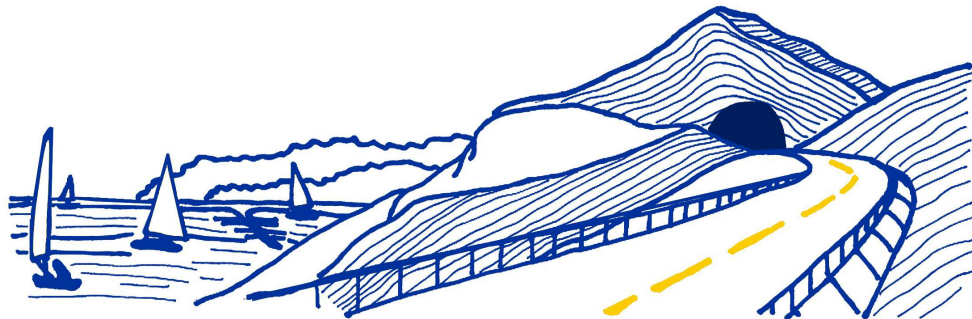


**VARIANTE ALLA S.S.1 AURELIA (AURELIA BIS)  
VIABILITA' DI ACCESSO ALL' HUB PORTUALE DI LA SPEZIA  
INTERCONNESSIONE TRA I CASELLI DELLA A-12 E IL PORTO DI LA SPEZIA  
3° LOTTO TRA FELETTINO E IL RACCORDO AUTOSTRADALE**

**PROGETTO ESECUTIVO DI STRALCIO E COMPLETAMENTO C - 3° TRATTO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**GE265**



VISTO: IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO

RESPONSABILE  
DELL'INTEGRAZIONE DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

PROGETTISTA SPECIALISTA

IL COORDINATORE DELLA  
SICUREZZA IN FASE DI  
PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio CARDONE

Ing. Alessandro RODINO

Ing. Alessandro RODINO

Dott. Domenico TRIMBOLI

**OPERE MAGGIORI  
GALLERIE NATURALI  
GALLERIA NATURALE FELETTINO III  
SISTEMA DI MONITORAGGIO  
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO**

CODICE PROGETTO

NOME FILE

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

0000\_P00GN03GETRE01\_A

DPGE0265 E 20

CODICE ELAB. P00GN03GETRE01

A

-

C					
B					
A	EMISSIONE	Marzo 2021	M. Barale	E. Giraudò	A. Rodino
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



<b>INDICE</b>	<b>Pag.</b>
1. PREMESSA .....	1
2. MONITORAGGI ESEGUITI DURANTE LA COSTRUZIONE .....	2
2.1 Evidenze in fase di scavo .....	2
2.2 Stato attuale dei lavori .....	3
2.3 Risultati dei monitoraggi eseguiti in corso d'opera .....	4
3. IL PREVISTO SISTEMA DI MONITORAGGIO .....	6

**Allegati:**

1	Risultati monitoraggio – Misure inclinometriche
2	Risultati monitoraggio –Livellazione topografica
3	Risultati monitoraggio –Misure di convergenza



## 1. Premessa

La presente Relazione viene redatta nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo di Completamento dello "Stralcio C" dei "Lavori di costruzione della variante alla S.S. 1 Aurelia (Aurelia bis), viabilità di accesso all'HUB portuale di La Spezia, interconnessione tra i caselli della A 12 e il porto di La Spezia – 3° Lotto tra Felettino ed il raccordo autostradale".

In particolare, vengono analizzate le problematiche relative ai lavori di completamento della galleria naturale Felettino III.

La galleria naturale Felettino III presenta una lunghezza complessiva di 198.00 m e, come risulta dagli elaborati di As-Built, il fronte di scavo si trova alla pk. 3+312,07. Il tratto realizzato presenta pertanto una lunghezza di circa 105.21 m a partire dall'imbocco Sud posto alla pk. 3+417,28.

Negli atti amministrativi e progettuali disponibili viene evidenziato come la realizzazione della galleria abbia avuto notevoli difficoltà a causa della presenza di un ammasso di scadenti caratteristiche geomeccaniche. Si è altresì generata un'estesa situazione di dissesto caratterizzata da movimenti di versante profondi, che hanno coinvolto un edificio (indicato negli atti progettuali come Edificio n° 8), ubicato nel tratto centrale della galleria, a breve distanza dal tracciato.

In sede realizzativa sono stati pertanto effettuati monitoraggi, indagini geognostiche integrative e studi mirati alla comprensione del fenomeno di dissesto.

In allegato vengono riportati i risultati dei monitoraggi eseguiti dalle società STE Research S.r.l., CBGEO Progetti S.r.l. e Georingegneria S.r.l., effettuati tra il 30 gennaio 2013 e il 20 giugno 2014.

## 2. Monitoraggi eseguiti durante la costruzione

### 2.1 Evidenze in fase di scavo

Durante l'esecuzione degli scavi, si è constatato che la qualità dell'ammasso risultava peggiore rispetto a quella originariamente prevista in sede della Progettazione Esecutiva. La realizzazione della galleria risulta essere stato, sin dall'imbocco (Sud) molto complesso a causa della presenza di un ammasso estremamente tettonizzato.

Per il tratto di galleria già realizzato, come risulta dagli atti progettuali, rispetto a quanto era definito dal Progetto Esecutivo originario che prevedeva solamente consolidamenti al contorno del cavo mediante iniezioni selettive in pressione, la sezione tipo di scavo era stata modificata in corso d'opera prevedendo l'aggiunta di infilaggi metallici di presostegno al contorno. Inoltre, per contenere i fenomeni deformativi, negli ultimi campi di scavo era stata ridotta la distanza massima dell'arco rovescio dal fronte a 4-5 m.

Tali interventi non sono però stati risolutivi poiché il rilevante comportamento deformativo è perdurato così come anche i fenomeni d'instabilità al contorno che si sono propagati fino alla superficie.

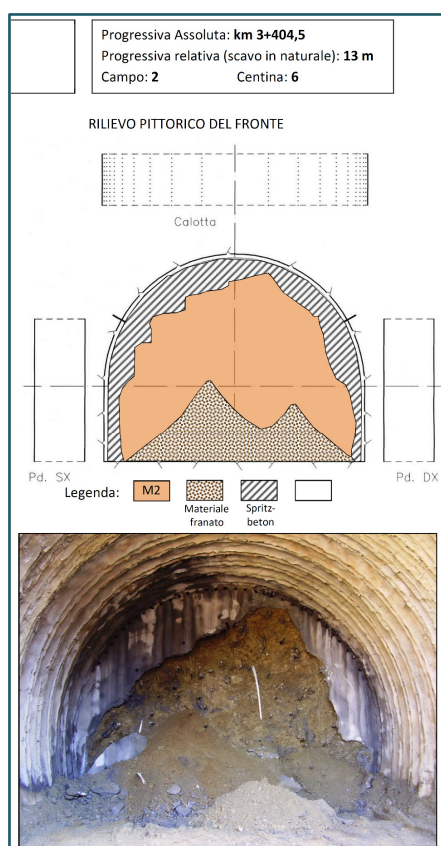


Figura 1 – Fronte di scavo al Pk 3+404

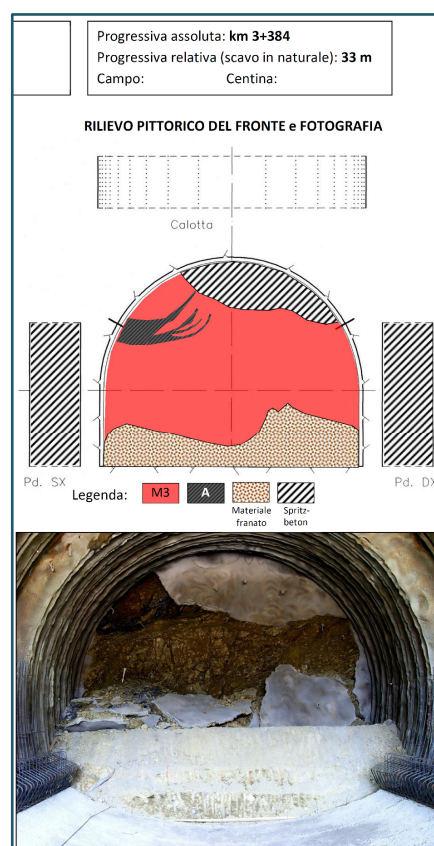


Figura 2 – Fronte di scavo al Pk 3+404

## 2.2 Stato attuale dei lavori

Nel tratto realizzato sono presenti parti di rivestimento definitive realizzate e parti ove è presente il solo rivestimento di prima fase in calotte che si presenta diffusamente deformato generando l'impossibilità di realizzare il rivestimento definitivo dello spessore richiesto, di minimo 60 cm. L'arco rovescio invece è realizzato sull'intero tratto scavato.

Nella seguente tabella viene riportato lo stato di fatto.

SEZIONI TIPO	PK (m)	CAMPI
Fronte Paratia	3422,3	Inizio Dima
CONCIO	3417,3	Campo 1
D'ATTACCO	3412,7	
C2	3411,7 3401,7	Campo 2
C2R	3400,7 3394,7	Campo 3
C2R	3393,7	Campo 4
	3391,7	
	3390,7	
	3385,7	
C2R	3384,7	Campo 5
	3376,7	
C2R	3375,7	Campo 6
	3367,7	
C2R	3366,7	Campo 7
	3358,7	
C2R	3357,7	Campo 8
	3349,7	
C2R	3348,7	Campo 9
	3340,7	
C2R	3339,7	Campo 10
	3331,7	
C2R	3330,7	Campo 11
	3329,7	
	3328,7	
	3322,7	
C2R	3323,7	Campo 12
	3313,7	
	3312,0	

Al fine di accertare l'esatta geometria del cavo laddove è presente il solo rivestimento di prima fase è stato eseguito un rilievo con Laser-Scanner.

### 2.3 Risultati dei monitoraggi eseguiti in corso d'opera

A seguito dell'evolversi della situazione di dissesto, era stato posto in opera un sistema di monitoraggio costituito da due inclinometri un piezometro e punti di livellazione topografica. I risultati delle successive attività di monitoraggio vengono riportate in allegato.

Oltre alle predette attività di monitoraggio in superficie, si erano posizionate in galleria 14 sezioni per misure di convergenza delle quali in allegato si riportano i risultati (non sono disponibili per tutte le sezioni i vettori di spostamento).

Dall'analisi dei risultati si rilevano le difficoltà avute nella realizzazione della galleria fino al fronte attuale.

Le misure di convergenza evidenziano chiusure significative ma soprattutto una generale tendenza al cedimento verticale delle strutture di rivestimento di prima fase.

Aspetto però più significativo è l'evoluzione del dissesto che ha coinvolto le coltri di copertura e l'edificio n. 8.

Le prime letture degli inclinometri e l'inizio delle attività di livellazione topografica, sono del 30/01/2013 e terminano il 20/06/2014.

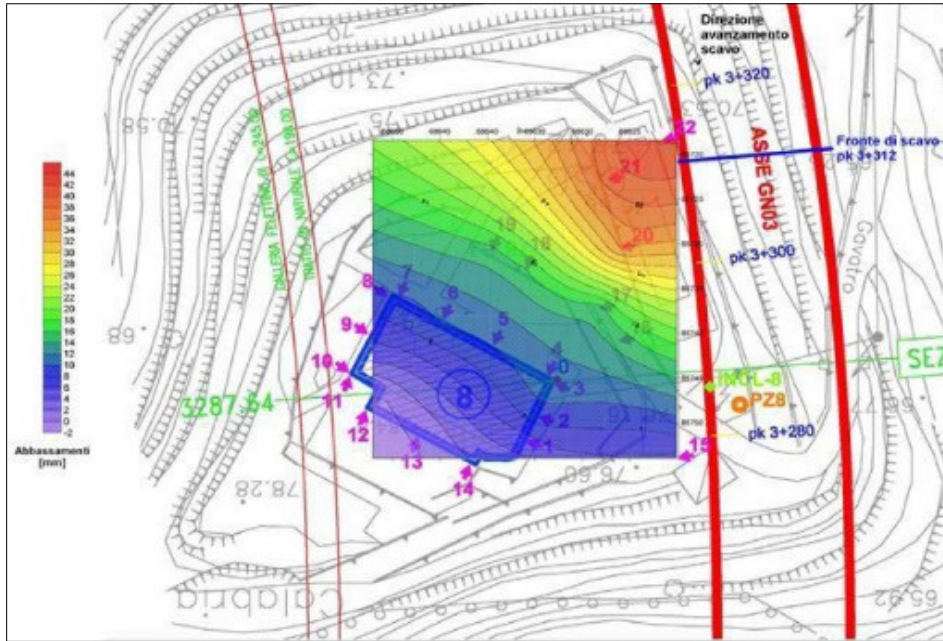
Da evidenziare che il fronte attuale di scavo è stato raggiunto alla fine del febbraio 2013.

Lo scavo del tratto più critico che ha, generato la situazione di dissesto che ha coinvolto il predetto edificio, risale però al periodo tra giugno e luglio 2012.

Le misure effettuate inclinometriche e topografiche di superficie si riferiscono pertanto sostanzialmente al periodo di fermo cantiere. Queste evidenziano l'ulteriore evoluzione della situazione di dissesto anche a lavori interrotti.

Relativamente a tale fabbricato, le risultanze del piano di monitoraggio di superficie ha permesso la valutazione dei cedimenti assoluti e differenziali connessi con le operazioni di scavo della galleria, se pur in termini certamente ridotti rispetto a quelli totali essendo limitati al periodo di monitoraggio successivo di circa sei mesi dall'evidenziarsi della situazione di dissesto.





**Figura 3 – Cedimenti misurati in corrispondenza dell’edificio n.8**

### 3. Il previsto sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio prevede nuove strumentazioni in quanto non si conosce la possibilità di riutilizzo in particolare degli inclinometri esistenti.

Si sottolinea però che sarebbe estremamente utile il poter riprendere le misure degli inclinometri originari, ma essendo trascorsi oltre sei anni dall'ultima lettura tale possibilità pare remota.

Si prevede la messa in opera di:

- il monitoraggio topografico di superficie;
- tubi inclinometrici;
- piezometri.

Per quanto riguarda le cadenze delle letture inclinometriche, dei piezometri e di quelle topografiche la frequenza di lettura potrà essere modulata in relazione alle fasi realizzative ma non dovrà essere superiore alla settimanale.

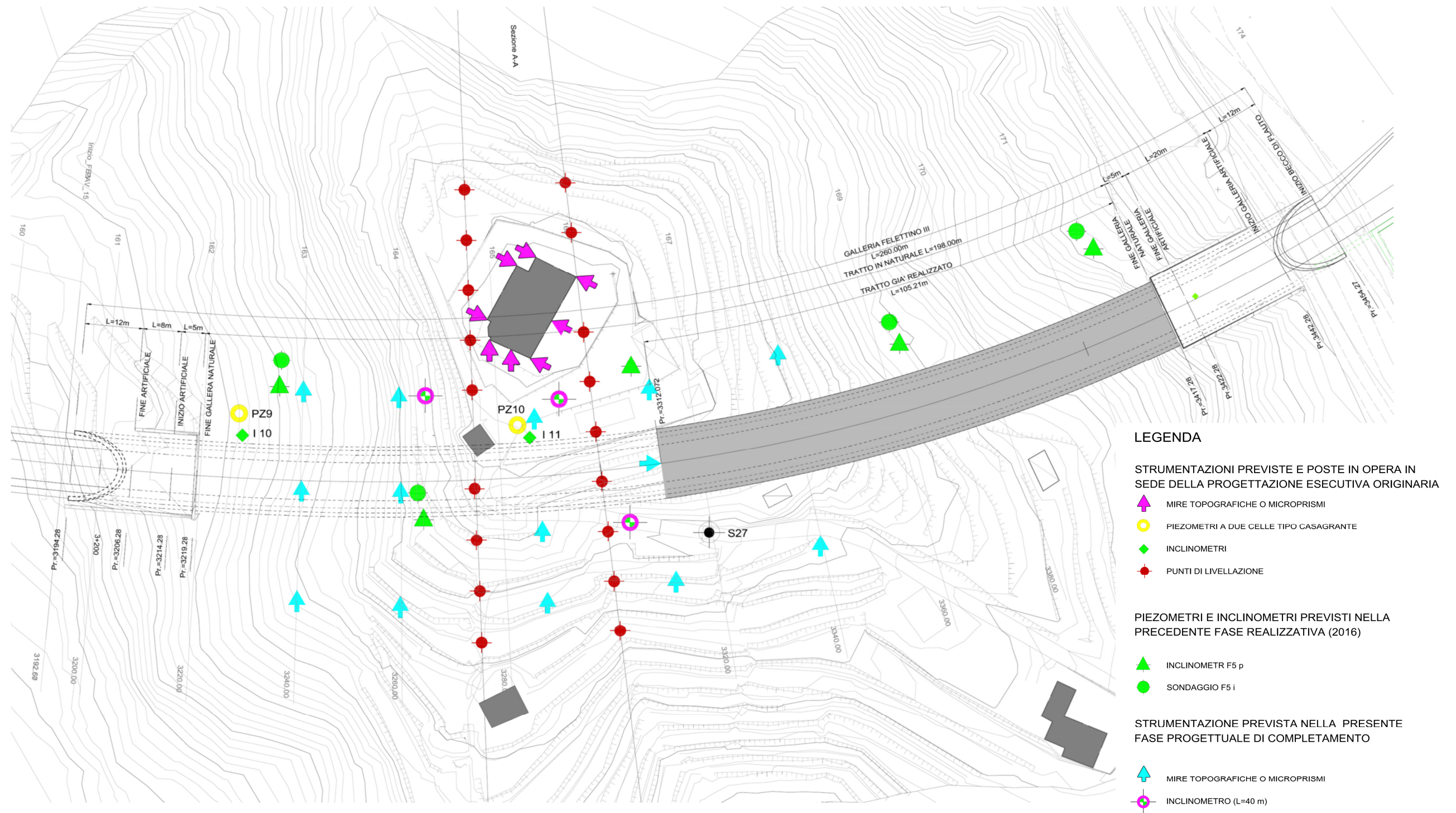


Figura 4 – Sistemi di monitoraggio – Stralcio planimetrico

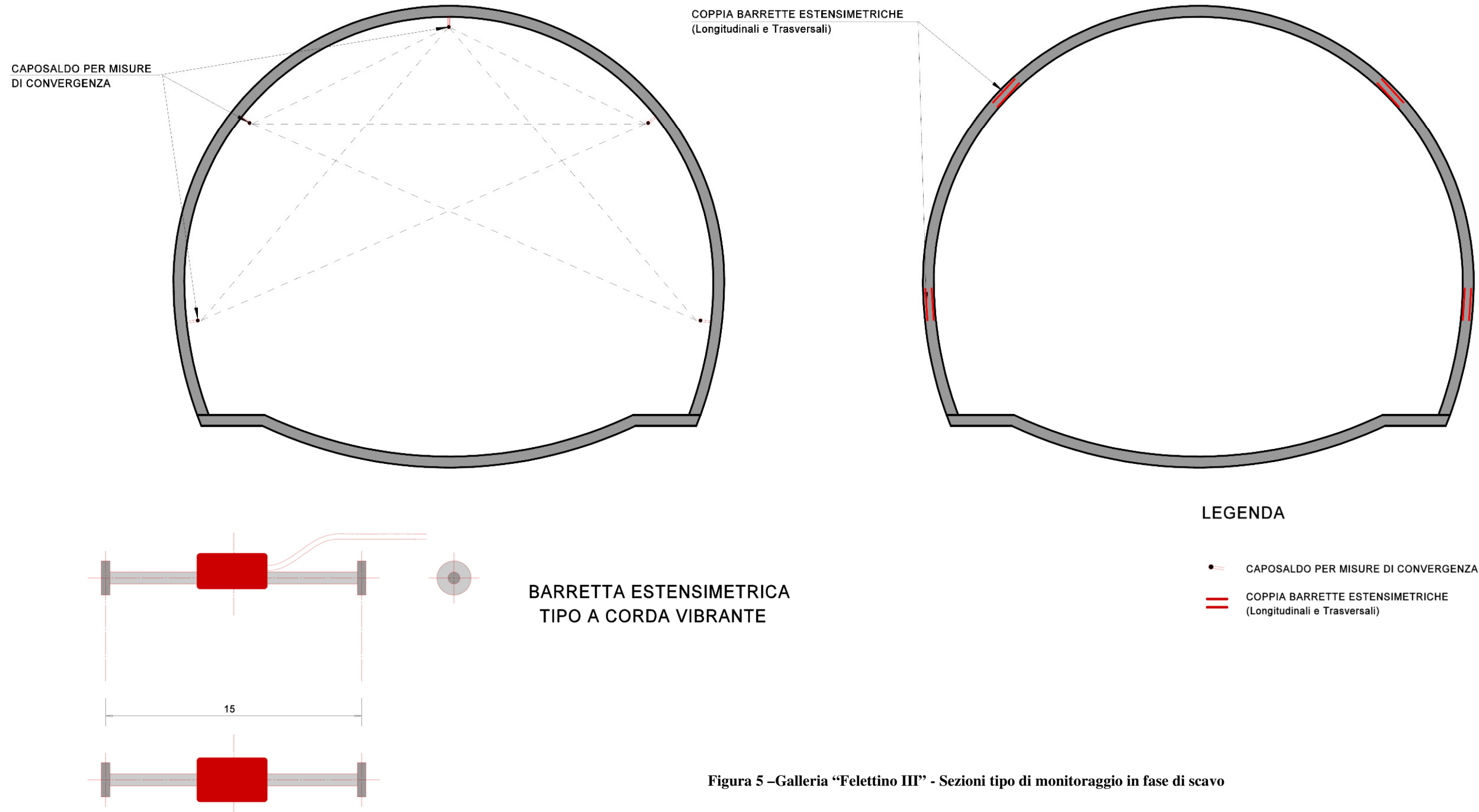


Figura 5 –Galleria “Felettino III” - Sezioni tipo di monitoraggio in fase di scavo

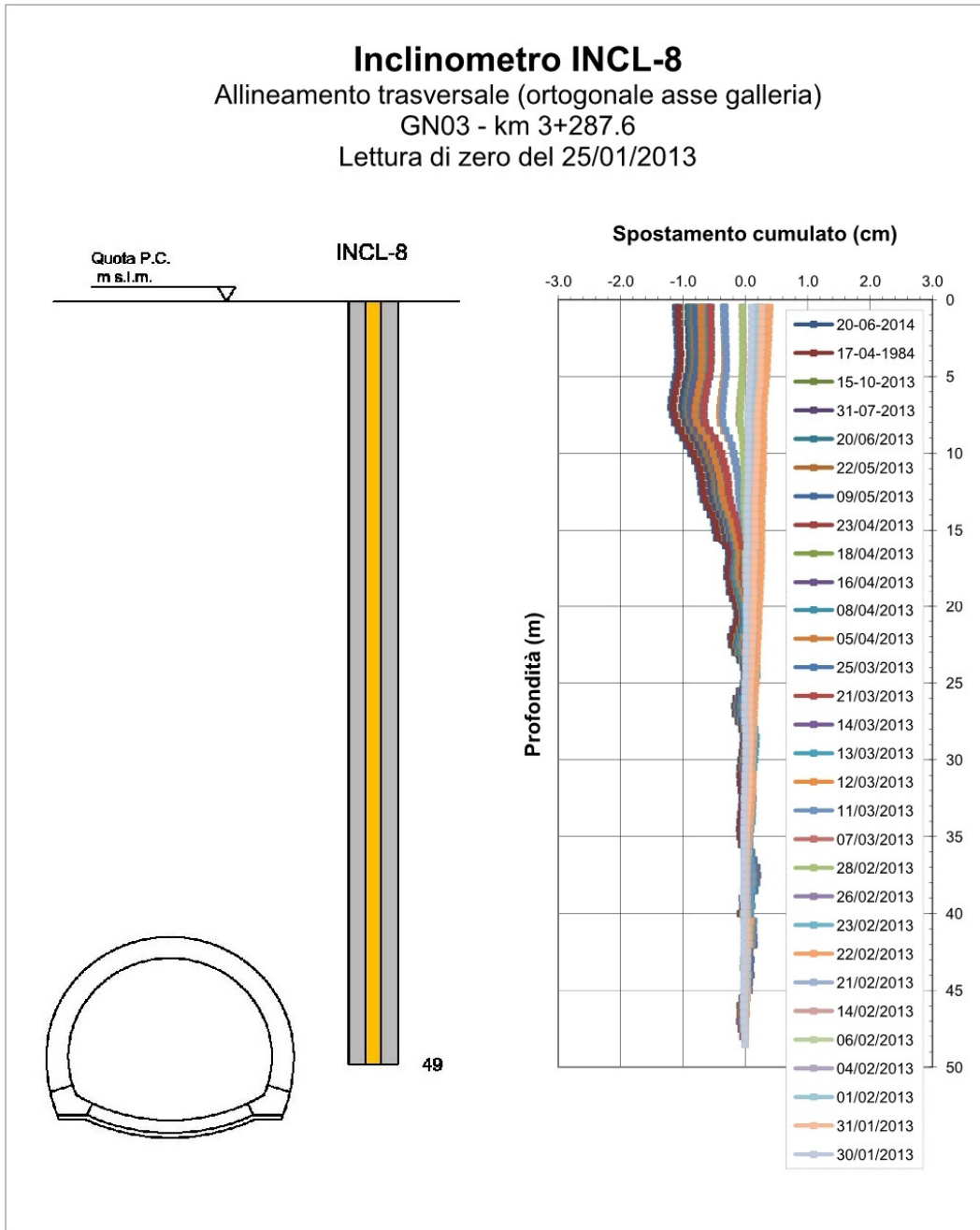
Con relazione alle strumentazioni precedentemente indicate, si precisa quanto segue:

- Le strumentazioni di monitoraggio superficiale indicate si riferiscono prevalentemente a quelle installate nelle precedenti fasi progettuali e realizzative, poste in opera anche seguito della situazione di dissesto che si è venuta a generare con lo scavo della galleria nel tratto realizzato.
- In sede realizzativa di completamento dell'opera, dovrà verificarsi l'efficienza della strumentazione indicata come già esistente eventualmente sostituendola. Si evidenzia che sarebbe estremamente importante la riattivazione degli inclinometri già esistenti e comunque di tutta la strumentazione "già utilizzata in passato, al fine" di conoscere l'evoluzione del dissesto nel significativo tempo trascorso dalla sospensione dei lavori.
- La posizione della strumentazione integrativa, prevista nell'attuale fase progettuale di completamento, potrà subire variazioni per problematiche di accessibilità ai siti.
- La strumentazione dovrà essere posta in opera, con effettuazione della prima misurazione, almeno un mese prima della ripresa della costruzione della galleria (con almeno due misurazioni prima della ripresa dei lavori, effettuate alla distanza di due settimane).
- La presenza del sistema di monitoraggio non esclude la necessità di escamio dell'edificio già interessato dal dissesto durante tutta durata dei lavori di completamento della galleria.
- Le attività di monitoraggio interne alla galleria sono oggetto di altro elaborato.

## ALLEGATO 1

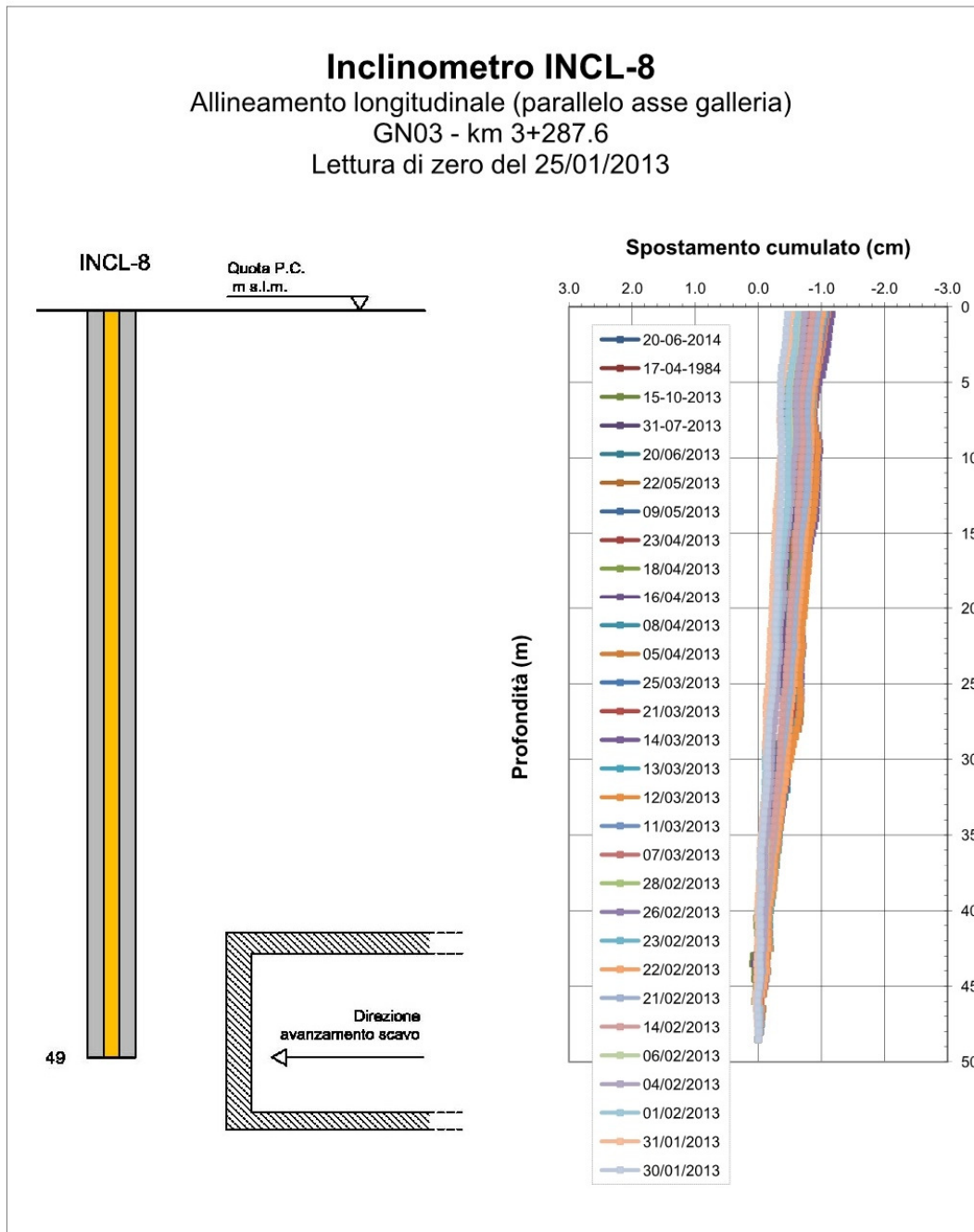
# RISULTATI DELL'ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO MISURE INCLINOMETRICHE

## GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03) Monitoraggio interferenza *Edificio 8*



Associazione Temporanea di Imprese (A.T.I.)  
 STE Research S.r.l. – CBGEO Progetti S.r.l. – Geingegneria S.r.l.

## GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03) Monitoraggio interferenza *Edificio 8*



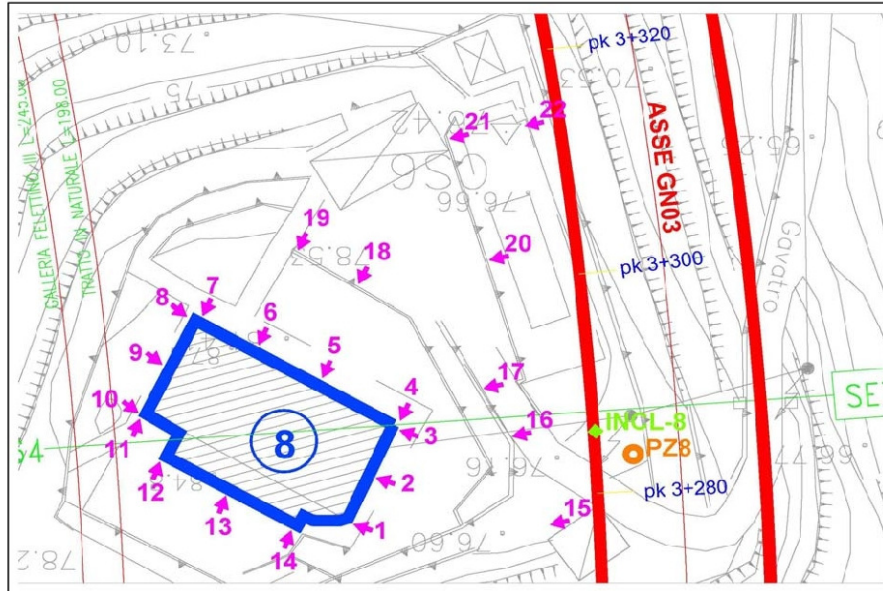
Associazione Temporanea di Imprese (A.T.I.)  
 STE Research S.r.l. – CBGEO Progetti S.r.l. – Geingegneria S.r.l.



## ALLEGATO 2

# RISULTATI DELL'ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO LIVELLAZIONE TOPOGRAFICA

## GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03) Monitoraggio interferenza *Edificio 8*

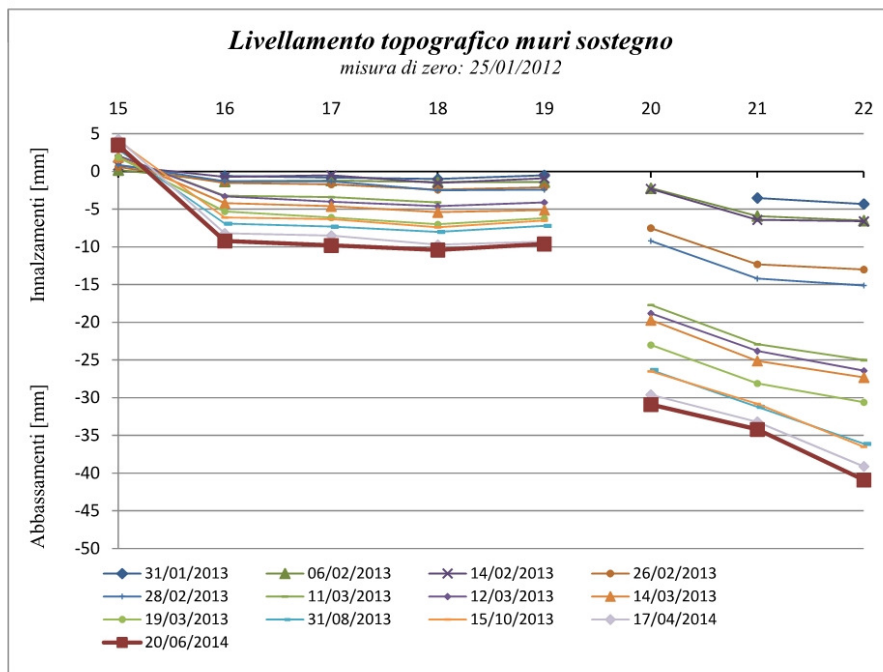
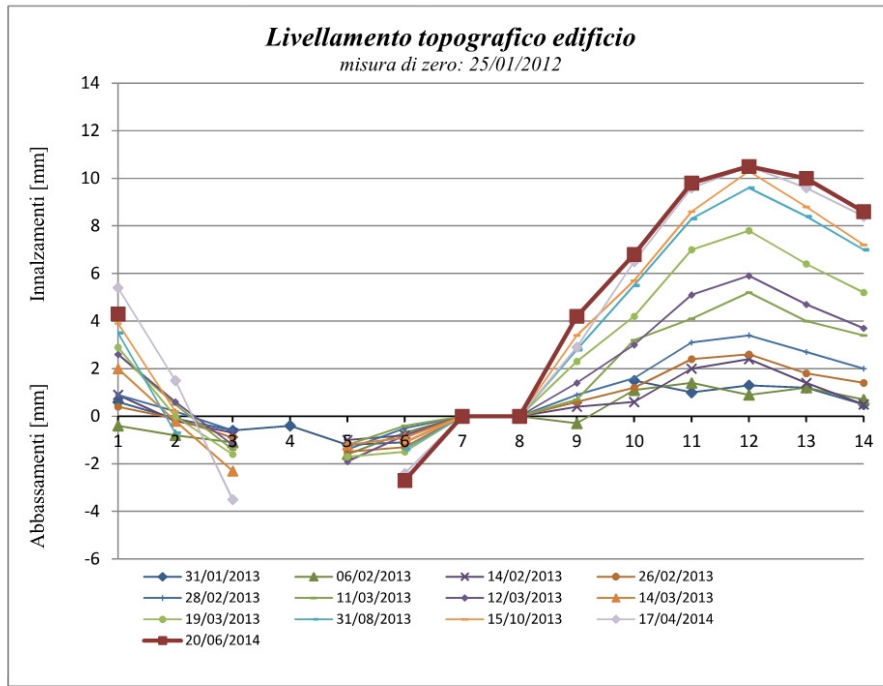


**NOTE:**

- 25/01/2013 - Lettura di zero. GN03 fronte scavo al km 3+329.
- 31/01/2013 - GN03: scavo arco rovescio da km 3+356,5 a km 3350. Fronte al km 3+329.
- 01/02/2013 - GN03: scavo arco rovescio da km 3+350 a km 3344. Fronte al km 3+329.
- 26/02/2013 - GN03: fronte al Km 3+320.
- 27/02/2013 - GN03: scavo arco rovescio da km 3+337 a km 3+328. Fronte al km 3+320.
- 07/03/2013 - GN03: fronte al km 3+319.
- 11/03/2013 - GN03: scavo arco rovescio da km 3+328,5 a km 3+322. Fronte al km 3+314.
- 13/03/2013 - GN03: fronte scavo al km 3+314.
- 19/03/2013 - GN03: fronte scavo al km 3+312.
- 17/04/2014 - GN03: fronte scavo al km 3+312.
- 20/06/2014 - GN03: fronte scavo al km 3+312.

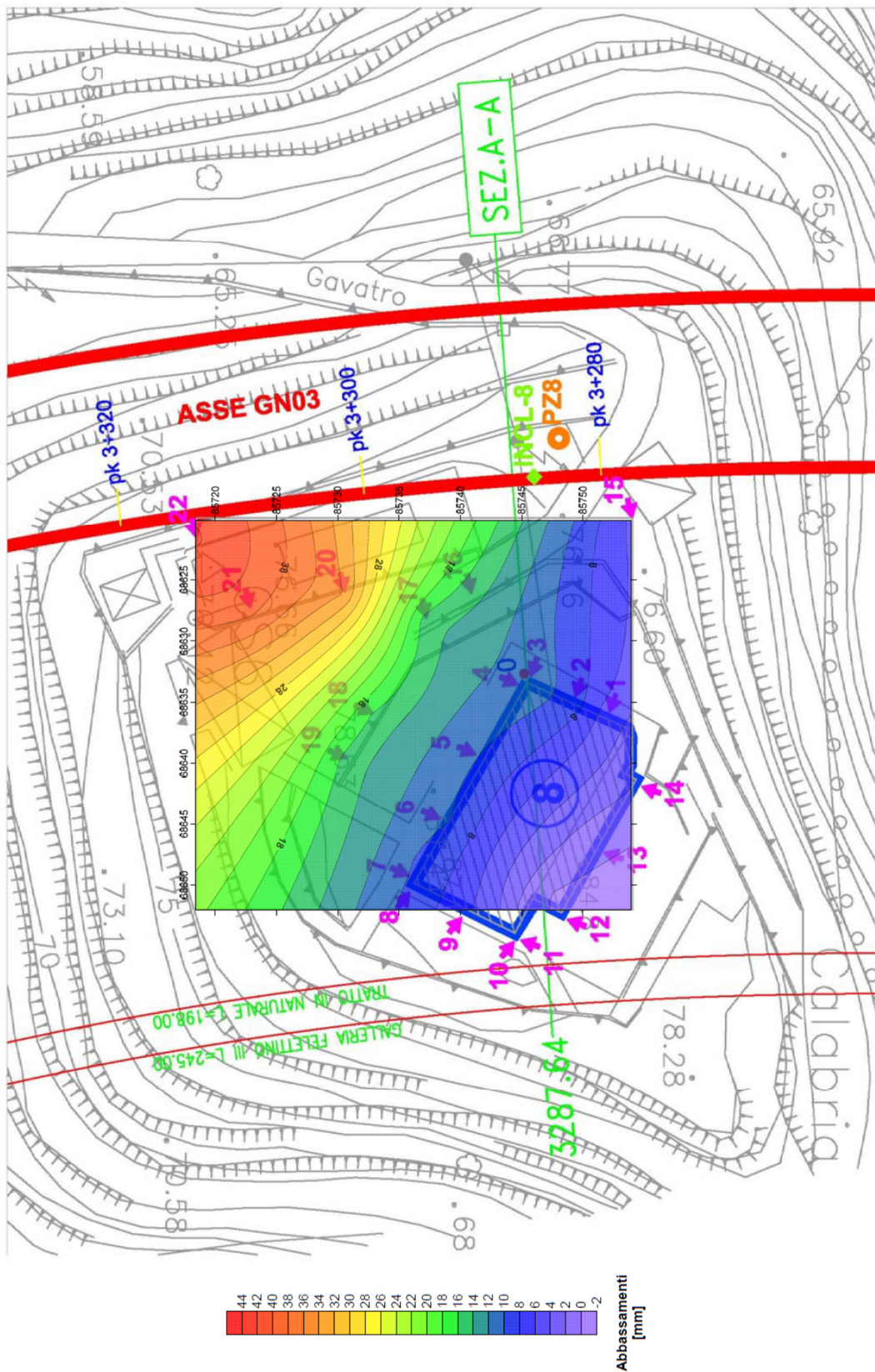
Associazione Temporanea di Imprese (A.T.I.)  
 STE Research S.r.l. – CBGEO Progetti S.r.l. – Geoingegneria S.r.l.

## GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03) Monitoraggio interferenza Edificio 8



**Associazione Temporanea di Imprese (A.T.I.)**  
 STE Research S.r.l. – CBGEO Progetti S.r.l. – Geoingegneria S.r.l.

Livellamento Topografico - Cedimenti differenziali dell'edificio (mm)

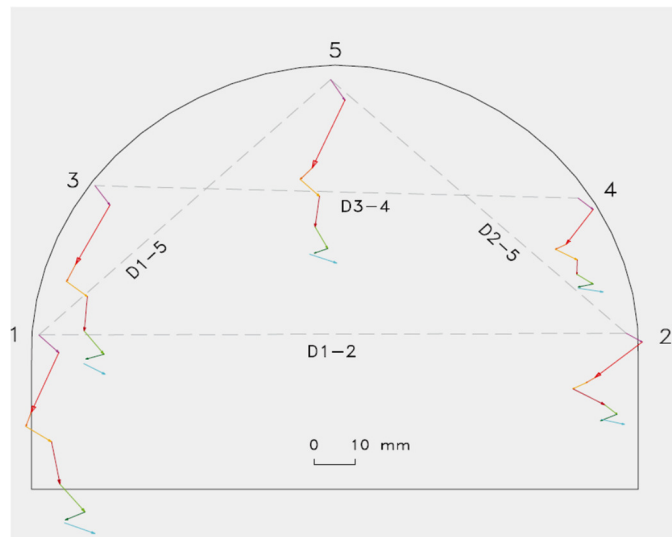


## ALLEGATO 3

# RISULTATI DELL'ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO MISURE DI CONVERGENZA

Sezione	Progressiva Assoluta	Progressiva Relativa scavo in naturale da imbocco SUD	Data Installazione
1	km 3 + 413.0	4.5	11/06/2012
2	km 3 + 407.5	10.0	15/06/2012
3	km 3 + 401.5	16.0	20/06/2012
4	km 3 + 394.5	23.0	16/07/2012
5	km 3 + 388.0	29.5	19/07/2012
6	km 3 + 379.0	38.5	20/09/2012
7	km 3 + 372.0	45.5	02/10/2012
8	km 3 + 359.5	58	09/10/2012
9	km 3 + 350.8	66.7	17/10/2012
10	km 3 + 342.0	75.5	16/01/2013
11	km 3 + 333.0	84.5	24/01/2013
12	km 3 + 327.5	90	22/02/2013
13	km 3 + 321.0	96.5	27/02/2013
14	km 3 + 316.0	101.5	08/03/2013

### Posizione sezioni di misura



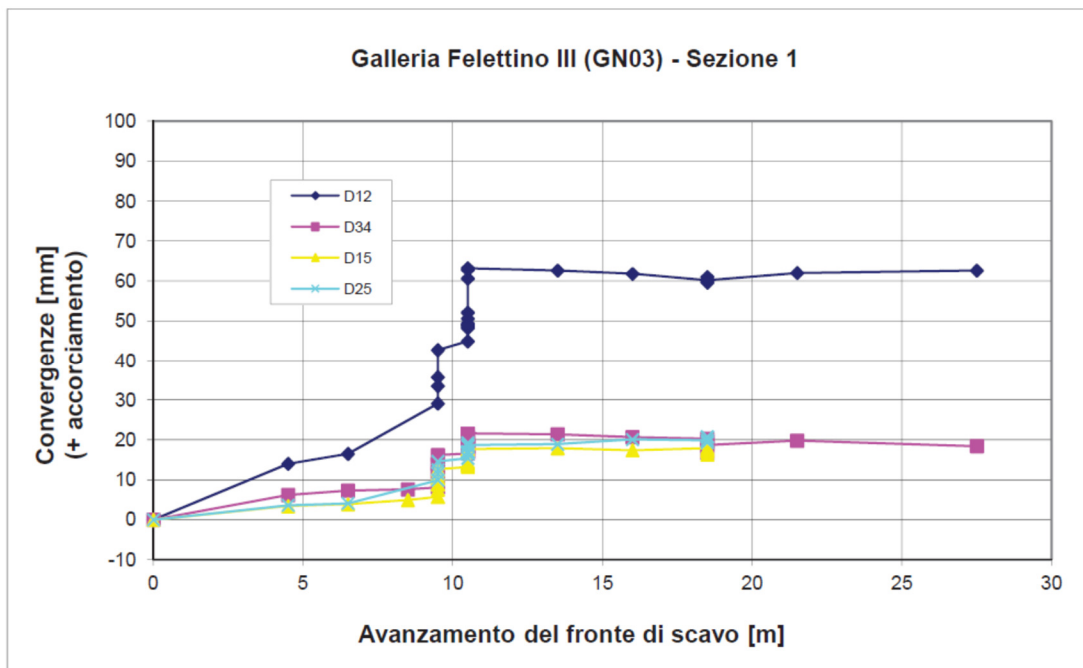
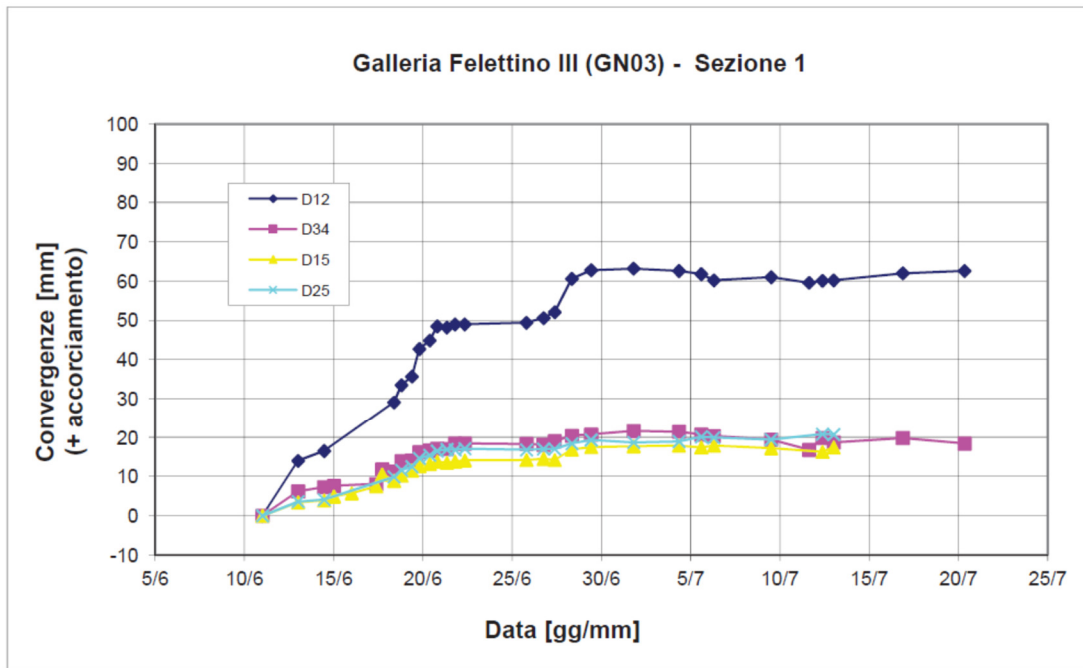
### Punti di misura

## GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)

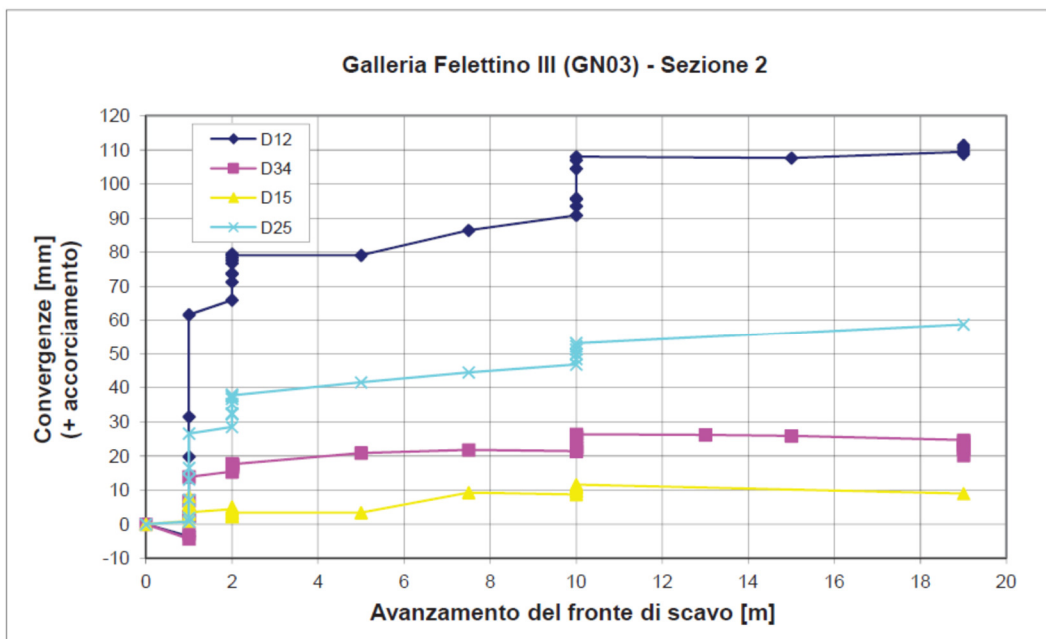
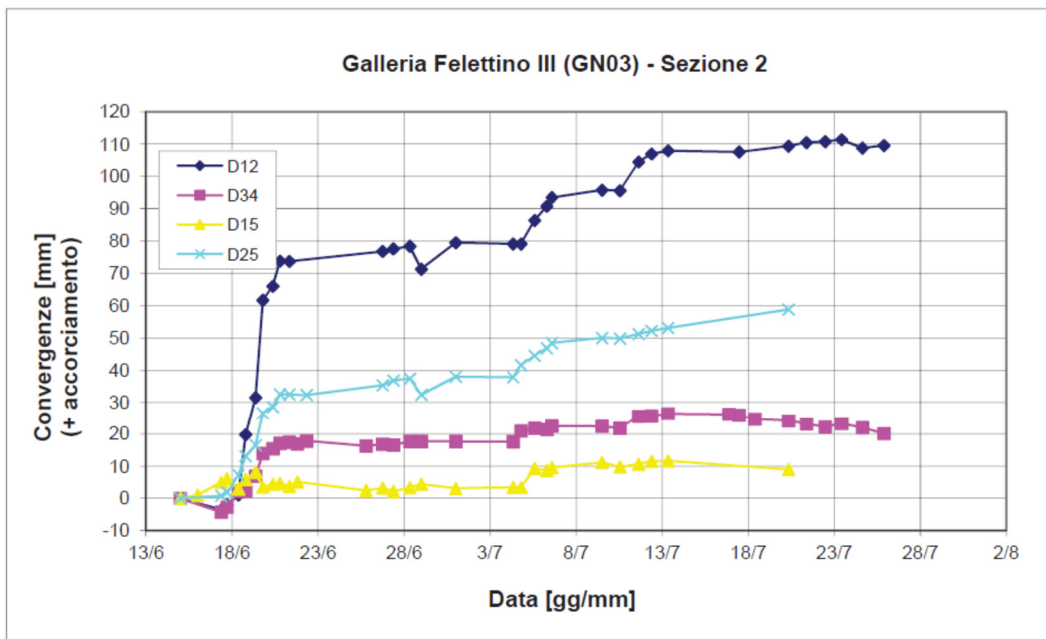
### Misure di convergenza - Sezione 1

**Progressiva assoluta: km 3+413**

**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 4,5 m**

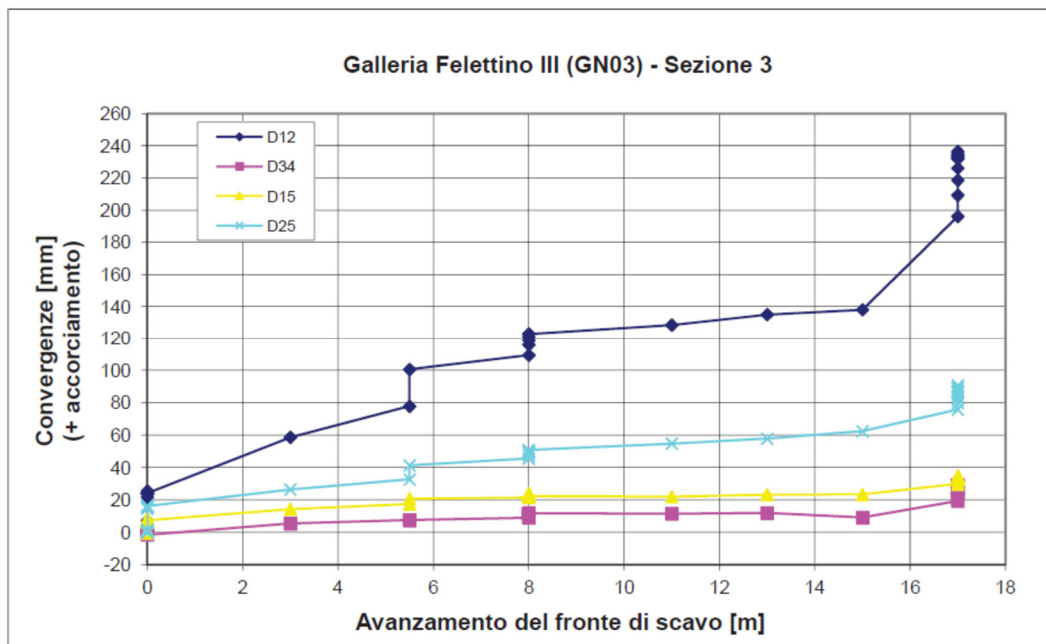
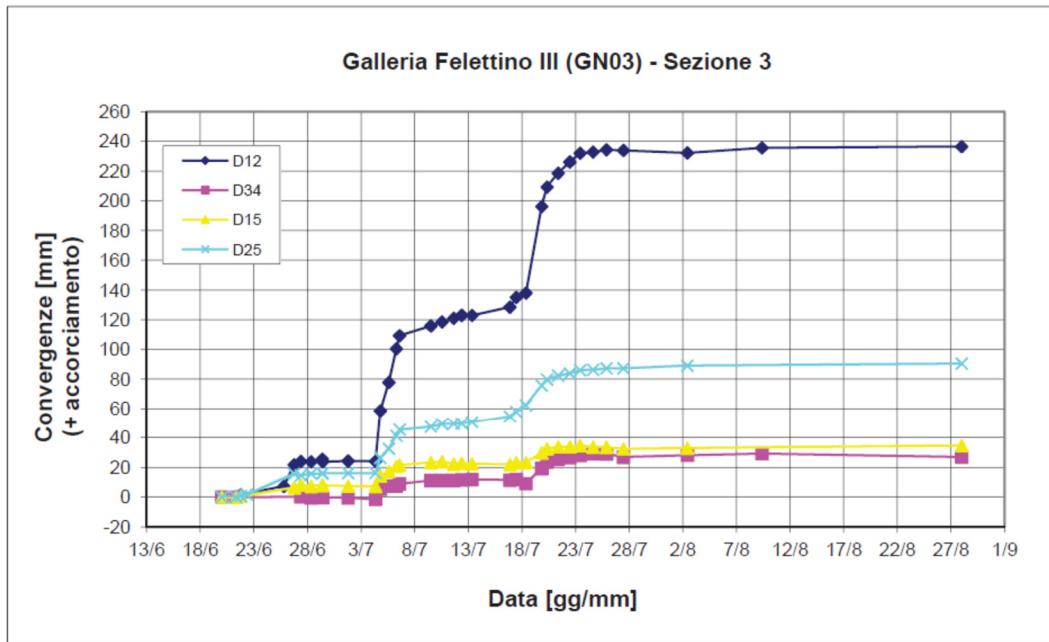


**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 2**  
**Progressiva assoluta: km 3+407,5**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 10 m**

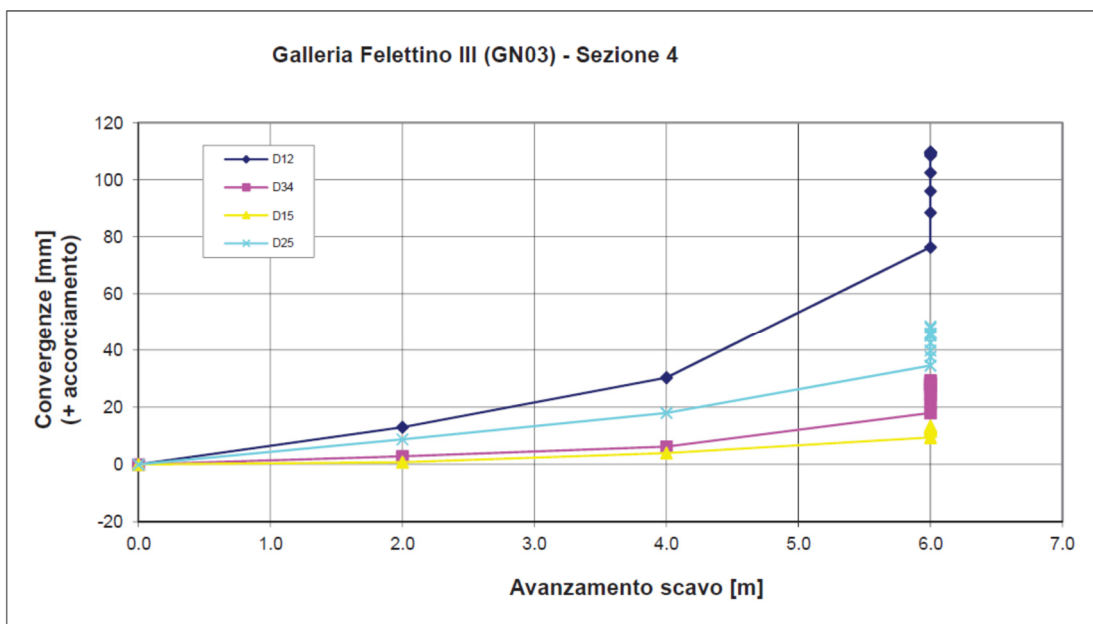
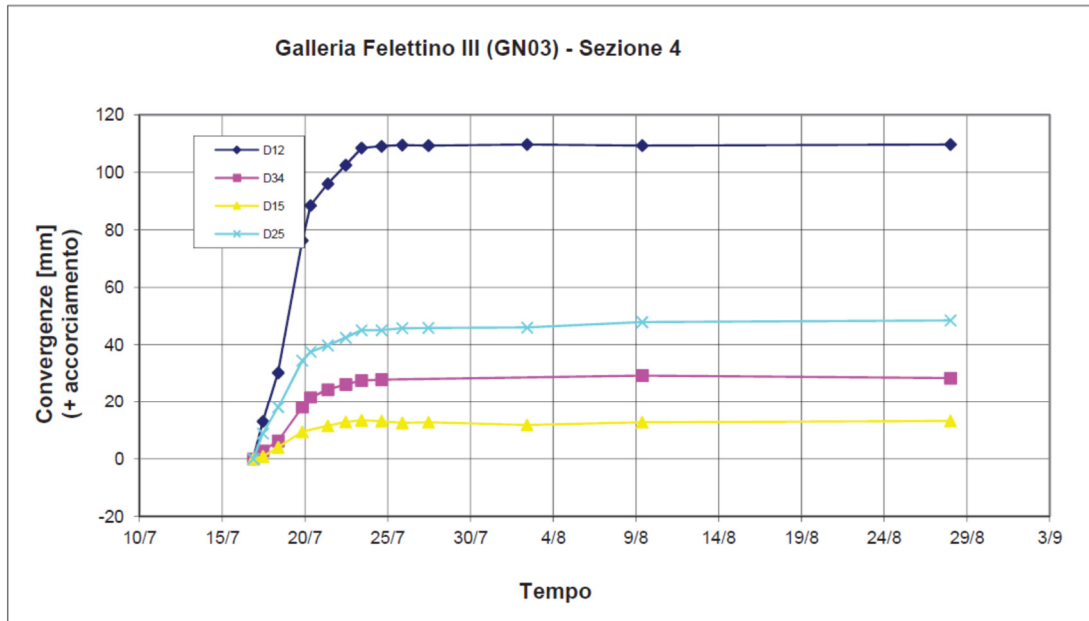




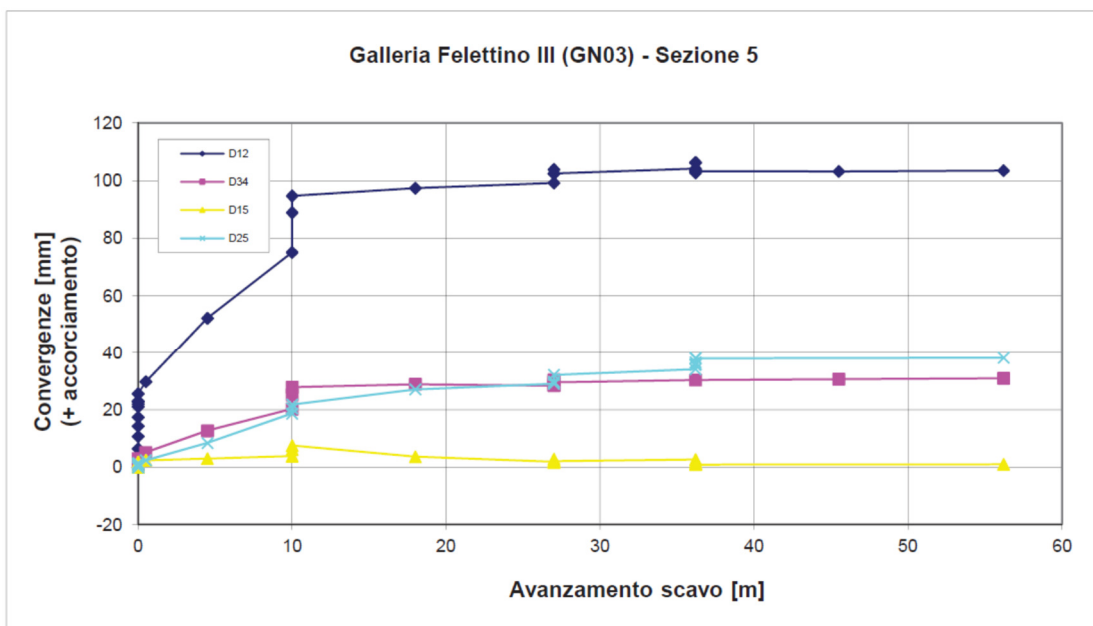
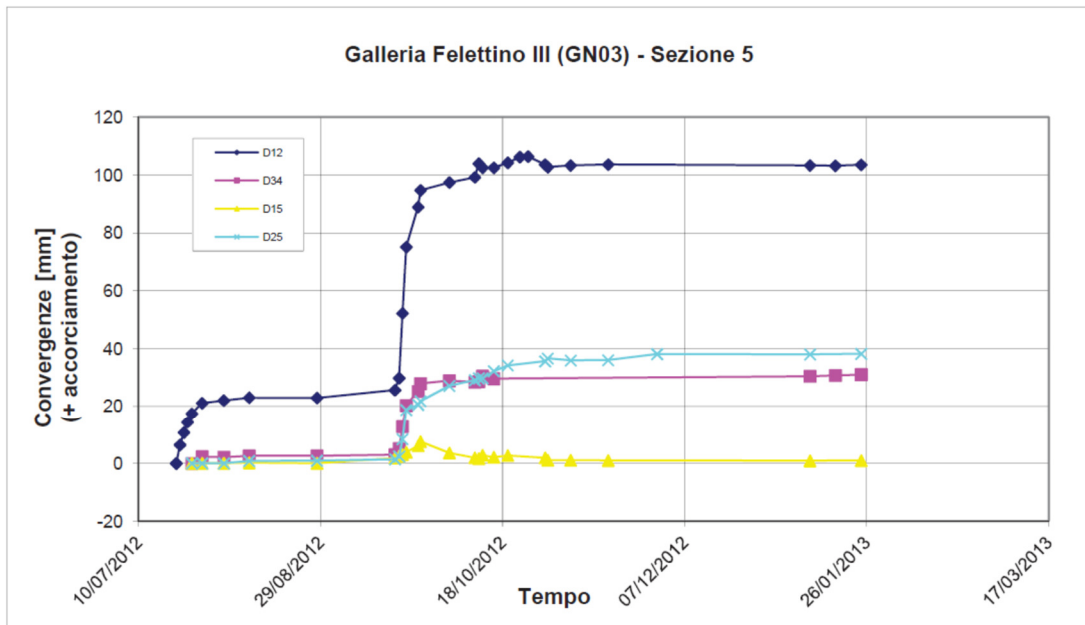
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 3**  
 Progressiva assoluta: km 3+401,5  
 Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 16 m



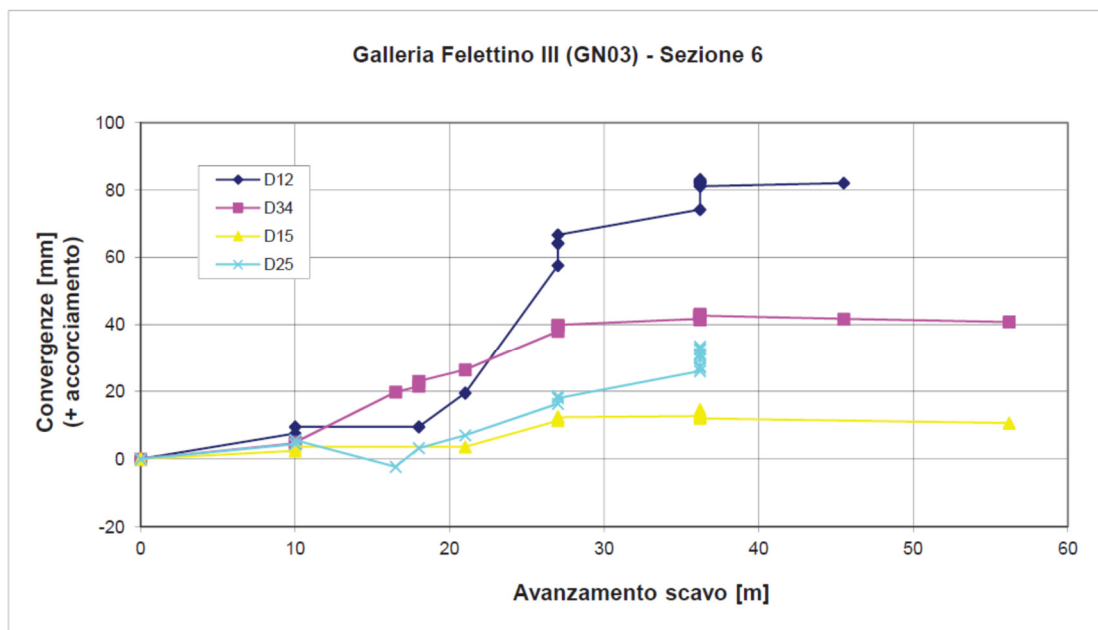
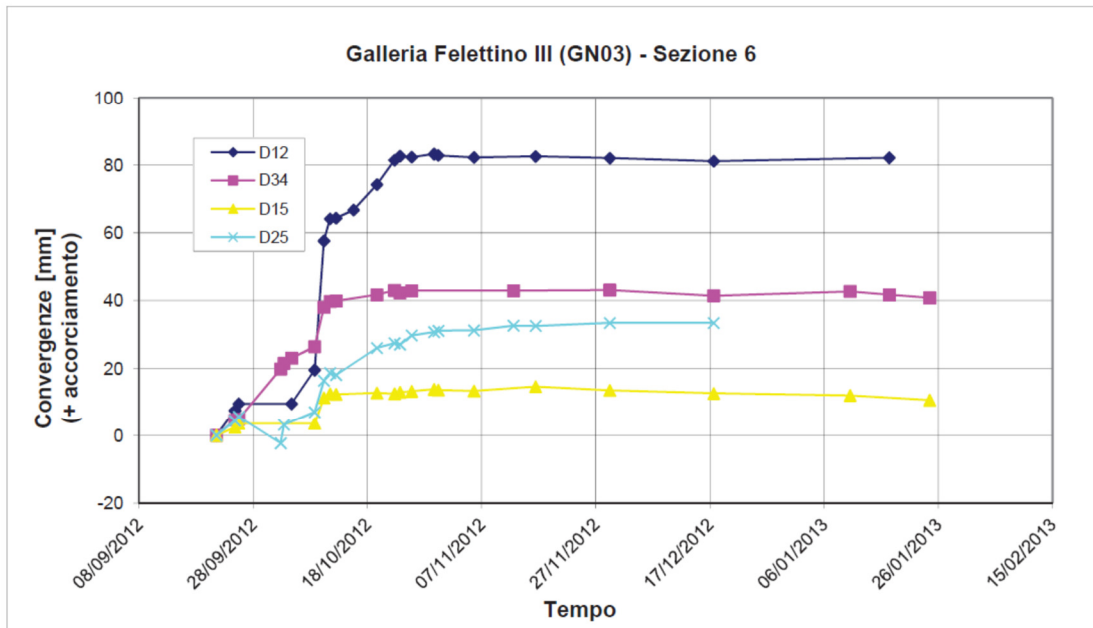
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 4**  
 Progressiva assoluta: km 3+394,5  
 Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 23 m



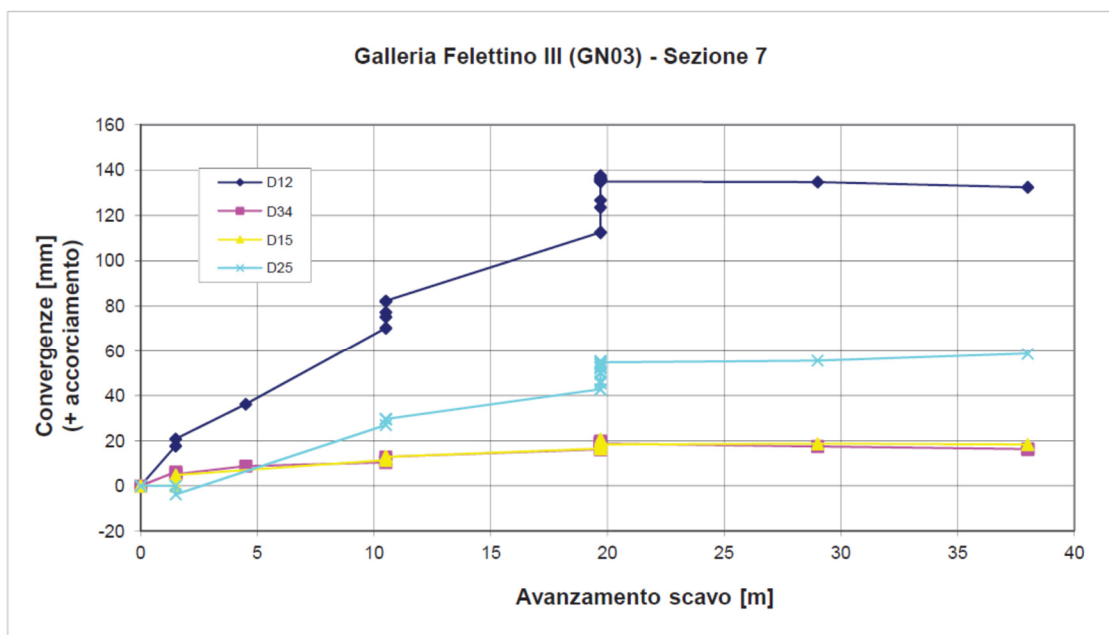
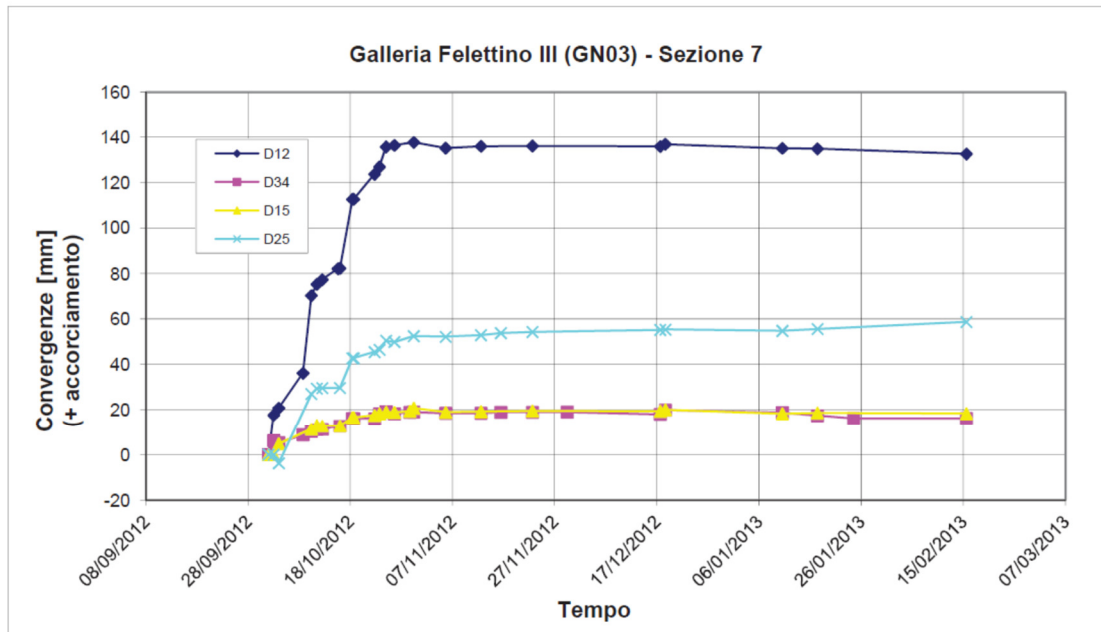
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 5**  
 Progressiva assoluta: km 3+388  
 Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 29.5 m



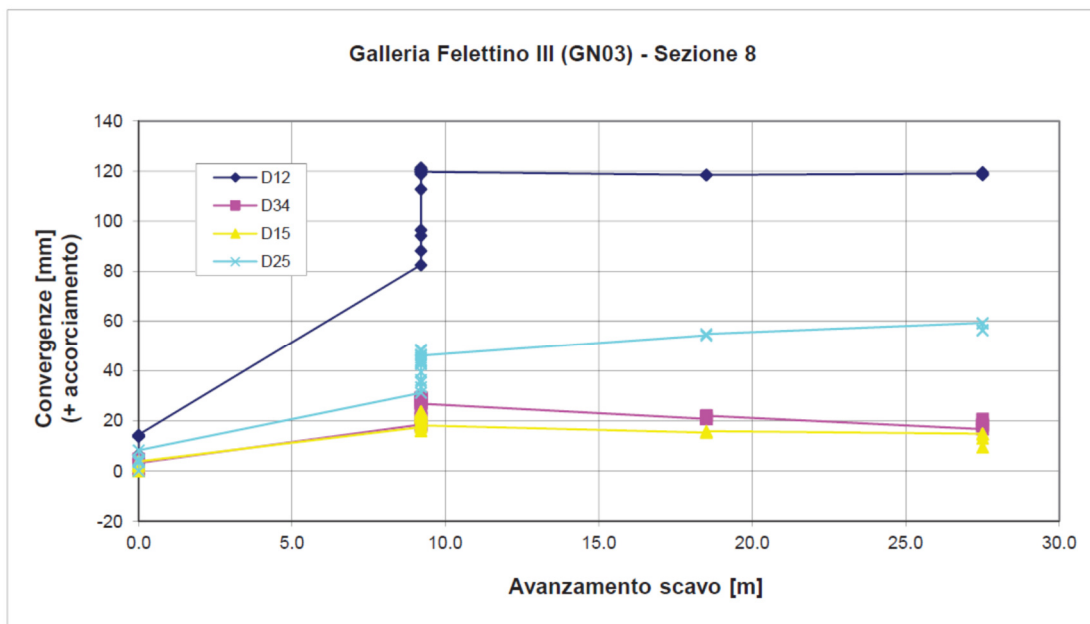
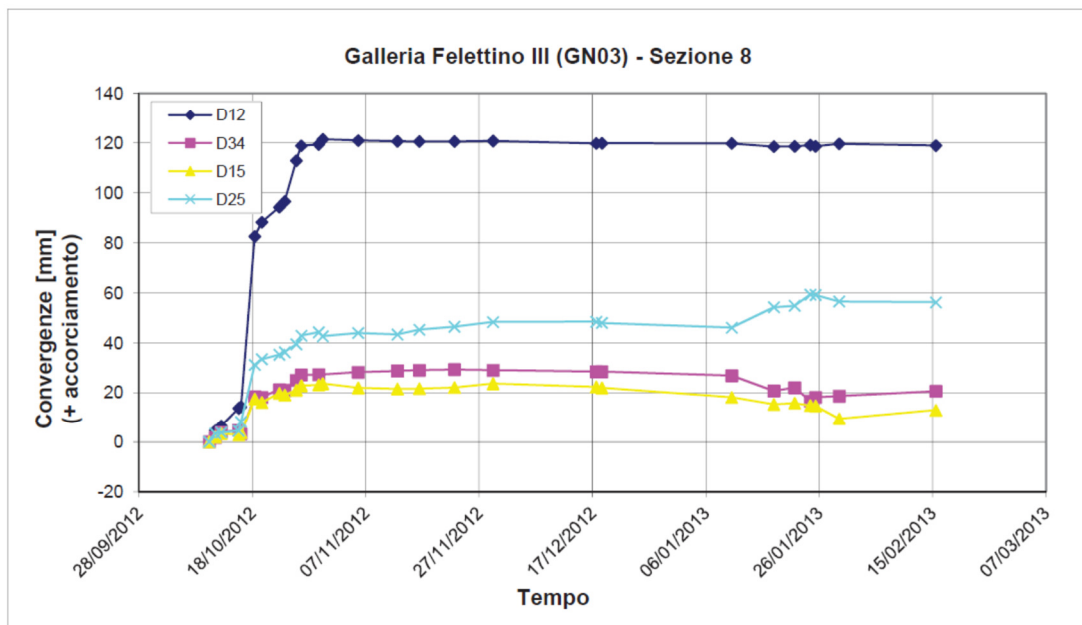
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 6**  
**Progressiva assoluta: km 3+379**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 38.5 m**



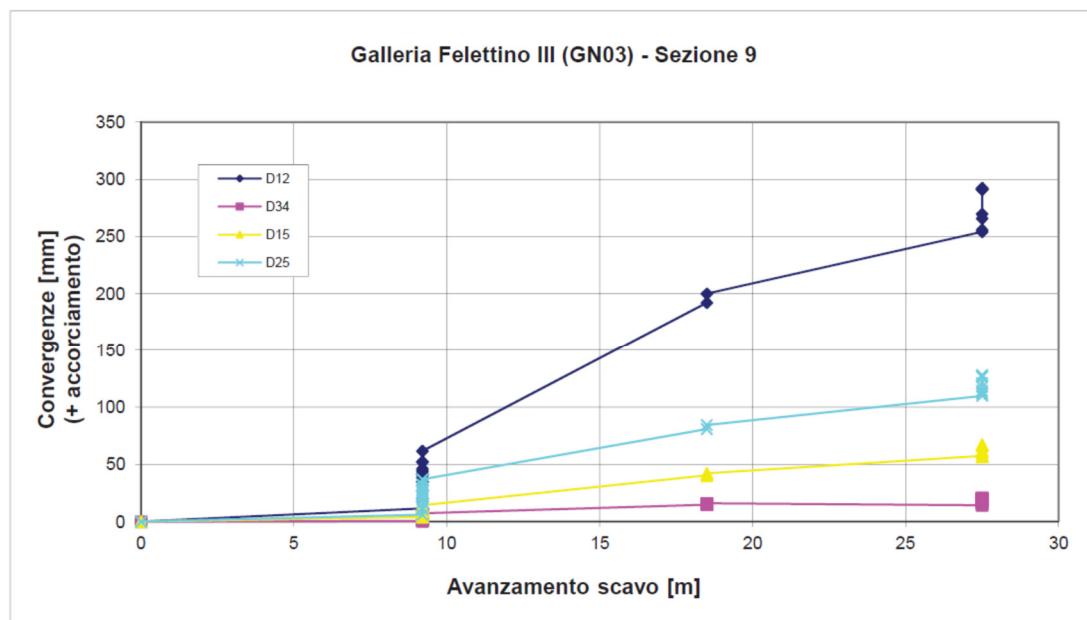
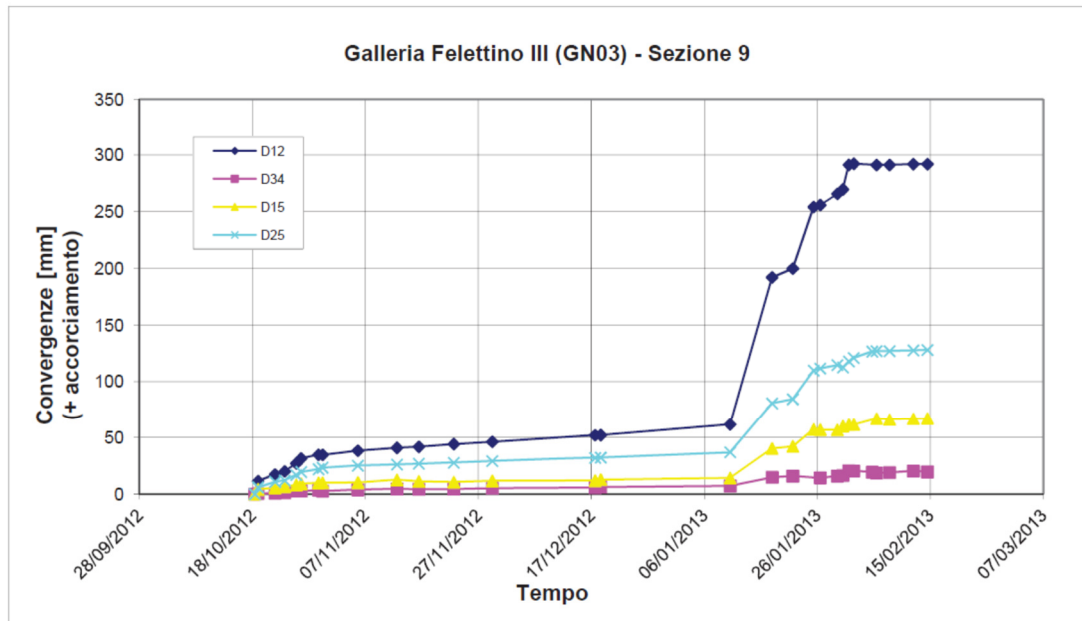
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 7**  
**Progressiva assoluta: km 3+368**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 49.5 m**



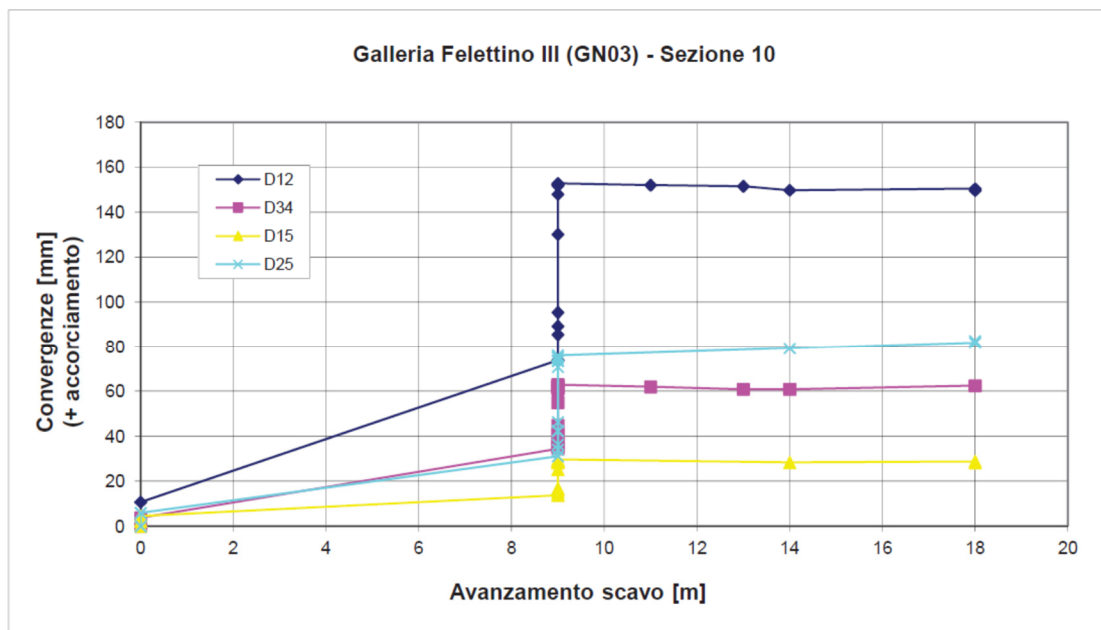
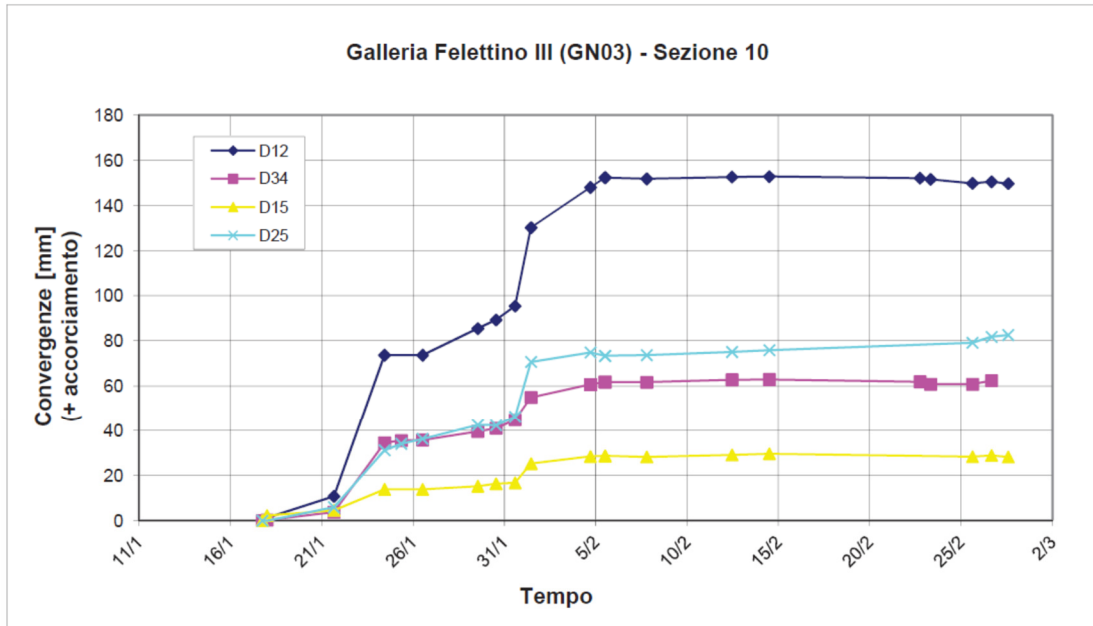
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 8**  
**Progressiva assoluta: km 3+359.5**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 58 m**



**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 9**  
**Progressiva assoluta: km 3+351**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 70 m**

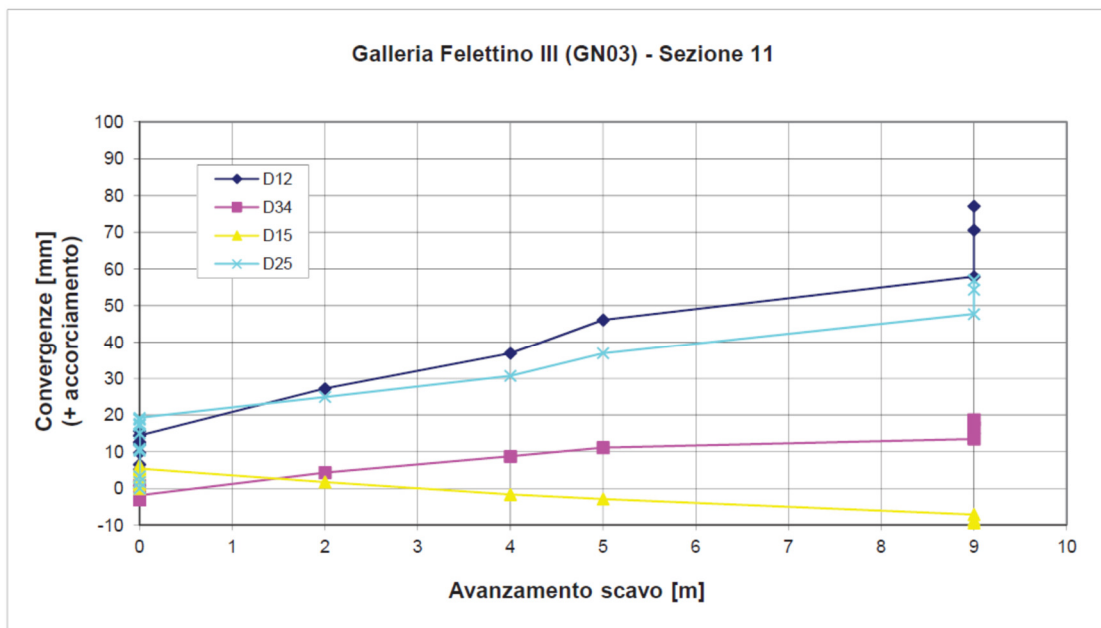
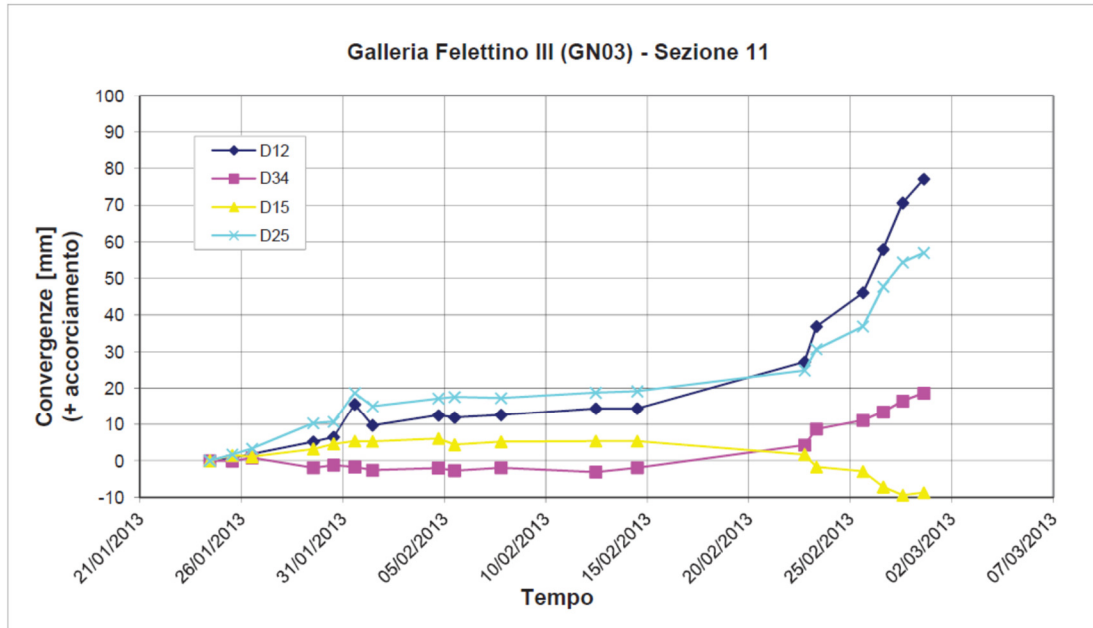


**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 10**  
**Progressiva assoluta: km 3+342**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 75.5 m**

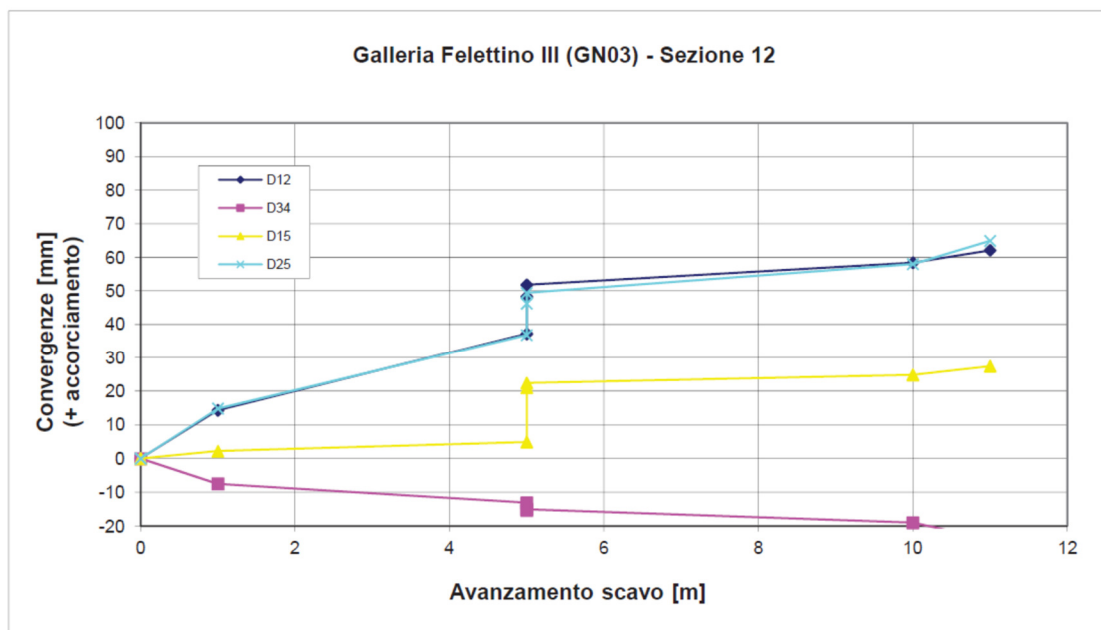
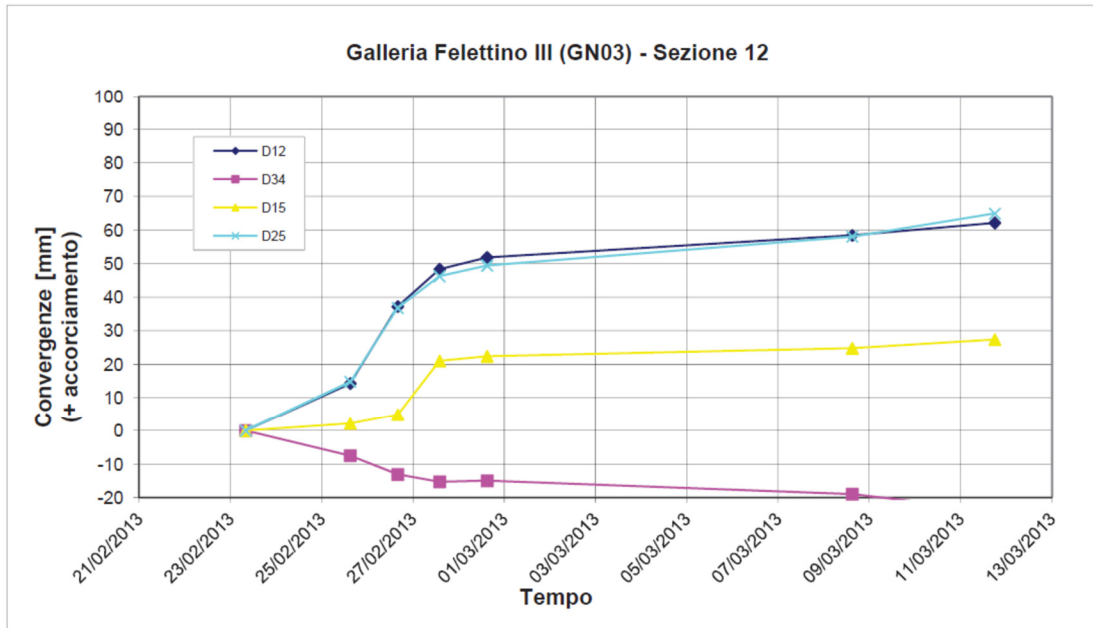




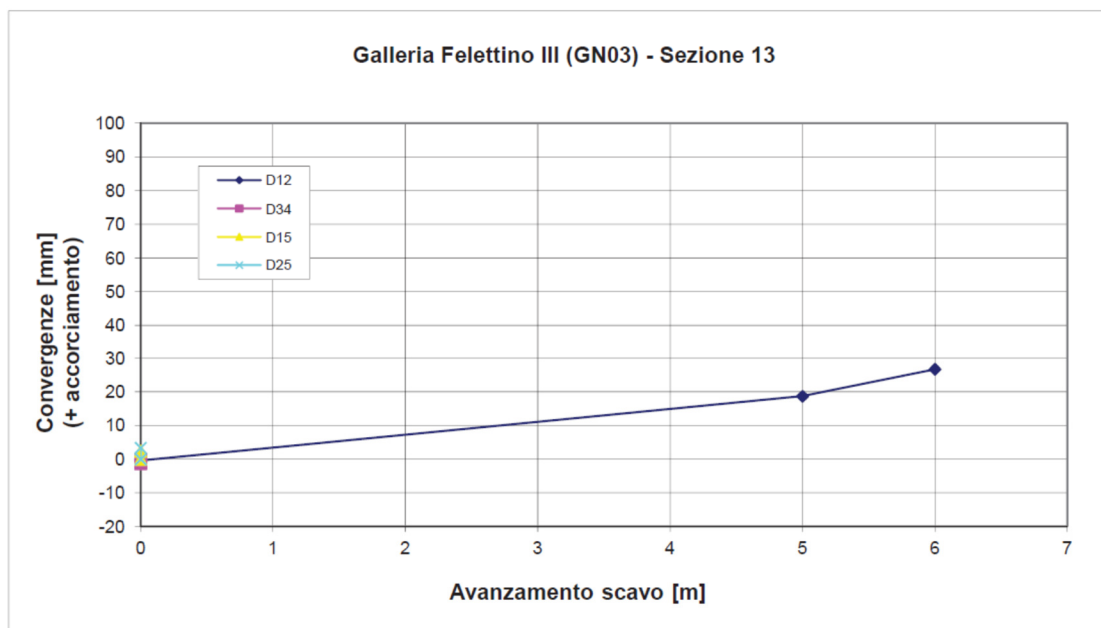
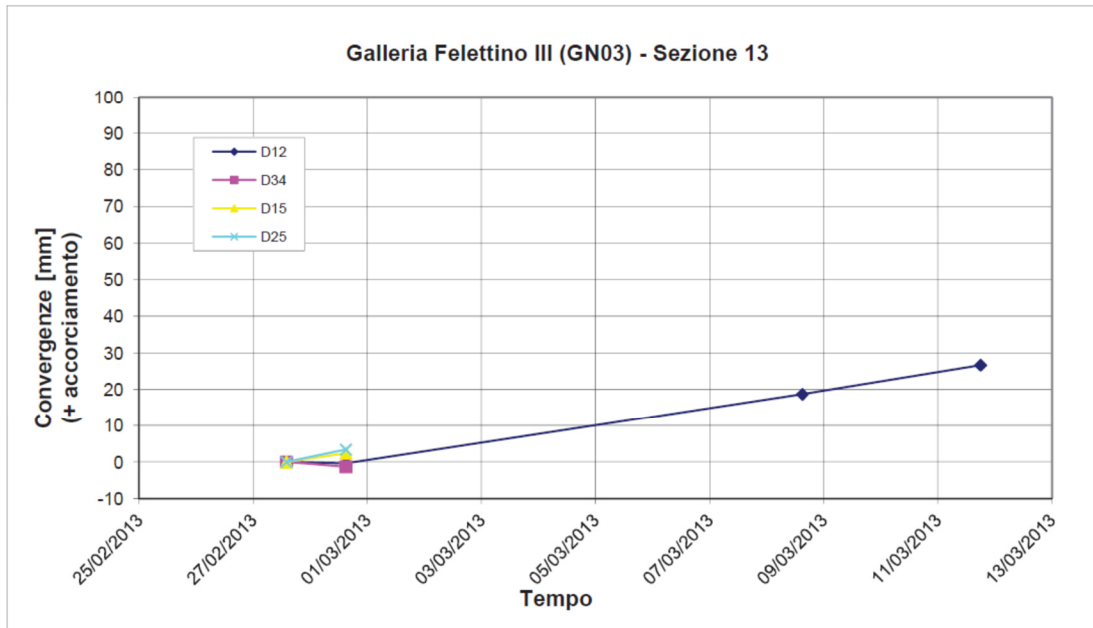
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 11**  
**Progressiva assoluta: km 3+333**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 84.5 m**



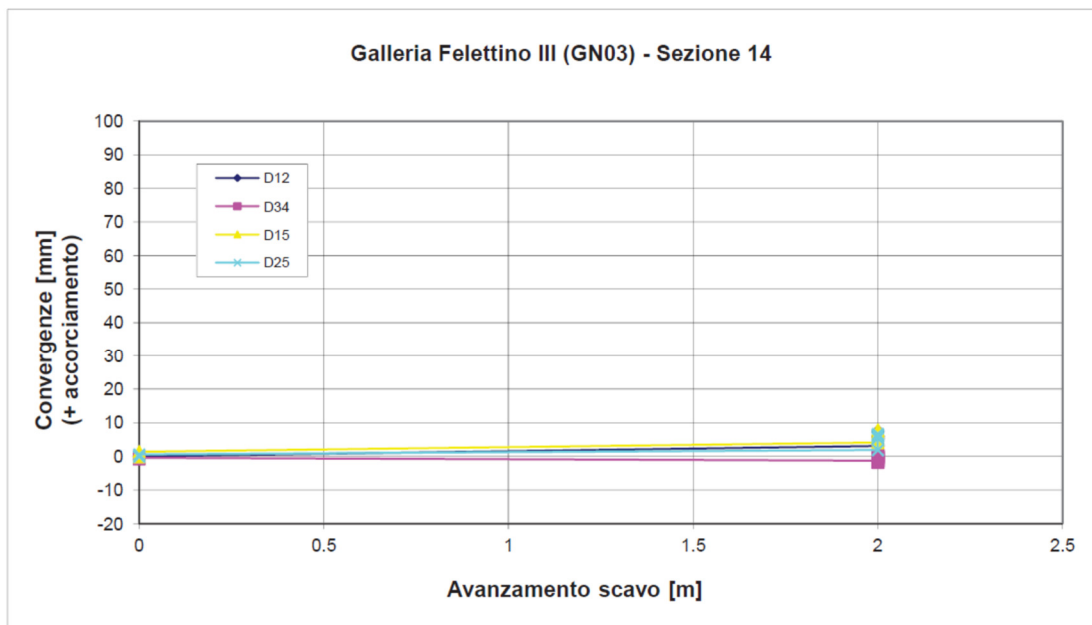
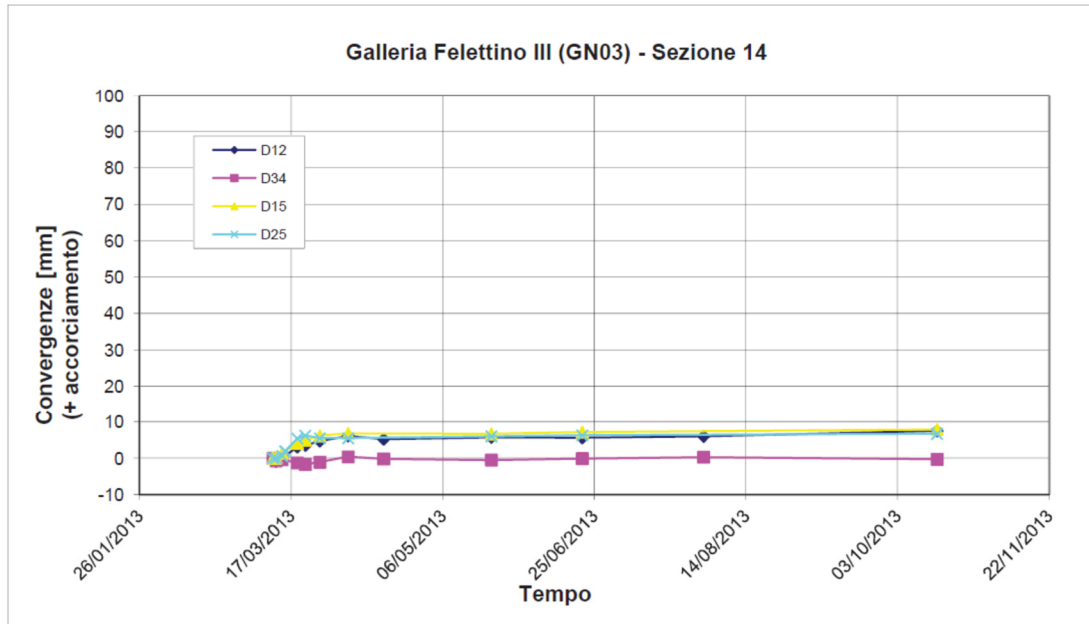
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 12**  
**Progressiva assoluta: km 3+327.5**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 90 m**



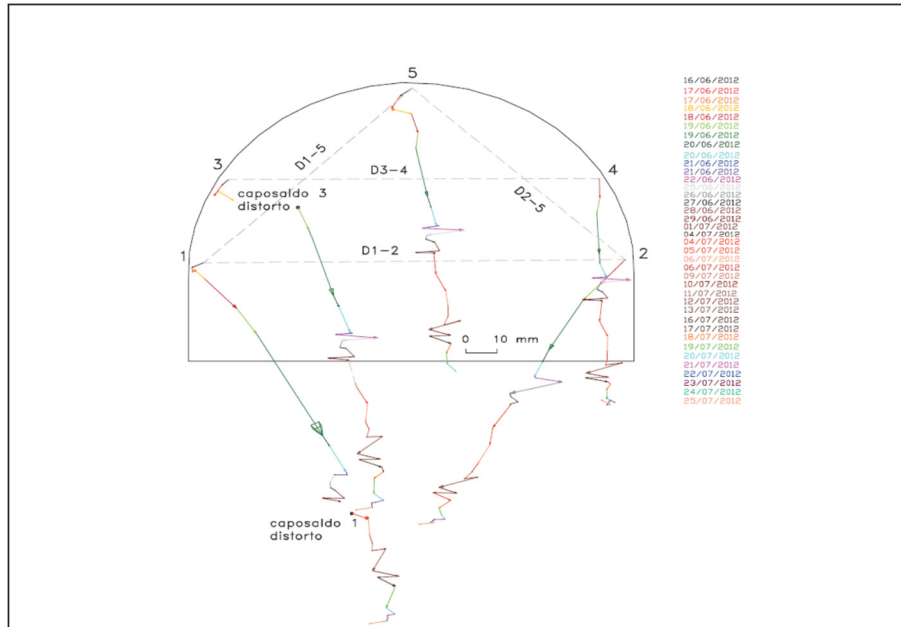
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 13**  
**Progressiva assoluta: km 3+321**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 96.5 m**



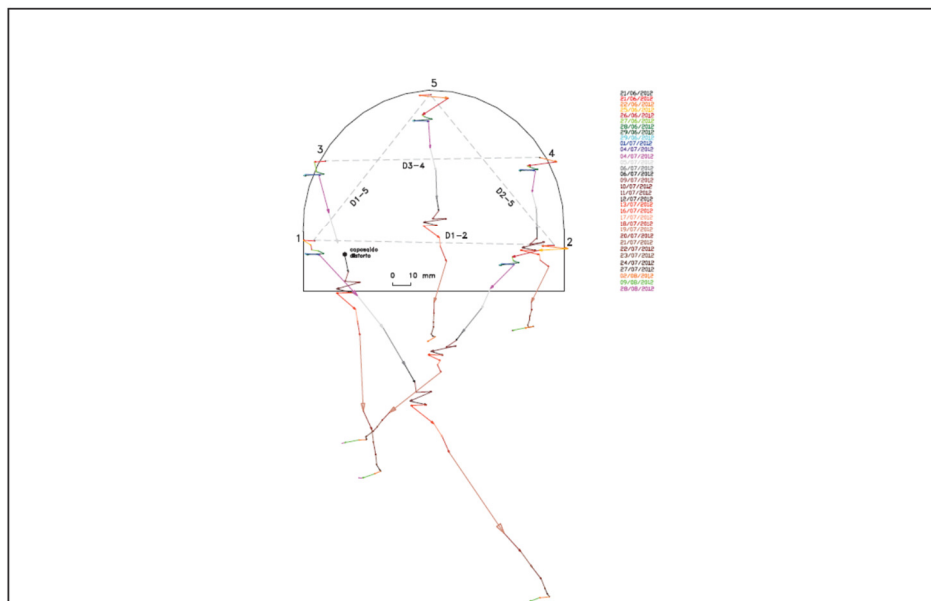
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 14**  
**Progressiva assoluta: km 3+316**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 101.5 m**



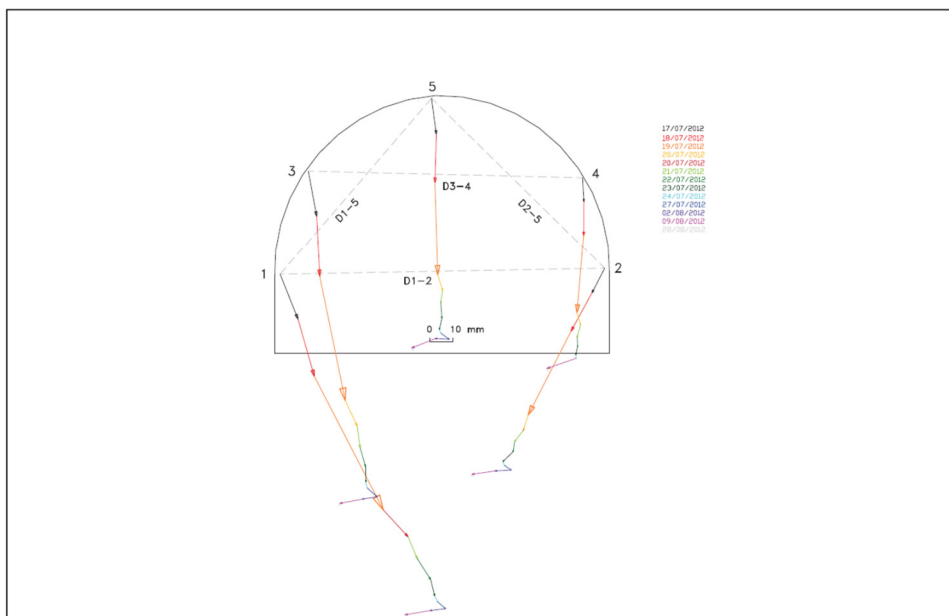
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 2**  
 Progressiva assoluta: km 3+407,5  
 Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 10 m



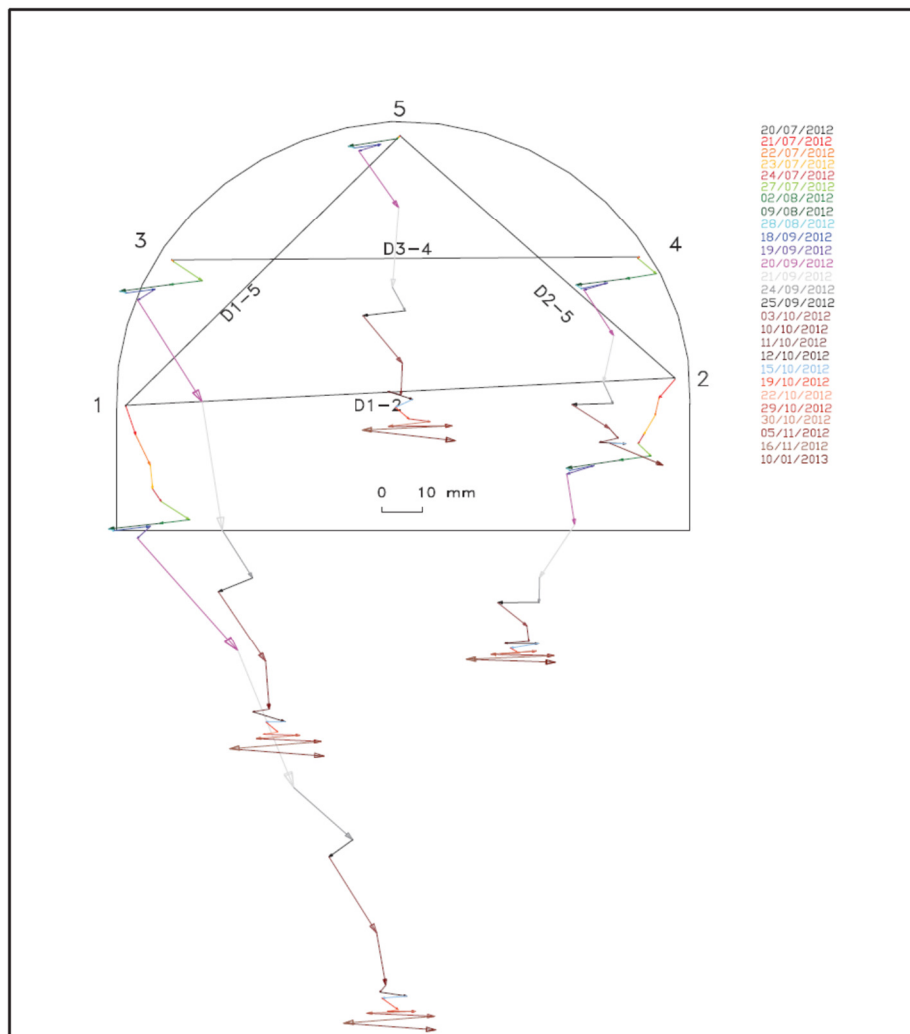
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 3**  
 Progressiva assoluta: km 3+401,5  
 Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 16 m



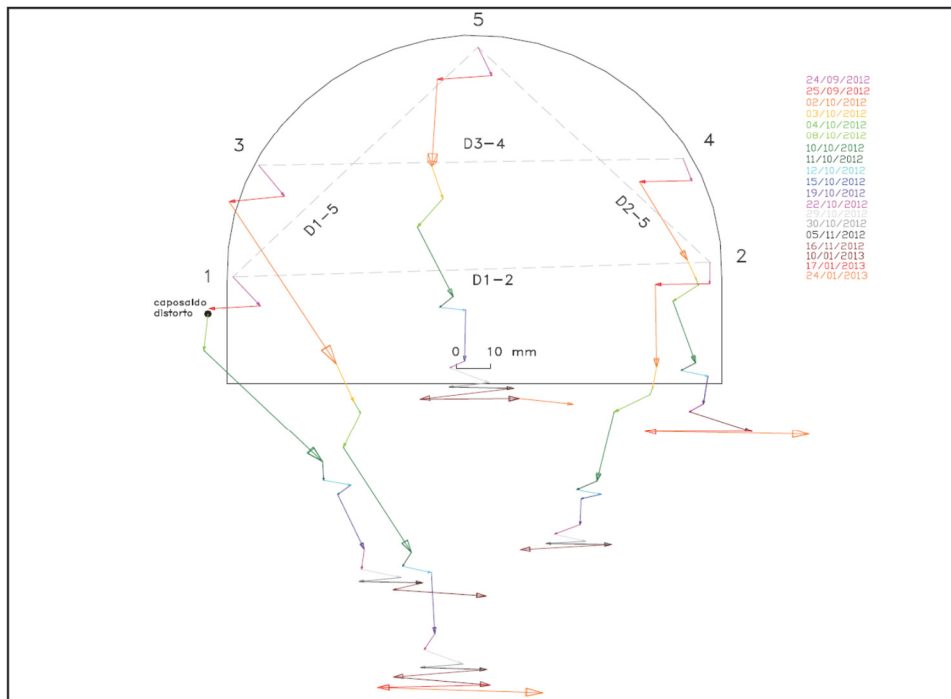
**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 4**  
**Progressiva assoluta: km 3+394,5**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 23 m**



**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 5**  
**Progressiva assoluta: km 3+388**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 29.5 m**

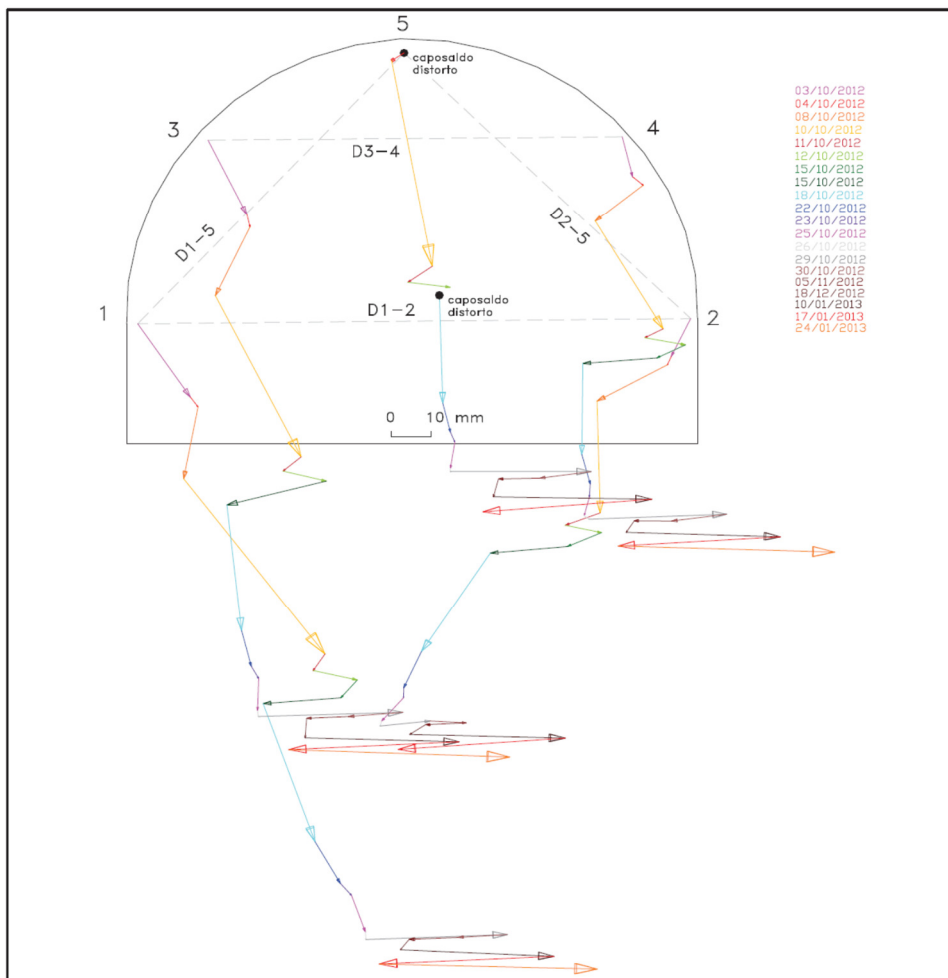


**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 6**  
**Progressiva assoluta: km 3+379**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 38.5 m**



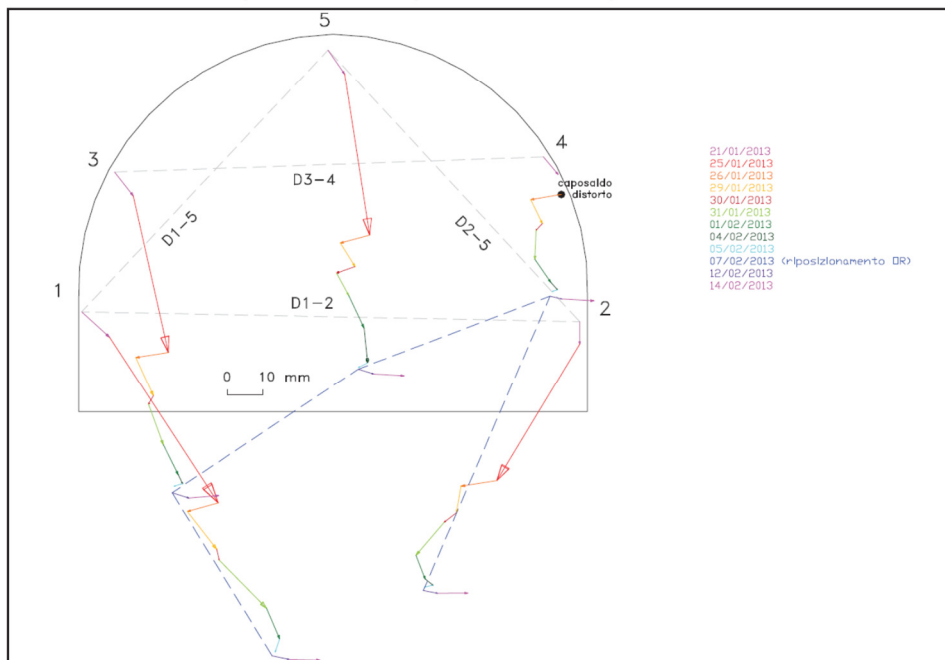


**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 7**  
**Progressiva assoluta: km 3+368**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 49.5 m**

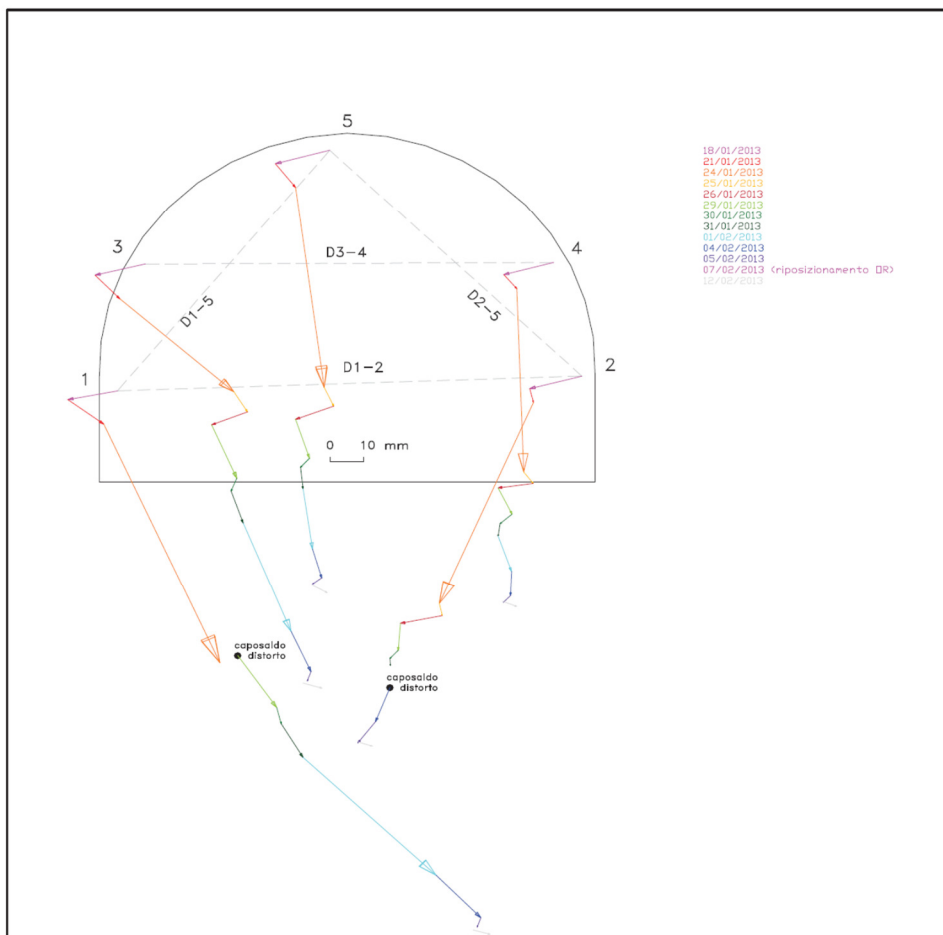


**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 9**  
**Progressiva assoluta: km 3+351**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 66.7 m**

Incrementi di spostamento rispetto alle misure precedenti al 18/01/2013



**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 10**  
**Progressiva assoluta: km 3+342**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 75.5 m**



**GALLERIA NATURALE FELETTINO III (GN03)**  
**Misure di convergenza - Sezione 11**  
**Progressiva assoluta: km 3+333**  
**Avanzamento in naturale da imbocco SUD: 84.5 m**

