rispetto al monitoraggio TPS, di circa un ordine di grandezza.

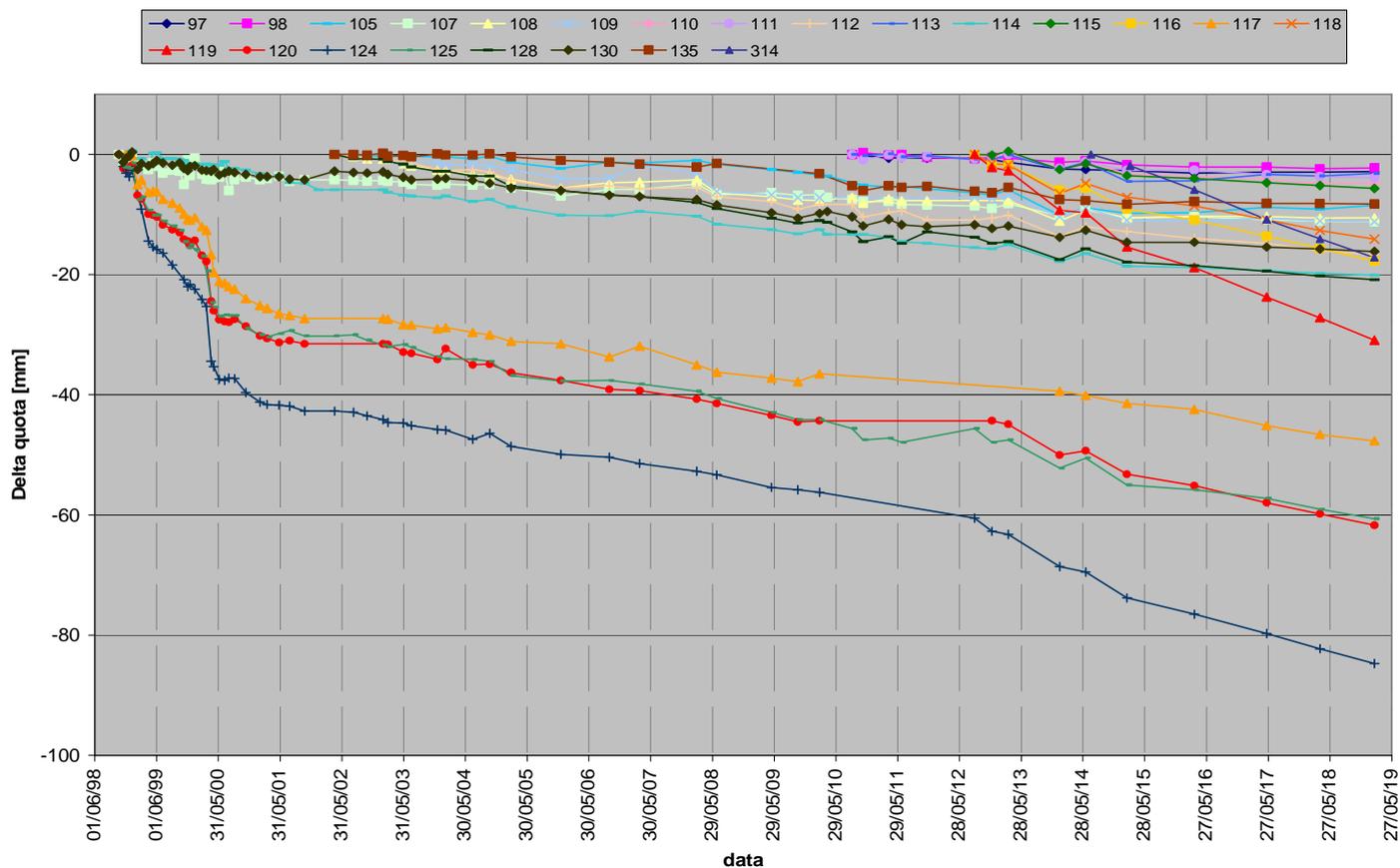
L'attuale numerazione è riassunta nella seguente tabella:

Linee	Sigla punti	N° punti	Letture di zero	Ultima lettura
Via Sette Ville	7VIL	97 - 136	Ottobre 1998	Febbraio 2019
Muro Tirantato	MUR	301 - 313	Febbraio 2003	"
Via Bellavista	BLV	197 - 220	Agosto 2002	"
Via Miramonti	MRA	401 - 412	Settembre 2010	"

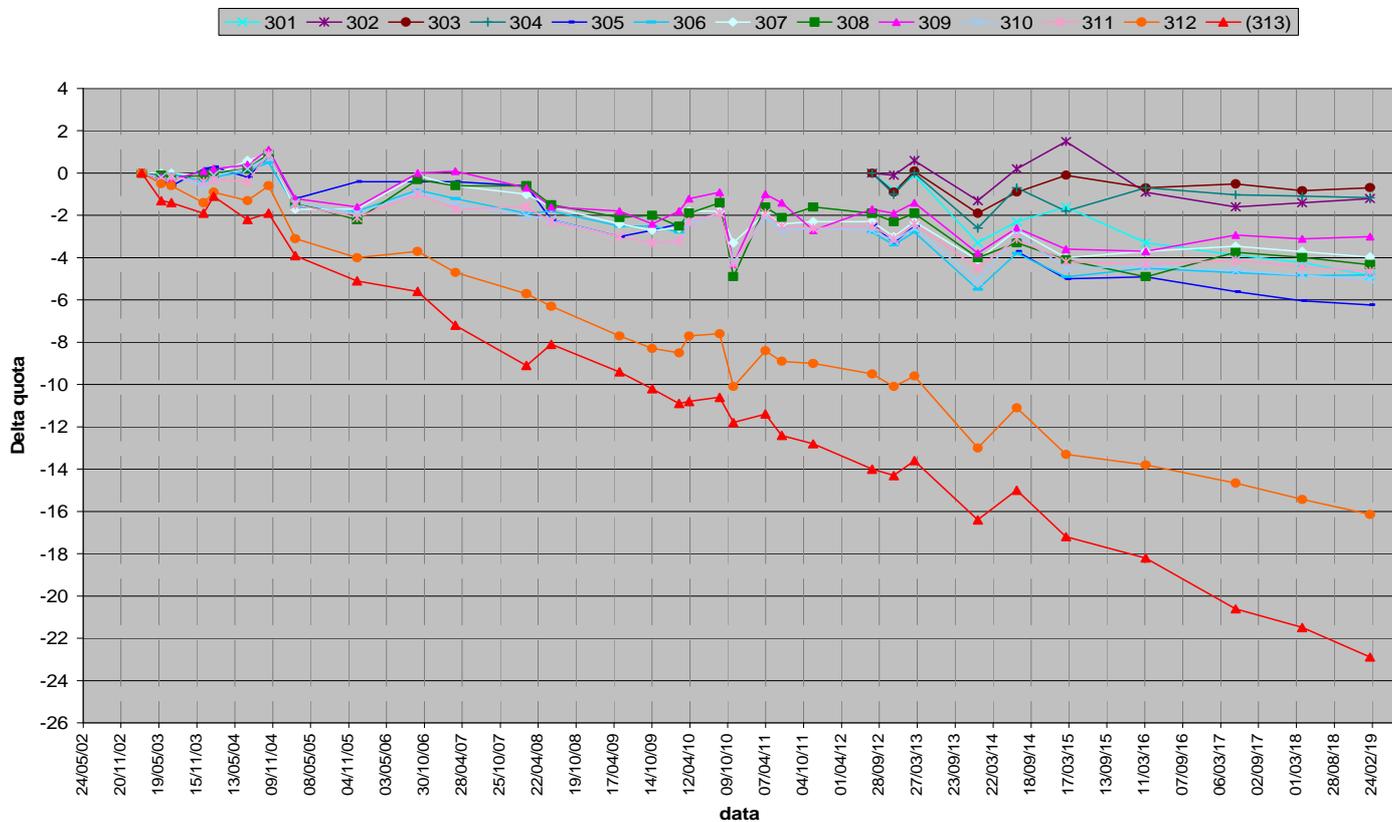
Le maggiori deformazioni si sono verificate a valle delle ultime abitazioni di Via Sette Ville; nel grafico storico si osserva che la maggiore velocità di deformazione è stata misurata nella primavera del 2000, in concomitanza con la costruzione del muro tirantato; tra marzo e aprile 2000 si sono superati i 75 mm/anno di velocità in abbassamento.

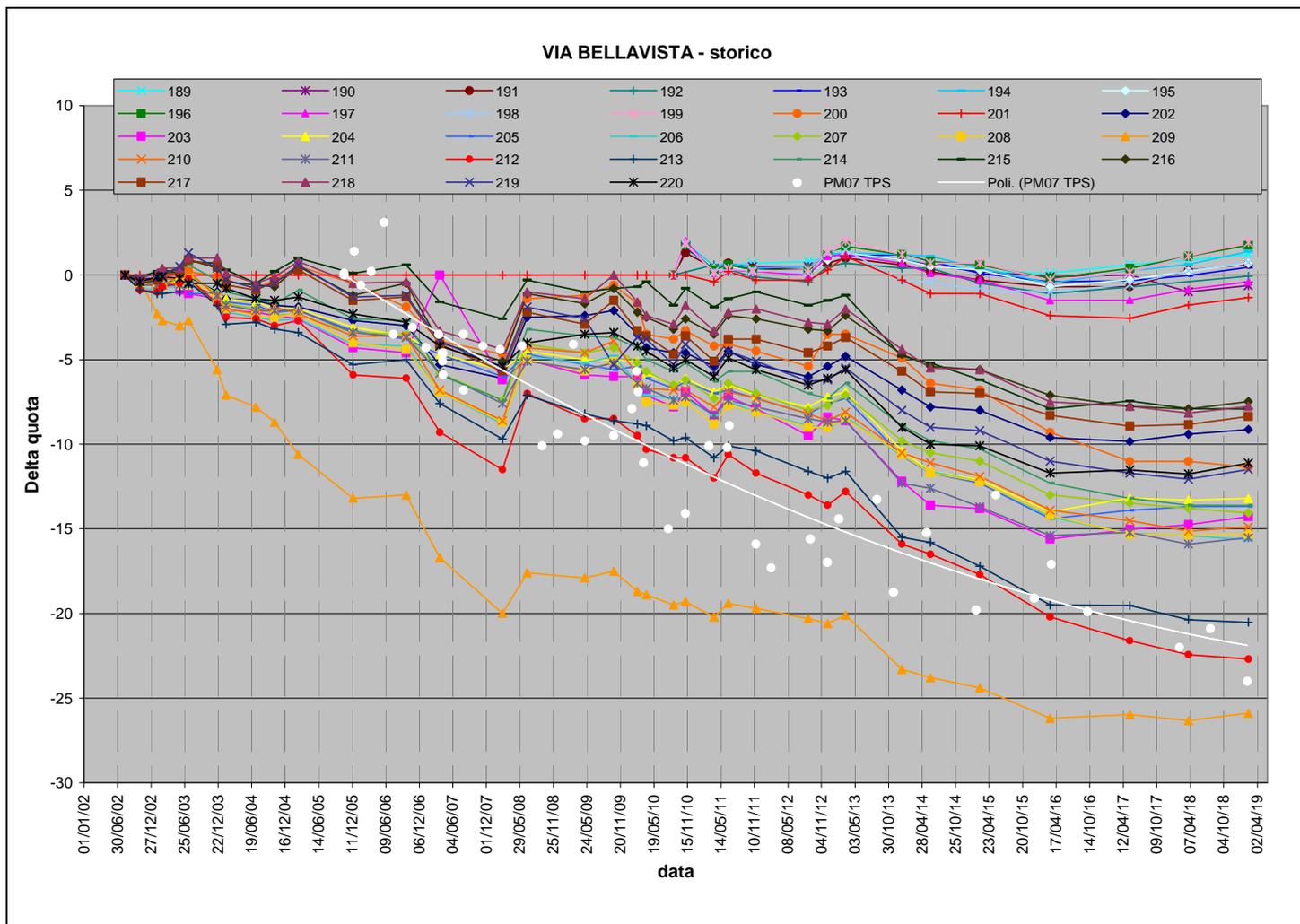
I tre grafici successivi riassumono l'andamento della deformazione comprendendo tutti i dati disponibili:

Via SETTE VILLE - storico



MURO TIRANTATO sotto le case - storico

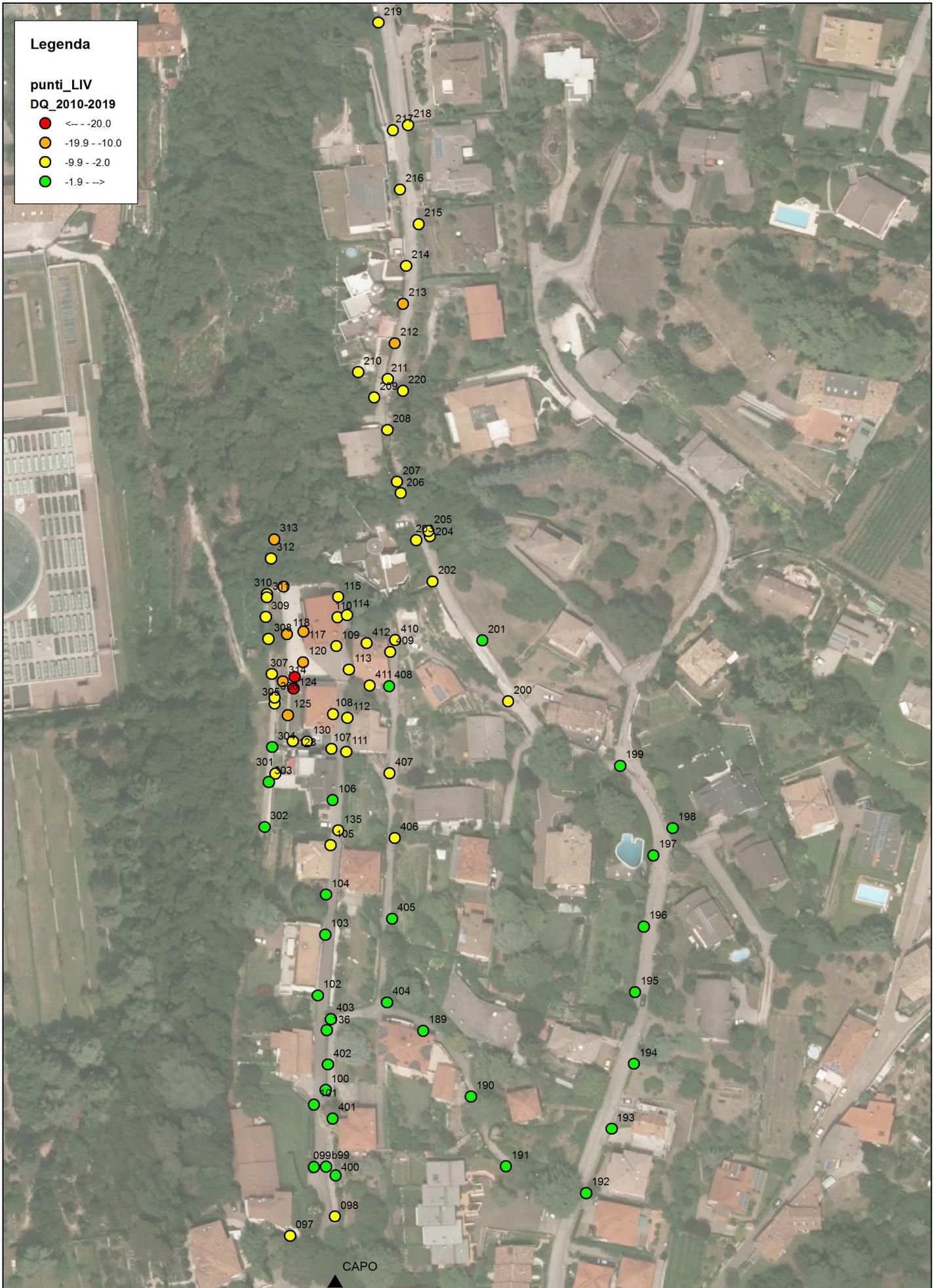




Dopo la fine dei lavori di ricostruzione delle abitazioni e l'allungamento verso Sud del muro tirantato, sotto via 7 Ville, per rendere i risultati confrontabili con maggiore chiarezza, si è deciso di misurare tutti i punti a partire da un unico caposaldo, posto su un muro di sostegno esterno, presso il tornante sulla S.P. all'inizio di via 7 Ville.

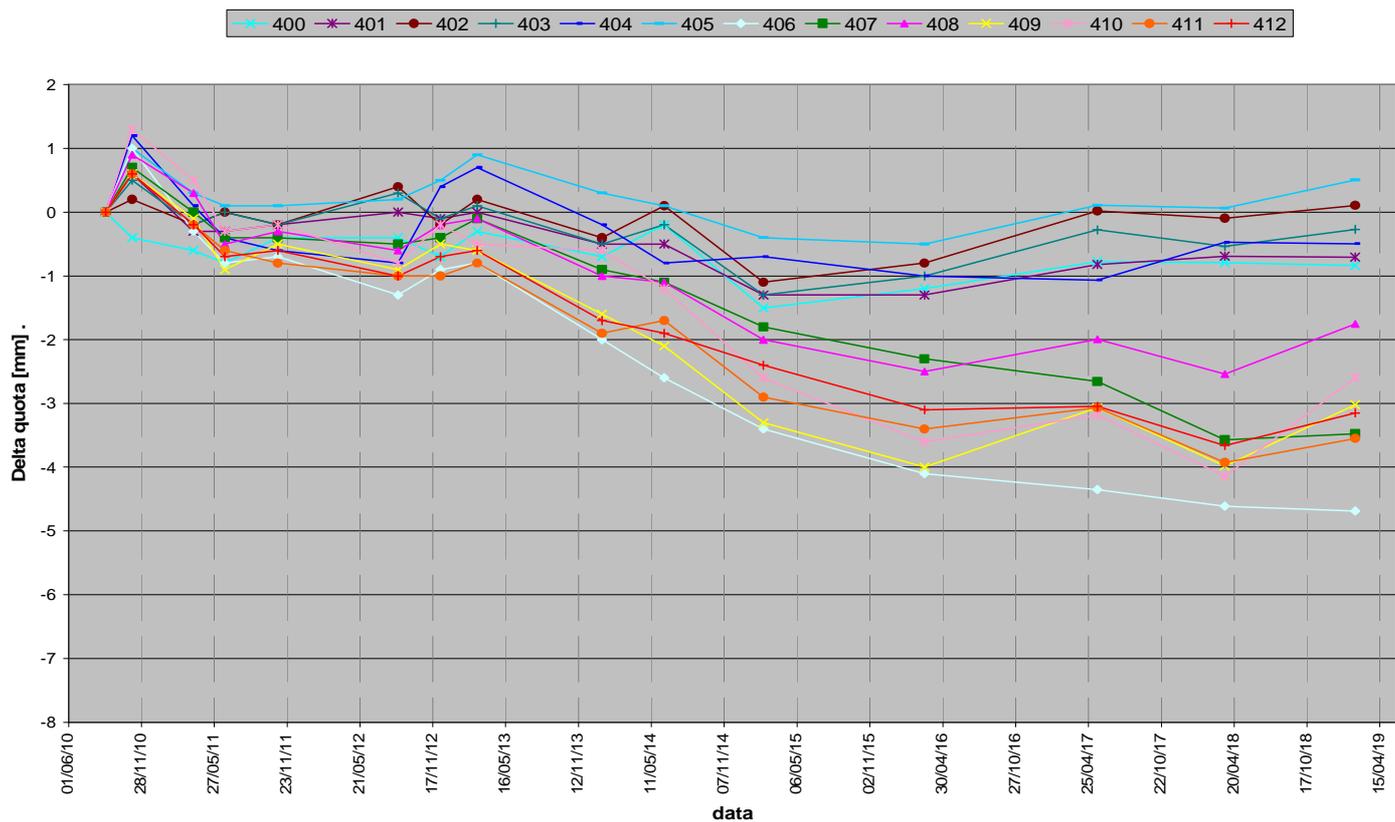
Sono di seguito riportati i risultati delle livellazioni considerando la lettura del settembre 2010 una nuova lettura di zero.

Nell'immagine successiva è riportata la planimetria con i valori delta quota in mm rappresentati a diversa scala cromatica, tutti dal 2010 e quindi confrontabili nel tempo.

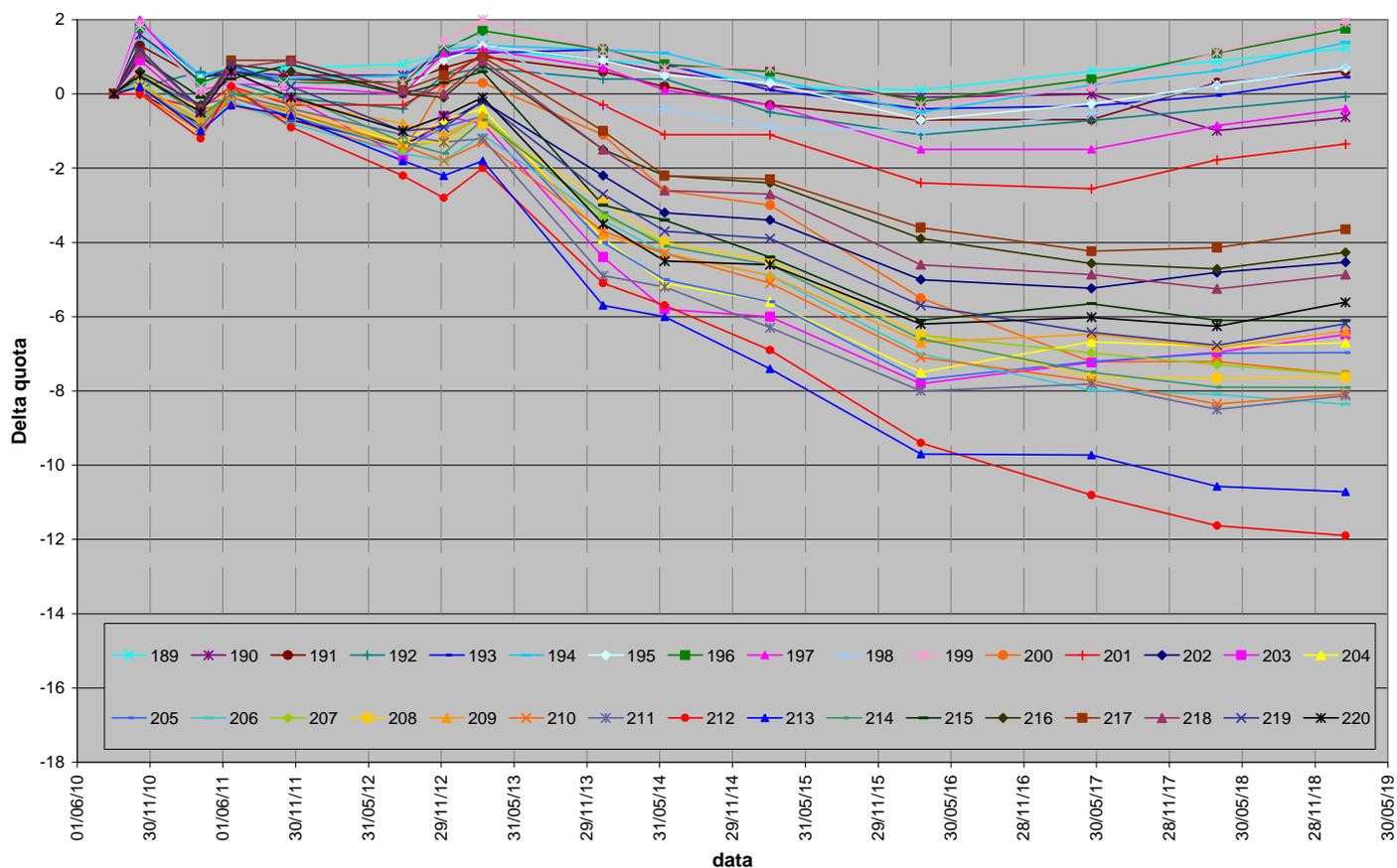




### VIA MIRAMONTI -2010



### VIA BELLAVISTA - 2010



### Via 7 Ville

La deformazione continua a manifestarsi maggiormente verso la fine di Via 7Ville; i punti (116-119 e 314) posizionati a fine lavori di ricostruzione degli edifici sui muretti che delimitano le pertinenze, si abbassano con una velocità costante pari a circa -3 mm/anno.

Tra marzo 2018 e febbraio 2019, la velocità di deformazione media calcolata, considerando i punti più significativi nelle pertinenze degli edifici ricostruiti, è compresa tra -1 e -2 mm/anno e mantiene un trend costante.

### Muro Tirantato

Come già visto nelle misure TPS e come si osserva nel relativo grafico dedicato, il muro tirantato evidenzia ancora un abbassamento costante nel suo vertice nord (312), ancora più marcato qualche metro più a Nord, sul vecchio muro in pietra (313); le loro velocità di deformazione valgono rispettivamente -0,8 e -1,6 mm/anno. La parte nuova del muro, verso Sud, è stabile; il solo punto 301, fissato sul pilastro di sostegno del terrazzo di casa Fedrigotti, qualche metro a monte del muro, manifesta un abbassamento ancora evidente pari a 0,5-0,7 mm/anno.

### Via Miramonti

La livellazione di Via Miramonti conferma che il movimento si è manifestato a Nord del caposaldo 405. La deformazione ha avuto una discreta accelerazione nel periodo 2013/2014 superando di poco 1 mm/anno; negli ultimi tre anni il movimento si è confermato in netta diminuzione, prossimo a zero nell'ultimo anno.

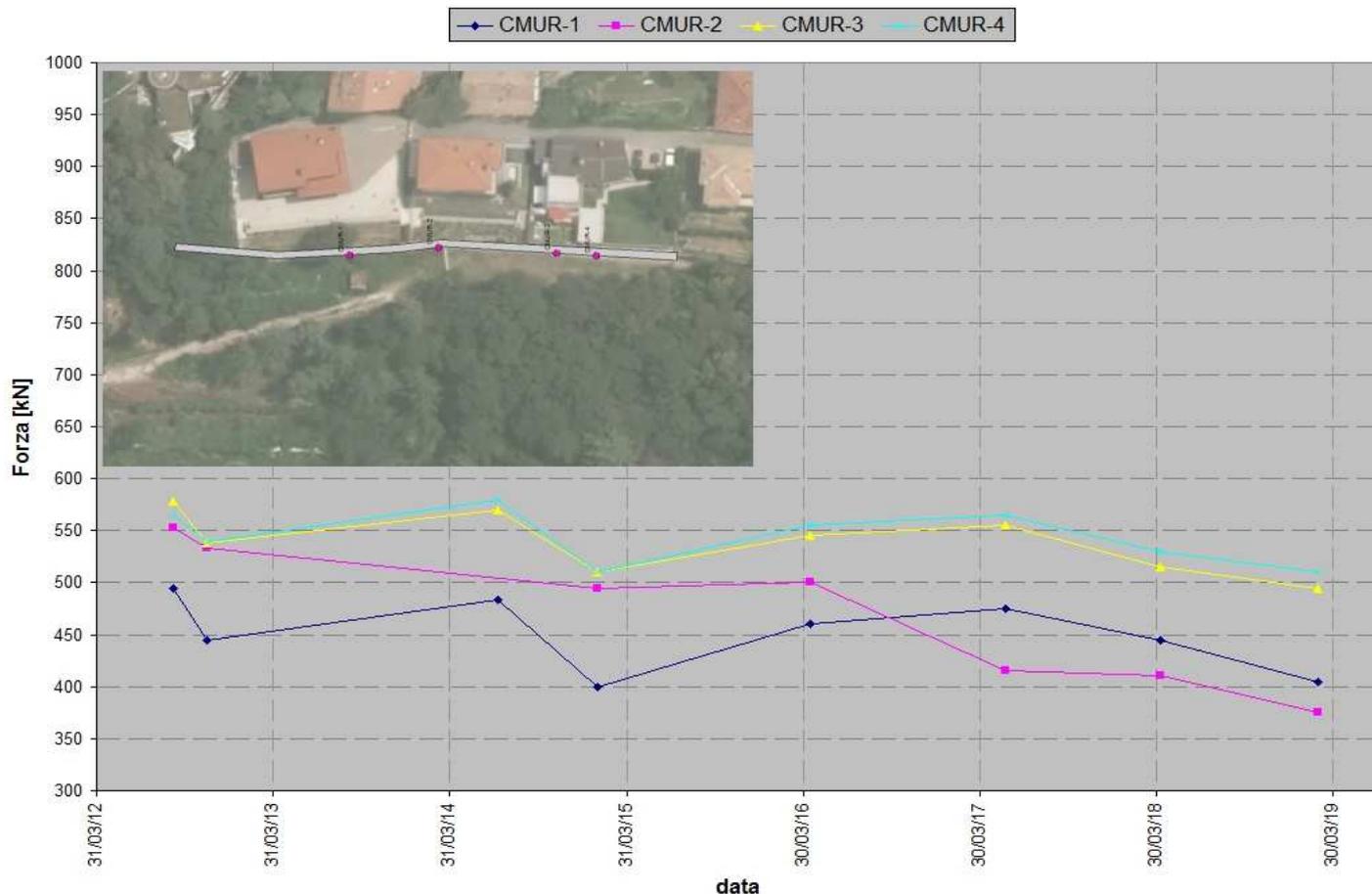
### Via Bellavista

Netto il limite delle deformazioni misurate, le quali iniziano a Nord del punto n. 200; la maggiore la velocità in abbassamento è stata misurata in corrispondenza delle schiere di via Bellavista, a monte del parcheggio MART, e ha superato nel periodo 2014/2015 i 2 mm/anno; negli ultimi tre anni si conferma in decisa diminuzione e sembra tendere a zero.

## CELLE DI CARICO A LETTURA MANUALE – MURO

Le celle di carico installate sul muro tirantato sotto via Sette Ville sono quattro, ID da CMUR-1 a CMUR-4, da Nord verso Sud. Le prime due, attive dal 2000, hanno registrato forze costanti fino al 2012; le due più a Sud sono state aggiunte nel 2012 sul tratto di prolungamento del muro. Da quando sono tutte attive, i valori di forza letti mostrano un trend in diminuzione, più evidente su CMUR-2, la quale registra valori che da 553 KN del 2012 è diminuito fino a 375 KN nel 2019, con la variazione più evidente (-85 KN) tra il 04/2016 e il 05/2017.

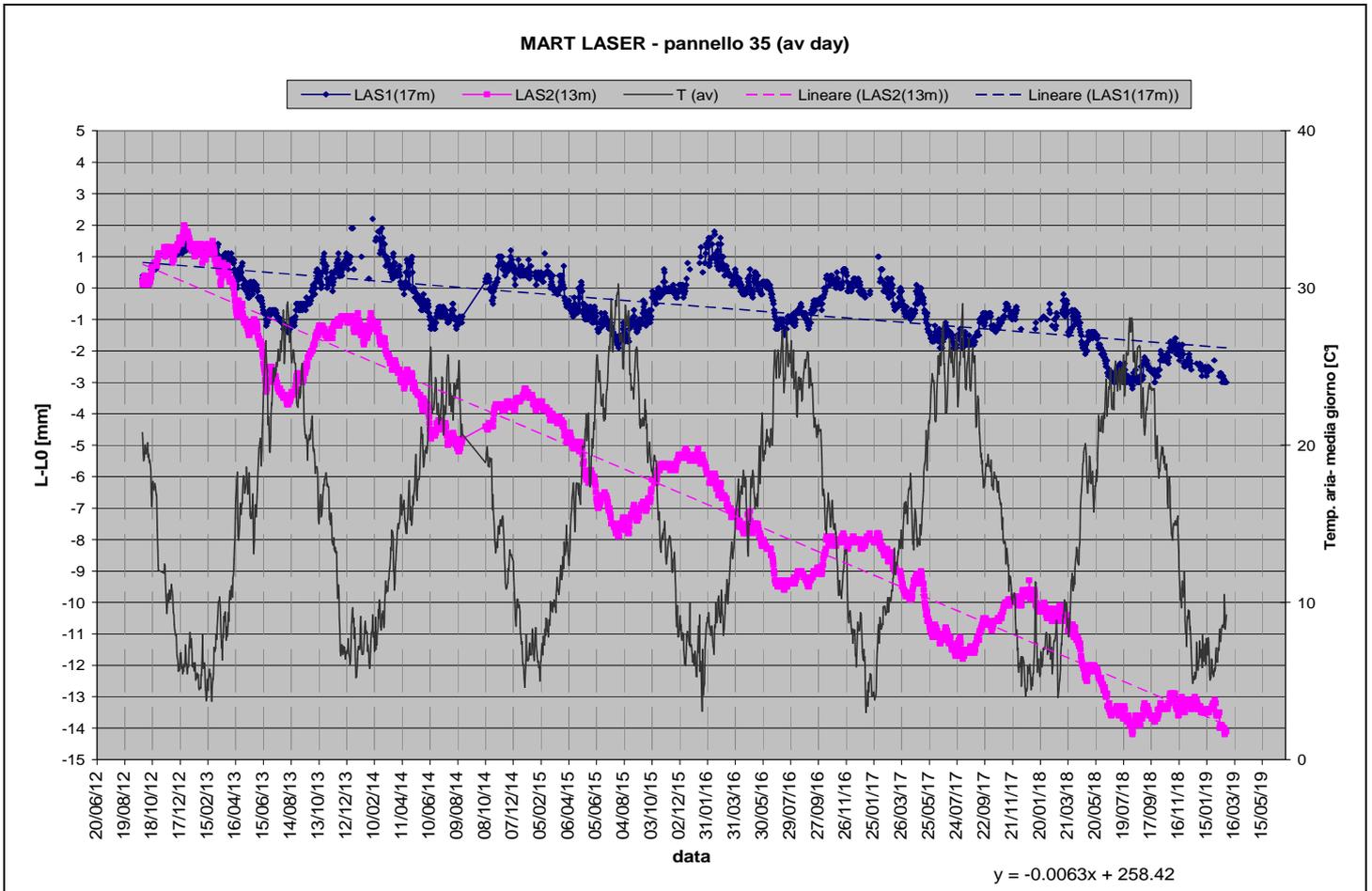
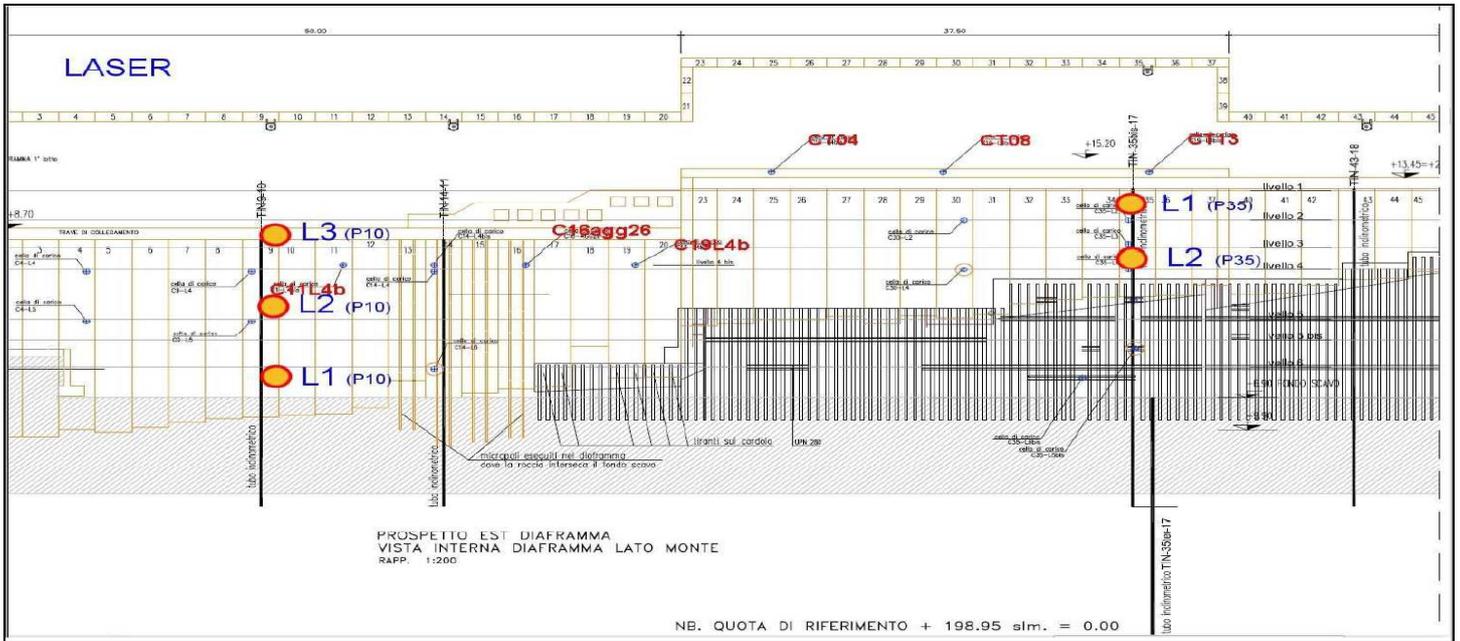
Celle di carico - muro tirantato sotto Via 7Vile  
lettura manuale

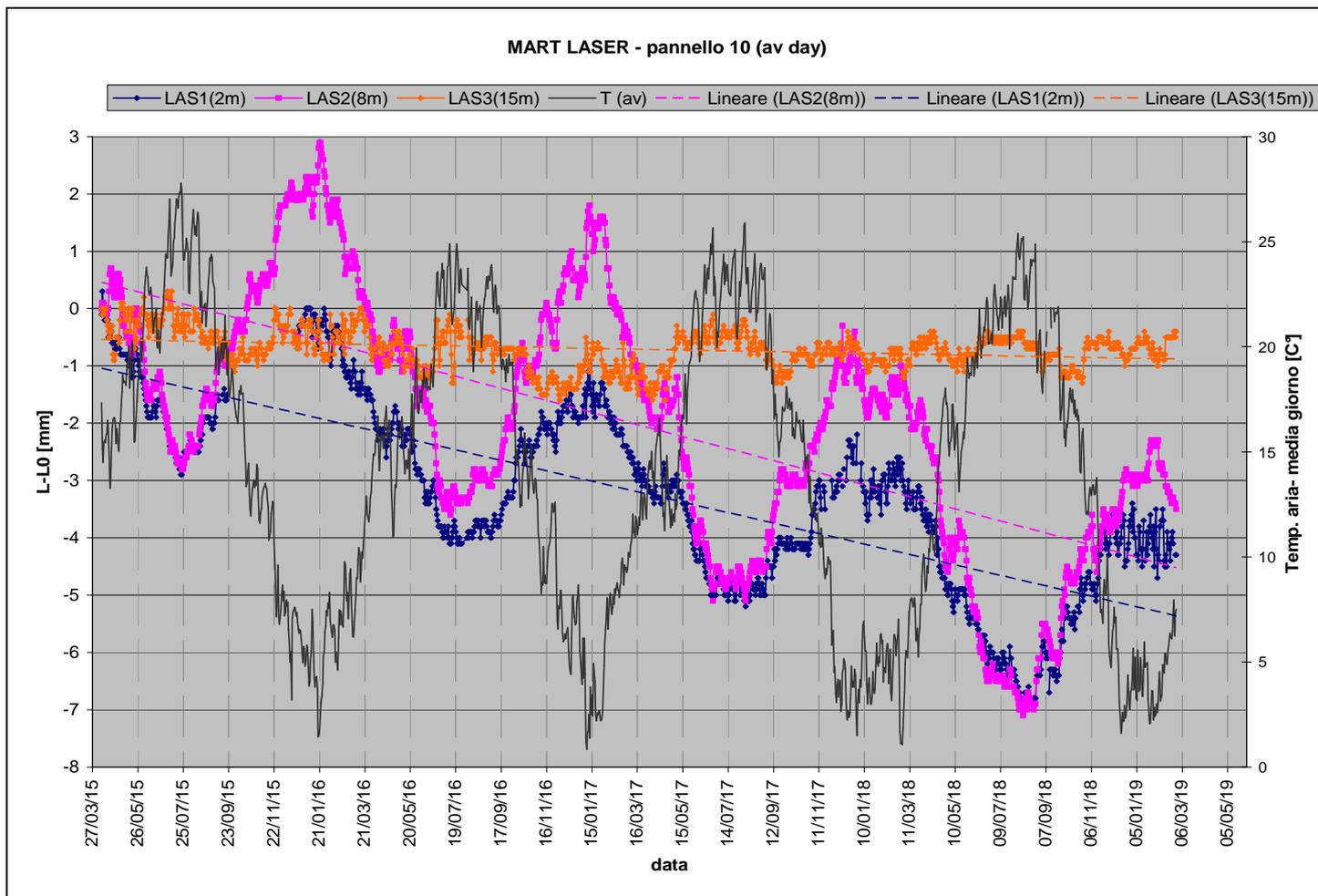


## LASER - DIAFRAMMA-EDIFICIO

Dal settembre 2012 due laser a controllo remoto misurano, ogni 30/60 min, la distanza tra il diaframma e l'edificio del Mart; sono posizionati sul pannello 35, LAS1 e LAS2, rispettivamente a circa 17 m e 13 m di altezza dal piano di calpestio alla base del diaframma.

Dall'aprile 2015 altri tre laser come i precedenti misurano la distanza diaframma edificio a 2, 8 e 15 m di altezza; sono installati sul pannello 9/10, al confine tra il MART ed il parcheggio.





Deformazioni e velocità misurate dai laser sul diaframma, considerando le linee di tendenza lineare:

Pannello 35: LAS1 (h 17m) totale -2,8 mm	vel. -0,4 mm/anno
Pannello 35: LAS2 (h 13m) totale -14,5 mm	vel. -2,3 mm/anno
Pannello 10: LAS1 (h 2m) totale -4,4 mm	vel. -1,1 mm/anno
Pannello 10: LAS2 (h 8m) totale -5,0 mm	vel. -1,3 mm/anno
Pannello 10: LAS3 (h 15m) totale -0,3 mm	vel. -0,1 mm/anno

Le misure non sono state corrette con le temperature rilevate, tuttavia appare chiaro che i risultati registrano un accorciamento della distanza diaframma-edificio, con una velocità, se si esclude l'influenza della temperatura, che appare piuttosto costante, maggiore a metà o nella parte inferiore del diaframma, rispetto alla sommità dello stesso.

#### INCLINOMETRI – VERSANTE - DIAFRAMMA

Con le letture eseguite nel marzo 2019 non si sono notate differenze sostanziali rispetto a quanto scritto nell'ultima relazione; nell'allegato INCLINOMETRI\_MART\_2019.pdf sono riportate le posizioni dei tubi e quattro grafici per ogni inclinometro.

Di seguito le principali osservazioni relative alle elaborazioni dei dati inclinometrici:

Zona Nord, partendo dall'alto:

**I 302:** posizionato a monte della casa di cura Solatrix, circa 300 m più a nord; sembra confermare una superficie di scivolamento principale tra 37 e 39 m dal p.c. con velocità di deformazione inferiore a 1 mm/anno e direzione Ovest/Nord-Ovest

**I 301:** superficie principale a 42 m dal p.c.; velocità di deformazione media piuttosto costante pari a 2,3 mm/anno; direzione principale: Ovest.

**I 298:** superficie principale a 39 m dal p.c.; velocità di deformazione media pari a 2,3 mm/anno; direzione principale: Ovest.

**I 297:** superfici tra 12 e 21 m dal p.c.; velocità di deformazione media pari a 2,4 mm/anno; direzione principale: Ovest.

**I 235:** superficie principale a 26 m dal p.c.; velocità di deformazione media piuttosto costante pari a 2,2 mm/anno; direzione principale: Ovest.

**I 299:** situato nell'intercapedine del diaframma, non restituisce risultati di sicura interpretazione; necessita di un'analisi approfondita, i movimenti visibili in sommità sono inferiori a 3 mm in quasi 7 anni.

Zona Sud, partendo dall'alto:

**I 293:** difficilmente interpretabile; mostra gravi problemi in fase di realizzazione; un probabile movimento è visibile lungo due superfici principali a 4 e tra 9 e 11 m dal p.c.

**I 3:** superficie principale tra 9 e 13 m dal p.c.; tubo inclinometrico storico, attivo dal 2001; velocità di deformazione media in netto aumento fino al 2011, dopo, in evidente diminuzione; velocità media pari a circa 2,3 mm/anno; direzione principale: Ovest.

**I 193:** superficie principale a 10 m dal p.c.; velocità di deformazione media inferiore a 1 mm/anno; direzione principale: Ovest. Elaborando i soli dati in prossimità della superficie principale (tra 9 e 11 m) si nota che il movimento di quella discontinuità è costante pari a circa 0,5 mm/anno

**I 237:** superfici principali tra 8 e 22 m dal p.c.; la più evidente a 16 m; velocità di deformazione media pari a 3 mm/anno; direzione principale: Ovest.

**I 300:** come I299, situato nell'intercapedine a sud dell'edificio, da risultati di difficile interpretazione; movimenti inferiori a 3 mm in quasi 7 anni.

## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Riassumendo, si può affermare che la velocità di deformazione media misurata sul versante tra marzo 2018 e febbraio 2019, varia tra 1,5 e 3 mm/anno e si mantiene discretamente costante. I laser, unici strumenti ancora attivi in continuo, a monitoraggio del diaframma mostrano velocità di deformazione (in diminuzione la distanza diaframma-edificio) variabili tra 0,1 e 2,3 mm/anno e, se non si considerano gli effetti temperatura, con un trend decisamente costante.

Le zone più in alto, via Bellavista e via Miramonti evidenziano una discreta diminuzione della velocità di deformazione, riscontrabile maggiormente nelle misure di livellazione.

Considerando che il diaframma è ora monitorato in continuo dai soli cinque laser che mostrano una deformazione continua su entrambi i pannelli, si ripete quanto riportato nelle precedenti relazioni.

Trento, 14/03/2019

Dott. geol.  
Andrea Franceschini

Geom.  
Mauro Degasperis