

ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

---

---

DIPARTIMENTO DI SCIENZE BIOLOGICHE, GEOLOGICHE  
E AMBIENTALI

Corso di Laurea Magistrale in Geologia e Territorio

Tesi di Laurea Magistrale

Dinamica di deformazione e geometria di colate  
di terra in Argille a Palombini e Argille  
Varicolori, Appennino Bolognese

Candidato:  
Virginia Tomasi

Relatore:  
Prof. Francesco Brardinoni

---

---

Sessione Dicembre 2021  
Anno Accademico 2020-2021



# INDICE

1. Introduzione .....	1
2. Area di studio .....	4
2.1 Inquadramento geologico .....	5
2.1.1 Inquadramento strutturale .....	5
2.1.2 Inquadramento stratigrafico .....	6
3. Materiali e metodi di indagine .....	8
3.1 Analisi tramite Sistemi Informativi Geografici .....	9
3.1.1 Mappatura dei corpi di frana .....	9
3.1.2 Caratterizzazione geometrica e topografica delle frane di studio .....	10
3.1.3 Mappatura multitemporale .....	11
3.1.4 Creazione dei profili longitudinali e delle sezioni trasversali .....	12
3.2 Analisi delle stratigrafie .....	13
3.3 Compilazione del database inclinometrico e analisi di velocità .....	13
3.3.1 Il sistema di monitoraggio inclinometrico .....	13
3.3.2 Classificazione dei profili di spostamento e analisi di velocità .....	14
4. Risultati .....	18
4.1 Silla-Montecchi .....	18
4.2 Gaggio Montano .....	29
4.3 Ca' dei Ricci .....	39
4.4 Matella .....	48
4.5 Lizzano in Belvedere .....	59
4.6 Ca' di Faziello .....	72
4.7 Corvella .....	87
4.8 Castiglione dei Pepoli .....	97
5. Discussione dei risultati complessivi .....	117
5.1 Variabilità complessiva delle geometrie di frana .....	117
5.2 Variabilità delle velocità nel periodo post parossistico .....	128
6. Conclusioni .....	133
Bibliografia .....	135
Sitografia .....	136
Ringraziamenti .....	137

## Appendici

Appendice 1: Descrizione estesa delle unità geologiche e delle coperture quaternarie presenti nelle aree di studio .....	138
A1.1 Unità di catena .....	138
A1.2 Coperture quaternarie e depositi .....	139
Appendice 2: Archivio storico delle frane (da Regione Emilia-Romagna) .....	141
A2.1 Silla-Montecchi .....	141
A2.2 Gaggio Montano .....	145
A2.3 Matella .....	146
A2.4 Corvella .....	147
A2.5 Lizzano in Belvedere .....	148
Appendice 3: Classificazione delle velocità per fenomeni franosi .....	150
Appendice 4: Profili inclinometrici, risultante spostamenti differenziali integrali dal basso .....	151
A4.1 Silla-Montecchi .....	151
A4.2 Gaggio Montano .....	153
A4.3 Ca' dei Ricci .....	155
A4.4 Matella .....	156
A4.5 Lizzano in Belvedere .....	158
A4.6 Ca' di Faziello .....	160
A4.7 Corvella .....	164
A4.8 Castiglione dei Pepoli .....	165
Appendice 5: Descrizione stratigrafiche .....	171
A5.1 Silla-Montecchi .....	171
A5.2 Gaggio Montano .....	174
A5.3 Ca' dei Ricci .....	177
A5.4 Matella .....	180
A5.5 Lizzano in Belvedere .....	188
A5.6 Ca' di Faziello .....	195
A5.7 Corvella .....	211
A5.8 Castiglione dei Pepoli .....	215

# 1. Introduzione

L'Appennino Settentrionale, in particolare la porzione bolognese, vede l'evoluzione paesaggistica notevolmente influenzata da movimenti gravitativi di versante in terra (Pittau et al., 2021). Lo studio di questi processi di versante è utile ai fini della pianificazione territoriale, soprattutto nella valutazione dei fattori di rischio sito-specifici. Spesso, infatti, sono coinvolti centri abitati e/o industriali sorti nelle vicinanze o su corpi di frana, o nei pressi di alvei fluviali vulnerabili a sbarramento, in seguito a riattivazioni gravitative di versanti adiacenti.

L'importanza dello studio delle frane è da tempo riconosciuto dal Servizio Geologico (SGSS) della Regione Emilia-Romagna che, avvalendosi di fonti storiche, analisi di foto aeree e campagne di rilevamento disseminate sul territorio, ha costruito la Carta Inventario delle frane e l'Archivio storico delle frane.

I dissesti censiti sul territorio vengono rappresentati cartograficamente a scala regionale ed associati ad una banca dati contenenti informazioni documentali su attivazioni o riattivazioni storiche (Regione Emilia-Romagna, 2021). L'inventario include un ampio spettro di movimenti (Cruden & Varnes, 1996; Hungr et al., 2014) tra cui dominano colate e scorrimenti di terra (Piacentini et al., 2018) innescate o riattivate principalmente da piogge intense e/o prolungate e da scioglimento nivale repentino (Bertolini et al., 2005; Berti et al., 2012).

Le colate di terra sono una tipologia di dissesto spesso caratterizzato da lunghi periodi di quiescenza con velocità di movimento che rientrano nelle categorie "molto lento" o "estremamente lento", interrotti da riattivazioni parossistiche durante le quali si raggiungono velocità classificate come "moderate" o "rapide" (Cruden & Varnes, 1996). Le colate di terra sono costituite dalla combinazione di movimenti di tipo simil-fluido e scorrimenti, che possono innescarsi lungo diversi piani di taglio (Hungr et al., 2014).

Visivamente, il riconoscimento dei corpi di colata si basa sull'identificazione di tre unità morfologiche attraverso i relativi caratteri distintivi (Figura 1.1):

- 1) area sorgente: presenta scorrimenti rotazionali e traslativi che evolvono in colata andando verso valle, con fratture di trazione a monte della corona che possono facilitare riattivazioni e retrogressione della corona stessa, oltre alla presenza di colate di terra di ordine minore spesso coalescenti alla principale;
- 2) canale di flusso: ha forma debolmente concava e generalmente diminuisce di pendenza andando verso valle;
- 3) zona di accumulo: ha forma lobata, con pendenza nell'ordine di  $1^{\circ}$ - $10^{\circ}$  (pendenza che si accentua nella zona dell'unghia) e può mostrare morfologia "a gradini" in seguito all'accumularsi di diversi depositi di colata.

Questa categoria di processi franosi vede una continuità del materiale tra le tre unità morfologiche, con accumuli non solo al piede della frana ma anche lungo la zona di trasporto. Colate secondarie possono poi destabilizzare la massa messa in posto precedentemente esercitando un carico non drenato, inducendo riattivazioni anche lungo il canale di flusso.

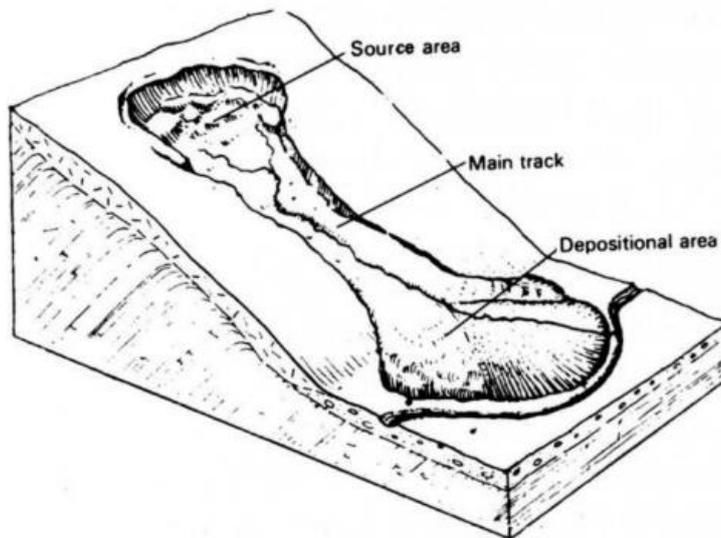


Figura 1.1. Rappresentazione schematica di una colata di terra, con le caratteristiche morfologiche principali (da Varnes, 1978).

Nell'Appennino Settentrionale, colate e scorrimenti di terra si sviluppano tipicamente in argilliti associate ad elevate densità di frana, in cui l'area in frana ricopre porzioni di territorio comprese tra il 20 e il 40 % (Bertolini et al., 2002). Le principali formazioni appartenenti a questa categoria sono le *Argille a Palombini*, caratterizzate da una struttura blocco-in-matrice con matrice argillosa, e le *Argille Varicolori*, argilliti dalle tipiche sfumature grigio-verdastre.

Queste litologie argillose del dominio Ligure sono terreni fini caratterizzati da bassa plasticità e basso indice di attività, i cui parametri geotecnici mostrano bassa resistenza di stato critico e residua ma con un ampio campo di variazione, probabilmente attribuibile alla particolare struttura del terreno, che lo rende spesso disomogeneo alla scala del campione di laboratorio (Berti et al., 2007).

Il complesso comportamento delle colate di terra si riflette nella difficile attribuzione dello stato di attività, illustrato da Cruden & Varnes (1996) in Figura 1.2, in cui fasi ad elevata attività (le cosiddette fasi parossistiche) si alternano a fasi di quiescenza e/o di minore attività. In frane in terra, la distinzione tra fasi di bassa attività e di completa quiescenza è particolarmente difficile, in relazione alla pressoché continua e spesso impercettibile deformazione del materiale dislocato.

Per questo motivo, la comprensione e previsione delle dinamiche delle colate di terra necessita di misure strumentali accurate di deformazione (superficiale e interna) nel tempo.

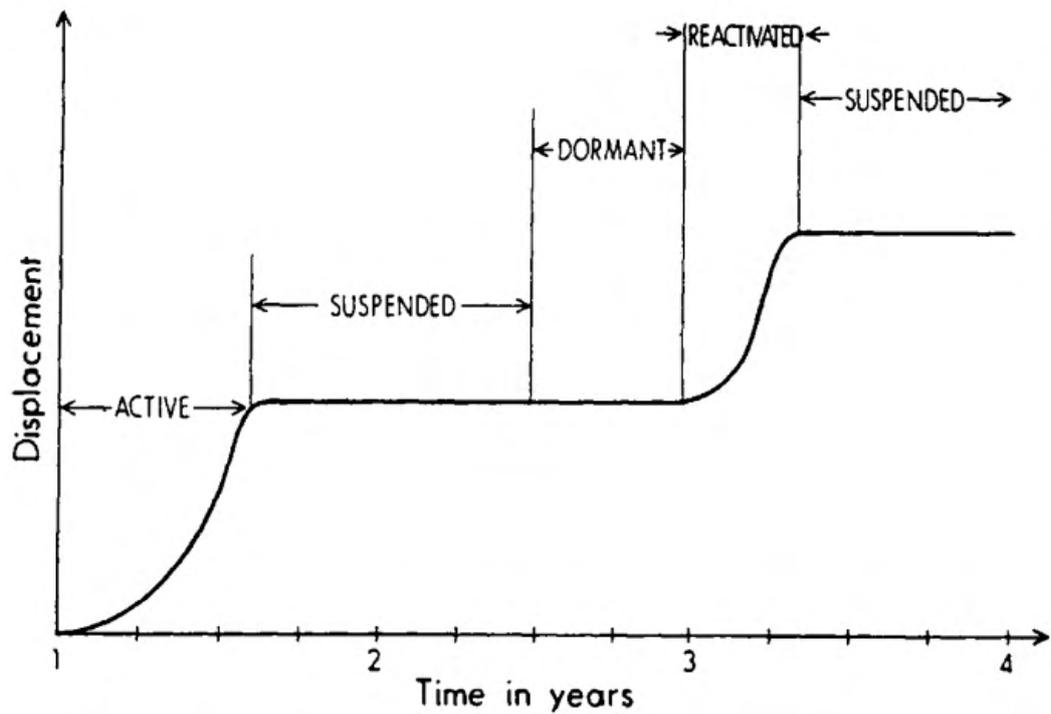


Figura 1.2. Andamento di spostamento nel tempo per una frana (da Cruden & Varnes, 1996).

Gli inclinometri sono validi strumenti per la comprensione delle dinamiche interne ad un corpo di frana, tipicamente installati in seguito ad un evento parossistico, tramite i quali è possibile estrapolare valori di spostamento nel tempo; poiché, come affermato poc'anzi, tale relazione non è efficace nell'analisi di frane in argilla, si ritiene utile elaborare l'andamento della velocità nel tempo.

Questo lavoro di tesi mira a caratterizzare la geometria e la dinamica deformativa di colate di terra munite di sistemi di monitoraggio inclinometrici, insistenti su formazioni argillose, ma non prendendo in esame la forzante idro-meteorologica; si valutano, inoltre, i cambiamenti morfologici visibili da foto aeree, ampliando il database regionale. In particolare, vengono prese in esame quattro località in Argille a Palombini (APA) e altrettante in Argille Varicolori (AVC) all'interno del bacino del Fiume Reno, indagando analogie e differenze nella dinamica di frana, tramite l'analisi di complessivi 121 inclinometri e 57 carote di sedimento.

## 2. Area di studio

L'area di studio trattata in questo lavoro di tesi comprende otto località situate nell'alto bacino del Fiume Reno, nell'Appennino Bolognese, entro i confini della Regione Emilia-Romagna; tali località sono: Silla, Gaggio Montano, Ca' dei Ricci, Matella, Lizzano in Belvedere, Ca' di Faziello, Corvella e Castiglione dei Pepoli, la cui ubicazione è visibile in Figura 2.1 e presso le quali si sono analizzate 15 colate in terra.

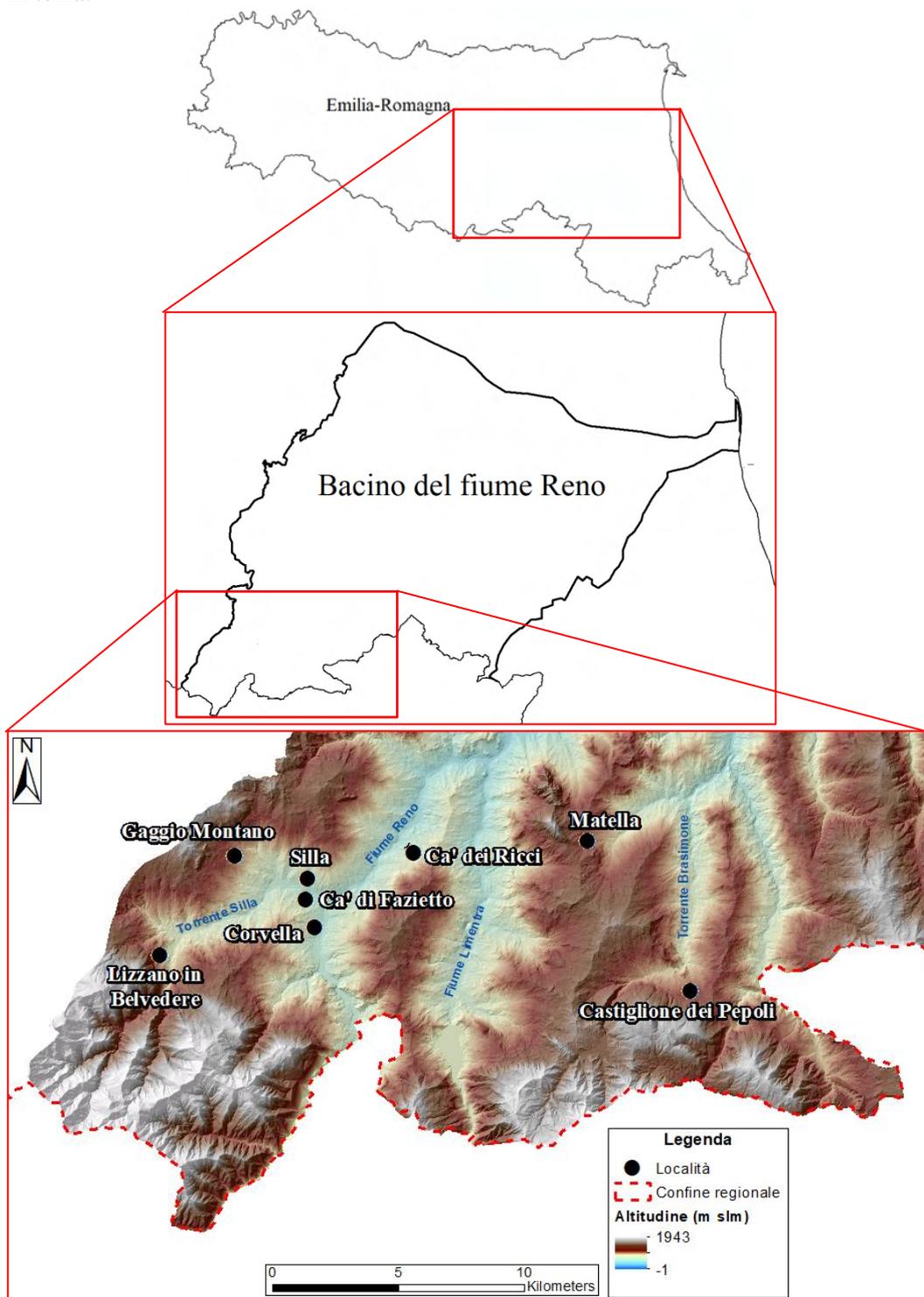


Figura 2.1. Località presso cui si sono analizzate le colate di terra, con il rilievo ombreggiato in trasparenza.

## 2.1 Inquadramento geologico

### 2.1.1 Inquadramento strutturale

L'Appennino Bolognese si colloca nell'Appennino Settentrionale, una catena a falde vergenti a nord-est formatasi attraverso un processo di deformazione polifasica tra l'Oligocene superiore e il Pliocene inferiore. Nella genesi appenninica si possono distinguere due stadi compressivi principali: durante il primo si è definita la struttura dell'Appennino Settentrionale (dall'Oligocene superiore al Pliocene inferiore), con la creazione di un sistema di avanfossa migrante verso est, mentre nel secondo stadio si ha l'avanzamento del fronte appenninico e contemporaneo regime estensionale nel settore interno, con la creazione di bacini e sviluppo di faglie normali tuttora potenzialmente sismogeniche (Martelli et al., 2017).

Le strutture tettoniche dell'Appennino Settentrionale proseguono però ben oltre il limite morfologico catena-pianura, creando il fronte appenninico costituito da dorsali sepolte note come Pieghe Emiliane e Ferraresi (Figura 2.2).

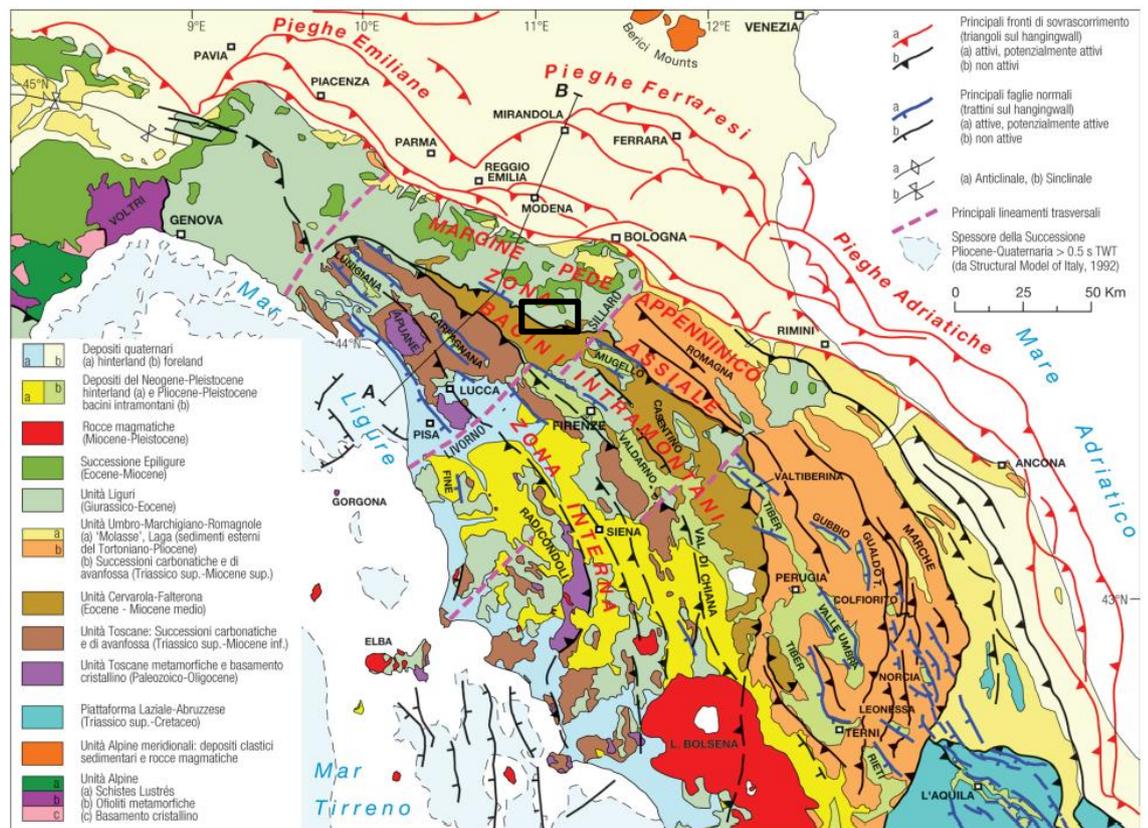


Figura 2.2. Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale e della Pianura Padana, con l'area di studio perimetrata in nero (modificato da Martelli et al., 2017).

La complessità strutturale dell'Appennino Settentrionale è evidente anche a scala dell'area di studio, posta a ovest della "Linea Livorno-Sillaro", uno dei principali lineamenti appenninici a cinematica trascorrente sinistra che taglia trasversalmente l'Appennino Settentrionale in direzione SW-NE (Bortolotti et al., 1966).

Il settore studiato in questo lavoro di tesi presenta sovrascorrimenti nord-est vergenti che spesso marcano contatti litologici, oltre alla presenza diffusa di pieghe anticlinali e sinclinali con asse in direzione NW-SE.

## 2.1.2 Inquadramento stratigrafico

La catena appenninica settentrionale è costituita da una moltitudine di unità tettono-stratigrafiche raggruppabili in due domini principali: il dominio Ligure, con sedimenti di origine oceanica depositati tra il Giurassico e l'Eocene medio, e il dominio Tosco-Umbro-Marchigiano, il quale presenta successioni di avana fossa oligo-mioceniche messi in posto sulla piattaforma continentale dell'Adria a partire dall'Oligocene superiore (Martelli et al., 2017).

Le unità geologiche presenti nell'area di studio e visibili in Figura 2.3 sono riconducibili ad entrambi i domini e descritte in modo esteso in Appendice 1; data la grande quantità di litofacies, si è proceduto ad una semplificazione, riportando nell'immagine solo le sigle delle principali formazioni geologiche coinvolte nelle dinamiche di dissesto, mentre le litofacies sono rappresentate con una sfumatura della stessa gamma cromatica della formazione.

In Figura 2.4 è mostrata la distribuzione spaziale delle coperture quaternarie, nelle quali rientra la categoria delle colate di terra, protagoniste di questo lavoro di tesi.

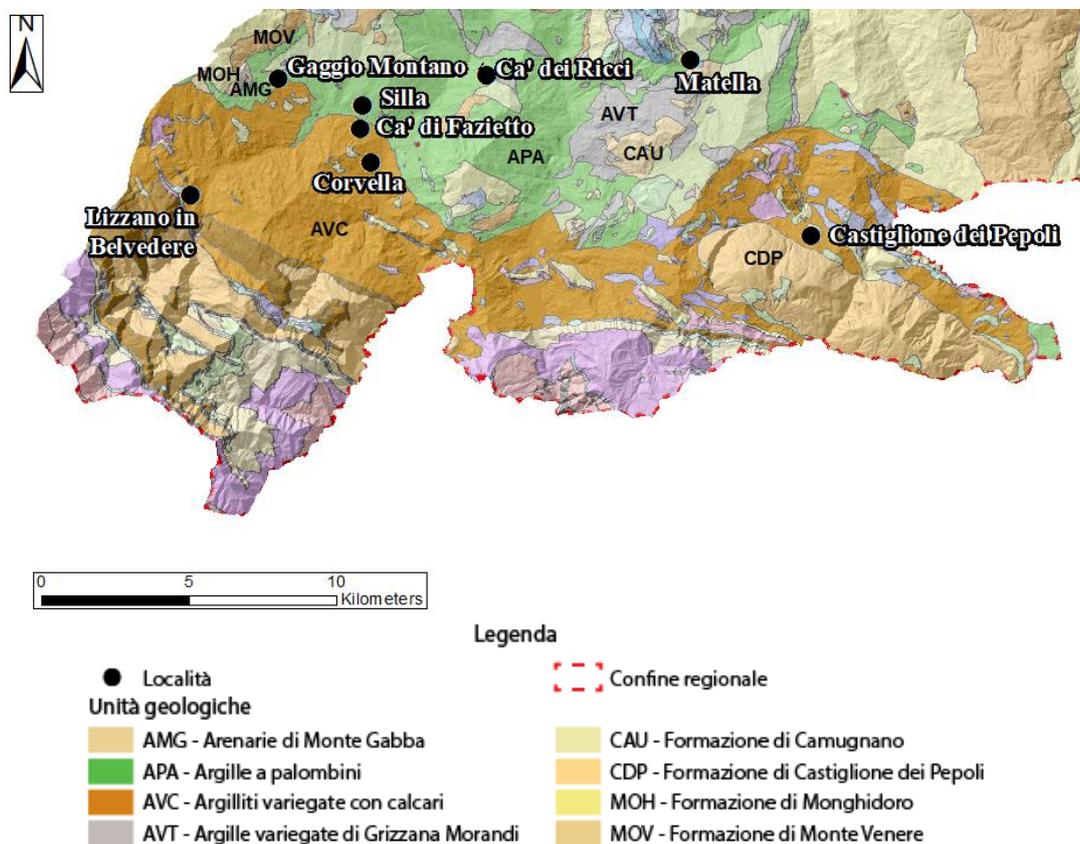


Figura 2.3. Unità geologiche principali presenti nell'area di studio, con il rilievo ombreggiato in trasparenza.

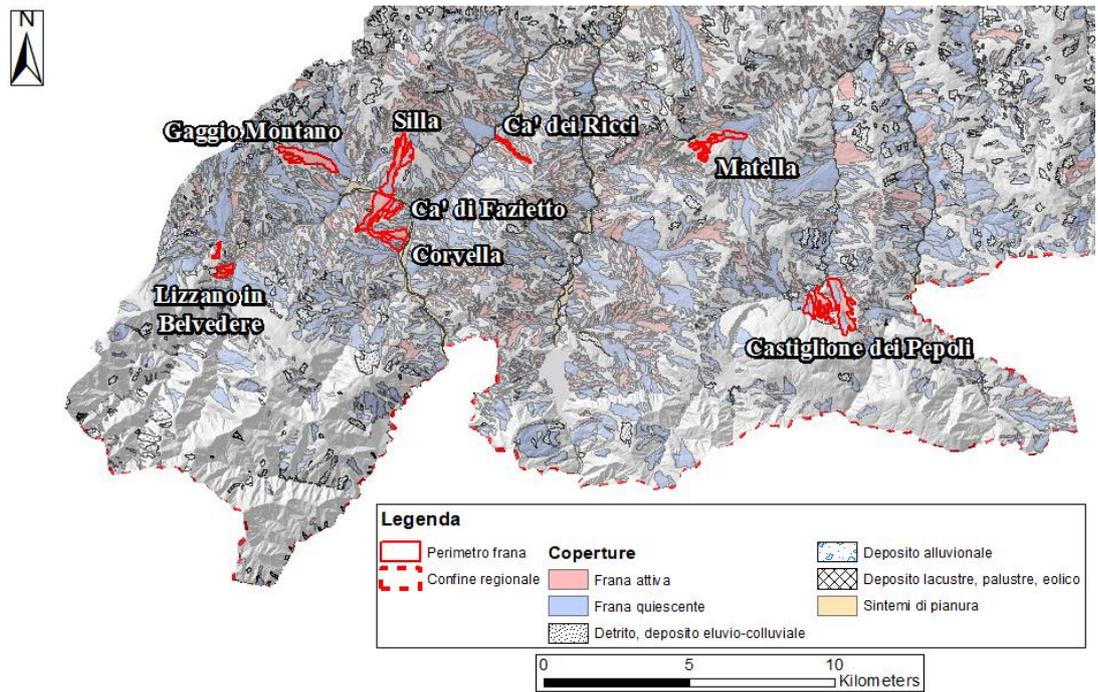


Figura 2.4. Distribuzione spaziale delle coperture quaternarie nell'area di studio. In rosso sono indicate le frane analizzate, nominate per località.

### 3. Materiali e metodi di indagine

L'analisi delle frane di studio integra caratteristiche topografiche e geometriche e la caratterizzazione inclinometrica nello spazio e nel tempo.

Il lavoro svolto su ogni corpo di frana è schematizzato in Figura 3.1, in cui le diverse fasi confluiscono alla caratterizzazione complessiva della dinamica di frana nel periodo post-parossistico, in relazione alle formazioni prese in considerazione: Argille a Palombini e Argille Varicolori.

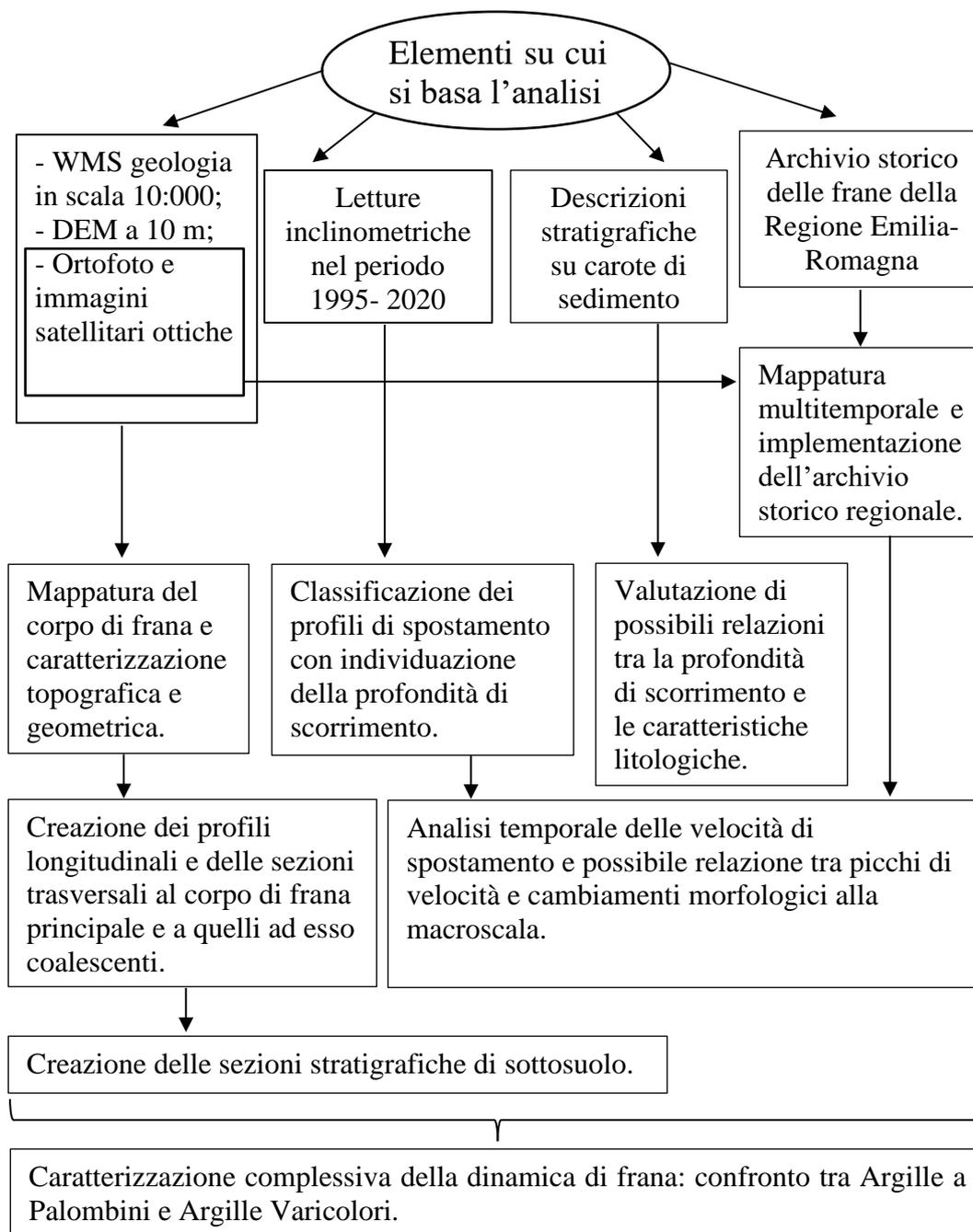


Figura 3.1. Diagramma di flusso delle analisi svolte su ogni corpo di frana.

### 3.1 Analisi tramite Sistemi Informativi Geografici

L'analisi effettuata tramite ArcGIS 10.5.1 considera: la formazione geologica coinvolta, le caratteristiche geometriche e topografiche dei corpi di frana e l'evoluzione morfologica osservabile tramite ortofoto ed immagini satellitari. I diversi elementi presi in considerazione concorrono alla creazione di sezioni longitudinali e trasversali, così come illustrato nel diagramma di flusso in Figura 3.2.

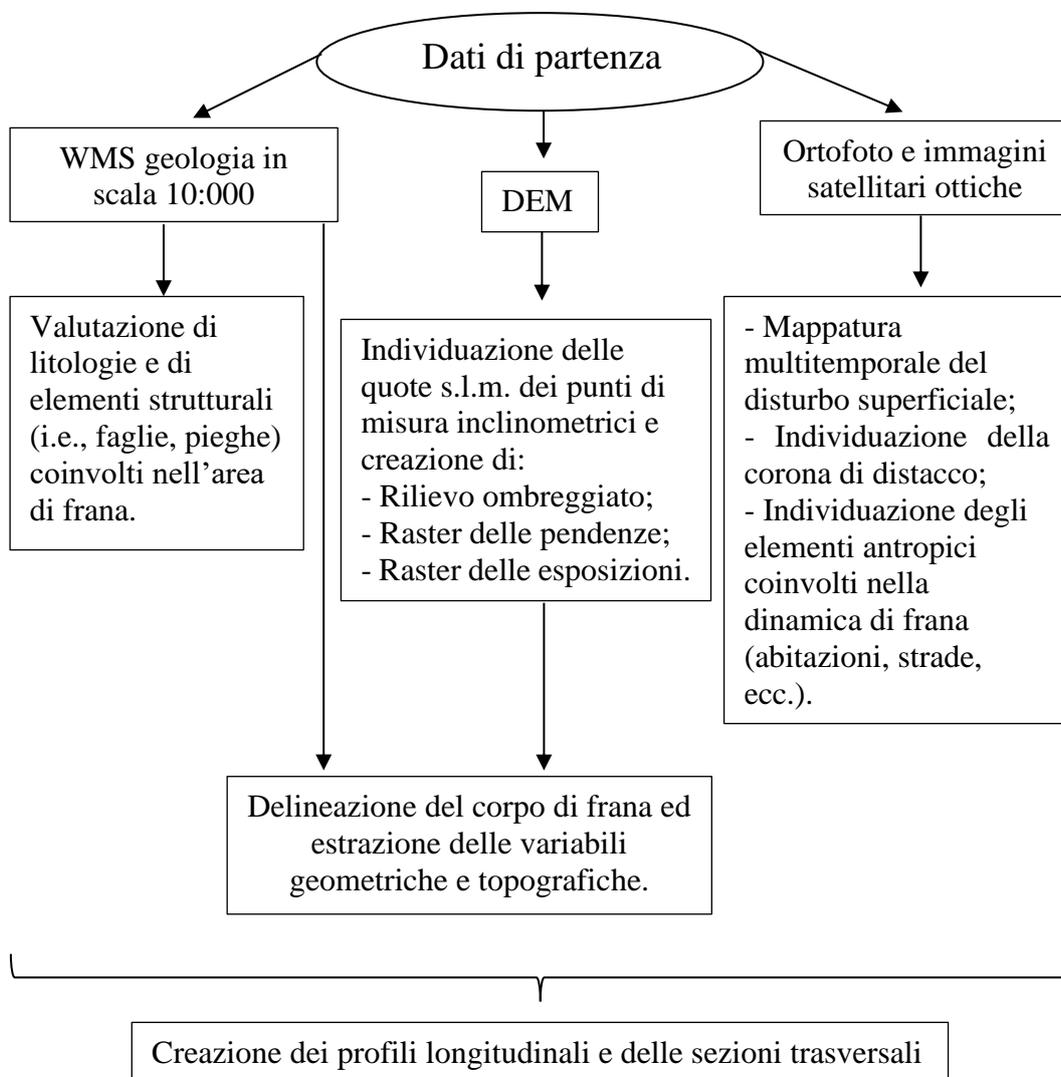


Figura 3.2. Diagramma di flusso dell'analisi svolta su ogni corpo di frana tramite il programma ArcGIS.

#### 3.1.1 Mappatura dei corpi di frana

Per la mappatura dei corpi di frana ci si è basati sul WMS "geologia 10k" della Regione Emilia-Romagna (Figura 3.3 A), esaminando le coperture quaternarie ed estrapolando dalle tabelle degli attributi informazioni spaziali quali, ad esempio, area e perimetro.

Al fine di valutare la morfologia dei corpi di frana si è creata la forma del rilievo topografico tramite il comando "Hillshade", esaminando il rilievo ombreggiato a 10 m (Figura 3.3 B).

### 3.1.2 Caratterizzazione geometrica e topografica delle frane di studio

La caratterizzazione geometrica e topografica delle frane consiste nella misurazione delle seguenti variabili (Tabella 3.1):

- 1) Lunghezza (m): misura calcolata a partire dalla corona di distacco e arrivando alla quota più bassa raggiunta dal piede della frana;
- 2) Larghezza (m): si distinguono le larghezze minima e massima del corpo di frana, nonché la larghezza media, calcolata tramite il rapporto tra area e lunghezza;
- 3) Perimetro (m) e Area (m<sup>2</sup>): calcolati nella Tabella Attributi relativa allo shapefile del perimetro di frana, utilizzando la funzione “Calculate geometry”;
- 4) Quota di distacco e quota del piede (m): valori letti sulle isoipse presenti nella CTR multiscalata;
- 5) Rilievo (m): calcolato come differenza tra la quota di distacco e quella del piede di frana;
- 6) Pendenza media (gradi e %): calcolata come il rapporto tra il rilievo e la lunghezza della frana, riportata sia in percentuale che in gradi tramite la funzione arcotangente. In ArcGIS, applicando il comando “Slope” al DEM (Figura 3.3 C), si è creato un layer che indica la pendenza in gradi della superficie topografica, utile sia per una prima valutazione visiva della pendenza dei versanti sia per individuare con più facilità le corone di distacco, contraddistinte da una netta variazione di pendenza in pochi metri;
- 7) Distanza distacco-cresta (m): distanza tra la corona di distacco e la quota della cresta;
- 8) Esposizione: valutata applicando il comando “Aspect” al DEM (Figura 3.3 D), ottenendo un layer in cui si ha l’esposizione dei versanti rispetto al nord.

Tabella 3.1. Variabili considerate, coi rispettivi simboli e unità di misura.

Variabile	Simbolo	Unità di misura
Area	A	m <sup>2</sup>
Lunghezza	Lu	m
Larghezza	L	m
Larghezza locale	Ll	m
Profondità	P	m

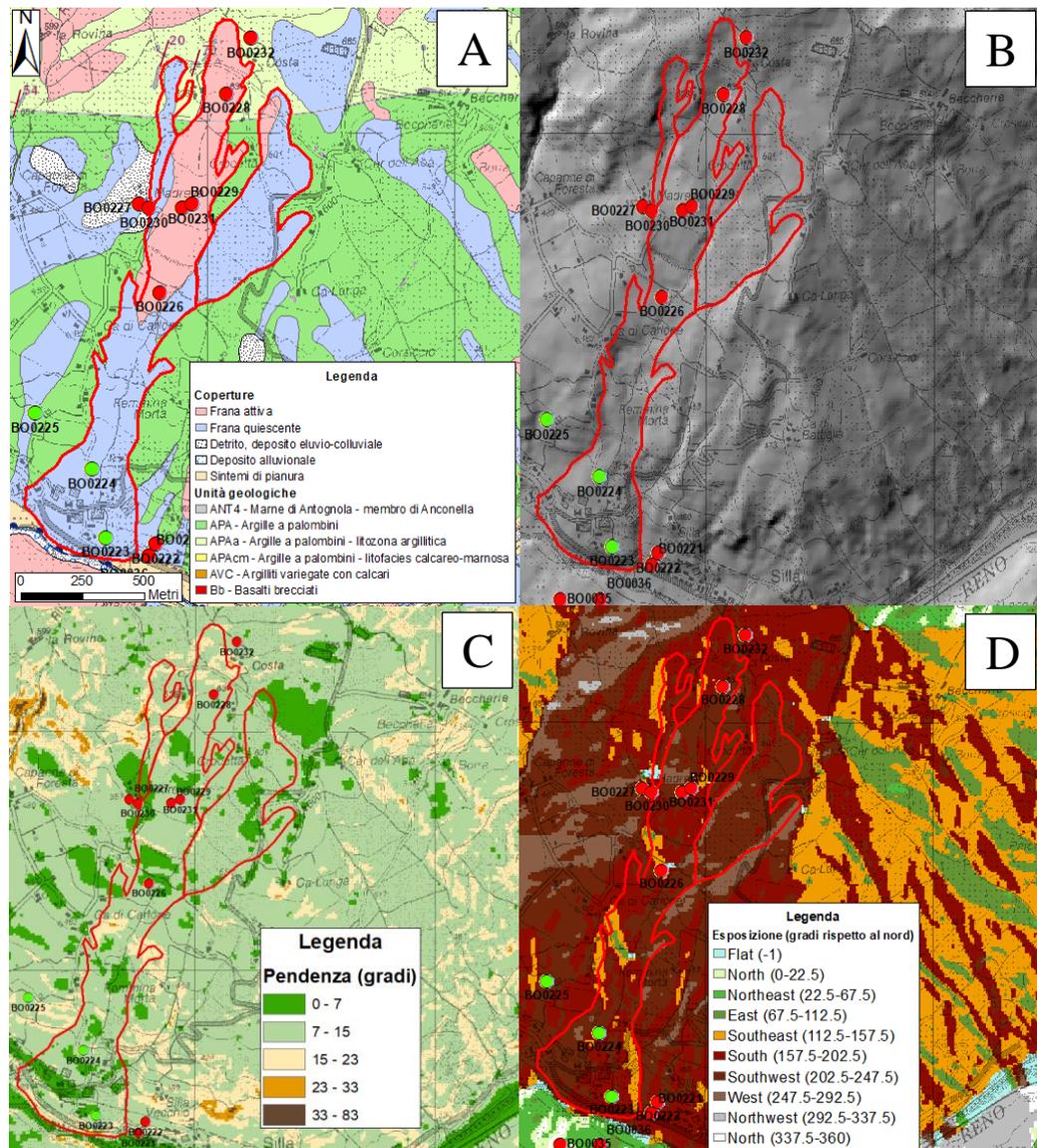


Figura 3.3. Esempio del corpo di frana delineato in rosso presso Silla-Montecchi su: A) Carta geologica a scala 10:000 (i.e., WMS “geologia 10k”); B) Rilievo ombreggiato ottenuto da CTR RER; C) Raster delle pendenze; D) Raster delle esposizioni.

### 3.1.3 Mappatura multitemporale

Sulle ortofoto e le immagini satellitari elencate in Tabella 3.2 si sono mappate le variazioni morfologiche temporali dei corpi di frana, talvolta confermando le riattivazioni descritte nell’Archivio storico delle frane della Regione Emilia-Romagna (Appendice 2), altre volte documentando nuovi eventi.

La mappatura, di cui si riporta un esempio in Figura 3.4, è effettuata mettendo in evidenza le zone interessate da disturbo superficiale, spesso accompagnato da canali di drenaggio o recenti asfaltature del manto stradale.

Tabella 3.2. Ortofoto utilizzate per la mappatura multitemporale.

Tipo di immagini	Risoluzione (m)	Rappresentazione
Ortofoto 1954	1	Bianco e nero
Ortofoto 1969	0,7	Bianco e nero
Ortofoto 1976	0,9	Colori
Ortofoto 1988	1	Bianco e nero (WMS)
Ortofoto 1996	1	Bianco e nero
Ortofoto 1998- 2000	1	Colori (WMS)
Immagini satellitari 2003	0,3	Colori
Ortofoto 2007- 2008	0,5	Colori
Ortofoto 2011	0,5	Colori
Ortofoto 2014	0,5	Colori
Ortofoto 2017- 2018	0,3	Colori



Figura 3.4. Disturbo superficiale nella parte alta della frana Silla-Montecchi, delineato con un tratteggio giallo in riferimento all'anno 2014.

### 3.1.4 Creazione dei profili longitudinali e delle sezioni trasversali

La creazione delle sezioni longitudinali e trasversali dei corpi di frana si è basata sulle tracce delineate in ArcGIS, ovvero shapefile lineari che tagliano longitudinalmente e trasversalmente i corpi di frana, interpolando le quote del DEM a 10 m; pertanto, i profili sono affetti da un errore intrinseco che è bene considerare, soprattutto laddove si vanno a valutare caratteri morfologici dei corpi di colata.

Il posizionamento delle tracce longitudinali è avvenuto in seguito all'osservazione congiunta dei poligoni di frana presenti nel WMS "geologia 10k" e del rilievo ombreggiato, valutando la posizione della corona di distacco e la lunghezza della frana stessa, così da poter rappresentare la morfologia del versante nella sua interezza (quindi dallo spartiacque fino al fondovalle). Oltre alla traccia longitudinale del corpo di frana principale si sono considerate anche le tracce longitudinali di corpi di frana coalescenti a quello principale, laddove presenti.

Le tracce trasversali, disposte perpendicolarmente a quelle longitudinali, sono almeno tre o quattro per ogni frana e distribuite lungo la sua interezza, volendo

rappresentare la morfologia del corpo principale e degli eventuali corpi di frana ad esso coalescenti.

Nella rappresentazione grafica delle sezioni longitudinali, i profili sono costituiti da linee di diverso spessore per marcare la prospettiva: quelle più spesse sono poste davanti a quelle più sottili, poiché le prime sono più vicine al punto di vista dell'osservatore rispetto alle seconde; in modo analogo, anche tratti diversi della superficie di scorrimento presentano diverso spessore, a seconda della loro posizione. Le sezioni longitudinali create sono di due tipologie: in una sezione senza esagerazione verticale si sono posizionati gli inclinometri e l'ultima lettura dei profili di spostamento, visualizzandone l'andamento generale; nella sezione che presenta un'esagerazione verticale pari a 5, si sono riportati gli inclinometri, la superficie di scorrimento, le formazioni geologiche e gli elementi strutturali coinvolti.

Le sezioni trasversali sono rappresentate in un'unica figura con un'esagerazione verticale di 2,5 e col punto di vista che va dal fondovalle verso monte; nel perimetrare i corpi di frana si sono tenuti in considerazione le morfologie dei profili topografici, unitamente alla carta delle coperture quaternarie, alla CTR e all'Hillshade, per stabilire le quote delle corone di distacco.

### **3.2 Analisi delle stratigrafie**

Al fine di valutare una possibile correlazione tra la profondità della superficie di scorrimento e la sequenza stratigrafica si sono analizzate le stratigrafie derivate da perforazioni a carotaggio continuo, effettuate lungo le stesse verticali in cui sono posti gli inclinometri.

Per tale operazione si sono considerate solo le stratigrafie corrispondenti ad inclinometri in cui la superficie di scorrimento è netta, riportando anche nelle stratigrafie tale informazione tramite frecce verdi e frecce rosse, le quali indicano rispettivamente la profondità a cui si trova la base e il tetto della superficie di rottura.

Inoltre, si sono presi in considerazione anche parametri geotecnici rilevati in situ e riportati accanto alle descrizioni litologiche quali, ad esempio, prove penetrometriche standard o valori di penetrometro tascabile.

### **3.3 Compilazione del database inclinometrico e analisi di velocità**

#### **3.3.1 Il sistema di monitoraggio inclinometrico (Ferro, 2004)**

Il sistema di monitoraggio inclinometrico ha lo scopo di identificare la presenza della superficie di scorrimento in un corpo di frana, misurando l'entità e la direzione degli spostamenti lungo la verticale di misura; è costituito da due strumenti: il tubo inclinometrico e la sonda inclinometrica (Figura 3.5).

Il tubo inclinometrico è un tubo in plastica, ferro o alluminio, provvisto di quattro scanalature ortogonali, che viene alloggiato nel foro di sondaggio; nell'installazione si auspica che la profondità del foro superi quella della superficie di scorrimento, così che il tubo inclinometrico risulti ancorato al substrato stabile e possa misurare le deformazioni del terreno sovrastante, tramite deformazione del tubo stesso.

Tali misure sono effettuate ad intervalli regolari sulla verticale (spesso con passo di 500 o 1000 mm) grazie alla sonda inclinometrica, strumento che scorre lungo le guide ortogonali del tubo e ne misura le deviazioni rispetto alla verticale, registrando i valori con una centralina elettronica.

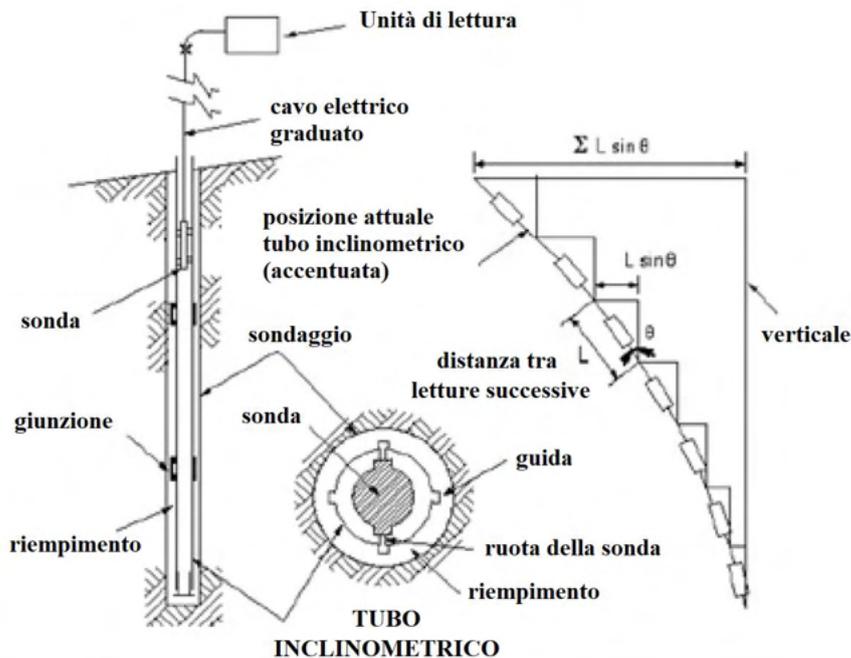


Figura 3.5. Schema del sistema di monitoraggio inclinometrico (da Ferro, 2004)

La prima lettura viene effettuata poco dopo l'installazione del tubo inclinometrico per determinare la sua forma iniziale (è detta, pertanto, "lettura di zero"). La differenza tra la lettura di zero e le successive nel tempo fornisce informazioni circa lo stile di movimento, la sua direzione, profondità e tasso (velocità media tra due letture).

### 3.3.2 Classificazione dei profili di spostamento e analisi di velocità

L'analisi sulla serie di profili inclinometrici si è basata sull'attribuzione di un codice numerico ad ogni profilo, a seconda dell'andamento dello spostamento differenziale integrale dal basso (profili visibili in Appendice 4), facendo riferimento allo schema illustrativo concettuale riportato in Figura 3.6 e riportando un esempio di attribuzione in Figura 3.7; si tenga in considerazione che nella valutazione delle classi di deformazione inclinometrica si ha un certo grado di incertezza, attribuibile ad ogni inclinometro.

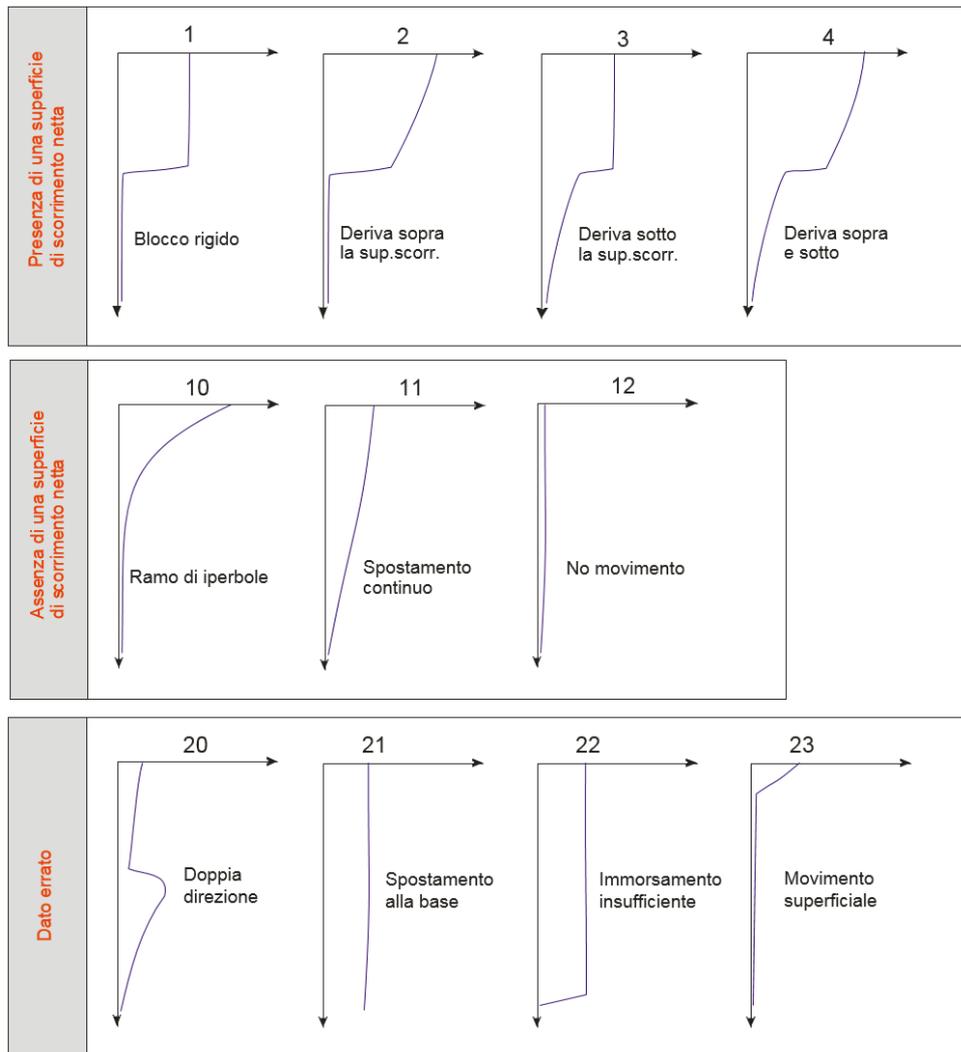


Figura 3.6. Categorie e relativi codici numerici per l'interpretazione dei profili inclinometrici e la dinamica di spostamento locale della frana (da Berti, 2021).

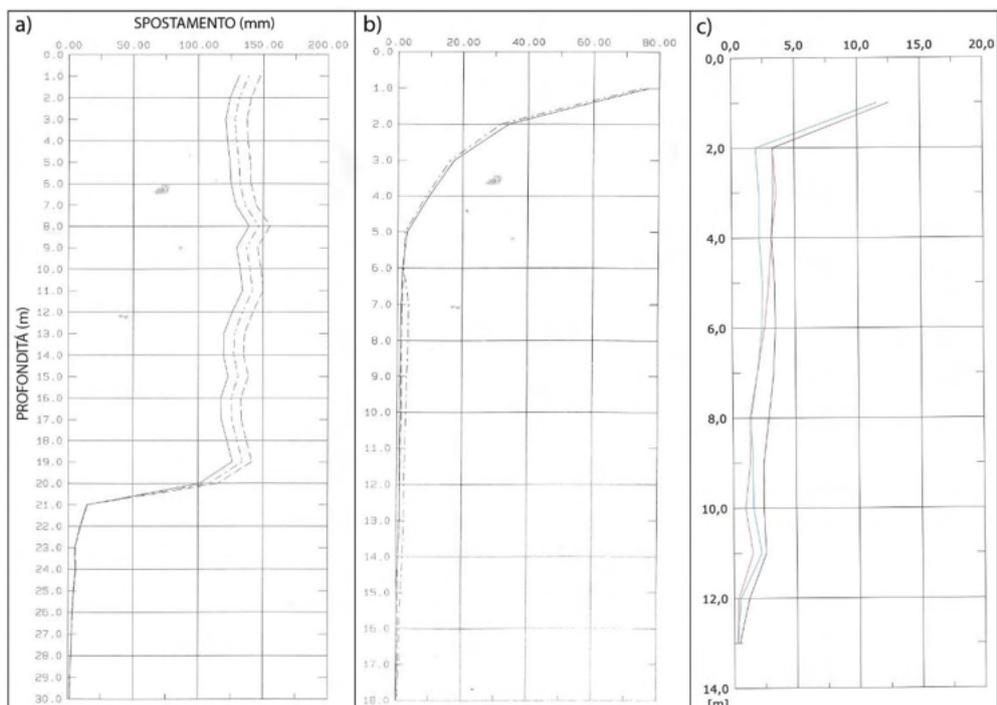


Figura 3.7. Esempi di attribuzione delle categorie mostrate in Figura 3; a) 1= “Blocco rigido”, b) 10= “Ramo di iperbole”, c) 23= “Movimento superficiale”.

In base alla categorizzazione dei profili si è svolta l'analisi di velocità, effettuata tramite i software Engauge Digitizer ed Excel. Il software Engauge Digitizer permette, in seguito alla definizione del sistema di riferimento specifico del grafico (ovvero inserendo le coordinate dell'origine degli assi e quelle degli estremi dell'asse delle ascisse e delle ordinate), la digitalizzazione dello stesso tramite l'inserimento di più punti.

Per questo lavoro di tesi si sono estrapolati i valori di spostamento in corrispondenza della testa del tubo e, se presente una superficie di scorrimento netta (quindi per le categorie 1, 2, 3, 4 in Figura 3.6), del tetto della superficie di scorrimento, interpretando i profili similmente a quanto mostrato in Figura 3.8, analizzando solo gli inclinometri che riportano almeno due misure.

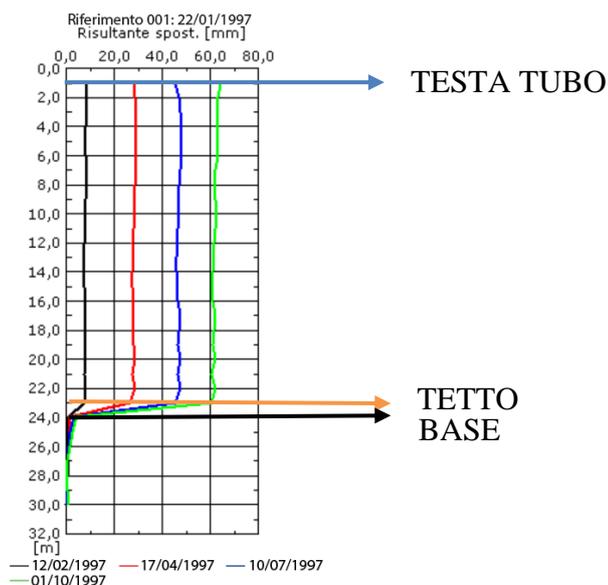


Figura 3.8. Spostamento cumulato a testa tubo, a base e a tetto della fascia di spostamento per l'inclinometro BO0231.

Successivamente si sono importati in Excel i valori di spostamento nel tempo, calcolando le velocità cumulate sia alla testa tubo che al tetto della superficie di scorrimento, graficandone l'andamento (esempio in Figura 3.9); per fare ciò ci si è basati sui giorni trascorsi dalla lettura di zero, convertendo le velocità in mm/mese, considerando un mese di 30 giorni, così da confrontarle con le categorie in Appendice 3. Per ogni grafico si sono poi specificati il nome identificativo dell'inclinometro e la zona in cui si trova (distacco, trasporto o deposito).

Si sono trascurati i profili ricadenti nella categoria di dato errato (numeri 20, 21, 22, 23 in Figura 3.6) o che mostrano solo una lettura, poiché non considerati affidabili per l'analisi.

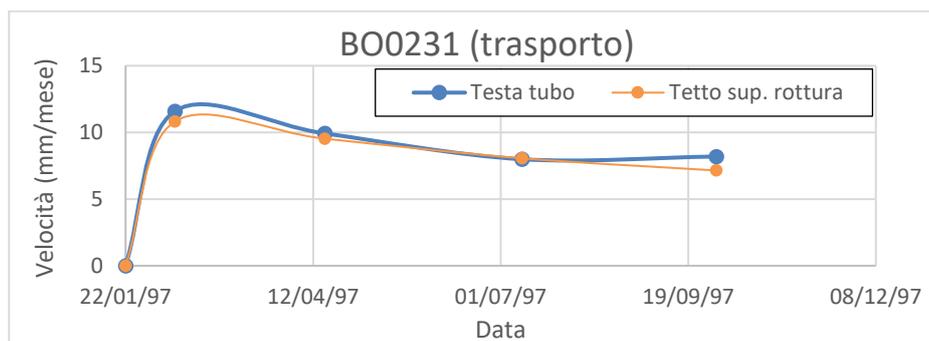


Figura 3.9. Andamento della velocità cumulata nel tempo sia a testa tubo che al tetto della superficie di scorrimento per l'inclinometro BO0231.

- Gli attributi del database inclinometrico compilato per le frane di studio includono:
- 1) IDUNIBO: codice alfanumerico identificativo dell'inclinometro;
  - 2) Periodo di monitoraggio: periodo che intercorre tra la data della lettura zero e l'ultima lettura effettuata, riportato sia come intervallo tra la data di lettura zero e la data ultima, sia come durata del monitoraggio (numero di giorni);
  - 3) Quota (m s.l.m.);
  - 4) Distanza lineare dalla corona di distacco (m);
  - 5) Larghezza locale della frana in corrispondenza dell'inclinometro (m);
  - 6) Forma del profilo di deformazione inclinometrica: codice numerico corrispondente alla tipologia di profilo assegnato (i.e., Figura 3.6);
  - 7) Grado di incertezza nella valutazione della forma del profilo di deformazione inclinometrica;
  - 8) Profondità della base e del tetto della superficie di scorrimento (m);
  - 9) Spostamento cumulato complessivo (mm): spostamento cumulato a testa tubo nell'ultima lettura registrata;
  - 10) Velocità media (mm/mese): velocità calcolata come il rapporto tra lo spostamento cumulato complessivo e i giorni di monitoraggio;
  - 11) Velocità di picco (mm/mese).

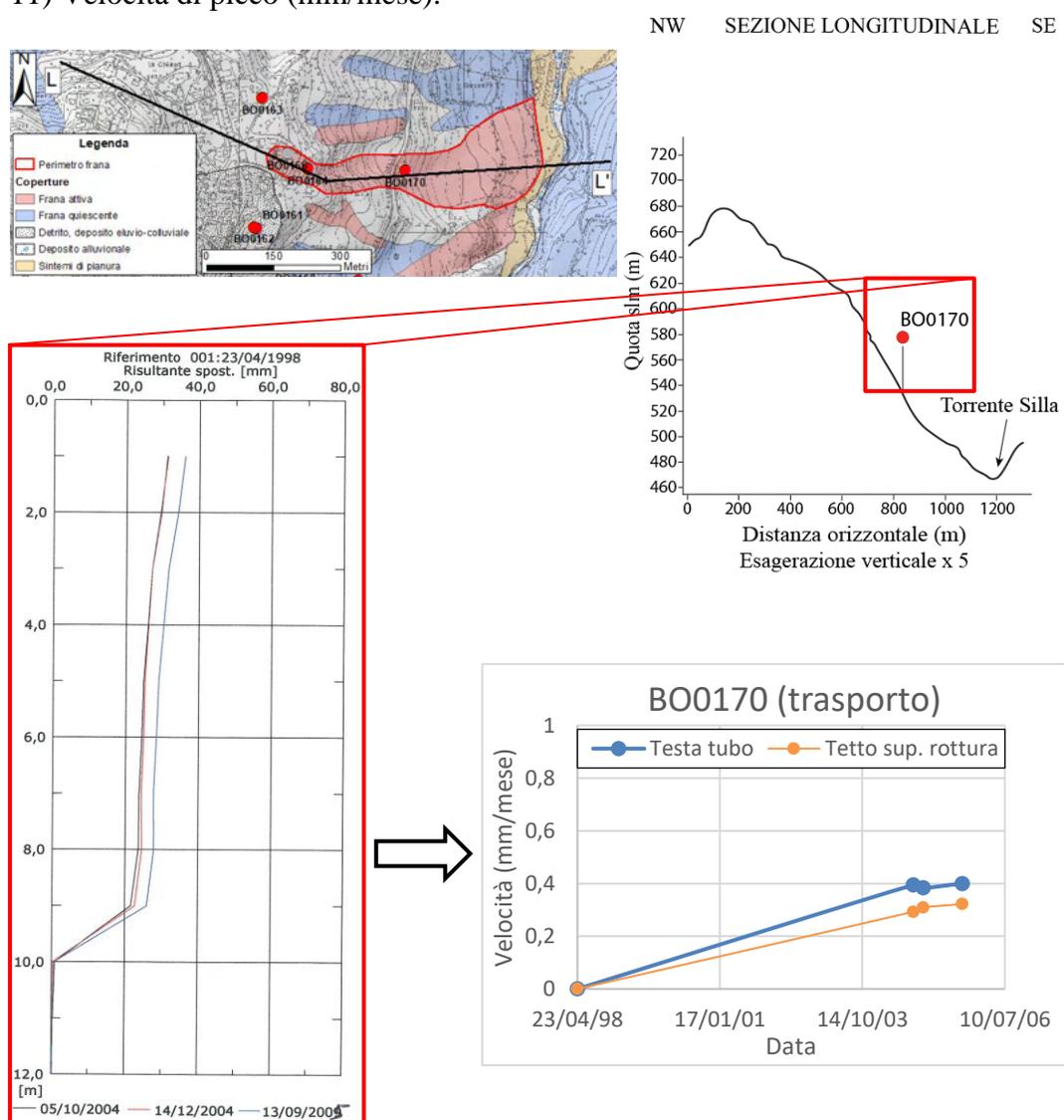


Figura 3.10. Posizionamento di un inclinometro nel profilo longitudinale della frana “Via del Sole” presso Lizzano in Belvedere, con relativa curva inclinometrica da cui si grafica l’andamento di velocità nel tempo.

## 4. Risultati

Di seguito sono mostrate le considerazioni sito-specifiche e i risultati ottenuti a scala di frana, in cui le prime quattro frane sono nella formazione delle Argille a Palombini e le restanti quattro nella formazione delle Argille Varicolori.

### 4.1 Silla-Montecchi

La frana che coinvolge le località Silla e, più a nord, Montecchi (denominata, pertanto, frana di Silla-Montecchi) si è generata nella formazione delle Argille a Palombini, così come mostrato in Figura 4.1.

Questa frana è descritta come combinazione di più tipologie di movimento, ovvero scorrimenti che evolvono in colamenti di fango e/o detrito con diverso stato di attività: il corpo di frana centrale, che si estende dalla località Costa fino alla località Ca' di Carlone, è classificato come attivo (colore rosa in Figura 4.1), mentre su entrambi i lati si hanno corpi di frane classificati come quiescenti (colore blu in Figura 4.1), che si uniscono col corpo attivo presso la località Ca' di Carlone per poi proseguire fino all'alveo del Torrente Silla, formando un corpo con stato di attività quiescente e sul cui piede si è sviluppata l'area industriale di Silla.

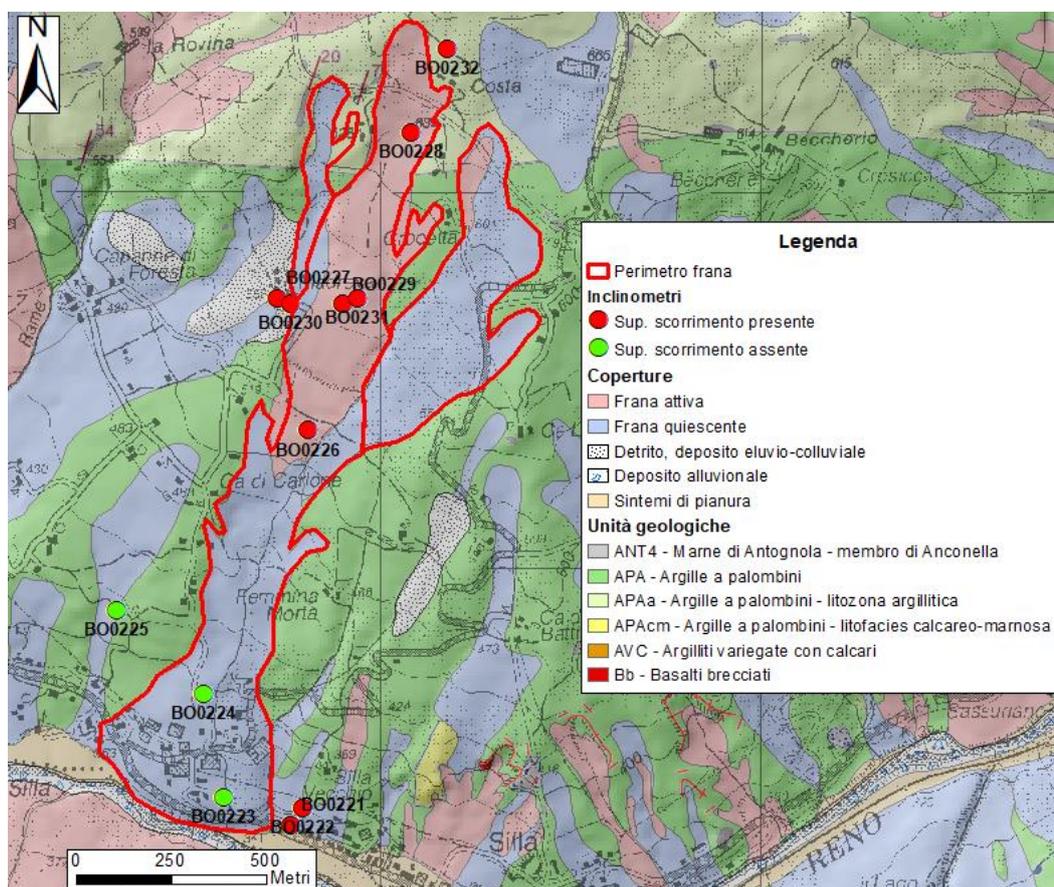


Figura 4.1. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.1. In Tabella 4.2 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Silla-Montecchi.

Tabella 4.1. Caratteristiche geometriche e topografiche della frana Silla-Montecchi.

Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco- cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
	Minima	Massima	Media									
2200	90	580	332	690	729950	690	340	350	9° (16%)	10	99,5	S-SW

Tabella 4.2. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0221	22/01/1997– 14/11/2006		345	2115	580	2 (n)	10	9	102	0,9	1,1
BO0222	22/01/1997– 14/11/2006		253	2050	540	1 (n)	12	10	72	0,6	0,8
BO0223	02/05/1995– 18/11/1999		360	2110	497	11 (n)	/	/	18	0,3	5,9
BO0224	07/06/1995– 07/09/1995		397	1865	307	11 (n)	/	/	X	X	
BO0225	28/06/1995 –22/11/1995		420	FF	FF	11 (b)	/	/	FF	FF	
BO0226	10/08/1995 –15/11/1995		517	1120	235	1 (n)	34	33	X	X	
BO0227	22/01/1997 –18/05/2000		555	1010	280	1 (n)	48	46	75	1,9	4,6
BO0228	07/06/1995 –15/11/1995		620	295	155	1 (n)	9,5	8	69	13,4	13,7
BO0229	07/06/1995 –07/09/1995		560	770	217	1 (n)	24	23	X	X	
BO0230	01/06/1995 –12/08/1996		552	818	276	4 (b)	28	27	37	2,4	2,8
BO0231	22/01/1997 –01/10/1997		565	736	238	1 (n)	24	23	69	8,2	11,6
BO0232	02/05/1995 –15/10/1998		680	55	94	1 (b)	11	7	67	1,6	4,5

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato. FF= Inclinometro fuori frana. /= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico. X= Mancanza del dato per scarsità di letture inclinometriche (meno di due letture).

#### 4.1.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.2 e 4.3 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscale, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona di distacco (laddove si è potuta individuare). Si può così apprezzare la retrogressione della corona nelle riattivazioni della zona sommitale.

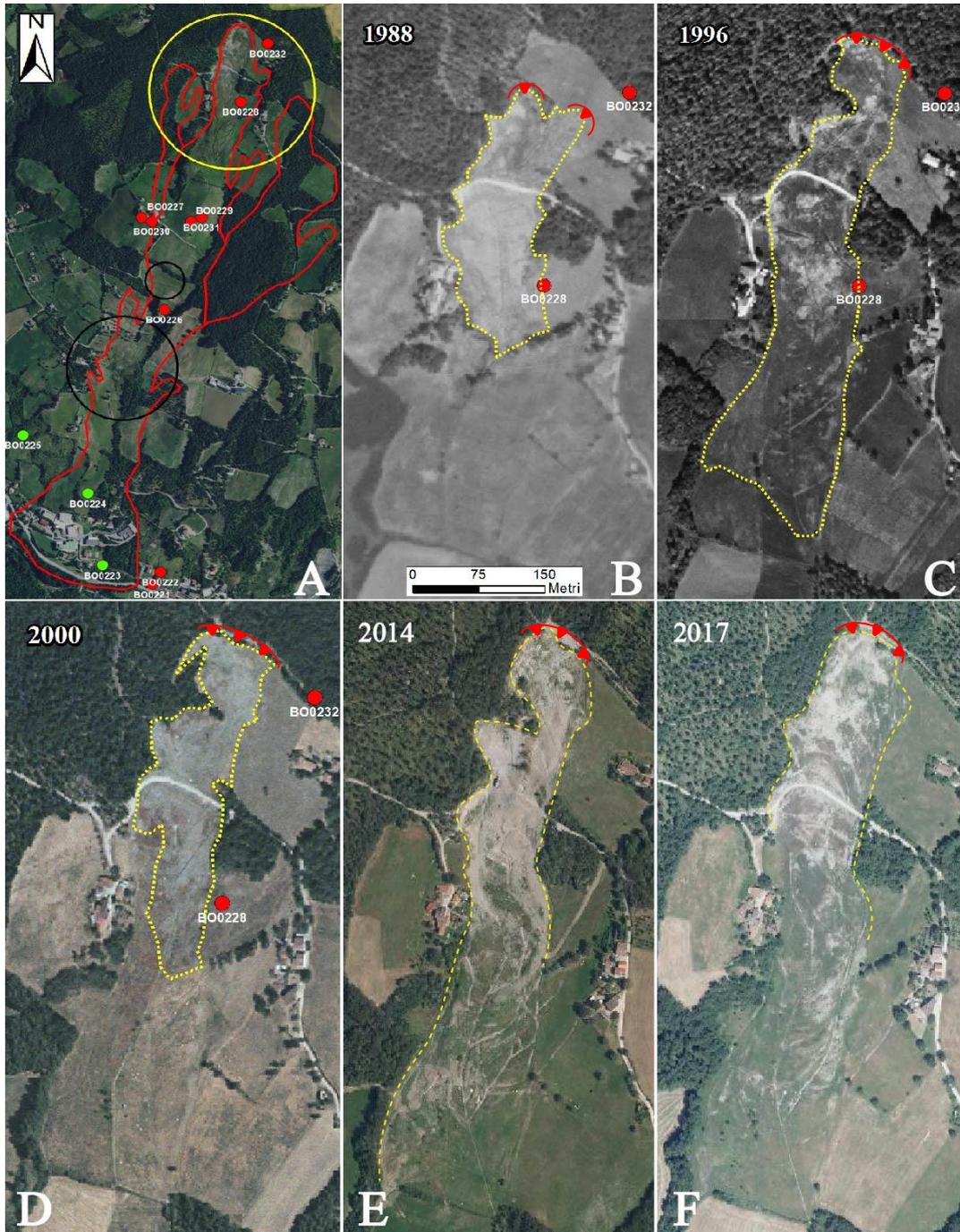


Figura 4.2. Serie temporale della parte alta della frana Silla-Montecchi coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-F) sequenza temporale (E-F da Consorzio TeA).

Si notano varie trincee drenanti e l'aumento della vegetazione dopo l'ultimo evento parossistico risalente al 2014.

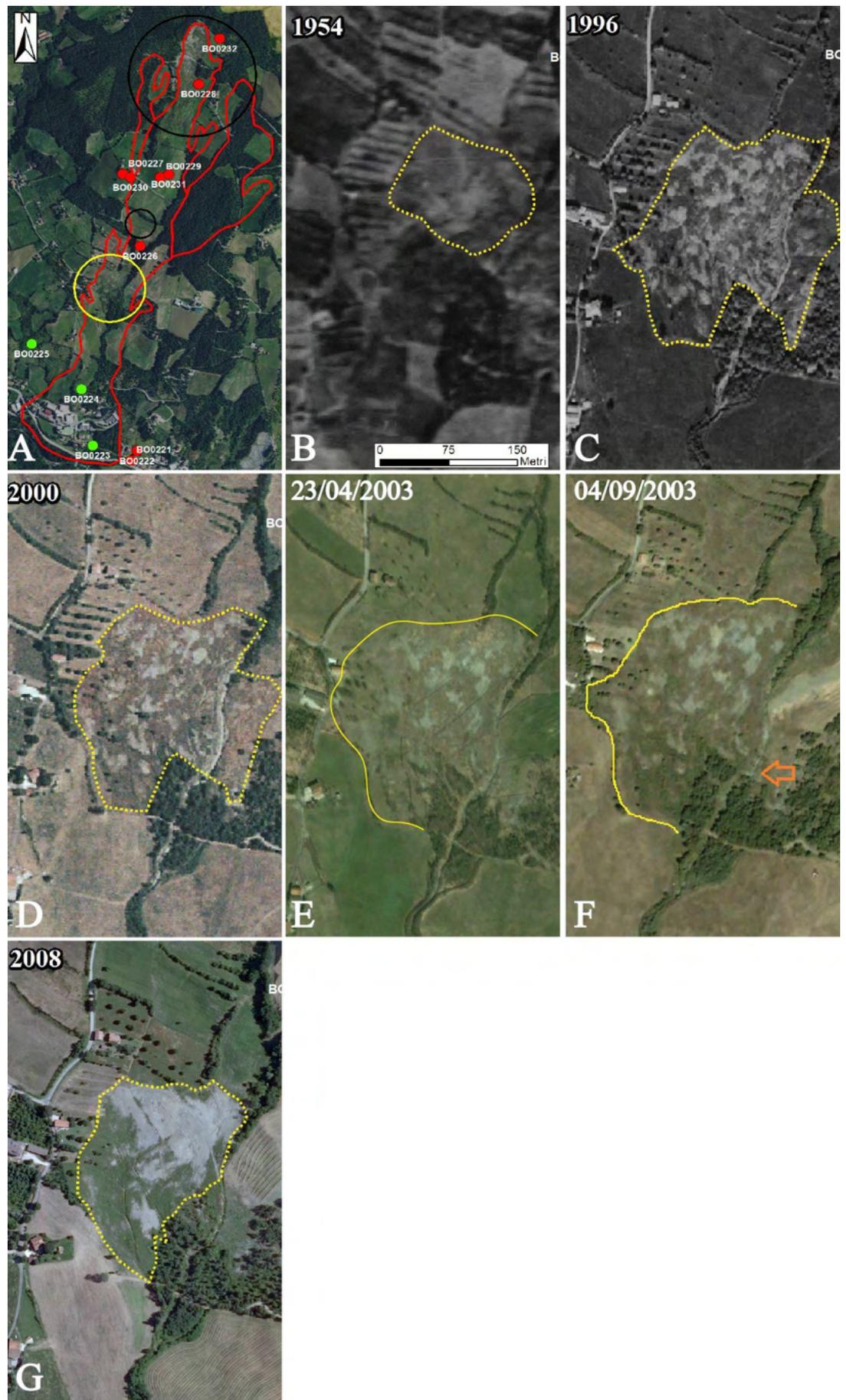


Figura 4.3. A) visione panoramica; B-G) sequenza temporale (E-F da Google Earth). Freccia arancione nel pannello F: cambiamento nel percorso dell'alveo del Rio Secco, quasi ad angolo retto.

#### **4.1.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali: la prima sezione longitudinale riporta i profili di spostamento delle letture inclinometriche (Figura 4.4), mentre le successive mostrano l'andamento della superficie di scorrimento (Figure 4.5 e 4.6).

La sezione longitudinale in Figura 4.4, non interessata da esagerazione verticale, mostra l'ultima lettura di ogni profilo di spostamento inclinometrico e mira a mostrare l'andamento della superficie di scorrimento, laddove è presente, lungo il corpo di frana. Si nota che dal tubo inclinometrico BO0232 fino al BO0229, corrispondenti alla distanza dalla corona di distacco che va da 55 m a 770 m, la superficie di scorrimento è netta e tende ad approfondirsi, con tipologia di deformazione verticale a blocco rigido.

Proseguendo lungo il profilo si trovano gli inclinometri BO0230 e BO0226, rispettivamente alle distanze 818 m e 1120 m dalla corona, i quali identificano la presenza della superficie di rottura ma, per quanto riguarda l'inclinometro BO0230, si ha deriva sia sopra che sotto la superficie, mentre l'inclinometro BO0226 mostra deformazione verticale a blocco rigido.

Sul piede della frana si trovano gli inclinometri BO0224 e BO0223, rispettivamente alle distanze 1865 m e 2110 m dalla corona, i quali non mostrano una superficie netta bensì uno spostamento continuo lungo la verticale fino alle rispettive profondità di 40 m e 45 m.

Per quanto riguarda gli inclinometri BO0222 e BO0221, inclusi nell'analisi perché appartenenti ad un corpo di frana il cui piede è coalescente con quello principale, la superficie di scorrimento è netta con deformazione a blocco rigido nel BO0222, mentre si ha deriva sopra la superficie di scorrimento nel BO0221, il quale si trova più a valle del precedente e può risentire dei movimenti avvenuti monte, registrandone le deformazioni superficiali.

In generale, la frana Silla-Montecchi ha una superficie di rottura a profondità variabile, che si approfondisce da monte verso valle, ed è caratterizzata da una serie di scorrimenti interni al corpo principale, non assumendo un comportamento fluido.

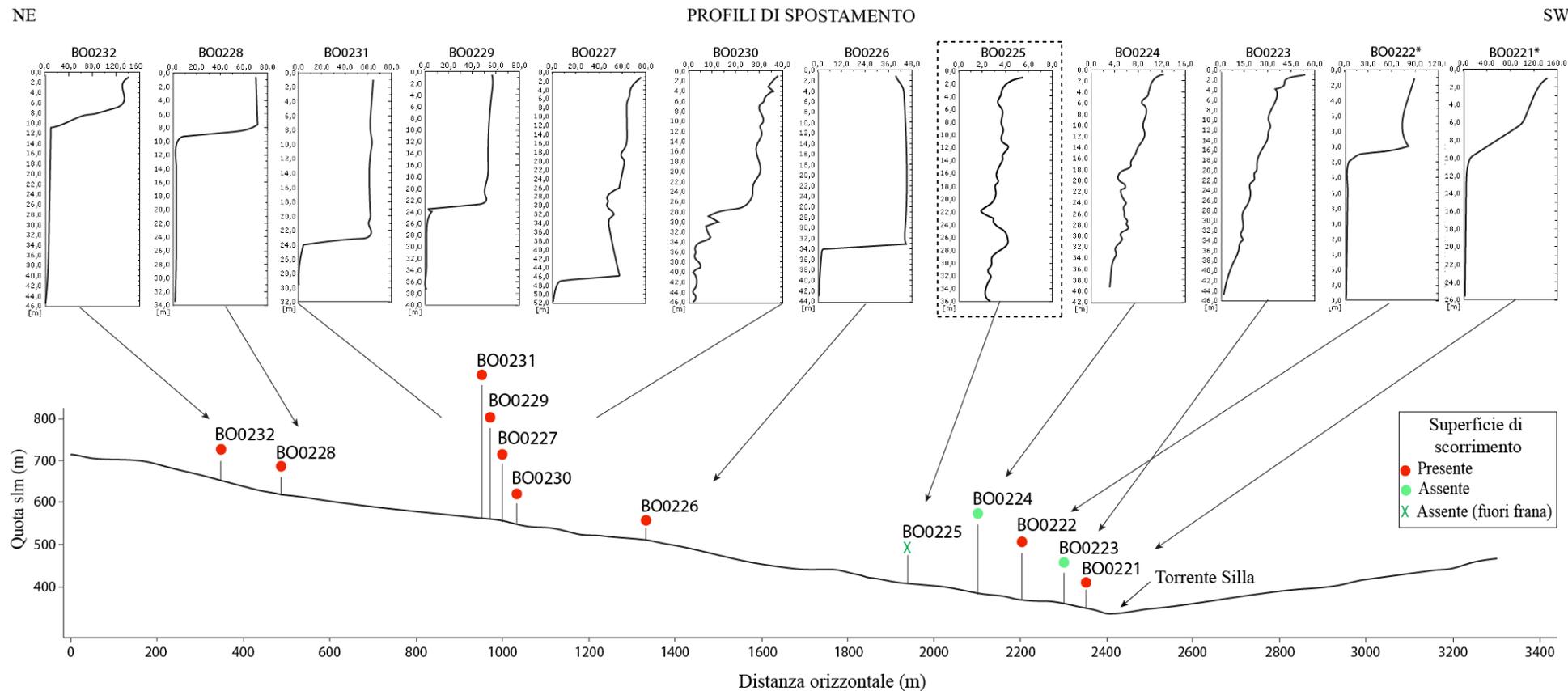


Figura 4.4. Profili di spostamento derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A' (visibile in Figura 4.5). Gli inclinometri fuori frana sono incorniciati con una linea tratteggiata, quelli che presentano un asterisco sono situati in un altro corpo di frana.

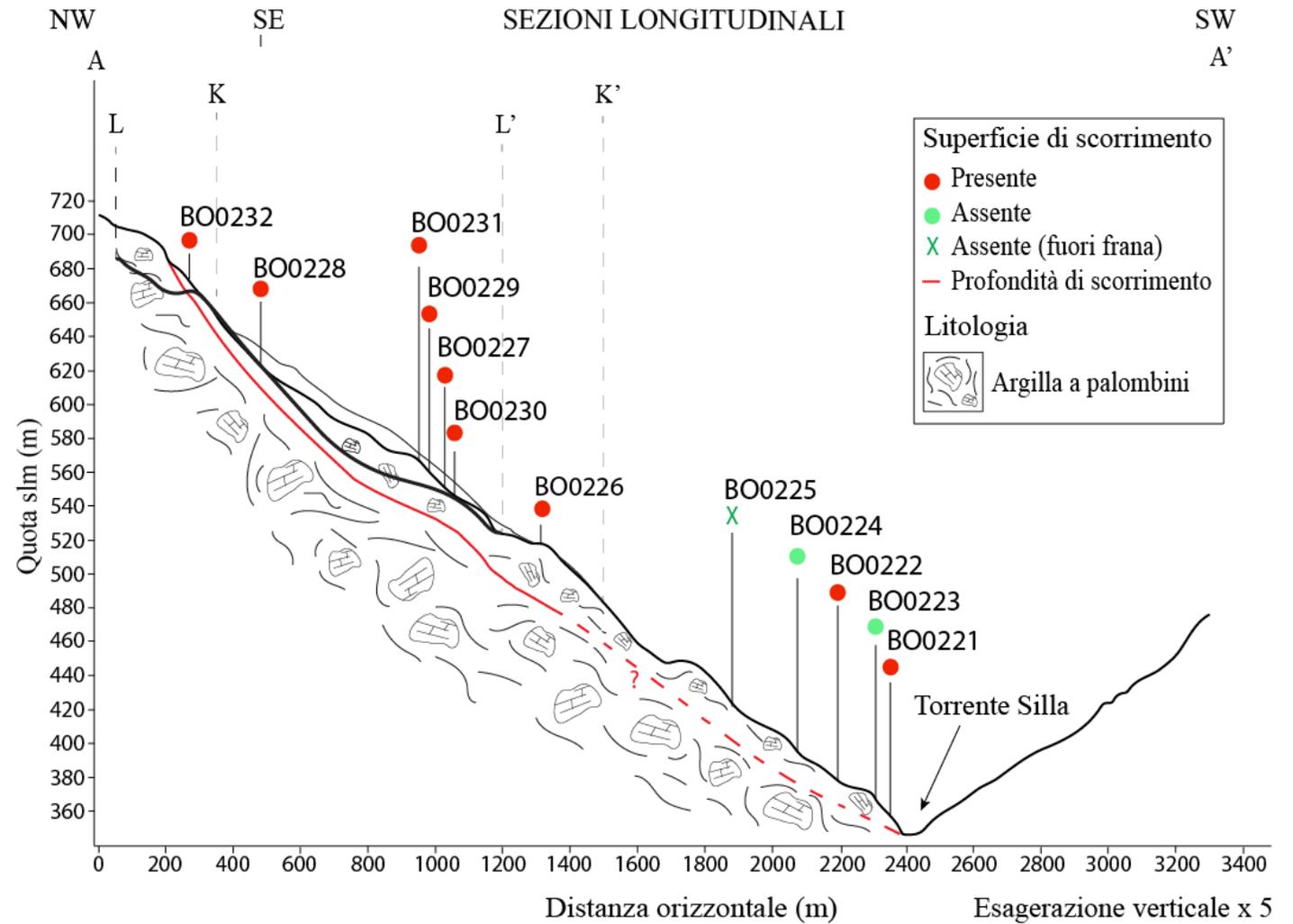
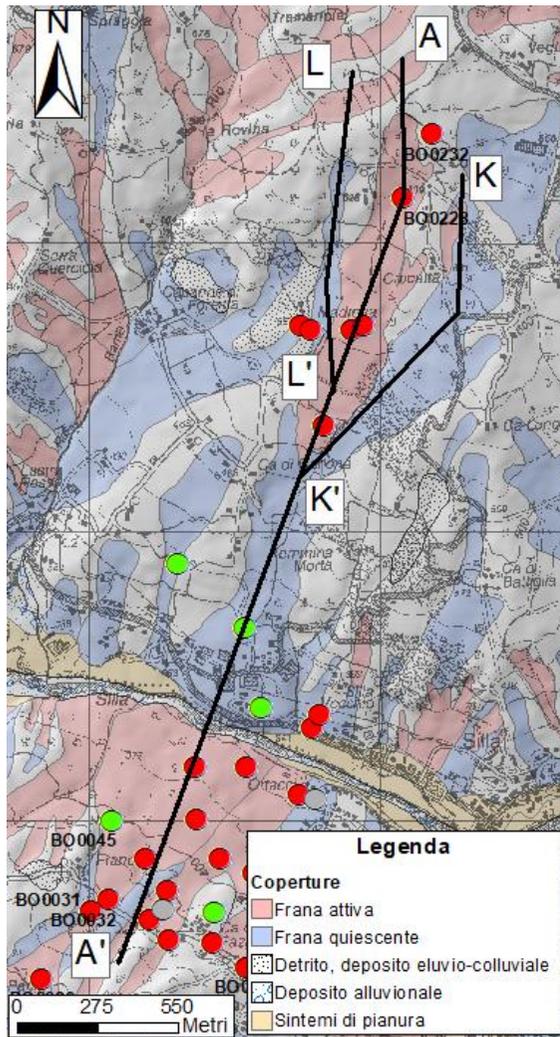


Figura 4.5. Tracce e relative sezioni longitudinali.

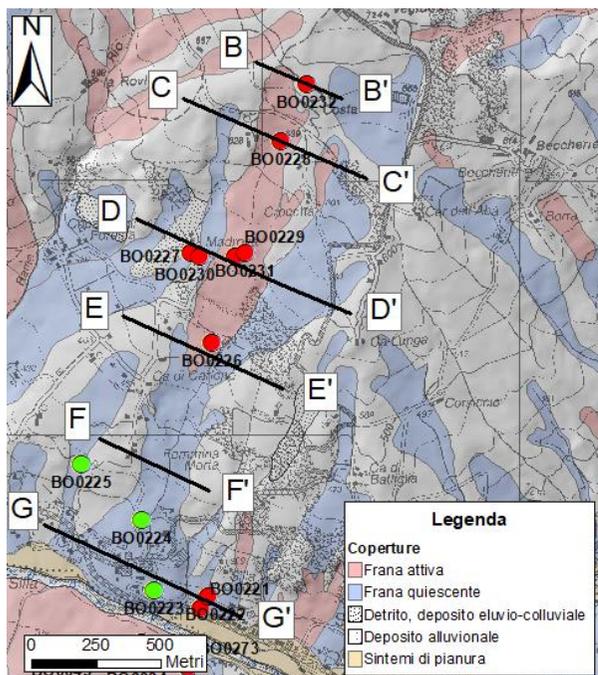
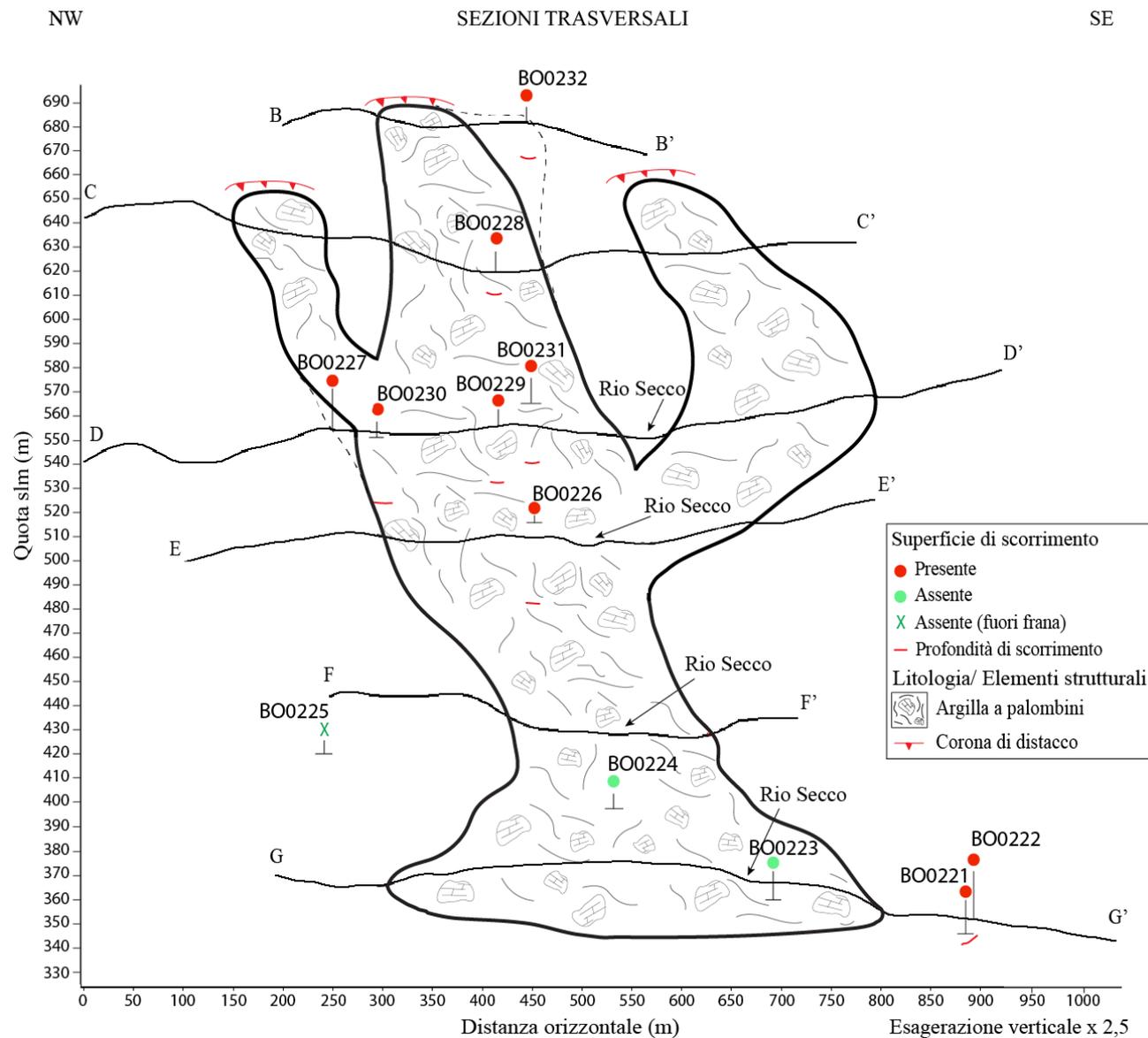


Figura 4.6. Tracce e relative sezioni trasversali, col punto di vista da valle verso monte. Le linee tratteggiate sono modifiche al poligono RER.



### **4.1.3. Relazione con la stratigrafia**

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.1 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento, considerando che tale confronto è stato possibile per le carote corrispondenti agli inclinometri BO0232, BO0228 e BO0230.

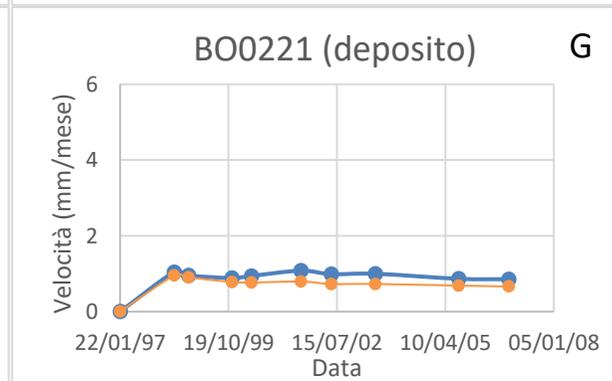
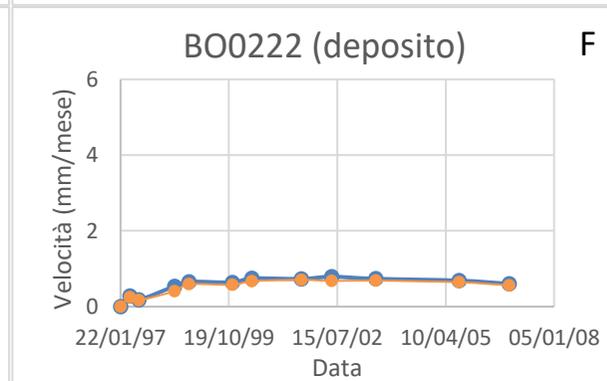
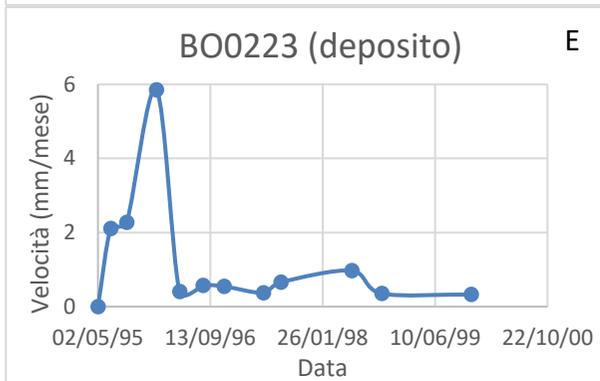
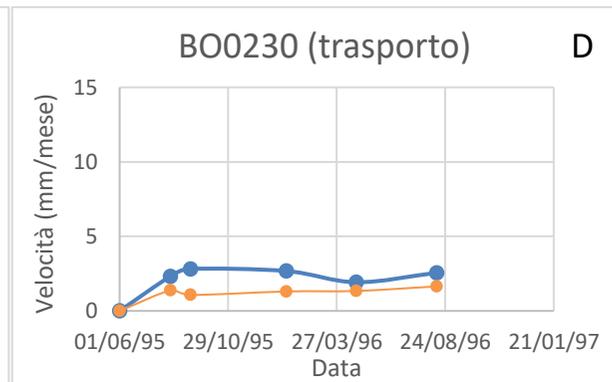
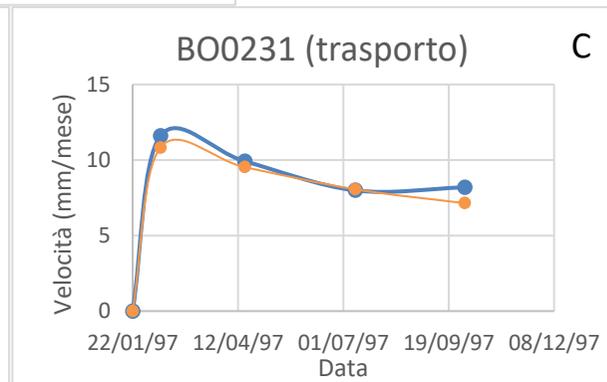
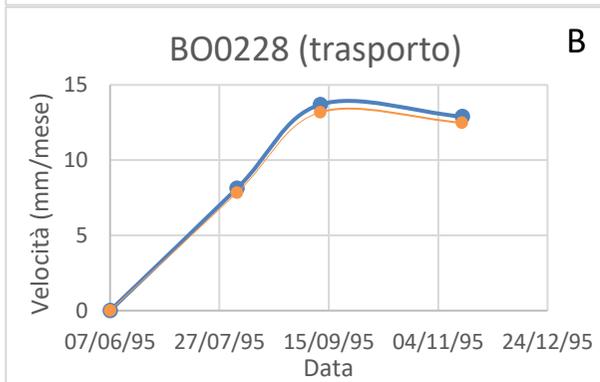
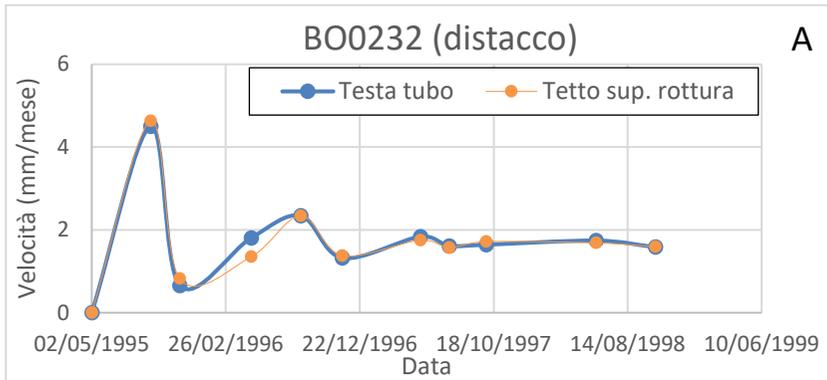
Nei casi analizzati la superficie di rottura si instaura in argilla marnosa di colore grigio, descritta come fogliettata e dalla tessitura caotica, compatta o molto compatta, trovando superiormente argilla marnosa grigio-bruna, indicante possibili segni di alterazione (nella carota dell'inclinometro BO0232) mentre per gli altri due casi non si denotano segni di alterazione nel materiale più superficiale; inferiormente la litologia non ha più tessitura caotica, è di colore grigio o grigio scuro e con scagliosità pervasiva.

Associata alla descrizione litologica si hanno valori di penetrometro tascabile fino alla profondità di scorrimento nelle carote corrispondenti agli inclinometri BO0232 e BO0228: nel primo caso tali valori vanno fuori scala ( $>6 \text{ kg/cm}^2$ ) a partire da 40 cm sopra la profondità di massimo spostamento, mentre nella seconda carota i valori passano da 2,7 a 4,2  $\text{kg/cm}^2$  in 30 cm, all'interno della fascia di maggior deformazione. Per quanto riguarda la carota corrispondente a BO0230 non si hanno valori di penetrometro tascabile in corrispondenza della superficie di scorrimento, ma si nota una differenza nella descrizione litologica tra il materiale interessato dallo scorrimento e quello soprastante: il primo è definito "molto compatto", mentre superiormente è descritto come "compatto".

In generale per le tre carote a disposizione si notano variazioni dal punto di vista della descrizione litologica tra il materiale coinvolto da rottura (rimaneggiato dalla dinamica di frana) e quello non coinvolto: dal basso verso l'alto si passa da materiale grigio, senza segni di alterazione e con scagliosità tipica delle Argille a Palombini a materiale caotico, che dal grigio mostra sfumature brune; inoltre, si nota una diversa resistenza alla penetrazione, un diverso grado di compattezza del materiale, con lo scorrimento che si instaura al passaggio tra il materiale più resistente e quello più debole.

### **4.1.4. Analisi dell'andamento delle velocità**

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, riferiti al periodo successivo al parossismo del 1994, distribuiti su tre righe a seconda della zona di appartenenza: distacco, trasporto o deposito.



Nella zona di distacco l'andamento generale è quello di calo di velocità, che si stabilizza su 1,6 mm/mese, con due momenti di aumento dati da riattivazioni nella località Montecchi: la misura effettuata il 12/08/1996 ha registrato una velocità pari a 2,3 mm/mese e il disturbo superficiale creatosi è visibile in Figura 4.2, pannello C (sono anche presenti zone più scure rivegetate in seguito al parossismo del 1994), mentre il secondo risale al 07/05/1997 con magnitudo di 1,8 mm/mese.

La zona di trasporto mostra andamenti differenti man mano che ci si allontana dalla corona di distacco: l'inclinometro BO0228 mostra un picco con velocità pari a 13,7 mm/mese in data 11/09/1995, stessa data in cui si registra 4,6 mm/mese nell'inclinometro BO0232, mentre nel punto successivo si ha un calo in entrambi gli inclinometri ma con variazione maggiore in BO0232 rispetto a BO0228; gli inclinometri BO0231 e BO0230 mostrano un andamento di calo di velocità nel tempo, tranne per un lieve aumento nell'ultima misura di BO0230 registrata in data 12/08/1996 e corrispondente al picco di 2,3 mm/mese nella zona di distacco.

La zona di deposito del corpo di frana vede l'inclinometro BO0223 con solo la misura di velocità a testa tubo a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico ed un picco di 5,9 mm/mese registrato il 17/01/1996, per poi calare e mostrare aumenti di velocità il 12/08/1996 e tra il 24/07/1997 e 04/06/1998, con valori rispettivamente di 0,6 e tra 0,7 e 1 mm/mese; gli inclinometri BO0222 e BO0221 appartenenti ad un corpo di frana coalescente al principale mostrano un andamento quasi costante di velocità nel tempo, assestandosi tra 0,6 e 0,7 mm/mese nel periodo 1997-2006.

In generale si può affermare che le riattivazioni che si verificano nella zona di distacco sono registrate anche lungo la zona di trasporto, con valori di velocità che si differenziano e che sono maggiori nell'inclinometro BO0228 rispetto a BO0232 (unico nella zona di distacco); questo può essere dovuto al rapido carico non drenato esercito da riattivazioni a monte, le quali si comportano come locali scorrimenti ma mobilitano anche il materiale posto più a valle.

## 4.2 Gaggio Montano

La frana che coinvolge il comune di Gaggio Montano nasce sul lato Nord-Est del Monte di Gabba, estendendosi per tutto il versante fino alla zona industriale, presso la località Panigale; essa è delimitata lateralmente dal Rio delle Saldine e dal Rio Botti, che confluiscono al piede della frana.

Questo corpo di frana si è generato tra due formazioni: Argille a Palombini (APA) e le Argilliti variegata con calcari (AVC); al contatto tra le due formazioni si trova una faglia a cinematica inversa, che genera il sovrascorrimento di APA su AVC (Figura 4.7), similmente a quanto accade più a ovest, con un sovrascorrimento ipotizzato tra le Arenarie di Monte di Gabba (AMG) e le Argille a Palombini.

Questa frana è data dalla combinazione di più tipologie di movimento, ovvero scorrimenti seguiti da colamenti di fango e/o detrito, ed è classificata come attiva per via di indizi di movimento, mentre l'ultimo evento storico documentato risale al 1989 ed è stato rilevato solo attraverso gli inclinometri (Appendice A2.2).

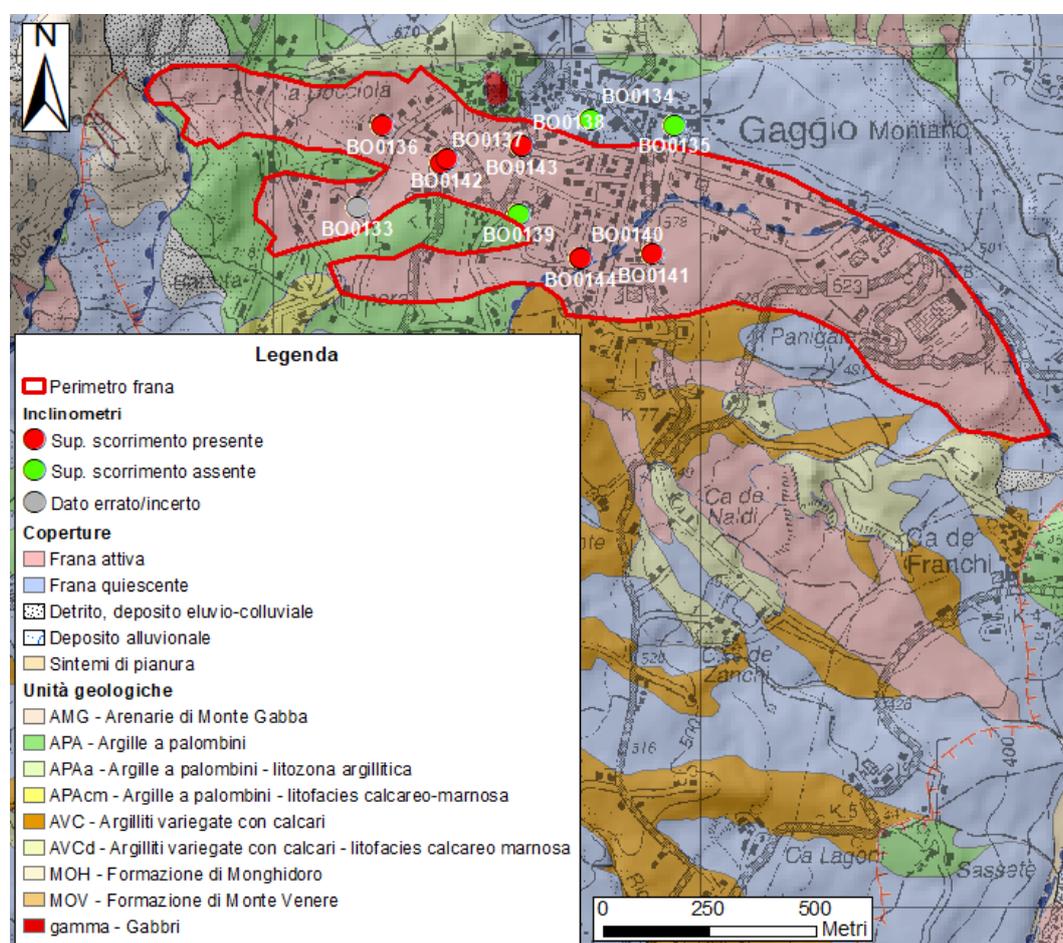


Figura 4.7. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.3. In Tabella 4.4 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Gaggio Montano.

Tabella 4.3. Caratteristiche geometriche e topografiche della frana presso Gaggio Montano.

Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco-cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
	Minima	Massima	Media									
2300	75	425	259	5863	595360	780	420	360	9° (16%)	230	76,7	E-SE

Tabella 4.4. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0133	20/02/2017– 17/09/2019	939	670	540	115	20 (b)	/	/	/	/	
BO0134	11/01/2017– 17/09/2019	979	603	1035	400	11 (n)	/	/	7,3	0,2	0,45
BO0135	18/01/2017– 17/09/2019	972	578	1230	420	11 (n)	/	/	6,7	0,2	0,25
BO0136	20/10/1995– 24/07/1997	643	665	567	210	2 (n)	4	3	73	3,4	4,6
BO0137	14/10/1997– 11/04/2000	910	648	710	238	1 (n)	21	20	148	4,9	6,4
BO0138	26/05/2004– 21/04/2010	2156	623	880	228	2 (b)	15	14	125	1,7	1,7
BO0139	18/10/1995– 13/09/2001	2157	620	930	240	10 (n)	/	/	78	1,1	1,5
BO0140	26/05/2004– 09/03/2011	2478	595	1080	405	4 (b)	5	4	72,5	0,9	0,9
BO0141	05/11/1997– 27/02/1998	114	575	1240	415	3 (n)	7	6	X	X	
BO0142	26/05/2004– 23/03/2011	2492	645	730	227	1 (n)	20	19	35,4	0,4	0,5
BO0143	14/10/1997– 23/11/2000	1136	622	890	220	1 (n)	24	23	50,2	1,3	2,4
BO0144	08/11/1995– 07/09/2001	2130	593	1080	410	4 (b)	7	6	167,5	2,3	2,3

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato. /= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico.

X= Mancanza del dato per scarsità di letture inclinometriche (meno di due letture).

#### 4.2.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

In Figura 4.8 si riporta la zona interessata da riattivazione visibile alla macroscala, datata al 1988, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona di distacco, mentre in Appendice A2.2 è documentato un evento nella stessa zona datato al 1925.

Successivamente non si hanno evidenze di movimenti visibili da foto aeree.

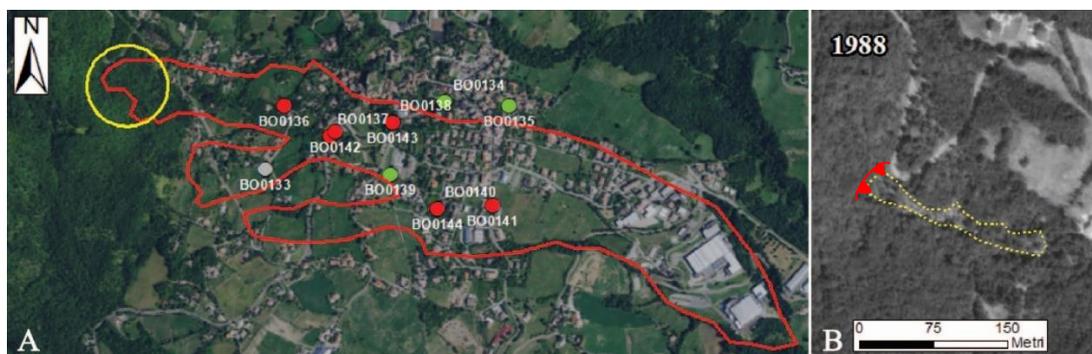


Figura 4.8. A) visione panoramica; B) Focus sul movimento franoso avvenuto nel 1988.

Sebbene non ci siano evidenze macroscopiche di movimento dagli anni '90, il versante su cui sorge l'abitato di Gaggio Montano è in continua evoluzione, così come dimostrato dalle misurazioni inclinometriche (si veda l'analisi inclinometrica al paragrafo 4.2.4) e da diversi studi effettuati tramite dati interferometrici SAR (Villi, 2016): i movimenti di versante, infatti, lasciano chiari segni nelle strutture, come crepe e fessure, le quali rappresentano un segnale indiscutibile di movimento in atto da parte del terreno (Figura 4.9).

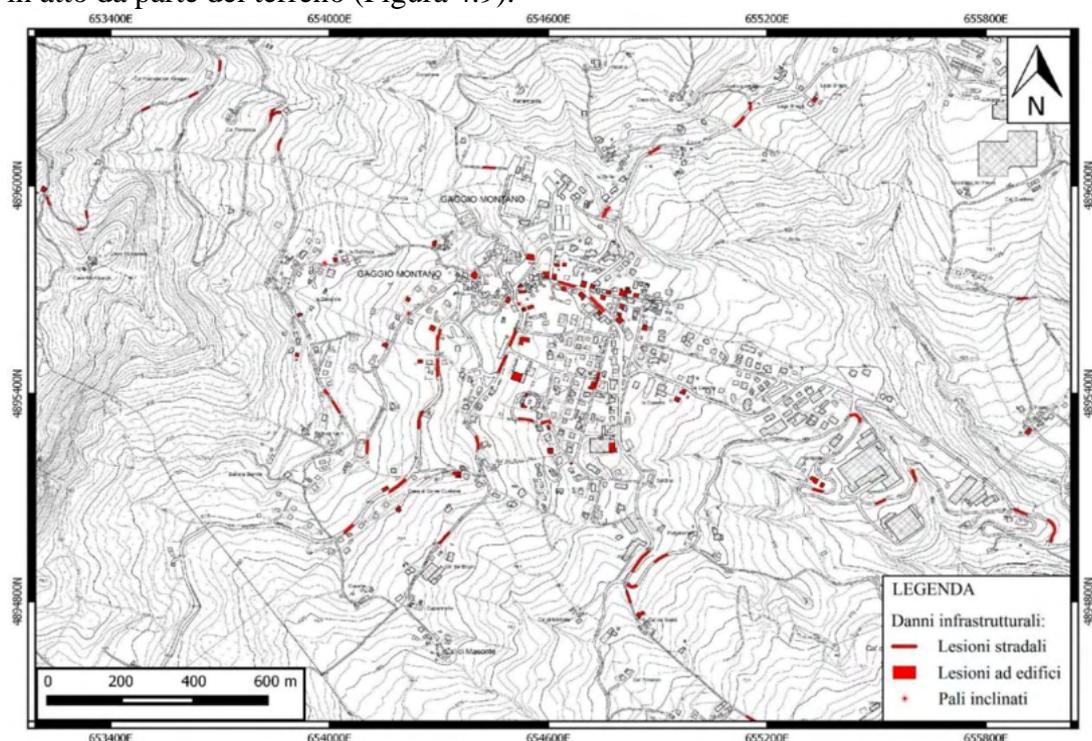


Figura 4.9. Danni infrastrutturali nell'area di Gaggio Montano (da Villi, 2016).

#### **4.2.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali: la prima sezione longitudinale riporta i profili di spostamento delle letture inclinometriche (Figura 4.10), mentre le successive mostrano l'andamento della superficie di scorrimento (Figure 4.11 e 4.12).

La sezione longitudinale in Figura 4.10, non interessata da esagerazione verticale, mostra l'ultima lettura di ogni profilo di spostamento inclinometrico e mira a mostrare l'andamento della superficie di scorrimento, laddove è presente, lungo il corpo di frana. Si nota che dal tubo inclinometrico BO0136 fino a BO0143, distanti dalla corona di distacco rispettivamente 567 m e 890 m, la superficie di scorrimento è netta e il profilo di spostamento non mostra derive al di sopra della superficie di rottura se non per l'inclinometro BO0136, in cui lo scorrimento è più superficiale (3 m dal piano campagna).

Proseguendo lungo il corpo di frana si notano comportamenti diversi a seconda della posizione degli inclinometri: BO0139, BO0134 e BO0135 posizionati nelle parti laterali del corpo di frana non mostrano una superficie di scorrimento netta, il primo ha un profilo a "ramo di iperbole", con spostamento fino a 6 m di profondità, mentre nei restanti due inclinometri si ha deformazione continua lungo la verticale di lettura; gli inclinometri BO0140, BO0144 e BO0141 si trovano verso la zona assiale della frana (tra 1080 m e 1240 m dalla corona di distacco), alla confluenza tra il corpo principale e uno coalescente, con deriva sopra la superficie di rottura e profondità minore rispetto a quella individuata nella zona più a monte, così come mostrato in Figura 4.11 con una linea rossa di maggior spessore.

In generale, la frana presso Gaggio Montano mostra una superficie di scorrimento con profondità in aumento da monte verso valle e superfici di rottura più superficiali sviluppate internamente al corpo di frana principale. Nel caso specifico, gli scorrimenti più superficiali probabilmente derivano da un corpo coalescente, mentre si ha deformazione continua lungo la verticale verso le aree laterali.

NW

## PROFILI DI SPOSTAMENTO

SE

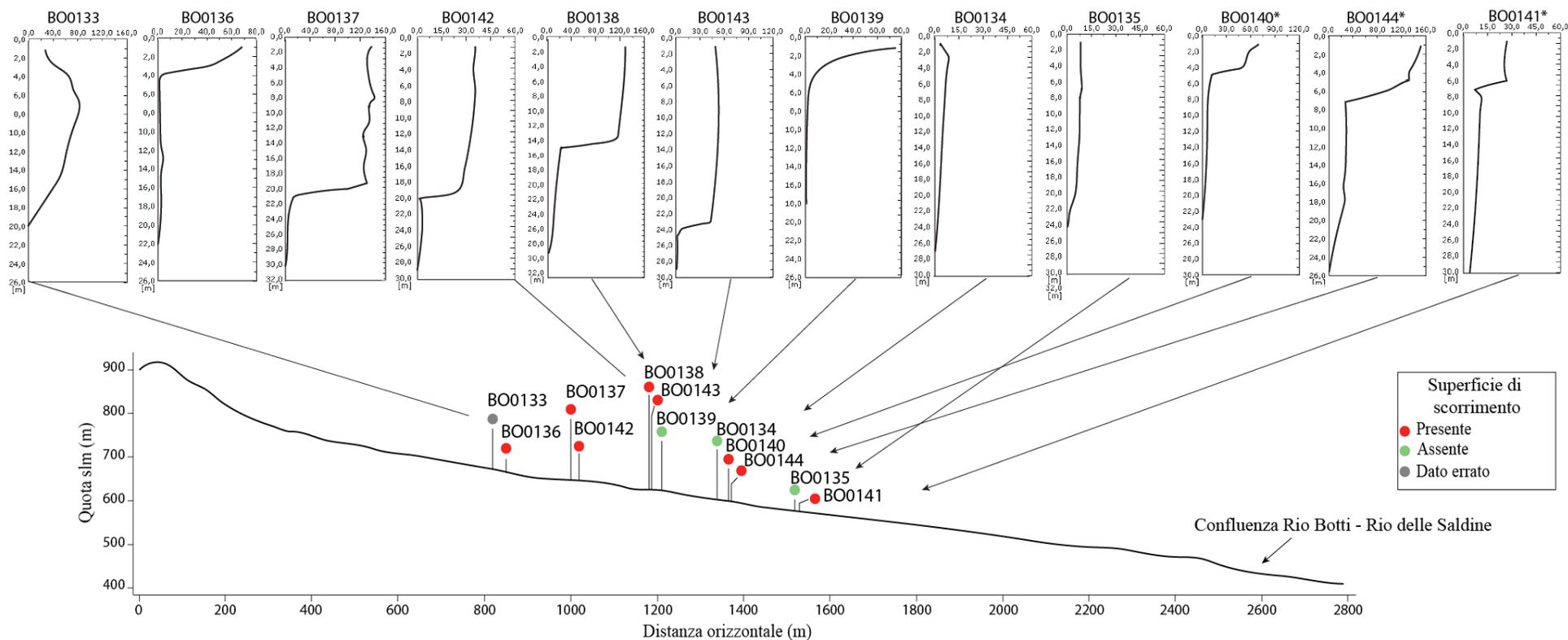


Figura 4.10. Profili di spostamento derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A' (visibile in Figura 4.11). Gli inclinometri che presentano un asterisco sono situati in un corpo di frana coalescente al principale.

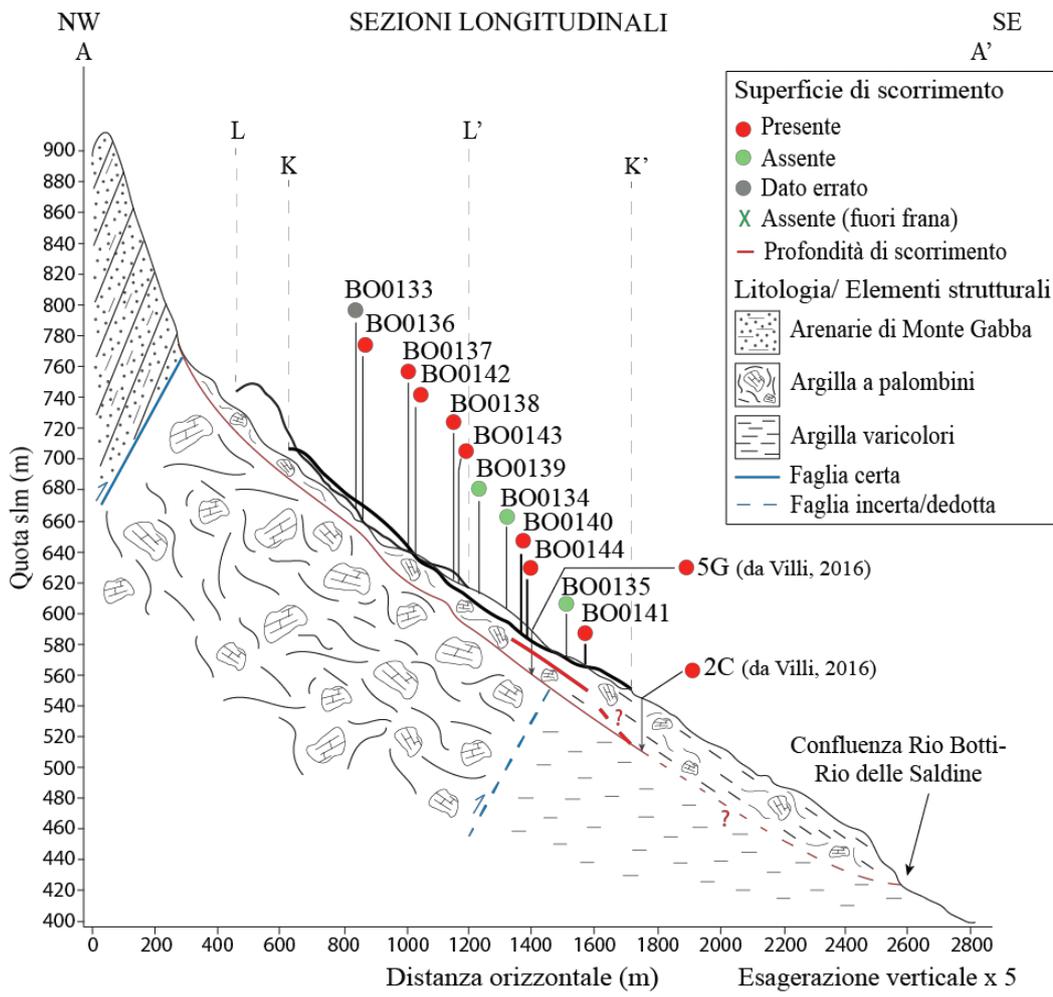
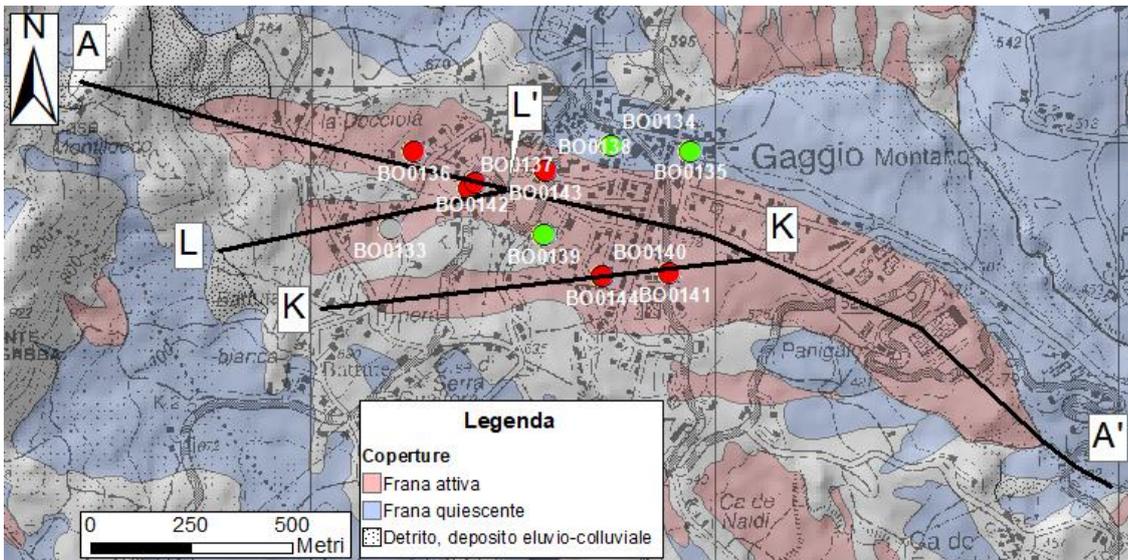


Figura 4.11. Tracce e relative sezioni longitudinali, con integrazione di profondità di scorrimento da Villi, 2016.

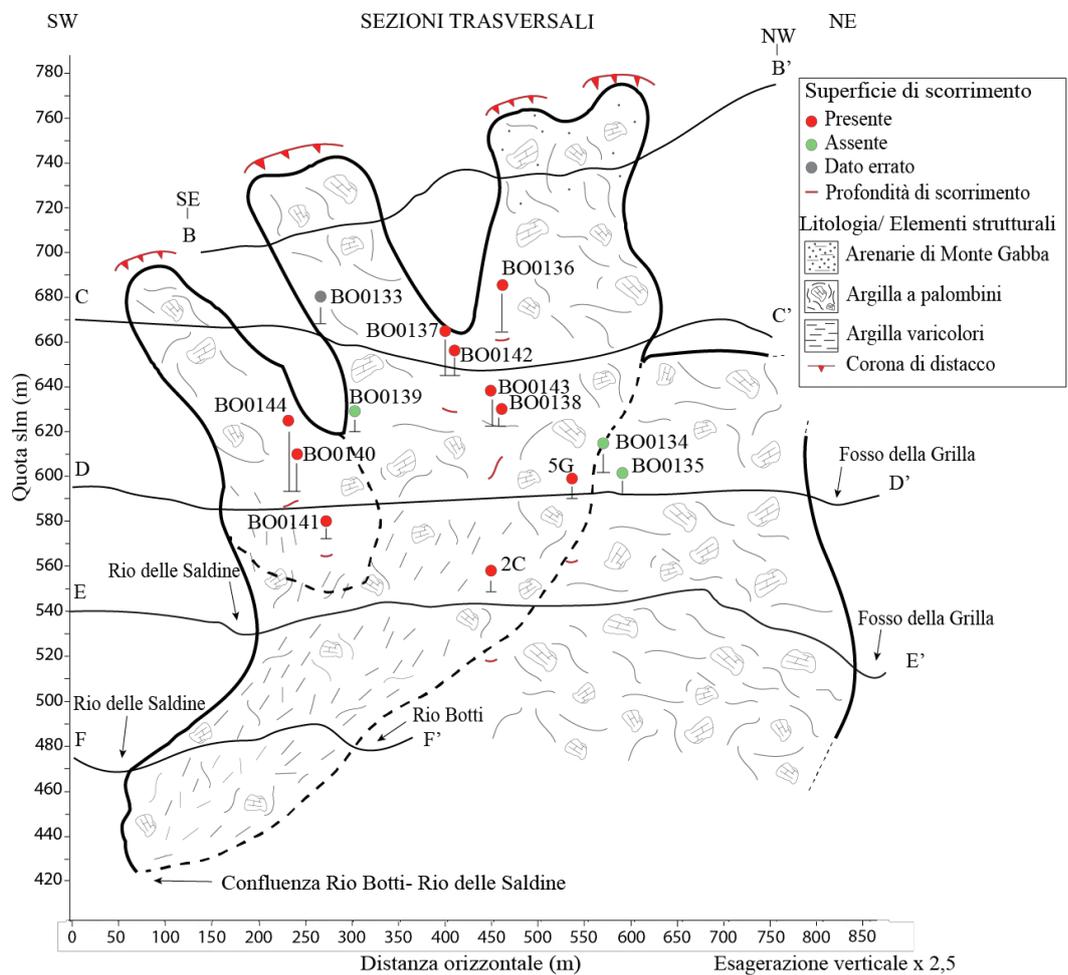
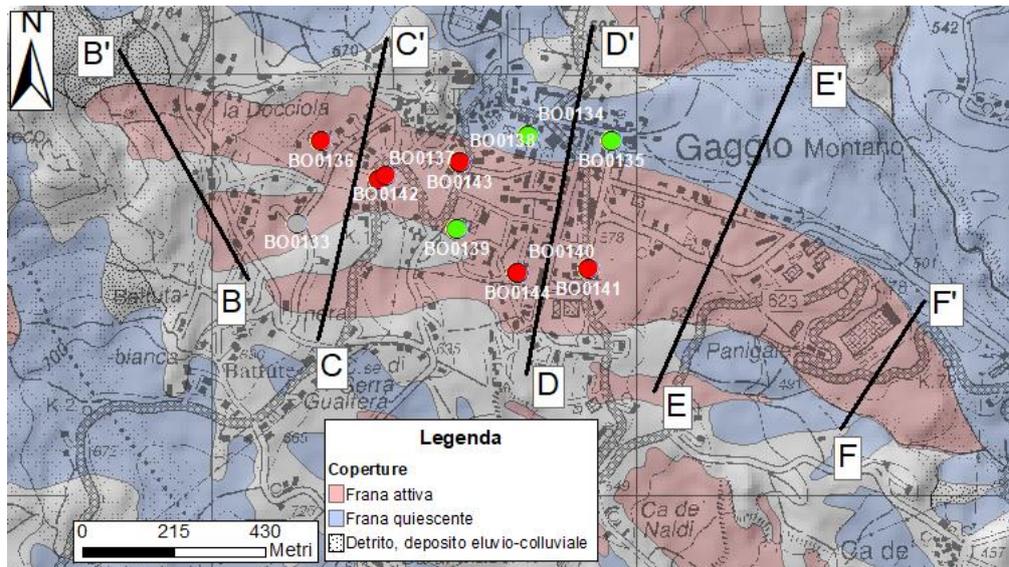


Figura 4.12. Tracce e relative sezioni trasversali, col punto di vista da valle verso monte. Il tratteggio nero indica il limite tra due corpi coalescenti.

### **4.2.3. Relazione con la stratigrafia**

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.2 sono prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento, confronto possibile per le carote corrispondenti agli inclinometri BO0138, BO0140 e BO0142.

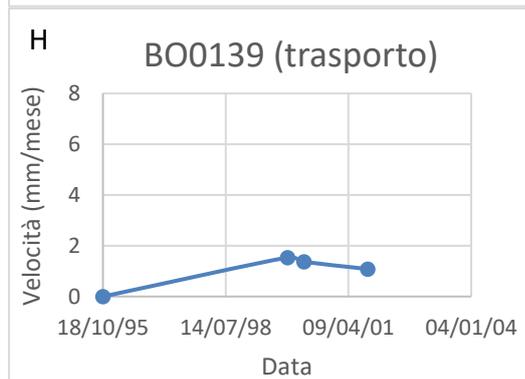
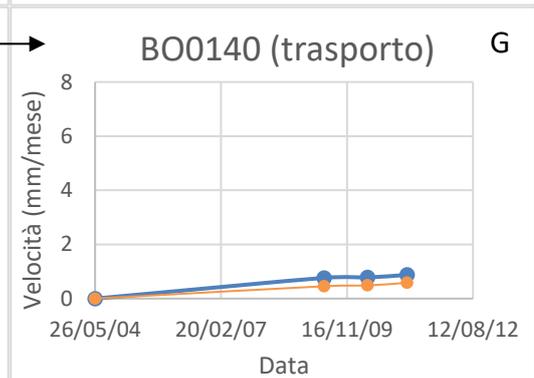
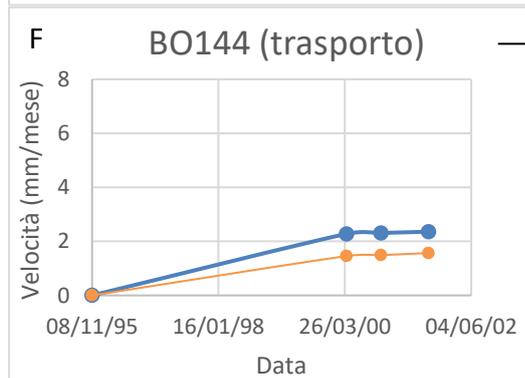
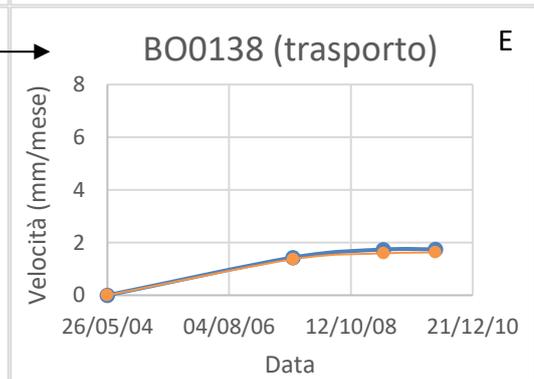
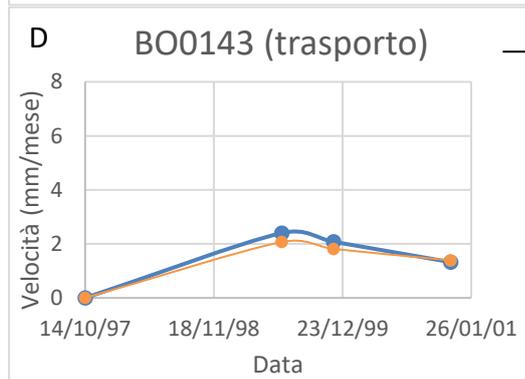
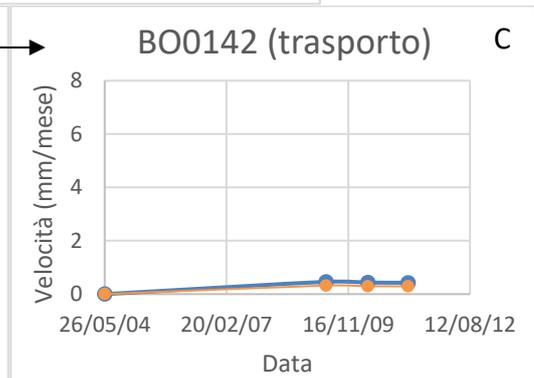
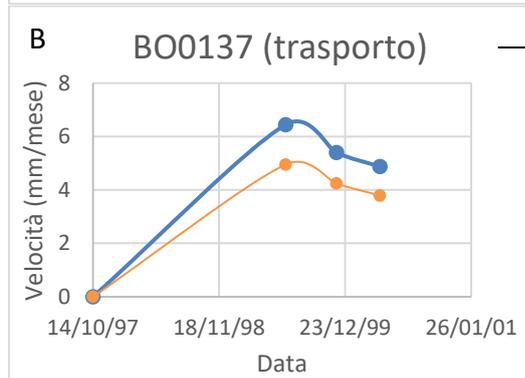
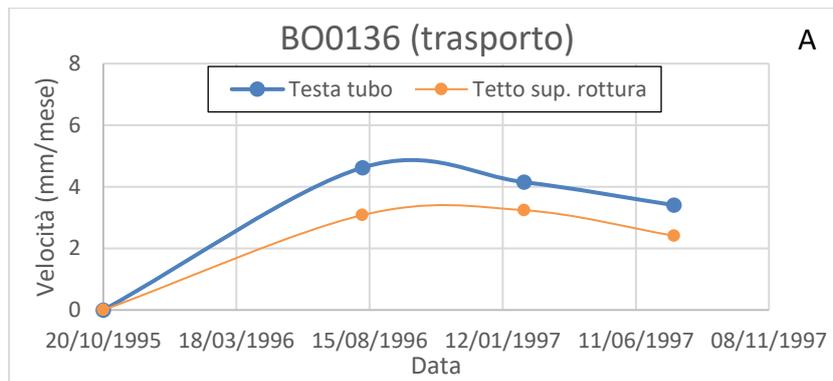
Nei casi analizzati la superficie di rottura si instaura in argilla scagliosa alterata (BO0140) o moderatamente alterata (BO0138) di colore grigio nocciola, la cui consistenza è rispettivamente descritta come “elevata” e “medio-elevata”, attributi che rispecchiano valori di penetrometro tascabile fuori scala ( $>4,5 \text{ kg/cm}^2$ ) in corrispondenza della superficie di scorrimento in BO0140, mentre variano da 3 a  $3,5 \text{ kg/cm}^2$  in BO0138. Superiormente alle profondità di scorrimento si ha argilla scagliosa alterata, con associati valori di penetrometro più bassi; a profondità maggiori della rottura le argille sono inalterate, di colore grigio e a consistenza elevata in BO0138, mentre in BO0140 queste caratteristiche si trovano dopo ulteriori quattro metri di argilla alterata.

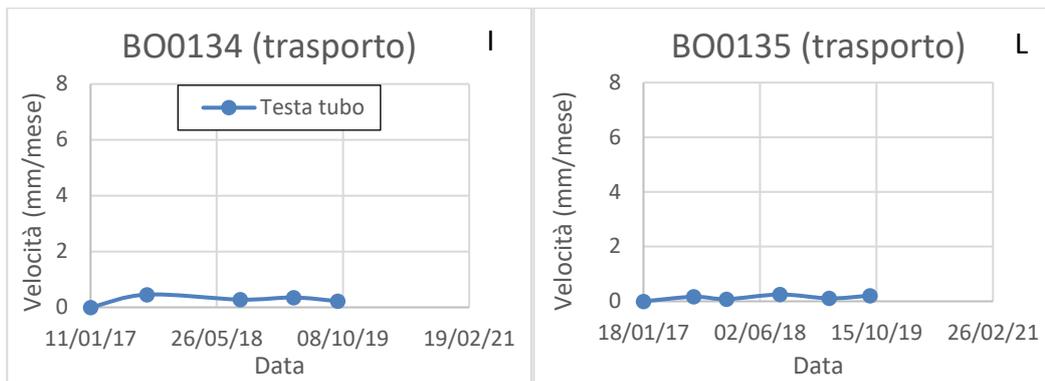
La carota corrispondente a BO0142 si discosta dalle caratteristiche sopracitate in quanto la superficie di scorrimento si sviluppa in argilla scagliosa inalterata grigia, ma il penetrometro tascabile restituisce valori diversi all'interno di materiale descritto come omogeneo: superiormente alla profondità di scorrimento la resistenza oscilla tra  $2,7$  e  $4 \text{ kg/cm}^2$ , mentre a partire dalla profondità di scorrimento i valori vanno fuori scala ( $>4,5 \text{ kg/cm}^2$ ).

In conclusione, si notano comportamenti diversi per i tre casi analizzati: in BO0138 la superficie di rottura si instaura in materiale alterato e inferiormente si ha materiale inalterato, in BO0140 la superficie di rottura si crea all'interno di argilla alterata ma non in prossimità di argilla inalterata (si ha un ulteriore spessore di quattro metri prima di osservare questa caratteristica), mentre in BO0142 la superficie si sviluppa in argilla inalterata. In quest'ultimi due casi, non essendo la differenza di alterazione un fattore incisivo sulla profondità di scorrimento, la consistenza del materiale può esserlo, osservano valori di penetrometro tascabile fuori scala alla profondità di rottura (in entrambi i casi si riscontrano resistenze maggiori di  $4,5 \text{ kg/cm}^2$ ), pertanto lo scorrimento si instaura al passaggio tra materiale più resistente e quello più debole.

### **4.2.4. Analisi dell'andamento delle velocità**

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, tutti posti nella zona di trasporto e, per quelli che riscontrano la superficie di rottura, elencati con distanza crescente dalla corona di distacco. Alcuni pannelli sono stati messi in relazione tra loro usando una freccia nera, laddove si hanno due inclinometri molto ravvicinati e serie inclinometriche successive nel tempo che possano rappresentare una continuità di lettura.





La zona di trasporto generalmente mostra un andamento di calo di velocità nel tempo, sia per quanto riguarda i pannelli singoli che per quelli posti in relazione, tranne per le coppie BO0143-BO0138 e BO0144-BO0140.

Un elemento rilevante che emerge dall'analisi è l'andamento simile della curva di velocità negli inclinometri BO0137 e BO0143 che, a parità di data di lettura e con magnitudo diversa, mostrano un valore di picco il 17/06/1999 e un successivo calo registrato in data 25/11/1999; lo stesso andamento è riscontrato anche in BO0139, anche se le date di lettura sono di poco successive a quelle sopraccitate (il valore più elevato è registrato il 30/11/1999 e quello successivo con velocità in calo in data 11/04/2000). Questi tre inclinometri sono posizionati relativamente vicini tra loro e risentono della dinamica del corpo di frana principale, restituendo andamenti di velocità simili ma con intensità diverse, probabilmente in seguito alla posizione che li vede sempre più lontano dalla zona di distacco. Peculiare è il diverso andamento delle velocità relative agli inclinometri BO0142 e BO0138, rispettivamente connessi a BO0137 e BO0143: BO0142 mostra velocità praticamente costante intorno a 0,3 mm/mese, mentre in BO0138 la velocità aumenta, sembrando assestarsi su 1,6 mm/mese; questo comportamento può essere spiegato dalla morfologia del territorio che mostra un avvallamento poco a monte di BO0138, possibile presenza di uno scorrimento secondario interno al corpo principale.

La serie composta dagli inclinometri BO0140 e BO0144 si trova alla confluenza tra il corpo di frana principale ed uno coalescente; pertanto, gli andamenti che mostrano in entrambi i casi un aumento di velocità possono essere prodotti da scorrimenti secondari, com'è mostrato in Figura 4.11, discostandosi dalla dinamica principale.

Infine, gli inclinometri BO0134 e BO0135, installati successivamente a tutti gli altri e posizionati lateralmente al corpo di frana principale, registrano piccoli aumenti e successivi cali di velocità: il primo picco è in data 22/08/2017, rispettivamente di magnitudo 0,46 e 0,17 mm/mese, successivamente in entrambi si assiste ad un calo di velocità e ad uno sfasamento dei picchi; infatti, laddove nel primo grafico si registra un aumento, nel secondo si ha un calo e viceversa, implicando l'eventuale ritardo nella percezione delle deformazioni che si propagano da monte verso valle (considerando che l'inclinometro BO0134 è a monte di BO0135).

In conclusione, si può affermare che inclinometri posizionati a distanza crescente dalla corona di distacco e coinvolti dalla stessa dinamica di frana mostrano un andamento simile di velocità e magnitudo decrescenti, a meno di scorrimenti secondari che inducano riattivazione localizzate; ciò non vale per gli ultimi due inclinometri discussi, i quali sembrano assumere un comportamento più viscoso, non mostrando una superficie di scorrimento netta e lenta propagazione delle deformazioni.

### 4.3 Ca' dei Ricci

La frana che coinvolge la frazione Ca' dei Ricci, facente parte del comune di Grizzana Morandi, si sviluppa dalla località Tarangola e terminando nel Fiume Reno (Figura 4.13).

Essa si è generata nella formazione dell'Argilla a Palombini (APA) ed è data da colamento di fango che, una volta solidificatosi, può essere riattivato con meccanismo prevalente di scorrimento. È classificata come attiva per via di indizi di movimento e deformazioni delle infrastrutture presenti lungo il suo percorso o nelle vicinanze, come abitazioni e la strada provinciale Porretta-Castel di Casio, anche se non ci sono eventi documentati nell'Archivio storico delle frane della Regione Emilia-Romagna.

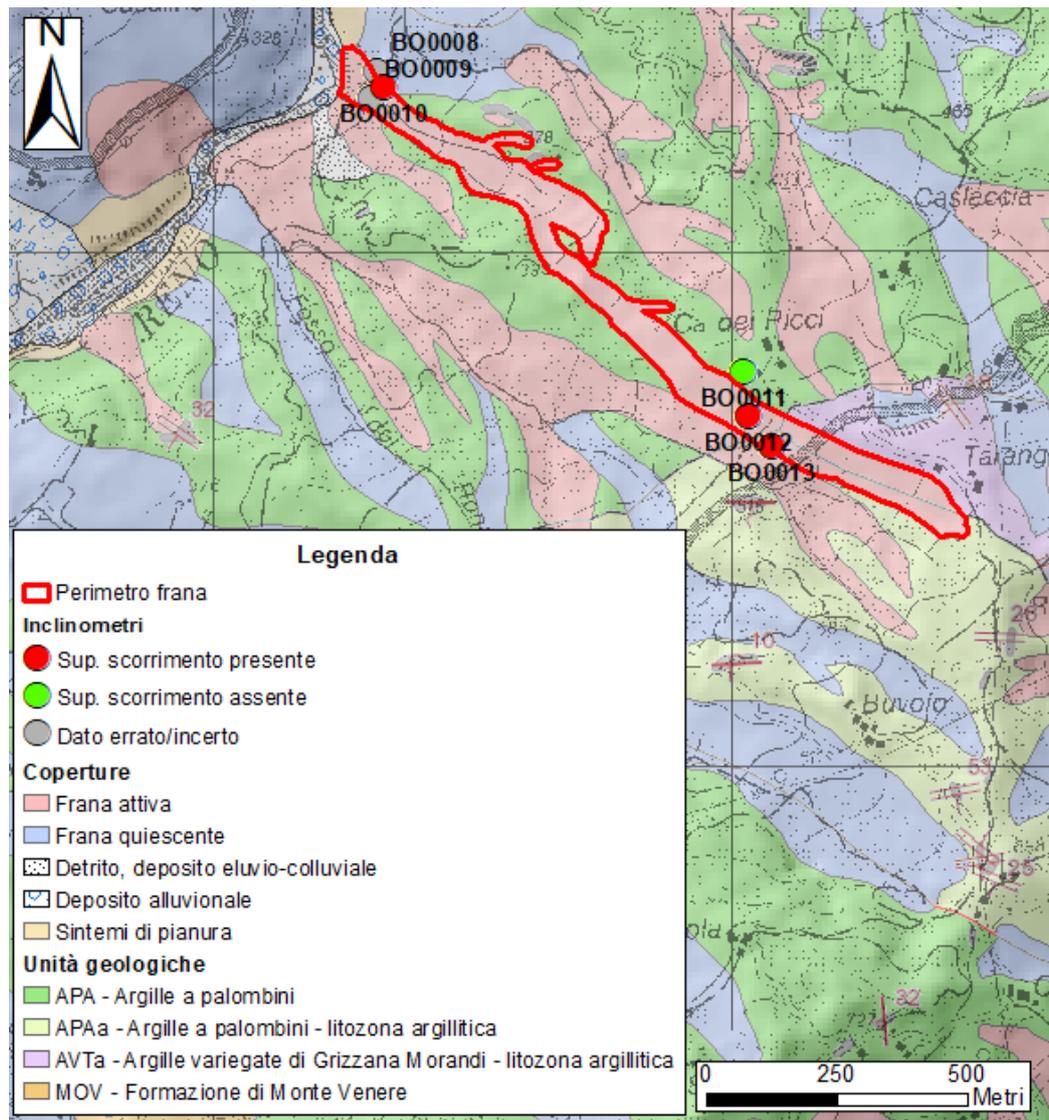


Figura 4.13. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.5. In Tabella 4.6 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Ca' dei Ricci.

Tabella 4.5. Caratteristiche geometriche e topografiche della frana presso Ca' dei Ricci.

Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco- cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
	Minima	Massima	Media									
1520	45	130	76	3930	115730	580	290	290	11° (19%)	125	94,4	W-NW

Tabella 4.6. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0008	22/06/1999- 15/06/2000	359	295	1480	80	21 (b)	/	/	/	/	
BO0009	22/06/1999- 15/07/1999	23	295	1460	58	20 (n)	/	/	/	/	
BO0010	22/06/1999- 15/07/1999	23	300	1450	57	1 (n)	12	11	X	X	
BO0011	22/06/1999- 15/06/2000	359	485	540	100	11 (n)	/	/	11	0,9	1,4
BO0012	22/06/1999- 15/06/2000	359	495	480	75	1 (n)	7	5	67,5	5,6	7,1
BO0013	22/06/1999- 10/02/2000	233	505	410	63	1 (n)	6	5	87	11,2	11,2

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato.

/= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico.

X= Mancanza del dato per scarsità di letture inclinometriche (meno di due letture).

### 4.3.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.14 e 4.15 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscale, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona distacco (laddove si è potuta individuare).

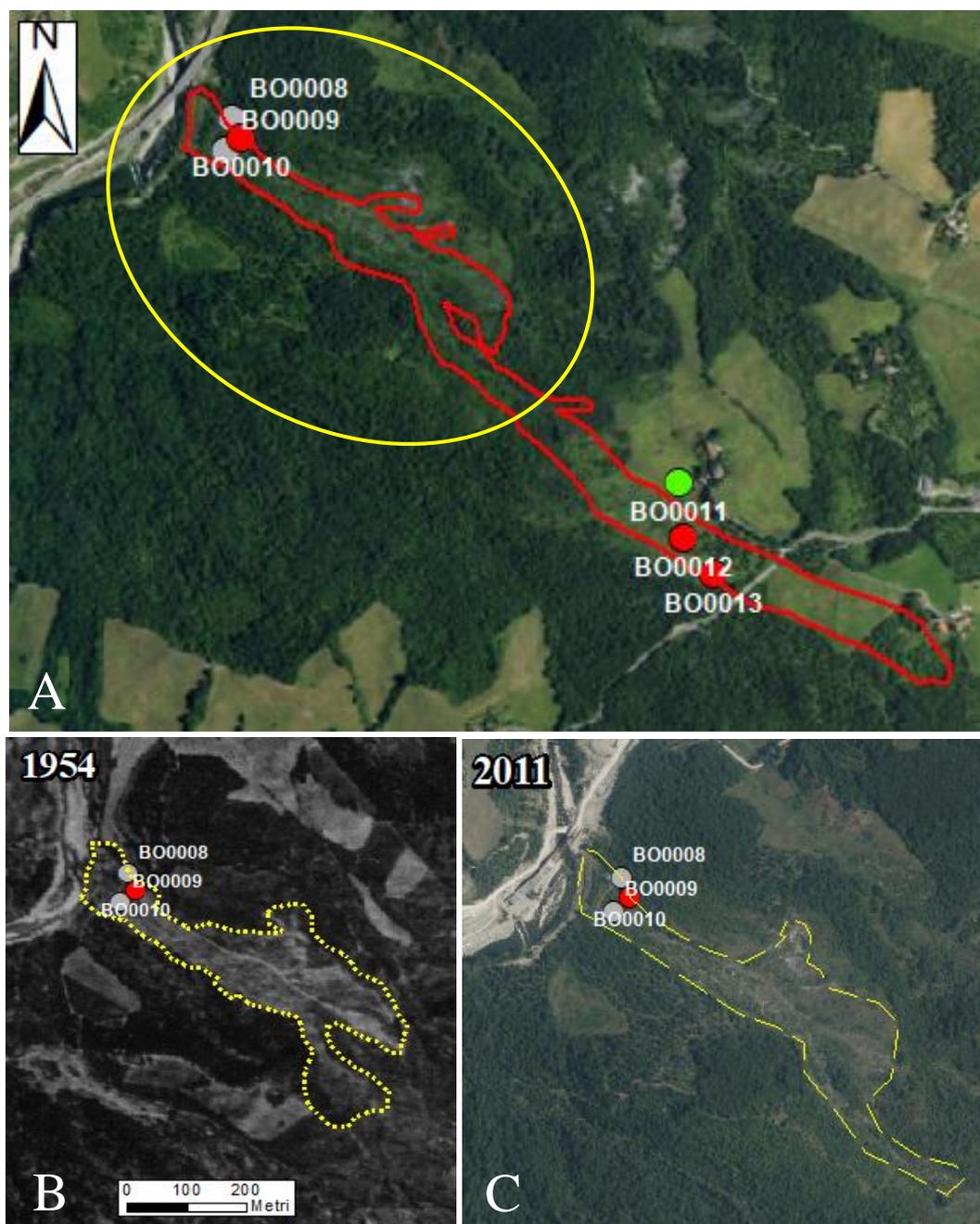


Figura 4.14. Serie temporale coi cambiamenti morfologici identificati nella parte bassa della frana: A) visione panoramica; B-C) riattivazioni.

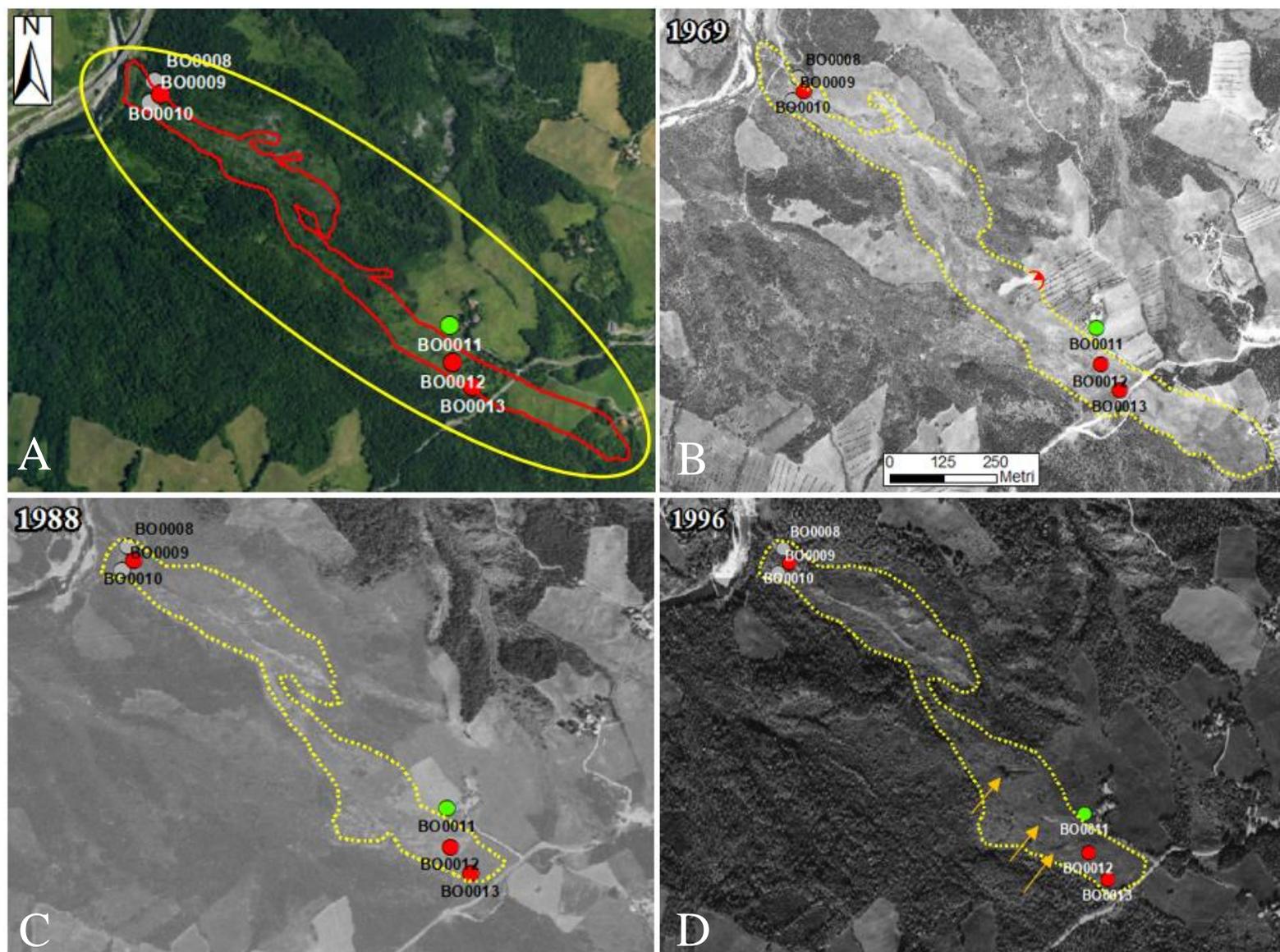


Figura 4.15. Serie temporale coi cambiamenti morfologici identificati a scala dell'intero corpo di frana: A) visione panoramica; B-D) riattivazioni. Le frecce arancioni indicano possibili scarpate secondarie.

### **4.3.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali: la prima sezione longitudinale riporta i profili di spostamento delle letture inclinometriche (Figura 4.16), mentre le successive mostrano l'andamento della superficie di scorrimento (Figure 4.17 e 4.18).

La sezione longitudinale in Figura 4.16, non interessata da esagerazione verticale, mostra l'ultima lettura di ogni profilo di spostamento inclinometrico e mira a mostrare l'andamento della superficie di scorrimento, laddove è presente, lungo il corpo di frana. La superficie di scorrimento si identifica alla stessa profondità negli inclinometri BO0013 e BO0012, posti rispettivamente a 410 e 480 m dal distacco, i quali mostrano deformazione a blocco rigido; invece, nel profilo di BO0011 situato in posizione laterale, si osserva deformazione continua lungo la verticale.

Al piede della frana l'unico inclinometro da prendere in considerazione è BO0010, poiché BO0009 e BO0008 rientrano nella categoria di dato errato; la superficie di scorrimento identificata in BO0010, posto a 1450 m dal distacco, si trova a profondità maggiori di quelle registrate a monte, e il profilo rispecchia un movimento a blocco rigido tipico di scorrimenti.

SE

## PROFILI DI SPOSTAMENTO

NW

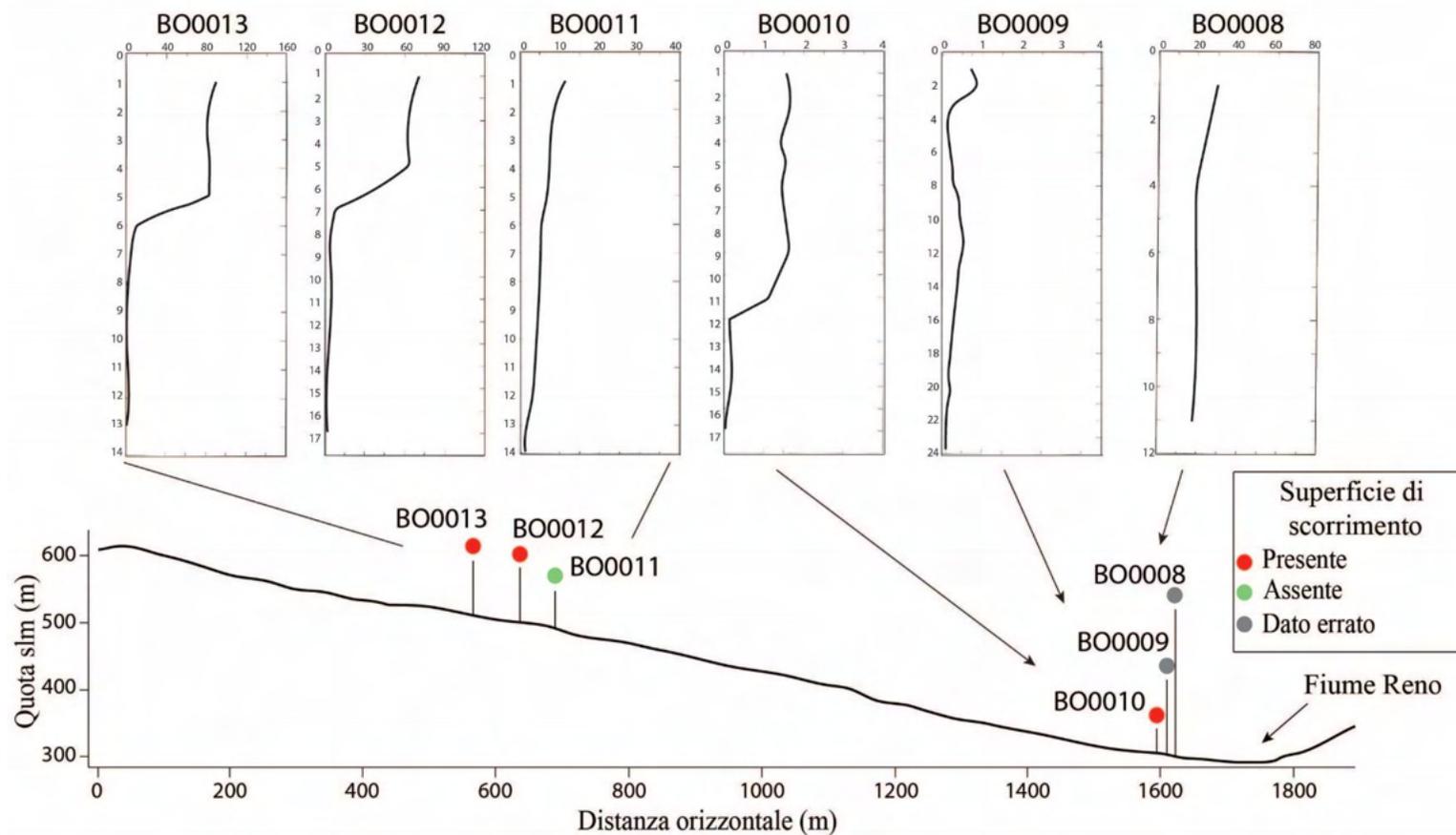


Figura 4.16. Profili di spostamento derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A' (visibile in Figura 4.17).

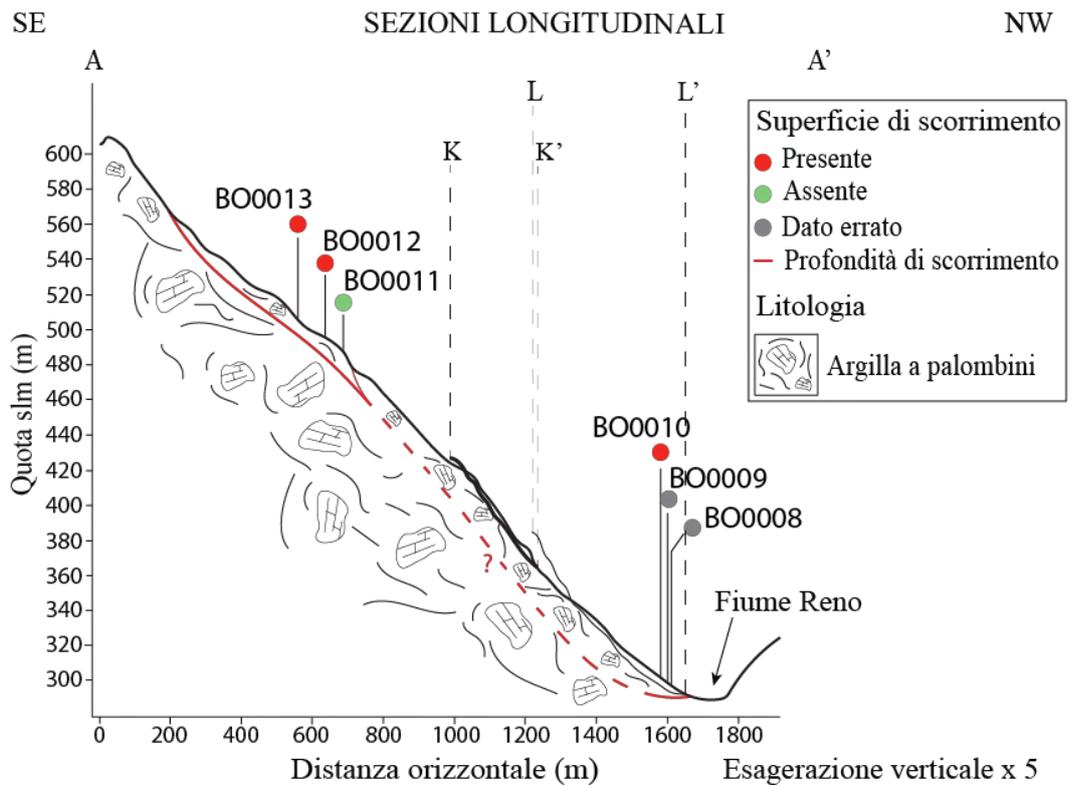
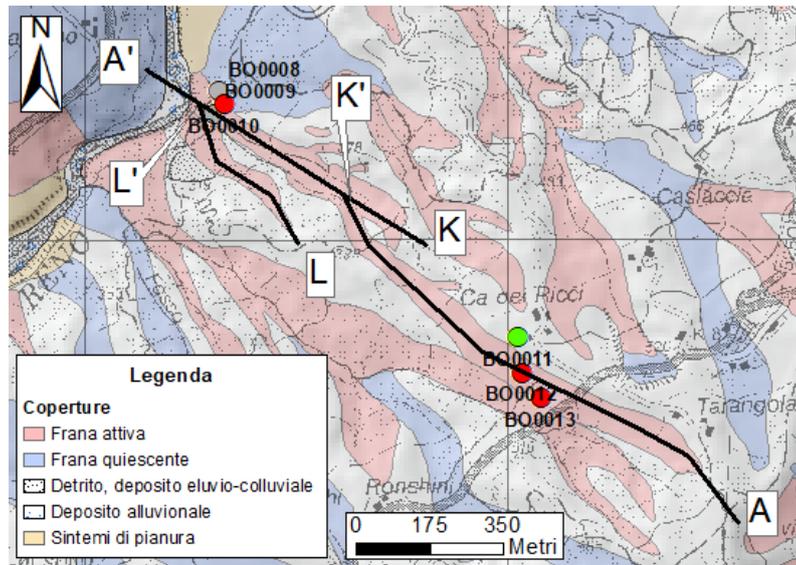


Figura 4.17. Tracce e relative sezioni longitudinali.

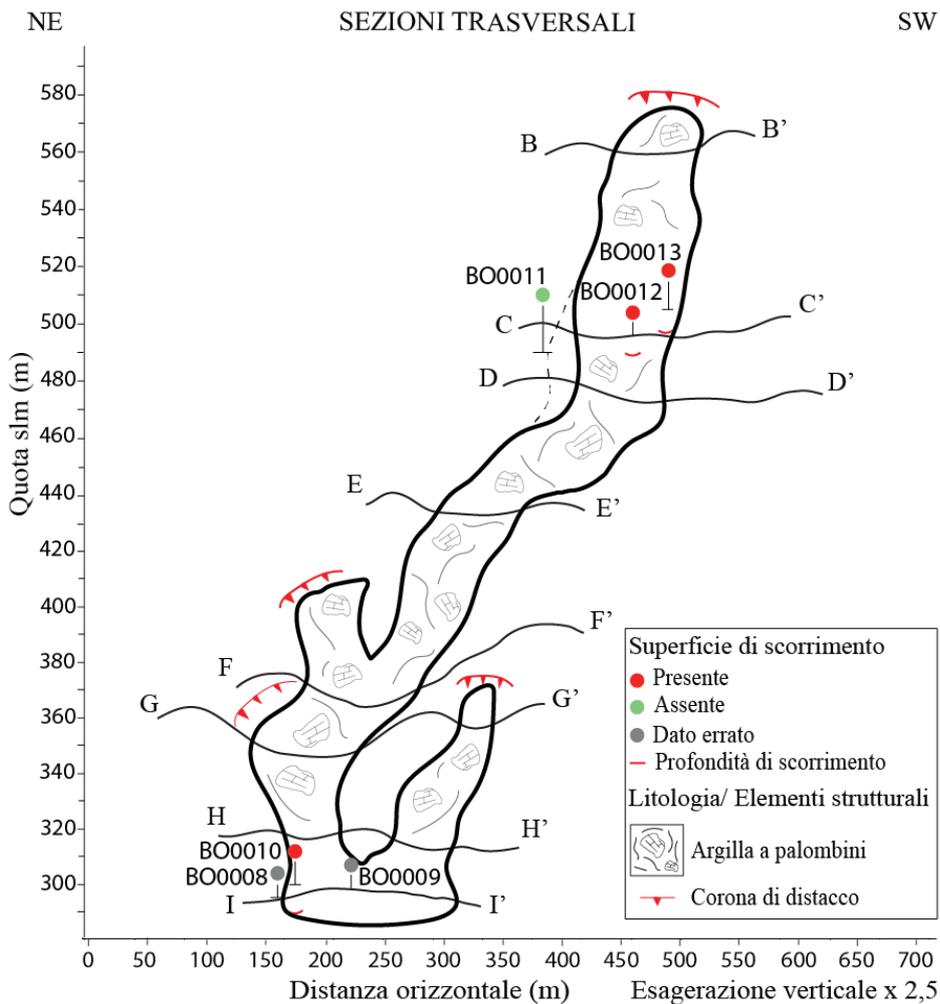
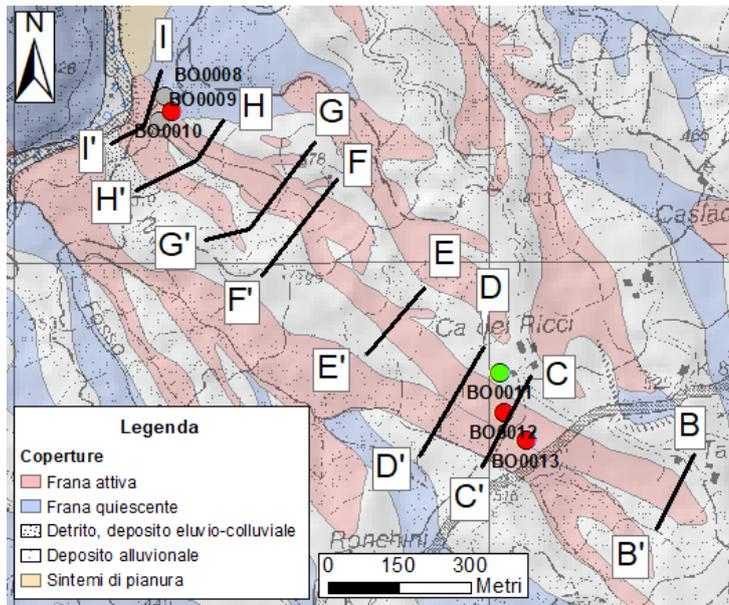


Figura 4.18. Tracce e relative sezioni trasversali, col punto di vista da valle verso monte, apprezzando la morfologia incanalata di questo corpo di frana. La linea tratteggiata è una modifica al poligono RER.

### 4.3.3. Relazione con la stratigrafia

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.3 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento.

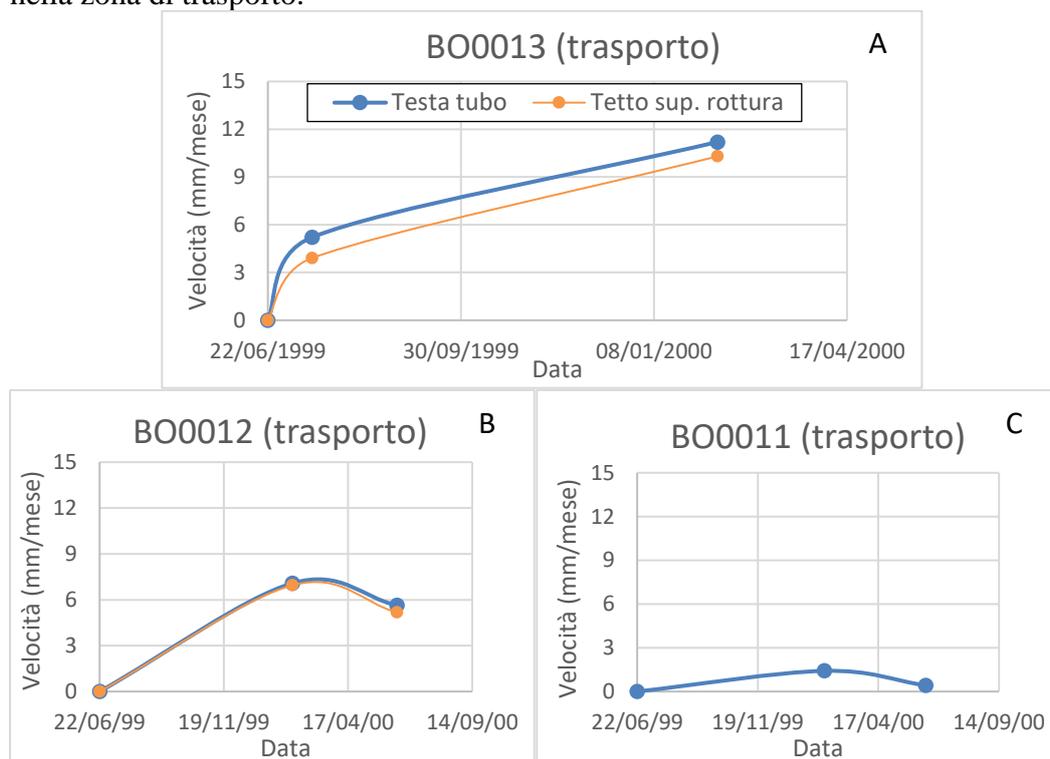
Nelle carote corrispondenti a BO0013 e BO0012 la superficie di rottura si instaura in argilla limosa grigio-nocciola, con presenza di concrezioni calcaree e/o resti vegetali unitamente ad ossidi di Fe e Mn, i quali rappresentano tipici segni di alterazione. Inferiormente si rinviene argilla debolmente limosa con clasti calcareo-marnosi caratteristici delle Argille a Palombini e il materiale è descritto come “molto consistente”, senza segni di alterazione.

La carota corrispondente a BO0010 vede la superficie di rottura in argilla debolmente limosa con clasti calcareo-marnosi, descritta come molto consistente ma senza segni di alterazione, i quali si rinvergono a partire dalla superficie fino a 30 cm sopra lo scorrimento.

In generale si può affermare che la superficie di rottura si instaura al passaggio, andando in profondità, tra materiale alterato e inalterato, mentre l'assenza di valori di penetrometro tascabile alla profondità di scorrimento non permette un confronto in termini di resistenza.

### 4.3.4. Analisi dell'andamento delle velocità

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, situati nella zona di trasporto.



La zona di trasporto generalmente mostra un andamento di calo di velocità nel tempo, sebbene tale affermazione non sia corretta per l'inclinometro BO0013 a causa dell'interruzione prematura delle letture il 10/02/2000, giorno in cui si registra il picco di velocità in BO0012 e BO0011.

Si può affermare che gli scorrimenti avvenuti nella parte alta del trasporto sono risentiti in tutti e tre gli inclinometri analizzati, plausibilmente con lo stesso andamento e magnitudo in relazione inversa alla distanza dall'innesco.

## 4.4 Matella

La frana che coinvolge le località Matella e, più a est, La Lastra, situate nel comune di Camugnano, ha coinvolto diverse formazioni: Argille a Palombini (APA), Argille variegata di Grizzana Morandi (AVT) e, in piccola parte, anche la Formazione di Camugnano (CAU); al contatto tra le diverse formazioni si trovano spesso faglie a cinematica diretta o inversa, segno della complessità strutturale della zona (Figura 4.19).

Questa frana presenta cinematica prevalente di scorrimento ed è classificata come attiva fino alla località La Lastra in seguito a vari indizi di movimento e riattivazioni che si sono succedute nel tempo, come documentato sia in Appendice A2.3 sia tramite foto aeree riportate di seguito nel paragrafo 4.4.1; proseguendo oltre La Lastra si trova il piede della frana, il quale raggiunge il Torrente Vezzano ed è classificato come quiescente.

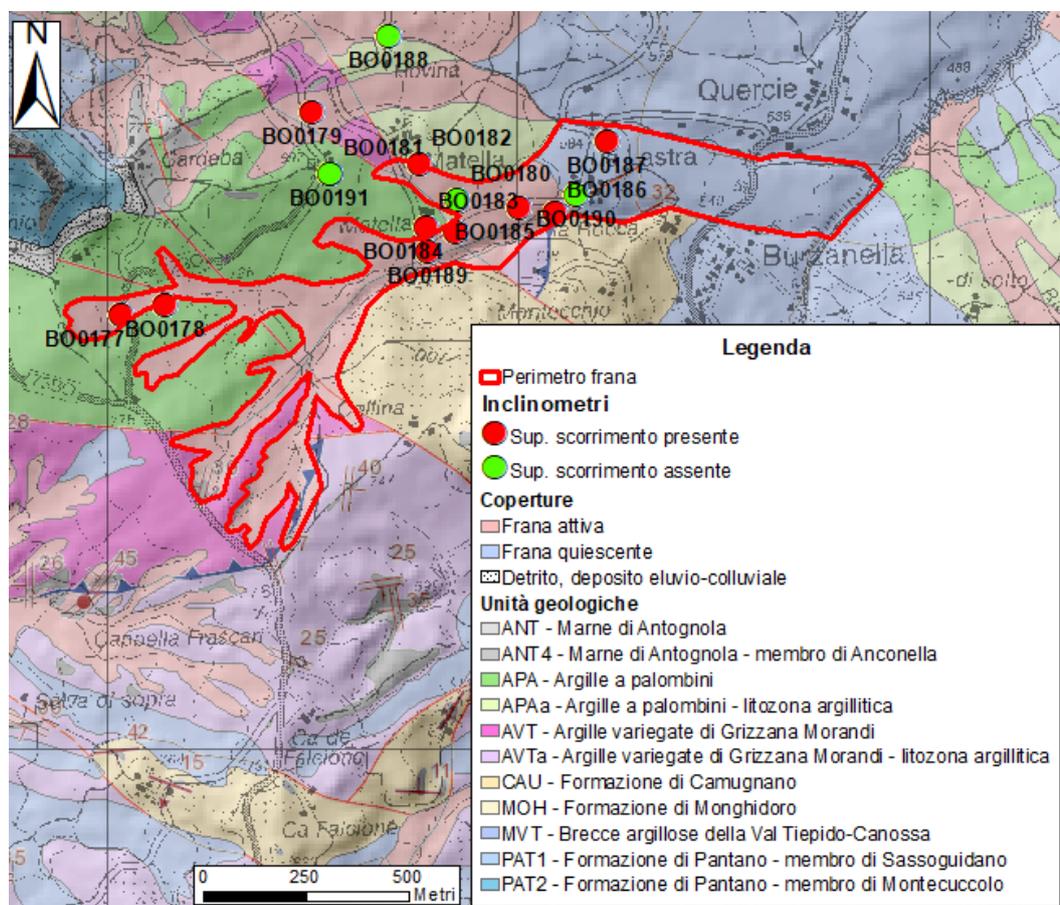


Figura 4.19. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.7. In Tabella 4.8 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Matella, escludendo dall'analisi l'inclinometro BO0191 poiché manca della lettura zero.

Tabella 4.7. Caratteristiche geometriche e topografiche della frana presso Matella.

Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco- cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
	Minima	Massima	Media									
2040	60	300	200	9130	408210	795	505	290	8° (14%)	15	99,3	E-SE

Tabella 4.8. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0177	10/08/1999– 24/04/2001	623	760	133	68	1 (n)	6	4	80	3,8	4,4
BO0178	10/08/1999– 02/11/2011	4467	736	240	50	4 (b)	6	5	34	0,2	0,3
BO0179	10/08/1999– 21/11/2002	1119	685	FF	FF	1 (n)	8	7	FF	FF	
BO0180	10/08/1999– 02/11/2011	4467	626	1045	95	10 (b)	/	/	38	0,3	0,4
BO0181	10/08/1999– 10/10/2007	2983	695	FF	FF	11 (e)	/	/	FF	FF	
BO0182	06/02/2004– 15/09/2005	587	650	1020	60	1 (n)	10	9	X	X	
BO0183	12/08/1999– 01/02/2000	173	643	950	80	1 (n)	17	15	47	8,1	8,2
BO0184	12/08/1999– 08/08/2000	362	627	1010	140	1 (n)	7	6	113	9,4	10,5
BO0185	06/02/2004– 15/09/2005	587	611	1165	170	1 (n)	10	8	X	X	
BO0186	12/08/1999– 10/08/2000	364	595	1246	160	1 (n)	7	6	152	12,5	13,2
BO0187	10/08/1999– 02/11/2011	4467	583	1445	235	1 (n)	21	20	16	0,1	0,16
BO0188	10/08/1999– 27/10/2011	4461	649	FF	FF	11 (n)	/	/	FF	FF	
BO0189	06/02/2004– 15/09/2005	587	639	915	77	1 (n)	9	8	X	X	
BO0190	17/08/1999– 28/03/2002	954	594	1310	210	11 (n)	/	/	4,6	0,1	0,2

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato. /= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico.

X= Mancanza del dato per scarsità di letture inclinometriche (meno di due letture); FF= Inclinometro fuori frana.

#### 4.4.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.20 e 4.21 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscale, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona di distacco (laddove si è potuta individuare).

In Figura 4.20 ci si è focalizzati sulla parte bassa della frana, in posizione prossimale a Matella, evidenziando detrito in diverse zone; spesso è coinvolta la strada che collega Matella a La Lastra, come dimostrano le più recenti asfaltature di colore scuro (Figura 4.20, pannello E).

In Figura 4.21 si sono perimetrato le diverse riattivazioni che più volte hanno interrotto la Strada Provinciale 72, con il detrito che convoglia nel Rio Lagacciolo.

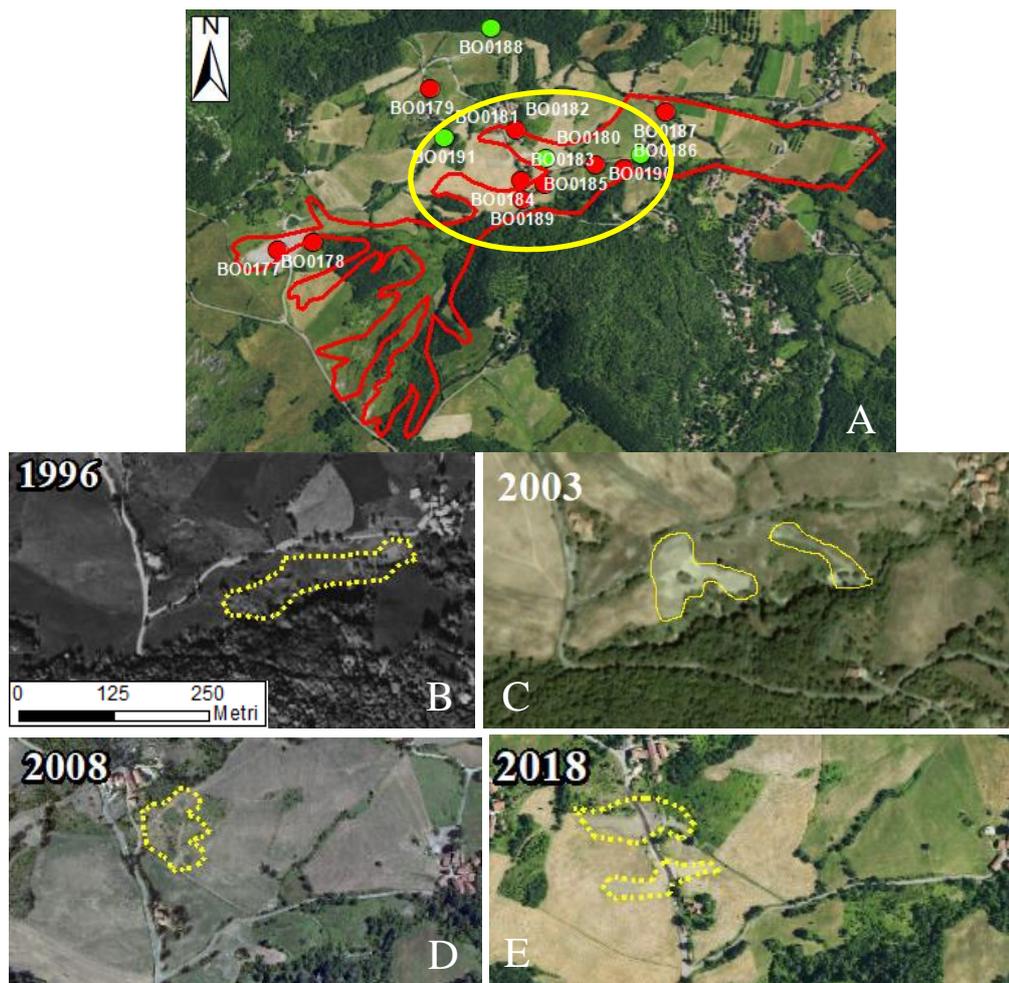


Figura 4.20. Serie temporale della parte bassa della frana presso Matella coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-E) sequenza temporale (C da Google Earth).

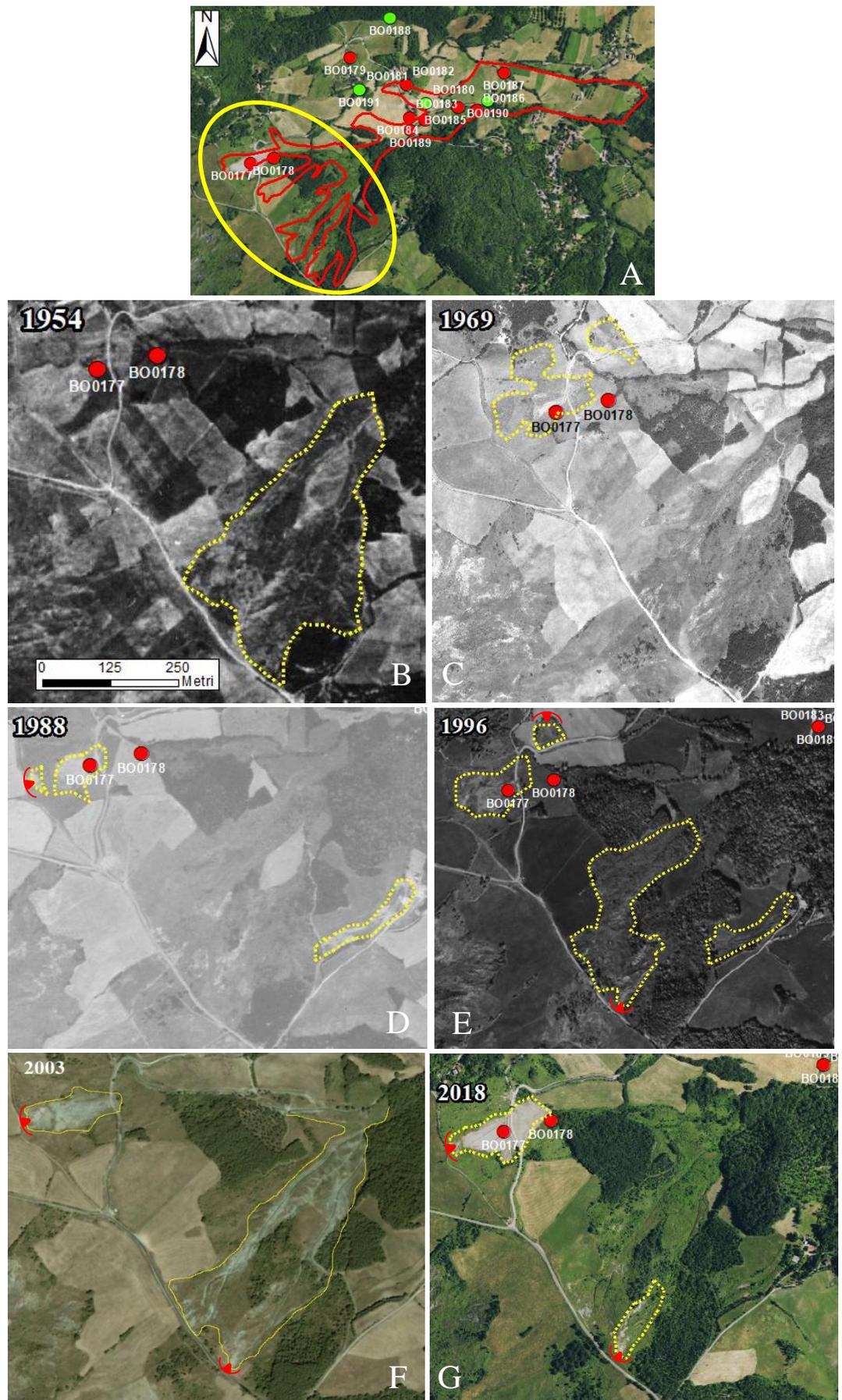


Figura 4.21. Serie temporale della parte alta della frana presso Matella coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-G) sequenza temporale (F da Google Earth). Si notano trincee drenanti.

#### **4.4.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali: la prima sezione longitudinale riporta i profili di spostamento delle letture inclinometriche (Figura 4.22), mentre le successive mostrano l'andamento della superficie di scorrimento (Figure 4.23 e 4.24).

La sezione longitudinale in Figura 4.22, non interessata da esagerazione verticale, mostra l'ultima lettura di ogni profilo di spostamento inclinometrico e mira a mostrare l'andamento della superficie di scorrimento, laddove è presente, lungo il corpo di frana. Si nota come l'intero corpo di frana sia interessato da profili di spostamento che mostrano una superficie di scorrimento netta, spesso nella categoria di blocco rigido o, come per l'inclinometro BO0178, con deriva al di sopra della rottura.

Nella parte alta della frana sono posizionati gli inclinometri BO0177 e BO0178, rispettivamente a 133 e 240 m dal distacco, i quali rilevano la superficie di scorrimento a 4 e 5 m di profondità; tale superficie si approfondisce nella zona di trasporto, così come mostrato a partire da 915 m dal distacco con gli inclinometri BO0189 e BO0183, mentre BO0184 mostra uno scorrimento più superficiale interno al corpo di frana principale e soggetto a riattivazioni (Figura 4.20, pannelli B e C), similmente a quanto accade per BO0185 e BO0186 (rispettivamente a 1165 e 1246 m dal distacco), i quali mostrano superfici di rottura a diversa profondità date probabilmente da scorrimenti interni.

Gli inclinometri BO0182 e BO0180 fanno parte di un corpo coalescente il cui innesco è vicino all'abitato di Matella: mentre BO0182 identifica lo scorrimento a 9 m di profondità, BO0180 mostra una deformazione verticale a "ramo di iperbole", che si accentua solo superficialmente. Infine, gli inclinometri BO0190 e BO0187 posti a 1310 e 1445 m dal distacco mostrano profili diversi: il primo è interessato da deformazione continua lungo la verticale di lettura, non individuando la superficie di scorrimento; il secondo rientra nella categoria di scorrimento a blocco rigido, con la superficie che si instaura a 20 m di profondità, ben maggiore delle precedenti.

In generale, si può affermare che il tipo di movimento che caratterizza questa frana è lo scorrimento almeno fino a 1445 m dal distacco, con superfici che possono innescarsi all'interno del corpo di frana a diversa profondità.

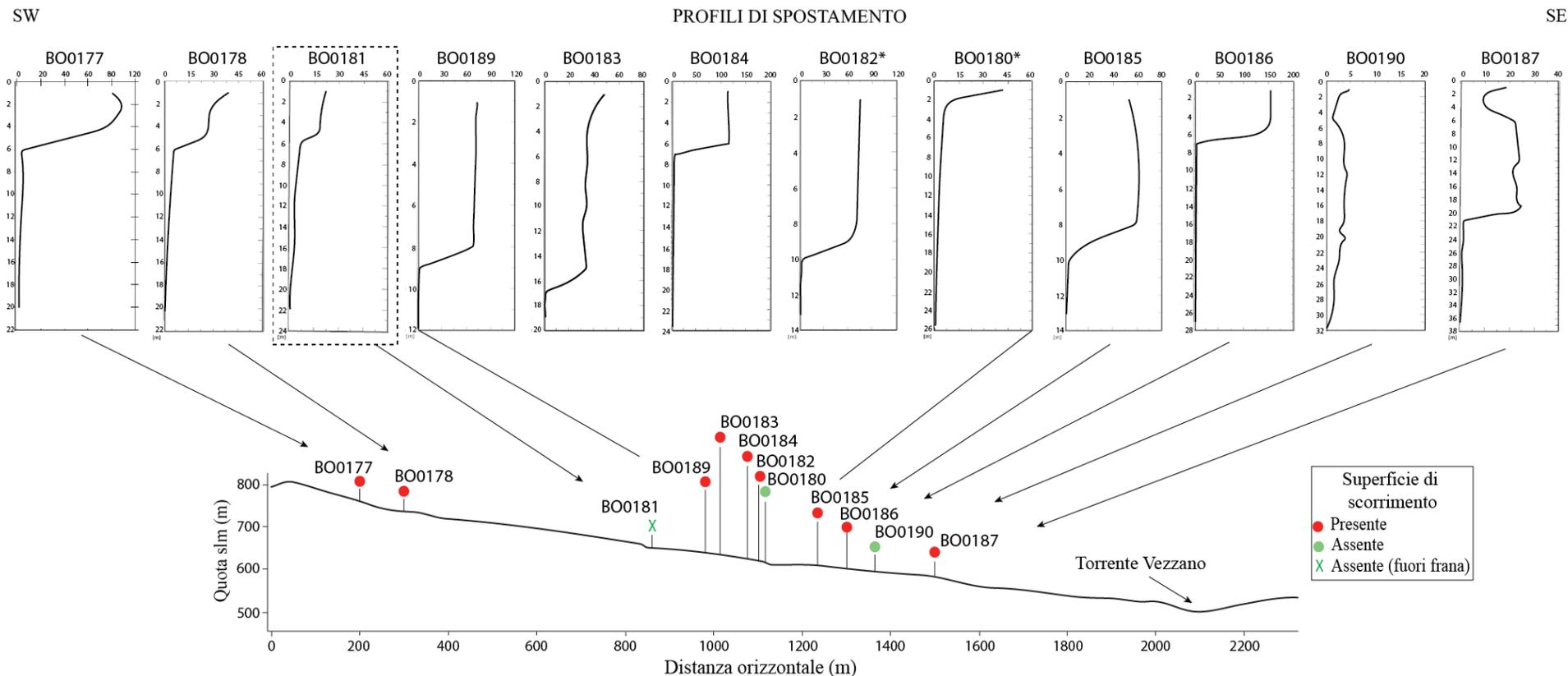


Figura 4.22. Profili di spostamento derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A' (visibile in Figura 4.23). Gli inclinometri fuori frana sono incorniciati con una linea tratteggiata, quelli che presentano un asterisco sono situati in un corpo di frana coalescente al principale.

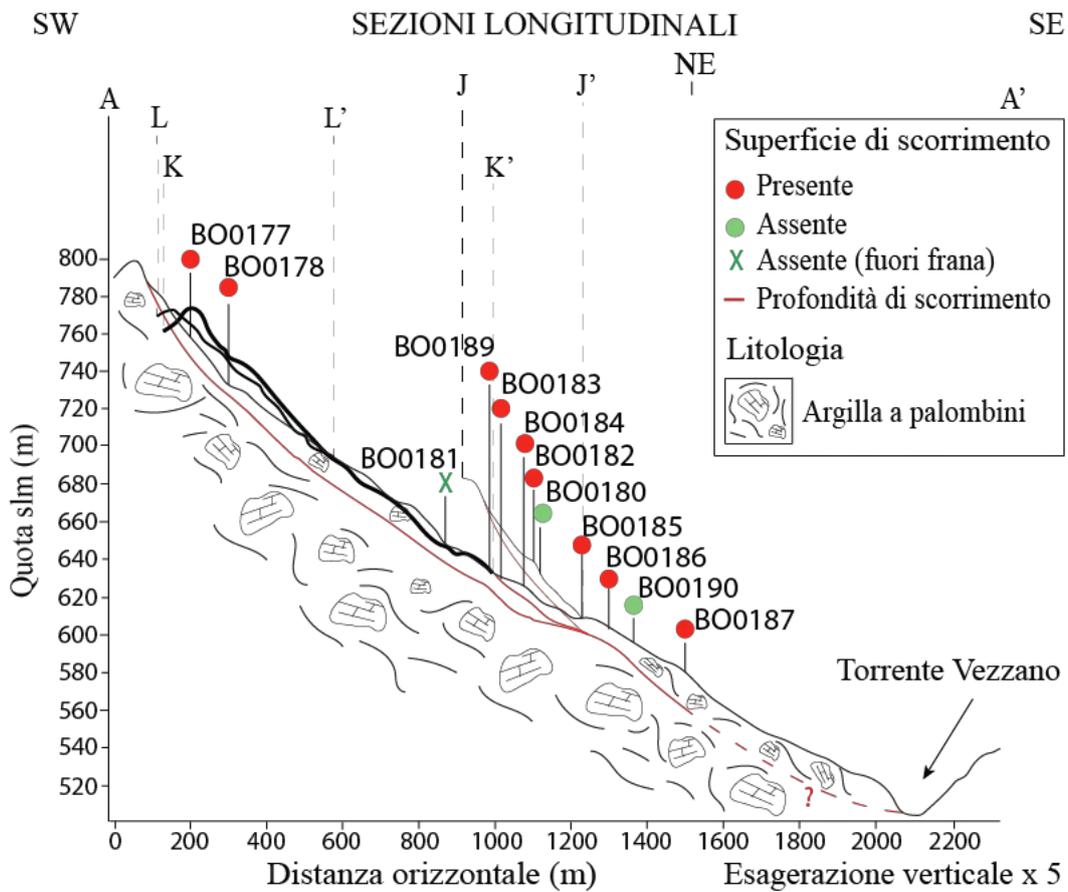
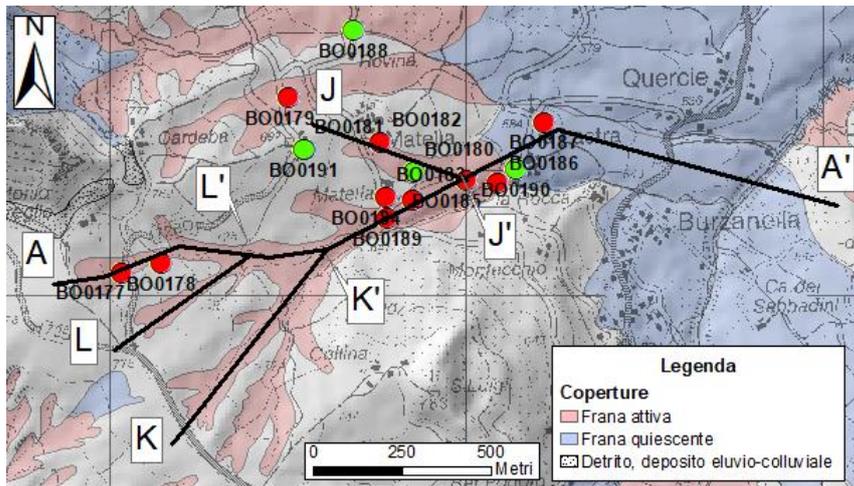


Figura 4.23. Tracce e relative sezioni longitudinali

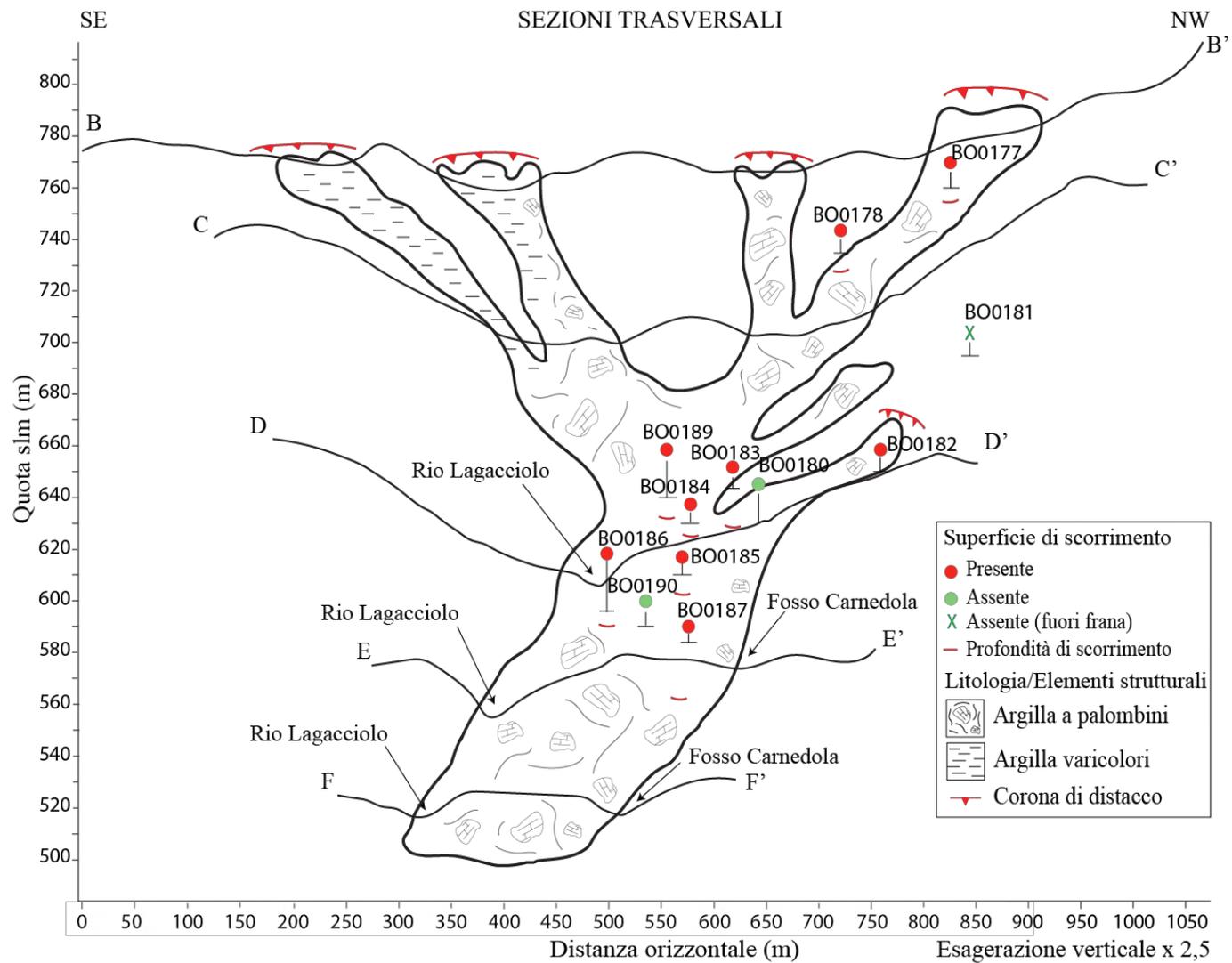
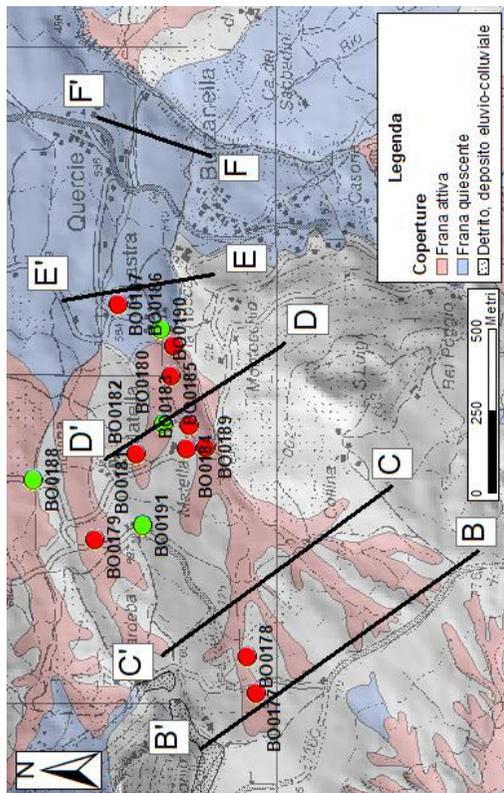


Figura 4.24. Tracce e relative sezioni trasversali.

#### **4.4.3. Relazione con la stratigrafia**

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.4 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento.

Le carote corrispondenti agli inclinometri BO0177 e BO0178, prelevate nella parte alta della frana, così come quelle corrispondenti a BO0184, BO0185, BO0186 e BO0187, estratte invece più a valle, mostrano come la profondità di scorrimento si instauri in terreno detritico costituito da argillite di colore grigio con zonature marroni-giallastre e presenza di inclusi calcareo-marnosi (tipici delle Argille a Palombini), spesso con consistenza variabile e valori di penetrometro tascabile che variano da 2,5 a 3 kg/cm<sup>2</sup>. In tali carote si rinviene inferiormente alla superficie di rottura, generalmente dopo uno spessore di materiale detritico che varia da 60 cm a 1 m, argillite a struttura scagliosa-fogliettata di colore grigio con maculazioni verdastre e inclusi litoidi calcareo-marnosi, descritta come molto consistente (valori di penetrometro tascabile fuori scala, maggiori di 4 kg/cm<sup>2</sup>).

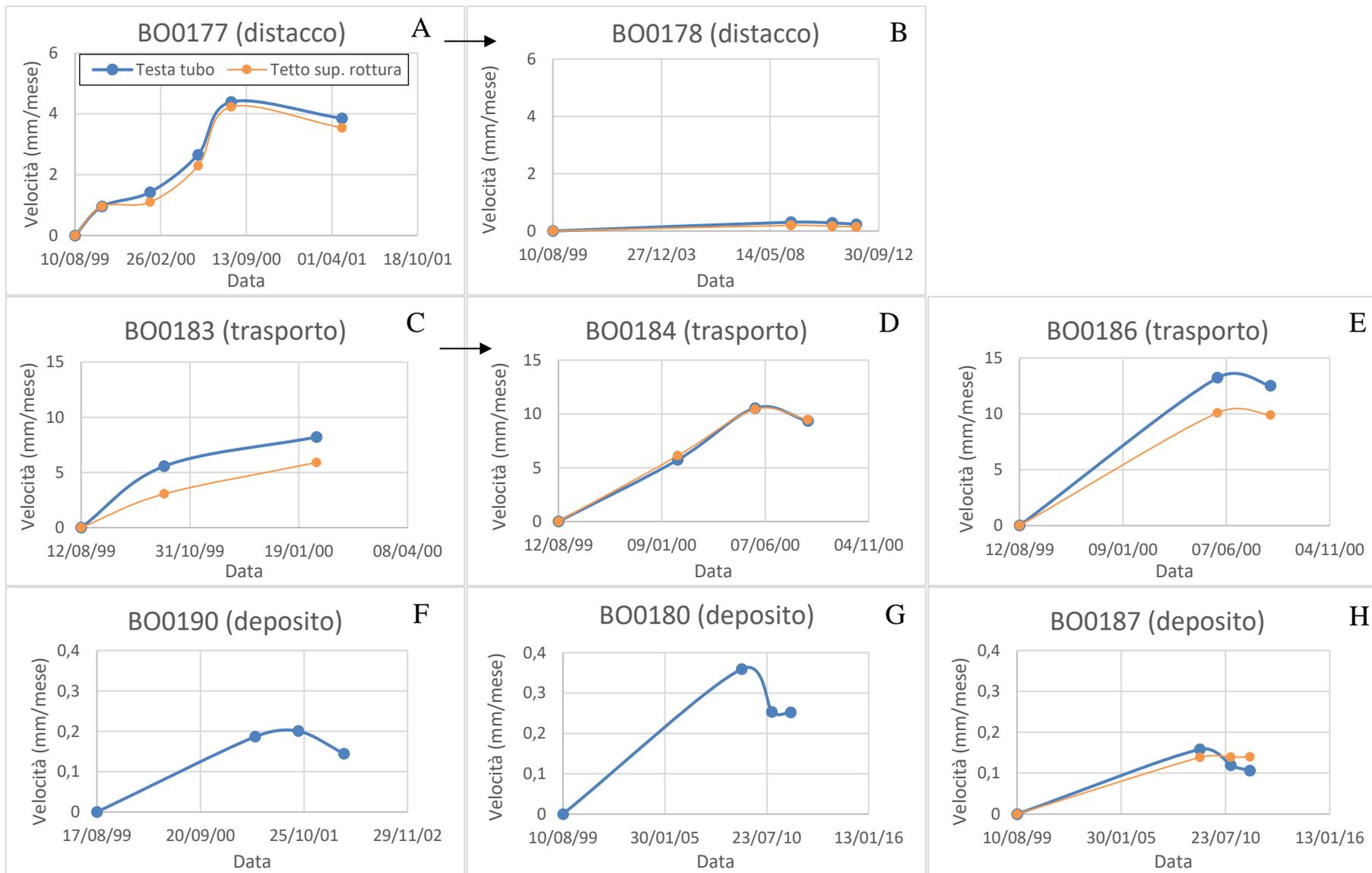
La carota corrispondente all'inclinometri BO0182, prelevata vicino all'abitato di Matella e facente parte di un corpo coalescente al principale, vede la superficie di scorrimento instaurarsi in argillite a struttura scagliosa di colore grigio scuro, con inclusi sparsi di natura calcareo-marnosa e consistenza elevata (valori di penetrometro tascabile fuori scala); tale scorrimento è individuato 30 cm al di sotto del passaggio tra terreno detritico e argillite indisturbata che conserva la sua naturale struttura scagliosa.

Da questi andamenti si discosta la carota corrispondente a BO0183, in cui la superficie di rottura si instaura 5,5 m sotto il contatto tra roccia con struttura scaglioso-fogliettata e argillite grigia con struttura roccioso-compatta, senza segni di alterazione.

In conclusione, si può affermare che quasi in tutte le carote la superficie di scorrimento si instaura in prossimità del contatto tra argillite detritica, con segni di alterazione, e argillite che conserva la sua struttura scaglioso-fogliettata originaria, tranne che per la carota corrispondente a BO0183, probabilmente coinvolta da uno scorrimento più profondo (a 15 m dal piano campagna).

#### **4.4.4. Analisi dell'andamento delle velocità**

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, distribuiti su righe diverse, laddove lo spazio lo permetta, a seconda della zona di appartenenza: distacco, trasporto o deposito. Alcuni pannelli sono stati messi in relazione tra loro usando una freccia nera, laddove si hanno due inclinometri ravvicinati e serie inclinometriche successive nel tempo che possano rappresentare una continuità di lettura.



Gli inclinometri attribuiti alla zona di distacco principale (BO0177 e BO0178) sono posti in relazione: il primo mostra un aumento di velocità che culmina con 4,2 mm/mese in data 08/08/2000, per poi calare e continuare a farlo nel pannello B, con andamento decrescente nel periodo 2009-2011 (tra i due pannelli non si escludono riattivazioni, come mostra la Figura 4.21, pannello F).

I pannelli C e D mostrano inclinometri posti in relazione tra loro (l'ultima lettura di BO0183 e la seconda di BO0184 sono effettuate nella stessa data) e interessati da un aumento di velocità che culmina 23/05/2000 con magnitudo di 10,4 mm/mese, per poi calare; un andamento simile a BO0184 si riscontra in BO0186, con letture effettuate a distanza di due giorni tra il pannello D ed E e con un picco di velocità maggiore in quest'ultimo. Si tenga in considerazione che i tre inclinometri attribuiti alla zona di trasporto principale possono riferirsi a scorrimenti secondari interni al corpo di frana (Figura 4.20, pannelli B e C).

Infine, gli inclinometri posti nella zona di deposito mostrano un calo di velocità nel tempo e andamento simile in BO0180 e BO0187 con letture effettuate nelle stesse date; il primo mostra un picco di intensità maggiore (0,36 mm/mese contro 0,14 mm/mese) e successivo calo nelle misure a testa tubo in entrambe le serie di velocità, mentre in BO0187 la velocità alla profondità di scorrimento è in leggero aumento, discostandosi dal tipico comportamento a blocco rigido sulla verticale di lettura (il materiale non si muove in modo solidale dalla superficie fino allo scorrimento, sembra riattivarsi con tasso di deformazione maggiore alla profondità di rottura).

## 4.5 Lizzano in Belvedere

I fenomeni di dissesto che coinvolgono il paese di Lizzano in Belvedere si sono generati nella formazione delle Argilliti variegata con calcari (AVC), così come mostrato in Figura 4.25.

Tali frane si sono analizzate a seconda della loro esposizione: sul versante est di Monte Pizzo si trovano due corpi principali che terminano nel Torrente Silla, classificati come attivi per indizi di movimento che coinvolgono anche l'abitato di Lizzano e denominate "Via del Sole" quella più a nord e "Fondaccio" quella a sud (eventi storici documentati in Appendice A2.5); sul versante nord-ovest si è analizzato un ulteriore corpo di frana costituito da scorrimenti e colate, che in parte coinvolge anche il membro arenaceo della formazione di Castiglione dei Pepoli, terminando nel Rio Freddo, affluente del Torrente Silla.

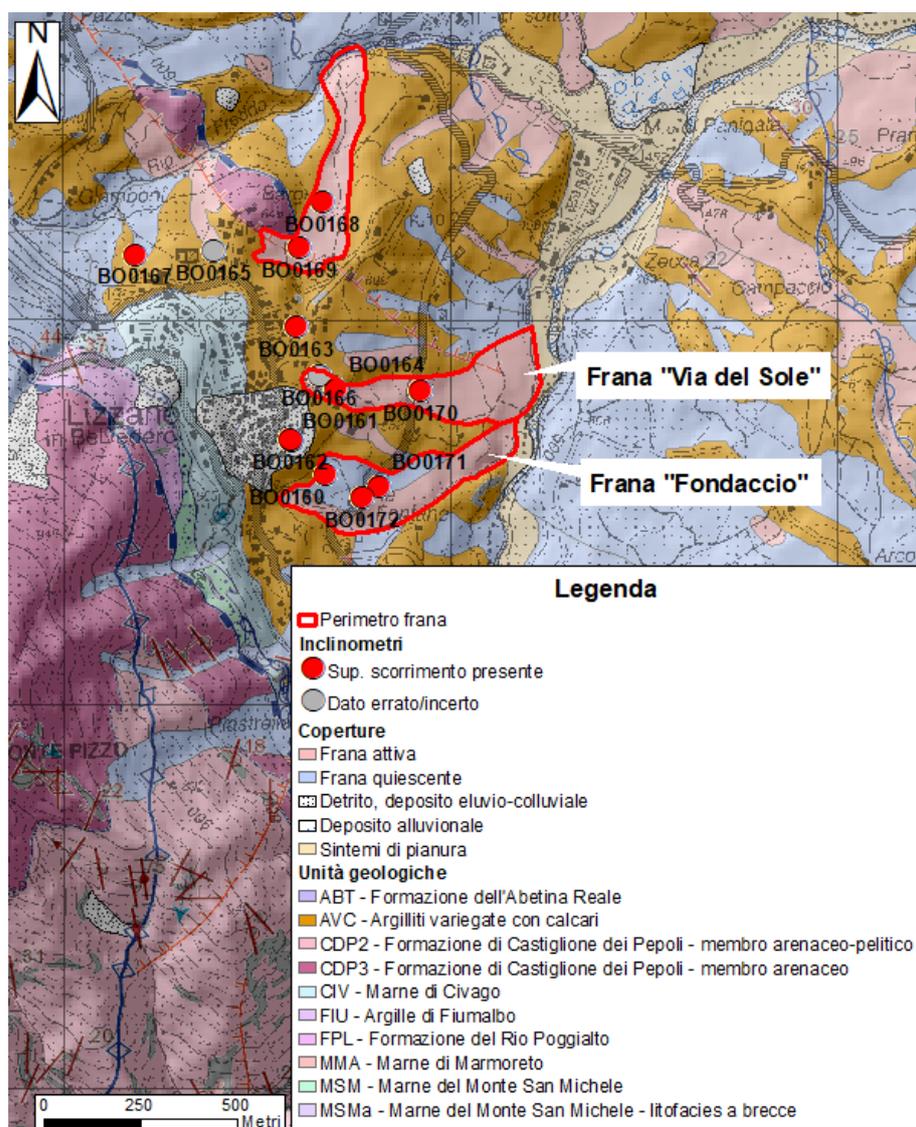


Figura 4.25. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.9. In Tabella 4.10 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Lizzano in Belvedere; gli inclinometri BO0165 e BO0166 non sono considerati nell'analisi a causa della lettura errata degli spostamenti (rientrano rispettivamente nelle categorie 23 e 22).

Tabella 4.9. Caratteristiche geometriche e topografiche delle frane presso Lizzano in Belvedere.

	Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco-cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
		Minima	Massima	Media									
VS	630	50	215	111	1532	70065	645	475	170	15° (27%)	230	65,6	E-SE
F	680	60	200	111	1527	75622	610	480	130	11° (19%)	15	63	E-SE
N	690	50	130	86	1590	59280	630	495	135	11° (19%)	50	95,5	N-NW

VS= frana “Via del Sole”; F= frana “Fondaccio”; N= frana sul versante nord.

Tabella 4.10. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0160	10/01/2017 – 23/07/2019	924	585	20	170	1 (b)	15	13	21	0,7	0,9
BO0161	22/12/2016 – 23/07/2019	943	630	FF	FF	4 (b)	32	31	FF	FF	
BO0162	04/06/1996 – 06/04/2011	5419	630	FF	FF	3 (b)	17	16	FF	FF	
BO0163	04/06/1996 – 06/04/2011	5419	625	FF	FF	1 (n)	5	4	FF	FF	
BO0164	09/04/1997 – 08/05/2009	4412	620	200	50	1 (n)	16	15	130	0,9	0,9
BO0168	09/04/1997 – 14/05/2008	4053	575	150	96	2 (b)	19	18	72	0,5	0,6
BO0169	20/03/1997 – 17/08/2000	1246	595	50	85	1 (n)	9	7	122	2,9	3,4
BO0170	23/04/1998 – 13/09/2005	2700	535	450	85	2 (n)	10	9	36	0,4	0,4
BO0171	23/04/1998 – 07/03/2003	1779	555	120	158	1 (n)	7	6	162	2,7	2,7
BO0172	23/04/1998 – 16/11/2004	2399	565	80	183	1 (b)	6	4	185	2,3	2,3

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato. FF= Inclinometro fuori frana.

#### 4.5.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.26 e 4.27 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscala, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona di distacco (laddove si è potuta individuare).

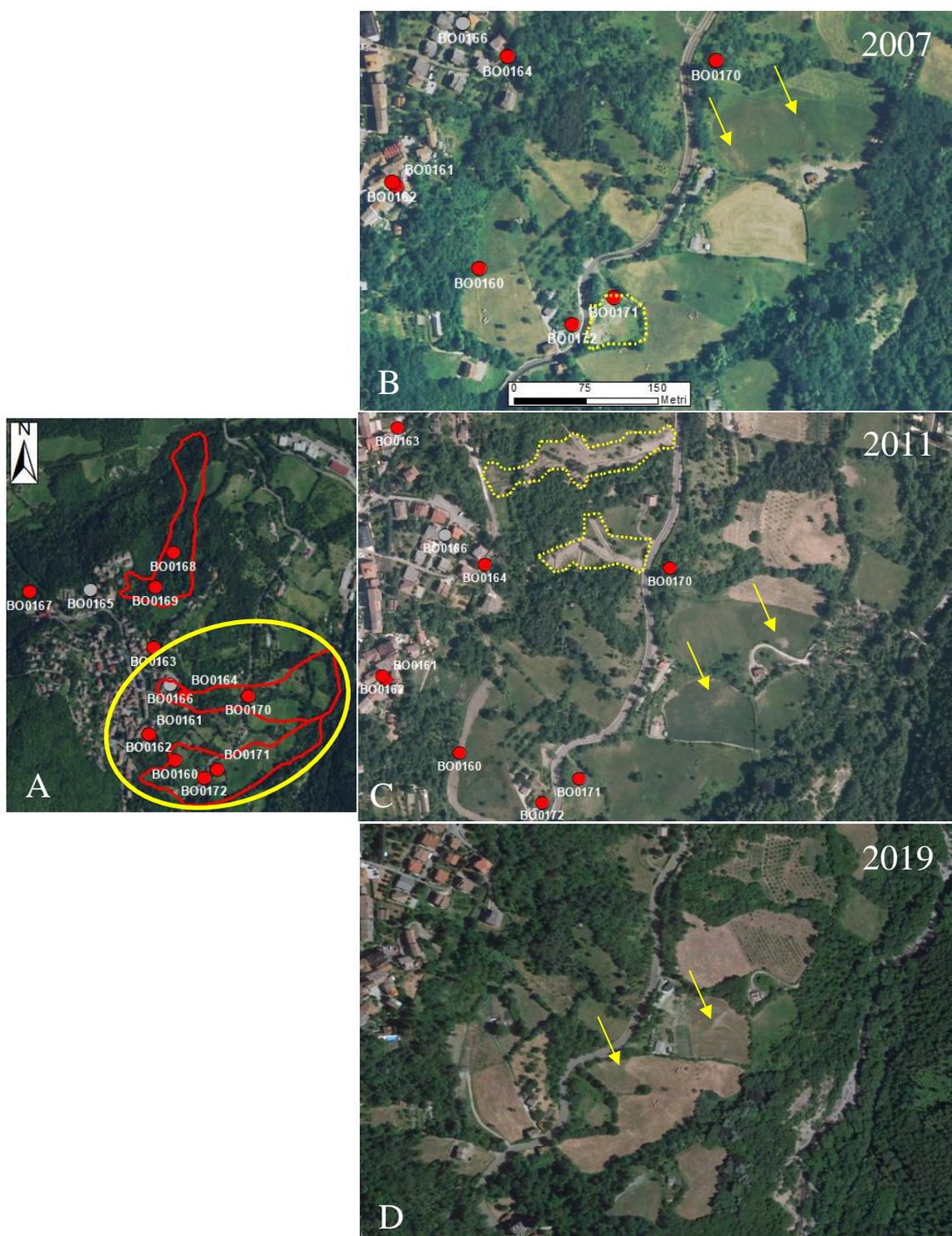


Figura 4.26. Serie temporale delle frane “Vie del Sole” e “Fondaccio” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-D) sequenza temporale (D da Google Earth). Le frecce gialle indicano indizi di movimento superficiale, come fratture del terreno e modesti accumuli di detrito.

Il pannello C in Figura 4.26 mostra gli effetti dal fenomeno di dissesto avvenuto nel 2009, documentato in Appendice A2.5.

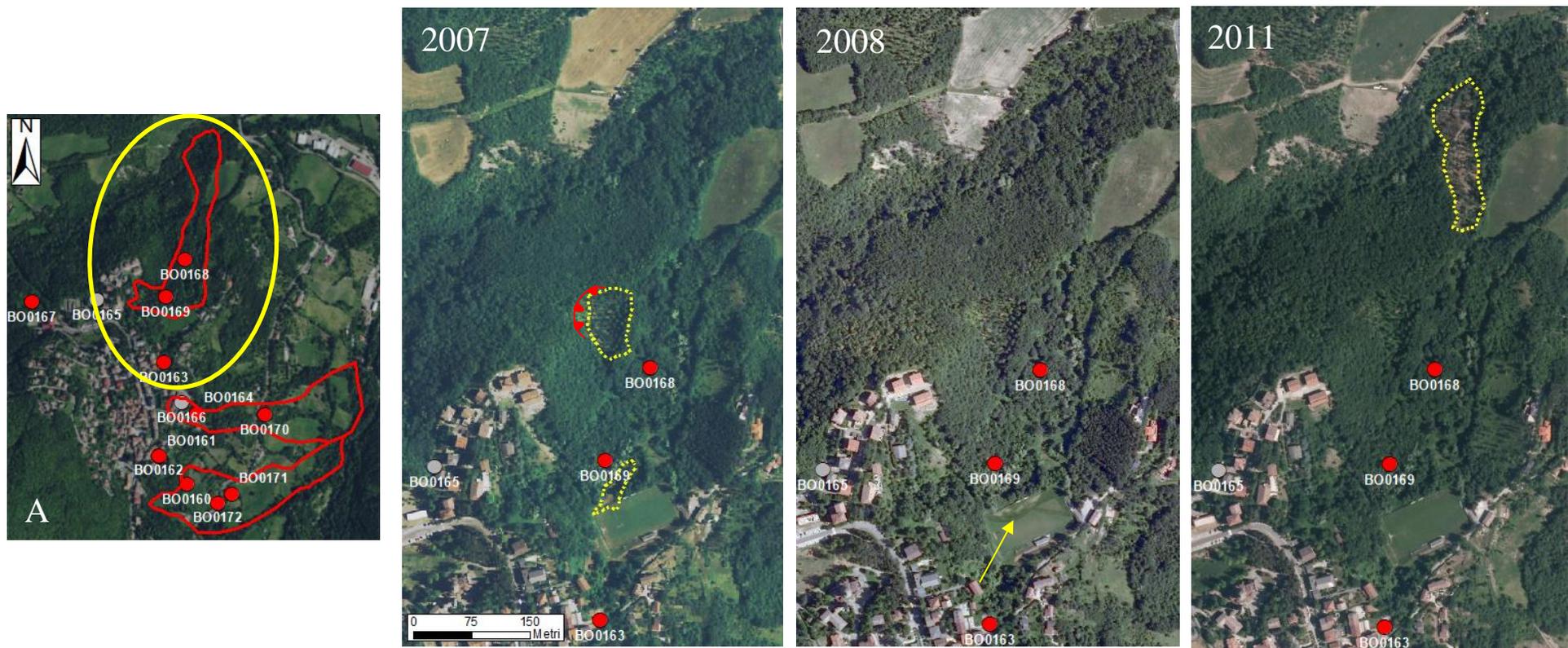


Figura 4.27. Serie temporale della frana sul versante nord di Monte Pizzo coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-D) sequenza temporale. La freccia gialla nel pannello C indica l'ampliamento dell'instabilità già presente nell'anno precedente e che ha coinvolto il campo da calcio rendendolo inagibile.

#### **4.5.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali, trattando prima le frane sul versante est e successivamente quella sul versante nord. All'inizio di ogni ambito si riportano i profili di spostamento delle letture inclinometriche (Figure 4.28 e 4.31), mentre le successive mostrano l'andamento della superficie di scorrimento: Figure 4.29 e 4.30 per le frane sul versante est, Figure 4.32 e 4.33 per quella sul versante nord.

##### Frane sul versante est (Figura 4.28):

Nella frana denominata "Via del Sole" si considerano gli inclinometri BO0164 e BO0170, posti rispettivamente a 200 e 450 m dal distacco, i quali individuano la superficie di scorrimento a profondità diverse: il primo vede la rottura a 15 m di profondità, il secondo a 9 m; questa differenza nella profondità può essere spiegata dall'instaurarsi di due superfici di scorrimento differenti, considerando che BO0164 si trova in posizione sopraelevata rispetto a BO0170 (così come è mostrato in Figura 4.29 B).

Nella frana denominata "Fondaccio" si considerano gli inclinometri BO0160, BO0171 e BO0172, tutti coinvolti da deformazione a blocco rigido, con la superficie di scorrimento individuata a 13 m di profondità in BO0160, mentre è a quote più superficiali in BO0172 e BO0171, probabilmente in seguito ad uno scorrimento interno al corpo di frana principale (così come mostrato da riattivazioni in Figura 4.26, pannello B). Gli inclinometri BO0162 e BO0161 sono considerati fuori frana per via della loro posizione sopraelevata, non escludendo un loro coinvolgimento in caso di retrogressione della scarpata.

##### Frana sul versante nord (Figura 4.31):

Nel corpo di frana esposto a nord si considerano gli inclinometri BO0169 e BO0168, posti rispettivamente a 50 e 150 m dal distacco, i quali individuano la superficie di scorrimento con due profili di deformazione diversi: il primo a blocco rigido e il secondo con deriva al di sopra della rottura, mostrano un approfondimento della superficie stessa.

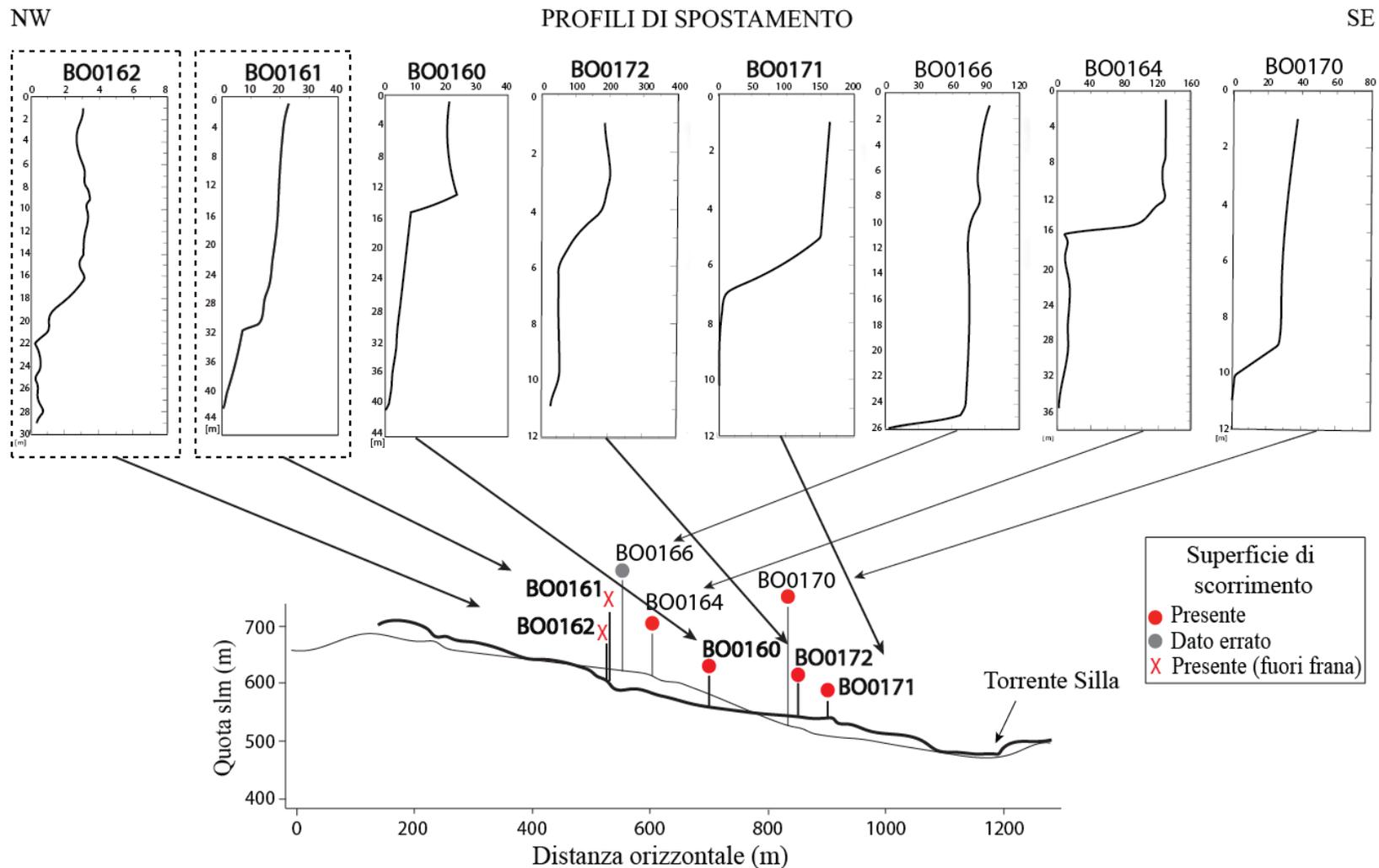
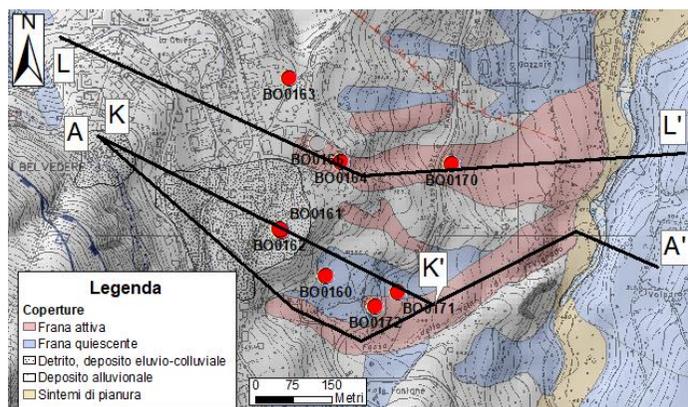


Figura 4.28. Profili di spostamento per le frane sul versante est derivanti da letture inclinometriche lungo le linee di sezione A-A' e L-L' (visibili in Figura 4.29); il diverso spessore nei nomi degli inclinometri è ricollegabile ai diversi spessori delle linee di sezione per indicarne l'appartenenza, con la traccia più spessa a rappresentare la frana Fondaccio. Gli inclinometri fuori frana sono incorniciati con una linea tratteggiata.



SEZIONI LONGITUDINALI

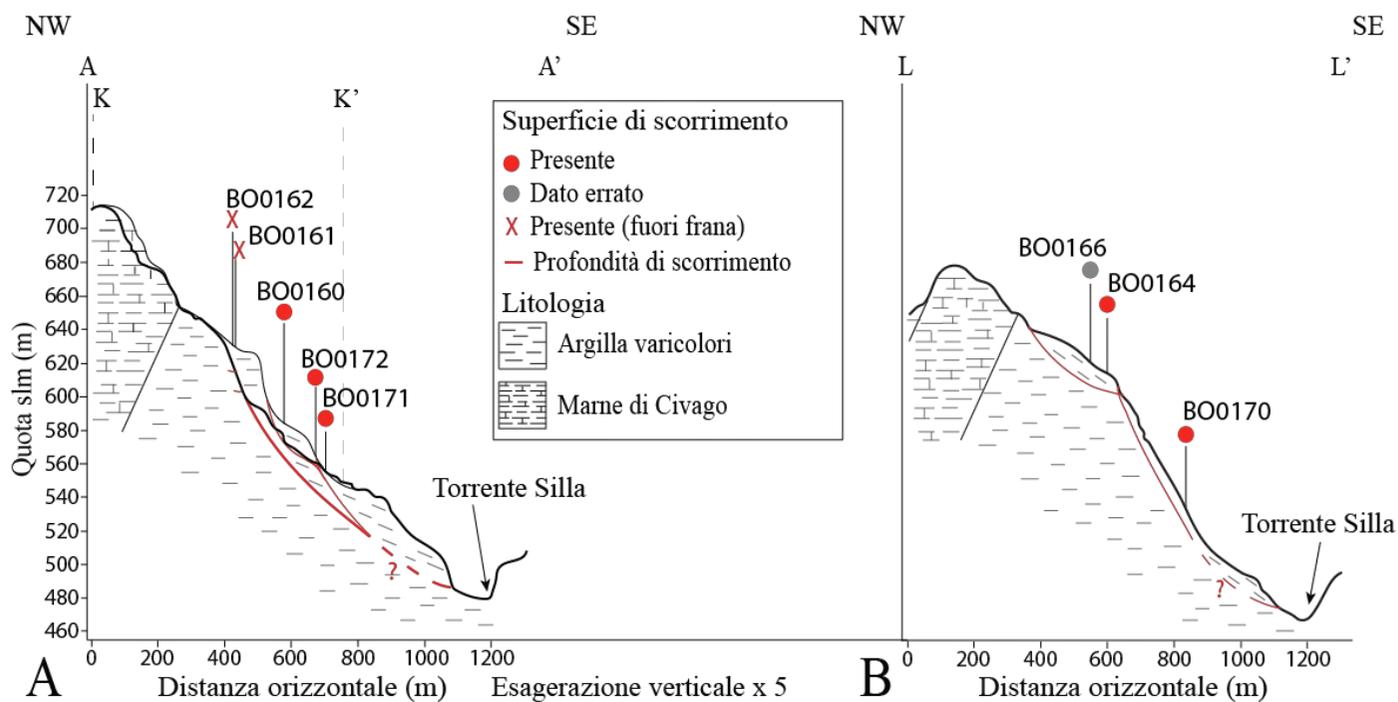


Figura 4.29. Tracce e relative sezioni longitudinali: A) Frana "Fondaccio"; B) Frana "Via del Sole".

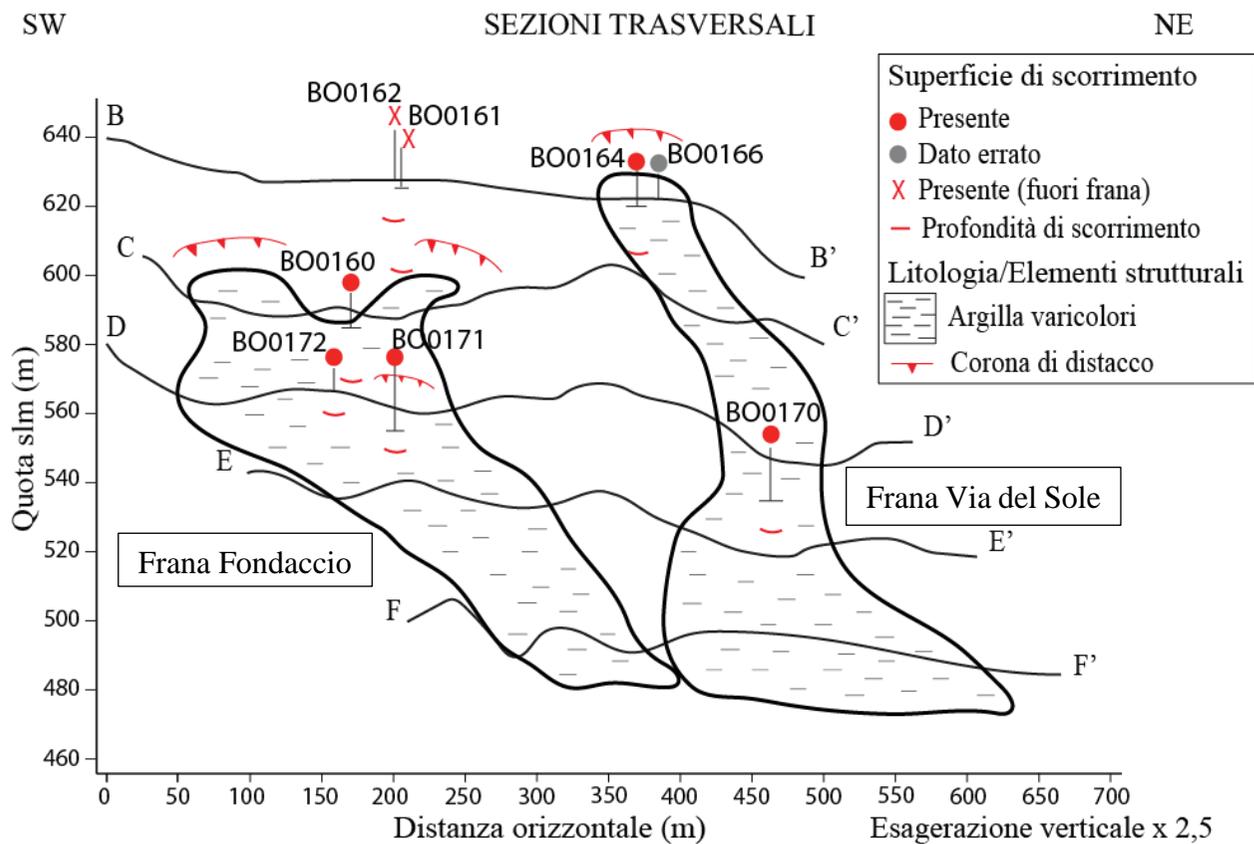
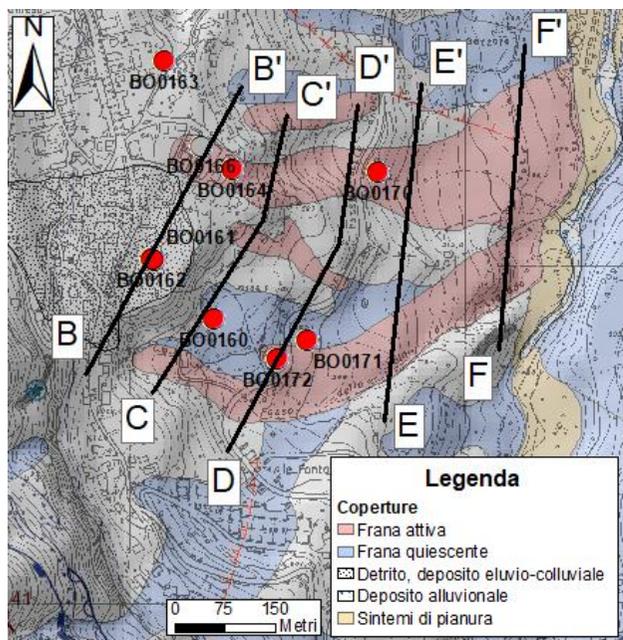
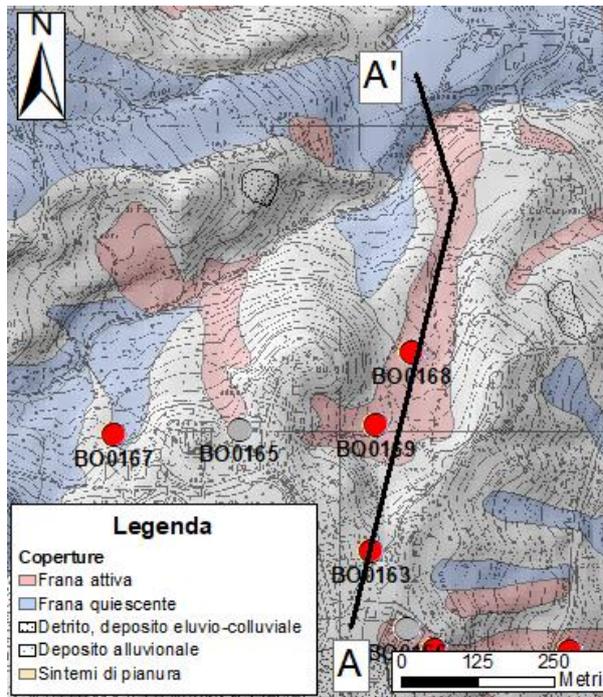


Figura 4.30. Tracce e relative sezioni trasversali. La frana a sinistra è “Fondaccio”, a destra “Via del Sole”.



PROFILI DI SPOSTAMENTO

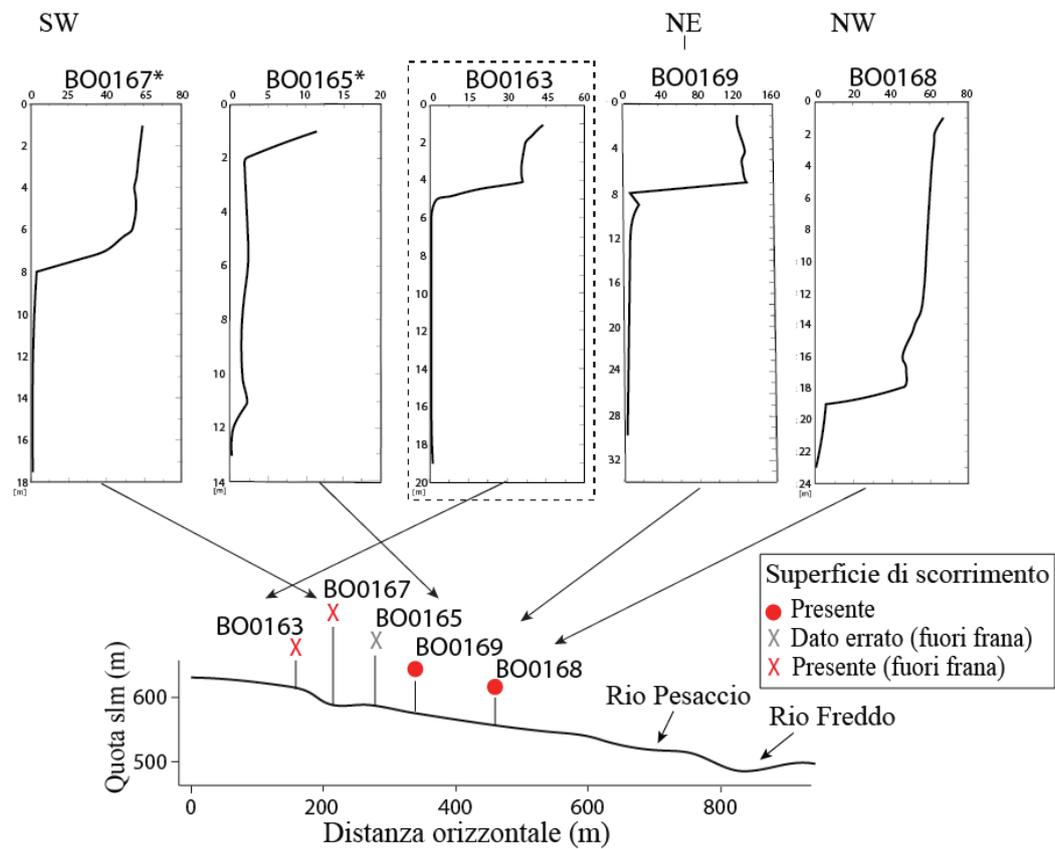


Figura 4.31. Profili di spostamento per la frana sul versante nord derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A'. Gli inclinometri fuori frana sono incorniciati con una linea tratteggiata, quelli che presentano un asterisco sono situati in un altro corpo di frana.

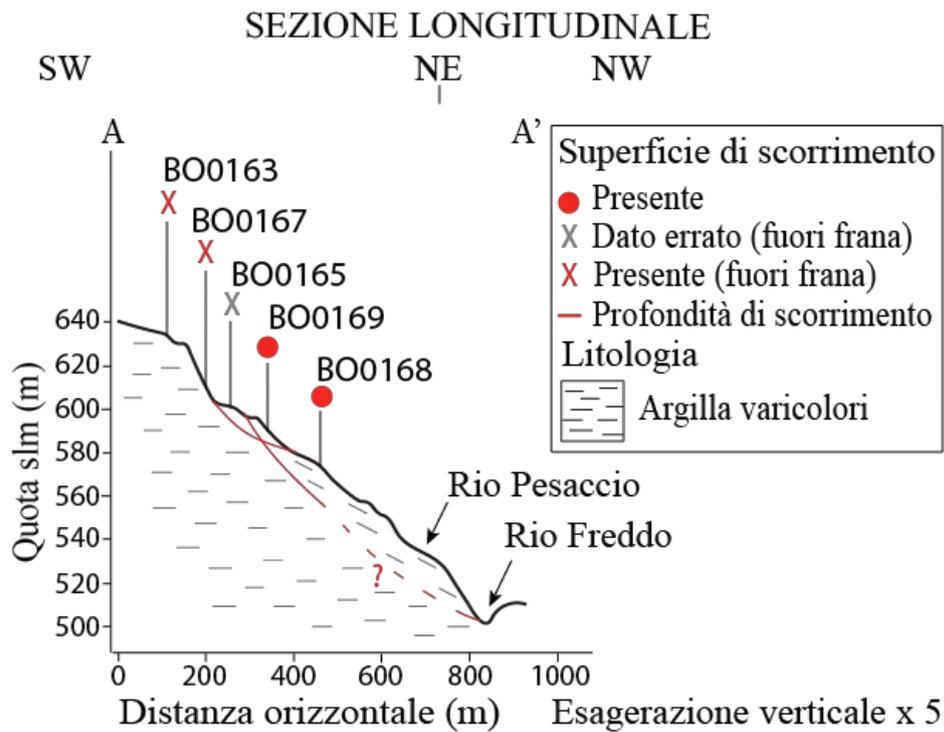


Figura 4.32. Sezione longitudinale lungo la linea A-A' (visibile in Figura 4.31) sul versante nord di Monte Pizzo.

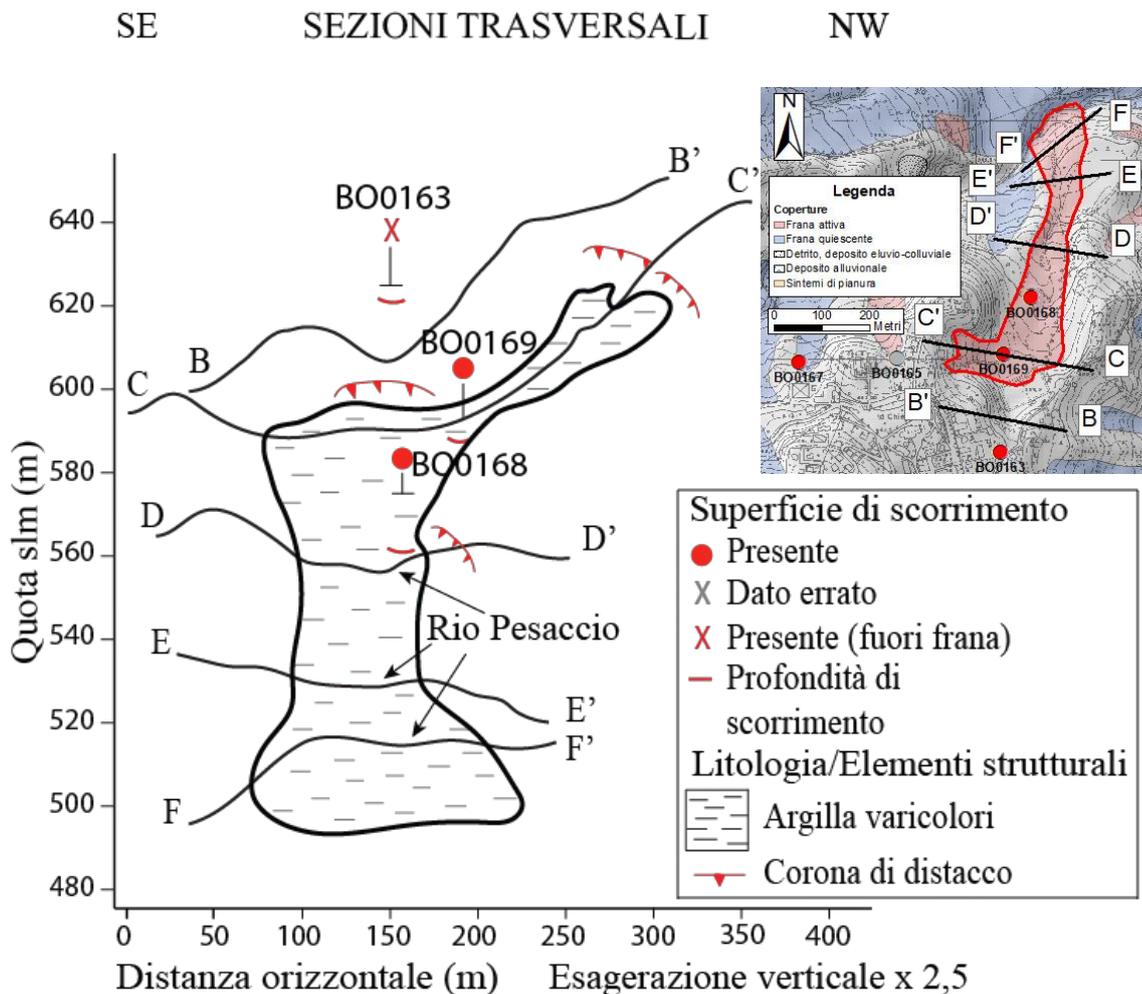


Figura 4.33. Tracce e relative sezioni trasversali.

### **4.5.3. Relazione con la stratigrafia**

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.5 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento.

Nella frana “Via del Sole” le carote prese in considerazione, relative agli inclinometri BO0164 e BO0170, vedono la superficie di scorrimento instaurarsi in due contesti diversi: nel primo si ha rottura in argillite grigia, dalla struttura scagliosa e descritta come tenace alla perforazione (valori di penetrometro tascabile fuori scala, ovvero maggiori di  $6 \text{ kg/cm}^2$ ), trovando il contatto con argillite alterata grigio-marrone a 7 m sopra lo scorrimento; la carota associata a BO0170, posta più a valle della precedente, vede la superficie di scorrimento praticamente al contatto tra limo sabbioso di color grigio-nocciola e il substrato grigio, il quale non presenta segni di alterazione.

Nella frana “Fondaccio” le carote corrispondenti agli inclinometri BO0160, BO0172 e BO0171 vedono la superficie di rottura instaurarsi in limo sabbioso leggermente argilloso, di color grigio-nocciola; inferiormente, a profondità che variano da 1 a 4 m, si ritrova il substrato argilloso di color grigio che conserva la struttura scagliosa originale.

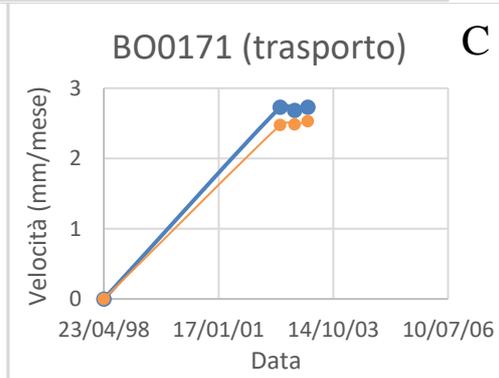
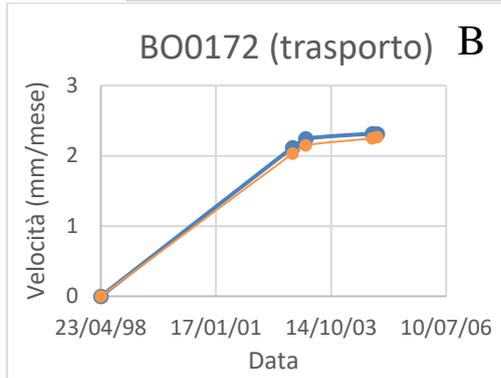
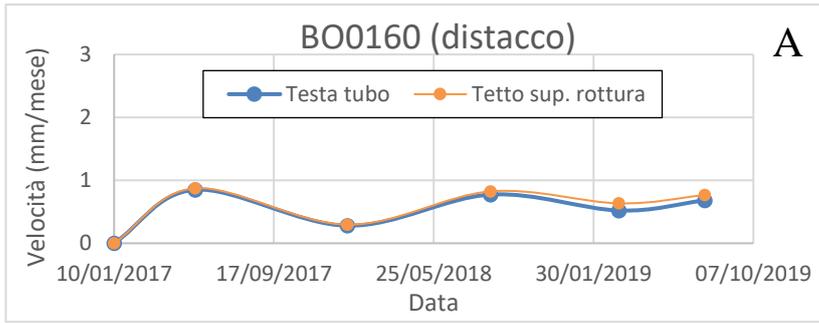
Infine, per quanto riguarda la frana esposta a nord, le carote relative agli inclinometri BO0168 e BO0169 vedono la superficie di scorrimento instaurarsi, nel primo caso, in argillite grigia a struttura scaglioso-fogliettata posta a 80 cm sotto il contatto con terreno detritico argillo-limoso di color grigio-marrone; nel secondo caso la rottura si ha in detrito argillo-limoso di color grigio-marrone, solo 10 cm sopra il substrato di color grigio con struttura scaglioso-fogliettata inalterata.

In generale, si può affermare che la superficie di scorrimento tende a riscontrarsi in materiale detritico limoso-sabbioso o argillo-limoso con chiari segni di alterazione, in prossimità del contatto con argilla scagliosa inalterata; solo nella carota BO0164 la superficie si riscontra in argillite grigia, dalla struttura scagliosa e senza segni di alterazione, distante sette metri dal contatto con materiale alterato.

### **4.5.4. Analisi dell'andamento delle velocità**

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, distinti a seconda del corpo di frana a cui appartengono e distribuiti su due righe a seconda della zona di appartenenza: distacco o trasporto.

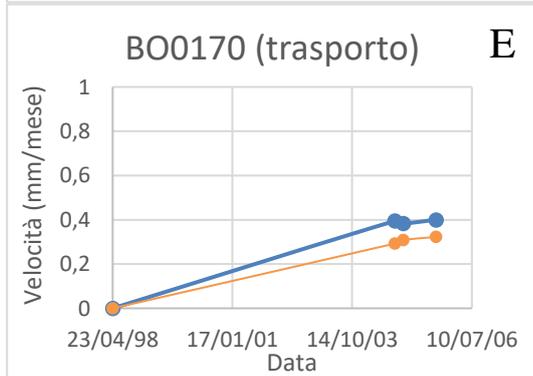
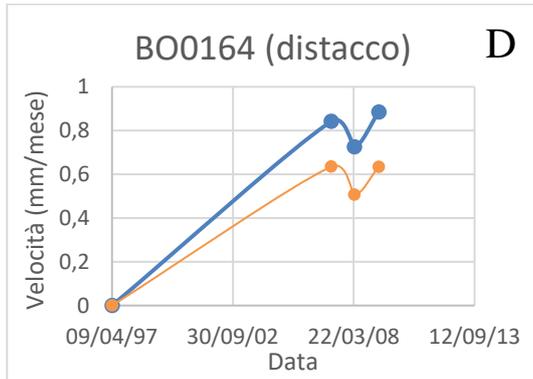
Frana “Fondaccio”:



L’inclinometro BO0160, posto vicino al distacco, mostra diversi impulsi di velocità che non superano 1 mm/mese, dati probabilmente da modeste accelerazioni e riattivazioni del corpo di frana; gli inclinometri BO0171 e BO0172, situati nella zona di trasporto, mostrano un andamento con velocità crescenti, maggiori per l’inclinometro BO0171 che è coinvolto in un fenomeno di dissesto interno al corpo di frana principale.

Le date delle letture inclinometriche non consentono, purtroppo, un confronto con la serie degli eventi storici e neanche con le osservazioni riportate al paragrafo 4.5.1.

Frana “Via del Sole”:

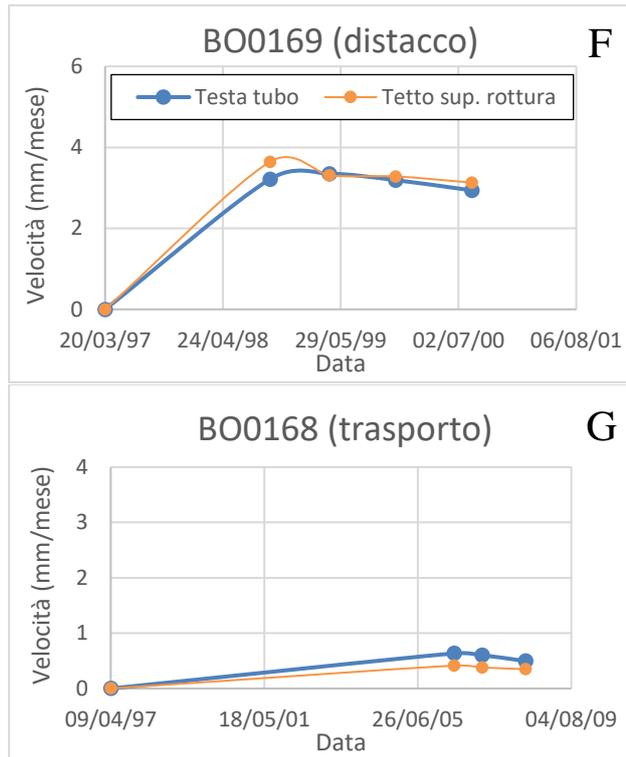


Gli inclinometri posti nella frana denominata “Via del Sole” sono posizionati in due zone diverse e monitorano periodi diversi.

La serie di BO0164 registra una fase di calo di velocità seguita da un aumento, in cui l’ultima lettura (registrata in data 08/05/09) è posteriore alla riattivazione documentata in Appendice A2.5 e i cui effetti si vedono in Figura 4.26, pannello C.

L’inclinometro BO0170, posto più a valle di BO0164 e con periodo di monitoraggio precedente a quest’ultimo, registra un aumento di velocità senza picchi evidenti.

Frana sul versante esposto a nord di Monte Pizzo:



Gli inclinometri posti in frana non sono paragonabili in termini di periodo di monitoraggio, ma analizzabili singolarmente.

L'andamento delle velocità nell'inclinometro BO0169 mostra un calo di velocità, con valori maggiori al tetto sella superficie di rottura rispetto alla testa tubo.

Un andamento analogo si ha anche nell'inclinometro BO0168, posto più a valle del precedente, ma la magnitudo delle velocità è minore, risentendo sempre meno delle deformazioni post-parossistiche.

## 4.6 Ca' di Faziello

Le frane che coinvolgono la località Ca' di Faziello, situate nel comune di Alto Reno Terme, si sono generate nella formazione delle Argilliti variegata con calcari (AVC), così come mostrato in Figura 4.34.

Queste frane sono costituite prevalentemente da scorrimenti, che possono evolvere in colamenti di fango e/o detrito con diverso stato di attività, terminando sulla destra idrografica del Torrente Silla. Ai fini dell'analisi si sono nominate tali frane secondo i piccoli agglomerati urbani maggiormente coinvolti dai rispettivi dissesti: Francioni, Pianella e Cornioletti.

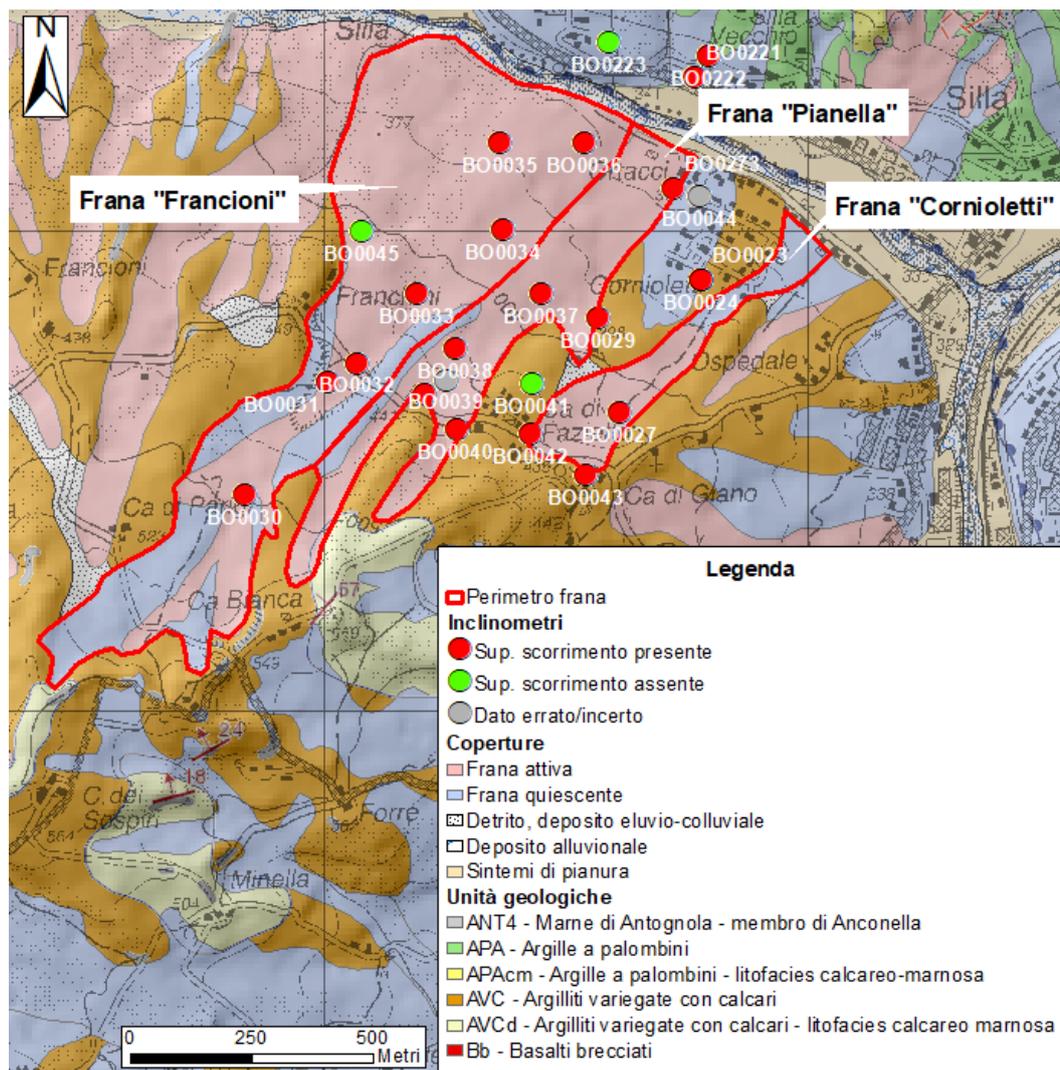


Figura 4.34. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.11. In Tabella 4.12 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Lizzano in Belvedere.

Tabella 4.11. Caratteristiche geometriche e topografiche delle frane presso Ca' di Faziello.

	Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco-cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
		Minima	Massima	Media									
F	1640	90	530	264	4270	433500	575	340	235	8° (14%)	20	98,8	N-NE
P	1260	60	190	126	3435	158560	540	335	205	9° (16%)	22	98,3	N-NE
C	740	35	160	89	1745	65585	445	335	110	8° (15%)	70	91,4	N-NE

F= frana “Francioni”; P= frana “Pianella”; C= frana “Cornioletti”.

Tabella 4.12. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0023	22/02/2017 – 24/06/2019		852	366	FF	FF	1 (n)	18	16	FF	FF
BO0024	01/10/2002 – 27/08/2009		2522	366	FF	FF	1 (n)	17	16	FF	FF
BO0027	11/02/1998 – 05/09/2003		2032	412	180	145	1 (n)	6	5	100	1,5   2,5
BO0028	15/10/2002 – 10/06/2011		3160	435	520	185	1 (n)	8	7	97	0,9   1
BO0029	01/10/2002 – 09/08/2005		1043	385	860	201	1 (n)	13	12	69	2   4,1
BO0030	04/03/1998 – 18/05/1998		75	495	566	202	3 (n)	11	10	X	X
BO0031	11/02/1998 – 29/11/2001		1387	451	865	153	1 (n)	17	16	110	2,4   3
BO0032	11/02/1998 – 02/05/2004		2272	436	935	215	1 (n)	9	8	74	1   2,9
BO0033	11/02/1998 – 31/10/2002		1723	410	1125	275	1 (b)	10	9	10	0,2   0,5
BO0034	11/02/1998 – 31/10/2002		1723	383	1320	455	3 (n)	13	12	13	0,2   1,1
BO0035	11/02/1998 – 09/05/2000		818	367	1480	525	1 (n)	16	15	68	2,5   2,9

BO0036	11/02/1998 – 31/10/2002	1723	355	1570	517	2 (b)	17	16	43	0,7	0,9
BO0037	11/02/1998 – 20/01/2000	708	385	840	197	1 (n)	16	15	168	7,1	8,4
BO0038	11/02/1998 – 09/05/2000	818	418	645	129	1 (n)	9	8	68	2,5	4,5
BO0039	11/02/1998 – 18/01/2000	706	430	570	177	22 (n)	/	/	/	/	
BO0040	11/02/1998 – 02/11/2000	995	445	480	66	1 (n)	13	11	200	6	12,3
BO0041	11/02/1998 – 31/10/2002	1723	425	FF	FF	10 (b)	/	/	FF	FF	
BO0042	11/02/1998 – 16/05/2000	825	435	30	165	1 (n)	7	5	21	0,8	1,7
BO0043	11/02/1998 – 27/08/2009	4215	440	5	30	1 (b)	7	4	60	0,4	0,5
BO0044	01/10/2002 – 20/08/2009	2515	345	FF	FF	22 (n)	/	/	/	/	
BO0045	11/02/1998 – 31/10/2002	1723	406	1160	350	11 (n)	/	/	3,8	0,06	0,8
BO0273	01/10/2002 – 17/12/2002	77	345	1160	130	4 (b)	14	12	X	X	

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato.

/= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico.

X= Mancanza del dato per scarsità di letture inclinometriche (meno di due letture).

FF= Inclinometro fuori frana.

#### 4.6.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.35, 4.36 e 4.37 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscale, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo.

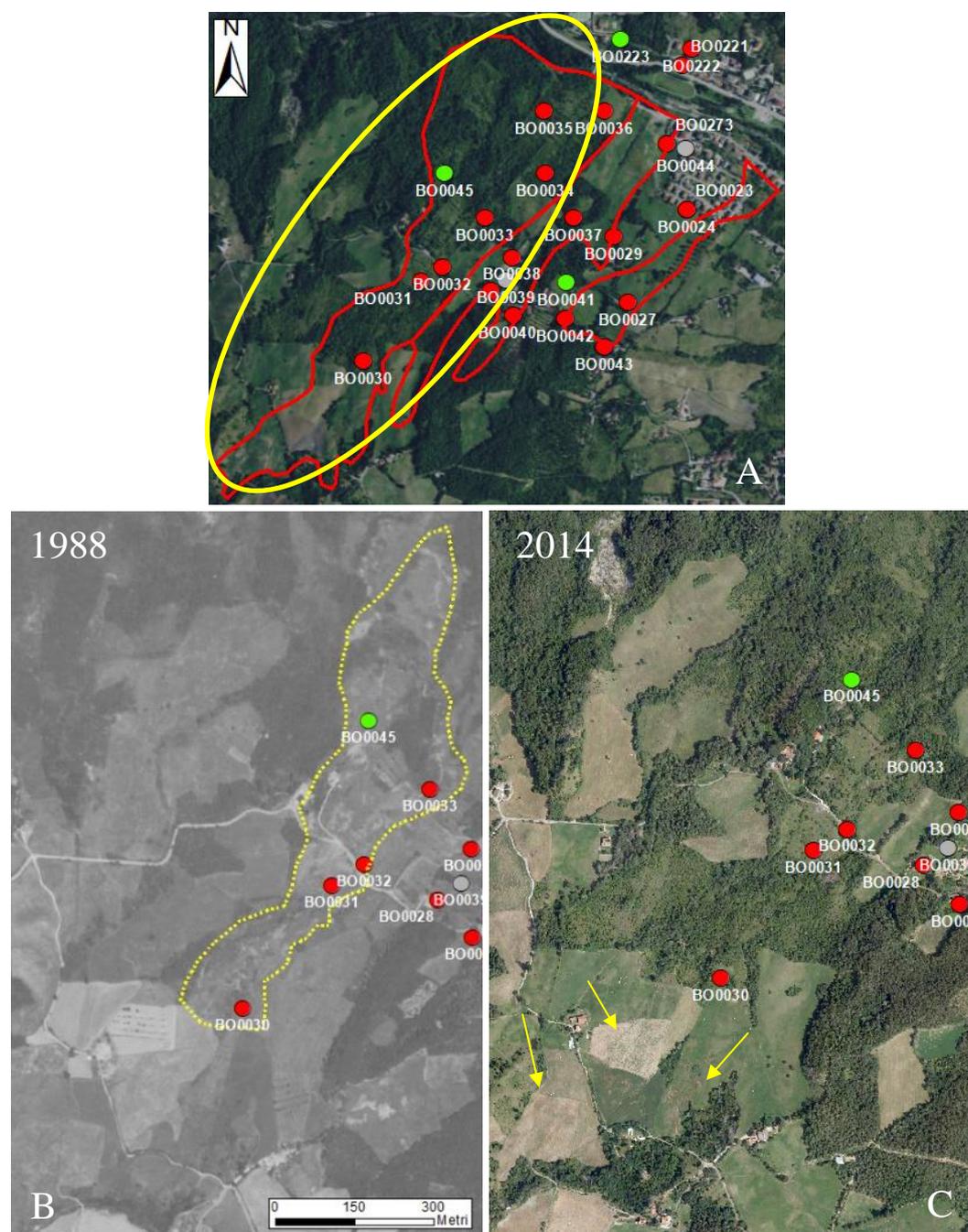


Figura 4.35. Serie temporale della frana “Francioni” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-C) sequenza temporale. Le frecce gialle indicano segni di disturbo superficiale, spesso presenti nella parte alta della frana.

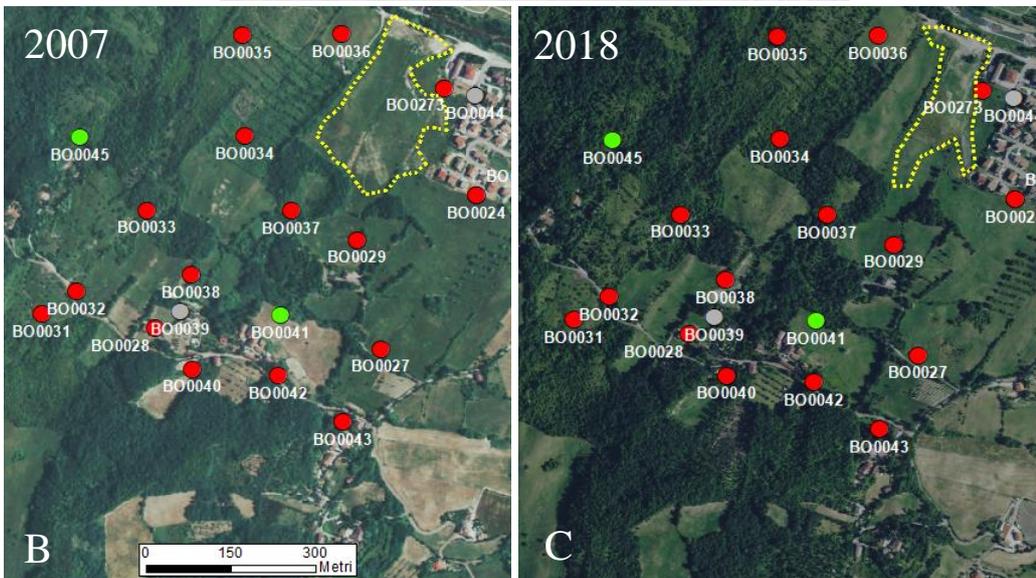
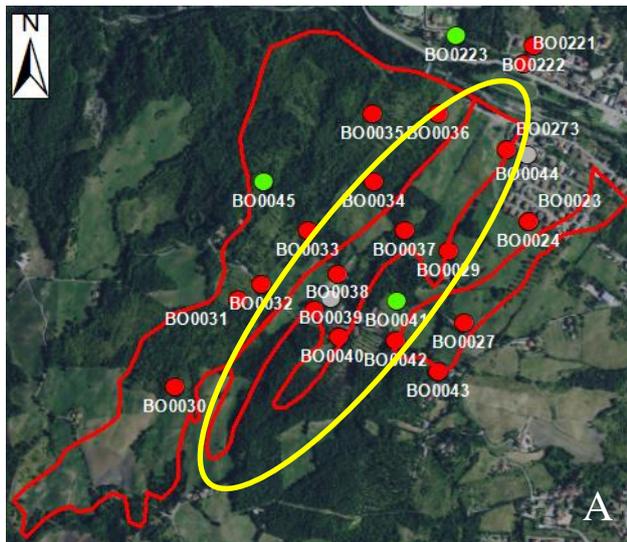


Figura 4.36. Serie temporale della frana “Pianella” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-C) sequenza temporale. Si notano riattivazioni al piede della frana.

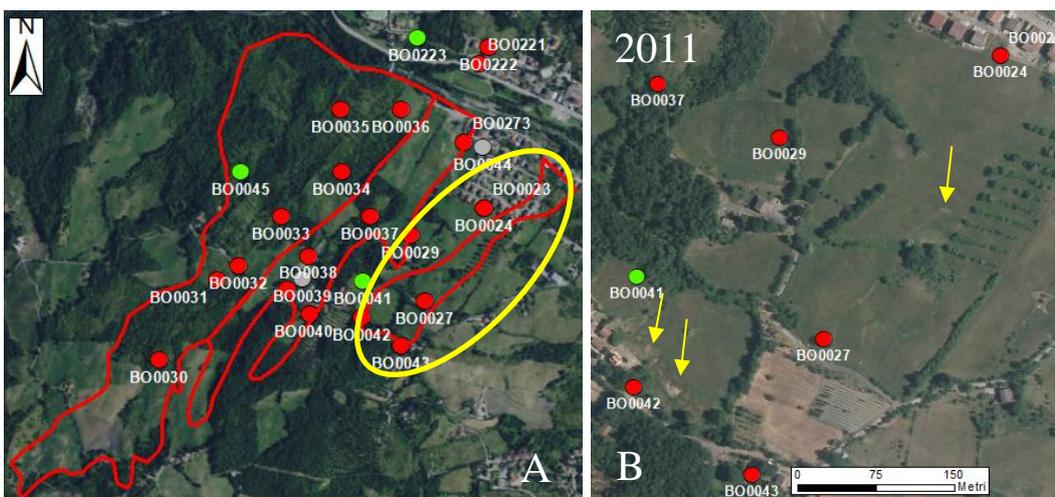


Figura 4.37. Serie temporale della frana “Cornioletti” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B) Disturbo superficiale presente nel 2011 nella parte alta della frana.

#### **4.6.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali, analizzando le frane da ovest verso est: Francioni, Pianella e Cornioletti; poiché le tre frane risultano sullo stesso versante, si è ritenuto opportuno unire in un'unica figura le sezioni trasversali (Figura 4.42), mentre si sono disegnate separatamente le sezioni coi profili inclinometrici e longitudinali.

##### Frana Francioni (Figura 4.38):

I profili di spostamento lungo la frana Francioni mostrano la presenza di una superficie di scorrimento a profondità variabile e senza deriva (profilo a “blocco rigido”), tranne per l'inclinometro BO0045, il quale è interessato da deformazione continua lungo la verticale.

A partire dall'inclinometro BO0030 fino a BO0033, rispettivamente a 566 e 1125 m dal distacco, la profondità di scorrimento mostra due tratti di approfondimento: da BO0030 a BO0031, passando da 10 a 16 m, e tra BO0032 a BO0033, trovandosi prima a 8 e poi a 9 m; questo andamento può essere spiegato con lo sviluppo di una superficie di scorrimento più superficiale all'interno del corpo di frana, la quale si approfondisce andando verso valle.

Infine, al piede della frana la superficie di scorrimento raggiunge profondità maggiori, passando da 12 a 16 m di profondità tra gli inclinometri BO0034 e BO0036, distanti dal distacco 1320 e 1570 m.

In generale, nella frana Francioni si osservano scorrimenti lungo tutto il corpo di frana.

##### Frana Pianella (Figura 4.39):

La frana Pianella è caratterizzata, a partire dall'inclinometro BO0040 posto a 480 m dal distacco e fino all'inclinometro BO0273 a 1160 m, dalla presenza della superficie di scorrimento a profondità variabile e profili di spostamento che non mostrano deriva né sopra né sotto lo scorrimento (definiti a “blocco rigido”), tranne che per l'inclinometro BO0273, il quale mostra deformazioni sia inferiormente che superiormente la profondità di rottura.

L'inclinometro BO0040, posto in un corpo di frana coalescente, evidenzia lo scorrimento a 11 m di profondità, mentre nei pressi del punto di unione dei due corpi la rottura è a 7 m (BO0028) per poi approfondirsi fino a 15 m (BO0037). Infine, nella zona del piede della frana, la profondità di scorrimento si assesta sui 12 m di profondità.

##### Frana Cornioletti (Figura 4.40):

Nella frana Cornioletti si sono presi in analisi tre inclinometri: BO0043, BO0042 e BO0027, posti rispettivamente a 5, 30 e 180 m dal distacco. In tutti i profili è presente la superficie di scorrimento, con profondità stabile tra 4 e 5 m; non essendo presenti inclinometri nella zona del piede non è possibile valutare la presenza della superficie di rottura, né della sua profondità (gli inclinometri BO0024 e BO0023 sono posti fuori frana, probabilmente appartenenti ad un corpo adiacente).

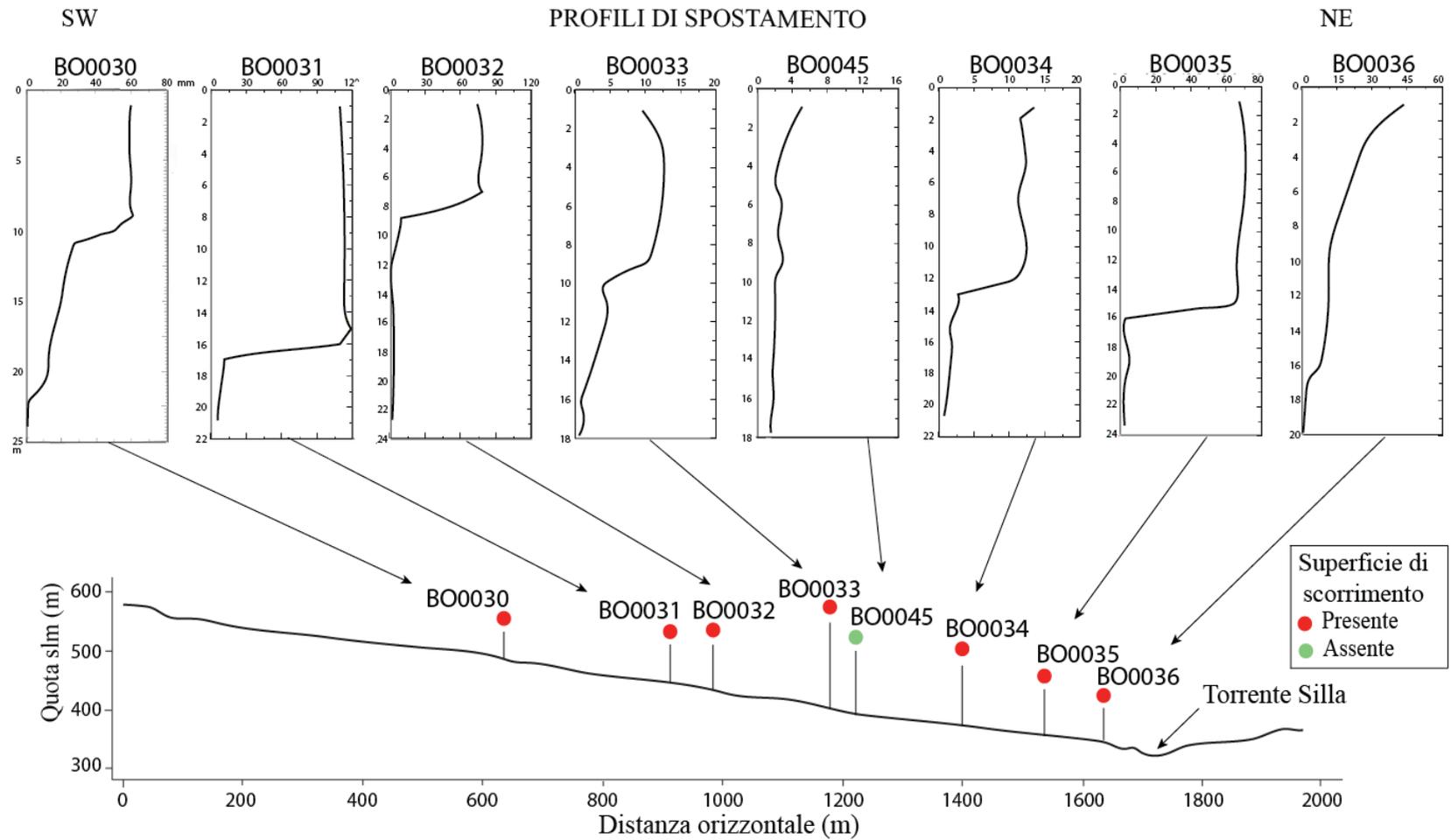


Figura 4.38. Profili di spostamento per la frana “Francioni” derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A’ (visibile in Figura 4.41).

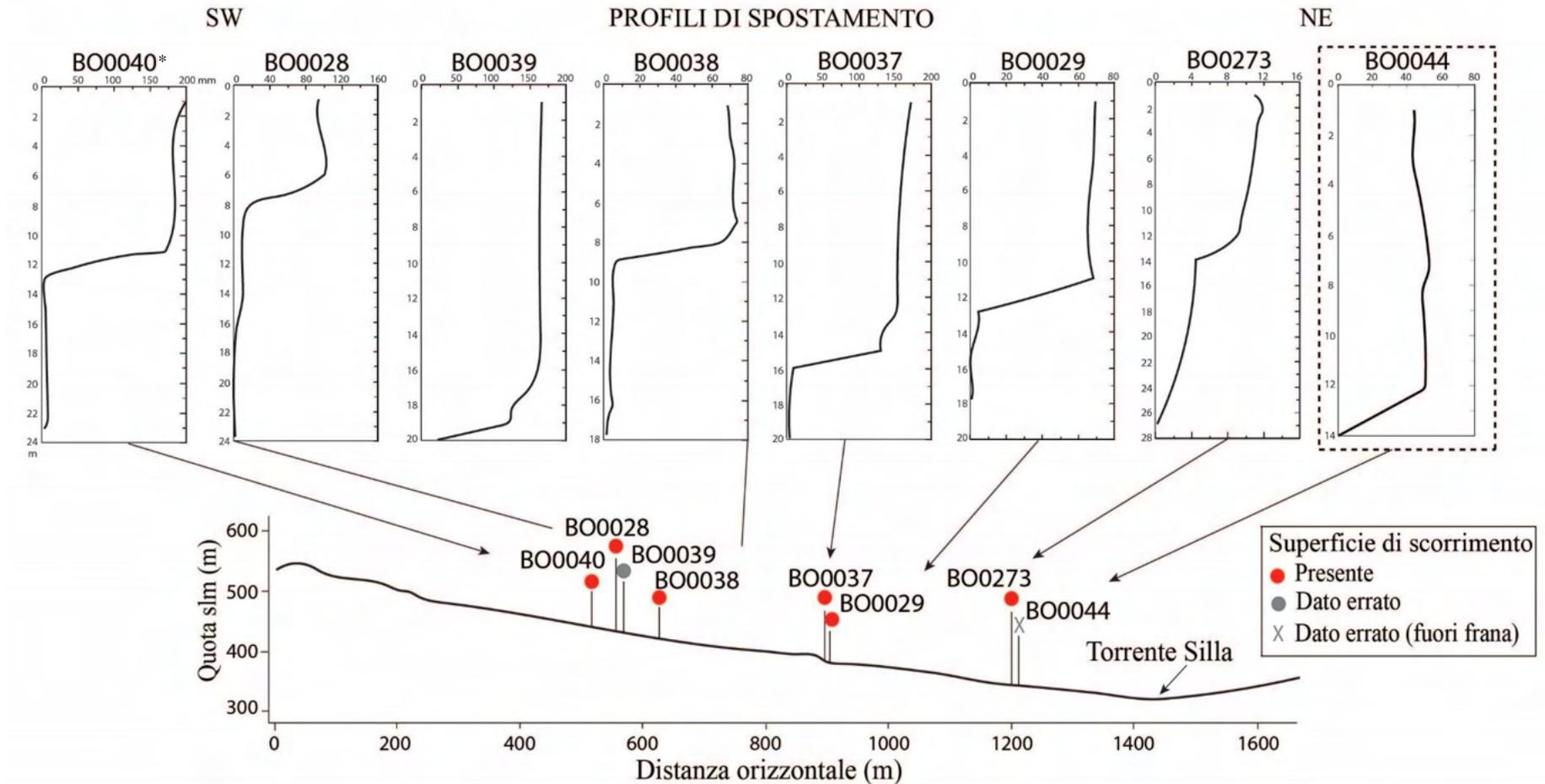


Figura 4.39. Profili di spostamento per la frana “Pianella” derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A’-A” (visibile in Figura 4.41). Gli inclinometri fuori frana sono incorniciati con una linea tratteggiata, quelli che presentano un asterisco sono situati in un corpo di frana coalescente al principale.

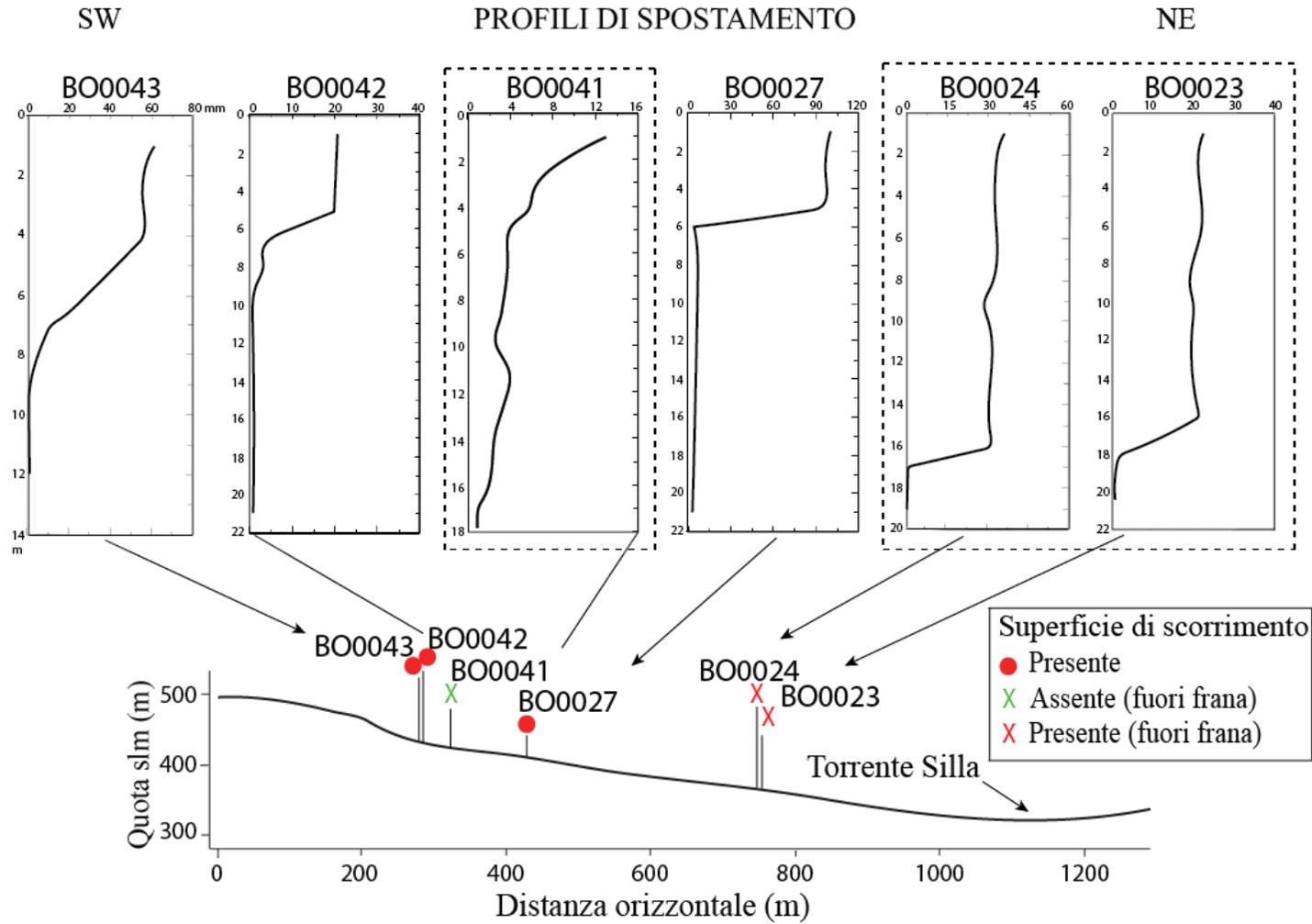


Figura 4.40. Profili di spostamento per la frana “Cornioletti” derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione K-K’ (visibile in Figura 4.41). Gli inclinometri fuori frana sono incorniciati con una linea tratteggiata.

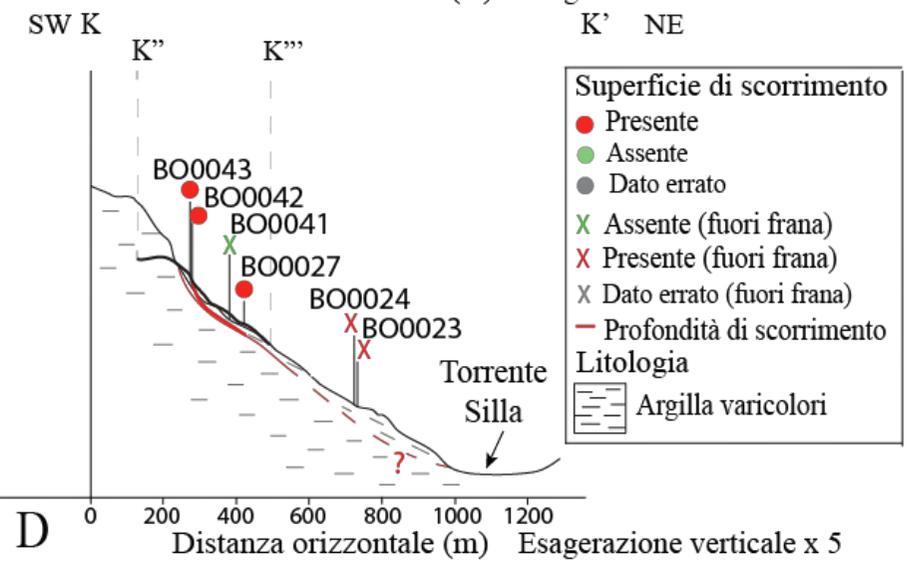
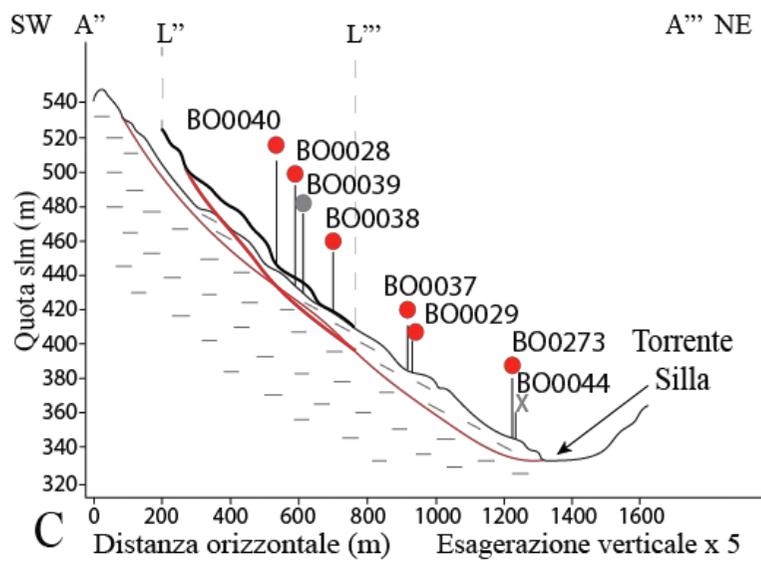
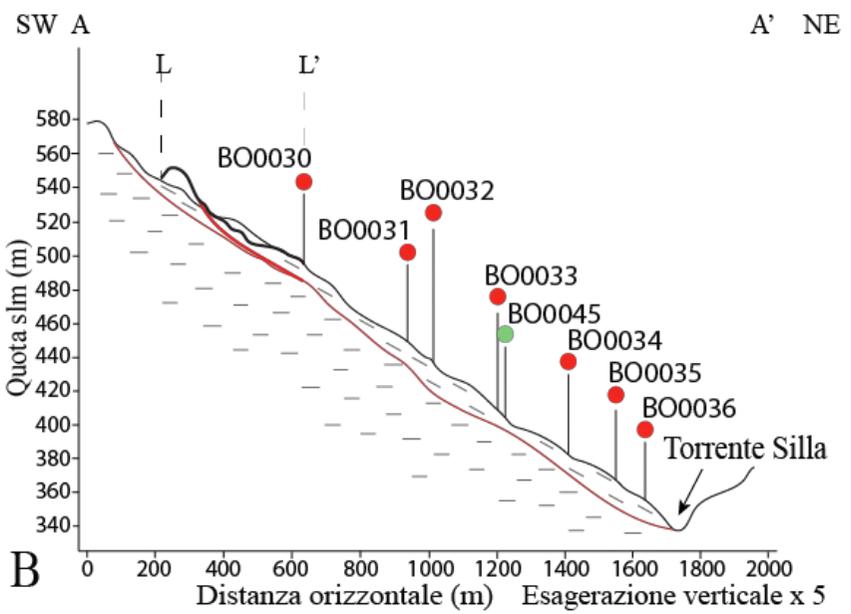
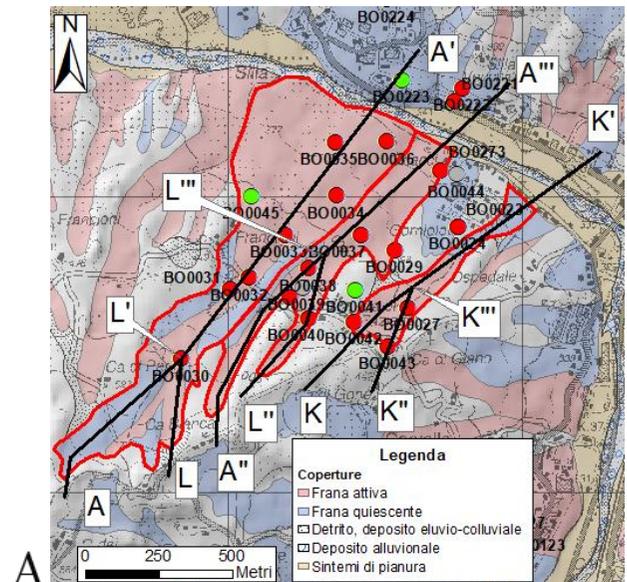


Figura 4.41. A) Tracce delle sezioni longitudinali; B) Frana Francioni; C) Frana Pianella; D) Frana Cornioletti

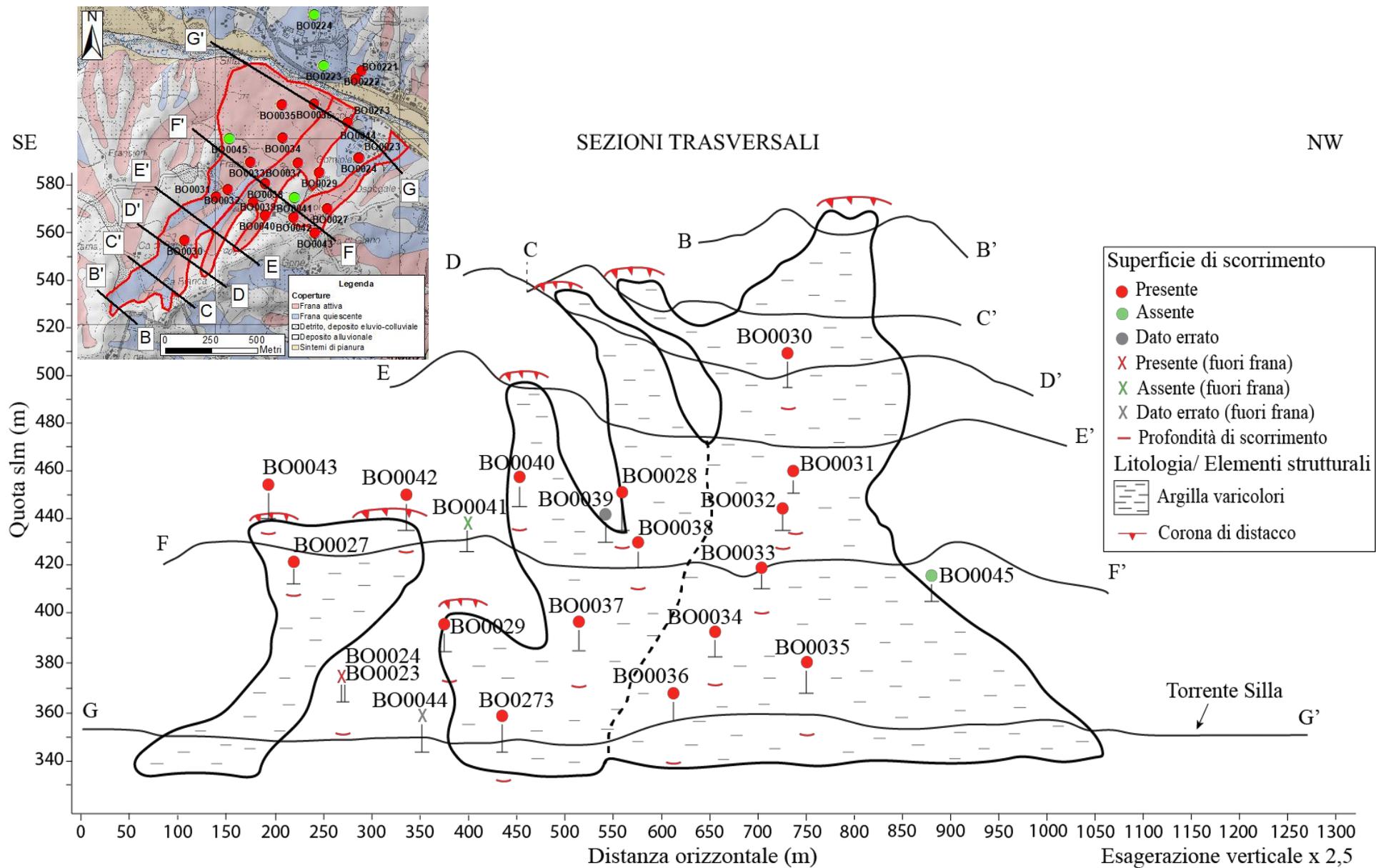


Figura 4.42. Tracce e relative sezioni trasversali delle frane presenti presso Ca' di Faziello. Il tratteggio nero indica il limite tra due corpi coalescenti.

### **4.6.3. Relazione con la stratigrafia**

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.6 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento.

Nella frana Francioni le carote corrispondenti agli inclinometri BO0031, BO0032, BO0035 e BO0036 vedono la superficie di scorrimento instaurarsi in detrito argilloso di colore grigio con sfumature marroni, mentre inferiormente (dopo uno spessore di materiale che varia tra i 60 cm e i 3 m) si riscontra argillite a struttura scaglioso-fogliettata, di colore grigio e valori di penetrometro tascabile spesso fuori scala, ovvero maggiori di  $4,5 \text{ kg/cm}^2$ .

Al contrario, le carote relative agli inclinometri BO0030, BO0033 e BO0034 vedono la superficie di rottura instaurarsi in argillite a struttura scaglioso-fogliettata di colore grigio, inalterata; per gli ultimi due inclinometri si rinviene materiale detritico argilloso alterato a 80 cm sopra la profondità di scorrimento.

Nella frana Pianella la maggior parte delle carote analizzate mostra la superficie di scorrimento instaurarsi in argillite a struttura scaglioso-fogliettata di colore grigio, caratterizzata da elevata consistenza (valori di penetrometro tascabile fuori scala, ovvero superiori a  $4,5 \text{ kg/cm}^2$ ); superiormente alla profondità di rottura, in un intervallo che varia tra 40 cm (BO0038 e BO0040) e 7 m (BO0029), si riscontra detrito argilloso grigio con sfumature ocra-marroni. Questo discorso non è valido per la carota relativa a BO0028, in cui la rottura si trova in detrito limoso-argilloso di colore bruno, a bassa consistenza, mentre il substrato inalterato si rinviene un metro sotto lo scorrimento.

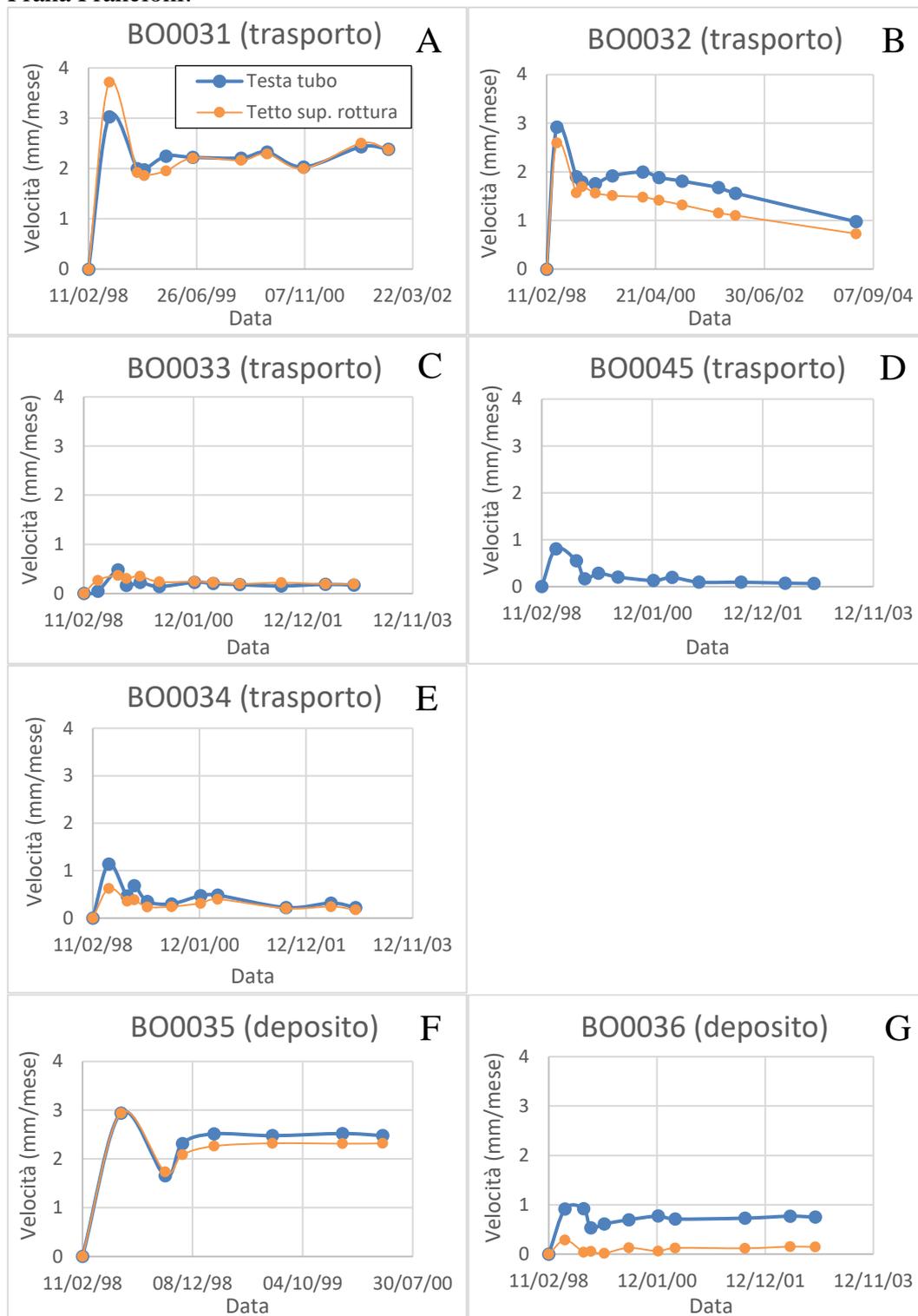
Nella frana Cornioletti le tre carote analizzate, corrispondenti agli inclinometri BO0027, BO0042 e BO0043, vedono la superficie di scorrimento instaurarsi in terreno detritico costituito da argilla limosa di color marrone-giallastro e sporadiche zonature grigie, a consistenza variabile ma non superiore a  $4 \text{ kg/cm}^2$ ; inferiormente, tra i 30 e i 60 cm, si rinviene argillite a struttura scaglioso-fogliettata, di colore grigio e descritta come molto consistente (i valori di penetrometro tascabile associati sono fuori scala, ovvero superiori a  $4,5 \text{ kg/cm}^2$ ).

In generale, considerando la variabilità del materiale interessato dello scorrimento, non si ha una predominanza di detrito argilloso con evidenti segni di alterazione rispetto al substrato inalterato, ma entrambi sono coinvolti con grado variabile a scala di frana.

### **4.6.4. Analisi dell'andamento delle velocità**

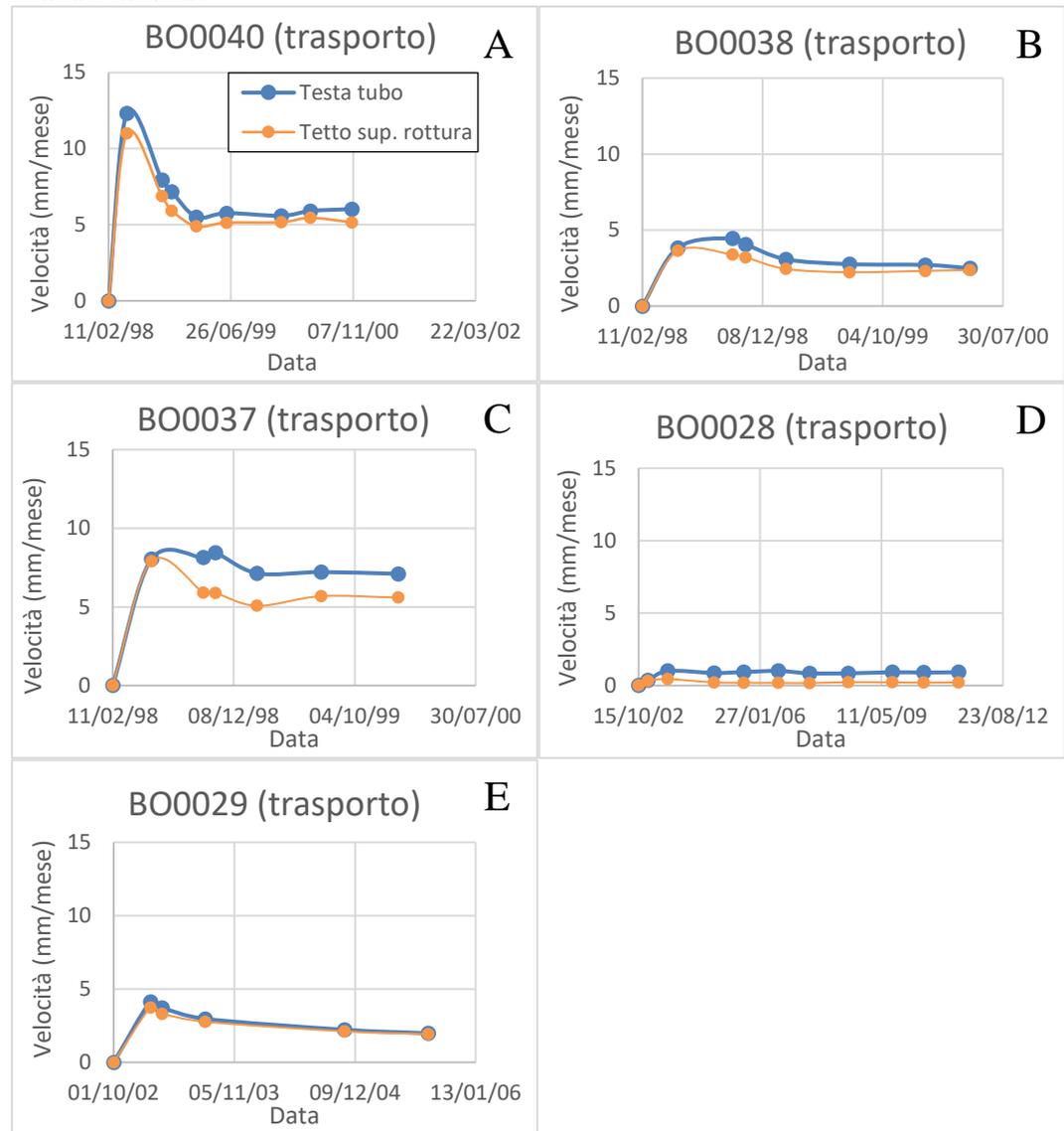
Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo per le frane analizzate, distribuiti su righe diverse a seconda della zona di appartenenza: distacco, trasporto o deposito, laddove il numero di inclinometri lo permetta. Alcuni pannelli sono stati messi in relazione tra loro usando una freccia nera, quando si hanno due inclinometri ravvicinati e serie inclinometriche successive nel tempo che possano rappresentare una continuità di lettura.

Frana Francioni:



L'analisi di velocità nella frana Francioni riguarda le zone di trasporto e di deposito, con il periodo di monitoraggio che va dall'11/02/1998 fino ai primi anni duemila. Si può notare come le serie inclinometriche tendano a mostrare un valore di picco nella prima lettura, effettuata tra aprile e maggio del 1998, per poi avere un calo di velocità (tipico andamento nel periodo post parossismo) e un successivo aumento di minor entità rispetto al precedente, assestandosi poi su velocità costanti o calando nel tempo; questo implica che, sebbene con intensità diverse, le deformazioni sono percepite lungo l'intero corpo di frana.

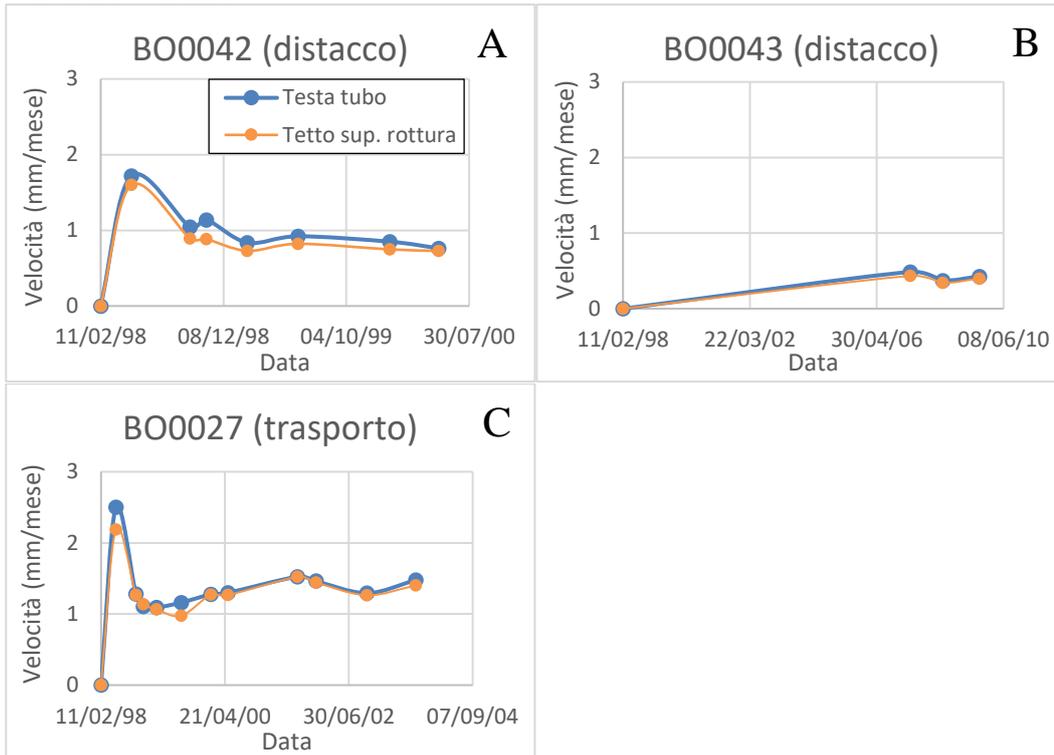
Frana Pianella:



Nella frana Pianella le velocità, dopo un primo picco, hanno la tendenza a calare nel lungo periodo, ma non è possibile effettuare un paragone con le immagini visibili in Figura 4.36.

Gli inclinometri BO0038 e BO0037 registrano un lieve aumento di velocità tra il 24/09/1998 e il 24/10/1998, andamento non visibile in BO0040; questo può essere dovuto ad un input di deformazioni derivanti dal corpo di frana coalescente a quello in cui si trova BO0040, di cui risentono solo i primi due inclinometri sopraccitati poiché posizionati dopo la zona di coalescenza.

Frana Cornioletti:



La frana Cornioletti mostra un andamento decrescente di velocità nel primo periodo di monitoraggio, poi un rapido aumento il 27/10/1998 nella zona di distacco e un ulteriore piccolo aumento di velocità il 08/06/1999 (inclinometro BO0042), mentre BO0027, posto nella zona di trasporto, ha un picco il 02/08/2001 e un ulteriore aumento nell'ultima lettura, il 05/09/2003. L'inclinometro BO0043 ha periodo di monitoraggio successivo e registra un aumento nell'ultima lettura, effettuata il 27/08/09.

## 4.7 Corvella

Le frane che coinvolgono le località Corvella e Pucciga, situate nel comune di Alto Reno Terme, si sono generate nella formazione delle Argilliti variegata con calcari (AVC), così come mostrato in Figura 4.43.

Queste frane sono costituite prevalentemente da scorrimenti, che possono evolvere in colamenti di fango e/o detrito con diverso stato di attività, terminando sulla sinistra idrografica del Fiume Reno.

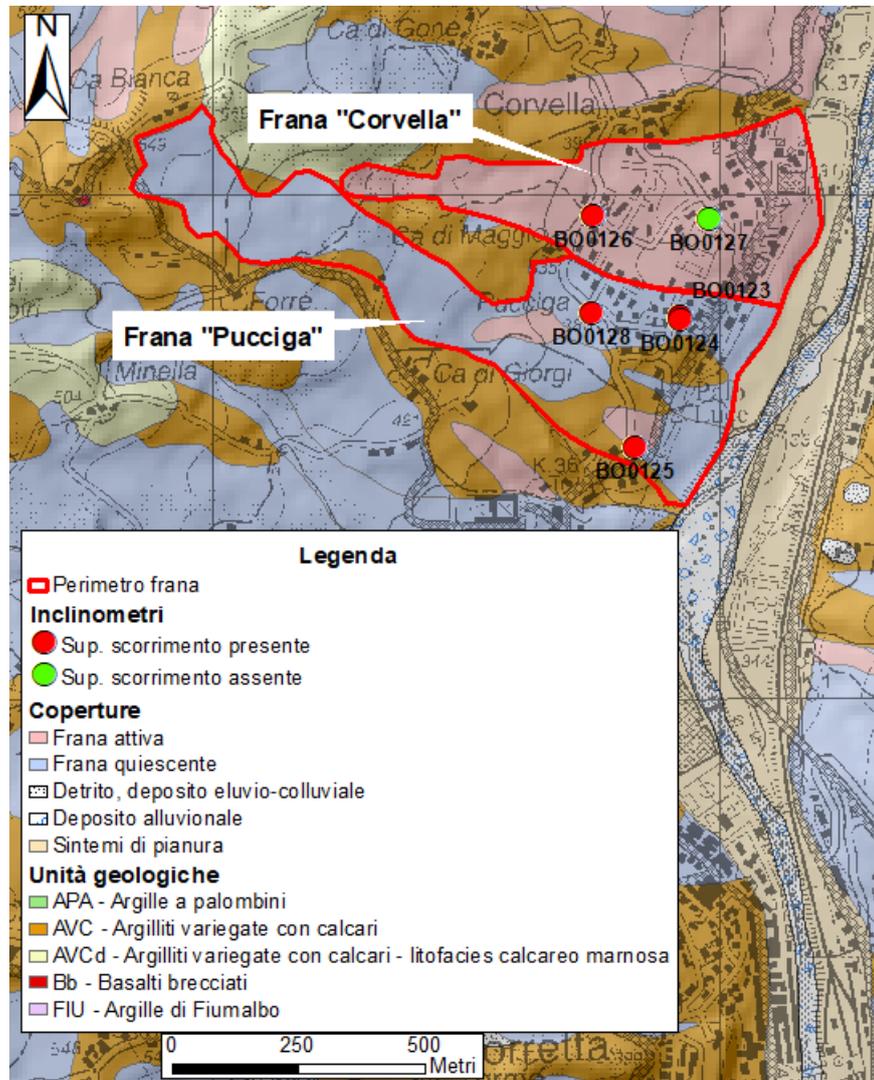


Figura 4.43. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.13. In Tabella 4.14 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Corvella.

Tabella 4.13. Caratteristiche geometriche e topografiche della frana Corvella.

	Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco-cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
		Minima	Massima	Media									
C	950	40	380	196	2343	186004	480	335	145	9° (15%)	400	70,4	NE
P	1340	100	440	205	3492	274821	545	335	210	9° (16%)	10	99,3	NE

C= frana “Corvella”; P= frana “Pucciga”.

Tabella 4.14. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIB O	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0123	02/02/2017– 24/06/2019	872	365	1150	365	3 (b)	13	12	12,5	0,4	0,65
BO0124	24/10/2002– 25/05/2011	3135	365	1155	365	1 (n)	13	12	73	0,7	0,7
BO0125	14/11/2002– 29/07/2003	257	367	1170	380	1 (n)	4	3	37	4,3	5,1
BO0126	24/10/2002– 20/06/2007	1700	390	525	250	1 (b)	12	11	4,2	0,07	0,07
BO0127	24/10/2002– 25/05/2011	3135	367	750	330	11 (n)	/	/	4,7	0,04	0,06
BO0128	14/11/2002– 27/03/2003	133	385	975	293	3 (b)	11	10	3,7	0,8	3,2

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato.

/= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico.

#### 4.7.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.44 e 4.45 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscale, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona di distacco (laddove si è potuta individuare).

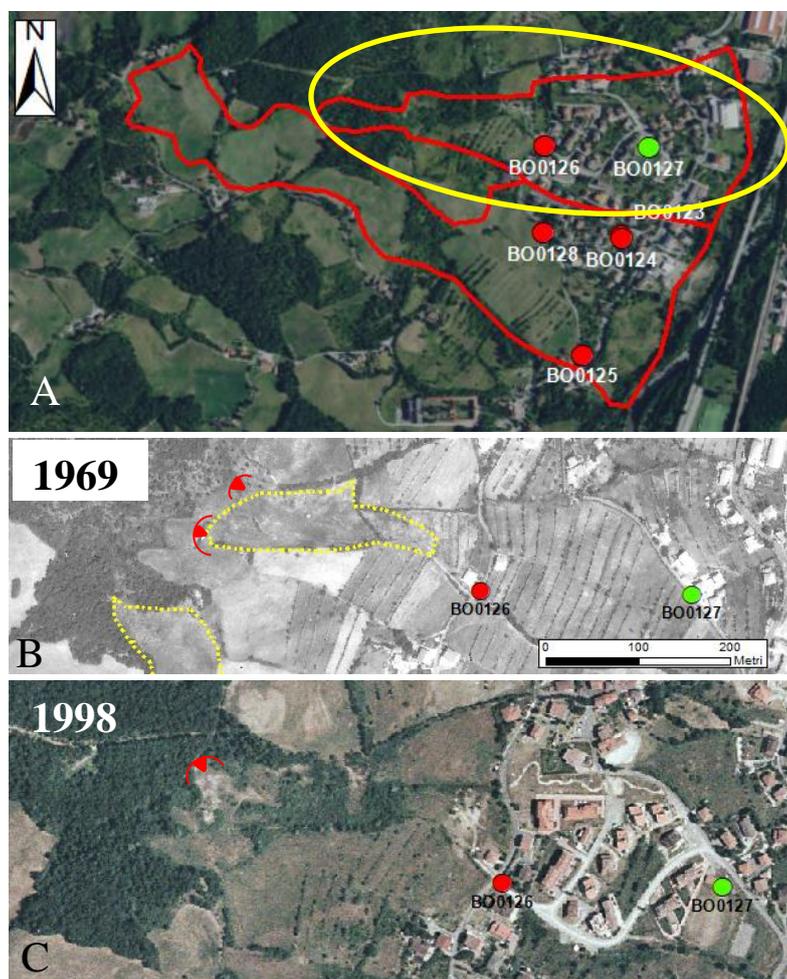


Figura 4.44. Serie temporale della parte alta della frana Corvella coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-C) sequenza temporale.

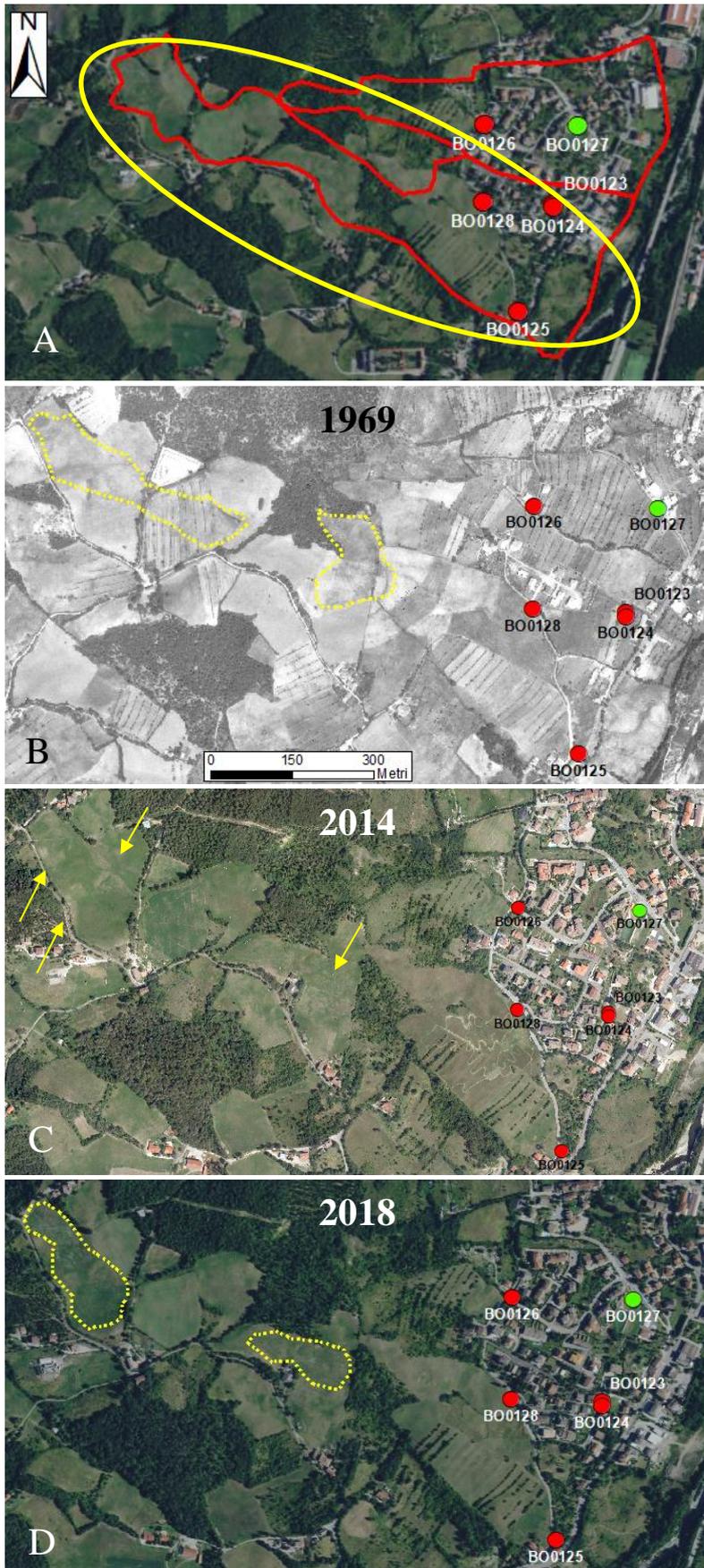


Figura 4.45. Serie temporale della parte alta della frana Pucciga coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-D) sequenza temporale. Le frecce gialle indicano dissesti superficiali non ben delineabili.

#### **4.7.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali: la prima sezione longitudinale riporta i profili di spostamento delle letture inclinometriche (Figura 4.46), mentre le successive mostrano l'andamento della superficie di scorrimento (Figure 4.47 e 4.48).

La sezione longitudinale in Figura 4.46, non interessata da esagerazione verticale, mostra l'ultima lettura di ogni profilo di spostamento inclinometrico e mira a mostrare l'andamento della superficie di scorrimento, laddove è presente, lungo i corpi di frana. Per semplificare, ci si è basati sul profilo della frana Pucciga anche se i corpi analizzati sono due, come descritto di seguito.

La frana Corvella vede al suo interno gli inclinometri BO0126 e BO0127, rispettivamente a 525 e 750 m dal distacco: il primo identifica la superficie di scorrimento a 11 m con deformazione a "blocco rigido", mentre il secondo mostra deformazione continua lungo la verticale, senza identificare una superficie di scorrimento netta.

La frana Pucciga, interessata dagli inclinometri BO0128, BO0123, BO0124 e BO0125, vede la superficie di scorrimento instaurarsi a 10 m di profondità nel primo inclinometro, con un profilo di deformazione a "blocco rigido", mentre in BO0123 e BO0124 essa si approfondisce a 12 m; in BO0125 la rottura è più superficiale, a 3 m di profondità, ma questo inclinometro è probabilmente coinvolto in uno scorrimento secondario, interno al corpo di frana principale.

In generale, le frane presenti presso la località Corvella mostrano scorrimenti, a blocco rigido o con una leggera deriva sopra la rottura.

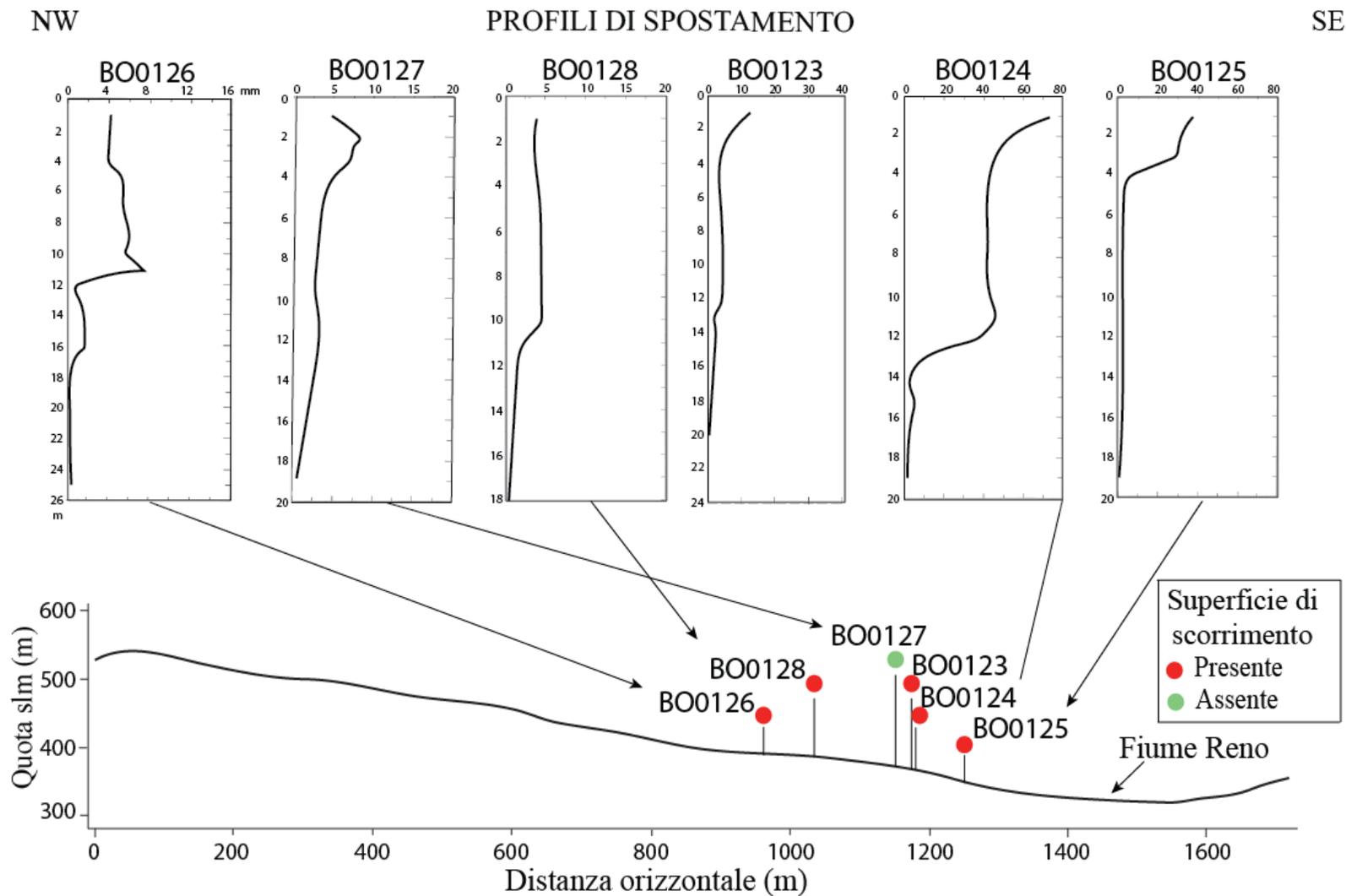
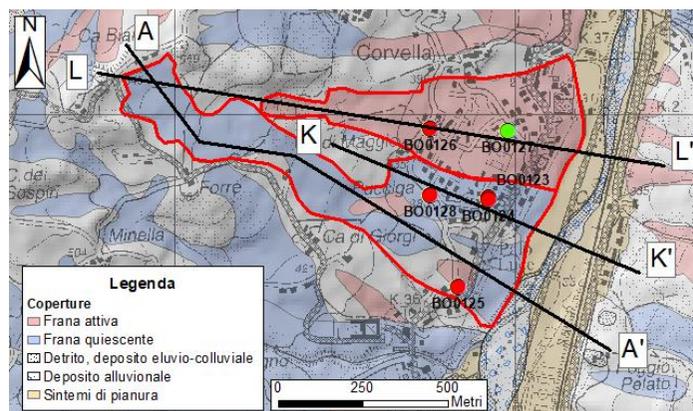


Figura 4.46. Profili di spostamento derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A' (visibile in Figura 4.47). Gli inclinometri BO0126 e BO0127 appartengono alla frana Corvella, i restanti alla frana Pucciga.



SEZIONI LONGITUDINALI

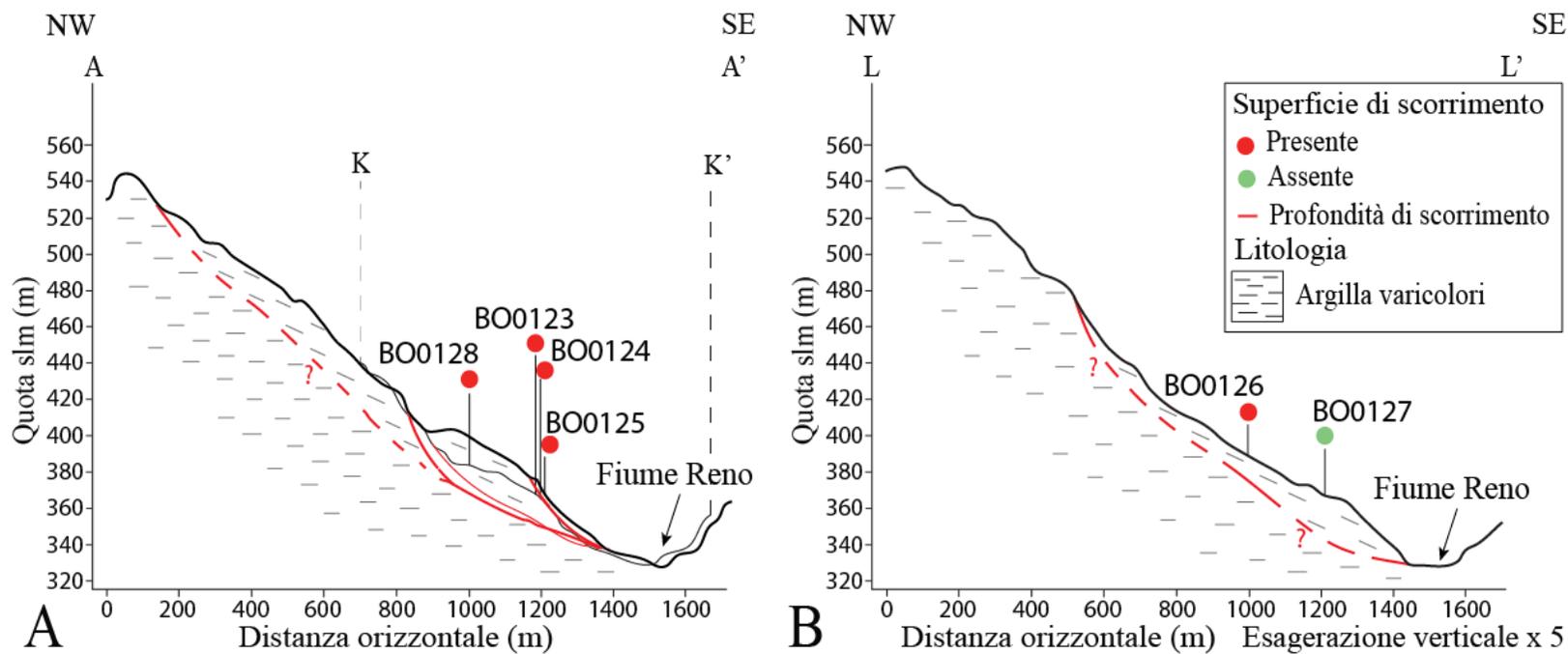


Figura 4.47. Tracce e relative sezioni longitudinali. A) Frana Pucciga; B) Frana Corvella.

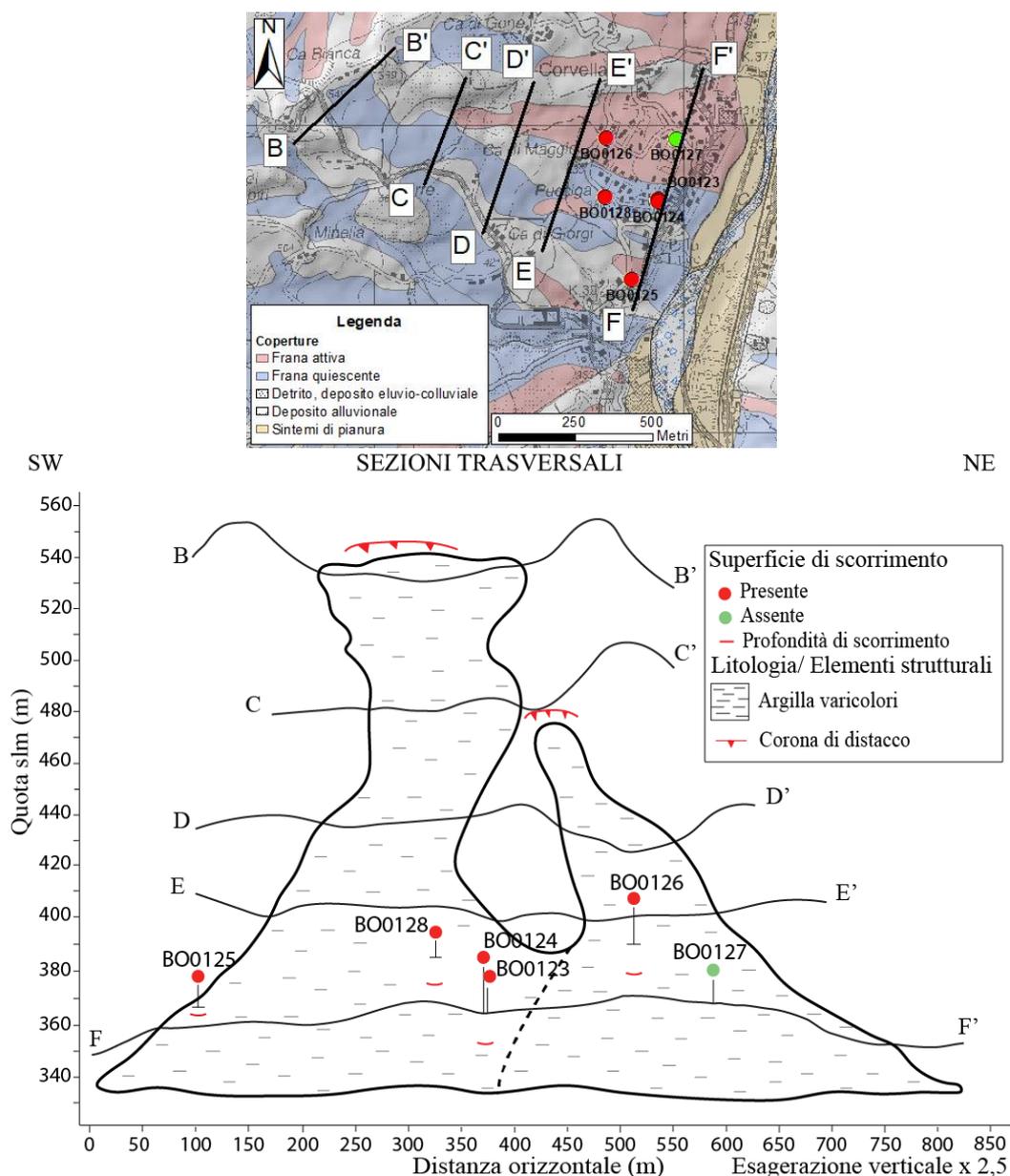


Figura 4.48. Tracce e relative sezioni trasversali. Il tratteggio nero indica il limite tra due corpi coalescenti.

#### 4.7.3. Relazione con la stratigrafia

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.7 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento, avendo a disposizione le carote relative agli inclinometri BO0124, BO0125, BO0126 e BO0128.

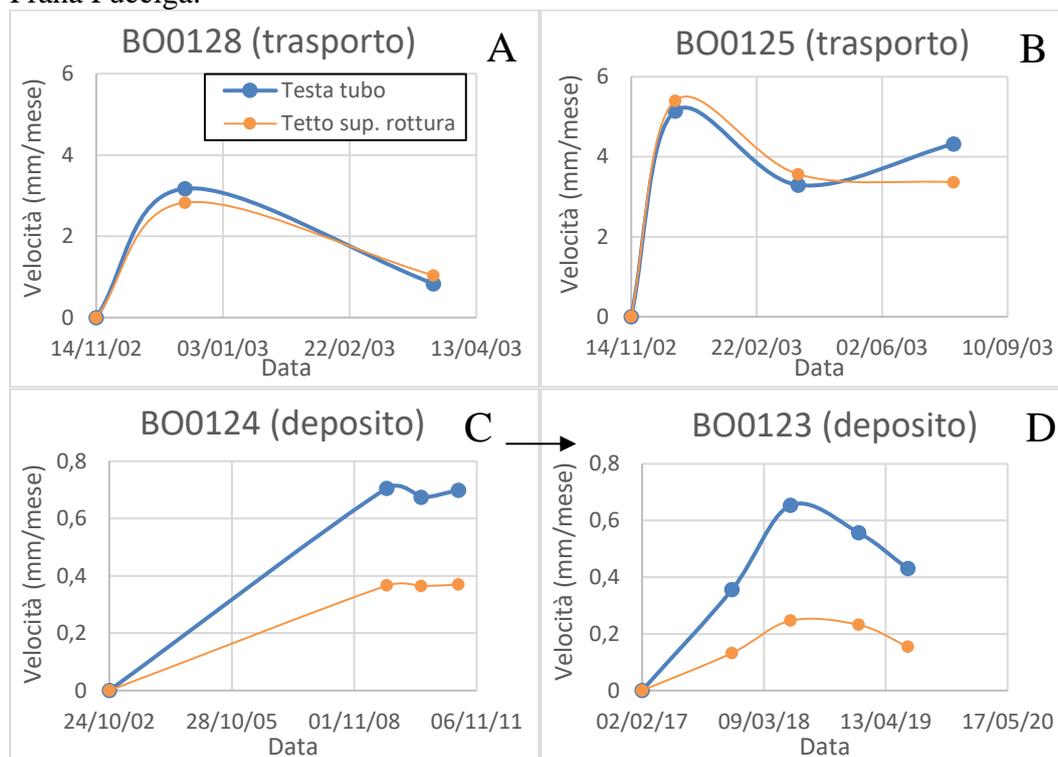
Dall'analisi risulta che la superficie di scorrimento si instauri prevalentemente in argilla scagliosa di colore nocciola, descritta come molto consistente (valori di penetrometro tascabile che variano da 3,5 a maggiori di 4,5 kg/cm<sup>2</sup>); al di sotto della rottura, si riscontrano diversi scenari: in BO0124 si ha, dopo 40 cm, argilla scagliosa inalterata di colore grigio, materiale che in BO0125 si ritrova dopo tre metri, mentre in BO0126 fino a 25 m di profondità l'argilla scagliosa presenta sfumature nocciola, segno di alterazione più o meno accentuata (la rottura in questo caso è a 11 m).

In BO0128, l'argilla scagliosa è grigia e molto consistente, mostrando alterazione solo nel materiale più superficiale e lontano dalla rottura.

#### 4.7.4. Analisi dell'andamento delle velocità

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, distinti a seconda del corpo di frana a cui appartengono e distribuiti su due righe a seconda della zona di appartenenza: trasporto o deposito. Alcuni pannelli sono stati messi in relazione tra loro usando una freccia nera, quando si hanno due inclinometri ravvicinati e serie inclinometriche successive nel tempo che possano rappresentare una continuità di lettura.

Frana Pucciga:

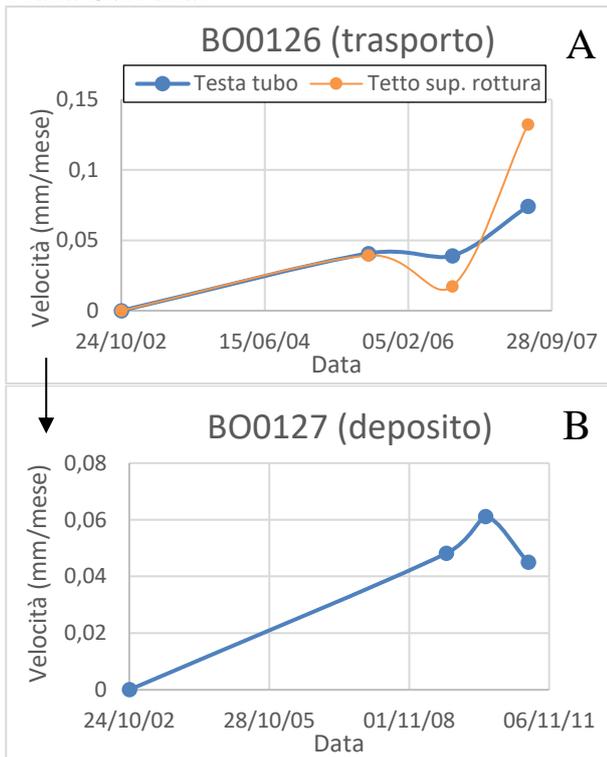


Gli inclinometri BO0128 e BO0125 vedono le prime due letture effettuate nelle stesse date e, in entrambi i casi, si nota un calo delle velocità, tipico comportamento nel periodo post parossistico; in BO0125 si nota un nuovo aumento di velocità a testa tubo nel luglio 2003, mentre alla profondità di scorrimento prosegue l'andamento decrescente, seppure meno pendente del tratto precedente.

Gli inclinometri BO0124 e BO0123 non sono paragonabili coi precedenti per quanto riguarda il periodo di monitoraggio, ma sono posti in relazione tra loro, notando un aumento di velocità a testa tubo nell'ultima lettura di BO0124 (il 25/05/2011), più repentina di quanto avviene alla profondità di scorrimento, il cui l'aumento è di minor entità; in BO0123 si nota invece un picco il 04/06/2018, maggiore a testa tubo rispetto alla profondità di rottura, seguito da un calo in entrambi gli andamenti.

In generale, a scala di frana si notano scorrimenti con velocità maggiori nelle zone di trasporto rispetto a quelle di deposito, le quali mostrano velocità maggiori a testa tubo rispetto alla profondità di scorrimento.

## Frana Corvella:



Gli inclinometri presenti nella frana Corvella riguardano due periodi di monitoraggio successivi nel tempo e messi in relazione tra loro. L'inclinometro BO0126 inizialmente registra un calo di velocità, maggiore alla profondità di scorrimento rispetto alla testa tubo, mentre successivamente si ha un aumento, più repentino alla profondità di rottura; BO0127, posto più a valle di BO0126, non identifica la superficie di scorrimento, mostrando solo le velocità a testa tubo con un picco il 23/06/2010, per poi calare.

Le velocità coinvolte nella zona di deposito sono minori di quelle mostrate nella zona di trasporto, in generale molto minori di quelle calcolate nella frana Pucciga.

## 4.8 Castiglione dei Pepoli

Le frane che coinvolgono il comune di Castiglione dei Pepoli si sono generate nella formazione delle Argilliti variegata con calcari (AVC), così come mostrato in Figura 4.49.

Tali frane, nominate secondo piccoli agglomerati urbani coinvolti dai dissesti (così da poterle distinguere nell'analisi), sono date dalla combinazione di più tipologie di movimento, ovvero scorrimenti che evolvono in colamenti di fango e/o detrito con diverso stato di attività, terminando nel Lago San Damiano o nel Torrente Brasimone.

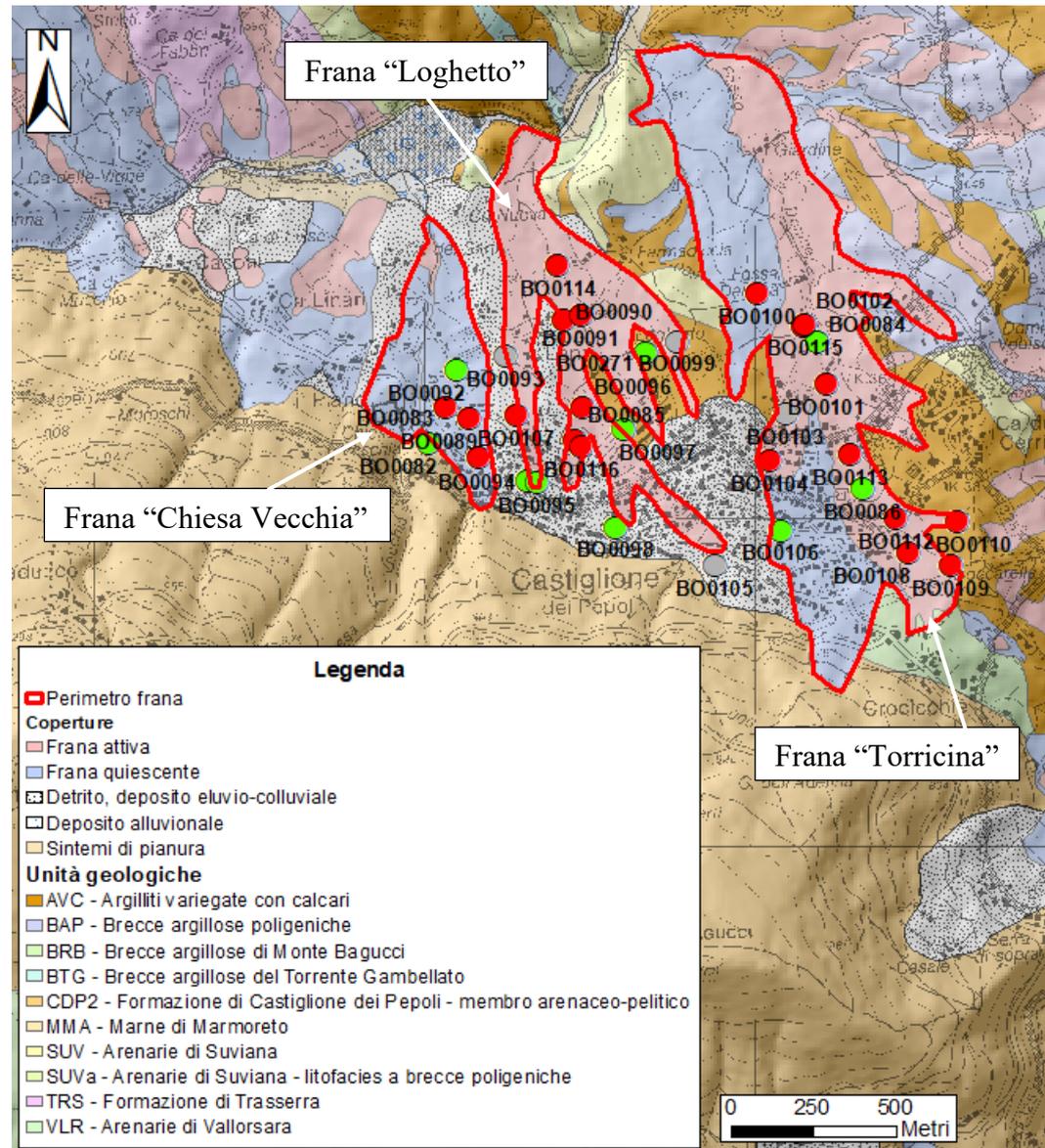


Figura 4.49. Geologia dell'area e tipologie di coperture presenti. In leggera trasparenza sono presenti la CTR e l'Hillshade.

Dall'analisi svolta si sono calcolati le variabili planimetriche della geometria di frana, visibili in Tabella 4.15. In Tabella 4.16 sono invece riportate le caratteristiche di ogni inclinometro preso in considerazione presso Castiglione dei Pepoli.

Tabella 4.15. Caratteristiche geometriche e topografiche delle frane presso Castiglione dei Pepoli.

	Lunghezza (m)	Larghezza (m)			Perimetro (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Quota di distacco (m)	Quota del piede (m)	Rilievo (m)	Pendenza media	Distanza distacco-cresta (m)	Parte di versante coinvolto (%)	Esposizione
		Minima	Massima	Media									
CV	850	50	370	215	2155	182330	690	530	160	11°(19%)	1500	36,2	N-NW
L	1520	70	360	207	6470	315270	725	500	225	8° (15%)	1280	54,3	N-NW
T	1990	150	440	395	7040	785950	760	495	265	8° (13%)	15	99,3	N-NE

CV= frana “Chiesa Vecchia”; L= frana “Loghetto”; T= frana “Torricina”.

Tabella 4.16. Caratteristiche inclinometriche.

IDUNIBO	Periodo di monitoraggio		Quota s.l.m. (m)	Distanza da corona (m)	Larghezza locale (m)	Categoria del profilo e livello di incertezza	Profondità della superficie di scorrimento (m)		Spostamento cumulato complessivo (mm)	Velocità (mm/mese)	
	Date	Giorni					Base	Tetto		Media	Picco
BO0082	25/01/2017– 29/01/2020	1099	650	170	175	11 (n)	/	/	5,5	0,15	0,25
BO0083	01/02/2017– 12/11/2019	1014	635	275	353	1 (n)	18	17	39	1,2	1,6
BO0084	01/02/2017– 29/01/2020	1092	625	923	276	11 (n)	/	/	6,5	0,2	0,35
BO0085	15/02/2017– 29/01/2020	1078	654	440	150	1 (n)	14	13	10	0,3	0,28
BO0086	01/02/2017– 14/04/2019	805	695	450	360	11 (b)	/	/	5,6	0,2	1,8
BO0088	24/11/2017– 12/11/2019	718	665	100	119	1 (n)	11	10	50	2,1	5,7
BO0089	23/01/1998– 19/09/2002	1700	645	220	205	1 (n)	8	7	73	1,3	1,4
BO0090	16/01/2004– 26/05/2006	861	600	810	252	1 (n)	10	9	53	1,8	3
BO0091	23/01/1998– 14/09/2000	965	595	825	274	1 (n)	10	8	94	2,9	3
BO0092	12/10/1998– 14/09/2000	703	610	370	345	10 (e)	/	/	1,6	0,07	0,1
BO0093	27/01/1998– 24/03/2005	2613	615	430	75	21 (n)	/	/	/	/	/

BO0094	26/09/2000– 06/05/2003	952	680	40	28	11 (n)	/	/	1,9	0,06	0,09
BO0095	24/05/2001– 17/10/2002	511	680	35	26	10 (b)	/	/	3,5	0,2	0,26
BO0096	21/05/1998– 23/03/2000	672	637	530	95	1 (n)	10	9	27	1,2	2
BO0097	04/02/2004– 30/06/2004	147	660	405	102	11 (n)	/	/	X	X	
BO0098	26/09/2000– 15/11/2001	415	695	160	70	11 (n)	/	/	11,5	0,8	1,4
BO0099	09/04/1998– 16/04/2008	3660	635	235	77	23 (n)	/	/	/	/	
BO0100	09/04/1998– 18/05/2011	4787	605	1110	402	2 (n)	8	7	116	0,7	0,7
BO0101	21/05/1996– 18/05/2011	5475	645	782	337	1 (n)	9	8	48	0,3	0,3
BO0102	21/05/1996– 17/06/2009	4775	620	980	416	2 (n)	9	8	74	0,5	0,5
BO0103	09/04/1998– 26/05/2011	4795	665	720	445	22 (n)	/	/	/	/	
BO0104	27/01/1998– 06/04/2005	2626	690	573	313	2 (b)	13	12	117	1,3	1,3
BO0105	22/10/1998– 23/06/2005	2436	735	FF	FF	21 (n)	/	/	FF	FF	
BO0106	12/10/1998– 29/05/2003	1690	720	319	400	11 (n)	/	/	4,5	0,08	0,08
BO0107	27/01/1998– 23/05/2003	1942	645	230	51	1 (n)	11	10	61	0,9	0,9
BO0108	27/01/1998– 23/04/2008	3739	728	210	453	1 (n)	7	6	35,5	0,3	0,3
BO0109	12/10/1998– 05/05/2005	2397	745	107	183	2 (b)	3	2	74	0,9	1
BO0110	27/01/1998– 05/05/2005	2655	743	35	35	1 (n)	5	4	82	0,9	0,9
BO0112	27/01/1998– 26/05/2006	3041	715	350	430	4 (b)	7	6	22	0,2	0,2
BO0113	27/01/1998– 26/05/2011	4867	680	580	316	1 (n)	6	4	19,5	0,1	0,1
BO0114	23/01/1998– 14/09/2000	965	576	995	275	1 (n)	17	16	85	2,6	3,2
BO0115	09/04/1998– 18/05/2011	4787	618	985	410	2 (n)	7	5	56	0,4	0,4
BO0116	27/11/1997– 26/05/2011	4928	655	422	46	1 (n)	14	13	39	0,2	0,2
BO0271	09/04/1998– 09/06/2004	2253	630	FF	FF	10 (n)	/	/	FF	FF	

Categoria del profilo: 1-4) Superficie di scorrimento netta; 10-12) Superficie netta assente; 20-23) Dato errato, incerto.

Livello di incertezza: n= nullo; b= basso; e= elevato. /= Mancanza del dato a causa delle caratteristiche del profilo inclinometrico.

X= Mancanza del dato per scarsità di letture inclinometriche (meno di due letture). FF= Inclinometro fuori frana.

#### 4.8.1. Analisi macroscopica dell'evoluzione morfologica della frana

Nelle Figure 4.50, 4.51, 4.52 e 4.53 si riportano le aree interessate da riattivazioni visibili alla macroscala, in cui il disturbo superficiale è perimetrato in giallo e in rosso è evidenziata la corona di distacco (laddove si è potuta individuare).

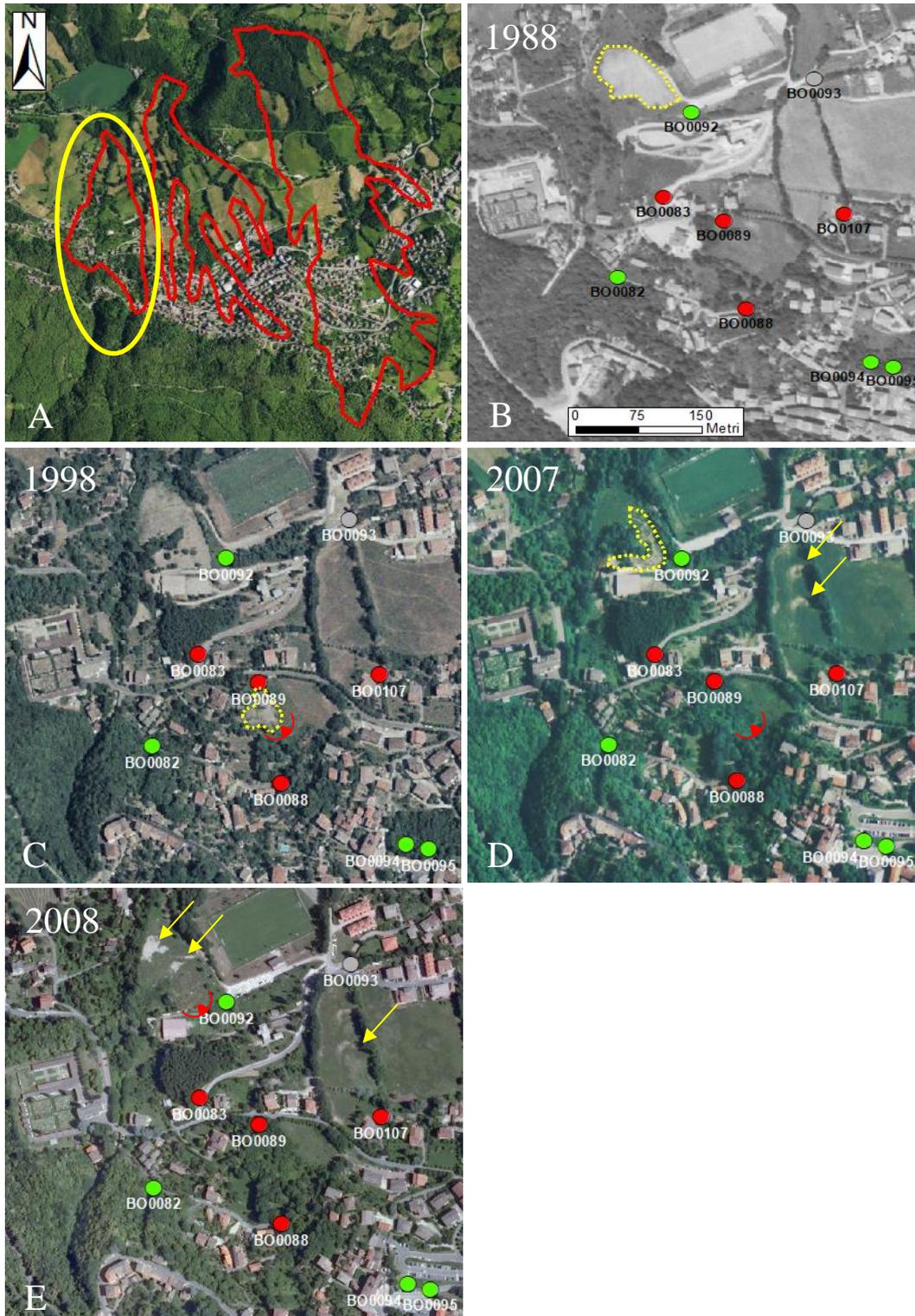


Figura 4.50. Serie temporale della frana “Chiesa Vecchia” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-E) sequenza temporale. Le frecce gialle indicano modeste zone di accumulo detritico e indizi di movimento superficiale.

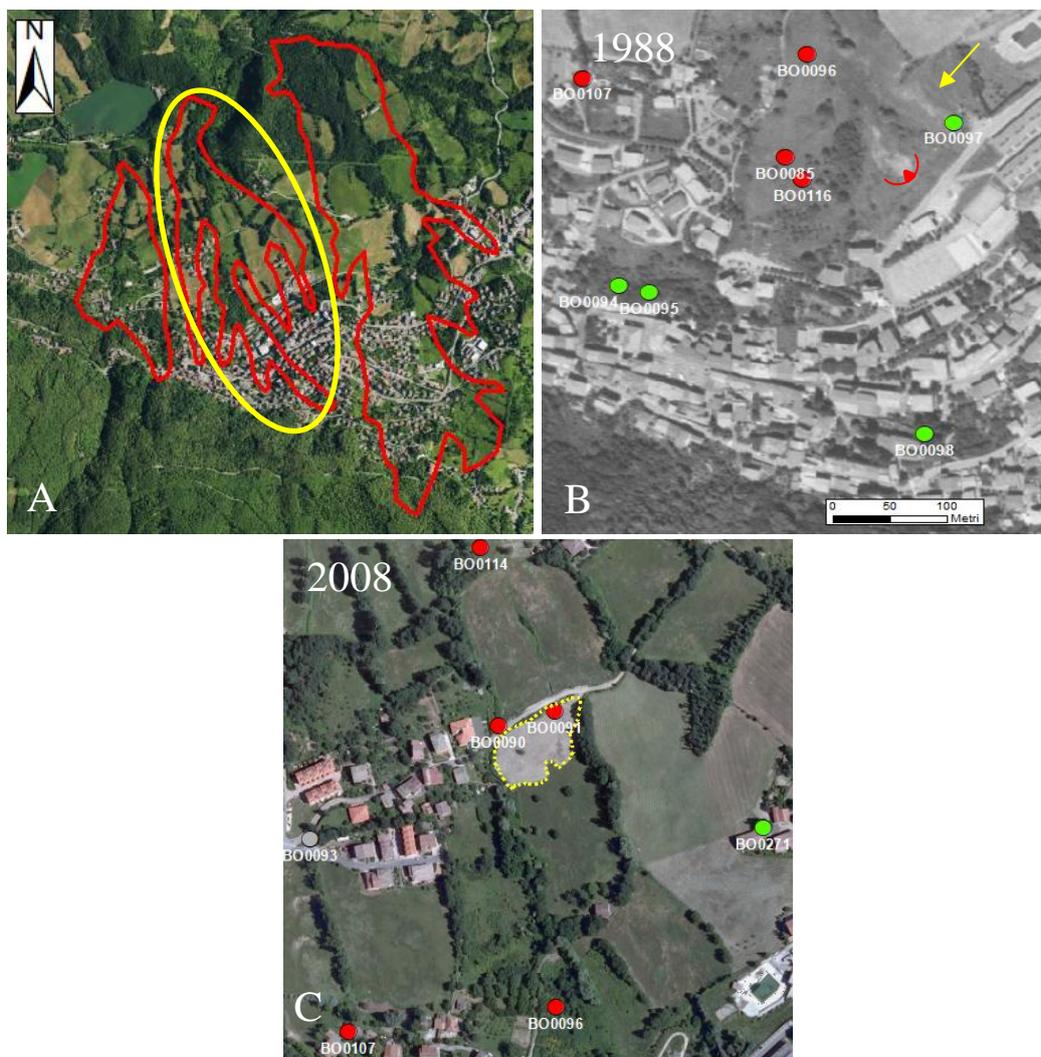


Figura 4.51. Serie temporale della frana “Loghetto” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-C) sequenza temporale.

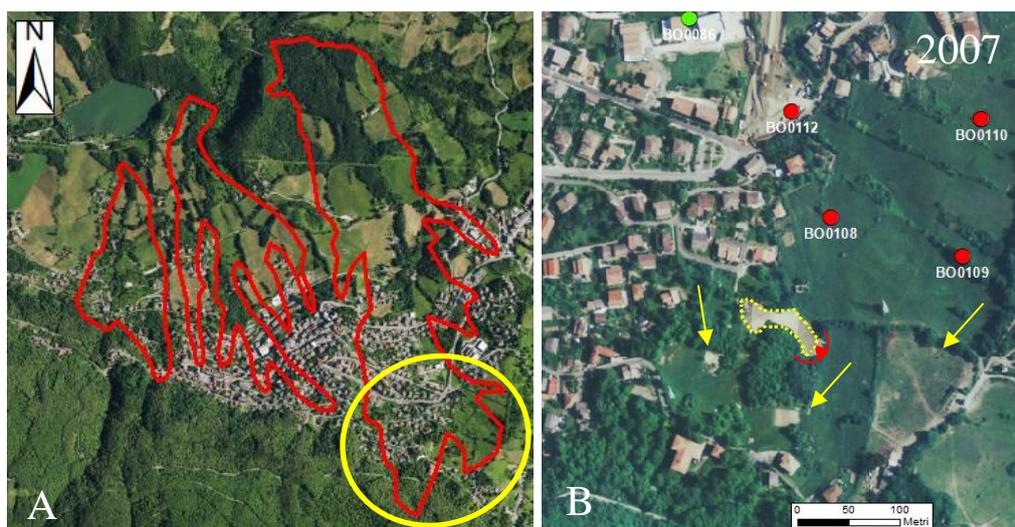


Figura 4.52. Serie temporale nella parte alta della frana “Torrìcina” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B) Frana e disturbo superficiale (frecce gialle).

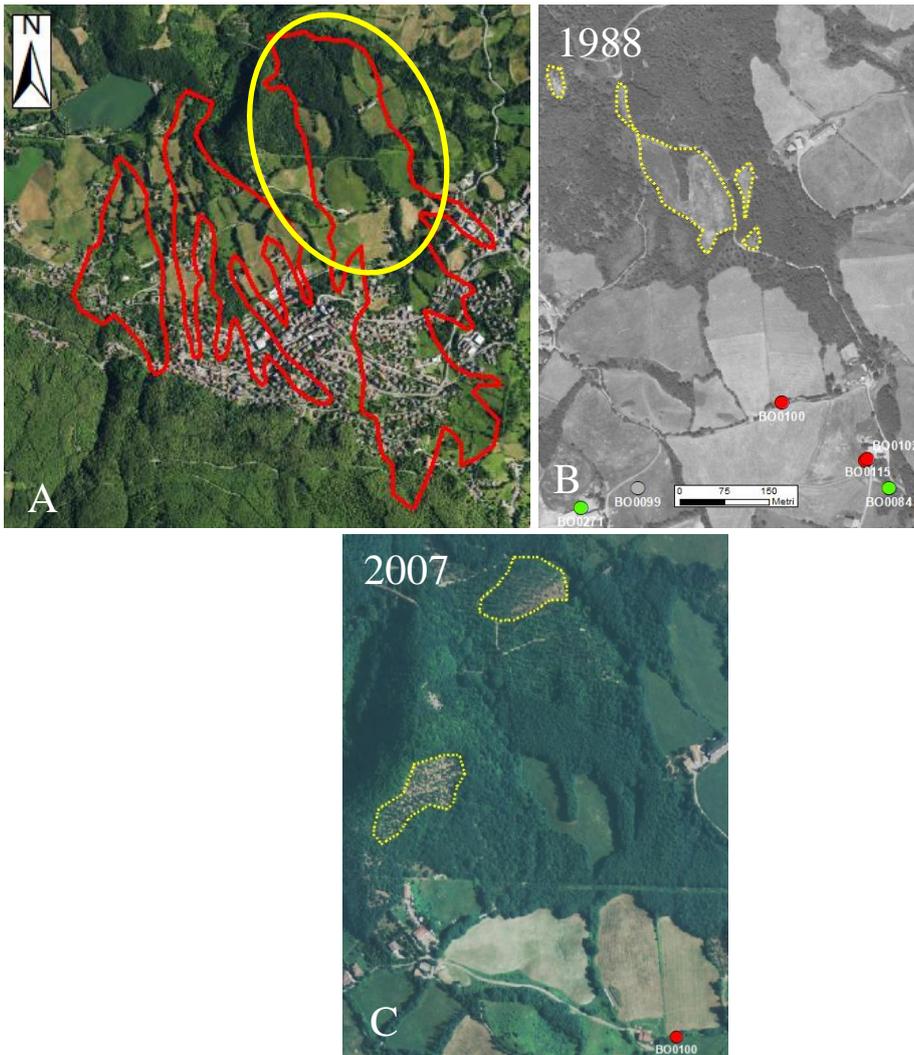


Figura 4.53. Serie temporale nella parte bassa della frana “Torricina” coi cambiamenti morfologici: A) visione panoramica; B-C) serie temporale.

#### **4.8.2. Distribuzione spaziale e profondità degli spostamenti all'interno e in prossimità del corpo di frana**

Nelle immagini seguenti sono mostrate le sezioni longitudinali e trasversali, analizzando le frane da ovest verso est: Chiesa Vecchia, Loghetto e Torricina. Poiché le tre frane risultano sullo stesso versante, si è ritenuto opportuno unire in un'unica figura le sezioni trasversali (Figura 4.60), mentre si sono disegnate separatamente le sezioni coi profili inclinometrici e longitudinali.

##### Frana Chiesa Vecchia (Figura 4.54):

Nella frana Chiesa Vecchia la superficie di scorrimento è individuata dagli inclinometri BO0088, BO0089 e BO0083, posti rispettivamente a 100, 220 e 275 m dal distacco, e la profondità risulta di tra 10 e 7 m nei primi due, mentre si approfondisce a 17 m in BO0083; la minor profondità riscontrata in BO0089 può essere dovuta ad uno scorrimento secondario, come individuato in Figura 4.50, pannello C.

Gli inclinometri BO0082, posto nella zona laterale del corpo di frana a 170 m dal distacco, e BO0092, all'interno del corpo di frana e situato a 370 m dal distacco principale, non identificano la superficie di scorrimento, ma sono interessati da deformazione continua sulla verticale.

##### Frana Loghetto (Figura 4.56):

La frana Loghetto vede gli inclinometri più vicini alle zone di distacco non identificare la presenza della superficie di scorrimento (BO0098, BO0095 e BO0094), essendo interessati da deformazione continua lungo la verticale di lettura o deformazione iperbolica a partire da 6 m di profondità (BO0095); questo comportamento potrebbe essere dovuto alla loro posizione, laterale al corpo di frana e non direttamente coinvolti dallo scorrimento.

Al contrario, la superficie di rottura è identificata da BO0116 a BO0114, rispettivamente posti a 422 e 995 m dal distacco principale, con profili di deformazione tipicamente a blocco rigido. La profondità di scorrimento si assesta a 13 m in BO0116 e BO0085, situati vicini e all'interno di un corpo coalescente, per poi passare a profondità tra 9 e 10 m nel corpo principale e approfondirsi nella zona di trasporto, passando da 9 a 16 m tra BO0090 e BO0114.

##### Frana Torricina (Figura 4.58):

Nella frana Torricina si identifica la superficie di scorrimento a partire dalle zone di distacco fino alla distanza di 1110 m (inclinometro BO0100). Gli inclinometri BO0109 e BO0110 appartengono a due zone di distacco diverse e mostrano la superficie di scorrimento rispettivamente a 2 e 4 m di profondità, la quale si approfondisce a 6 m in corrispondenza di BO0108 e BO0112, posti nel corpo principale. Proseguendo lungo la frana, la rottura si rinviene a profondità di 12 m in BO0104 e 4 m in BO0113, quest'ultimo probabilmente coinvolto in uno scorrimento secondario più superficiale. Infine, la superficie di scorrimento si assesta tra 8 e 7 m di profondità, con BO0115 che la identifica a 5 m, probabilmente in seguito ad uno scorrimento locale più superficiale. I profili di deformazione sono a blocco rigido nelle zone più vicine al distacco, mentre tendono a mostrare deriva sopra la profondità di rottura nella zona di trasporto.

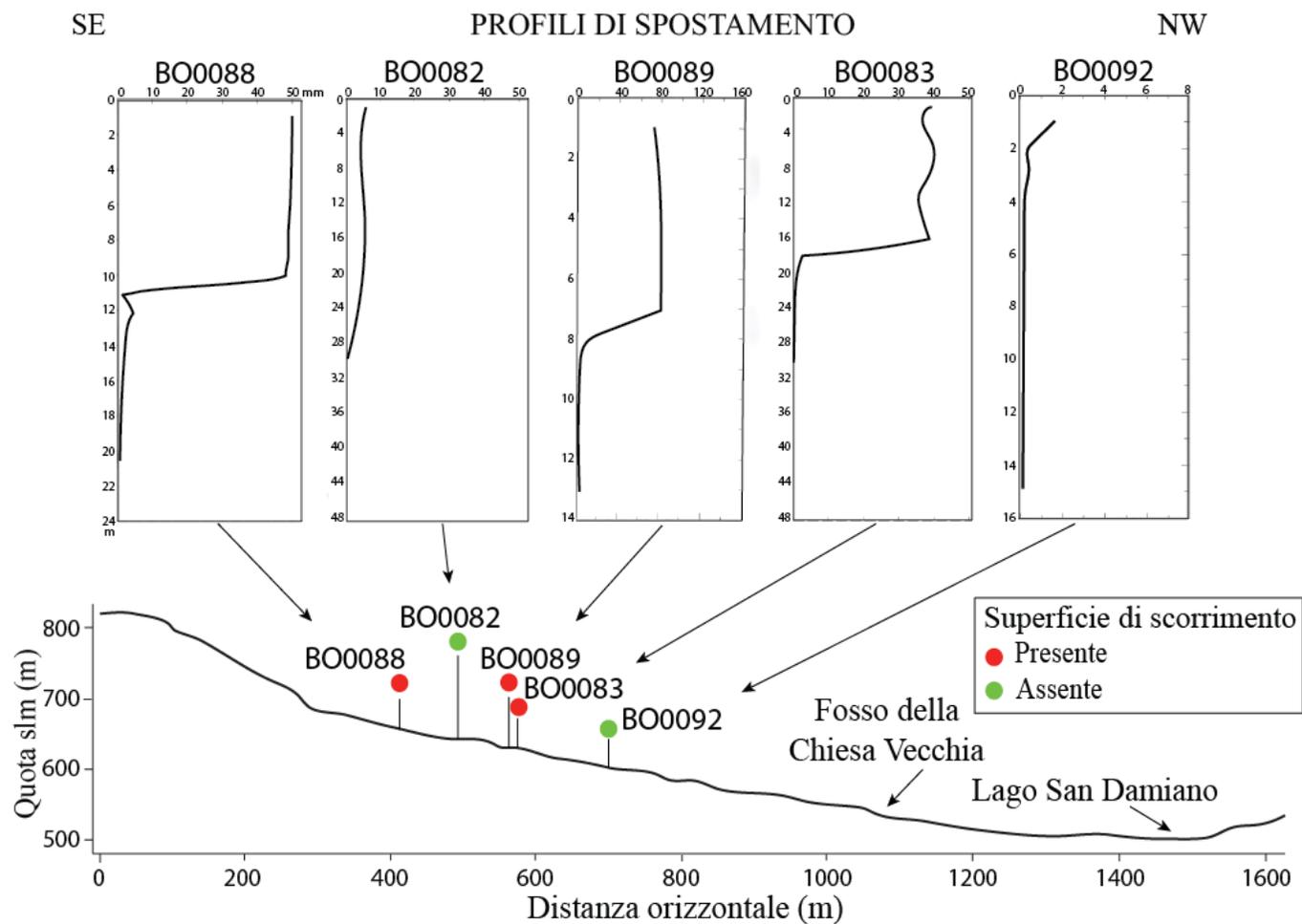


Figura 4.54. Profili di spostamento per la frana “Chiesa Vecchia” derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A’ (visibile in Figura 4.55).

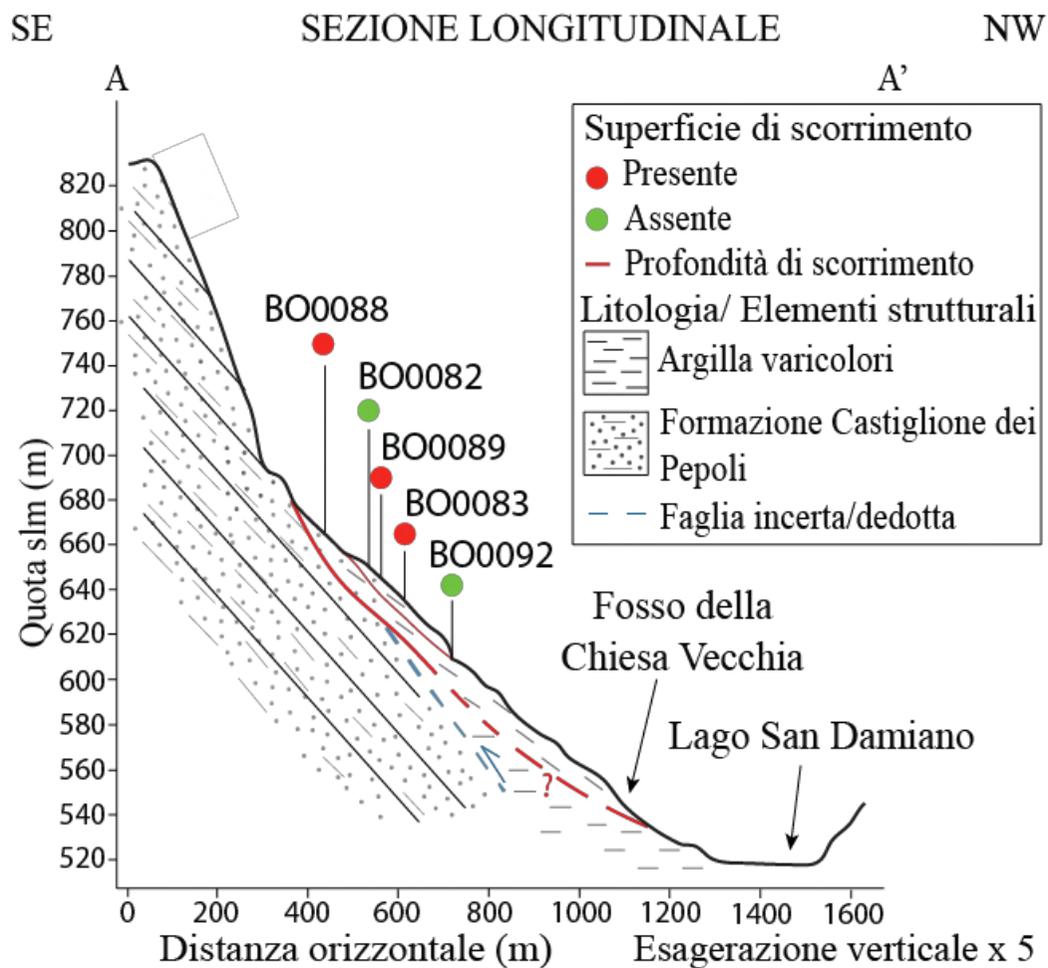
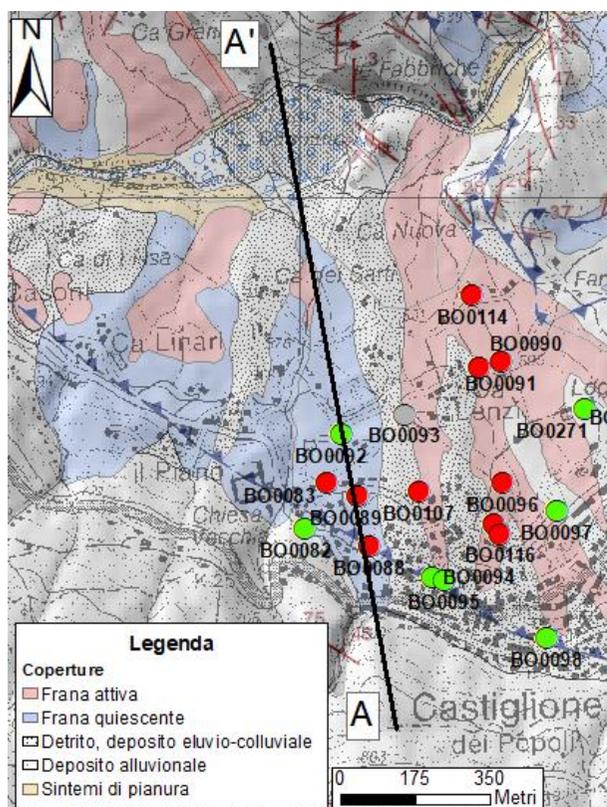


Figura 4.55. Tracce e relativa sezione longitudinale della frana “Chiesa Vecchia”. Si nota una superficie di scorrimento più superficiale, identificata dall’inclinometro BO0089, e concorde con la riattivazione visibile in Figura 4.50, pannello C.



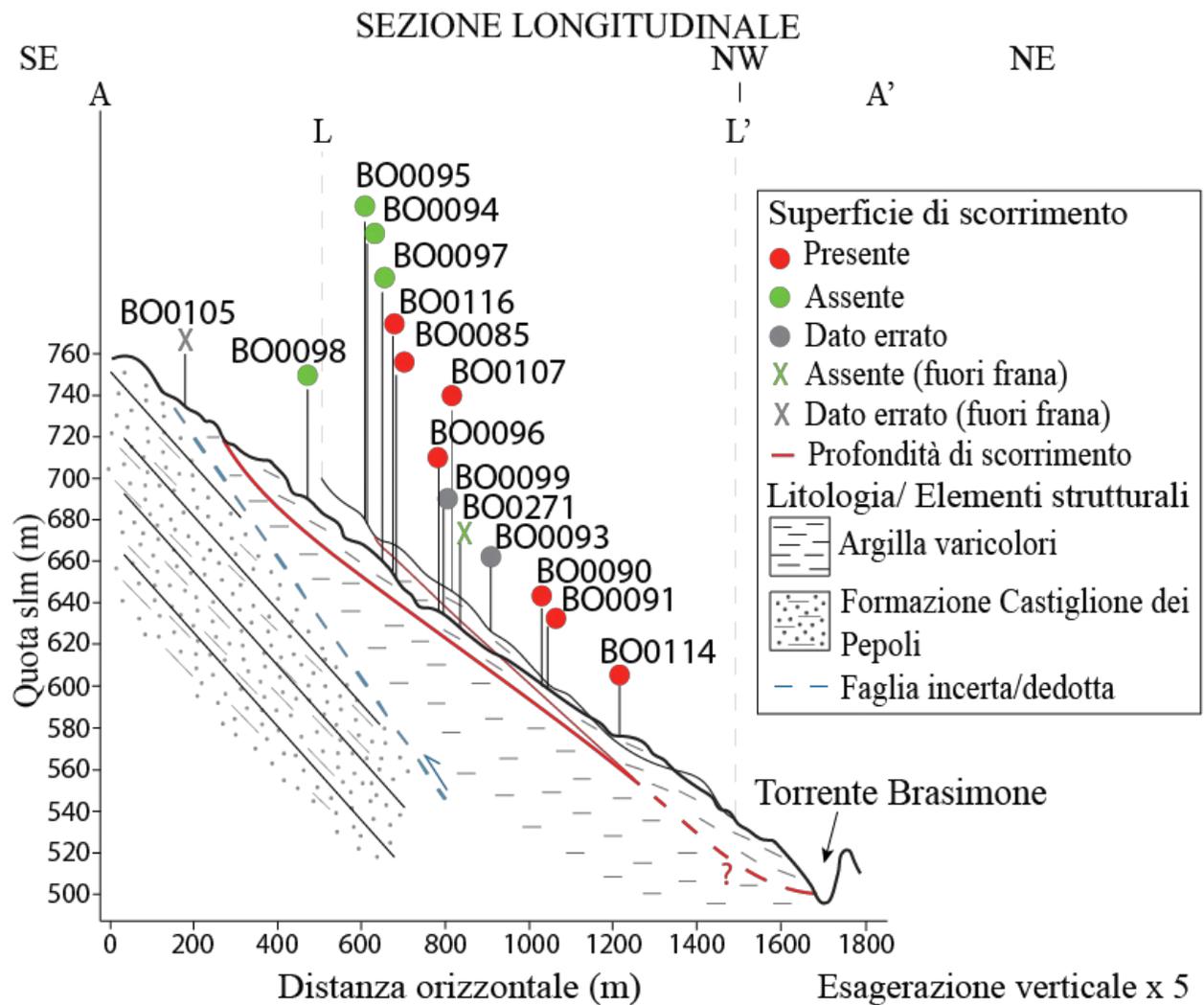
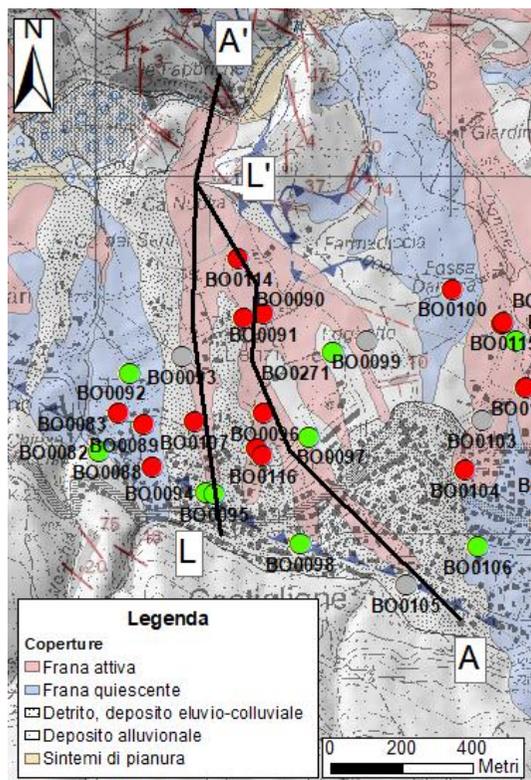


Figura 4.57. Tracce e relativa sezione longitudinale della frana “Loghetto”.

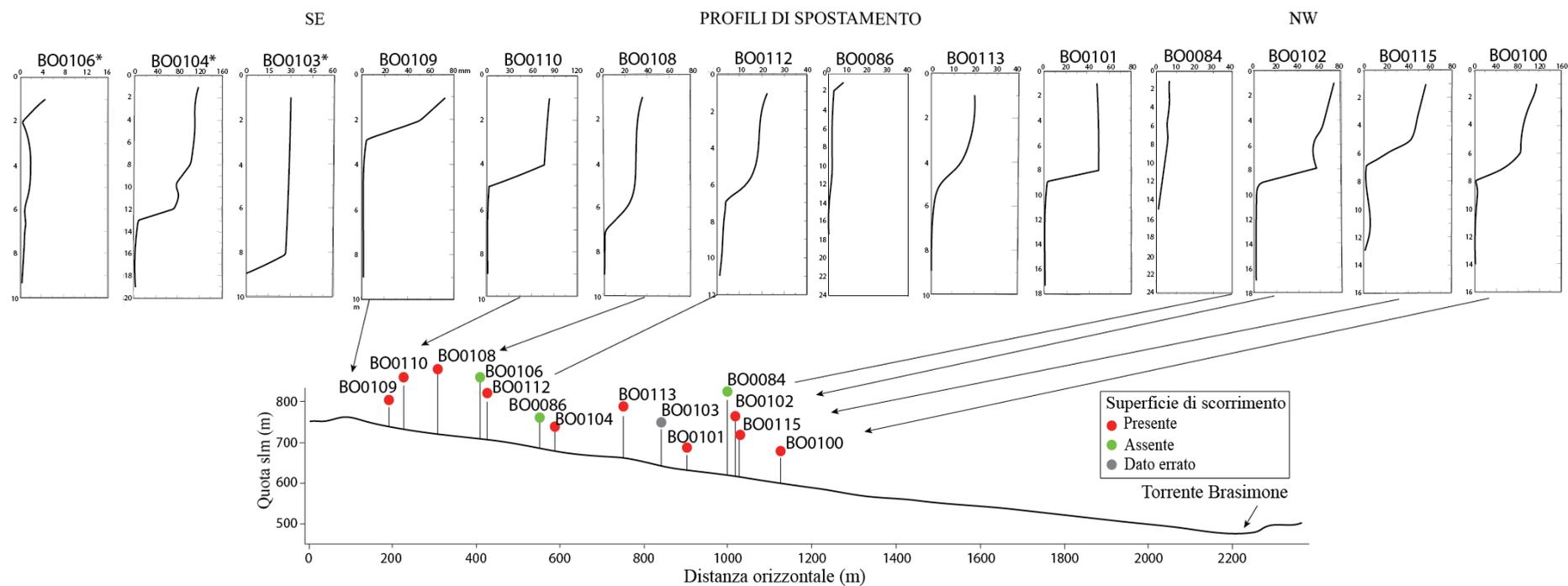


Figura 4.58. Profili di spostamento per la frana “Torrincipa” derivanti da letture inclinometriche lungo la linea di sezione A-A’ (visibile in Figura 4.59). Gli inclinometri che presentano un asterisco sono situati in un corpo di frana coalescente al principale.

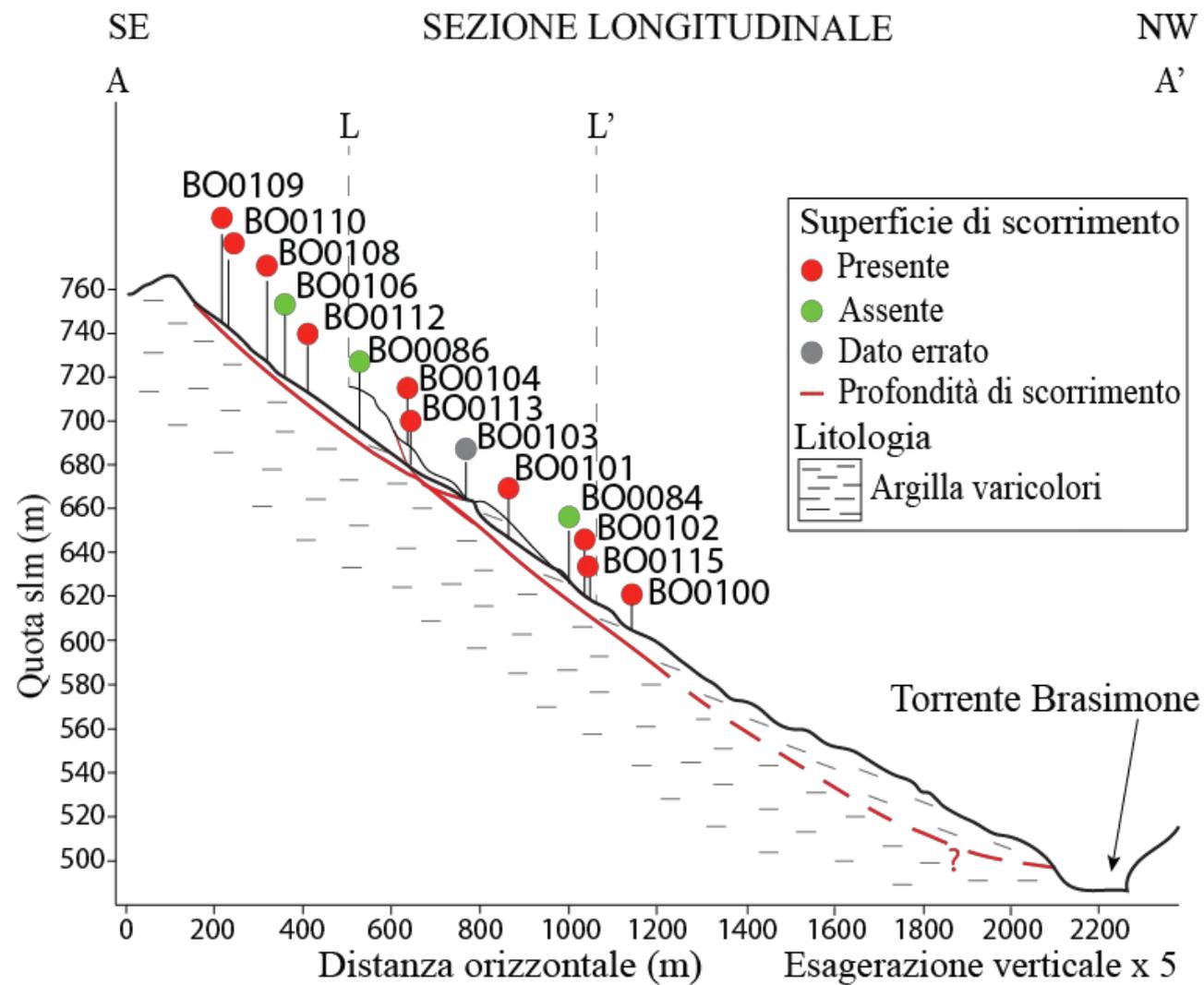
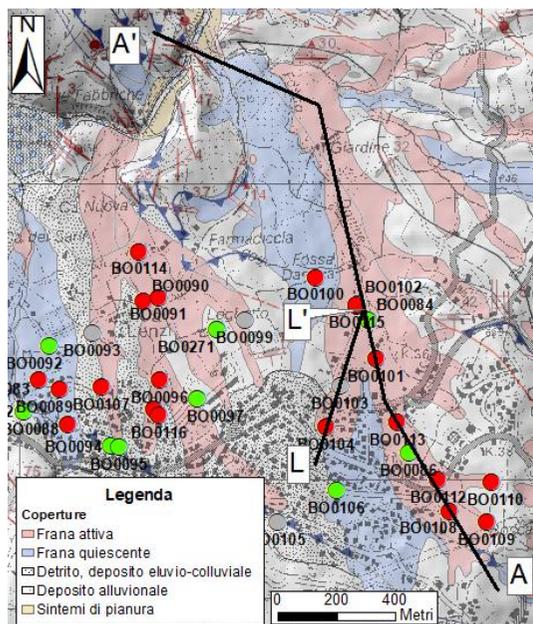


Figura 4.59. Tracce e relativa sezione longitudinale della frana "Torricina".

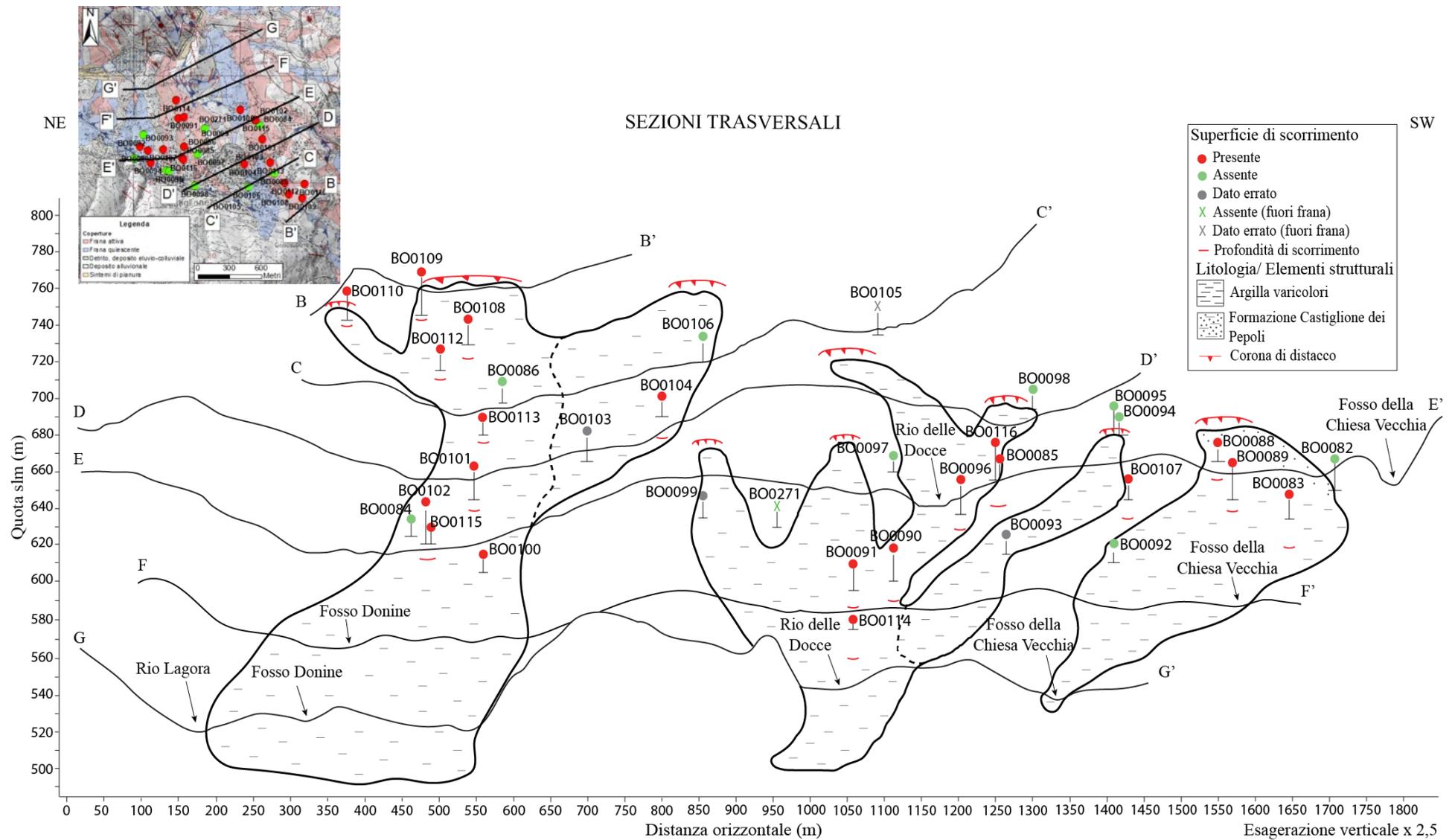


Figura 4.60. Tracce e relative sezioni trasversali delle frane presenti presso Castiglione dei Pepoli. Il tratteggio nero indica il limite tra due corpi coalescenti.

### **4.8.3. Relazione con la stratigrafia**

Le descrizioni stratigrafiche visibili in Appendice A5.8 sono state prese in considerazione per valutare una possibile correlazione tra la stratigrafia e la profondità della superficie di scorrimento.

Nella frana denominata Chiesa Vecchia il confronto è stato possibile solo per le carote corrispondenti agli inclinometri BO0089 e BO0083, nei quali si ha, in corrispondenza della superficie di scorrimento, argillite di color grigio a struttura scagliosa, descritta come molto consistente (valori di penetrometro tascabile maggiori di 5 e 6 kg/cm<sup>2</sup>). In posizione soprastante la rottura, rispettivamente a 1,2 e 1,3 m, si osserva argilla grigia con zone di alterazione marroni e minor consistenza.

Nella frana Loghetto le carote analizzate mostrano l'instaurarsi della superficie di rottura in argilla o argilla limosa senza segni di alterazione, di colore grigio; al di sopra della rottura, dopo uno spessore di materiale inalterato che varia tra 1 e 3 m, si trova argilla limosa grigio-nocciola, con rara presenza di ghiaia e, talvolta, concrezioni carbonatiche.

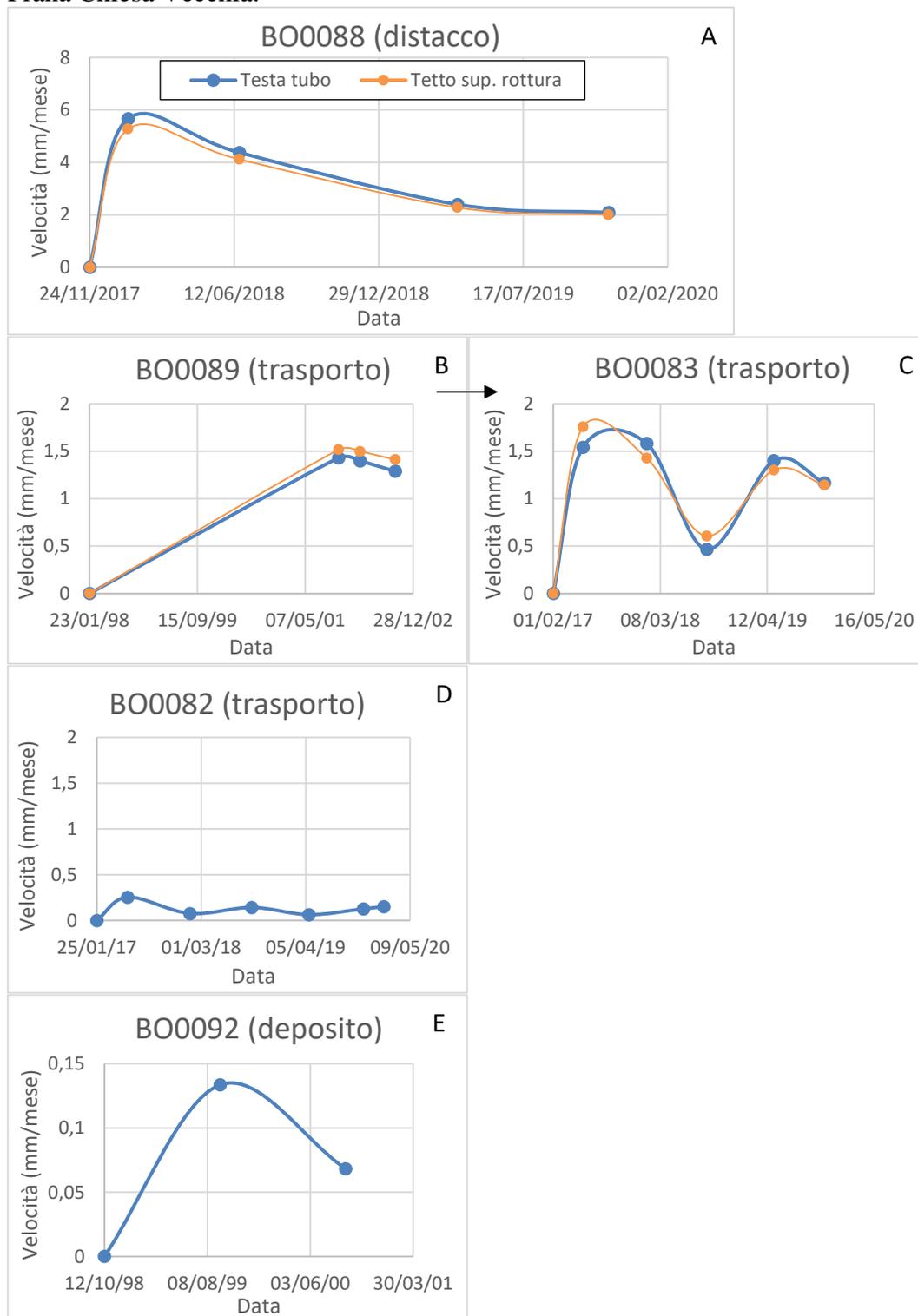
Nella frana Torricina la maggior parte delle carote vede la rottura coinvolgere materiale argilloso inalterato, similmente a quanto accade per la frana Loghetto; solo gli inclinometri BO0109 (nella zona di distacco), BO0115 e BO0100 (in trasporto) mostrano, in prossimità della superficie di scorrimento, argilla limosa grigio-nocciola, trovando inferiormente argilla scagliosa grigia senza segni di alterazione, dopo uno spessore di materiale alterato che varia tra i 40 cm e 2 m.

In generale, per le carote analizzate presso Castiglione dei Pepoli, la rottura sembra coinvolgere argilla scagliosa prevalentemente inalterata, seppur superiormente si trovi argilla limosa con evidenti segni di alterazione (generalmente dopo uno spessore di materiale che varia tra 40 cm e 3 m).

### **4.8.4. Analisi dell'andamento delle velocità**

Di seguito si riportano i grafici con gli andamenti della velocità nel tempo, distribuiti su righe diverse a seconda della zona di appartenenza: distacco, trasporto o deposito. Alcuni pannelli sono stati messi in relazione tra loro usando una freccia nera, quando si hanno due inclinometri ravvicinati e serie inclinometriche successive nel tempo che possano rappresentare una continuità di lettura.

Frana Chiesa Vecchia:

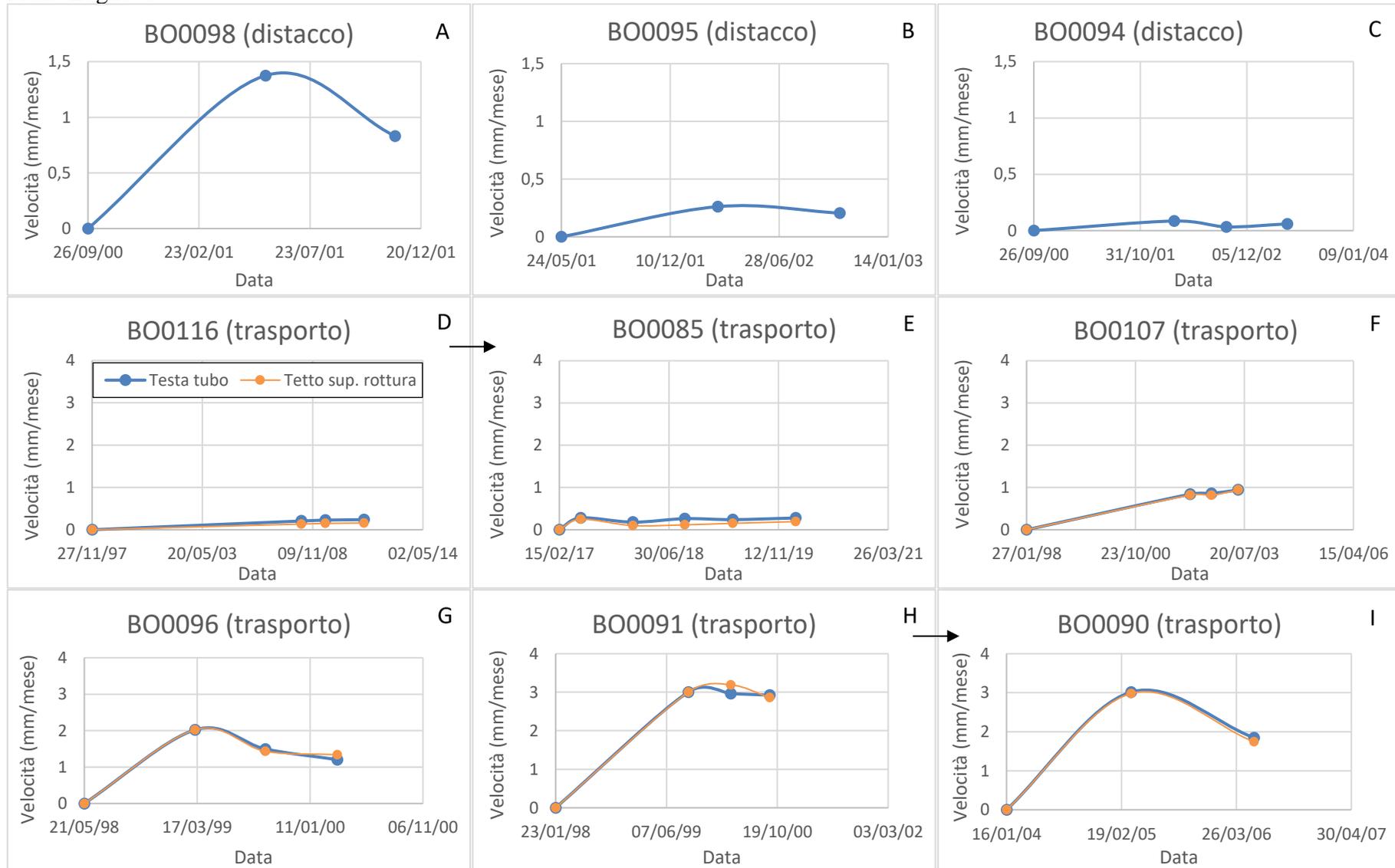


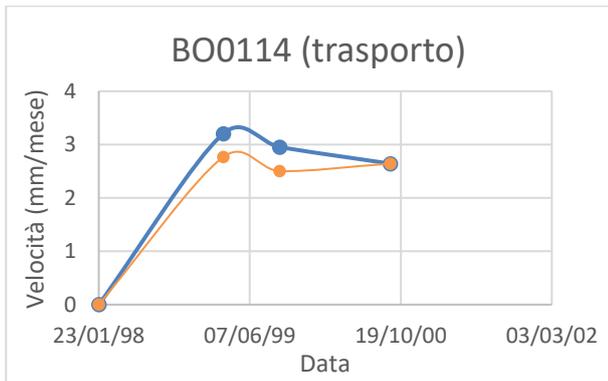
L'inclinometro BO0088 registra un calo di velocità nel tempo senza ulteriori riattivazioni nel periodo 2017-2020, mentre gli inclinometri BO0083 e BO0082 evidenziano un valore di picco precedente a quello di BO0088, seguiti da un calo e un ulteriore aumento dovuto, probabilmente, a scorrimenti secondari.

L'inclinometro BO0089, il cui periodo di monitoraggio è antecedente a BO0083, mostra un calo di velocità, così come l'inclinometro BO0092, seppur in periodi di monitoraggio leggermente diversi.

In generale, la zona di distacco mostra velocità maggiori di quelle di trasporto, a loro volta maggiori di quelle in zona di deposito.

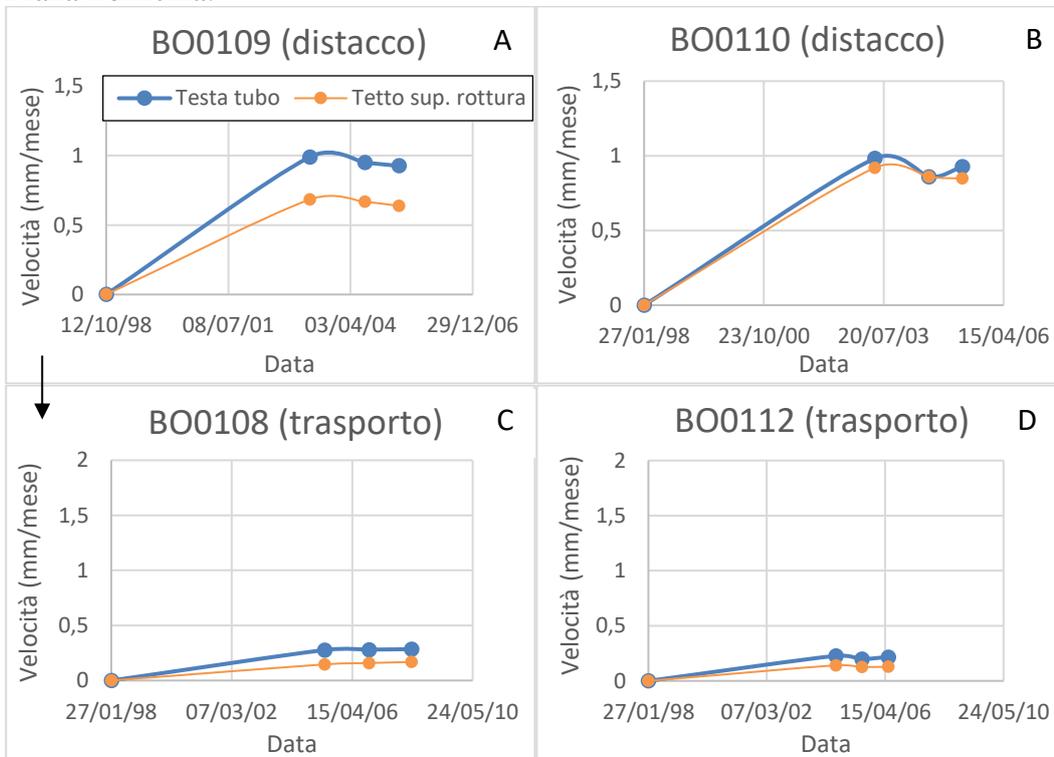
Frana Loghetto:

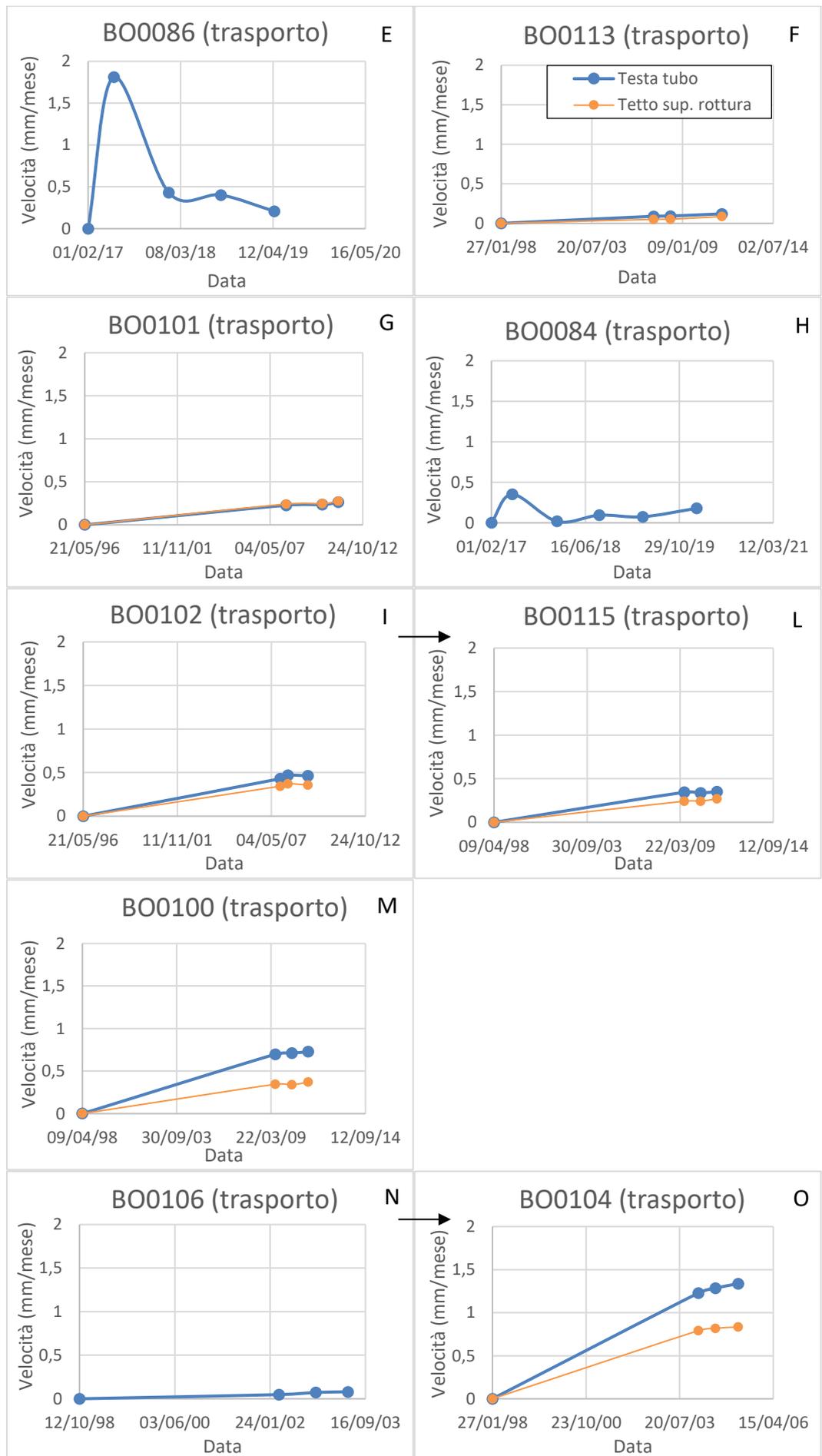




Nella frana Loghetto gli inclinometri posizionati nelle zone di distacco non identificano la superficie di scorrimento, ma mostrano un calo di velocità nel tempo, tranne per l'ultima lettura di BO0094 che indica un leggero aumento (registrata in data 06/05/2003); lungo lo stesso corpo di frana di BO0094 e BO0095, coalescente al principale, si ha BO0107 il quale registra un andamento simile agli inclinometri presenti nella zona di distacco: si ha un calo tra marzo e settembre 2002, per poi aumentare fino a maggio 2003, confermando come le deformazioni siano percepite lungo il corpo di frana, anche se con velocità maggiori nella zona di trasporto. Lungo il corpo di frana principale generalmente gli inclinometri mostrano un calo di velocità nel tempo, tipico andamento post parossistico, con l'eccezione della serie mostrata da BO0116 e BO0085: il primo mostra un andamento che vede la velocità aumentare, il secondo mostra, dopo un primo periodo di calo, un nuovo aumento tra il 2018 e inizio 2020.

Frana Torricina:





Nella frana Torricina gli inclinometri posti nella zona di distacco hanno lo stesso valore iniziale di velocità, ma mentre in BO0109 essa tende a calare nel tempo, in BO0110 si ha un aumento a maggio 2005; la serie di BO0109 può inoltre essere collegata a BO0108, in quanto la data dell'ultima lettura del primo inclinometro coincide con la data della prima lettura nel secondo, il quale si trova più a valle di BO0109 e posto lungo il trasporto. In questo contesto si nota un aumento graduale di velocità fino ad aprile 2008, visibile anche in BO0113 e in BO0101 con monitoraggio fino al 2011.

Nello stesso intervallo temporale si possono collegare gli inclinometri BO0102 e BO0115, coprendo un periodo che va dal 2007 al 2011 e in cui la velocità è in aumento ma sempre con valori inferiori a 0,5 mm/mese; la tendenza visibile in BO0115 si riscontra anche in BO0100, ma con valori di velocità maggiori a parità di data di lettura.

Gli inclinometri BO0106 e BO0104, pur essendo nella zona di trasporto, sono trattati separatamente per via della loro posizione non in linea coi precedenti; in essi si può riscontrare un aumento di velocità da marzo 2002 (BO0106), che continua anche in BO0104 ma con velocità maggiori in un periodo di tempo successivo.

## 5. Discussione dei risultati complessivi

In questo capitolo si riassumono innanzitutto i cambiamenti morfologici superficiali aggiuntivi osservati sui vari siti di indagine, rispetto a quanto documentato nell'Archivio storico regionale (Tabella 5.1). In seguito, si indagano le possibili relazioni geometriche delle frane analizzate, l'andamento generale della superficie di scorrimento lungo il corpo di frana e le velocità tipiche registrate nel periodo post-parossistico.

Tabella 5.1. Integrazione delle attivazioni di frana rispetto all'Archivio storico regionale nelle annate fotografiche esaminate.

ANNO SITO	1954	1969	1976	1988	1996	1998-00	2003	2007-08	2011	2014	2017-18
Silla -Montecchi	+			+	+	+	//	+		//	+
Gaggio Montano				+							
Ca' dei Ricci	+	+		+	+				+		
Matella	//	+		+	+	//	//	+			+
Lizzano in Belvedere								+	//		+
Ca' di Faziotto				+		+		+	+	+	+
Corvella		+				+				+	+
Castiglione dei Pepoli				+		+		+	+		

+ = Nuova osservazione;

// = Evento presente nell'archivio storico delle frane.

Dalla Tabella 5.1 si nota come l'indagine tramite foto aeree e immagini satellitari possa essere un utile strumento per migliorare la completezza del numero di riattivazioni recenti, soprattutto per quei siti in cui non è presente documentazione storica (i.e., Ca' dei Ricci, Ca' di Faziotto, Castiglione dei Pepoli). Questo tipo di informazioni sono fondamentali per una valutazione della magnitudo-frequenza delle riattivazioni, con immediate ricadute sulla pianificazione territoriale.

### 5.1 Variabilità complessiva delle geometrie di frana

In questa sezione, vengono indagate le relazioni tra variabili geometriche della planimetria di frana (i.e., larghezza, lunghezza e area), che successivamente vengono analizzate in relazione alla profondità di scorrimento. In particolare, si inizia con la relazione area-lunghezza (Figura 5.1), considerando le frane principali e quelle appartenenti ai rami secondari coalescenti, così come mappate nella carta inventario regionale, stratificate per le diverse formazioni delle Argille a Palombini (APA) e delle Argille Varicolori (AVC). Da questa rappresentazione, come prevedibile, si osserva una relazione diretta di potenza ben definita ( $R^2 = 0,89$ ; Figura 5.1) ed un rapporto lunghezza-area tra valori inferiori a 100:1 e superiori ad 1:1 (i.e., isometria).

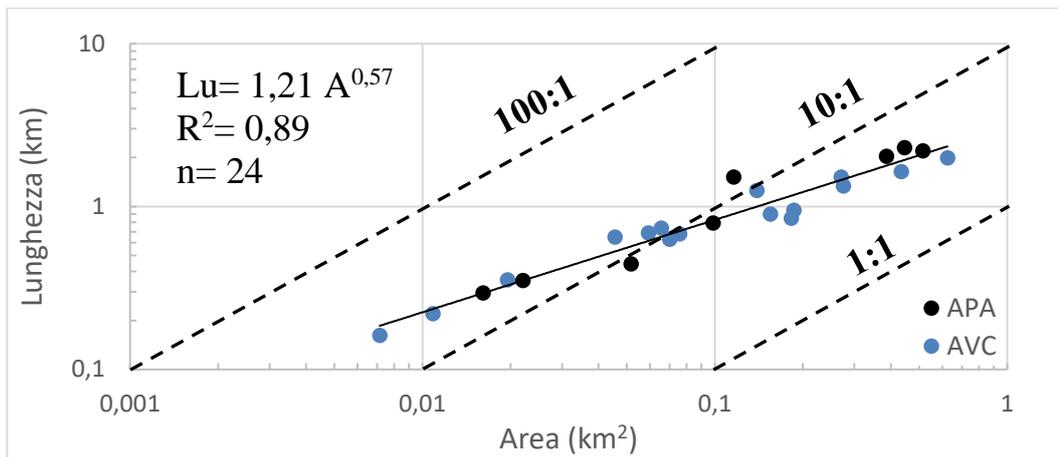


Figura 5.1. Relazione tra aree e rispettive lunghezze di frane stratificate per formazione geologica. APA: Argille a Palombini; AVC: Argille Varicolori.

Per ridurre la variabilità geometrica associata a rami secondari di frana, le relazioni seguenti sono state analizzate unicamente sui corpi di frana principali (Tabella 5.2). Basandosi su tali dati si illustrano le relazioni:

- 1) Area- Larghezza locale (per le zone di innesco, trasporto e deposito);
- 2) Area- Profondità di scorrimento (per le zone di innesco, trasporto e deposito);
- 3) Distanza progressiva dal distacco- Profondità di scorrimento.

Tabella 5.2. Aree di frana considerate nell'analisi di variabilità geometrica complessiva. Gli asterischi indicano rami di frana secondari esclusi dalle rappresentazioni grafiche.

Sito		Area (m <sup>2</sup> )
Silla- Montecchi		514100
		16100
Gaggio Montano		248500
		51700*
		98500*
Ca' dei Ricci		115700
Matella		138600
		22000*
Lizzano	Via del Sole	35600
	Fondaccio	42300
	Nord	28300
Ca' di Faziotto	Francioni	433500
	Pianella	139100
		19500*
		10900*
Corvella	Cornioletti	37100
	Corvella	186000
	Pucciga	165600
Castiglione dei Pepoli	Chiesa Vecchia	80500
	Loghetto	122400
		45500*
	Torricina	288400
		154800*
	7100*	

Nelle Figure 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 si illustrano le relazioni tra area di frana e la rispettiva larghezza locale in corrispondenza di ciascun inclinometro posto, rispettivamente, nelle zone di innesco, trasporto e deposito.

Nella zona di innesco (Figura 5.2) si nota la tendenza all'aumento della larghezza all'aumentare dell'area, anche se si hanno pochi punti a disposizione. Nella frana Cornioletti, presso Ca' di Faziotto, si hanno due valori di larghezza molto diversi per la stessa zona di innesco (30 m e 100 m), questo a causa della posizione degli inclinometri: BO0043 è posto adiacente al distacco, mentre BO0042 è a 30 m da esso e misura una larghezza locale molto maggiore.

Nella zona di trasporto si ha la tendenza all'aumento della larghezza locale con l'aumentare dell'area di frana, andamento seguito anche a scala delle singole formazioni, così come illustrato sia mostrando tutti i punti disponibili (Figura 5.3) che mediando le larghezze nei corpi con inclinometri multipli (Figura 5.4).

Infine, in Figura 5.5 si mostra l'andamento delle larghezze locali nelle zone di deposito in funzione delle aree di frana, dove questi dati sono disponibili. Si nota un generale andamento di aumento della larghezza con l'aumentare dell'area di frana, tranne per due valori appartenenti alla frana Ca' dei Ricci e corrispondenti agli inclinometri BO0010 e BO0008, rispettivamente con larghezze locali di 57 e 80 m: questi valori, che risultano più bassi di quanto ci si aspetterebbe, sono imputabili alla morfologia incanalata della frana, mentre i restanti punti si trovano al piede di frane localmente non confinate.

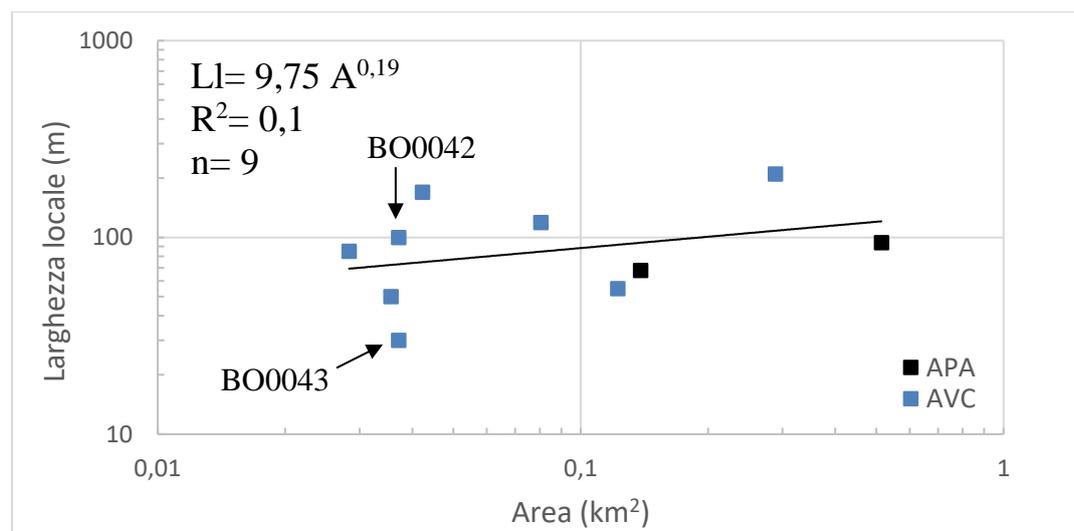


Figura 5.2. Relazione tra area e larghezza locale nella zona di innesco.

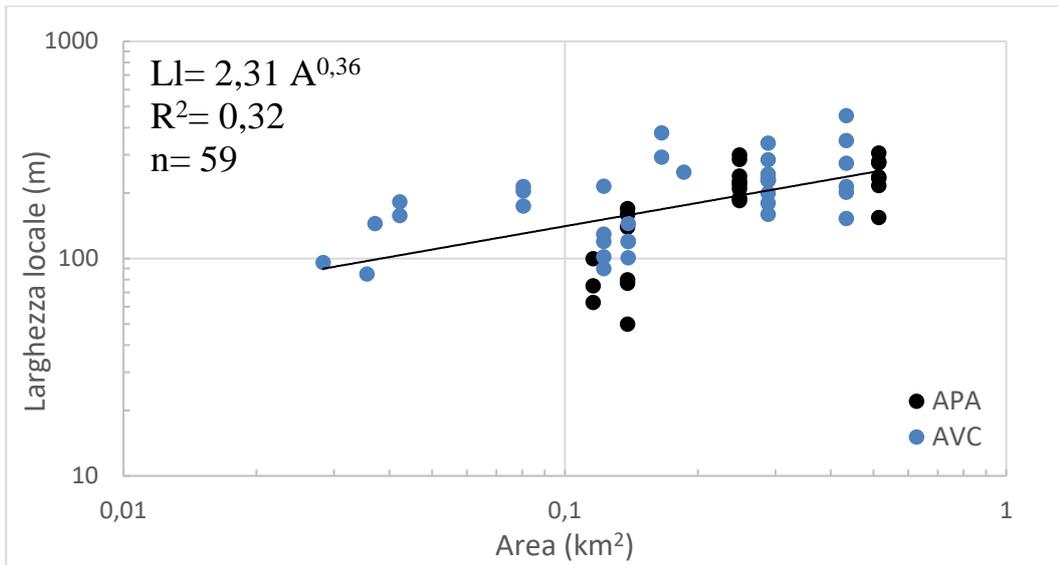


Figura 5.3. Relazione tra area e larghezza locale nella zona di trasporto.

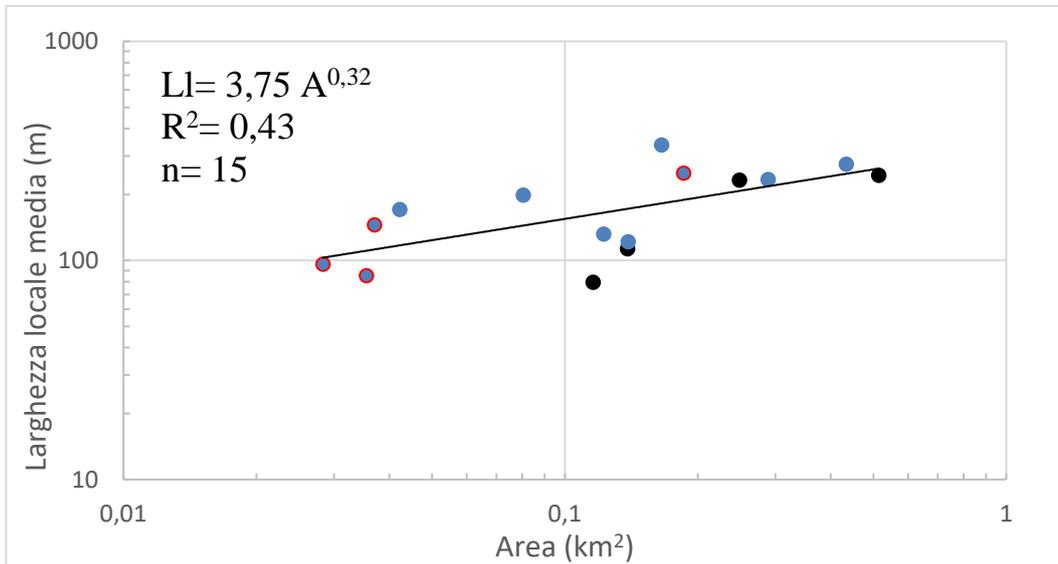


Figura 5.4. Relazione tra area e larghezza locale media nella zona di trasporto. I punti evidenziati in rosso sono valori di singoli inclinometri (non mediati).

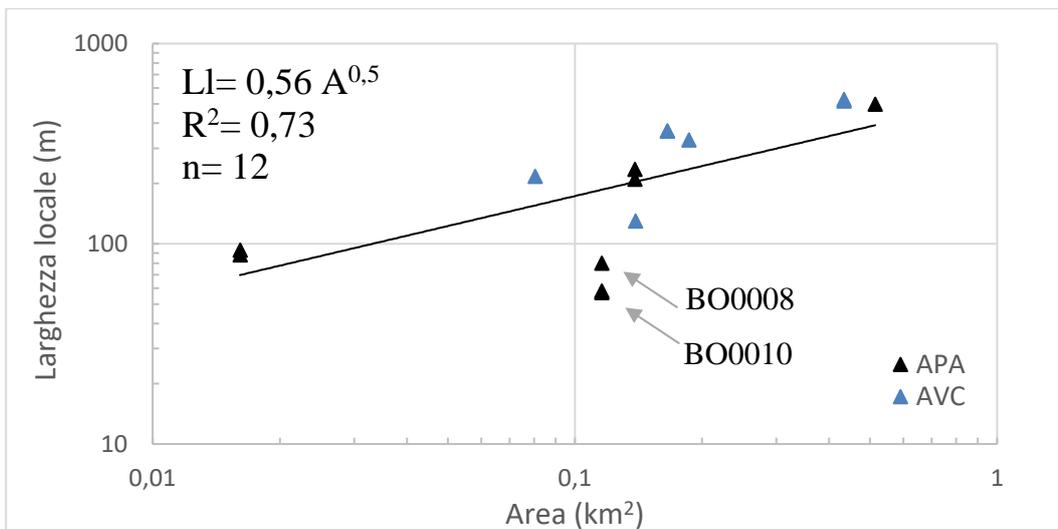


Figura 5.5. Relazione tra area e larghezza locale nella zona di deposito.

Nelle Figure 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9 si illustrano le profondità registrate, rispettivamente, nella zona di innesco, trasporto e deposito. Nella zona di innesco (Figura 5.6) sembrerebbe che all'aumentare dell'area la profondità diminuisca, almeno per quanto riguarda gli inneschi nelle frane in Argilla Varicolori (AVC).

Si osserva un andamento di variazione diretta tra area e profondità nella zona di trasporto, sia includendo tutti gli inclinometri disponibili (Figura 5.7), che mediando le profondità nelle frane con inclinometri multipli (Figura 5.8). La tendenza generale di aumento di profondità con l'aumentare dell'area di frana sembra superiore nelle Argille a Palombini (APA) rispetto alle Argille Varicolori (AVC), da notare tuttavia che le prime si basano unicamente su quattro frane.

Tra i valori della zona di trasporto si identifica un valore anomalo (il primo punto a sinistra, corrispondente all'inclinometro BO0168), appartenente alla frana "Nord" presso Lizzano in Belvedere, il quale identifica la profondità di scorrimento a 18 m pur avendo area minore tra tutte quelle considerate. Questa peculiarità può essere giustificata dalla posizione dell'inclinometro nel canale di flusso, probabilmente appartenente ad una zona di deposito interno e non al piede della frana.

Escludendo tale punto, si ottiene la relazione generale diretta in cui la profondità cresce secondo una legge di potenza con esponente pari a 0,33.

Infine, in Figura 5.9, si illustra la distribuzione delle profondità di scorrimento nelle zone di deposito. Nonostante il limitato numero di osservazioni, la profondità di scorrimento aumenta con l'area secondo una legge di potenza con valore pari a 0,15. L'aumento sembra esserci per entrambe le formazioni.

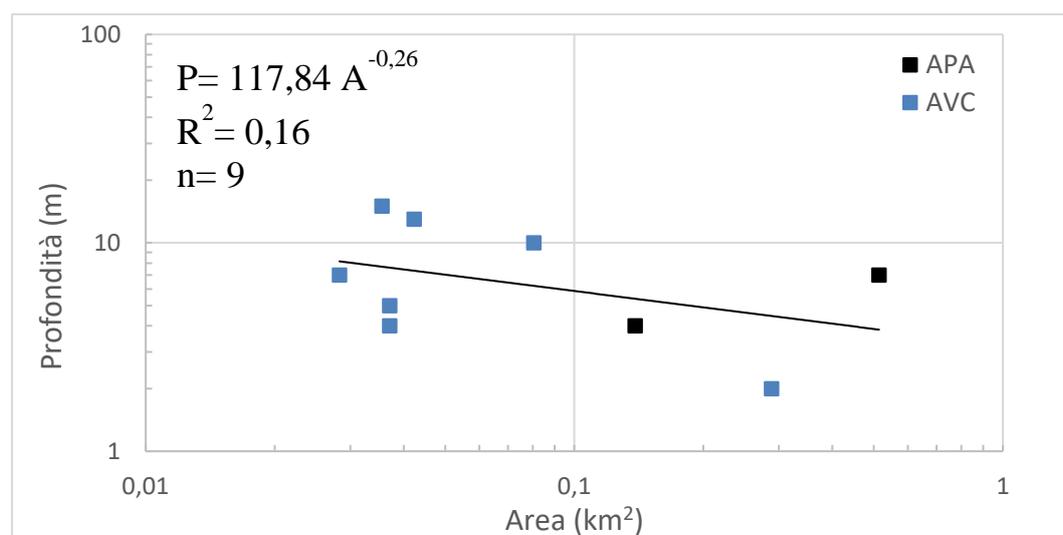


Figura 5.6. Relazione tra area e profondità di scorrimento nella zona di innesco.

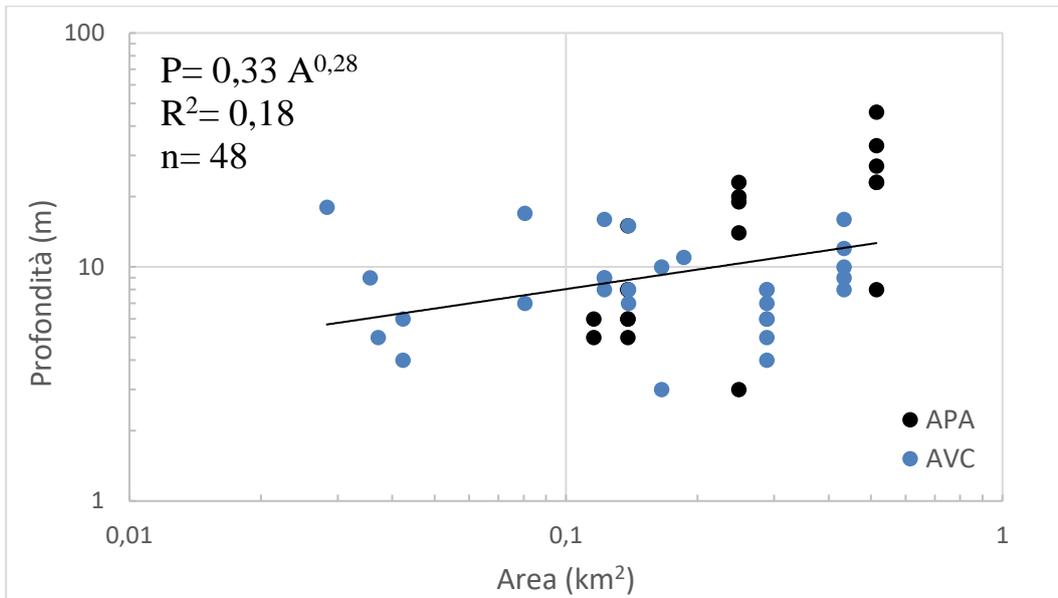


Figura 5.7. Relazione tra area e profondità di scorrimento nella zona di trasporto.

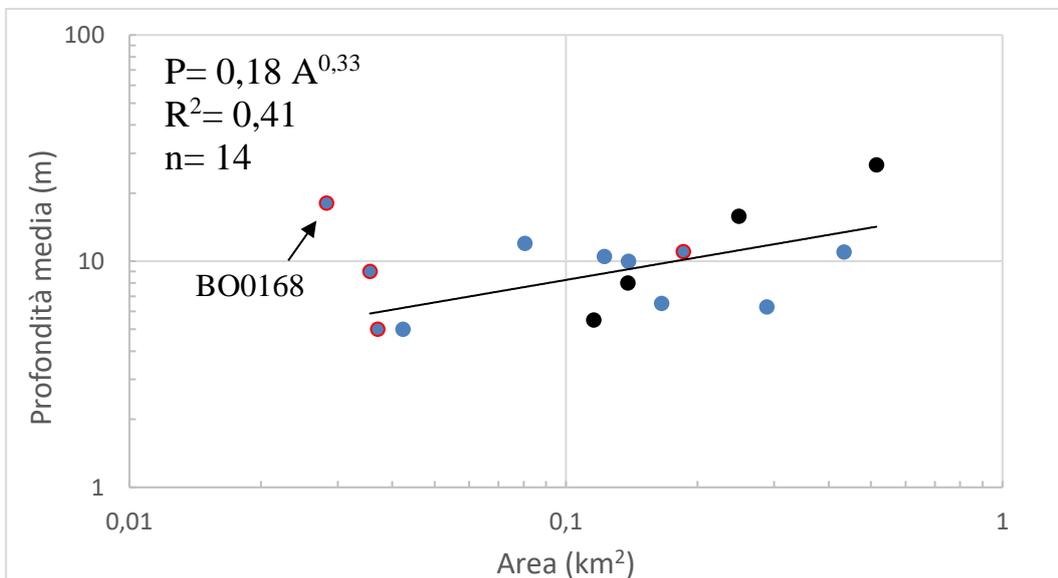


Figura 5.8. Relazione tra area e profondità medie di scorrimento nella zona di trasporto. I punti evidenziati in rosso sono valori di singoli inclinometri (non mediati).

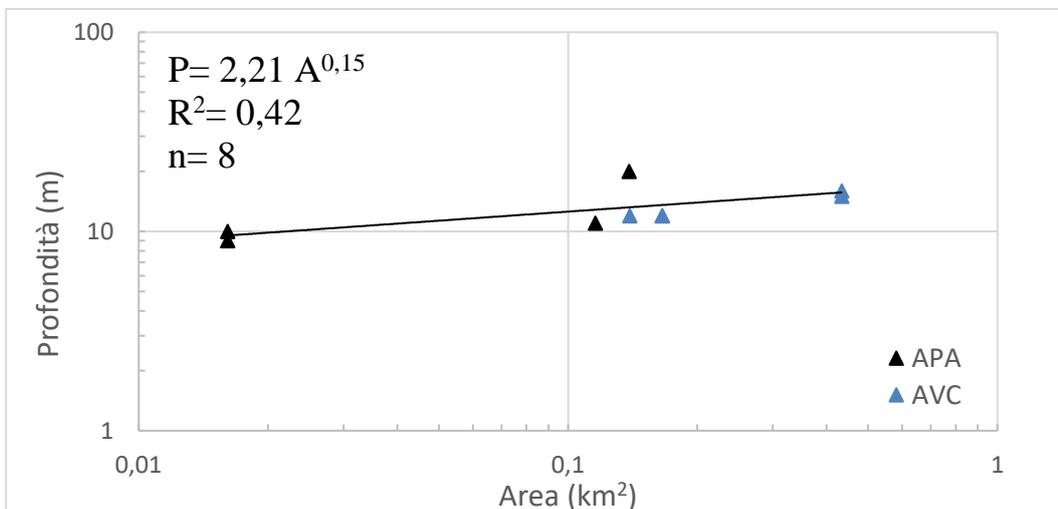


Figura 5.9. Relazione tra area e profondità di scorrimento nella zona di deposito.

### **5.1.2 Variabilità della profondità di scorrimento in funzione della distanza dal punto di distacco**

In questa sezione si documenta, attraverso l'uso di tutto il dato inclinometrico disponibile, la variabilità delle profondità in funzione della distanza (Figura 5.10). In generale, le profondità di innesco variano tra 2 e 15 m, mentre quelle di deposito tra 9 e 20 m; in quest'ultima categoria si hanno due triangoli neri posti poco oltre i 200 m a rappresentare due profondità di deposito di una frana più corta presso Silla-Montecchi, distinguendosi pertanto dalle distanze in cui si hanno le profondità di deposito (oltre 1 km).

I punti nella zona di trasporto mostrano due andamenti differenti a seconda della formazione a cui appartengono: mentre quelli nell'Argilla Varicolori (blu) oscillano tra profondità di 3 e 18 m, parte di quelli nell'Argilla a Palombini hanno un aumento a partire dai 700 m, raggiungendo profondità di 46 m. Questi inclinometri appartengono alle frane Silla-Montecchi e Gaggio Montano: BO0231, BO0229 e BO0230 rientrano nella prima frana (preceduti da una S nel codice identificativo in Figura 5.10), si trovano ravvicinati e individuano lo scorrimento a profondità via via crescenti in relazione alla distanza, con BO0226 che è in linea con l'andamento; BO0227 si discosta dai precedenti pur trovandosi vicino a BO0230, con la possibilità che sia coinvolto in un'altra dinamica di frana con scorrimento nettamente più profondo.

Per quanto riguarda gli inclinometri BO0137, BO0142 e BO0143, presso Gaggio Montano (preceduti da GM nei codici identificativi), anch'essi mostrano un aumento di profondità con la distanza ma senza punti anomali.

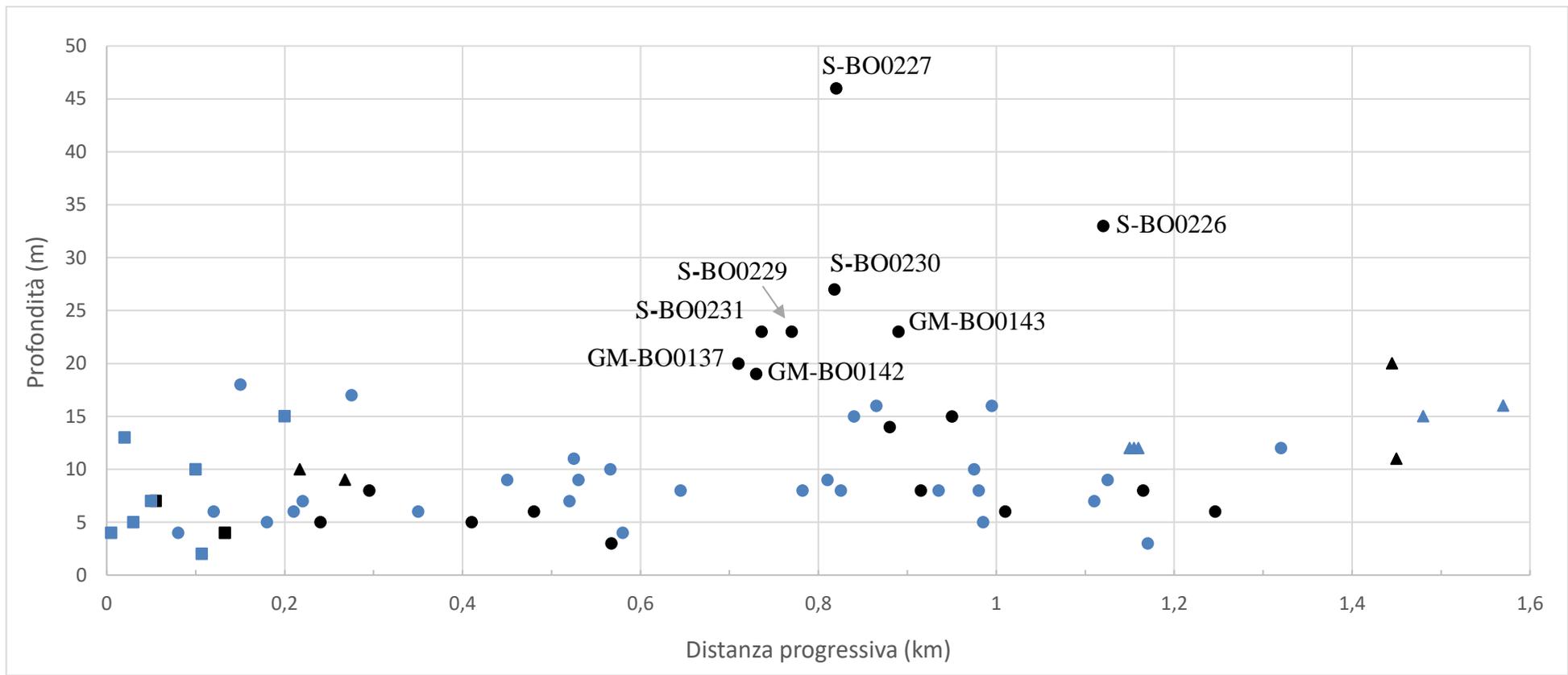


Figura 5.10. Profondità di scorrimento espressa in funzione della distanza lineare progressiva dalla scarpata di distacco. Colori: blu= Argille Varicolori; nero= Argille a Palombini. Simbologie: quadrati= zona di innesco; cerchi= zona di trasporto; triangoli= zona di deposito.

Oltre alle relazioni che insistono tra la profondità di scorrimento, l'area di frana e la larghezza locale, si è indagata la tipologia di profilo inclinometrico e l'andamento della profondità di scorrimento in relazione alla zona (distacco, trasporto o deposito) e alla posizione (centrale o laterale) lungo i corpi di frana.

In Figura 5.11 si mostrano i profili di spostamento di alcuni inclinometri lungo il corpo di frana, dalla zona di distacco fino al deposito, basandosi, a titolo esemplificativo, sulla frana Silla-Montecchi. Si nota la presenza della superficie di scorrimento a partire dalla zona di distacco e per tutto il trasporto, con profondità crescente e tipologia di deformazione a "blocco rigido", ovvero senza deriva né sopra né sotto la rottura; al piede della frana, corrispondente alla zona di deposito principale, la superficie non è individuata, avendo profili che mostrano una deformazione continua sulla verticale di lettura.

In generale, nelle frane analizzate, gli inclinometri posti nella zona di distacco e trasporto identificano la superficie di scorrimento con profondità via via crescente man mano che ci si allontana dal distacco e il tipico profilo di deformazione inclinometrica è a "blocco rigido". In alcuni casi si hanno inclinometri posti a monte del distacco, non direttamente coinvolti dalla dinamica di frana ma che risentono del movimento più a valle, mostrando profili di deformazione continua lungo la verticale. Nelle zone di deposito si possono avere due scenari differenti: l'individuazione della superficie di rottura, a profondità maggiori di quelle di trasporto, oppure una deformazione continua sulla verticale ma senza lo sviluppo di una superficie netta, possibile effetto di movimenti più a monte che destabilizzano il corpo di frana.

In Figura 5.12 ci si focalizza sulla presenza o meno della superficie di rottura rispettivamente nelle zone centrali e laterali del corpo di frana, guardando nell'esempio alla frana Torricina presso Castiglione dei Pepoli.

In generale, si nota come la superficie di rottura sia individuata dagli inclinometri posti nella zona centrale del corpo di frana, mentre lateralmente si ha deformazione continua lungo la verticale di lettura, non individuando lo scorrimento. La possibile spiegazione risiede nello scorrimento che avviene prevalentemente nella zona assiale della frana, mentre il materiale posto ai margini risente di tale movimento ma non sviluppando obbligatoriamente una superficie netta.

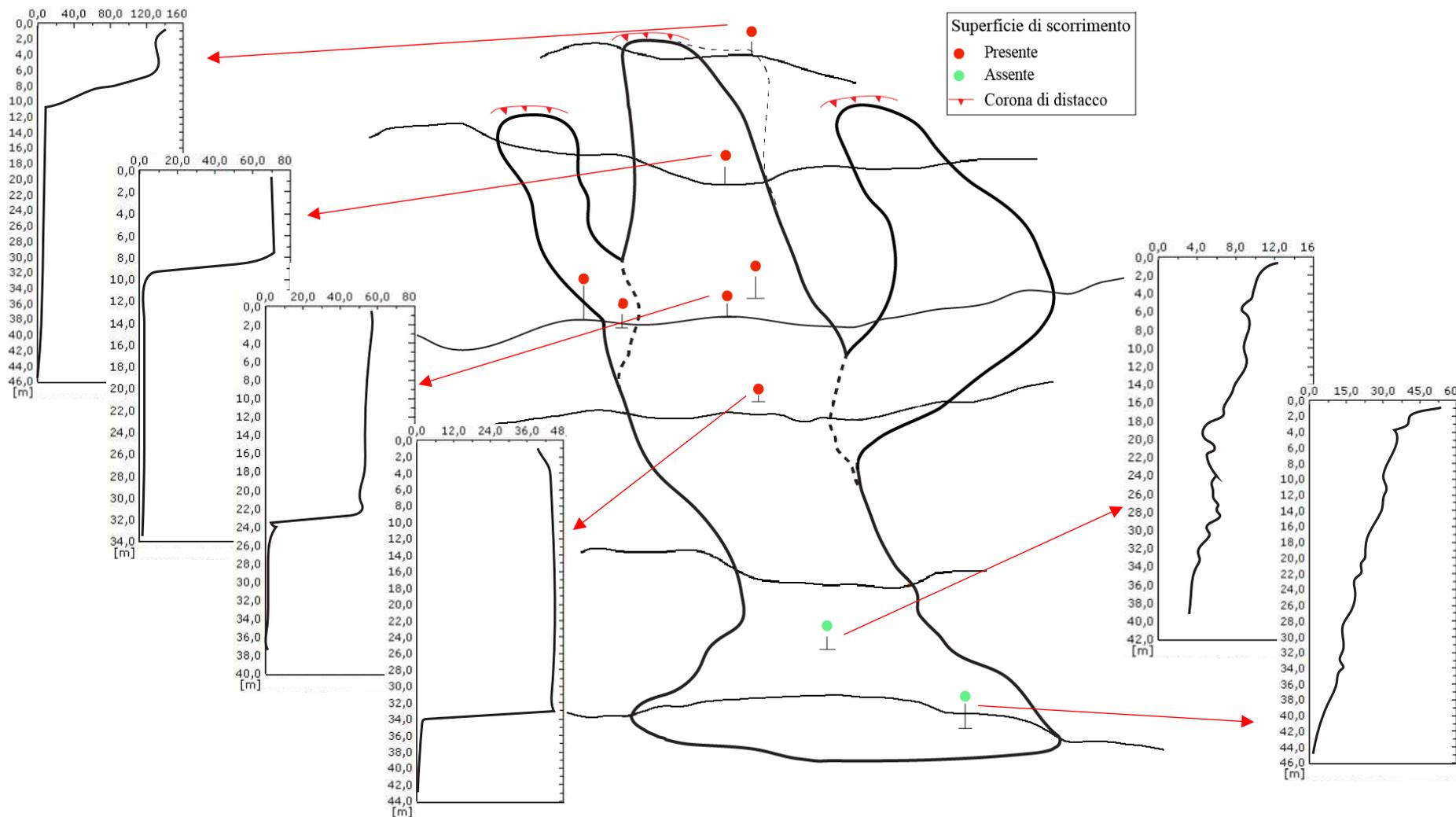


Figura 5.11. Andamento della profondità di scorrimento e dei profili inclinometrici nelle zone di distacco, trasporto e deposito (visione da valle verso monte).

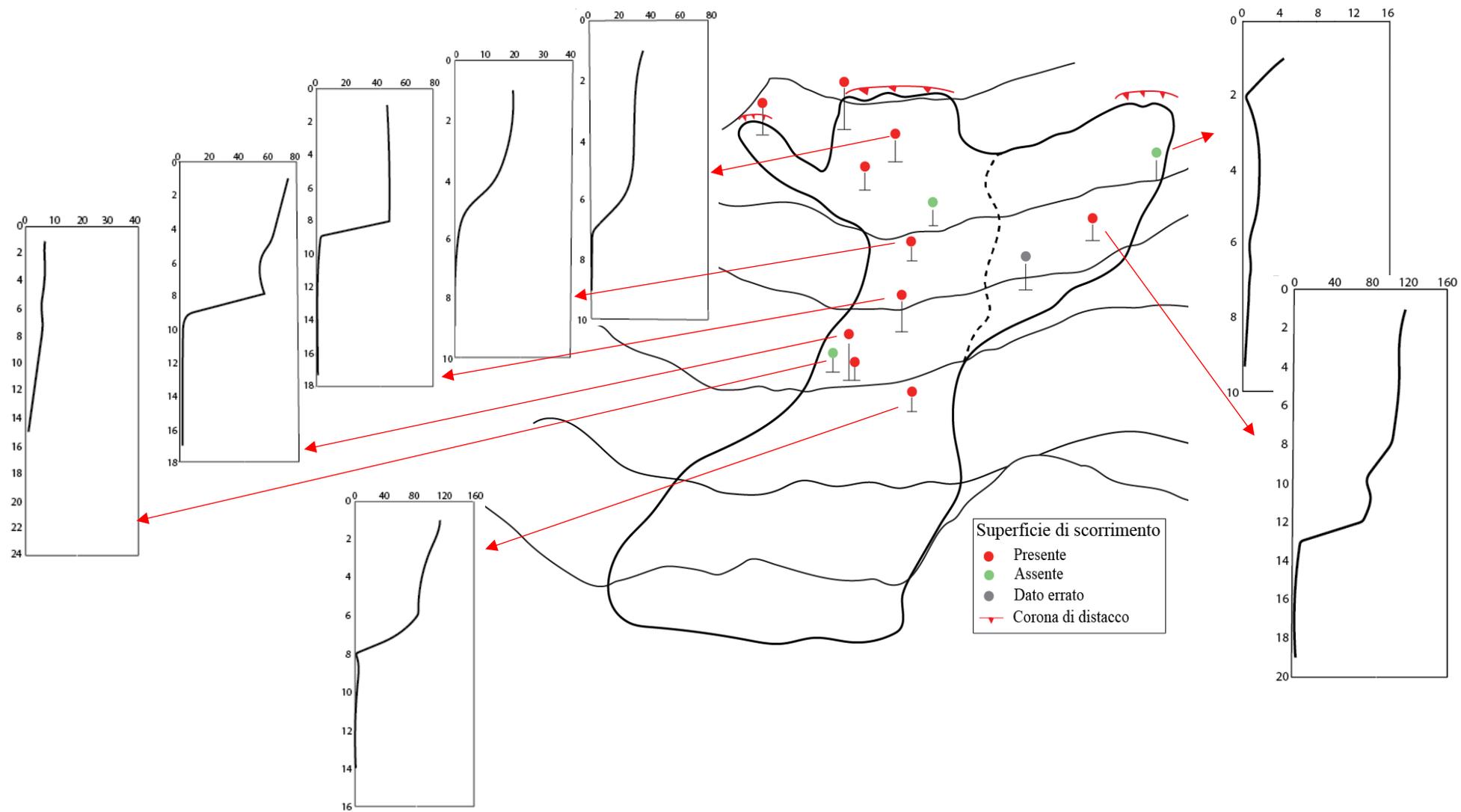


Figura 5.12. Andamento dei profili inclinometrici nelle zone centrali e laterali del corpo di frana (visione da valle verso monte).

## 5.2 Variabilità delle velocità nel periodo post parossistico

I valori di velocità a testa tubo calcolati a partire dalle misure inclinometriche sono riportati nelle figure seguenti, distinguendoli in base alle formazioni litologiche; inoltre, si sono riportati sia i valori medi che quelli massimi registrati, considerando che spesso quest'ultimi corrispondono alla prima lettura (dopo la "lettura zero"), perché nella maggioranza dei casi le velocità hanno un andamento decrescente nel periodo post parossistico. In ogni grafico si riportano le classi di riferimento descritte da Cruden & Varnes (Appendice 3), le quali possono essere utilizzate come parametro in grado di dare informazioni sulla capacità distruttiva della frana su strutture e vite umane.

Nelle Figure 5.13 e 5.14 si illustrano le distribuzioni statistiche delle velocità massime calcolate a testa tubo, rispettivamente per gli inclinometri ricadenti in Argilla a Palombini e in Argilla Varicolori. Si nota che nell'Argilla a Palombini la media delle velocità massime è maggiore rispetto all'Argilla Varicolori, ma lo è anche la deviazione standard, ad indicare una maggiore dispersione dei valori, con una distribuzione che non riscontra un picco ma più classi a pari frequenza assoluta.

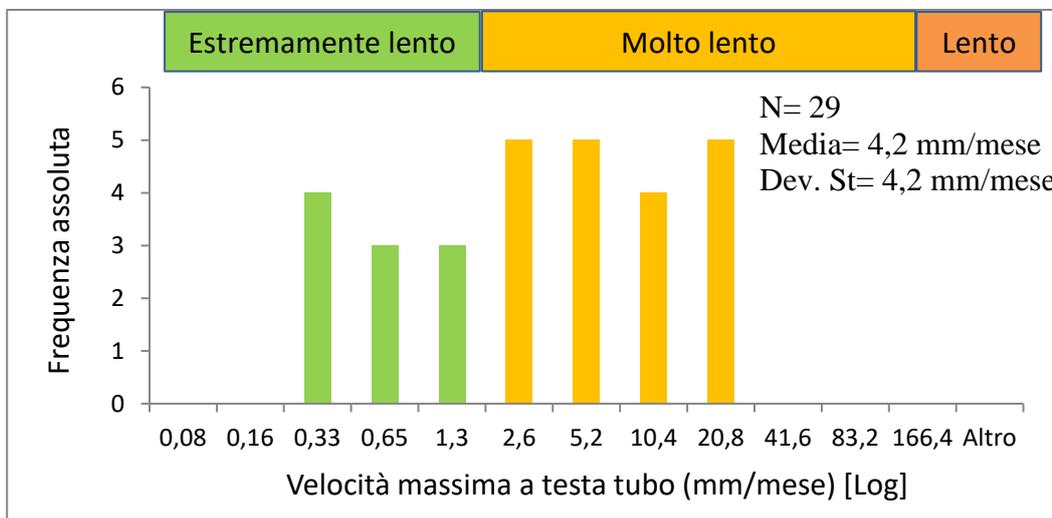


Figura 5.13. Velocità massime calcolate a testa tubo nell'Argilla a Palombini.

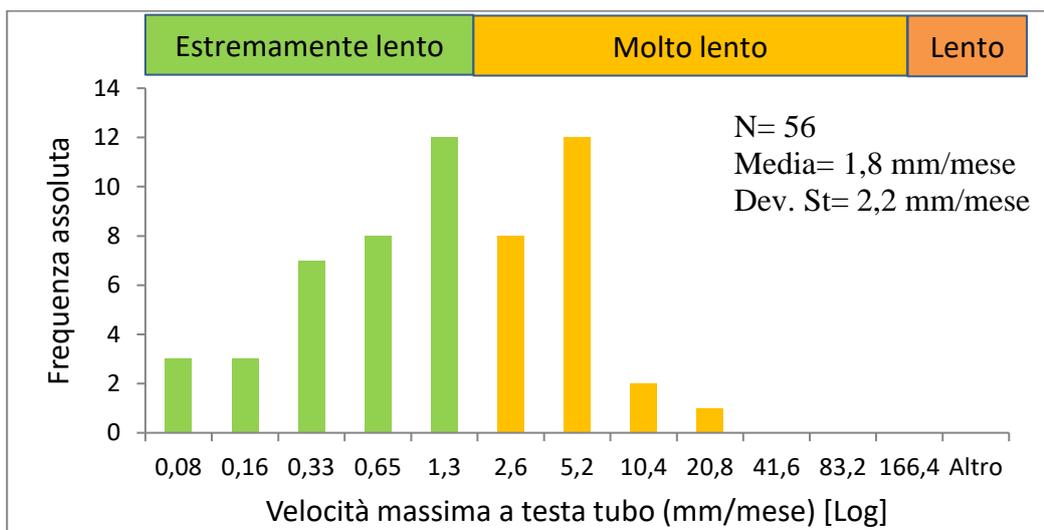


Figura 5.14. Velocità massime calcolate a testa tubo nell'Argilla Varicolori.

Nelle Figure 5.15 e 5.16 si illustrano le distribuzioni statistiche delle velocità medie calcolate a testa tubo, rispettivamente per gli inclinometri ricadenti in Argilla a

Palombini e in Argilla Varicolori. Anche per le velocità medie si hanno valori mediamente più elevati nell'Argilla a Palombini rispetto all'Argilla Varicolori, riscontrando in quest'ultima categoria un evidente picco (assente nelle altre distribuzioni) e una bassa deviazione standard.

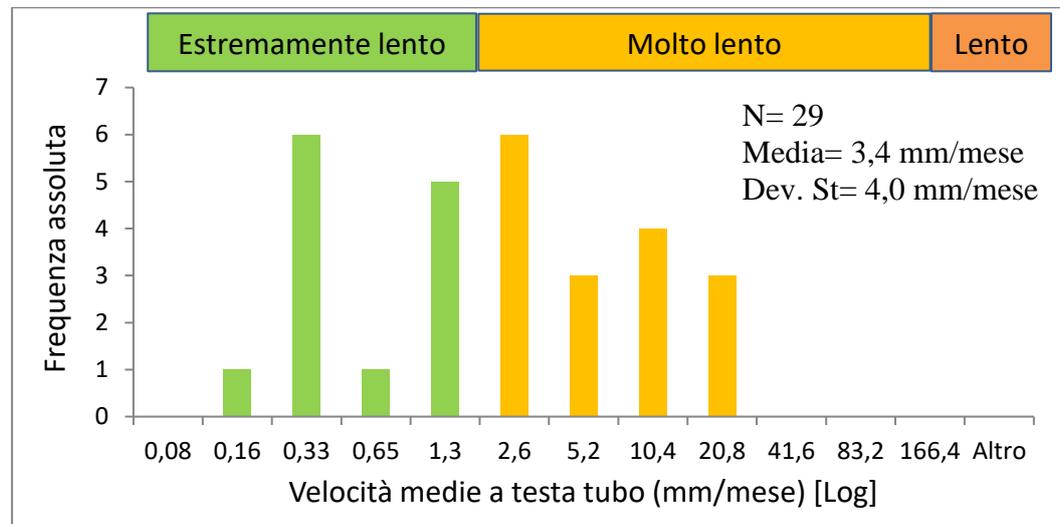


Figura 5.15. Velocità medie calcolate a testa tubo nell'Argilla a Palombini.

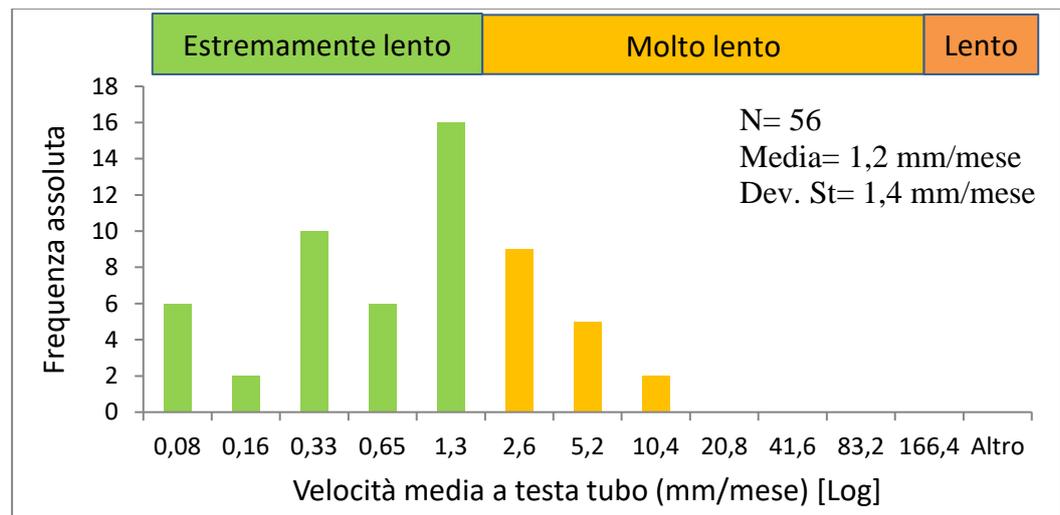


Figura 5.16. Velocità medie calcolate a testa tubo nell'Argilla Varicolori.

Di seguito si illustrano i corpi di frana tramite le sezioni trasversali, col punto di vista da valle verso monte (Figura 5.17 quelle in Argilla a Palombini, Figura 5.18 quelle in Argilla Varicolori), colorando gli inclinometri in funzione della classe di velocità massima calcolata a testa tubo (si sono esclusi gli inclinometri che hanno una sola lettura).

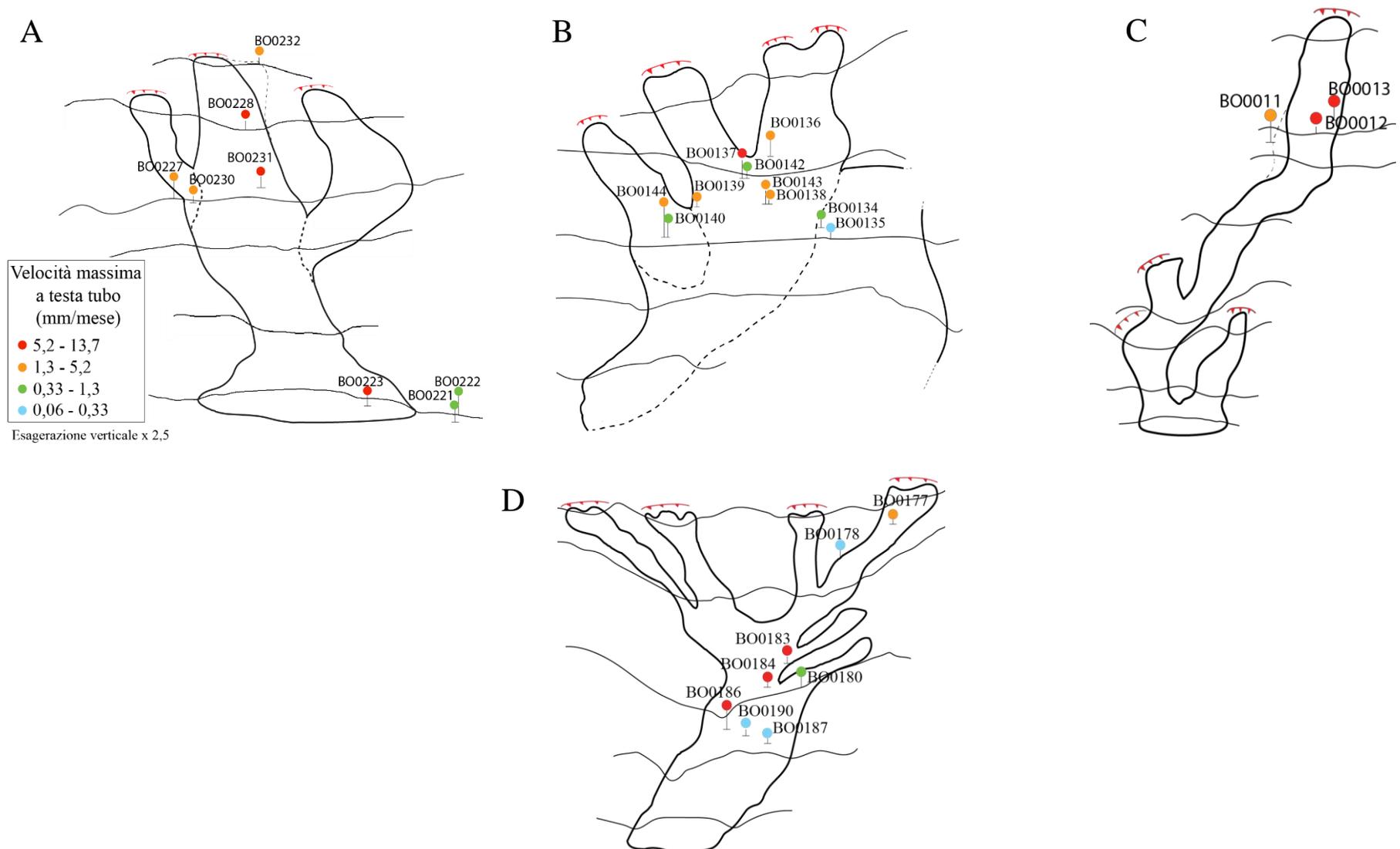


Figura 5.17. Frane e rispettivi inclinometri colorati in funzione della velocità massima calcolata a testa tubo. A) Silla-Montecchi; B) Gaggio Montano; C) Ca' dei Ricci; D) Matella.

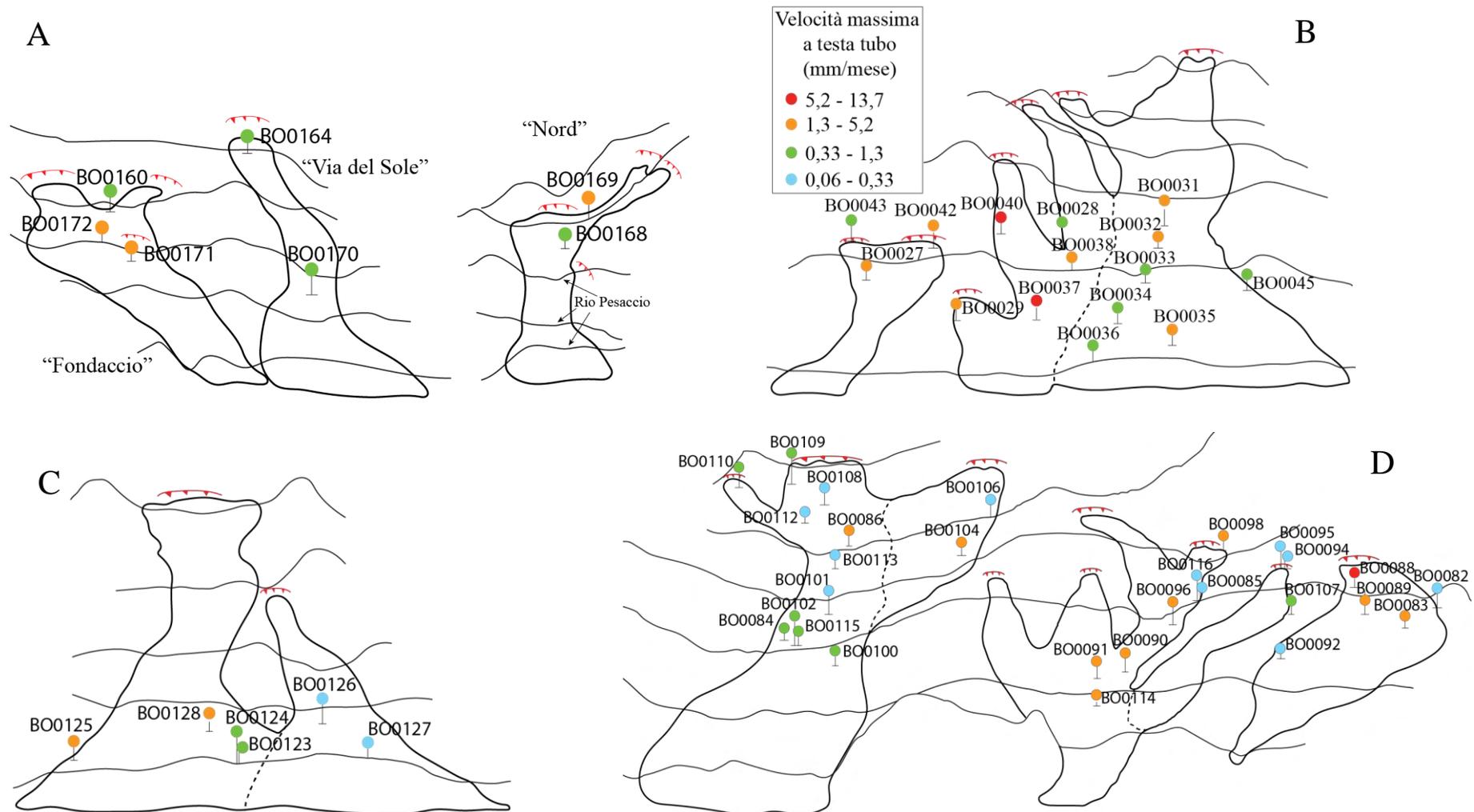


Figura 5.18. Frane e rispettivi inclinometri colorati in funzione della velocità massima calcolata a testa tubo. A) Lizzano in Belvedere; B) Ca' di Faziello; C) Corvella; D) Castiglione dei Pepoli.

La distribuzione spaziale dei valori di velocità illustrati nelle Figure 5.17 e 5.18 indica la tendenza ad avere velocità maggiori a testa tubo lungo la zona assiale del corpo di frana, pur con un certo grado di variabilità dovuto a possibili zone di deposito interne al canale di flusso che mostrano classi di velocità inferiori o, al contrario, riattivazioni secondarie con velocità maggiori. Nelle aree laterali si osservano valori di velocità tendenzialmente inferiori.

Per quanto riguarda l'andamento della velocità tra le diverse zone, si nota come nel distacco si abbiano tendenzialmente valori maggiori di quelli riscontrati nella zona di trasporto e deposito, velocità comunque variabili e che localmente possono non rispecchiare tale andamento: lungo il canale di flusso, zona morfologicamente più complessa per quanto riguarda l'andamento delle velocità, esse spaziano tra tutti gli intervalli (così come definiti nelle Figure 5.17 e 5.18), e la stessa zona di deposito può risentire del movimento avvenuto a monte e accelerare.

## 6. Conclusioni

Lo studio delle colate di terra e della loro evoluzione è stato condotto su diverse scale spaziali e temporali tramite l'osservazione di foto aeree, l'analisi di serie temporali inclinometriche e le descrizioni stratigrafiche dei rispettivi log, corredati da valori di penetrometro tascabile. L'uso di foto aeree e immagini satellitari si è rivelato utile per osservare le modifiche morfologiche dei versanti a grande scala e su lunghi periodi, consentendo di integrare l'Archivio storico regionale con nuove attivazioni non ancora documentate. Inoltre, basandosi sulla posizione degli inclinometri e sul loro andamento di deformazione, è stato possibile aggiornare l'estensione di frana in riferimento ai periodi di riattivazione esaminati, a volte espandendo, altre riducendo, alcuni dei poligoni della Carta Inventario regionale.

Le misure inclinometriche sono state utilizzate per definire i profili di spostamento, i quali hanno permesso: (i) di comprendere il tipo di deformazione e i relativi tassi che interessano la massa indagata; (ii) calcolare le relative velocità di deformazione. Dall'analisi della distribuzione spaziale dei profili inclinometrici si è potuto documentare una superficie di scorrimento ben definita lungo la zona assiale dei corpi di frana, ovvero nelle zone di innesco e trasporto. Al contrario, nelle zone laterali e in quelle di deposito (localmente interne al canale di flusso o al piede della frana) si è osservata deformazione continua lungo la verticale, dunque assenza di una superficie di rottura netta.

Tra la formazione delle Argille a Palombini e quella delle Argille Varicolori si osservano analogie e differenze in termini: geometrici (i.e., relazioni area-lunghezza, area-larghezza locale e area-profondità), cinematici (i.e., forma ed entità delle deformazioni inclinometriche al variare della profondità) e stratigrafici (rispetto alla profondità inclinometrica di rottura).

Le relazioni geometriche per le frane indagate, da un lato confermano la cosiddetta auto-similarità (self similarity) dei corpi di frana, secondo cui le grandezze che definiscono la geometria principale di una frana (area, larghezza, lunghezza e profondità) sono legate tra loro secondo leggi di potenza diretta invarianti, dall'altro evidenziano elevata variabilità locale intra e inter frana. Nel caso della relazione che intercorre tra area e profondità, a volte ciò è dovuto allo scarso numero di inclinometri presenti e/o ad una loro irregolare distribuzione spaziale. A conferma di ciò, i casi in cui si registrano relazioni geometriche più robuste sono quelli caratterizzati da un maggior numero di inclinometri e ad una migliore copertura spaziale.

Per quanto riguarda le velocità nel periodo post-parossistico, si nota un andamento decrescente, tipicamente col valore più elevato che corrisponde alla prima lettura utile. Solo in alcuni inclinometri, prevalentemente ubicati nelle zone di distacco, si osserva un andamento con picchi di velocità multipli dovuti a piccole riattivazioni o all'assestamento della massa in frana. L'analisi della distribuzione spaziale delle velocità documenta velocità maggiori nella fascia assiale (i.e., nelle zone di innesco e trasporto) rispetto a quelle laterali e di deposito, siano esse al piede della frana o lungo il canale di flusso. Questo andamento suggerisce una potenziale relazione tra tipologia di deformazione e valori di velocità: laddove si osserva un profilo inclinometrico con superficie di rottura netta si possono registrare velocità maggiori rispetto alle zone con deformazione continua sulla verticale di lettura. In generale, si osservano mediamente valori di velocità a testa tubo più elevati nelle Argille a Palombini rispetto alle Argille Varicolori, pur avendo nelle prime una maggior variabilità.

Infine, confrontando stratigrafie e profondità di rottura, si è notato come quest'ultima si instauri prevalentemente al contatto tra materiale inalterato e

alterato/rimaneggiato nelle Argille a Palombini. Al contrario, nelle Argille Varicolori sono state osservate superfici di rottura sia al contatto inalterato-alterato, che all'interno di materiale inalterato. A tal proposito, i dati penetrometrici disponibili suggeriscono una tendenza di valori più elevati (spesso fuori scala) in corrispondenza della rottura, che si distinguono dai valori associati ai materiali più superficiali soprastanti. Ciò può suggerire una preferenza allo scorrimento tra spessori di materiale a diversa resistenza, seppur omogenei dal punto di vista litologico.

Nonostante i limiti a volte dovuti alla scarsità di copertura inclinometrica lungo i corpi di frana o alla modesta possibilità di attuare il confronto tra stratigrafie e profondità di scorrimento, i risultati ottenuti mostrano come gli inclinometri rappresentino uno strumento prezioso per comprendere le dinamiche deformative di una frana nelle tre dimensioni, inclusa la parte sottosuperficiale. Questa utilità diventa ancor più fondamentale nei casi in cui informazioni inclinometriche possono essere integrate a rilievi geofisici e ad analisi InSAR (interferometria radar) di deformazione superficiale.

## Bibliografia

- Berti M., 2021. Comunicazioni personali.
- Berti M., Simoni A., Biavati G., Marafioti M., 2007. Studio dei fenomeni franosi di crollo e costruzione di un Database dei parametri geotecnici connessi alle frane. Convezione di Ricerca tra la Regione Emilia-Romagna e il Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, Università di Bologna, Bologna, 46 p.
- Bertolini G., Pizziolo M., 2008. Risk assessment strategies for the reactivation of earth flow in the Northern Apennines (Italy). *Engineering Geology* 102 (2008), 178-192.
- Bertolini G., Guida M., Pizziolo M., 2005. Landslides in Emilia-Romagna region (Italy): Strategies for hazard assessment and risk management. *Landslides* 2(4): 302-312.
- Bertolini G., Canuti P., Casagli N., De Nardo M.T., Egidì D., Mainetti M., Pignone R., Pizziolo M., 2002. Landslide Susceptibility Map of the Emilia-Romagna region, Italy (1:25.000). Systemcart, Roma, Italia.
- Bortolotti V., 1966. La tettonica trasversale dell'Appennino 1. La linea Livorno Sillaro. *Boll. Soc. Geol. It.* 85: 529-540.
- Cruden D.M., Varnes D.J., 1996. Landslide types and processes. In: Turner A.K., Schuster R.L., (Eds), *Landslides: Investigation and Mitigation*: Washington D.C. National Academy Press, Washington D.C., pp. 36-71.
- Dallapozza S., 2008. Dinamica di frane quiescenti tramite analisi di dati inclinometrici. Tesi di Laurea Magistrale in Geoscienze Applicate, Università di Bologna.
- Ferro S., 2004. La frana di Scascoli nell'evoluzione geomorfologica della valle del Savena. Tesi di Laurea in Scienze Geologiche, Università di Bologna.
- Hungr O., Leroueil S., Picarelli L., 2014. The Varnes classification of landslide types, an update. *Landslides* 11: 167-194.
- Hungr O., Evans S. G., Bovis M. J., Hutchinson J. N., 2001. A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7 (3), pp. 221- 238; College station.
- Martelli L., Bonini M., Calabrese L., Corti G., Ercolessi G., Molinari F. C., Piccardi L., Pondrelli S., Sani F., Severi P., 2017. Note Illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe. Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, 94 p.
- Piacentini D., Troiani F., Daniele G., Pizziolo M., 2018. Historical geospatial database for landslide analysis: the Catalogue of Landslide OCcurrences in the Emilia-Romagna Region (CLOCKER). *Landslides* (2018) 15:811-822.
- Pittau S., Pizziolo M., Rossi M., Brardinoni F., 2021. A multi-temporal mapping approach for improving the temporal and spatial characterization of landslide activity in clay-rich terrain. *Rend. Online Soc. Geol. It.* Vol. 54 (2021), pp. 17-31.
- Roering J.J., Kirchner J.W., Dietrich W.E., 2005. Characterizing structural and lithologic controls on deep-seated landsliding: Implications for topographic relief and landscape evolution in the Oregon Coast Range, USA. *Geological Society of America Bulletin*, May/June 2005, 654-668.
- Rossi M., Witt A., Guzzetti F., Malamud B.D., Peruccacci S., 2009. Analysis of historical landslide time series in the Emilia-Romagna region, Northern Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 35, 1123-1137 (2010).

- Simoni A., Ponza A., Picotti V., Berti M., Dinelli E., 2013. Earthflow sediment production and Holocene sediment record in a large Apennine catchment. *Geomorphology* 188 (2013), 42-53.
- Varnes D.J., 1978. Slope movement types and processes. In: Schuster RL, Krizek RJ (eds) *Landslides, analysis and control*, special report 176: Transportation research board, National Academy of Sciences, Washington, DC., pp. 11–33
- Villi F., 2016. Analisi dei fenomeni franosi lenti nell'abitato di Gaggio Montano mediante interferometria radar. Tesi di Laurea Magistrale in Geologia e Territorio, Università di Bologna, 92 p.

## **Sitografia**

Consorzio TeA  
([servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/VIGM3137\\_H5/index.html](http://servizimoka.regione.emilia-romagna.it/mokaApp/apps/VIGM3137_H5/index.html))

Engauge Digitizer  
(<http://digitizer.sourceforge.net/usermanual/tutormanpointgraph.html>)

Geoportale Emilia-Romagna  
([geoportale.regione.emilia-romagna.it](http://geoportale.regione.emilia-romagna.it))

Ispra ambiente  
([www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it))

Portale minERva  
([datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/dataset?q=geologia](http://datacatalog.regione.emilia-romagna.it/catalogCTA/dataset?q=geologia))

Servizi WMS del Geoportale Nazionale  
([www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms](http://www.pcn.minambiente.it/mattm/servizio-wms))

## **Ringraziamenti**

Innanzitutto, è d'obbligo ringraziare i Geologi Anna Rita Bernardi e Giuseppe Caputo del Servizio sicurezza territoriale e Protezione Civile Bologna (facente parte dell'Agenzia regionale per la sicurezza territoriale e la Protezione Civile), per i dati su cui si basa il lavoro di tesi e l'aiuto fornitomi. Un sentito ringraziamento anche al mio relatore, per avermi guidato e consigliato durante l'analisi e la stesura di questo elaborato.

Grazie a tutti quelli che in questi anni hanno creduto in me e nelle mie scelte, supportandomi in tutti i modi possibili: i miei genitori, amiche e amici di una vita e il mio fidanzato; tuttora continuate ad alleviare le mie ansie sul futuro, è difficile esprimere quanto vi sono grata per questo.

E per ultima, ma non per questo meno importante, grazie nonna... Oggi non sei fisicamente presente ma so che saresti orgogliosa di me e di questo traguardo, perciò te lo dedico.

## APPENDICI

### APPENDICE 1: Descrizione estesa delle unità geologiche e delle coperture quaternarie presenti nelle aree di studio

#### *A1.1 Unità di catena*

##### *Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano*

###### Formazione di Castiglione dei Pepoli - CDP

Alternanze arenaceo-pelitiche in strati gradati con areniti da nettamente prevalenti a leggermente subordinate. Le areniti hanno colore grigio, composizione litofeldspatica e sono ben cementate. Le peliti sono anch'esse grigie e moderatamente indurite. Le impronte di fondo indicano Paleocorrenti con provenienza dei flussi da W-NW. La formazione è divisa in due membri parzialmente eteropici (CDP<sub>2</sub> e CDP<sub>1</sub>); potenza presunta oltre 1000 metri, con contatto inferiore su STA<sub>3</sub>. (Burdigagliano?- Langhiano).

###### Marne di Civago – CIV

Marne o marne siltose ad elevato contenuto in silice; colore variabile dal grigio verde al grigio scuro, con possibili intercalazioni a liste di selce nera. Nella parte bassa sono talora presenti breccie argillitico-calcaree a elementi liguri e sub-liguri. Spessore massimo circa 150 m. Aquitaniano.

##### *Dominio Ligure*

###### Formazione di Camugnano – CAU

Unità tettonica costituita da alternanze arenaceo-pelitiche in strati gradati da sottili a spessi con A/P variabile da 1 a molto maggiore di 1. Le areniti sono ben cementate di colore grigio, grana da media a molto grossolana con composizione litica con prevalenti grani carbonacei terrigeni; le peliti sono di colore verdastro e grigio-nerastro, compatte e prive in genere di scagliosità. Potenza parziale affiorante: 150-200 m. (Turoniano- Santoniano).

###### Argille variegata di Grizzana Morandi - AVT

Argilliti grigie, grigio azzurrognole e subordinatamente verdi, rosse e nere con intercalati, occasionalmente, calcilutiti in strati sottili e siltiti nere manganesifere. Formazione intensamente deformata interessata da foliazione pervasiva. Presenti inclusi da metrici a decametrici di ofioliti talora cartografabili. Potenza geometrica massima 50-70 metri. Contatti stratigrafici inferiore e superiore non preservati. Depositi pelagici e torbiditici distali di piana bacinale. (Cenomaniano Sup.- Santoniano Sup.).

###### Unità argilloso-calcareo – AVC

Argilliti, talora marnose, in sfumature blu, verdi, grigie e nerastre in superficie fresca e nocciola piuttosto uniforme in superficie alterata, in starti sottili e con intercalazioni di calcilutiti grigie (bianco-giallastre in superficie alterata), talora marnose al tetto prevalentemente in strati medi e spessi. Talora sono presenti strati

gradati sottili di siltiti e areniti. Rapporto argilla/calcareo  $>1$  o  $\gg 1$ ; a luoghi le calcilutiti e le siltiti sono assenti.

Deformazione tettonica intensa che dà origine a foliazione ben marcata ed estremamente pervasiva nelle argilliti, mentre i livelli più competenti si presentano sottoforma di boudins e cerniere sradicate. Sono presenti inclusi ofiolitici rappresentati da basalti, gabbri, serpentiniti e peridotiti e inclusi di breccie poligeniche ed elementi ofiolitici, talora di dimensioni cartografabili. Potenza geometrica massima fino a 700-800 metri; contatti stratigrafici inferiore e superiore non preservati. Depositi pelagici e torbiditici di piana bacinale.

(Albiano- Eocene?).

#### Argille a Palombini - APA

Argilliti prevalentemente grigio-piombo e grigio-azzurrognole (più raramente brune, rosse o verdi) cui si intercalano calcari silicei grigio-bluastri, calcilutiti e calcisiltiti grigie in strati sottili e medi. Subordinate alternanze di sottili torbiditi arenaceo-pelitiche grigie e grigio-verdognole. La litofacies calcareo-marnosa (APAE), potente fino a 50 m, è caratterizzata da torbiditi decimetriche a base arenitico fine-siltitica e tetto calcareo-marnoso o marno-siltoso.

Spessore della formazione non valutabile con precisione a causa dell'intensa tettonizzazione, ma non superiore a 300 m. Contatto stratigrafico inferiore non affiorante; limite tettonico con i vari termini delle successioni delle unità toscane e tosco-umbre. Depositi di piana abissale con torbiditi distali carbonatiche e terrigene.

(Barremiano? – Turoniano).

#### Arenarie di Monte Gabba – AMG

Litareniti medie o grossolane, con clasti di origine sedimentaria, vulcanica e metamorfica, in strati da medi a molto spessi. Frequenti amalgamazioni tra strati sovrapposti. Il rapporto A/P è molto maggiore di 1; la potenza massima è di circa 150 m.

(Cenomaniano- Turoniano?).

### *A1.2 Coperture quaternarie e depositi*

#### Subsistema di Ravenna – AES<sub>8</sub>

Elemento sommitale di AES. Ghiaie, sabbie, limi e argille di terrazzi alluvionali, con il limite inferiore inconforme e il limite superiore coincidente col piano topografico e costituito da suolo poco evoluto, non calcareo, con fronte di alterazione compreso tra 0,5 e 1,5 m (Inceptisuolo), con resti archeologici di età dal Neolitico al Romano, oppure da un suolo poco evoluto calcareo (Entisuolo). La presenza di quest'ultimo identifica localmente l'Unità di Modena (AES<sub>8a</sub>).

Età compresa tra Pleistocene Superiore- Olocene, fino all'attuale.

#### Unità di Modena - AES<sub>8a</sub>

Costituisce la parte sommitale di AES<sub>8</sub>. Comprende sabbie, limi, argille; limite inferiore inconforme, marcato da una superficie di erosione fluviale correlabile lateralmente con un Inceptisuolo, mentre il limite superiore coincide col piano topografico. Spessore massimo: 5 m circa.

Età post-romana fino all'attuale, definita su base archeologica e radiometrica.

## *Depositi quaternari privi di una formale connotazione stratigrafica*

### Corpi di frane in evoluzione – a<sub>1</sub>

Colamenti, scorrimenti rotazionali o roto-traslazionali con frequente evoluzione in colate (frane complesse), scorrimenti traslazionali o roto-traslazionali di detrito. Sono perlopiù accumuli caotici di frammenti litoidi eterometrici, spesso eterogenei, in matrice sabbioso-limosa o limo-argillosa più o meno abbondante, con evidenze di movimento in atto.

### Corpi di frane senza indizi di evoluzione – a<sub>2</sub>

Come a<sub>1</sub>, ma senza evidenze di movimento in atto.

### Depositi di versante indifferenziati – a<sub>3</sub>

Materiali eterogenei ed eterometrici, prevalentemente incoerenti, originati sia da trasporto gravitativo, sia da ruscellamento superficiale diffuso. Corrispondono spesso a lembi residuali di antiche frane o paleofrane, più o meno intensamente rimodellate, o a forme la cui genesi non è singolarmente identificabile.

### Depositi eluviali e colluviali – a<sub>4</sub>

Materiali a tessitura fine, da sabbioso-limosi a limo-argillosi, con inglobati rari frammenti litoidi eterometrici, prevalentemente di limitate dimensioni. Si trovano spesso, oltre che su versanti poco acclivi e specialmente alla loro base, sulle testate di paleofrane, di DGPV e come riempimento di relative trincee.

## APPENDICE 2: Archivio storico delle frane (da Regione Emilia-Romagna)

### LEGENDA DELLA CARTA DEL DISSESTO

	Perimetro della frana storicamente documentata
	a1a - Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento
	a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
	a1d - Deposito di frana attiva per colamento di fango
	a1e - Deposito di frana attiva per colamento detritico
	a1g - Deposito di frana attiva complessa
	a2b - Deposito di frana quiescente per scivolamento
	a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
	a2e - Deposito di frana quiescente per colamento detritico
	a2g - Deposito di frana quiescente complessa
	a2h - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV
	a3 - Deposito di versante s.l.
	a4 - Deposito eluvio-colluviale
	a6 - Detrito di falda
	b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
	bn - Deposito alluvionale attualmente non in evoluzione

#### A2.1 Sito: Silla Montecchi

*4 eventi di frana (GISID: 90562)*

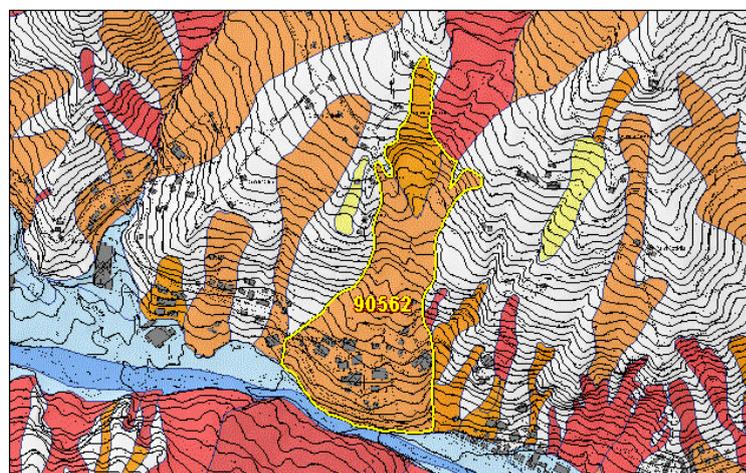
**Silla Strada Porretta Terme – Fanano**

[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=90562](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=90562)

#### INQUADRAMENTO

- Superficie totale: 26.85 ettari
- Comune di ALTO RENO TERME - Provincia di Bologna

#### LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO



#### 4. EVENTO DEL 1940

- Data: 16-18/11/1940 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: dissesto che ha interessato l'attuale zona industriale. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]

#### 3. EVENTO DEL 1937

- Data: marzo - aprile 1937 [precisione bimestrale]
- Descrizione: zona di distacco all'altezza di Cà di Carlone. Area compresa tra Cà Lago, Cà di Carlone, Cà Femmina Morta di sotto, l'alveo del T. Silla. Ostruzione dell'alveo del T. Silla [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: lunghezza = 940 m, larghezza = 480 m, area = 0,26 km<sup>2</sup>.
- È presente documentazione presso il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

#### 2. EVENTO DEL 1934

- Data: inizio marzo 1934 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: distruzione di un tratto della Strada Porretta Terme - Fanano, poco a monte di Silla. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: larghezza = circa 25 m.

#### 1. EVENTO DEL 1901

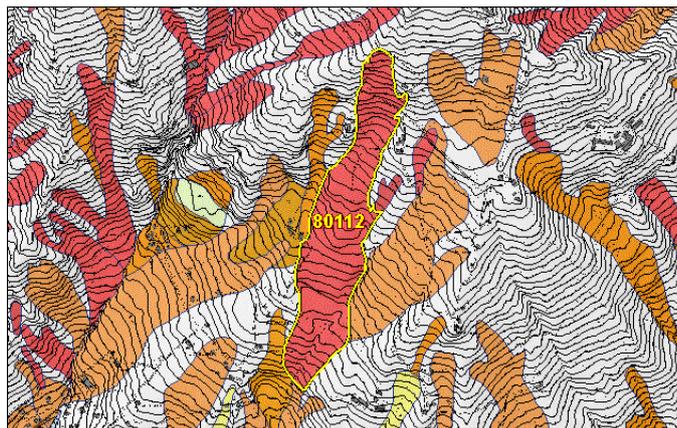
- Data: 21/12/1901 [giorno certo]
- Descrizione: a monte della strada Porretta-Fanano, 1 km dalla foce del T. Silla. La frana è stata preceduta dalla costruzione della strada Porretta-Fanano. Sconvolgimento del terreno con formazione di ristagni di acqua. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: lunghezza = 800 m, larghezza = 600 m, area = 0,40 km<sup>2</sup>.

**3 eventi di frana (GISID:80112)**  
**Costa - Montecchi Poggio del Buco Madreva Silla Poggiol**  
[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=80112](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=80112)

### **INQUADRAMENTO**

- Superficie totale: 24.18 ettari
- Comune di GAGGIO MONTANO - Provincia di Bologna

### **LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO**



### **3. EVENTO DEL 2014**

- Data: 11/02/2014 [giorno certo]
- Descrizione: la frana interessa tutto il versante che dalla località Costa degrada fino all'alveo del Torrente Silla, in corrispondenza dell'area industriale dell'abitato di Silla. Si tratta di una frana complessa, caratterizzata da fenomeni di scorrimento profondo e colate più superficiali. Gli spessori interessati dalla riattivazione, che nella parte alta si possono stimare nell'ordine dei 10-12m, aumentano verso valle fino a superare i 30 m.

Le prime evidenze di deformazione si sono manifestate dopo le piogge di ottobre-novembre 2013, con tagli nel terreno e spostamenti di alcuni centimetri nella parte alta dell'accumulo. L'11 febbraio 2014 il fenomeno ha subito un'accelerazione parossistica e nel giro di poche ore sono stati coinvolti l'intera zona di coronamento e la strada comunale che interseca la frana nella parte alta. Il movimento si è propagato rapidamente nei giorni successivi verso valle, con meccanismo di scorrimento, determinando un progressivo allargamento ed approfondimento del fronte in movimento che, nel giro di circa un mese, ha raggiunto una lunghezza complessiva di 1200 m. Gli spostamenti registrati nel periodo 11 Febbraio - 23 Marzo variano da un massimo di 40-50m nella parte medio alta, fino a ridursi a pochi cm in prossimità della quota 500m s.l.m., al disotto della quale non si sono registrati ulteriori movimenti.

Ulteriore segnalazione per un piccolo aggravamento avvenuto nel febbraio 2016 sul lato sinistro della frana con deposito di materiale sul corpo stradale. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]

- Cause innesco: eventi meteo dicembre 2013 - marzo 2014
- Danni e interventi: I danni prodotti sono riferibili alla strada comunale di Montecchi ed alle opere di drenaggio superficiale e sotterraneo, costituite

da canalette superficiali e da due batterie di pozzi drenanti a grande diametro, irrimediabilmente danneggiate. Attivo un monitoraggio di tipo periodico mediante strumentazione GNSS da parte dei Servizi regionali competenti, in aggiunta al monitoraggio in continuo dell'Università di Bologna. È attivo, inoltre, un monitoraggio inclinometrico sui fori residuali ancora funzionanti nella parte medio bassa della frana, installati dopo l'episodio del 1994 da parte all'Unione dei Comuni dell'Appennino Bolognese che verranno integrati con ulteriori due inclinometri. L'Unione dei Comuni ha avviato interventi di regimazione delle acque superficiali e per garantire la funzionalità dei pozzi drenanti.

## 2. EVENTO DEL 2003

- Data: inizio maggio 2003 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: scorrimento rototraslativo - colata. Danneggiamento dell'alveo del Rio Secco. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: lunghezza=675m; larghezza=210m; perimetro=15m; area=101,250 m<sup>2</sup>; volume=1518750 m<sup>3</sup>.

## 1. EVENTO DEL 1994

- Data: 14/11/1994 [giorno certo]
- Descrizione: scivolamento roto traslativo che ha causato danni a terreni agricoli e lesioni ad alcune abitazioni. Interessata l'area compresa tra le loc. Costa Montecchi, Poggiol del Buco, Madreva, sino a 75 m a monte della strada di Belvedere di Foresta; al piede giunge alla zona di distacco della frana del marzo 1937. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: Frana attiva: lunghezza = 620 m, larghezza = 190, area = 0,082 km<sup>2</sup>. In totale (compresi i settori con deformazioni al suolo e sulle strutture): lunghezza = 1000 m, larghezza = 380 m, area = 0.187 km<sup>2</sup>.

## A2.2 Sito: Gaggio Montano

### 2 eventi di frana (GISID: 90593)

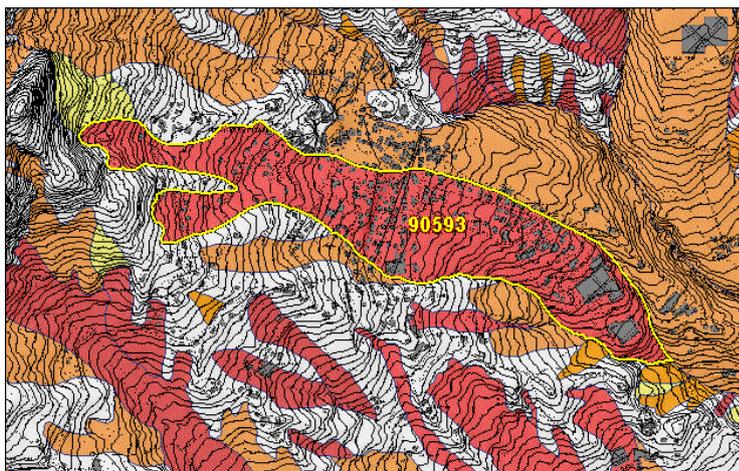
#### Gaggio Montano Bologna

[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=90593](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=90593)

### INQUADRAMENTO

- Superficie totale: 59.8 ettari
- Comune di GAGGIO MONTANO - Provincia di Bologna

### LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO



#### 2. EVENTO DEL 1989

- Data: inverno 1988-1989 [indicazione della stagione]
- Descrizione: Gaggio Montano, rilevamento attraverso gli inclinometri di deformazioni (massimo 5 mm) nel versante in frana su cui sorge l'abitato. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: Versante a nord di Gaggio: lunghezza = 1100 m, larghezza max = 400 m, larghezza min = 150 m, perimetro = circa 10 m, area = 0,25 km<sup>2</sup>.

#### 1. EVENTO DEL 1925

- Data: 1925 [indicazione dell'anno]
- Descrizione: largo movimento di terra di antica data. Gaggio Montano. Zona di distacco sul versante sotto Case Montilocco. Area compresa tra le loc. strada di Gabba, bivio Zucchi, mulattiera per le scuole a Cà Saltino, Le Coste, Casa Docciola, Cà Peri, la Casetta sotto la strada di Porretta. [Localizzazione: Buona approssimazione].

## A2.3 Sito: Matella

### *5 eventi di frana (GISID: 90410)*

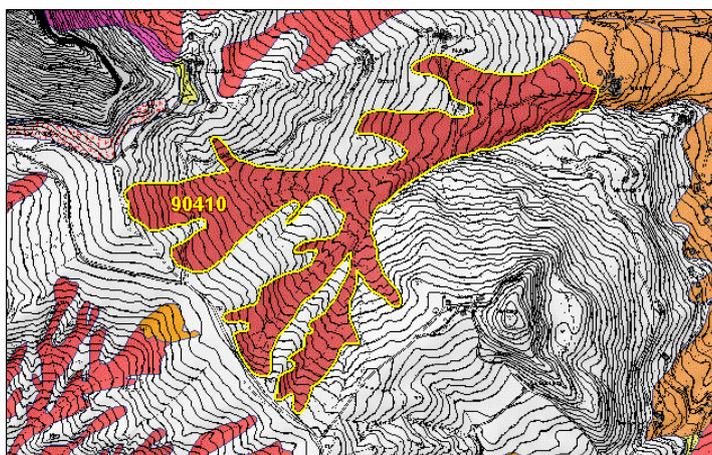
**Camugnano - Strada La Lastra Matella Strade da per Burzanella  
loc. a 70 m dal ponte sul Rio Vezzano. Cardeda (in  
corrispondenza del rio)**

[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=90410](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=90410)

## INQUADRAMENTO

- Superficie totale: 28.72 ettari
- Comune di CAMUGNANO - Provincia di Bologna

## LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO



### 5. EVENTO DEL 2002

- Data: 08/03/2002 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: movimento franoso che ha coinvolto la sede stradale, asportandola con conseguente interruzione del transito veicolare. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: non note
- Cause innesco: precipitazioni del periodo ed errata regimazione delle acque meteoriche

### 4. EVENTO DEL 2001

- Data: 12/04/2001 [giorno certo]
- Descrizione: attivazione del movimento franoso che ha coinvolto la sede stradale, asportandola con conseguente interruzione del transito veicolare. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: non note
- Cause innesco: abbondanti ed intense piogge invernali

### 3. EVENTO DEL 1998

- Data: 18/06/1998 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: movimento franoso che ha coinvolto la sede stradale, asportandola con conseguente interruzione del transito veicolare. [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]
- Dimensioni del fenomeno: non note
- Cause innesco: abbondanti e intense precipitazioni del periodo

## 2. EVENTO DEL 1980

- Data: 23/05/1980 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: vasto movimento franoso che ha coinvolto spalla e muro d'ala in destra idraulica del manufatto provocando lo sgretolamento parziale delle murature [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: non note
- Cause innesco: abbondanti e intense precipitazioni del periodo

## 1. EVENTO DEL 1951

- Data: 08/02/1951 [giorno certo]

### A2.4 Sito: Corvella

#### *2 eventi di frana (GISID: 90814)*

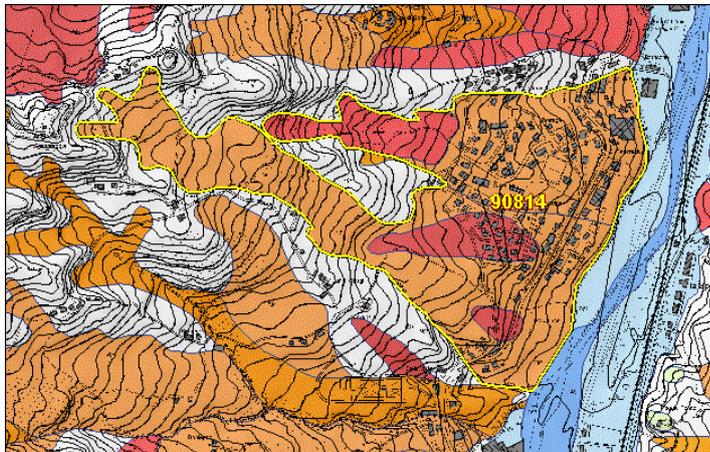
#### **Corvella - Pucciga**

[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=90814](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=90814)

### **INQUADRAMENTO**

- Superficie totale: 47.01 ettari
- Comune di ALTO RENO TERME - Provincia di Bologna

### **LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO**



## 2. EVENTO DEL 1902

- Data: 13/02/1902 [giorno certo]
- Descrizione: due frane adiacenti in loc. Pucciga e Corvella. Riattivazione del movimento del novembre 1901. L'area ha forma di due triangoli uniti, con base comune posta lungo la Porrettana. Scorrimento traslativo: " si è potuto osservare che i terreni campestri nell'intera zona franata coltivata . . non hanno subito danni notevoli essendo trascorsa tutta la massa con movimento uniforme verso il fiume formando ristagni di acqua dovuti alla deviazione di piccoli fossi" . I maggiori danni sono stati a carico di caseggiati, distrutti e danneggiati. L'accumulo si è riversato nell'alveo del F. Reno. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: Pucciga: lunghezza = circa 1500 m. Corvella: lunghezza = circa 700 m. Tratto comune alle due frane, larghezza = 700 m.

## 1. EVENTO DEL 1901

- Data: 12/11/1901 [giorno certo]
- Descrizione: riattivazione di una frana antica segnalata sin dal 1802. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno:  $A = 0,10 \text{ km}^2$ .

### A2.5 Sito: Lizzano in Belvedere

#### *1 eventi di frana (GISID: 152385)*

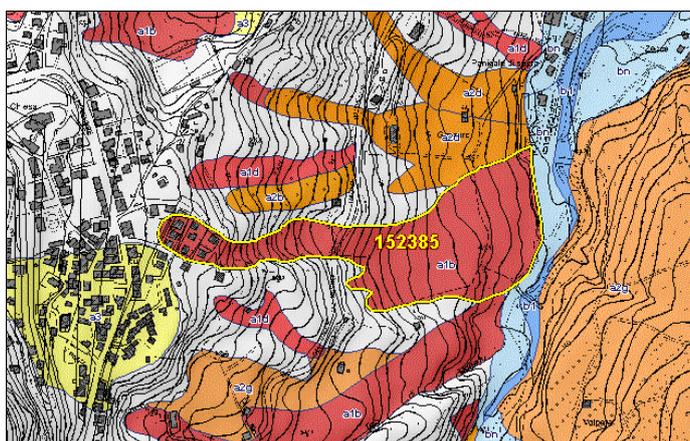
#### **Via del Sole Lizzano in Belvedere**

[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=152385](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=152385)

### INQUADRAMENTO

- Superficie totale: 6.7 ettari
- Comune di LIZZANO IN BELVEDERE - Provincia di Bologna

### LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO



## 1. EVENTO DEL 2009

- Data: 22/01/2009 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: aggravamento di dissesto a valle di Via del Sole; una nicchia si evidenzia in corrispondenza di una strada privata, terra e fango si riversano sulla SP ai piedi del pendio. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Cause innesco: Precipitazioni e nevicate del periodo novembre 2008 - gennaio 2009

#### *5 eventi di frana (GISID: 90618)*

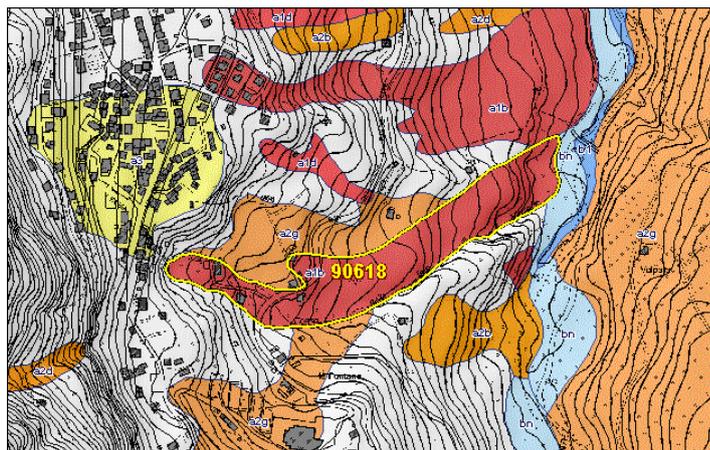
#### **Fondaccio**

[https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs\\_dis.jsp?id=90618](https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/fs/fs_dis.jsp?id=90618)

### INQUADRAMENTO

- Superficie totale: 4.93 ettari
- Comune di LIZZANO IN BELVEDERE - Provincia di Bologna

## LOCALIZZAZIONE FRANA STORICA E CARTA DEL DISSESTO



### 5. EVENTO DEL 2009

- Data: 2009 [indicazione dell'anno]
- Descrizione: frana in continuo movimento, e per la quale sono in corso lavori di consolidamento dell'abitato [Localizzazione: Verificata da documentazione tecnica]

### 4. EVENTO DEL 1951

- Data: 04/01/1951 [giorno certo]
- Descrizione: a valle dell'abitato di Lizzano in Belvedere in località Fondaccio, la zona di distacco giunge a circa 10 m dalle prime case. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: lunghezza = 200 m, larghezza = 30 m.

### 3. EVENTO DEL 1939

- Data: 29 maggio - 2 giugno 1939 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: riattivazione di un'antica frana. [Localizzazione: Buona approssimazione]

### 2. EVENTO DEL 1926

- Data: autunno 1926 [indicazione della stagione]
- Descrizione: abitato di Lizzano in Belvedere. Riattivazione della frana di Fondaccio del luglio del 1921, in sinistra del Fosso della Tola, loc. Moredo. [Localizzazione: Buona approssimazione]

### 1. EVENTO DEL 1921

- Data: 28/07/1921 [breve periodo certo (1-7gg)]
- Descrizione: Lizzano in Belvedere, loc. Fondaccio in sinistra del Fosso della Tola. Riattivazioni della frana sono segnalate nell'autunno 1926, nel maggio 1939, nel gennaio 1951, alla fine degli anni Ottanta. Ostruzione degli alvei dei Fossi della Tola e di Figaro. [Localizzazione: Buona approssimazione]
- Dimensioni del fenomeno: lunghezza = 400 m, larghezza = 200 m, area = 0,048 km<sup>2</sup>.

### APPENDICE 3: Classificazione delle velocità per fenomeni franosi

Tabella A3.1 Classi di velocità per fenomeni franosi (estratto da Cruden & Varnes, 1996).

Classe	Descrizione	Velocità	V (mm/sec)	V (mm/giorno)	V (mm/mese)	V (mm/anno)
7	Estremamente rapido	5 m/sec	5.0E+03	4.3E+08	1.3E+10	1.6E+11
6	Molto rapido	3 m/min	5.0E+01	4.3E+06	1.3E+08	1.6E+09
5	Rapido	1.8 m/ora	5.0E-01	4.3E+04	1.3E+06	1.6E+07
4	Moderato	13 m/mese	5.0E-03	432	1.3E+04	1.6E+05
3	Lento	1.6 m/anno	5.0E-05	4.3	130	1600
2	Molto lento	16 mm/anno	5.0E-07	0.043	1.3	16
1	Estremamente lento					

Vulnerabilità associata ad ogni classe:

**CLASSE 7:** Gli elementi a rischio presenti nell'area sono distrutti all'impatto con la massa dislocata, la rapidità dell'evento e l'impossibilità di fuga causa un numero elevato di morti.

**CLASSE 6:** Gli elementi a rischio presenti nell'area sono distrutti all'impatto con la massa dislocata e la difficoltà di evacuazione causa la perdita di alcune vite umane.

**CLASSE 5:** Gli elementi a rischio presenti nell'area sono distrutti all'impatto con la massa dislocata tuttavia le velocità coinvolte consentono l'evacuazione delle persone.

**CLASSE 4:** Gli elementi a rischio presenti nell'area possono subire gravi danni. È possibile il mantenimento di alcune strutture temporanee e non vulnerabili.

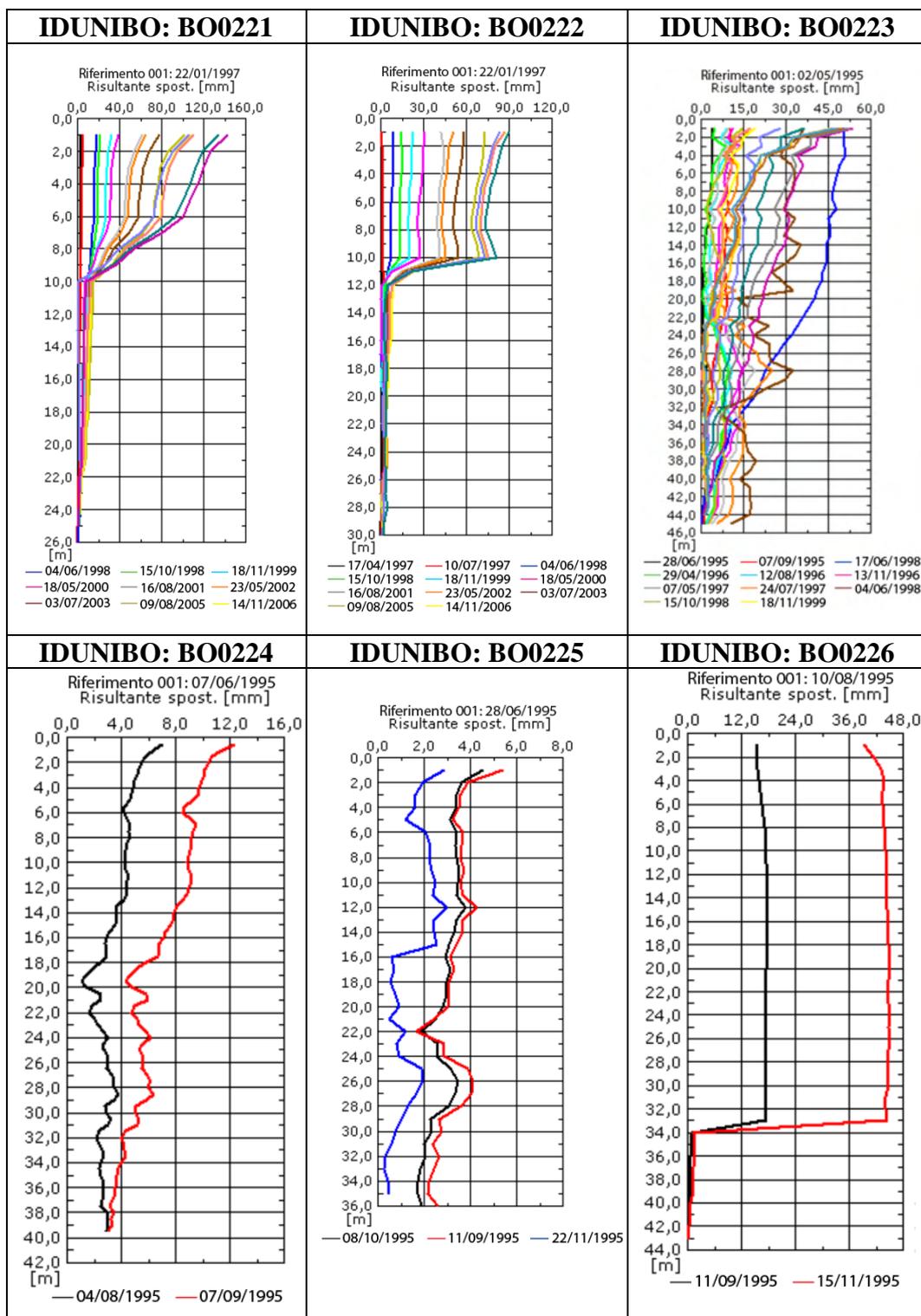
**CLASSE 3:** Gli elementi a rischio presenti nell'area possono subire danni moderati. Durante il movimento è possibile la manutenzione, la riparazione e il rinforzo delle strutture.

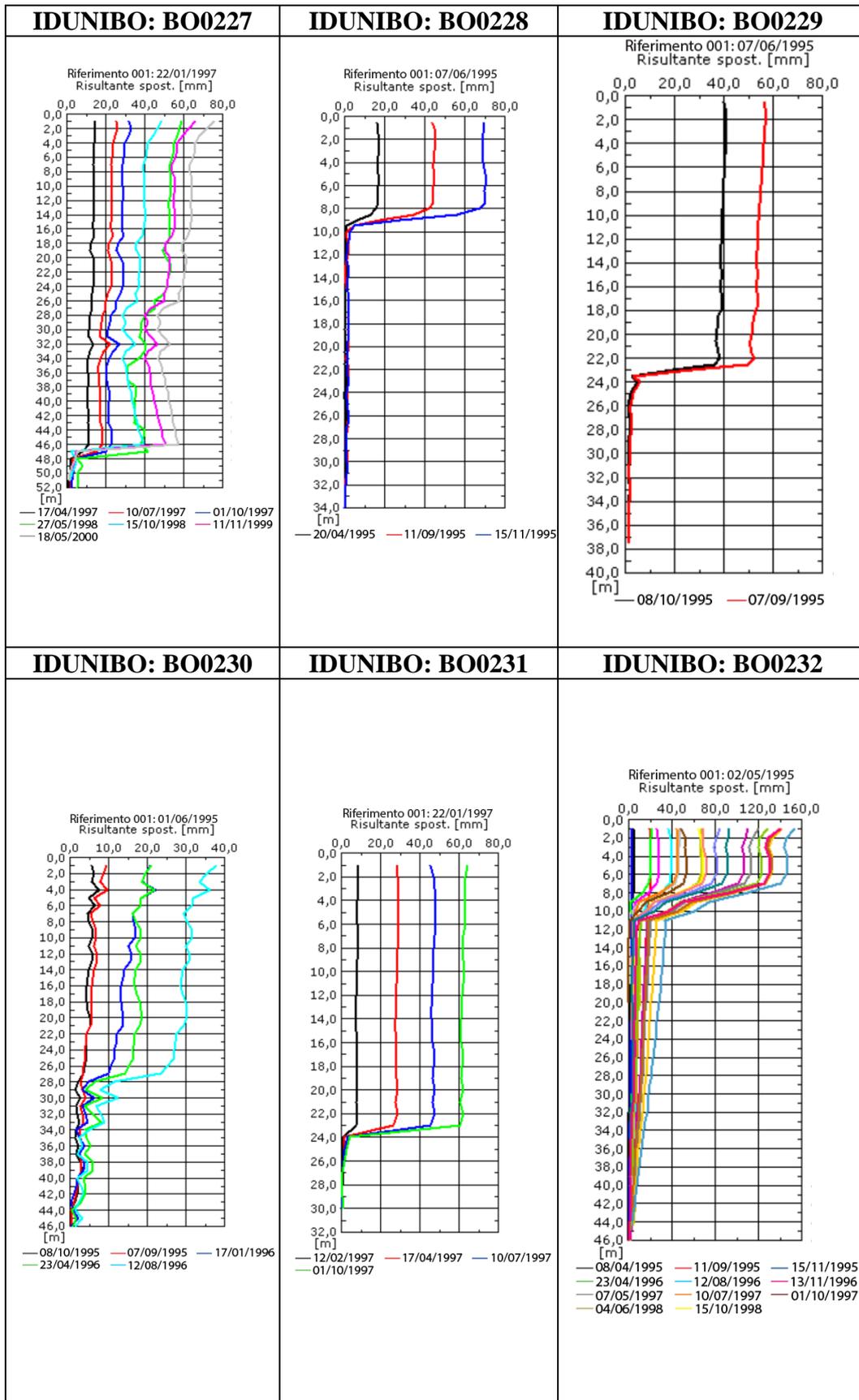
**CLASSE 2:** Alcuni elementi a rischio presenti nell'area non subiscono danni.

**CLASSE 1:** I movimenti sono rilevabili con gli strumenti. Nelle aree vulnerabili è possibile realizzare un'opera adottando delle precauzioni; convivenza coi movimenti e danni minimi.

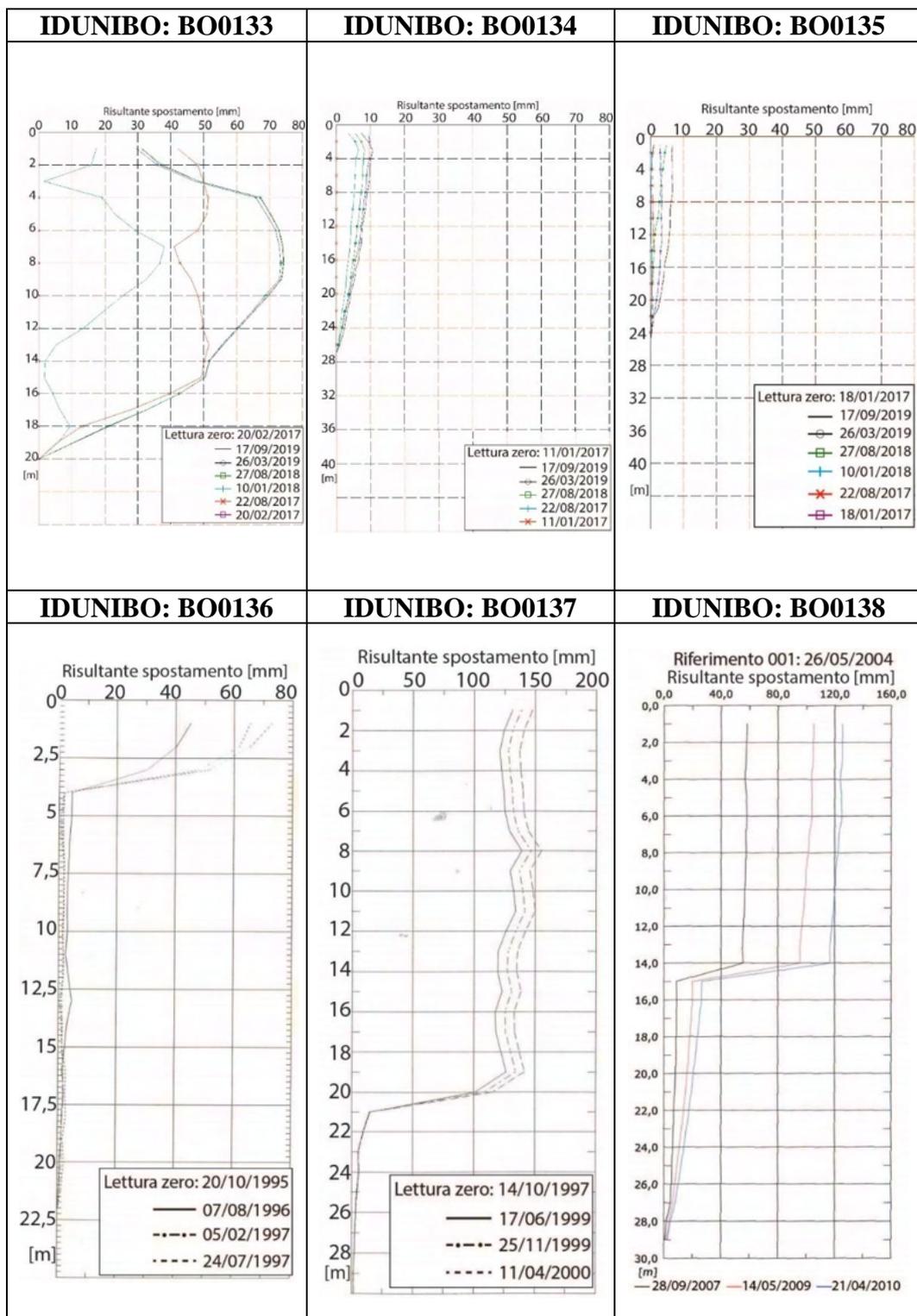
## APPENDICE 4: Profili inclinometrici, risultante spostamenti differenziali integrali dal basso.

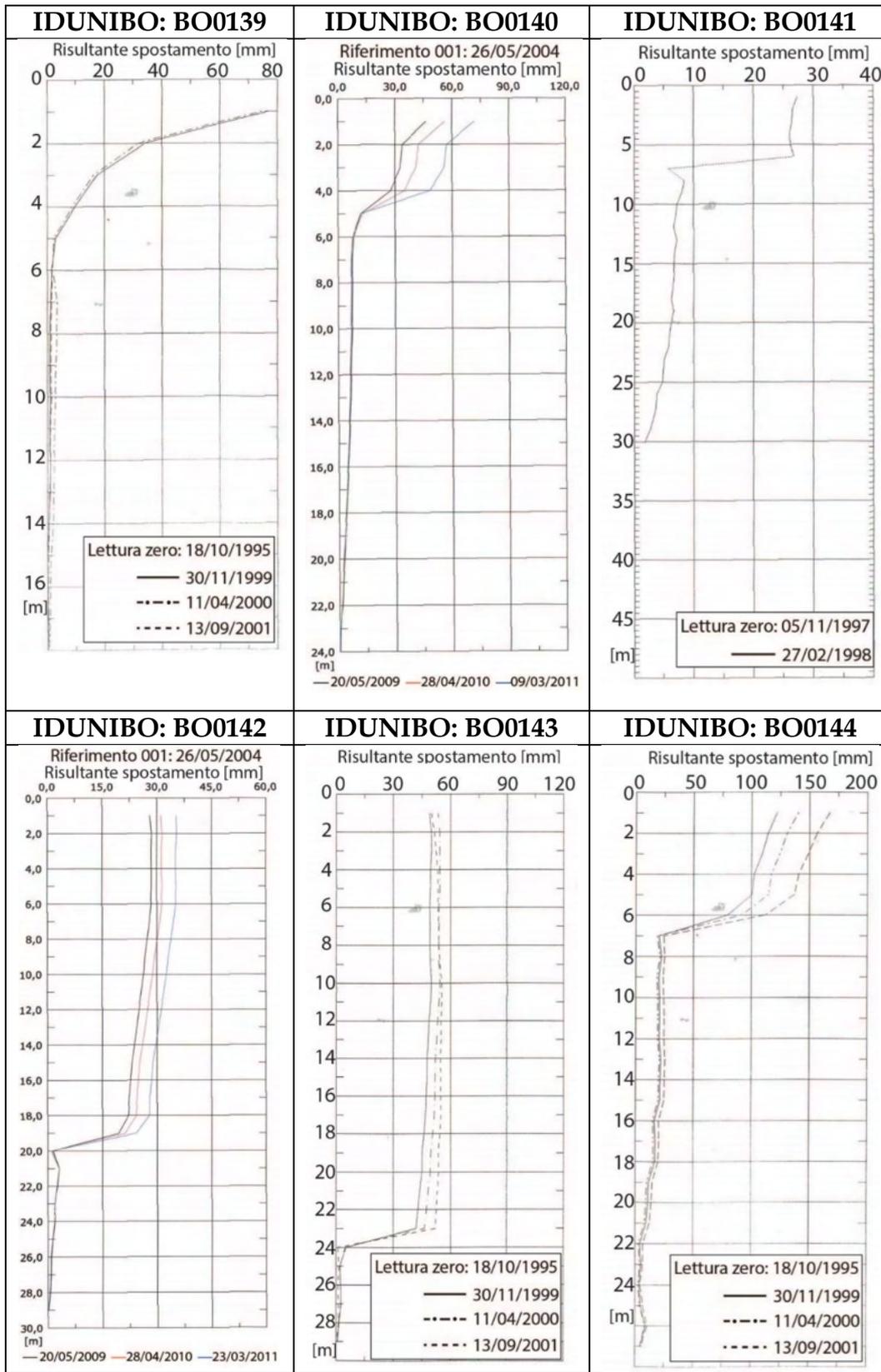
### A4.1 Sito: *Silla- Montecchi*



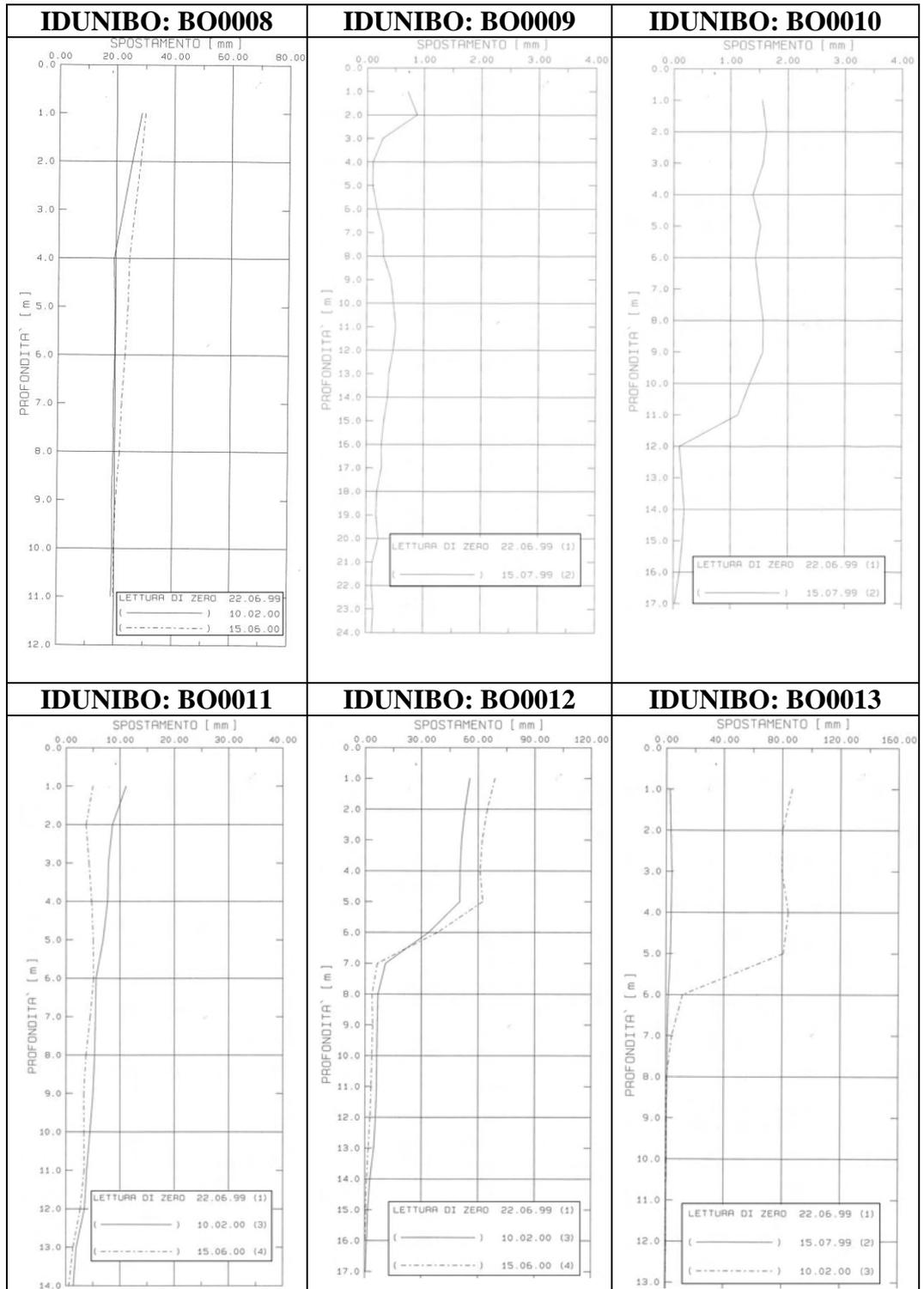


## A4.2 Sito: Gaggio Montano

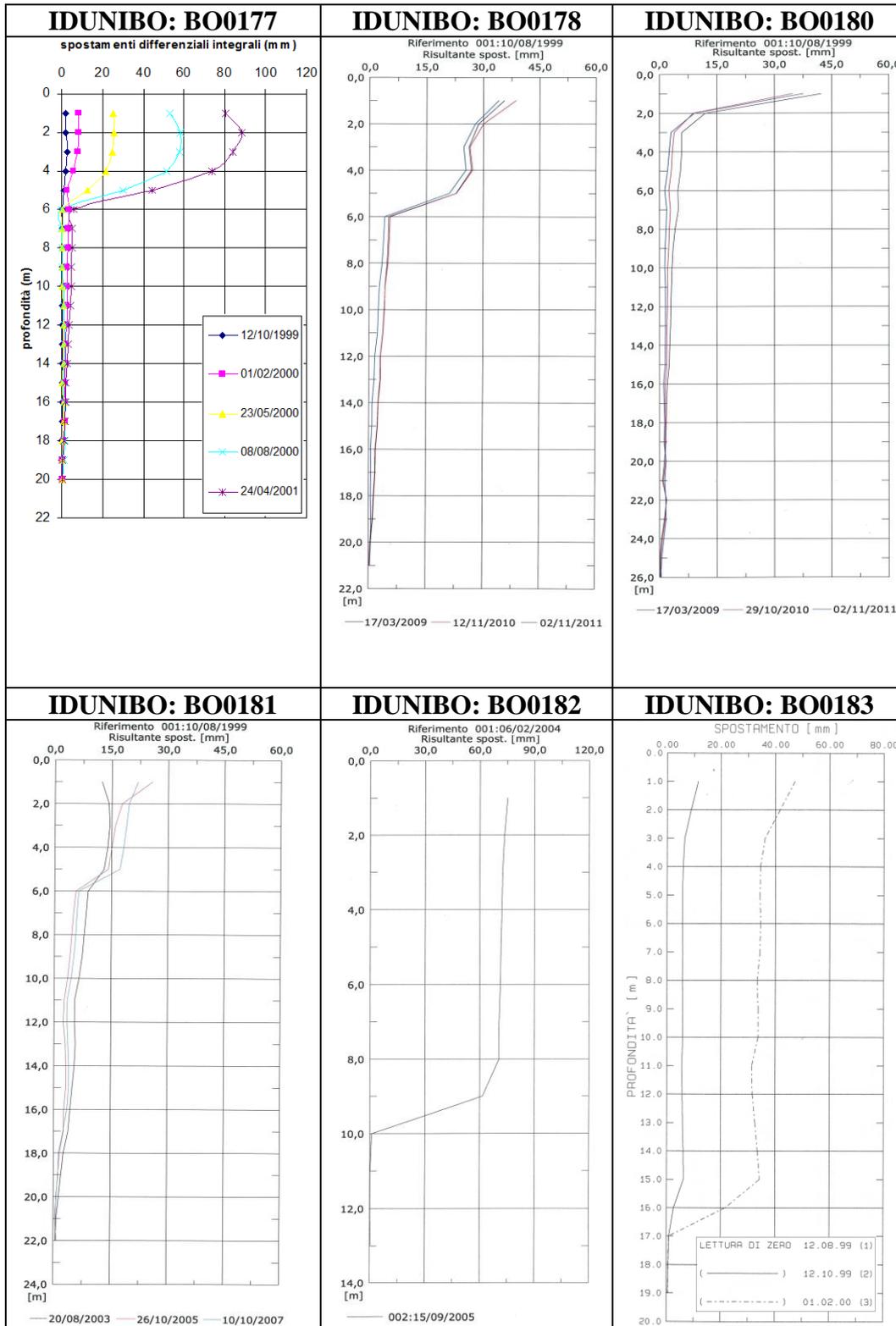


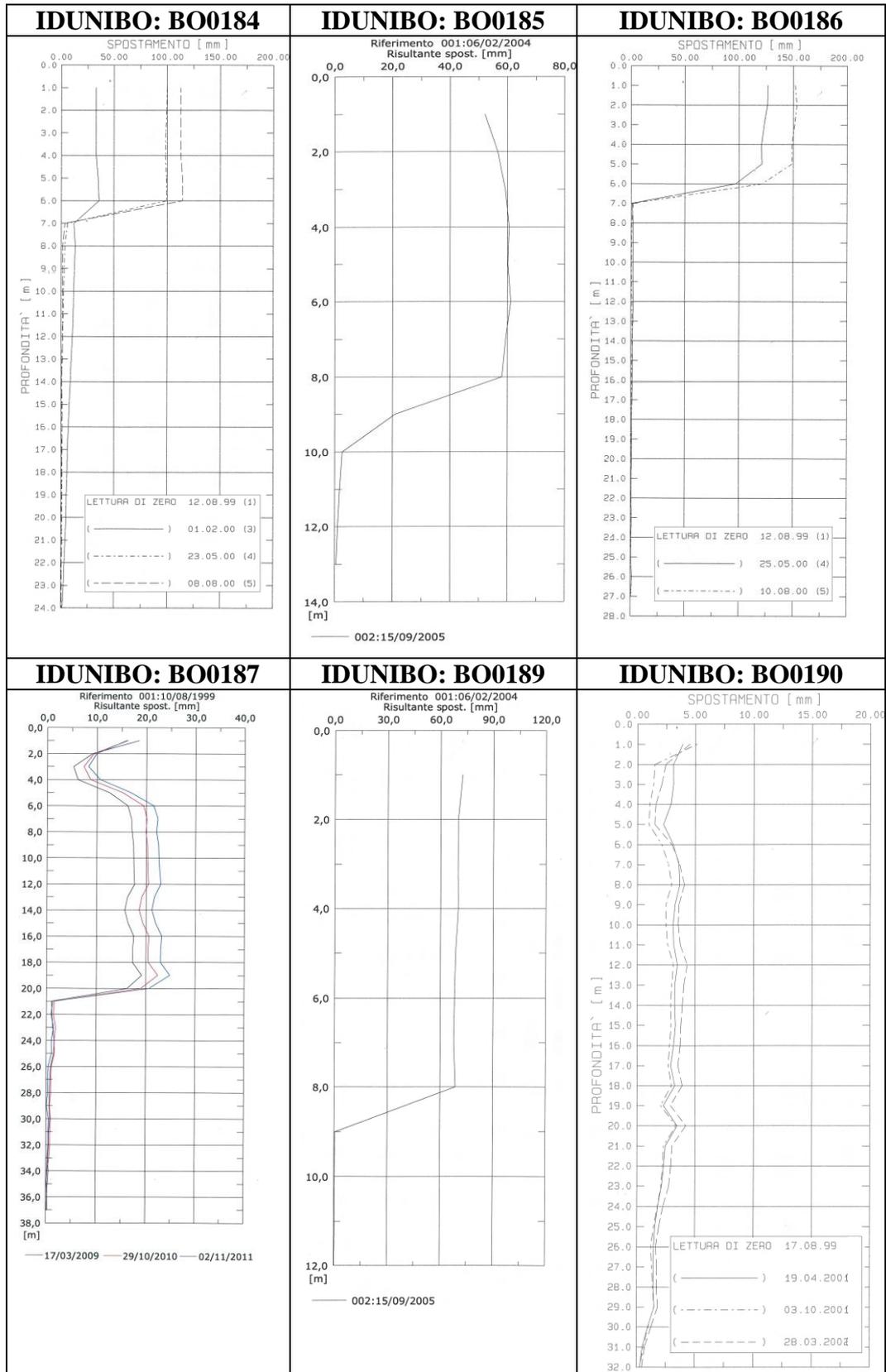


### A4.3 Sito: Ca' dei Ricci

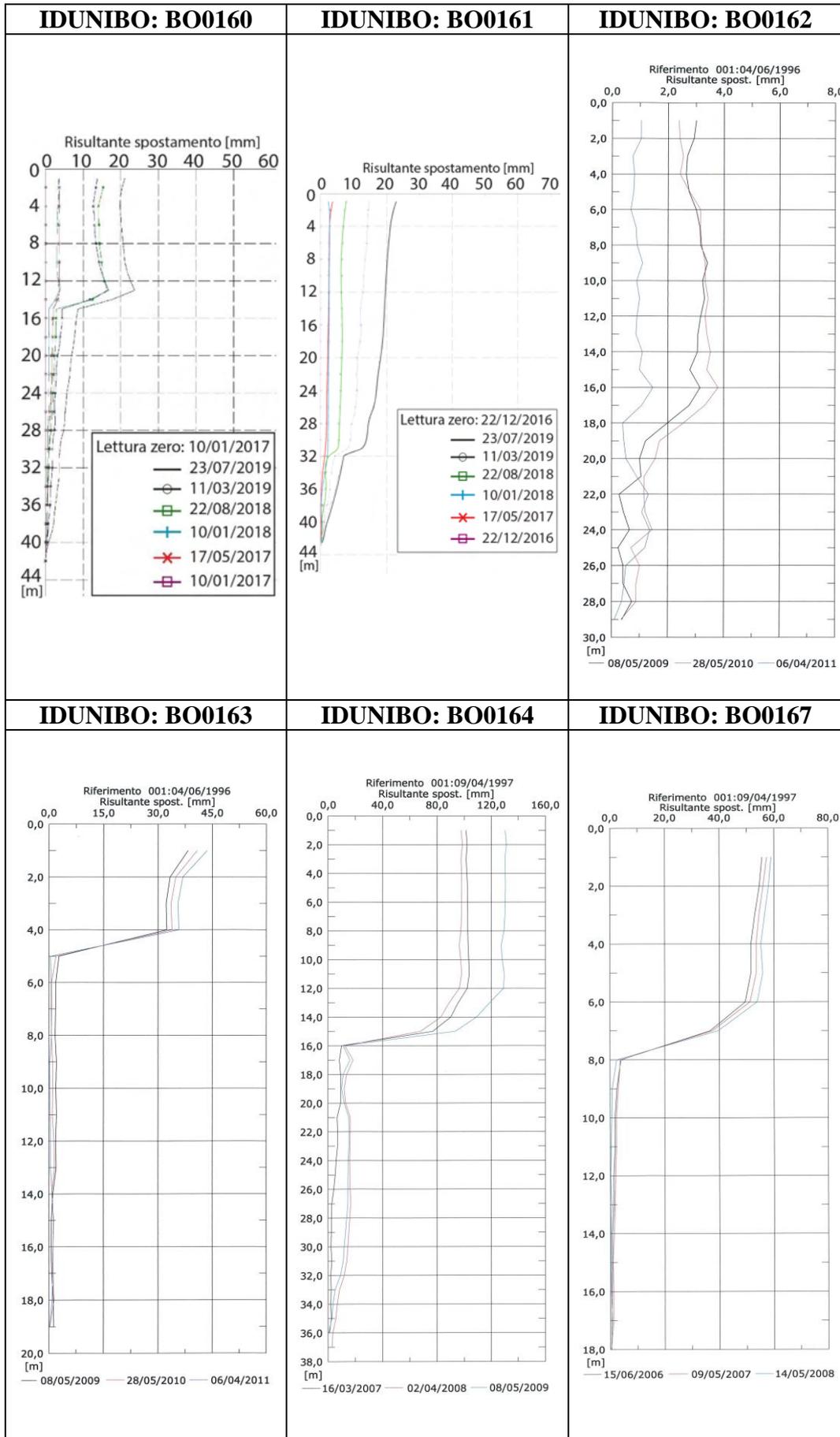


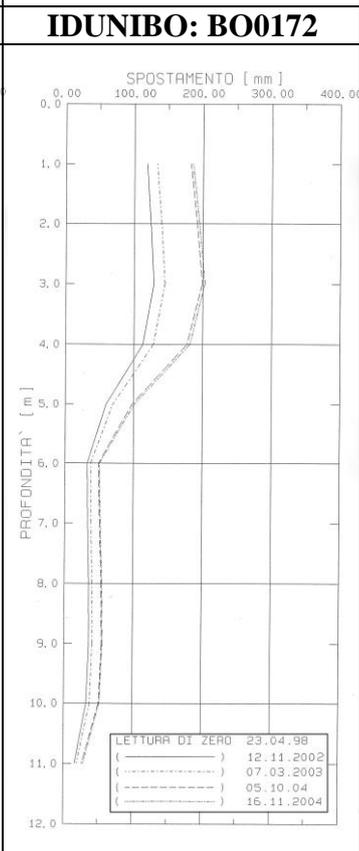
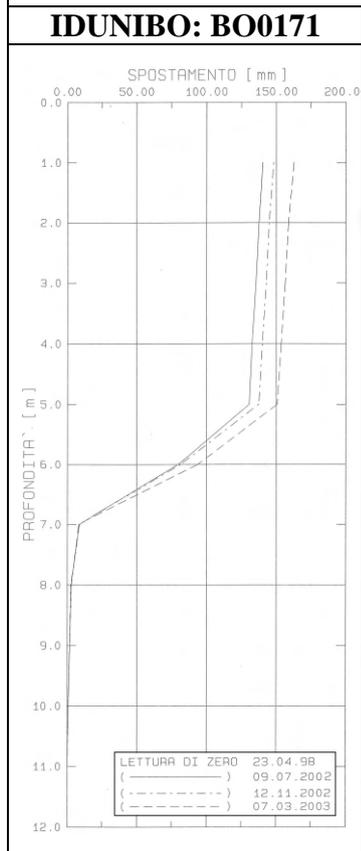
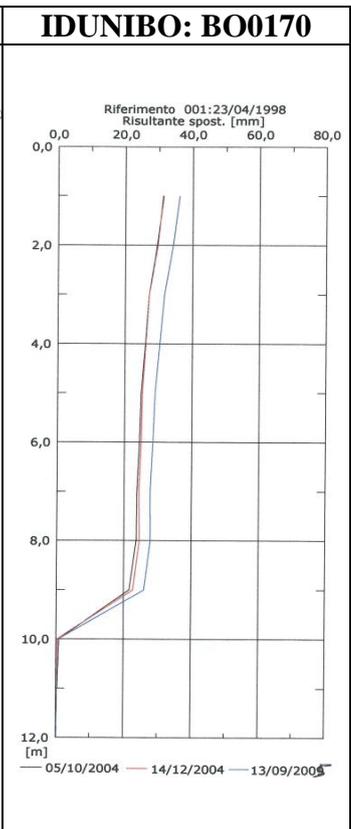
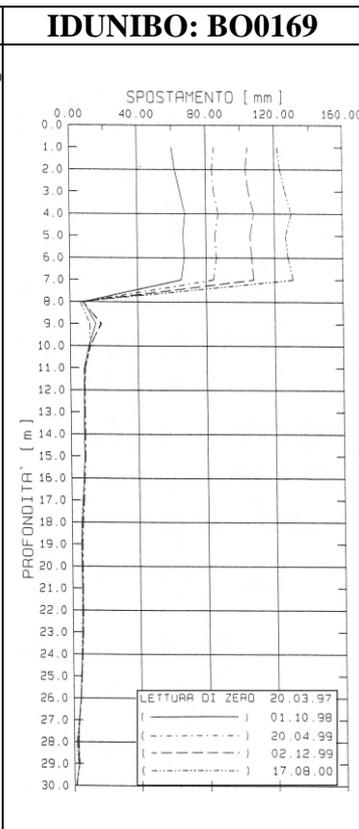
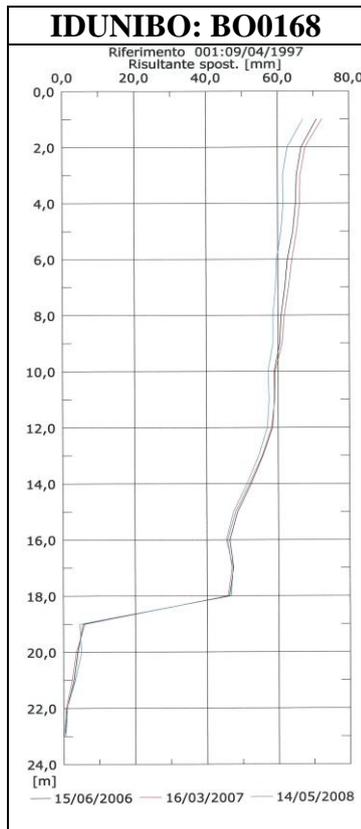
## A4.4 Sito: Matella



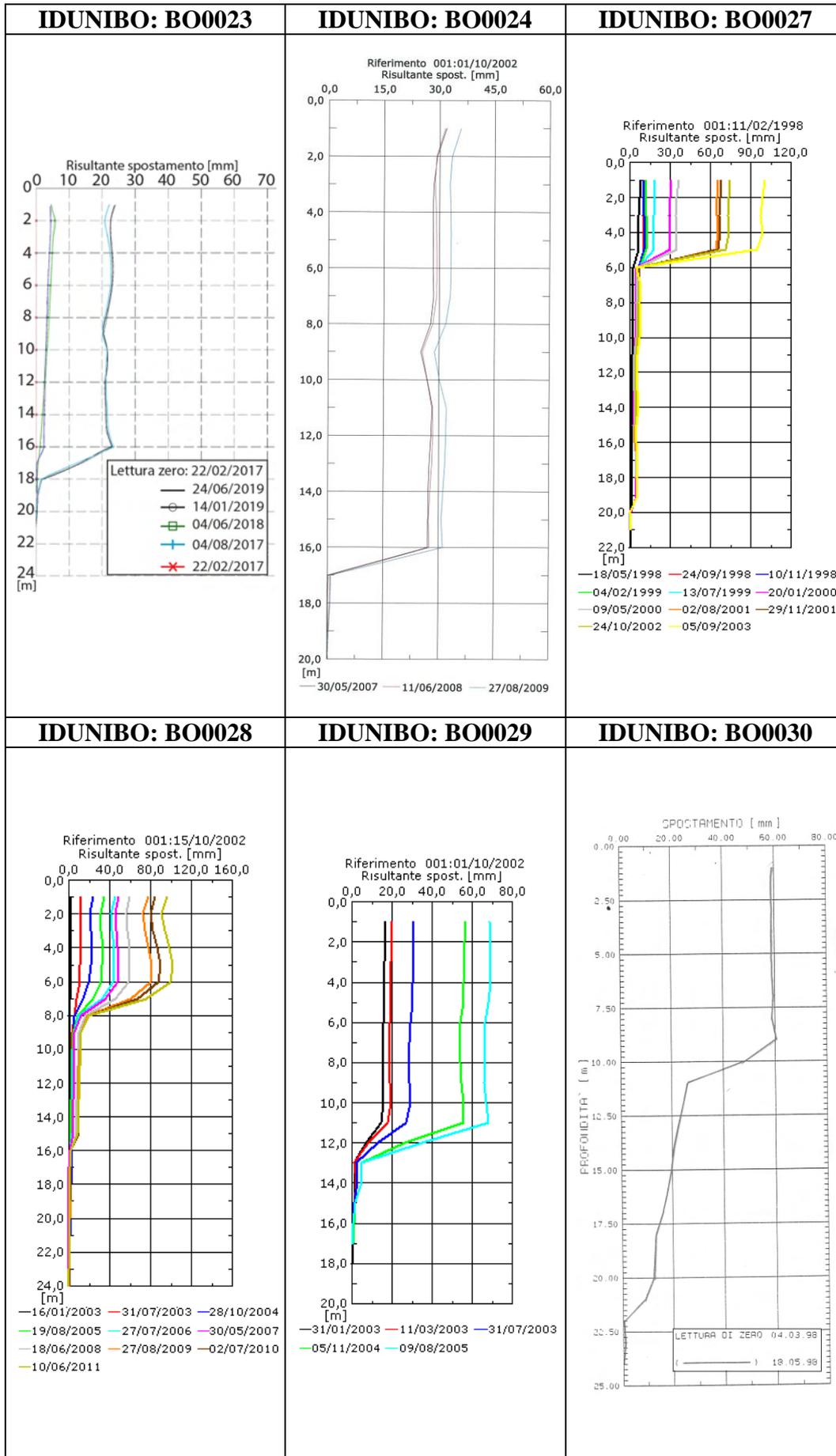


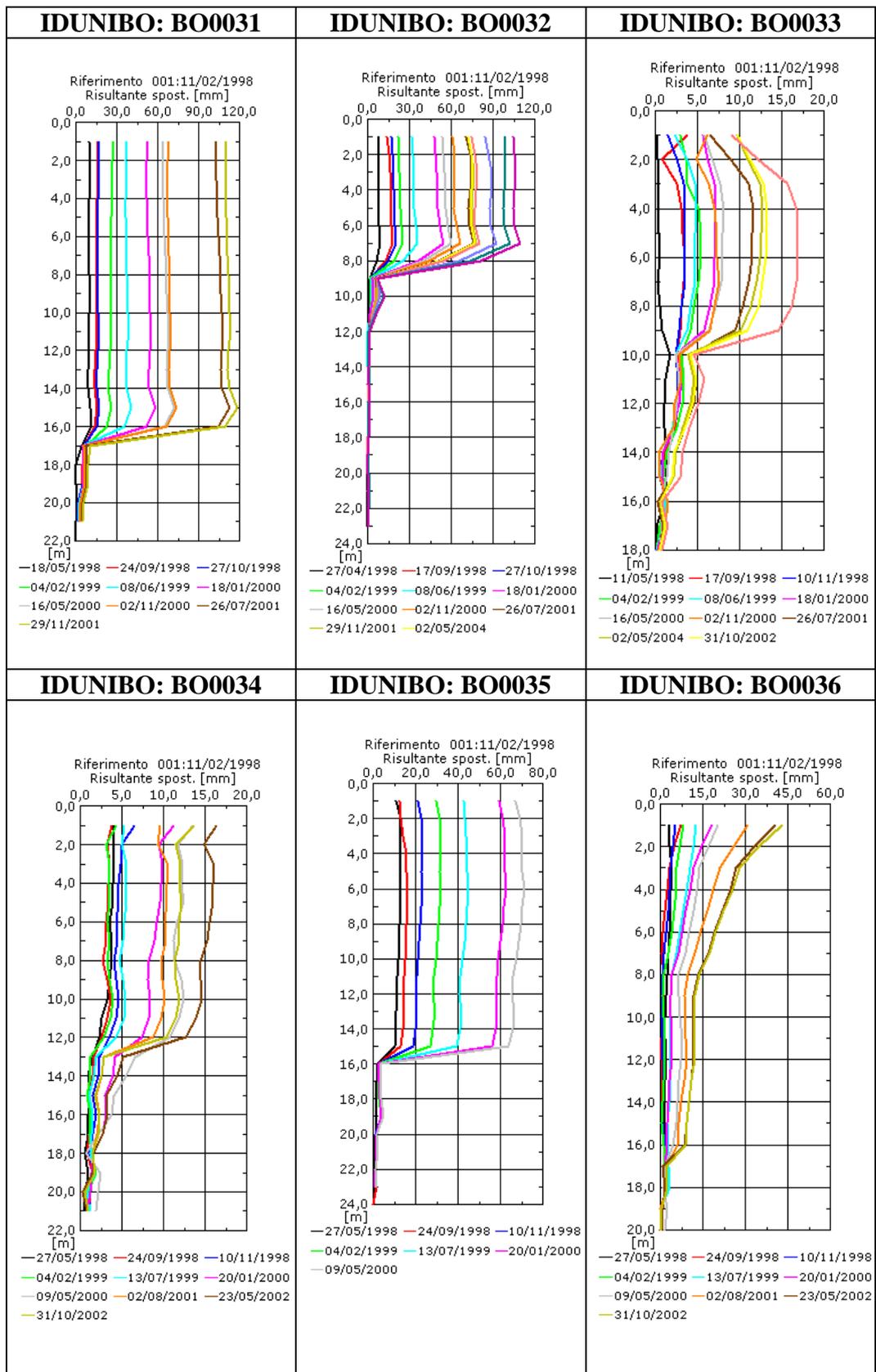
### A4.5 Sito: *Lizzano in Belvedere*

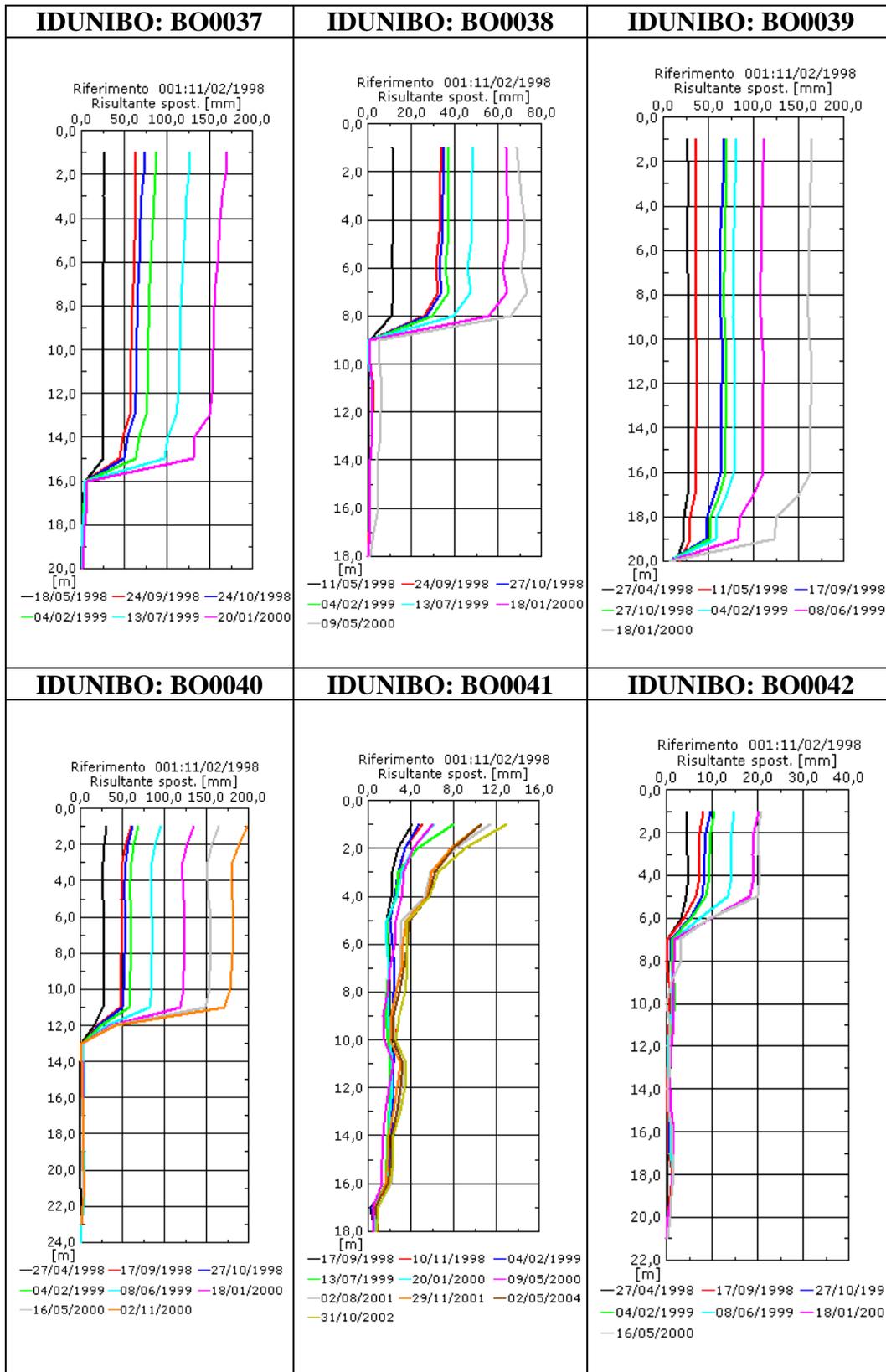


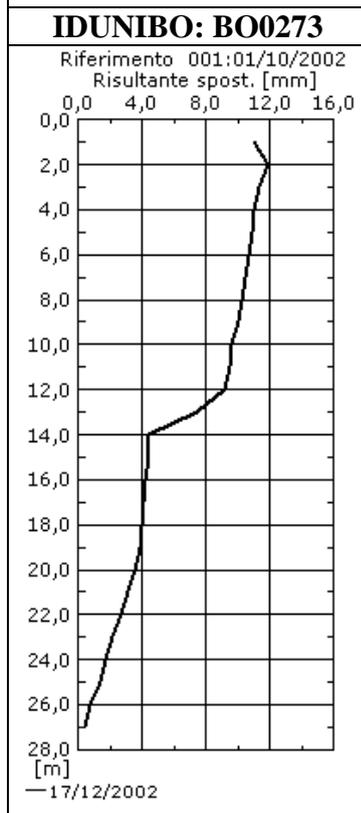
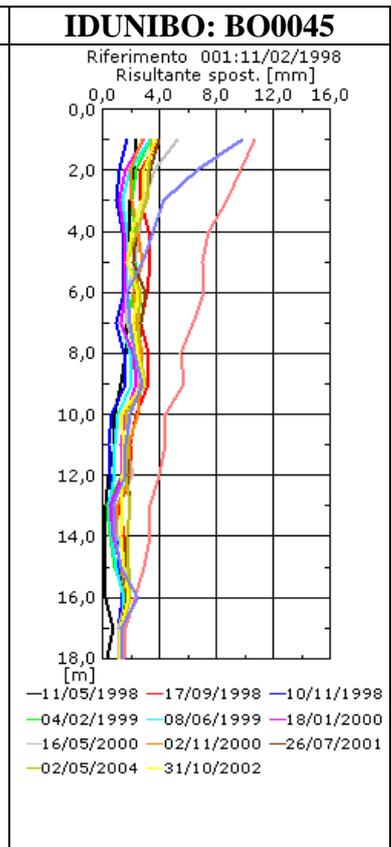
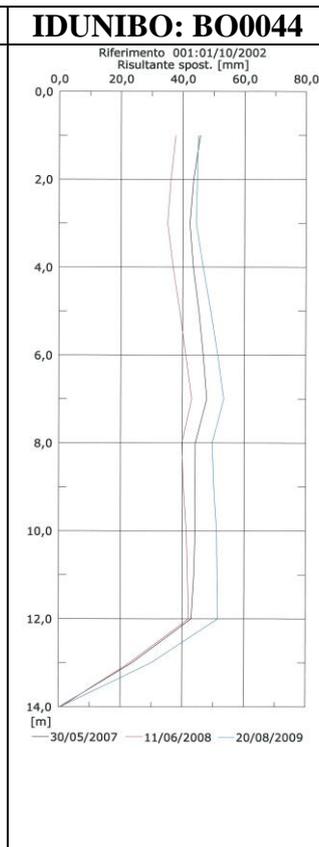
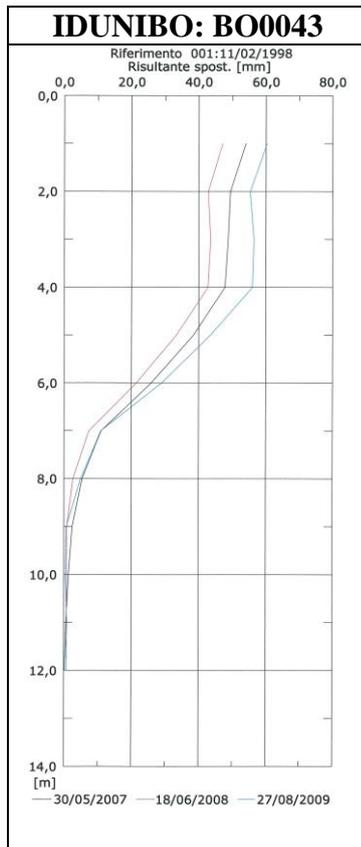


**A4.6** Sito: Ca' di Faziotto

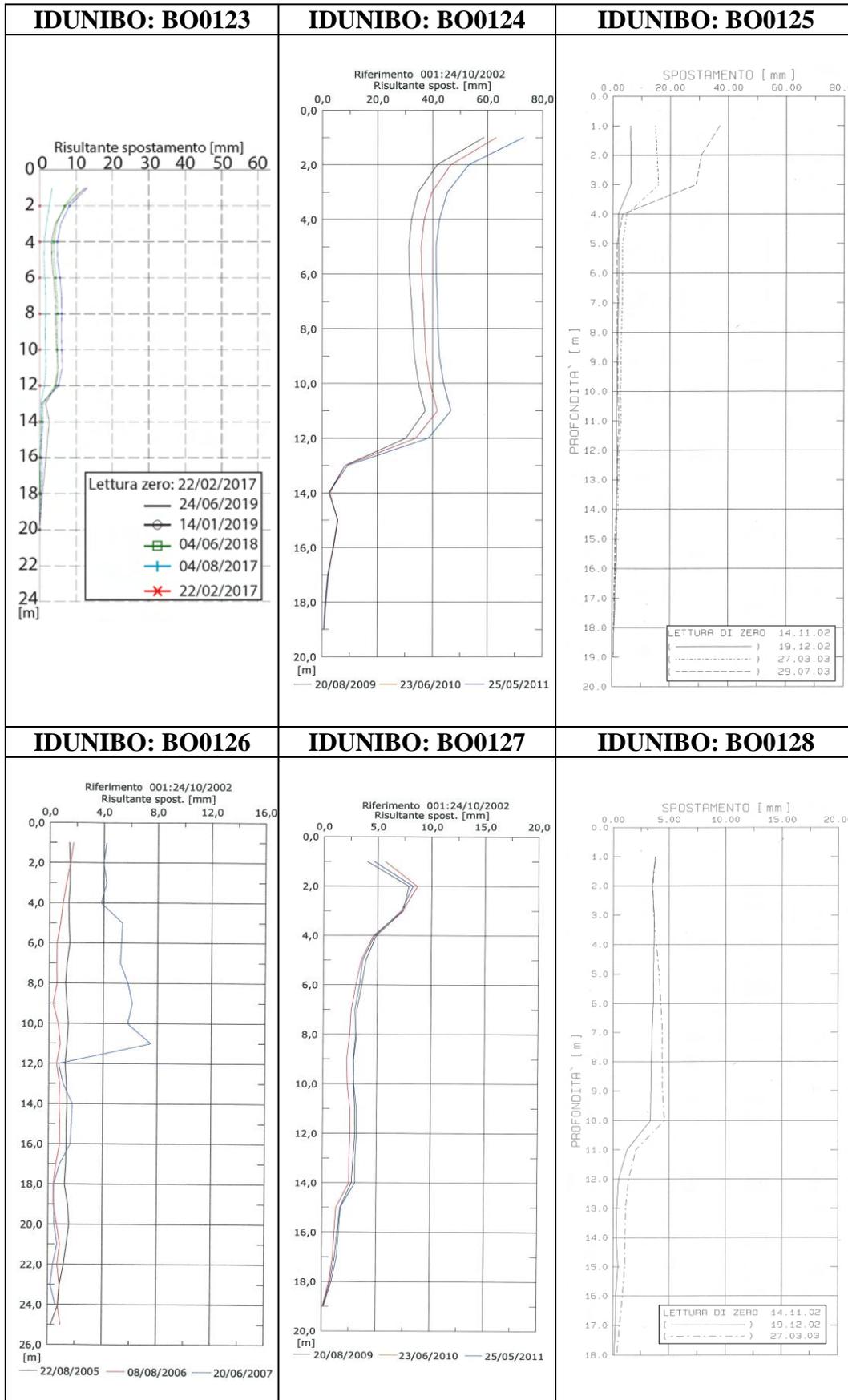




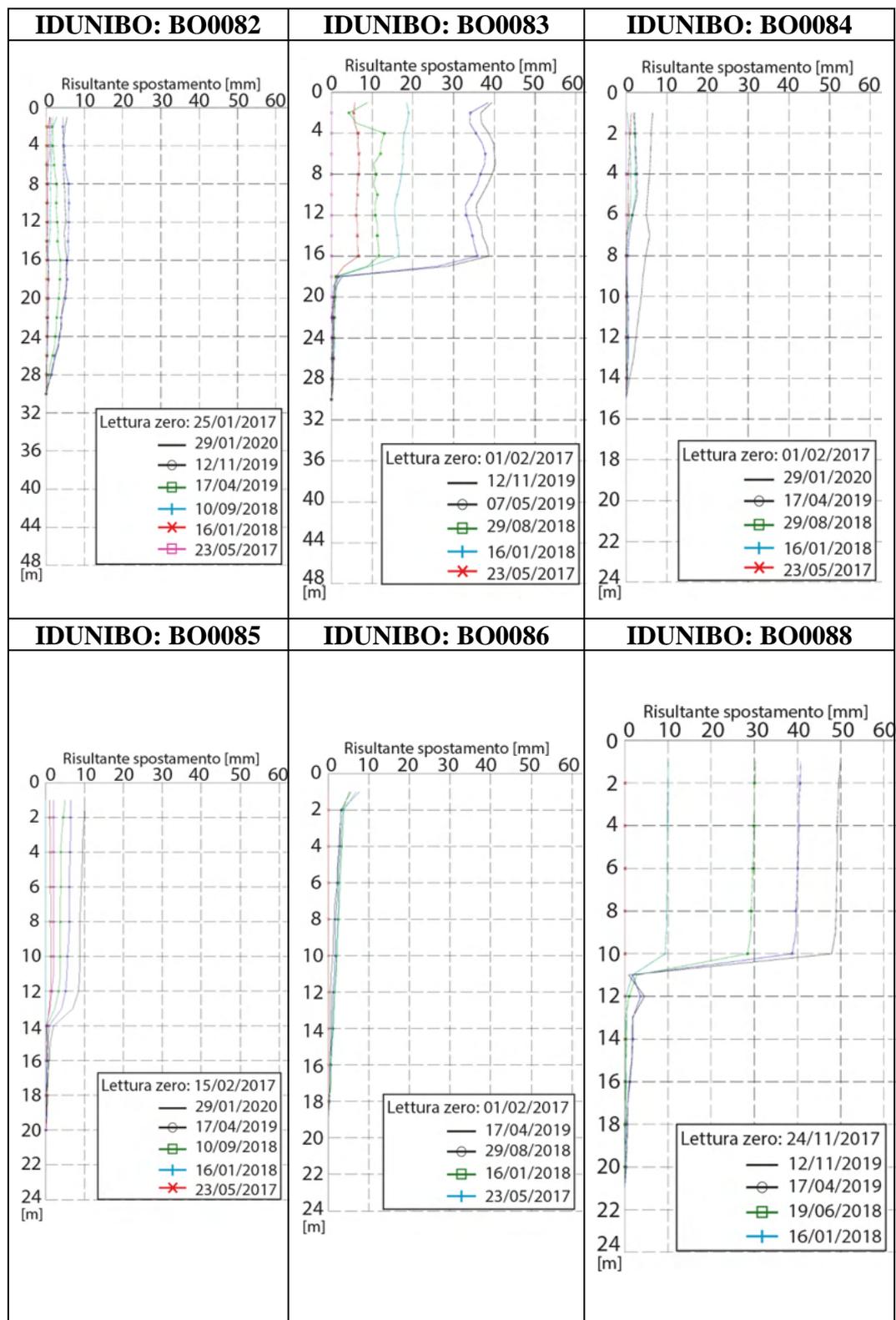


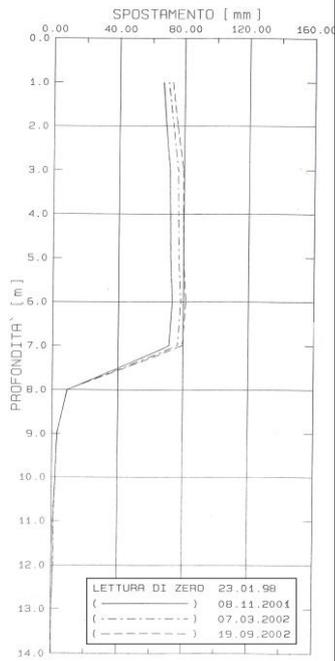
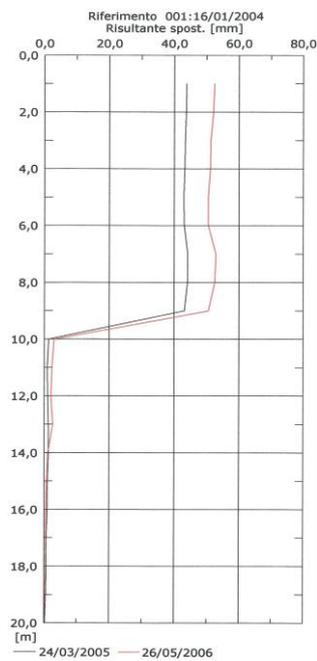
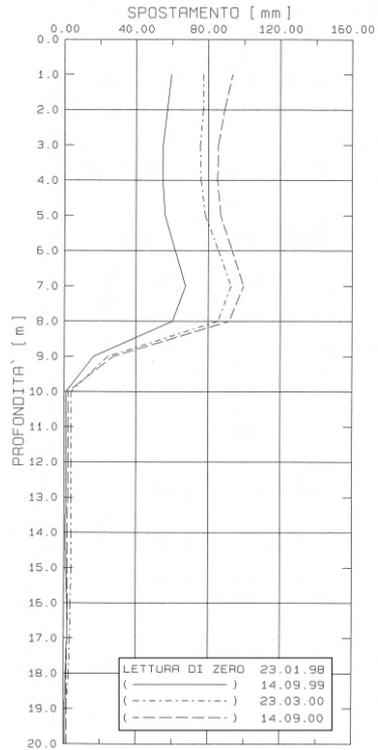
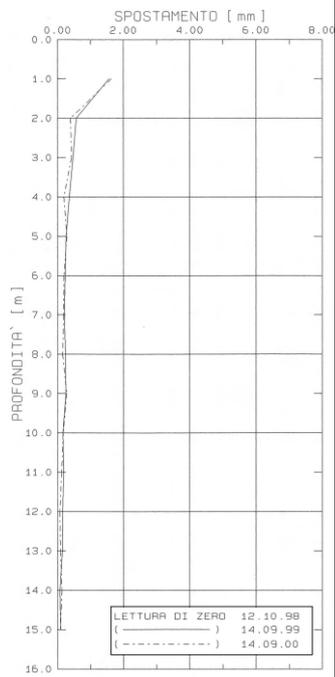
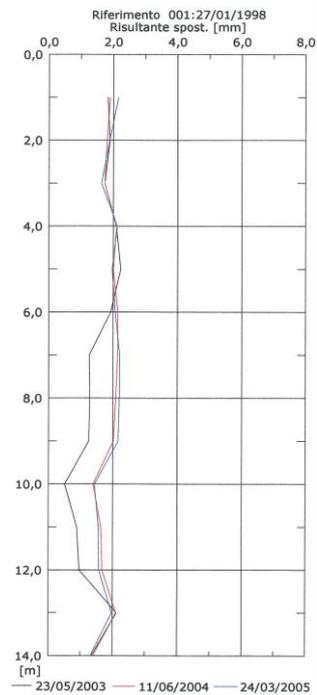
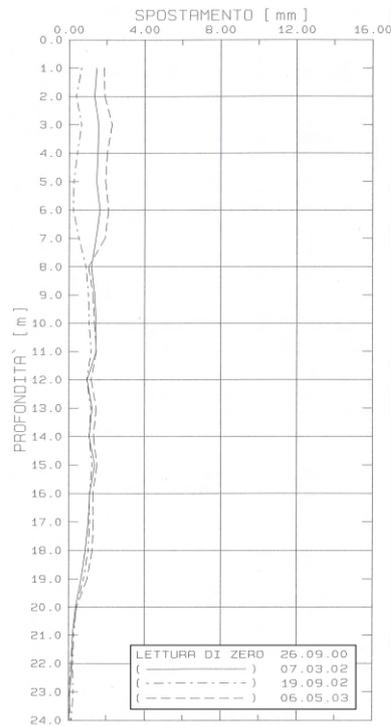


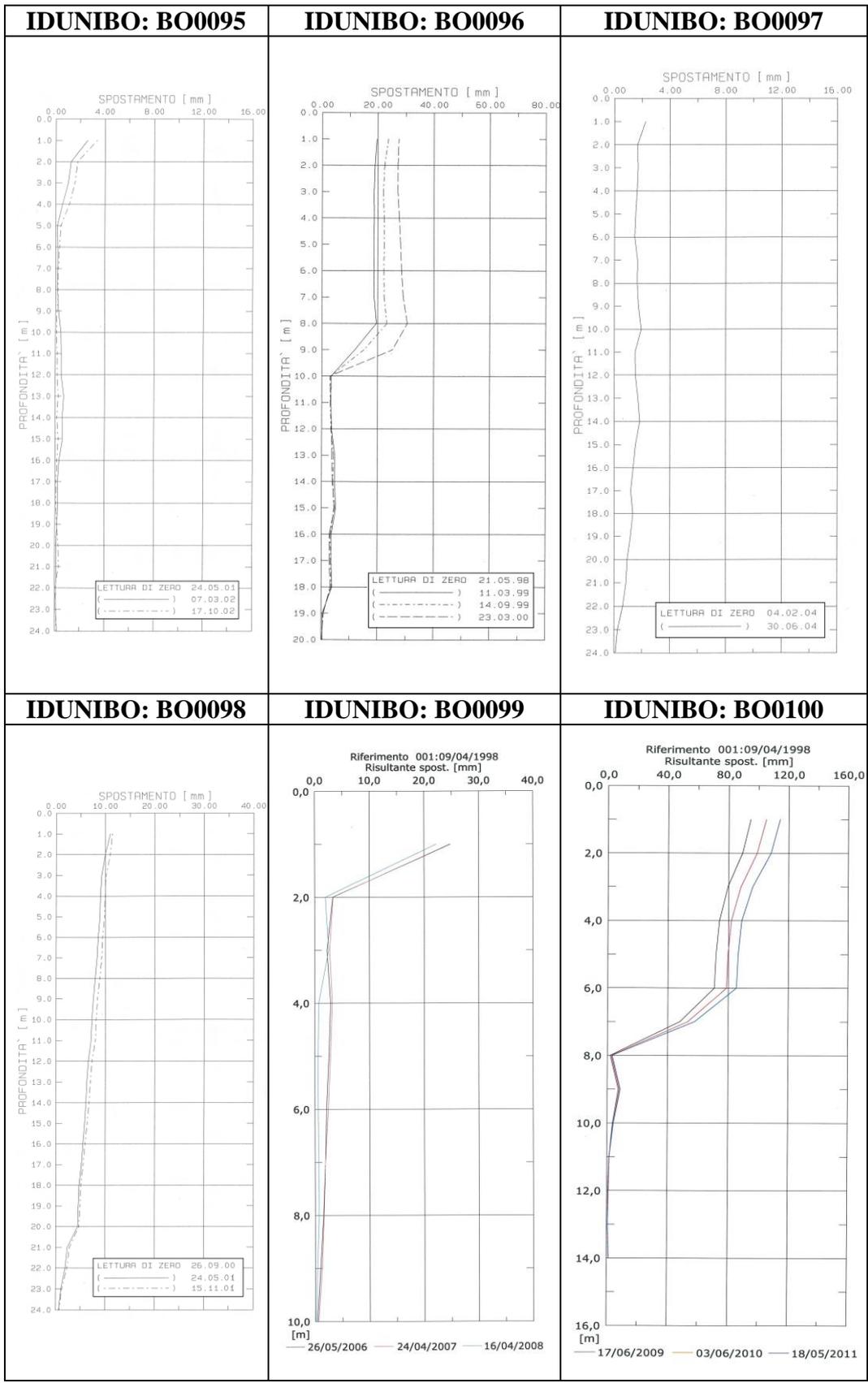
# A4.7 Sito: *Corvella*

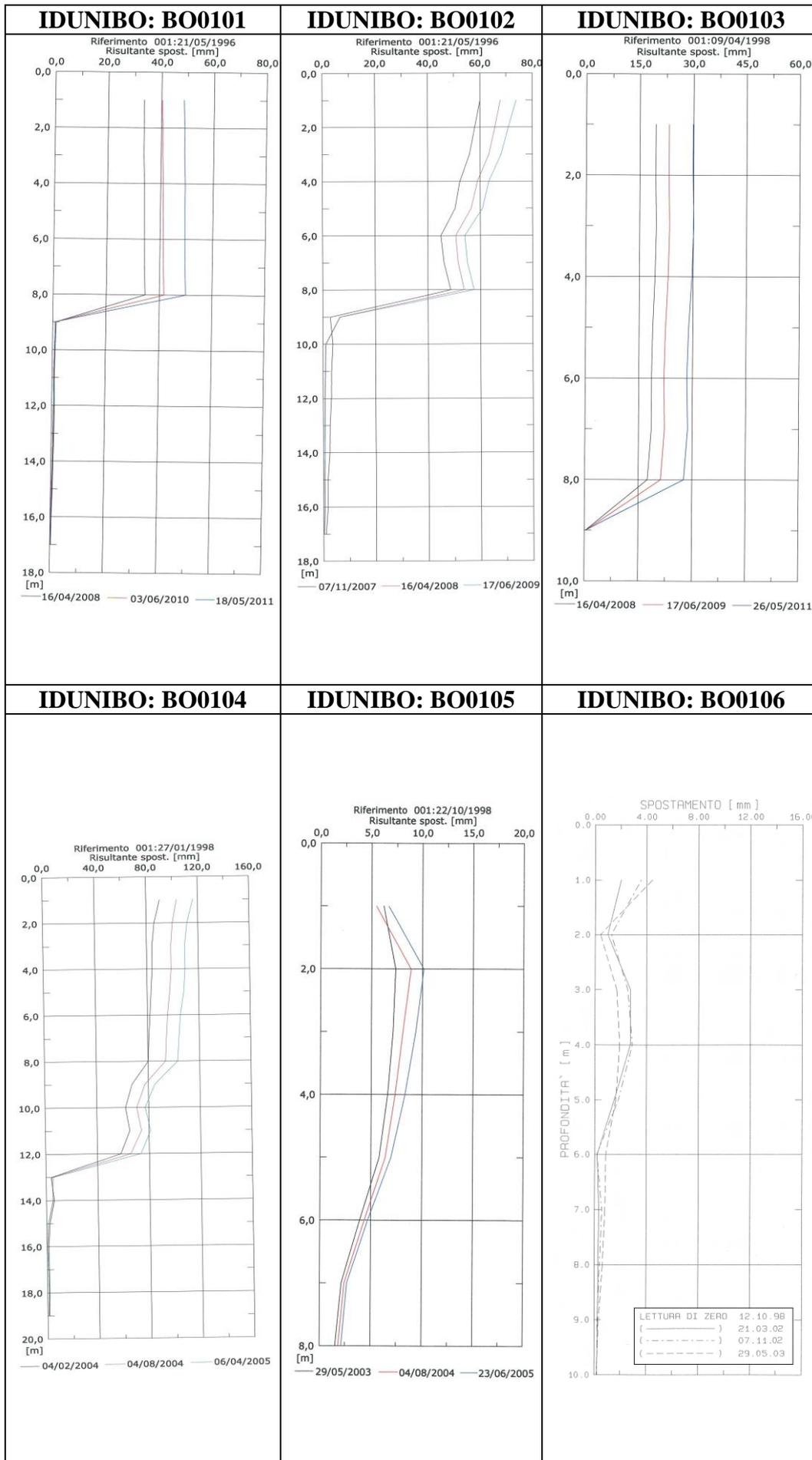


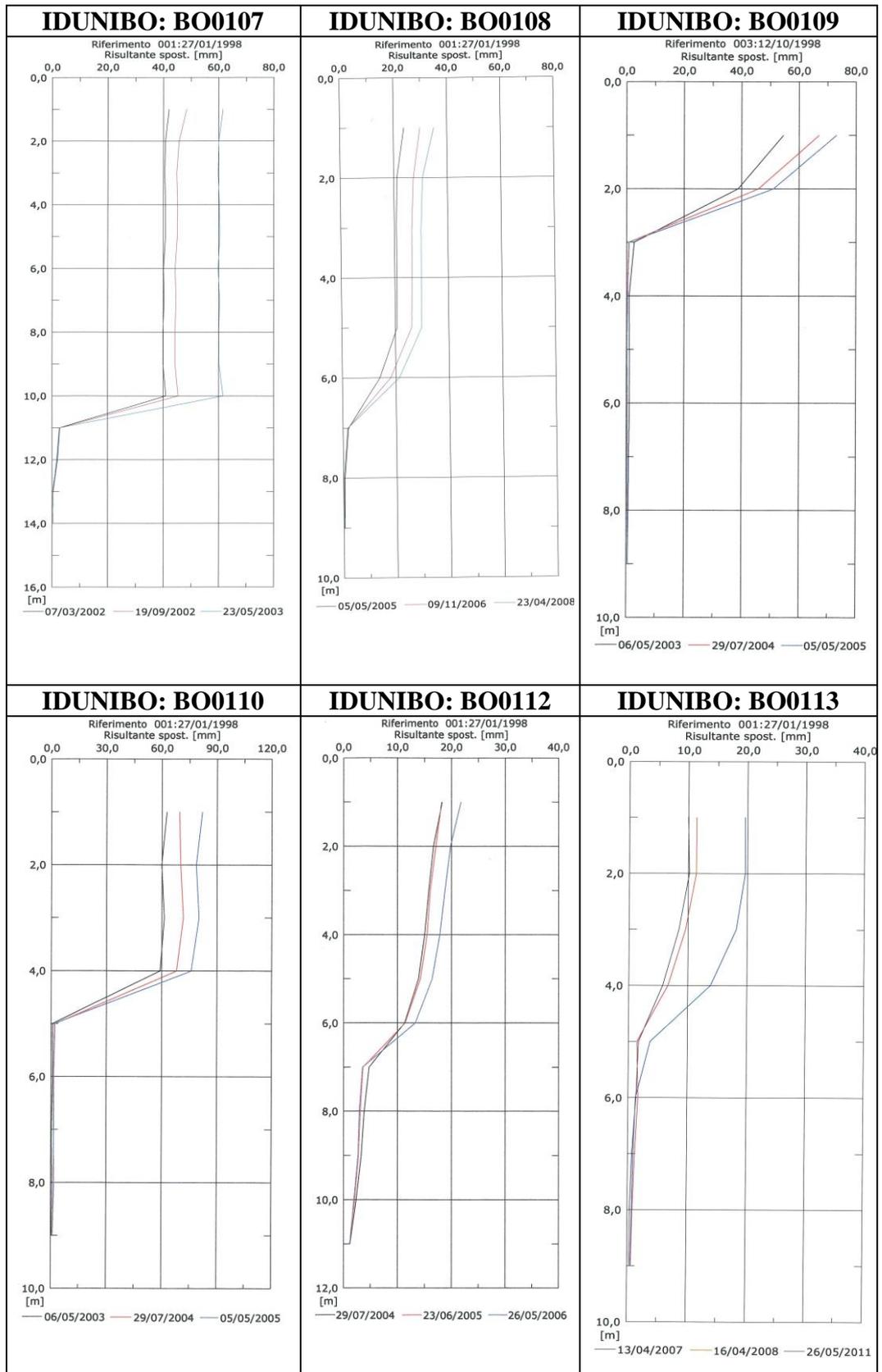
### A4.8 Sito: *Castiglione dei Pepoli*

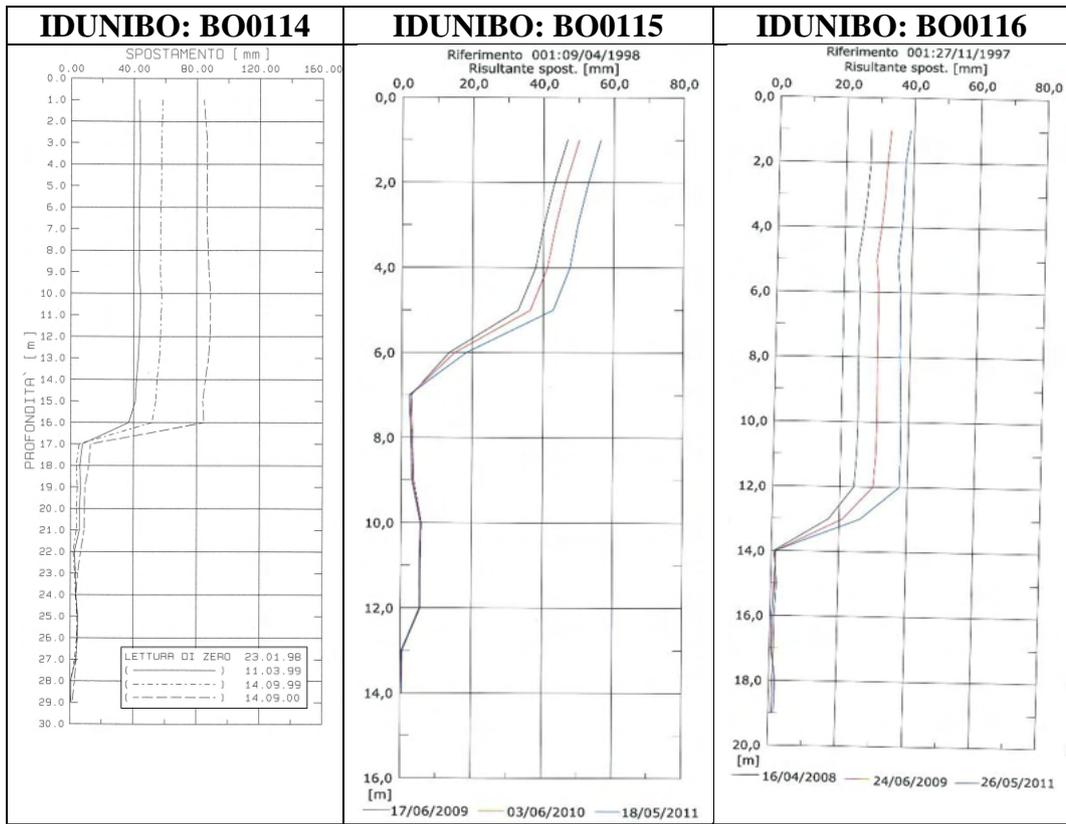


**IDUNIBO: BO0089****IDUNIBO: BO0090****IDUNIBO: BO0091****IDUNIBO: BO0092****IDUNIBO: BO0093****IDUNIBO: BO0094**









## APPENDICE 5: Descrizioni stratigrafiche.

Tabella A5. Simbologia usata per identificare la superficie di scorrimento.

Base della superficie di rottura 	Tetto della superficie di rottura 
--	---

### A5.1 Sito: *Silla Montecchi*

IDUNIBO: BO0228		Codice tubo: S12	
PP (kg/cmq)	profondità dal p.c. (m)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	falda dal p.c.
2,1 (1,20 m)	1,40	Argilla limosa con abbondanti inclusi prevalentemente marnosi, talora calcarei, di colore bruno, con striature grigie. Tessitura caotica	-0,30 m 29/05/95
1,0 (2,60 m)			
> 6 (4,00 m)	7,30	Argilla limosa con abbondanti piccoli inclusi prevalentemente marnosi, talora calcarei, di colore grigio. Tessitura caotica. Da -5,00 a -5,80 m la consistenza è molto bassa.	
> 6 (5,00 m)			
2,7 (8,20 m)			
	8,00 	Trovante calcareo fratturato	
4,2 (8,50 m)	9,50 	Argilla marnosa di colore grigio, con abbondanti piccoli inclusi prevalentemente marnosi. E' presente un trovante calcareo intensamente fratturato da -8,60 m a -9,30 m. Tessitura caotica	-9,10 m 30/05/95
	10,60	Argilla marnosa e marna argillosa di colore grigio scuro, talora con sfumature verdastre, fogliettata, con piccoli inclusi prevalentemente marnosi. Compatta. Sono presenti alcuni frammenti calcarei Ø>10 cm.	
	15,70	Trovante calcareo fratturato	
	16,30	Argilla marnosa e marna argillosa di colore grigio scuro, talora con sfumature verdastre, fogliettata, con piccoli inclusi prevalentemente marnosi. Compatta. Sono presenti alcuni frammenti calcarei Ø>10 cm.	
	fino a 35,00	FINE LETTURA INCLINOMETRICA 34,00 m	

IDUNIBO: BO0230

Codice tubo: S6

pp (kg/cmq)	profondità dal p.c. (m)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	falda dal p.c.
2,7 (1,00 m)	1,00	Terreno di riporto limo-argilloso di colore bruno chiaro, con macerie	
3,2 (1,50 m)	2,60	Argilla limosa, a tratti marnosa, di colore bruno-grigiastro, con abbondanti inclusi lapidei prevalentemente marnosi. Presenza di sostanza organica diffusa. Tessitura caotica.	
4,5 (3,00 m)	4,00	Argilla marnosa, debolmente scagliettata, di colore grigio scuro, con striature brune e abbondanti piccoli inclusi marnosi. Sono presenti residui di sostanza organica. Tessitura caotica.	
4,3 (5,50 m)	8,20	Argilla debolmente limosa, a tratti marnosa, di colore bruno, con alcuni piccoli inclusi marnosi. Presente sostanza organica diffusa in piccoli livelletti nerastri a -7,80 m. Sono presenti inoltre alcuni trovanti calcarei a -5,70 m circa.	falda dal p.c. -8,50 m 16/01/95
>6 (9,00 m)	16,20	Argilla marnosa di colore grigio-bruno, talora verdastro, scagliettata, con frequenti inclusi prevalentemente marnosi ed alcuni livelletti nerastri ricchi in sostanza organica. Tessitura caotica. Sono presenti alcuni trovanti calcarei a -12,00 e a -15,80 m.	-14,50 e - 14,60 m 18/01/95
5,5 (10,5 m)	16,20	Argilla marnosa di colore grigio scuro, scagliettata, molto consistente, con numerosi piccoli inclusi marnosi. Tessitura caotica.	-15,30 m 17/01/95
3,5 (12 m)	18,50	Nota: da -17,00 a -17,80 m il campione non è stato recuperato per difficoltà nella manovra.	
4,6 (13,5 m)	20,00	Trovante calcareo, fratturato, con riempimenti calcitici	
	20,30	Argilla marnosa, scagliettata, di colore grigio scuro con sfumature verdastre, compatta.	
	20,90	Trovante calcareo, fratturato	
	22,00	Argilla marnosa di colore grigio scuro, scagliettata, compatta. Tessitura caotica	
	22,30	Trovante calcareo, fratturato	
	25,50	Argilla marnosa di colore grigio scuro, scagliettata, compatta, con numerosi inclusi marnosi.  Nota: a causa della compattezza del materiale, l'avanzamento risulta impossibile a secco	
27,00	27,50	Argilla marnosa di colore grigio scuro, scagliettata, molto compatta, con numerosi inclusi marnosi.  Nota: a causa della compattezza del materiale, l'avanzamento risulta impossibile a secco	
28,00		Argilla marnosa di colore grigio scuro, scagliettata, molto compatta, con numerosi inclusi marnosi.	
fino a 36,00		A tratti alterni si notano piccole variazioni di compattezza. Sono presenti trovanti calcarei da -33,70 a -34,00 m e da -34,60 a -36,00 m.	FINE LETTURA
		46,00 m	

IDUNIBO: BO0232		Codice tubo: S11	
PP (kg/cm <sup>2</sup> )	profondità dal p.c. (m)	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	falda dal p.c.
2,7 (0,20 m)	0,30	Argilla limosa di colore bruno chiaro	
	0,80	Trovante calcareo con fratture a riempimento calcitico.	
3,4 (1,20 m)		Argilla debolmente marnosa di colore bruno grigiastro, talora fogliettata, con abbondanti piccoli inclusi mamosi. Tessitura caotica.	-2,60 m 30/01/95
3,0 (2,50 m)	3,50	Argilla debolmente marnosa di colore grigio, inglobante	
	4,00	marna argillosa fogliettata di colore grigio scuro.	
3,2 (5,50 m)	4,80	Detrito calcareo con elementi talora di Ø>10 cm	
	6,00	Argilla marnosa di colore grigio, talora brunastro, fogliettata, con abbondanti inclusi mamosi.	
	6,30	Nota: il carotaggio procede a secco senza difficoltà	
> 6 (7,60 m)	7,40	Alternanze centimetriche di argilla marnosa e di marna argillosa di colore grigio scuro, talora bruno.	
	8,00	Argilla limosa di colore grigio, consistenza molle	-8,20 m 31/01/95
	11,00	Argilla marnosa di colore grigio, con sfumature verdastre, fogliettata, con piccoli inclusi mamosi, compatta. Presenti alcuni trovanti calcarei alle seguenti quote: Da -10,60 a -10,70 m da -11,30 a -11,50 m da -12,00 a -12,30 m da -13,00 a -13,30 m da -16,40 a -17,20 m da -17,90 a -18,40 m  Nota: da circa -11,40 m il carotaggio procede solo con acqua	-11,30 m 01/02/95
	19,40	Marna argillosa di colore nerastro con sottili striature verdi compatta	
	20,40	Trovante calcareo fratturato.	
	20,80	Argilla marnosa di colore grigio scuro, talora verdastro, con alcuni piccoli inclusi prevalentemente mamosi, compatta. Nota: da -20,80 a -22,00 m il recupero è scarso a causa della presenza di trovanti	
	22,00	Trovante calcareo.	
	22,40	Argilla marnosa di colore grigio scuro, talora verdastro, con alcuni piccoli inclusi mamosi, compatta.	
	22,90	Trovante calcareo.	
	23,20	Marna argillosa di colore nero con striature verdi, compatta.	
	24,10	Argilla marnosa di colore grigio, talora verde scuro, fogliettata, con piccoli inclusi mamosi, compatta. Piccolo trovante fratturato da -24,10 a -24,30 m. Da -28,60 a -29,00 m e da -35,30 a -35,50 m è presente un trovante calcareo.	
		Nota: da -27,00 a -28,60 m il campione è stato rimaneggiato per difficoltà nel recupero.	
	fino a 45,00	Da -37,50 a -38,00 m il campione è stato distrutto per difficoltà di recupero.	FINE LETTURA INCLINOMETRICA
		46,00 m	







A5.3 Sito: Ca' dei Ricci

IDUNIBO: BO0010					Codice tubo: CAR3	
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm <sup>2</sup>
			TIPO	NUM. PROF.		
1						1,0
2						1,0
3						1,5
4						2,0
5						2,0
6						2,0
7						2,0
8						1,0
9						1,0
10						1,5
11	10,70					2,0
12						1,0
13						1,0
14						1,5
15						2,5
16						2,0
17						1,5
18	18,00					1,0

CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA
TIPO	NUM. PROF.	
SH1	7,0 - 7,6	Limo argilloso grigio con inclusi litici a spigoli vivi di composizione calcareo-marnosa di dimensioni comprese tra 2 mm e 3 cm più raramente comprese tra 5 e 6 cm; la frazione granulometrica superiore ai 2 mm è stimabile in 15% in volume sul totale. Sono stati rinvenuti blocchi calcarei di colore grigio scuro con vene di calcite tra le profondità di 5,8-6,2, 8,6-8,8, 10,6-10,7 m dal p.c.
Spt1	9,00 - 9,45	
Spt2	15,00 - 15,45	Argilla debolmente limosa molto consistente con clasti calcareo-marnosi grigio scuri.

mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POKET kg/cm <sup>3</sup>
			TIPO	NUM. PROF.		
1	1,30				Limo debolmente argilloso nocciola con frammenti litici a spigoli vivi di composizione calcarea aventi dimensioni medie di 1,5 - 2,0 cm; la frazione granulometrica superiore a 2 mm è stimabile in 10% in volume sul totale. Al fondo è presente un blocco calceo di colore grigio scuro con vene di calcite.	2,0 2,0 1,5
2						
3			SH1	2,8 - 3,4		
4					Argilla debolmente limosa grigia con frammenti litici a spigoli vivi di composizione calcarea di dimensioni medie di 1-2 cm, più raramente compresi tra 5 e 6 cm; sono presenti tracce di torba e resti vegetali non decomposti e ossidi di Fe e Mn. Tra 3,6 e 3,8 è presente un blocco di calcare di colore grigio con vene di calcite.	1,5 2,0
5	5,00		SH2	5,0 - 5,5	La frazione granulometrica superiore a 2 mm è stimabile in 5-6% in volume sul totale sino ai 4,0 m oltre i quali la percentuale passa a circa il 20%.	
6						
7	7					
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14					Argilla debolmente limosa molto consistente con clasti di composizione calcareo-marnosa grigi.	
15						
16						
17			SH3	17,0 - 17,5		
18						
19						
20	20,00					

IDUNIBO: BO0013				Codice tubo: CAR6		
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POKET kg/cm <sup>2</sup>
			TIPO	NUM.		
1	0,80					1,5
2					Limo argilloso nocciola con frammenti litici a spigoli vivi di composizione calcarea aventi dimensioni medie di 1,5 - 2,0 cm; la frazione granulometrica superiore a 2 mm è stimabile in 15-20% in volume sul totale.	1,0 2,0 2,0 2,5 2,5
3						
4					Argilla limosa nocciola, grigio-nocciola oltre i 2,5 m dal p.c., con concrezioni calcaree ed ossidi di Fe e Mn e con tracce di frammenti litici a spigoli vivi di composizione calcarea di dimensioni medie di 1-2 cm.	1,5 1,5 1,5 1,5 1,5
5	5,40					
6				SH1	5,9 - 6,4	
7						
8						
9						
10				Spt1	10,00 - 10,45	
11						
12						
13						
14						
15	15,00					

**A5.4** Sito: Matella

IDUNIBO: BO0177		Codice tubo: M1				
Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket	S.P.T.	N SPT	NOTE
			1 2 3 4	10 20 30 40		
0.70		TERRENO DETRITICO ARGILLOSO MARRONE GRIGIASTRO CON LITOIDI. SERIE DI BLOCCHI ARENACEI, PROBABILE GABBIONATA.				10/5/99 ORE 12.15: FORO M. 6.40-RIV. M.4.00-LIV.ACQUA M. 4.20.
2.10		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA/ARGILLITE DAPPRIMA DI COLORE GRIGIO-VERDASTRO CON OSSIDAZIONI VERDE GIALLASTRO POI GRIGIO/GRIGIASTRO. SPARSI ED ABBASTANZA FREQUENTI GLI INCLUSI DI NATURA PREVALENTEMENTE CALCAREA A SPIGOLI VIVI DI DIAM. MAX 5 CM. SEDIMENTO CONSISTENTE, DURO MA RIMANEGGIATO.		4.5 4.95	3 6 11	ORE 14.00:LIV. ACQUA M. 3.60.  10/5/99 SERA: FORO M. 13.00-RIV. M. 5.40-LIV. ACQUA M. 2.20.
5.30		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETTATA DI COLORE PREVALENTEMENTE GRIGIO CON FREQUENTI ZONATURE O MACULAZIONI VERDASTRE, GRIGIO SCURO, GRIGIO-VERDE. POCO FREQUENTI GLI ELEMENTI LITOIDI SINSEDIMENTARI, A SPIGOLI VIVI E DI NATURA CALCAREA DI DIAM. VARIABILE. IN GENERE QUESTI ULTIMI SONO "CONCENTRATI" IN ORIZZONTI, ESEMPIO A 8.00 E A 15.50 M. DI PROFONDITA'. FORMAZIONE DURA SENZA PLASTICITA'.		6.2 6.65	7 11 16	11/5/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 1.60.  11/5/99 ORE 12.00:FORO M. 15.50-RIV. M. 5.40-LIV. ACQUA M.15.10.  ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 15.00.  11/5/99 SERA: FORO M. 19.20-RIV.M. 5.40-LIV. ACQUA M. 18.05.  12/5/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 17.95.
13.50		BLOCCO CALCAREO GRIGIO CHIARO.				TENTATIVI FALLITI DI CAMP. IND. ALLE PROFONDITA' 4.00, 4.50, 6.20 M. CAUSA LITOIDI CONSISTENZA SEDI- MENTO.
14.00		ROCCIA ARGILLITICA IDEM C.S. SEMPRE DURA.				CAROTAGGIO ESE- GUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A 4.00 M., POI CON DIAM. 101 MM. CON CAROTIERE DOPPIO FRA LE PROFONDITA' 13.50/14.10 M.  INCLINOMETRO: M. 20.50.
20.50						

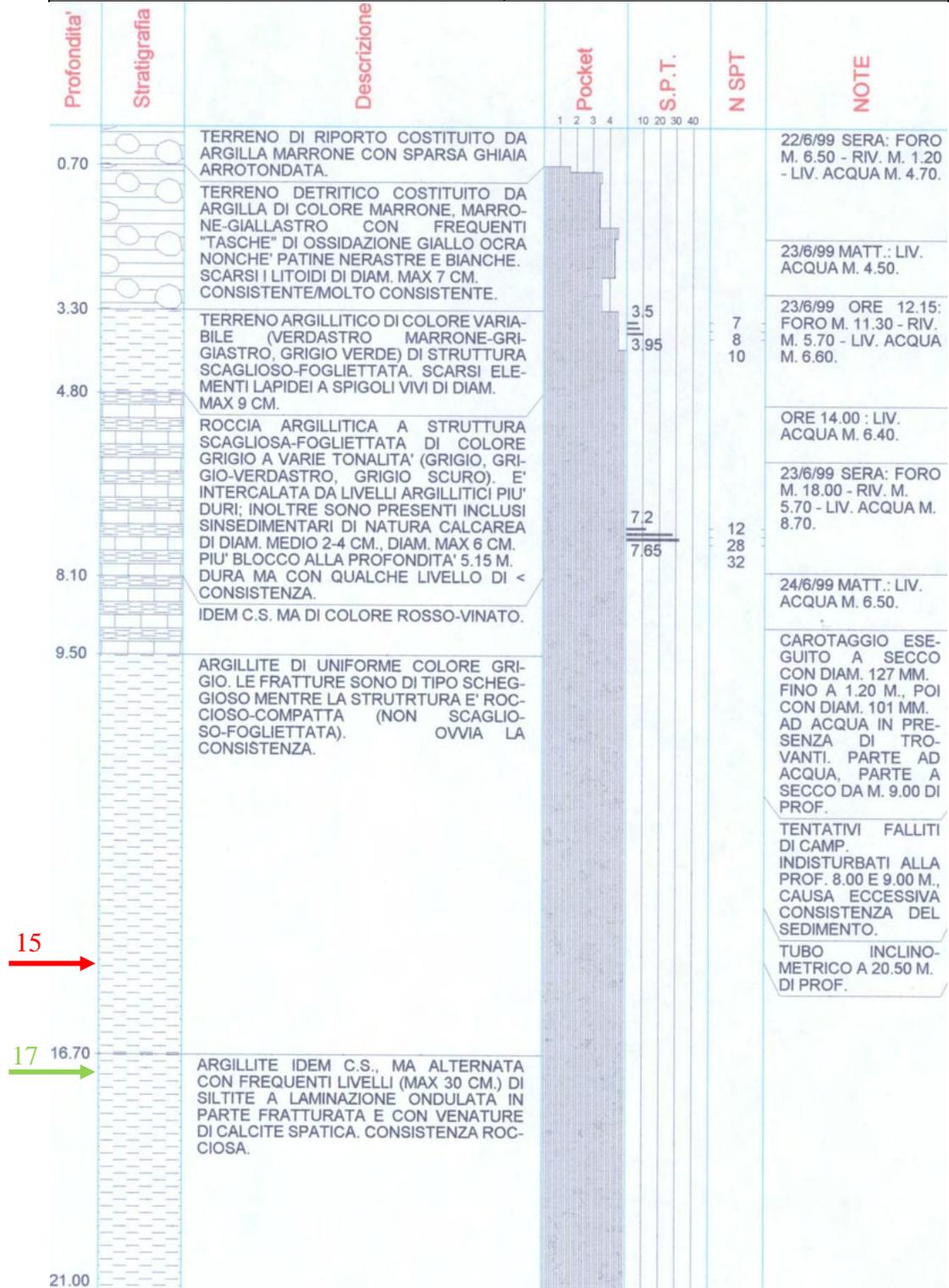
Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket	S.P.T.	N SPT	NOTE
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA MARRONE CON SPARSI, MA POCO FREQUENTI ELEMENTI LAPIDEI DI DIAM. MAX 8 CM. A SPIGOLI VIVI. CONSISTENZA VARIABILE, DECRESCENTE AL LETTO DELLO STRATO.	1 2 3 4	10 20 30 40		18/5/99 SERA: FORO M. 13.50 - RIV. M. 9.50 - LIV. ACQUA M. 2.60. 19/5/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 5.20.
4.20		IDEM C.S. MA DI COLORE GRIGIASTRO O MARRONE GRIGIASTRO.		3.4 3.85	2 3 5	14/5/99 SERA: FORO M. 3.60 - RIV. M. 2.70 - LIV. ACQUA M. 0.40.
5.80		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETTATA A VARIE TONALITA' DI GRIGIO E VERDASTRO. CONTIENE SPARSI E A VOLTE FREQUENTI ELEMENTI LAPIDEI SINSEDIMENTARI DI DIAM. MOLTO VARIABILE (1 - > 10 CM.) GLI INCLUSI A SPIGOLI VIVI SONO DI NATURA CALCAREA E CALCAREO-MARNOSA ANCH'ESSI A DIVERSE TONALITA' DI GRIGIO. FORMAZIONE DURA, SENZA PLASTICITA'.		6.7 7.15	23 41 37	17/5/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 0.40. 17/5/99 ORE 12.30: FORO M. 6.00 - RIV. M. 4.10 - LIV. ACQUA M. 3.80. 18/5/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 3.40. TENTATIVI FALLITI DI CAMP. IND. A 3.00 M. E A 3.90 M. DI PROF. CAUSA LITODI. TUBO INCLINOMETRICO A 21.80 M. DI PROF. CAROTTAGGIO ESEGUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A 1.20 M. DI PROF. POI CON DIAM. 101 MM.
22.00						

5

6

Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.				N SPT	NOTE
			1	2	3	4	10	20	30	40		
1.60		TERRENO DI RIPOSTO DETRITICO ARGILLOSO MARRONE CON LITOIDI ARROTONDATI DI NATURA CALCAREA, MARNO SO - CALCAREA, DIAM. MAX > 10 CM.										1/6/99 SERA: FORO M. 5.50 - RIV. M. 4.00 - LIV. ACQUA M. 3.60.
		TERRENO DETRITICO ARGILLOSO GRIGIO VERDE CON RARI TRATTI SABBIOSI NOCCIOLA. PRESENZA DI LITOIDI DI NATURA CALCAREA CON DIAM. 0.5 CM. E DIAM. MAX 4 CM. A SPIGOLI VIVI E SCARSAMENTE ARROTONDATI. SI RISCONTRANO SACCHE DI MATERIALE ALTERATO DI COLORE MARRONE E VERDE. NEL TRATTO 1.80 - 2.40 M. SI HA UNA ZONA ORGANICA DI COLORE NERO COSTITUITO PREVALENTEMENTE DA MATERIALE VEGETALE. CONSISTENZA VARIABILE, ABBASTANZA PLASTICO.										2/6/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 3.40. 2/6/99 ORE 12.00: FORO M. 10.00 - RIV. M. 8.50 - LIV. ACQUA M. 7.70. 2/6/99 ORE 14.00: M. 7.30. 2/6/99 SERA: FORO M. 23.00 - RIV. M. 8.50 - LIV. ACQUA M. 11.60.
8.70		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETTATA DI COLORE GRIGIO/GRIGIO SCURO CON SPARSI MA NON FREQUENTI INCLUSI SINEDIMENTARI DI DIAM. MOLTO VARIABILE (0.5 - > 19 CM.), DI NATURA CALCAREA, MARNOSA E CALCAREO-MARNOSA A VARIE TONALITA' DI GRIGIO. CONSISTENZA SEMPRE ELEVATA E SENZA PLASTICITA'.										3/6/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 9.80. INCLINOMETRO A M. 27.20 - FORO A M. 27.50.
13.10		ARGILLITE GRIGIO SCURO CON RARI INCLUSI CALCAREO-MARNOSI E MARNOSI ALTERNATA A LIVELLI DECIMETRICI ARGILLITICI (PREVALENTI) PIU' DURI DI COLORE GRIGIO-NERASTRO A FRATTURA SCHEGGIOSA.										PERFORAZIONE CON DIAM. 127 MM. FINO A M. 3.10 DI PROF. DA P.C. A SECCO; POI CON DIAM. 101 MM. IN PARTE AD ACQUA DA M. 13.30 .
27.50		ARGILLITE GRIGIO SCURO CON RARI INCLUSI CALCAREO-MARNOSI E MARNOSI ALTERNATA A LIVELLI DECIMETRICI ARGILLITICI (PREVALENTI) PIU' DURI DI COLORE GRIGIO-NERASTRO A FRATTURA SCHEGGIOSA.										

9 → 8.70  
10 →



Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket	S.P.T.	N SPT	NOTE
			1 2 3 4	10 20 30 40		
1.10		TERRENO ARGILLOSO MARRONE CON FREQUENTI E SPARSI LITOIDI PER LO PIU' ARENACEI DI DIAM. MOLTO VARIABILE: 0.2 > 12 CM. ANCHE PARZIALMENTE ARROTONDATI.				28/6/99 SERA: FORO M. 7.40 - RIV. M. 5.60 - LIV. ACQUA M. 3.80.
4.00		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA DI COLORE VARIABILE (DA MARRONE A GRIGIASTRO, DA GIALLO MARRONE A MARRONE GRIGIASTRO) CON DIFFUSE "TASCHE" DI OSSIDAZIONE GIALLO OCRA, GIALLASTRO OVE SABBIOSO. FREQUENTI ANCHE GLI ELEMENTI LAPIDEI A SPIGOLI VIVI DI PREVALENTE NATURA CALCAREA E DI DIAM. MAX 7 CM. SEDIMENTO MOLTO RIMANEGGIATO ED ALTERATO MA CONSISTENTE.				29/6/99 MAT.: LIV. ACQUA M. 3.20.
6.60		ARGILLA GRIGIO GIALLASTRA CON ZONATURE GRIGIE E SPARSE OSSIDAZIONI GIALLO CHIARO. CONSISTENZA DECRESCENTE.				29/6/99 ORE 12.30: FORO M. 13.30 - RIV. M. 7.20 - LIV. ACQUA M. 7.20.
6.60		ROCCIA ARGILLITICA A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETTATA A DIVERSE TONALITA' DI GRIGIO ED A VOLTE VERDASTRA E GRIGIO-NERASTRA. POCO FREQUENTI I LITOIDI SINSEDIMENTARI, DI NATURA CALCAREA E ARGILLITICA (PIU' DURI DEL LITOTIPO PRINCIPALE). FORMAZIONE DURA.	7.1 7.55		32 26 29	ORE 14.15: LIV. ACQUA A M. 7.00.
11.50		ARGILLITE IDEM C.S. MA CON FREQUENTISSIMI INCLUSI DI PEZZATURA MOLTO VARIABILE (ETEROMETRICI) ANCHE DI NATURA CALCARENITICA, ARGILLITICA PIU' DURA; DIFFUSE LE VENATURE DI CALCITE SPATICA. LA FRAZIONE LITOIDE E' INTERAMENTE A SPIGOLI VIVI.	10.2 10.65		43 28 46	30/6/99 ORE 12.15: FORO M. 15.60 - RIV. M. 7.20 - LIV. ACQUA M. 2.60.
15.00		BLOCCO CALCARENITICO CON VENATURE DI CALCITE, GRIGIO IN PARTE FRATTURATO.				ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 2.70
15.45		ARGILLITE CON LITOIDI IDEM C.S.				PRESENTE UNA TASCHE DI GAS METANIFERO ALLA PROF. PROSSIMA AL TERMINE DEL FORO.
		ARGILLITE CON LITOIDI IDEM C.S.				CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A 4.00 M. DI PROF. POI CON DIAM. 101 MM. DA 11.50 M. AD ACQUA CON CAROTIERE DOPPIO, A CORONA DIAMANTATA SINO A 23.50 M. INFINE CON CAROTIERE SEMPLICE.
23.30		ARGILLITE IDEM C.S. MA CON SCARSI ELEMENTI LAPIDEI DI DIAM. 3 CM.				TUBO INCLINOMETRICO A 25.00 M.
25.00						

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.	N SPT	NOTE
			1	2	3	4			
		ARGILLA MARRONE CON SPARSI LITOIDI DI DIMENSIONI VARIABILI DA POCHI CM. A > 10 CM. CALCAREI E CALCAREO-MARNOSI A SPIGOLI VIVI.					10 20 30 40		21/7/99 SERA: FORO M. 17.00 - RIV. M. 3.50 - LIV. ACQUA : FORO ASCIUTTO.
3.60		TROVANTE CALCAREO.							22/7/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 15.40.
4.20		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA GRIGIA CON ZONATURE MARRONI GIALLASTRE E, PIU' RARAMENTE, GRIGIO VERDASTRE CON SPARSI ELEMENTI LAPIDEI A SPIGOLI VIVI DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A 6 CM.) CALCAREO O CALCAREO MARNOSI.					5,2 5,65	12 9 11	23/7/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 17.50.
8.70		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSA DA GRIGIA A GRIGIO-SCURA CON QUALCHE SPARSO LITOIDE A SPIGOLI VIVI CALCAREO O CALCAREO-MARNOSO, DIMENSIONI ETEROGENEE (DIAM. MAX 5 CM.).					9,3 9,75	19 26 31	CAROTIERE SEMPLICE DIAM. 127 MM. DA 0 A M. 3.50, CAROTIERE SEMPLICE DIAM. 101 MM. DA 3.50 M. A M. 18.00. CAROTIERE DOPPIO CON CORONE DIAMANTE DA 18.00 A 21.60 M. CAROTIERE SEMPLICE DIAM. 101 MM. DA 21.60 A 29.00 M. INCLINOMETRO A M. 28.50.
16.80		ARGILLITE IDEM C.S. CON FREQUENTISSIMI INCLUSI DI DIMENSIONI VARIABILI (DA POCHI CM. A 30 CM. DI SPESSORE) CALCAREO O CALCAREO MARNOSI E PIU' RARAMENTE, CALCARENITI CON VENATURE DI CALCITE A SPIGOLI VIVI.							
21.60		ARGILLITE IDEM C.S. CON FREQUENTISSIMI INCLUSI DI DIMENSIONI VARIABILI (DA POCHI CM. A 30 CM. DI SPESSORE) CALCAREO O CALCAREO MARNOSI E PIU' RARAMENTE, CALCARENITI CON VENATURE DI CALCITE A SPIGOLI VIVI. ARGILLITE DA GRIGIA A GRIGIO SCURA A STRUTTURA SCAGLIOSA CON INCLUSI CALCAREO-MARNOSI E MARNOSI A SPIGOLI VIVI, DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A 8 CM.).							
29.00									

8 →

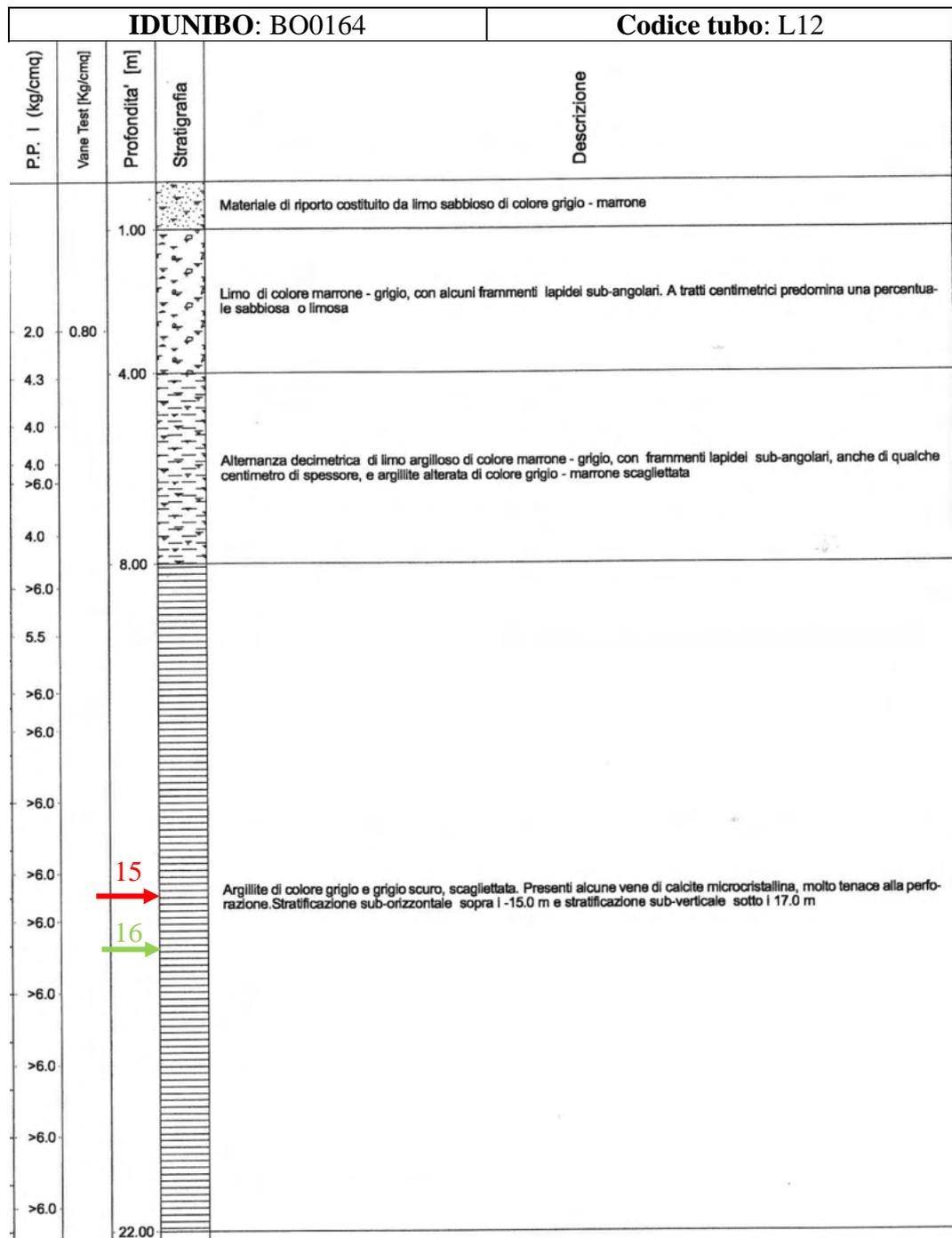
10 →

Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.				N SPT	NOTE
			1	2	3	4	10	20	30	40		
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA CON ELEMENTI LAPIDEI PREVALENTEMENTE CALCAREI A SPIGOLI VIVI DIAM. MAX 6 CM. COLORE DELL'ARGILLA PRIMA MARRONE CON ZONATURE MARRONE-GIALLASTRE E GIALLASTRE, POI DA M. 5.00, PRIMA GRIGIA CON ZONATURE MARRONI, POI GRIGIA. TERRENO MOLTO RIMANEGGIATO E ALTERATO MA CONSISTENTE.										<p>14/7/99 SERA: FORO M. 8.00 - RIV. M. 6.00 LIV. ACQUA M. 1.70.</p> <p>15/7/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 1.70.</p> <p>15/7/99 SERA: FORO M. 15.00 - RIV. M. 6.00 - LIV. ACQUA M. 12.00.</p> <p>16/7/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 12.10.</p>
6 7 6.70		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSA FOGLIETTATA DA GRIGIA A GRIGIO-SCURA CON FREQUENTISSIMI INCLUSI DI DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A SPESSORI DI 25 CM.) A SPIGOLI VIVI. NATURA DEI LITOIDI: CALCAREI, CALCAREO MARNOSI E, PIU' RARAMENTE, CALCARENITICI.										<p>CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO DIAM. 127 MM. DA 0 A M. 6.00, A SECCO DIAM. 101 MM. DA 6 A 7.50 M. CAROTIERE DOPPIO CON CORONA DIAMANTATA DA 7.50 A 14.50 M., A SECCO DIAM. 101 MM. DA 14.50 A 28.00 M.</p> <p>INCLINOMETRO A M. 28.00.</p>
14.10		ARGILLITE IDEM C.S. CON INCLUSI MENO FREQUENTI DI DIEMENSIONI ETEROGENEE A SPIGOLI VIVI DA POCHI CM. A 7 CM., CALCAREO O CALCAREO MARNOSI.										
22.70		ARGILLITE IDEM C.S. CON INCLUSI MENO FREQUENTI DI DIEMENSIONI ETEROGENEE A SPIGOLI VIVI DA POCHI CM. A 7 CM., CALCAREO O CALCAREO MARNOSI.										
28.00		ARGILLITE C.S. CON FREQUENTI INCLUSI A SPIGOLI VIVI DI DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A > 10 CM.) CALCAREO O CALCAREO-MARNOSI.										

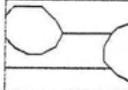
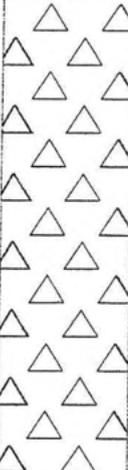
Profondità'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.	N SPT	NOTE
			1	2	3	4			
-1.00		SUOLO: ARGILLA MARRONE CON MATERIALE ORGANICO.							3/8/99 SERA: FORO M. 17.40 - RIV. M. 7.00 - LIV. ACQUA M. 4.70.
-2.80		ARGILLA TALVOLTA SABBIOSA NOCCIOLA CON QUALCHE ZONATURA MARRONE-ROSSASTRA. RARI ELEMENTI LAPIDEI DIAM. MAX 3 CM.							4/8/99 SERA: LIV. ACQUA M. 3.85
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA DI COLORE VARIABILE (DA MARRONE A GRIGIASTRA) CON DIFFUSE TASCHE DI OSSIDAZIONE GIALLASTRE O GIALLO OCRA OVE SABBIOSE. FREQUENTI ELEMENTI LAPIDEI A SPIGOLI VIVI, DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A 30 CM. DI SPESSORE) PREVALENTEMENTE ARENACEI PIU' RARAMENTE CALCAREI.							4/8/99 ORE 13: FORO M. 25.00 - RIV.M. 7.00 - LIV. ACQUA: FONDO FORO.  ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 18.00.
		TROVANTE ARENACEO A GRANA DA MEDIA A GROSSOLANA, COLORE PRIMA NOCCIOLA POI GRIGIO E AL PASSAGGIO NUOVAMENTE NOCCIOLA. NON VISIBILI GIUNTI O FRATTURE. RQD AL 100%.					6,8 7,25	9 29 21	4/8/99 SERA: FORO M. 32.00 - RIV. M. 7.00 - LIV. ACQUA M. 21.30.  5/8/99 MATT.: LIV. ACQUA M. 12.10.
-12.80		ARGILLA GRIGIA CON QUALCHE ZONATURA MARRONE E GRIGIO-VERDASTRA CON FREQUENTI ELEMENTI LAPIDEI A SPIGOLI VIVI DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A 30 CM. DI SPESSORE) PREVALENTEMENTE ARENACEI E TALVOLTA CALCAREI O CALCAREO MARNOSI.							INCLINOMETRO A M. 39.00.  CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO DIAM. 127 MM. DA M. 0 A M. 7.00; A SECCO DIAM. 101 MM. DA M. 7.00 A M. 8.70; T2 PIU' DIAMANTE DA M. 8.70 A M. 12.80; A SECCO DIAM. 101 MM. DA M. 12.80 A M. 15.80; T2 PIU' DIAMANTE DA M. 15.80 A M. 18.30; A SECCO DIAM. 101 MM. DA M. 18.30 A M. 39.00.
		ARGILLA GRIGIA CON QUALCHE ZONATURA MARRONE E GRIGIO-VERDASTRA CON FREQUENTI ELEMENTI LAPIDEI A SPIGOLI VIVI DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A 30 CM. DI SPESSORE) PREVALENTEMENTE ARENACEI E TALVOLTA CALCAREI O CALCAREO MARNOSI.  ROCCIA ARGILLITICA A STRUTTURA SCAGLIOSA DA GRIGIA A GRIGIO SCURO CON LITOIDI A SPIGOLI VIVI, DIMENSIONI ETEROGENEE (DA POCHI CM. A > 10 CM.) CALCAREI E CALCAREI MARNOSI.							
-21.00									
-39.00									

20 →  
21 →





Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket			
			1	2	3	4
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA +/- LIMOSA DAPPRIMA MARRONE POI MARRONE CON ZONATURE GIALLASTRE E/O GRIGIASTRE E DIFFUSE OSSIDAZIONI OCRACEE E BRUNE. GLI INCLUSI, DI NATURA ETEROGENEA, SONO FREQUENTI SOLO IN SUPERFICIE (ENTRO 1.50 M.) E SONO DI DIAM. < 5 CM. PIU' BLOCCO (CIRCA 25 CM.) A -1.30 M.				
4.80		DETRITO ARGILLO LIMOSO DI COLORE GRIGIO-AZZURRO, POI MARRONE DA CIRCA 7 M., CON DIFFUSI ELEMENTI LAPIDEI PER LO PIU' ARENACEI MOLTO ALTERATI E FACILMENTE DISGREGABILI DI DIAM. MEDIO 0.5 - 1 CM., DIAM. MAX 4 CM.; PRESENTE QUALCHE CIOTTOLO ANCHE > 10 CM. DA -7.20 M.				
8.50		SERIE DI BLOCCHI ARENACEI INALTERATI O CON DEBOLE ALTERAZIONE.				
10.50		TERRENO DETRITICO IDEM C.S. , COLORE DELLA MATRICE: MARRONE/MARRONE NOCCIOLA. LA NATURA DEGLI ELEMENTI LAPIDEI (A VOLTE > 10 CM.) E' ARENACEA.				
17.20		ARGILLITE DI COLORE GRIGIO/GRIGIO SCURO CON SPARSI ED ABBASTANZA FREQUENTI INCLUSI SINSEDIMENTARI DI NATURA ETEROGENEA E DI 1 CM. < DIAM. < 5 CM. PIU' RARI > 5 CM. SEMPRE A SPIGOLI VIVI. LA STRUTTURA E' SCAGLIOSO-FOGLIETTATA SOLO INIZIALMENTE DI UNA QUALCHE PLASTICITA'. DA POCO COMPATTA AL CONTATTO SUPERIORE DIVENTA DURA.				
18						
19						
20.00						

IDUNIBO: BO0169		Codice tubo: L13	
Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA LIMOSA MARRONE CON SPARSI INCLUSI DI DIAM. 6 CM.	1 2 3 4
1.40		DETRITO IDEM C.S. MA DI COLORE VARIABILE: DA GRIGIASTRO A MARRONE-GRIGIASTRO DA GRIGIO A MARRONE-GIALLASTRO. SPARSI ED A VOLTE FREQUENTI I LITOIDI, A SPIGOLI VIVI O PARZIALMENTE ARROTONDATI. LA FRAZIONE LITOIDI, DI DIAM MEDIO 2- 3 CM., DIAM. MAX 4 CM. E' DI NATURA MARNOSA, CALCAREO MARNOSA ARENACEA E CALCAREA E PRESENTA NOTEVOLI ALTERAZIONE ESSENDO I SINGOLI ELEMENTI FACILMENTE DISGREGABILI, ANCHE MANUALMENTE. SEDIMENTO RIMANEGGIATO CON DIFFUSE ALTERAZIONI GIALLASTRE/GIALLO OCRA MA CONSISTENTE; POCO PLASTICO.	
7 7.10		ROCCIA ARGILLITICA DI COLORE DA GRIGIO A GRIGIO SCURO, INALTERATA E INGLOBANTE SCARSI E SPARSI INCLUSI SINSEDIMENTARI DI NATURA PER LO PIU' MARNOSA (E RARAMENTE CALCAREA) DI DIAM. MAX 5 CM. LA STRUTTURA E' SCAGLIOSO-FOGLIETTATA. SERIE DI TROVANTI E BLOCCHI DI DIAM > 10 CM. ALLE PROF. 15.10, 15.80 E 21.30 M.	
9			
20.00			

IDUNIBO: BO0170

Codice tubo: L9

Località: Lizzano in Belvedere  
 Data: Dicembre 1994  
**Sondaggio 9**  
 Quota iniziale: p.c. originario  
 Metodo di perforazione: Carotaggio a distruzione

Prof. m da p.c.		Pocket kg/cmq	Vane kg/cmq	Campioni	Descrizione dei terreni	Note ed osservazioni
1 -					Limo sabbioso legger. argilloso colore nocciola grigio clasti abbondanti	Umidità medio elevata
2 -						Falda a - 3.8 m
3 -						
4 -						
5 -						
6 -						
7 -						
8 -						
9 -					Substrato argillitico colore grigiochiaro clasti abbondanti	Umidità scarsa
10 -						
11 -						
12 -						
13 -					Tubo inclinometrico a 12.5 m Tubo piezometrico a 10 m	
14 -						
15 -						
16 -						
17 -						
18 -						
19 -						
20						

<b>IDUNIBO: BO0171</b>	<b>Codice tubo: L11</b>
------------------------	-------------------------

Località: Lizzano in Belvedere  
 Data: Dicembre 1994  
**Sondaggio 11**  
 Quota iniziale: p.c. originario  
 Metodo di perforazione: Carotaggio a distruzione

Prof. m da p.c.		Pocket kg/cmq	Vane kg/cmq	Campioni	Descrizione dei terreni	Note ed osservazioni
1 -					Limo sabbioso legger. argilloso colore nocciola grigio clasti abbondanti	Umidità medio elevata
2 -						
3 -						
4 -						
5 -						
6 -						
7 -						
8 -						
9 -						
10 -						
11 -					Substrato argillitico colore grigiochiaro clasti abbondanti	Umidità molto scarsa
12 -						
13 -						
14 -						
15 -					Tubo inclinometrico a 13 m Tubo piezometrico a 8 m	
16 -						
17 -						
18 -						
19 -						
20 -						

IDUNIBO: BO0172

Codice tubo: L10

Località: Lizzano in Belvedere  
 Data: Dicembre 1994  
**Sondaggio 10**  
 Quota iniziale: p.c. originario  
 Metodo di perforazione: Carotaggio a distruzione

Prof. m da p.c.		Pocket kg/cmq	Vane kg/cmq	Cam-pioni	Descrizione dei terreni	Note ed osservazioni
1 -					Limo sabbioso legger. argilloso colore nocciola grigio clasti abbondanti	Umidità medio elevata
2 -						
3 -						
4 -						
5 -						Falda a - 5.0 m
6 -						
7 -					Substrato argillitico colore grigiochiaro clasti abbondanti	Umidità scarsa
8 -						
9 -						
10 -						
11 -						
12 -						
13 -					Tubo inclinometrico a 11.3 m	
14 -					Tubo piezometrico a 7 m	
15 -						
16 -						
17 -						
18 -						
19 -						
20 -						

## A5.6 Sito: Ca' di Faziotto

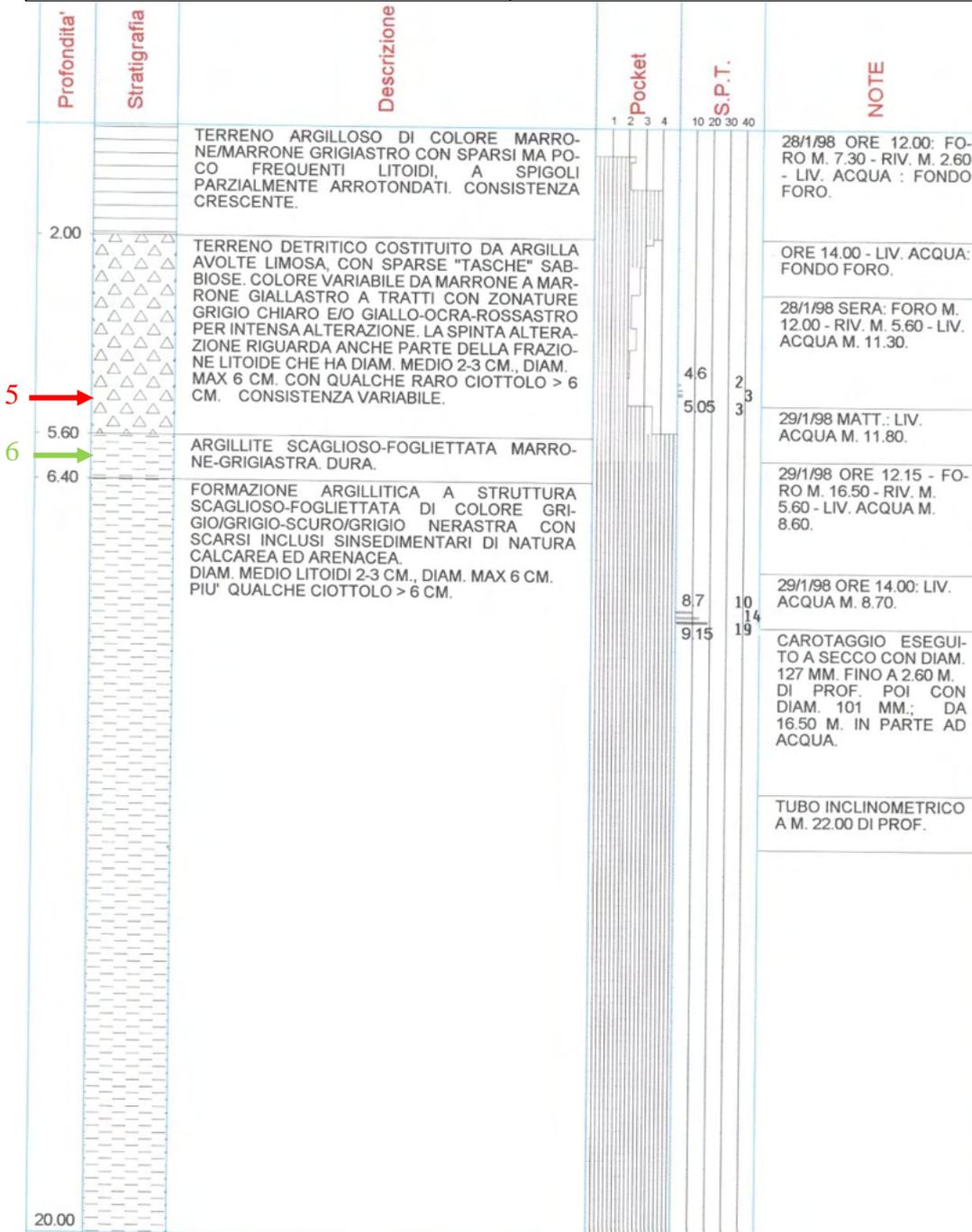
IDUNIBO: BO0023- BO0024		Codice tubo: C19		
Profondità [m]	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	P. P. [kg/cmq]
		1	Argilla limosa di colore bruno nocciola; - terreno molto consistente di umidità scarsa.	1.9 2.2 2.7 2.5 1.5 2.3 2.0 2.2 2.6
		2		1.2 2.2 1.0 1.7 2.0
		3	Argilla limosa di colore bruno nocciola; - terreno consistente di umidità medio elevata.	1.7 2.0
3.40		4	Argilla limosa a tratti sabbiosa di colore bruno nocciola con patine di alterazione rossastre e nerastre e rari trovanti ; - terreno consistente di umidità scarsa.	1.2 2.2 2.0
4.70		5	Argilla scagliosa alterata di colore grigiastro con striature nocciola e trovanti centimetrici; - terreno consistente ad umidità scarsa	1.7 2.0
4.80		6	Trovante calcareo	1.3 2.0
5.40		7	Argilla scagliosa alterata di colore grigiastro con striature nocciola e trovanti centimetrici; - terreno consistente ad umidità scarsa	1.5 1.2 2.0 2.2 1.5 1.2
5.70		8		2.3 2.1
		9	Argilla scagliosa alterata di colore grigiastro con striature nocciola e trovanti centimetrici; - terreno molto consistente ad umidità scarsa	2.5 2.5 3.0
		10		2.5
9.80		11	Argilla di colore grigio nerastro con resti vegetali.	2.5
9.90		12	Argilla scagliosa di colore grigiastro con striature nocciola e piccoli trovanti ; - terreno molto consistente ad umidità scarsa	3.2 2.7 3.0
11.90		13		2.7
12.00		14		3.5 4.0 4.0 4.0 3.8 4.0 4.0
		15		4.0
		16	Argilla scagliosa di colore grigio con zonature verdastre e nerastre; - terreno molto consistente di umidità scarsa.	4.0 4.0 4.5
15.70		17		4.5
		18	Trovante calcareo.	4.5 2.0 2.7 2.5
17.20		19	Argilla scagliosa di colore grigiastro con striature nerastre e trovanti centimetrici; - terreno molto consistente ad umidità scarsa	4.5 2.0 2.7 2.5
17.50		20		4.5 4.5 4.5
19.20		21		4.5
19.30				
21.00				

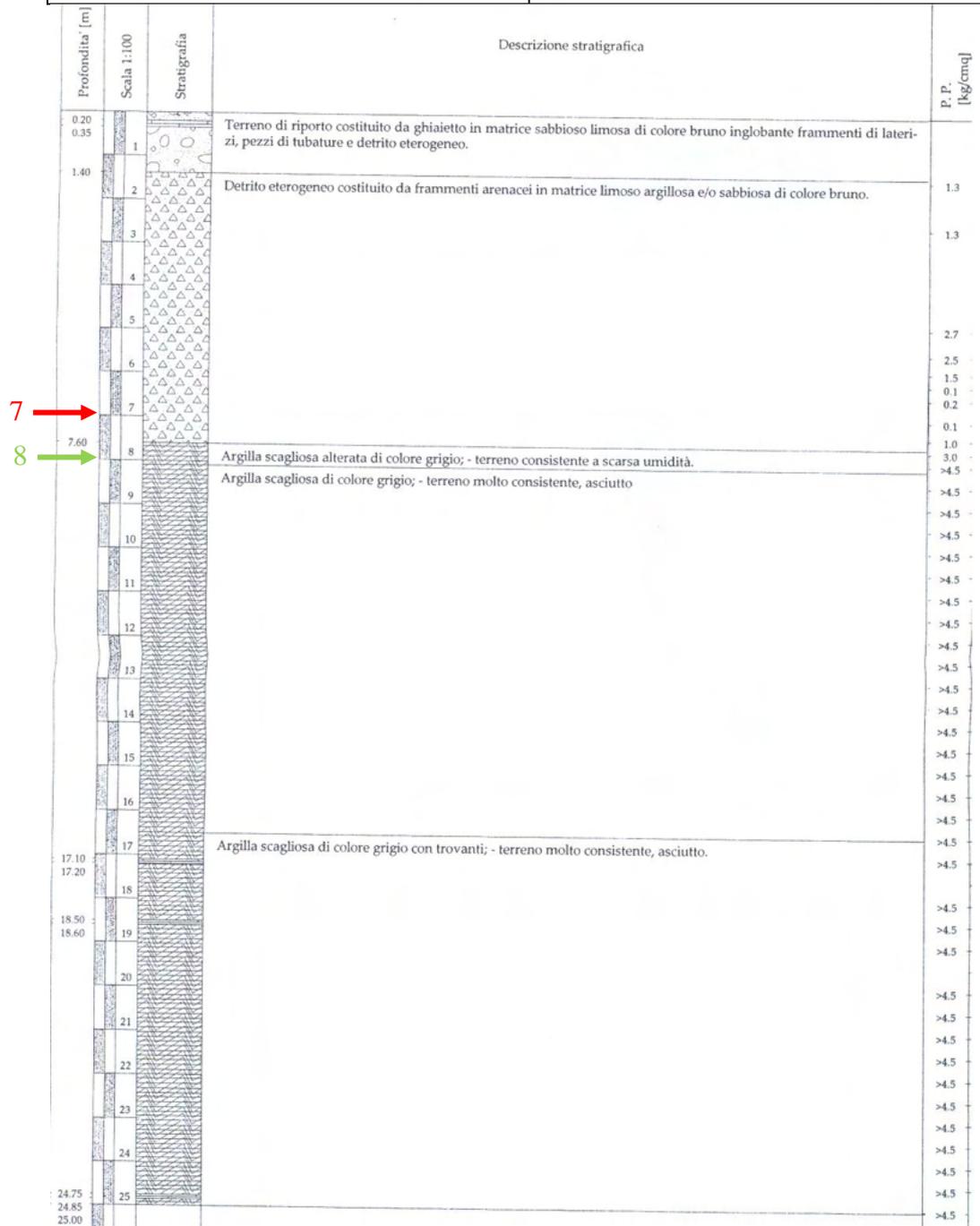
16

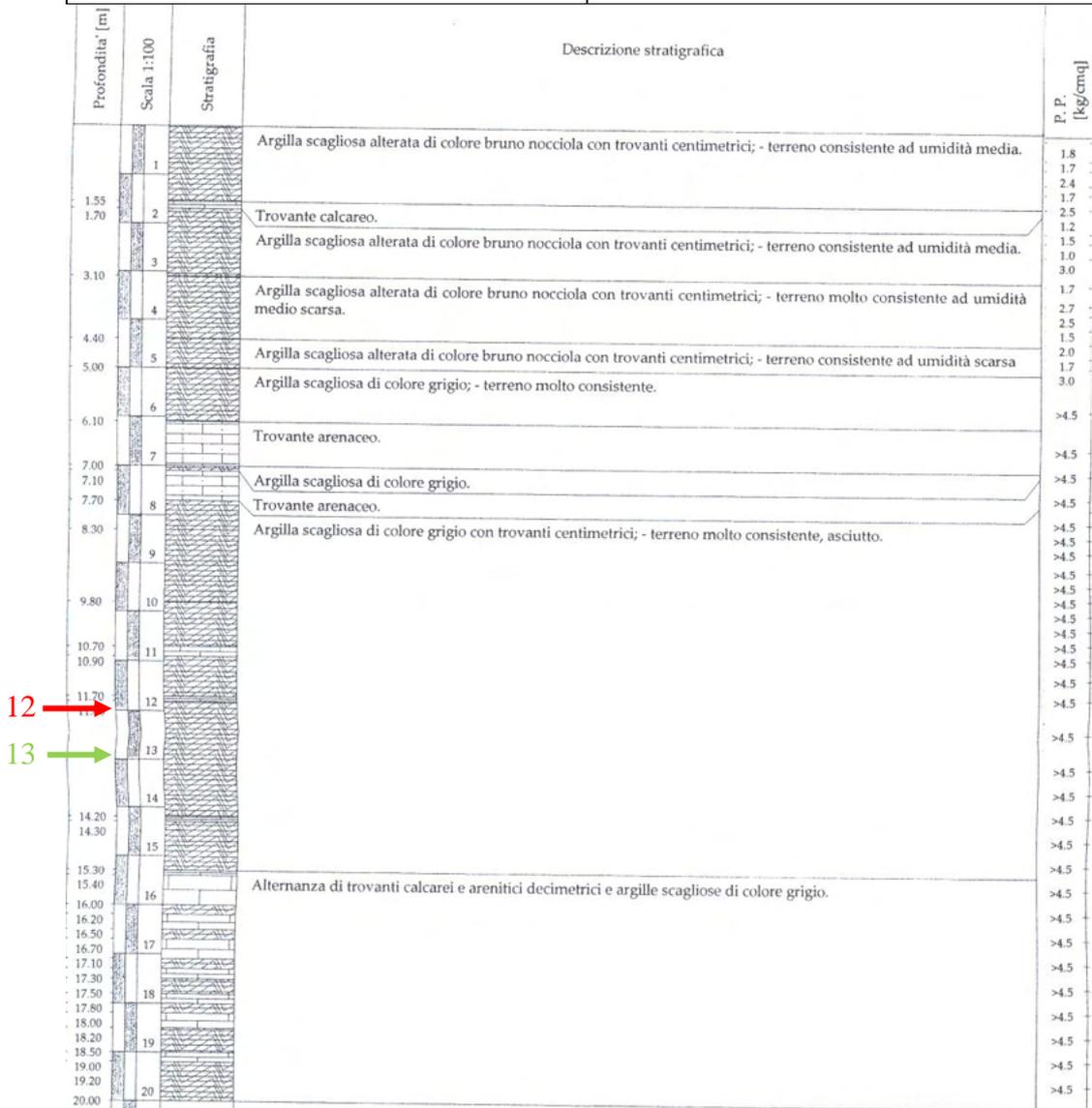
17

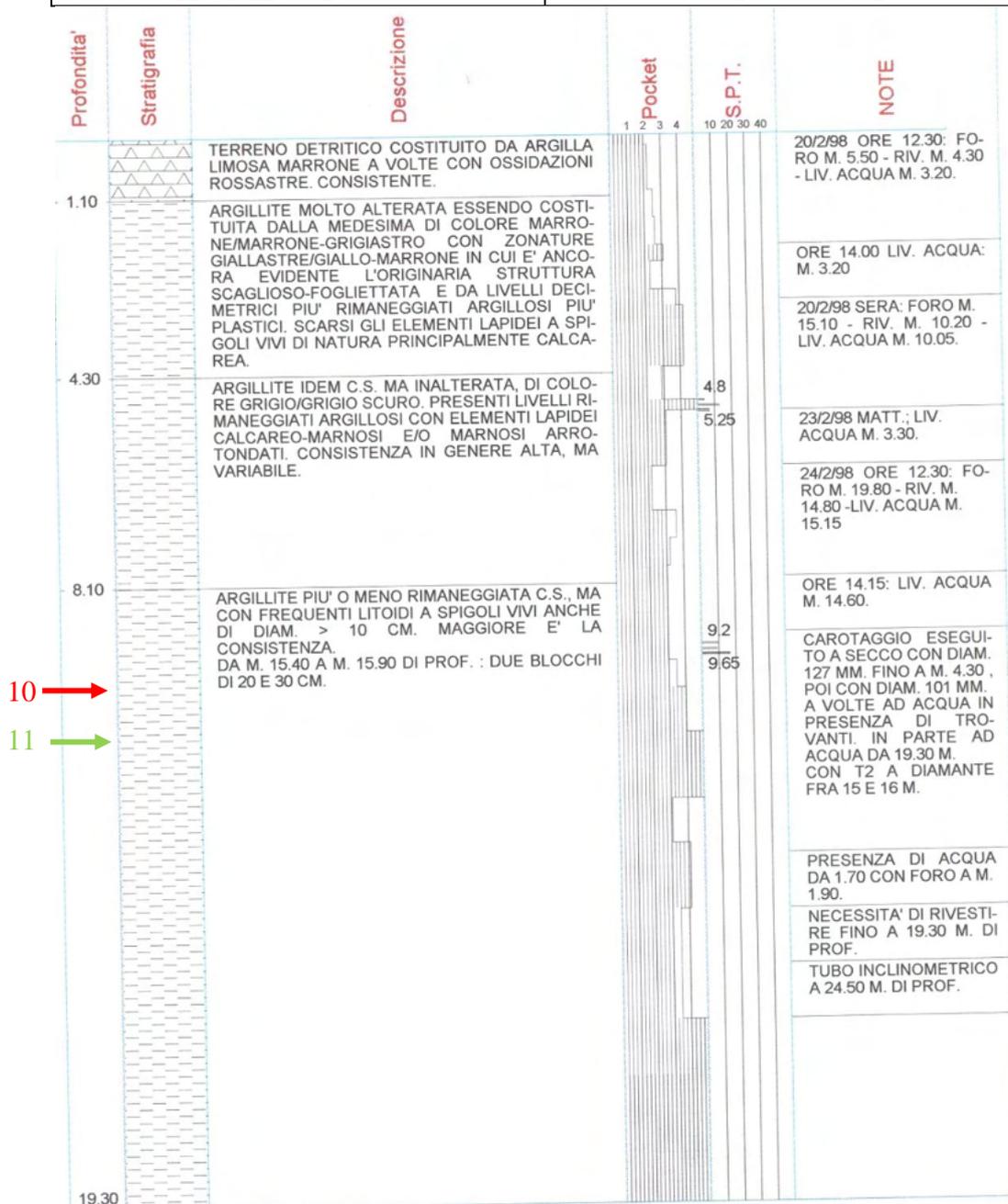
IDUNIBO: BO0027

Codice tubo: C6









IDUNIBO: BO0031

Codice tubo: C13

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.				NOTE
			1	2	3	4	10	20	30	40	
1.10		ARGILLA DI COLORE MARRONE/MARRONE GIALLASTRO PER ALTERAZIONE A VOLTE LIMOSA. CONTIENE LITOIDI.									26/2/98 ORE 12.30: FORO M. 8.80 - RIV. M. 7.10 - LIV. ACQUA M. 4.40.
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA GRIGIO E/O GRIGIASTRA FREQUENTEMENTE SCAGLIOSO-FOGLIETTATA E CON SCARSA OSSIDAZIONE, INTERESSANTI ANCHE ALCUNI ELEMENTI LAPIDEI. I LITOIDI DI PREVALENTE NATURA CALCAREA HANNO PEZZATURA MOLTO VARIABILE, MEDIAMENTE 2-4 CM., DIVERSI DI 5-6 CM., ALCUNI > 6 CM. PIU' QUALCHE BLOCCO. SONO A SPIGOLI VIVI O AL TETTO PARZIALMENTE ARROTONDATI. CONSISTENZA/ADDENSAMENTO VARIABILE.									ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 4.60
5.10		TROVANTE CALCAREO GRIGIO IN PARTE FRATTURATO E CON SUPERFICIE OSSIDATA.					4.7	4	10		26/2/98 SERA: FORO M. 15.80 - RIV. M. 10.10 - LIV. ACQUA M. 14.50.
6.30		ARGILLA DETRITICA MARRONE.									50 COLPI PER 5 CM. POI R
6.70		TROVANTE CALCAREO IDEM C.S.					5.15				27/2/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 3.40.
7.50		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETTATA ALTERNATA DA ARGILLA (ALTERAZIONE DELL'ARGILLITE), SPARSI I LITOIDI A SPIGOLI VIVI DI PEZZATURA VARIABILE. COLORE: GRIGIO CON TONALITA' CHIARO - SCURO. SEDIMENTO CONSISTENTE, IN PARTE PLASTICO E RIMANEGGIATO. BLOCCO CALCAREO DI CIRCA 40 CM. ALLA PROF. DI M. 9.10.					8.2	9	6		CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A 4.20 m., POI CON DIAM. 101 MM. AD ACQUA CON CAROTIERE DOPPIO E CORONA AL DIAMANTE TRALE PROF. DI 5.10 M. E 7.40 M.
							8.65	12			TUBO INCLINOMETRICO A 21.90 M. DI PROF.
13.20		ARGILLITE CON LIVELLI RIMANEGGIATI E PLASTICI IDEM C.S., MA DI > CONSISTENZA, DURA.									
16.30		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETTATA DI VARIE TONALITA' DI GRIGIO. SCARSI I LITOIDI CALCAREI DI DIAM. MAX 6 CM.									
22.00											

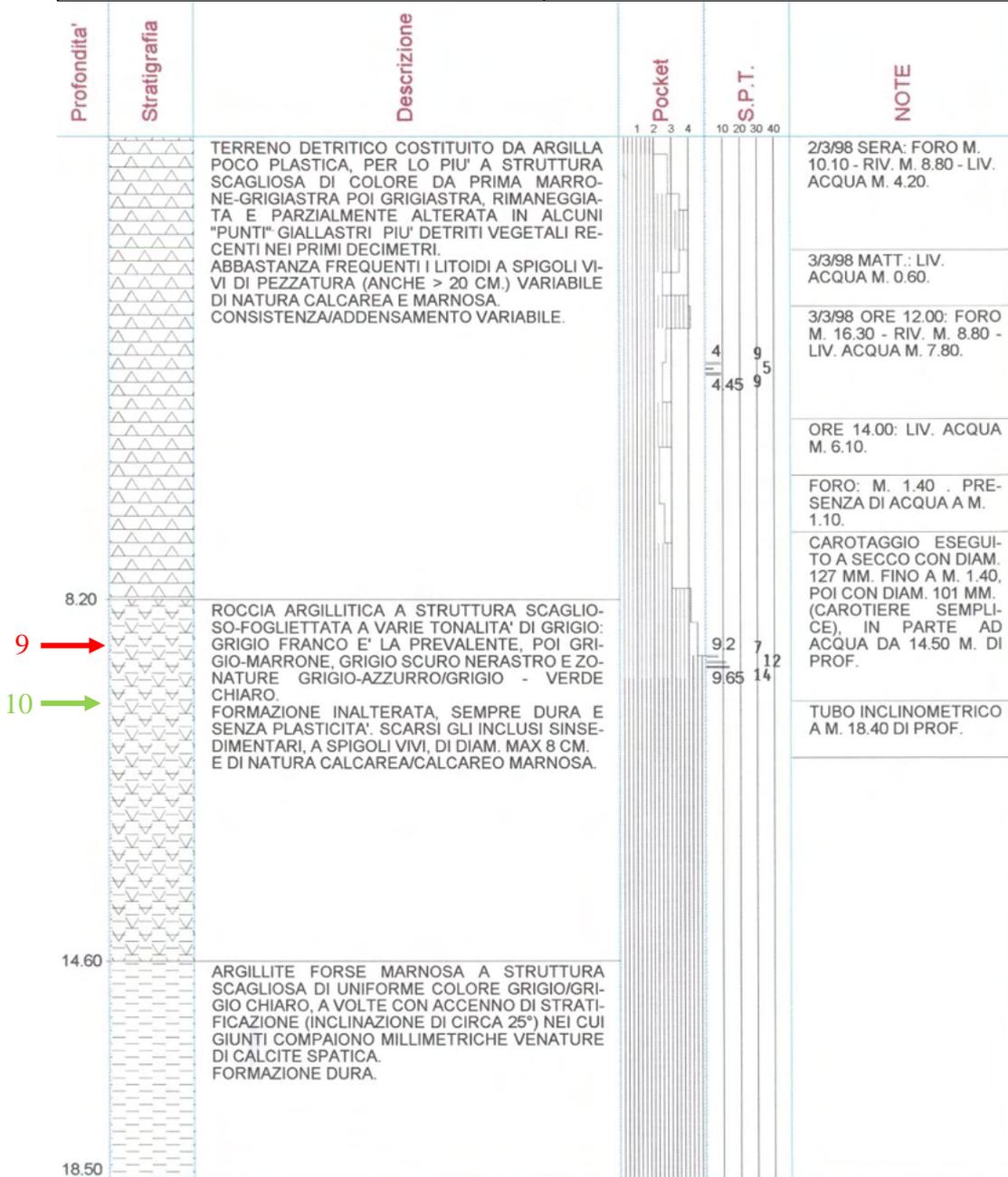
16 →

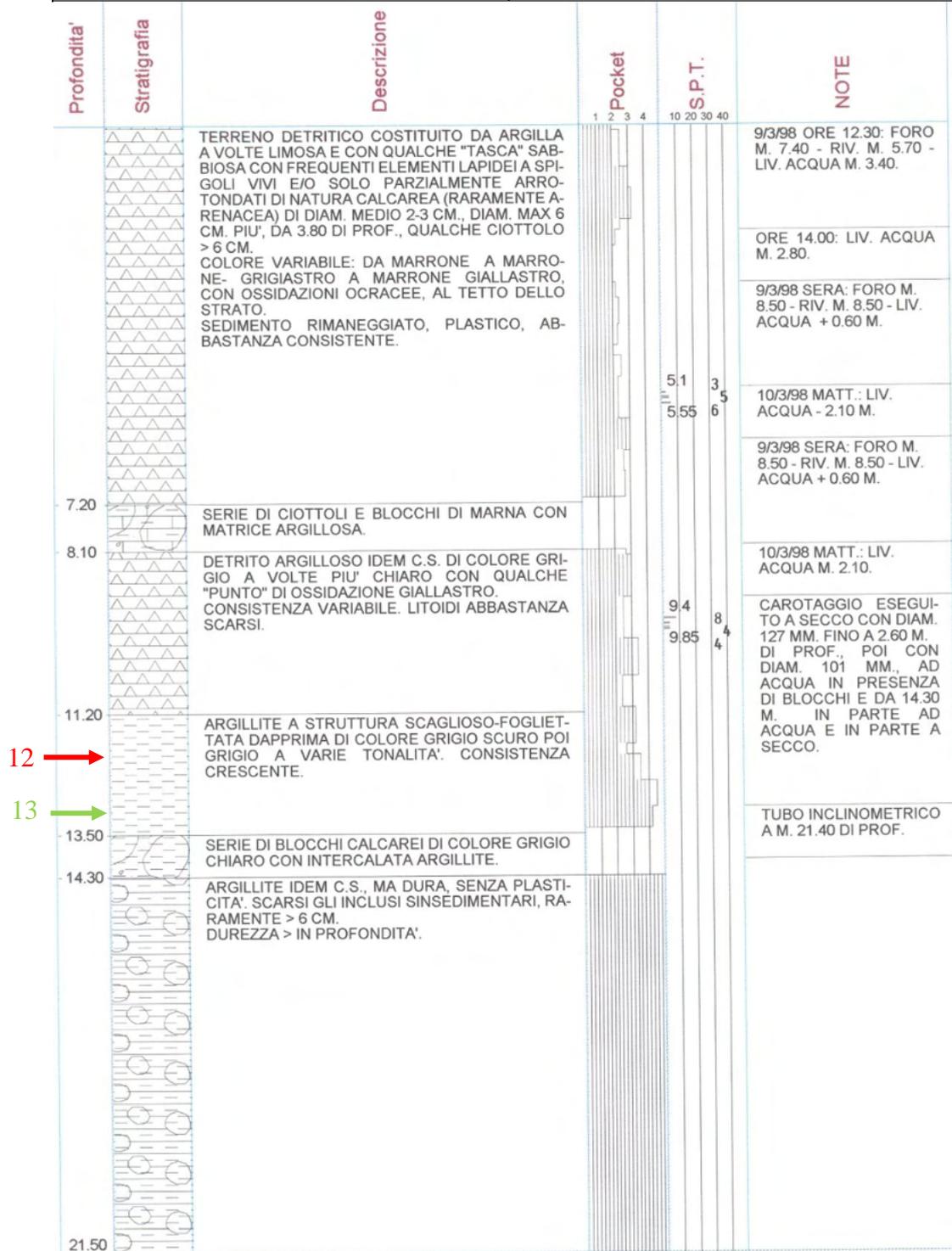
17 →

IDUNIBO: BO0032		Codice tubo: C1									
Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.	NOTE			
			1	2	3	4	10	20	30	40	
0.50		RIPORTO: GHIAIA E LATERIZI CON ARGILLA LIMOSA MARRONE GIALLASTRA. ARGILLA SILTOSA A TRATTI DEBOLMENTE SABBIOSA GRIGIA CON INCLUSI MARNOSI E CALCAREI. DIMENSIONI ETEROGENEE DA POCHI MM. A > 10 CM.									20/1/98 SERA: FORO M. 18.00 - RIV. M. 9.00 - LIV. ACQUA M. 7.90.  21/1/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 7.15  DA M.12.00 A M. 18.00 CAROTIERE DOPPIO E CORONE DIAMANTE E DA M. 20.00 A M. 21.00.  TUBO INCLINOMETRICO A M. 24.00.
8											
9											
8.60		ARGILLA MARNOSA DEBOLMENTE SABBIOSA MOLTO CONSISTENTE GRIGIA A TRATTI FRATTURABILE A SCAGLIE CON INCLUSI MARNOSI E CALCAREI DA POCHI MM. A 3-4 CM. QUALCHE LIVELLO DI POCHI CM. DI CALCITE.					6	3	4	12	
							6.45				
10											
10.45											50 COLPI PER 8 CM. POI R.
12.00		ARENARIA A GRANA DA FINE A MEDIA. GRIGIA.									
12.60		ALTERNANZE DI ARGILLE MARNOSE SPESSORE MAX 60 CM., MARNE E MARNE CALCAREE SPES. MAX 30 - 40 CM. E ARENARIE A GRANA DA FINE A MEDIA SPESSORE MAX 30 CM. COLORE GRIGIO.									
17.80		ARGILLA MARNOSA GRIGIA CON INCLUSI MARNOSI E CALCAREI DIAM. MAX 1 - 2 CM.									
19.60											

IDUNIBO: BO0033

Codice tubo: C11





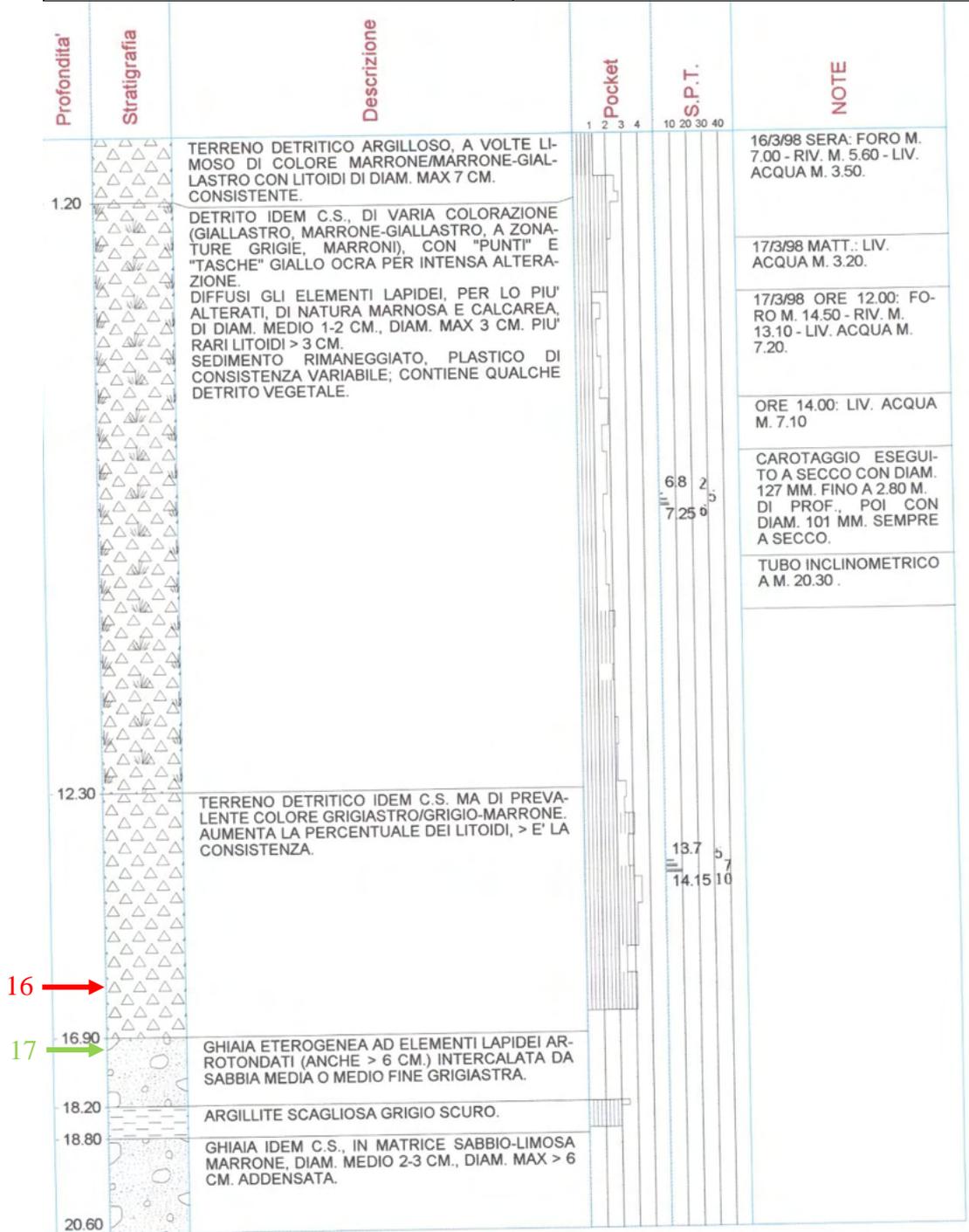
12 →

13 →

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.				NOTE
			1	2	3	4	10	20	30	40	
		TERRENO DETRITICO ARGILLOSO, A VOLTE LIMOSO, DI COLORE MARRONE/MARRONE - GRIGIASTRO CON LOCALI ZONATURE GIALLO-MARRONI PER ALTERAZIONE. SPARSI INCLUSI DI DIAM. MAX 7 CM. CONSISTENZA CRESCENTE.									12/3/98 SERA: FORO M. 10.00-RIV. M. 8.60- LIV. ACQUA M. 4.50.
2.40		DETRITO ARGILLOSO IDEM C.S., MA DI PREVALENTE COLORE GRIGIO. SPARSI E FREQUENTI GLI ELEMENTI LAPIDEI DI NATURA CALCAREA E CALCAREO-MARNOSA PER LO PIU' A SPIGOLI VIVI O PARZIALMENTE (E RARAMENTE) ARROTONDATI. DIAM. MEDIO LITOIDI: 1.5 - 2.5 CM., DIAM. MAX 5 CM. SEDIMENTO RIMANEGGIATO DI CONSISTENZA VARIABILE ED IN GENERE PLASTICO.									13/3/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 4.20. 13/3/98 ORE 12.15: FORO M. 17.70 - RIV. M. 16.10 - LIV. ACQUA M. 3.30. ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 5.20.
10.00		IDEM C.S. MA PIU' OSSIDATO, DI COLORE GRIGIO-GIALLASTRO.									13/3/98 SERA: FORO M. 22.00 - RIV. M. 16.10 - LIV. ACQUA M. 18.30
10.90		DETRITO DI COLORE GRIGIO IDEM .C.S.									16/3/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 17.20. CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A 1.20 DI PROF., POI CON DIAM. 101 MM. SEMPRE A SECCO.
15.30		ARGILLA DETRITICA IDEM C.S. MA DI > COMPATTEZZA, DI COLORE GRIGIO-MARRONE, GRIGIO-VERDE, VERDASTRO CON "PUNTI" DI OSSIDAZIONE OCRACEI. L'ALTERAZIONE RIGUARDA ANCHE PARTE DEI LITOIDI.									TUBO INCLINOMETRICO A M. 23.90 DI PROF.
17.80		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETATA A VARIE TONALITA' DI GRIGIO, A VOLTE NERASTRA. FORMAZIONE DURA.									
20.00											

15 →

16 →



16 →

17 →

IDUNIBO: BO0037

Codice tubo: C5

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket	S.P.T.	NOTE
			1 2 3 4	10 20 30 40	
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA MARRONE-GIALLAstra, MARRONE, GRIGIAstra CON SPARSI E FREQUENTI ELEMENTI LAPIDEI, PER LO PIU' CALCAREI, DI DIAMETRO MOLTO VARIABILE: 0.2 > 6 CM., A SPIGOLI VIVI. CONSISTENZA VARIABILE.			22/1/98 ORE 12.00: FORO M. 5.60 - RIV. M. 4.10 - LIV. ACQUA M. 1.00.  ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 0.55.  22/1/98 SERA: FORO M. 15.70 - RIV. M. 11.70 - LIV. ACQUA M. 13.90.
4.30		ARGILLA MARRONE-GIALLAstra O MARRONE CON "PUNTI" E TASCHE OCRACEE PER INTENSA OSSIDAZIONE CON SCARSI INCLUSI A SPIGOILI PARZIALMENTE ARROTONDATI DI DIAM. MAX 4 CM. CONSISTENZA VARIABILE, COMUNQUE BUONA. NATURA DEI LITOIDI: ARENACEA E CALCAREA.		7.2 7.65 8 10 12	23/1/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 12.00.  23/1/98 ORE 12.15: FORO M. 19.30 - RIV. M. 11.70 - LIV. ACQUA M. 9.40.  ORE 14 LIV. ACQUA: M. 9.40.  CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO FINO A 15.60 M., POI IN PARTE AD ACQUA CON CAROTIERE SEMPLICE.  TUBO INCLINOMETRICO A 20.70 M.
12.90		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETATA DI VARIE TONALITA' DI GRIGIO, A VOLTE ANCHE AZZURRA O VERDAstra. SPARSI GLI INCLUSI SINSEDIMENTARI DI NATURA ARENACEA E CALCAREA E DI VARIABILE PEZZATURA, COMUNQUE NON > 15 CM. CONSISTENZA ELEVATA, DURA.		14.5 14 14.95 18 12	
20.70					

15 →

16 →

IDUNIBO: BO0038

Codice tubo: C10

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.				NOTE
			1	2	3	4	10	20	30	40	
		<p>TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA +/- LIMOSA DI COLORE MARRONE, MARRONE GIALLASTRO, GIALLASTRO (OVE PIU' ALTERATA) E RARAMENTE MARRONE SCURO. SPARSI, MA NON MOLTO FREQUENTI, I LITOIDI A SPIGOLI PER LO PIU' ARROTONDATI O SOLO PARZIALMENTE, SONO PRINCIPALMENTE DI NATURA ARENACEA, A VOLTE ALTERATI, DIAM. MEDIO LITOIDI: 2 - 3 CM., DIAM. MAX &gt; 10 CM. FRA LE PROFONDITA' 1.40 - 2.20 M. OVE PIU' FREQUENTI. CONSISTENZA VARIABILE, PLASTICA.</p>									<p>18/2/98 ORE 13.00: FORO M. 8.60 - RIV. M. 7.20 - LIV. ACQUA M. 5.20</p> <p>ORE 14.50: LIV. ACQUA M. 5.20.</p> <p>18/2/98 SERA : FORO M. 14.40 - RIV. M. 10.10 - LIV. ACQUA M. 7.30.</p>
4.90		<p>DETRITO IDEM C.S., MA CON FREQUENTI ZONATURE GRIGIO - CHIARO; AUMENTA LA FRAZIONE LITOIDE: MAGGIORE E' LA CONSISTENZA.</p>							4.2	4.65	<p>19/2/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 6.20.</p>
7.60		<p>ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSA, IN PARTE ARGILLIFICATA PER ALTERAZIONE. COLORE GRIGIASTRO.</p>							6.8	7.25	<p>CAROTTAGGIO ESEGUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A 4.20 M. POI CON DIAM. 101 MM. FINO A 12.40 M. DI PROF.; IN SEGUITO IN PARTE AD ACQUA SEMPRE CON CAROTIERE SEMPLICE.</p>
8.80		<p>ARGILLITE DI COLORE A VARIE TONALITA' DI GRIGIO, A VOLTE NERASTRA SEMPRE INALTERATA E DURA DI CONSISTENZA. LA STRUTTURA E' SCAGLIOSO-FOGLIETTATA, SENZA PLASTICITA'. DEBOLE PRESENZA DI SOSTANZE OLEOSE NERE. MOLTO SCARSI I LITOIDI.</p>									<p>TUBO INCLINOMETRICO A 18.70 M. DI PROF.</p>
13.70	<p>ARGILLITE IDEM C.S. MA CON CIOTTOLI E BLOCCHI (30 CM.) SINSEDIMENTARI DI NATURA ARENACEA E CALCAREA.</p>										
18.70											

IDUNIBO: BO0040

Codice tubo: C4

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket	S.P.T.	NOTE
			1 2 3 4	10 20 30 40	
		ARGILLA A TRATTI DEBOLMENTE SABBIOSA CON INCLUSI MARNOSI E CALCAREI GENERALMENTE A DIAM. NON SUPERIORE A 2-3 CM. E SOLO RARAMENTE > 10 CM. COLORE MARRONE CON QUALCHE ZONATURA COLORE OCRA.			<p>22/1/98 SERA: FORO M. 12.00 - RIV. M. 9.00 - LIV. ACQUA M. 2.00</p> <p>23/1/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 2.30.</p> <p>26/1/98 ORE 13.00: FORO M. 24.00 - RIV. M. 19.00 LIV. ACQUA M. 11.90.</p> <p>ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 12.30</p> <p>A M. 17.00 AB- BONDANTE INFILTRA- ZIONE DI ACQUA.</p> <p>INCLINOMETRO A M. 24.00.</p>
11	→	ARGILLA MARNOSA GRIGIA, TALVOLTA SILTOSA A TRATTI FRATTURABILE A SCAGLIE CON INCLUSI MARNOSI CALCAREI E PIU' RARAMENTE ARE- NACEI, DIAM. MAX > 10 CM.		6 6.45	
13	→			2 7.4	
14				14 14.45	
15				15 22	50 COLPI PER 13 CM. POI R.
16.00		IDEM C.S. CON INCLUSI PIU' FREQUENTI E LIVEL- LI ARGILLOSI MENO CONSISTENTI.			
19.00		ARGILLA MARNOSA GRIGIA FRATTURABILE A SCAGLIE CON INCLUSI MARNOSI CALCARELI DIAM. MAX > 10 CM.			
20.00					

IDUNIBO: BO0042

Codice tubo: C8

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket				S.P.T.				NOTE
			1	2	3	4	10	20	30	40	
		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA A VOLTE LIMOSA CON SPARSE "TASCHE" E "PUNTI" SABBIOSI OCRACEI. ABBASTANZA FREQUENTI SONO I LITOIDI PER LO PIU' ALTERATI E PARZIALMENTE ARROTONDATI DI DIAM. < 6 CM. INTERCALATI DUE BLOCCHI ARENACEI SENZA ALTERAZIONI ALLE PROFONDITA': A 2.30 M. DI PROF. (50 CM.) E 3.70 M. (30 CM.). CONSISTENZA/ ADDENSAMENTO CRESCENTE. COLORE DEL SEDIMENTO MARRONE-GIALLASTRO POI MARRONE GRIGIASTRO.									6/2/98 SERA: FORO M. 6.00 - RIV. M. 0.00 - LIV. ACQUA: M. 4.90.
5											9/2/98 MATT.: LIV. ACQUA M. 1.90.
5.50		ARGILLITE A STRUTTURA SCAGLIOSO-FOGLIETATA DI COLORE GRIGIO/GRIGIO SCURO CON RARI INCLUSI SINEDIMENTARI PIU' MARNOSI. MOLTO CONSISTENTE/DURA. DEBOLE ALTERAZIONE AL TETTO DELLA FORMAZIONE.									9/2/98 ORE 12.30: FORO M. 9.20 - RIV. M. 5.60 - LIV. ACQUA: ASCIUTTO.
7											9/2/98 ORE 14.10: FONDO FORO.
9.00		ROCCIA ARGILLITICA IDEM C.S. MA CON PIU' FREQUENTI INCLUSI (SEMPRE A SPIGOLI VIVI) DI DIAM. ANCHE > 10 CM. NATURA DEI LITOIDI: MARNOSA/MARNO - CALCAREA DI COLORE NERO O GRIGIO. FORMAZIONE DURA, INALTERATA.									10/2/98 ORE 12.15: FORO M. 19.50 - RIV. M. 6.10 - LIV. ACQUA M. 2.60.
											10/2/98 ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 2.10.
											CAROTAGGIO ESEGUITO A SECCO CON DIAM. 127 MM. FINO A M. 6.00 POI CON DIAM. 101; IN PARTE AD ACQUA DA 13,00 M.
											TUBO INCLINOMETRICO A M. 21.50 DI PROF.
22.00											

IDUNIBO: BO0043

Codice tubo: C9

Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Pocket	S.P.T.	NOTE
			1 2 3 4	10 20 30 40	
4 →		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA A VOLTE LIMOSA CON FREQUENTI "TASCHE" E LIVELLETTI DI SABBIA E SABBIA LIMOSA. SPARSI I LITOIDI DI NATURA ESSENZIALMENTE ARENACEA DI PEZZATURA MOLTO VARIABILE (ANCHE > 25 CM.) SONO A SPIGOLI PARZIALMENTE ARROTONDATI. SEDIMENTO MOLTO ALTERATO DI COLORE GIALLASTRO, MARRONE GIALLASTRO, OCRACEO. CONSISTENTE E/O MEDIAMENTE ADENSATO.			2/2/98 ORE 12.30: FORO M. 7.00 - RIV. M. 2.80 - LIV. ACQUA M. 5.20.  ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 4.20.
4.30		TERRENO DETRITICO COSTITUITO DA ARGILLA PREVALENTE COLORE GRIGIASTRO CON RARE ZONATURE DI OSSIDAZIONE MARRONE GIALLASTRE E CON SPARSI LITOIDI DI DIAM. < 7 CM. MOLTO CONSISTENTE.			3/6 4.05  5.9 6.35
7 →		ARENARIA A GRANA FINE DI UNIFORME COLORE GRIGIO INTERCALATA DA QUALCHE LIVELLO ARENACEO - MARNOSO E RARI ORIZZONTI MARNOSI GRIGIO SCURO. IN PARTE FRATTURATA CON QUALCHE FRATTURA A CRISTALLI DI CALCITE. INALTERATA.			ORE 14.00: LIV. ACQUA M. 2.70.  5/2/98 ORE 12.30: FORO M. 12.60 - RIV. M. 7.20 - LIV. ACQUA M. 2.30  ORE 14.15 : LIV. ACQUA M. 2.70
7.30					
14.00					

# A5.7 Sito: Corvella

IDUNIBO: BO0123- BO0124		Codice tubo: Cor4				
Profondità [m]	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Falda	P. P. [Kg/cmq]	V. T. [Kg/cmq]
0.50	1		Asfalto e rilevato stradale costituito da sabbia e ghiaietto.		3.2	1.3
	2		Detrito costituito da ghiaia in matrice limoso argillosa di colore bruno nocciola con inclusi resti vegetali e ciottoli centimetrici.		3.5	1.6
	3				2.7	0.9
	4				2.0	1.0
	5				1.5	0.9
2.50	6		Argilla scagliosa di colore bruno nocciola con striature grigie e nerastre; - terreno molto consistente a umidità medio scarsa.		2.2	1.2
	7				3.2	1.5
	8				3.0	1.0
	9				4.0	1.5
	10				4.0	1.6
	11				2.5	1.2
5.10	12		Limo sabbioso di colore nocciola; - terreno molto consistente ad umidità media.		3.0	1.6
5.30	13		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno molto consistente ad umidità scarsa.		2.2	1.2
6.00	14		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno consistente di umidità scarsa.		3.7	1.6
	15		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno molto consistente di umidità scarsa.		3.0	1.2
	16		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno molto consistente di umidità scarsa.		2.7	1.0
7.00	17		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno molto consistente di umidità scarsa.		4.0	1.8
	18				1.8	0.6
	19				1.5	0.6
7.80	20		Trovante calcareo.		2.2	1.1
8.00	21		Argilla scagliosa di colore nocciola; - terreno molto consistente di umidità media.		1.5	0.8
8.50	22		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		4.5	1.9
	23		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		3.4	1.3
9.60	24		Serie di trovanti calcarei.		3.5	>2.0
9.90	25		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		2.3	1.1
10.30	26		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		>4.5	>2.0
10.80	27		Argilla scagliosa di colore grigio nerastro; terreno molto consistente di umidità medio scarsa.		2.5	1.2
	28		Argilla scagliosa di colore nocciola; terreno poco consistente, saturo.		>4.5	>2.0
	29				4.2	>2.0
	30				>4.5	>2.0
	31				>4.5	>2.0
	32				>4.5	>2.0
	33				>4.5	>2.0
	34				>4.5	>2.0
	35				>4.5	>2.0
	36				>4.5	>2.0
	37				>4.5	>2.0
	38				>4.5	>2.0
	39				>4.5	>2.0
	40				>4.5	>2.0
14.50	41		Argilla scagliosa inalterata di colore grigio; - terreno molto consistente, asciutto		>4.5	>2.0
	42				>4.5	>2.0
	43				>4.5	>2.0
	44				>4.5	>2.0
	45				>4.5	>2.0
	46				>4.5	>2.0
	47				>4.5	>2.0
	48				>4.5	>2.0
	49				>4.5	>2.0
	50				>4.5	>2.0
19.70	51		Trovante marnoso.		>4.5	>2.0
19.80	52		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno molto consistente, asciutto.		>4.5	>2.0
20.00	53				>4.5	>2.0

12 →

13 →

Profondità [m]	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	P.P. [kg/cmq]	V.T. [kg/cmq]
1.30	1		Argilla scagliosa alterata di colore nocciola con diffusi trovanti centimetrici di natura arenacea e calcarea; - terreno molto consistente ad umidità media.	2.3	1.2
1.60	2		Argilla scagliosa alterata di colore grigio con striature nocciola - terreno molto consistente ad umidità media.	3.0	1.3
1.80	3		Trovante calcarenitico.	1.7	1.1
	4		Argilla scagliosa alterata di colore grigio nocciola con striature nerastre - terreno molto consistente ad umidità media.	3.6	1.5
3.80	5		Argilla scagliosa alterata di colore grigio nocciola con striature brune e nerastre; terreno molto consistente ad umidità scarsa.	2.3	1.2
	6			2.0	1.1
	7			>4.5	>2.0
	8			4.2	1.7
	9			>4.5	>2.0
	10			>4.5	>2.0
	11			>4.5	>2.0
	12		Argilla scagliosa inalterata di colore grigio con locali venature verdastre e nerastre e trovanti centimetrici - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	1.9
	13			>4.5	>2.0
	14			>4.5	>2.0
	15			>4.5	>2.0
	16			>4.5	>2.0
	17			>4.5	>2.0
	18			>4.5	>2.0
	19			>4.5	>2.0
	20			>4.5	>2.0
11.65	11		Argilla scagliosa di colore grigio nerastro - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	>2.0
11.85	12		Trovante calcareo.	>4.5	>2.0
	13		Argilla scagliosa di colore grigio nerastro con trovanti centimetrici. - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	>2.0
	14			>4.5	>2.0
	15			>4.5	>2.0
	16			>4.5	>2.0
	17			>4.5	>2.0
	18			>4.5	>2.0
	19			>4.5	>2.0
	20			>4.5	>2.0
14.20	15			>4.5	>2.0
	16			>4.5	>2.0
	17			>4.5	>2.0
	18			>4.5	>2.0
	19			>4.5	>2.0
	20			>4.5	>2.0
16.80	17			>4.5	>2.0
16.90	18			>4.5	>2.0
17.20	19			>4.5	>2.0
17.25	20			>4.5	>2.0
19.20	19			>4.5	>2.0
19.25	20			>4.5	>2.0
20.00	20			>4.5	>2.0

3  
4

Profondità [m]	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	P.P. [kg/cmq]	
				V.T.	[kg/cmq]
0.40	1		Detrito costituito da ghiaia e laterizi in matrice sabbiosa.		
			Limo argilloso di colore bruno nocciola con raro detrito lateritico, frammenti di cemento e ciottoli al tetto.	2.4	1.1
1.70	2		Argilla scagliosa di colore grigio nocciola con laminazioni nerastre; - terreno da consistente a molto consistente ed umidità medio scarsa.	3.9	1.7
	3			2.9	1.2
	4			2.4	1.0
	5			1.5	0.6
4.30	6		Argilla scagliosa di colore grigio; terreno molto consistente ad umidità scarsa.	3.4	1.6
	7			2.0	1.1
	8			3.0	1.2
	9			4.0	1.8
5.40	10		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno consistente ad umidità media.	>4.5	>2.0
5.50	11			1.0	0.6
	12			1.0	0.7
	13			3.0	1.2
6.40	14		Argilla scagliosa di colore nocciola con diffusi trovanti arenacei; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	1.7	0.8
	15			3.0	1.4
	16			>4.5	>2.0
	17			3.4	1.3
7.20	18		Argilla scagliosa di colore grigio nocciola con trovanti calcarei centimetrici; - terreno molto consistente, asciutto.	>4.5	>2.0
	19			>4.5	>2.0
	20			3.0	1.4
	21			3.1	1.5
7.60	22		Argilla scagliosa di colore bruno; - terreno molto consistente ad umidità medio scarsa.	>4.5	>2.0
8.00	23			3.5	1.3
	24			3.5	1.5
	25			3.5	1.6
8.70	26		Argilla scagliosa di colore grigio con striature nocciola e brunastre; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	>2.0
	27			4.0	1.7
	28			>4.5	>2.0
	29			>4.5	>2.0
15.10	30		Argilla scagliosa di colore nocciola; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	>2.0
	31			>4.5	>2.0
	32			>4.5	>2.0
	33			4.0	1.6
20.00	34		Trovante calcareo.	3.5	1.6
	35			3.2	1.4
	36			2.8	1.3
	37			2.8	1.3
21.90	38		Argilla scagliosa di colore grigio con striature nocciola e brunastre; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	2.5	0.8
	39			3.7	1.3
	40			>4.5	>2.0
	41			2.3	0.8
22.00	42		Argilla scagliosa di colore grigio nocciola con trovanti centimetrici; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	2.3	0.8
	43			3.5	1.5
	44			2.5	1.2
	45			4.0	1.7
24.60	46		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	>2.0
	47			>4.5	>2.0
	48			>4.5	>2.0
	49			>4.5	>2.0
26.00	50		Argilla scagliosa di colore grigio; - terreno molto consistente ad umidità scarsa.	>4.5	>2.0
	51			>4.5	>2.0
	52			>4.5	>2.0
	53			>4.5	>2.0

11 →  
12 →

Profondità [m]	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Falda	P.P. [kg/cmq]		V.T. [kg/cmq]	
0.80	1		Detrito fine in matrice limoso argillosa di colore bruno nocciola.		2.5	1.0		
1.30	2		Argilla scagliosa alterata di colore bruno nocciola con striature grigiastre e trovanti centimetrici, - terreno molto consistente.		2.8	1.2		
1.50					3.0	1.3		
2.50	3		Argilla scagliosa alterata di colore bruno nocciola e grigiastro; - terreno molto consistente.		2.5	1.0		
2.65			Trovante arenaceo.		2.8	1.2		
3.00	4		Argilla scagliosa alterata di colore da grigio nocciola a grigio con trovanti centimetrici di natura calcarea e arenacea; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		3.0	1.4		
4.30	5		Argilla scagliosa di colore grigio con locali striature nerastre; - terreno molto consistente di umidità scarsa.					
6.40	6				3.0	1.3		
6.60	7		Trovante calcareo.		4.0	1.5		
7.70			Argilla scagliosa di colore grigio con trovanti calcarei centimetrici; - terreno molto consistente.		4.2	1.5		
7.80					>4.5	>2.0		
8.20	8		Trovante calcareo.	8.00	>4.5	>2.0		
8.70			Argilla scagliosa di colore grigio con trovanti calcarei centimetrici; - terreno molto consistente.		>4.5	>2.0		
8.90	9		Trovante calcareo.		>4.5	>2.0		
9.10			Argilla scagliosa di colore grigio con trovanti calcarei centimetrici; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		>4.5	>2.0		
9.20	10		Trovante calcareo.		>4.5	>2.0		
9.95			Argilla scagliosa di colore grigio con trovanti calcarei centimetrici; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		>4.5	>2.0		
10.05	11				>4.5	>2.0		
10.20					>4.5	>2.0		
11.00	12				>4.5	>2.0		
12.00					>4.5	>2.0		
12.40	13		Trovante calcarenitico.		>4.5	>2.0		
12.75			Argilla scagliosa di colore grigio nerastro con trovanti calcarei centimetrici; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		>4.5	>2.0		
13.45	14				>4.5	>2.0		
13.55					>4.5	>2.0		
14.45	15		Argilla scagliosa di colore grigio nerastro; - terreno molto consistente di umidità scarsa.		>4.5	>2.0		
14.55					>4.5	>2.0		
	16				>4.5	>2.0		
	17				>4.5	>2.0		
	18				>4.5	>2.0		
	19				>4.5	>2.0		
19.00					>4.5	>2.0		

10 →  
11

## A5.8 Sito: *Castiglione dei Pepoli*

IDUNIBO: BO0083			Codice tubo: CdP41		
Scala 1:100	P.P. I [daN/cm <sup>2</sup> ]	Vane Test [daN/cm <sup>2</sup> ]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione
1	2.5				Limo e limo argilloso di colore grigio - marrone, con frammenti lapidei. Da -1.70 a -3.00 m limo di colore grigio e grigio - verdastro, con radici e frammenti di laterizi. Da -3.50 a -3.70 m trovante arenaceo (L = 20 cm)
2	3.2				
3	1.4				
4	1.9				
5	1.6				
6	4.1		3.70		Sabbia di colore marrone - giallastro, con frammenti e trovanti arenacei (Lmax > 10 cm)
7	1.5		5.20		Campione indisturbato C.I.1
8	> 6		5.40		Sabbia di colore marrone - giallastro, con frammenti e trovanti arenacei (Lmax > 10 cm)
9					
10					
11	3.6				Argillite di colore grigio con zone alterate grigio - marrone, principalmente molto consistente, ma con livelli a debole consistenza. Presenti frammenti lapidei. Da -14.00 a -15.30 m presente livello poco consistente con zone di colore marrone - bruno
12	> 6				
13	> 6				
14	> 6				
15	> 6				
16	> 6				
17	> 6				
18	> 6				
19	> 6				
20	> 6				
21					
22					Argillite di colore grigio e grigio scuro, talora verdastro, molto consistente, con piccoli inclusi lapidei, scagliettata, con vene di calcite. da -17.50 m avanzamento possibile solo ad acqua. Materiale estremamente consistente alla perforazione, ma fragile, spesso molto frammentato
23	4.8				
24	> 6				
25	> 6				
26	> 6				
27	2.5				
28	> 6				
29	4.6				
30	> 6				
			15.70		
			30.00		

17

18

IDUNIBO: BO0089				Codice tubo: Cast23					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2
	.20					Terreno vegetale			
1						Argilla limosa nocciola.		3.7	1.5
								3.4	1.1
								2.4	1.0
2						Argilla limosa nocciola.		3.2	1.5
								1.6	0.7
	2.50								
3	3.10					Trovante arenaceo grigio			
			SH 1	1	3.5-4.0	Argilla limosa nocciola grigiastro		1.2	0.5
4								1.4	0.5
								2.1	0.9
5						Argilla limosa nocciola grigiastro		1.8	0.8
								1.8	0.5
	5.80								
6			SH 2	2	6.5-7.0	Argilla grigio scuro scagliosa a tratti plastica. Presenza di rara ghiaia calcarea, angolare. d max 3 cm		3.1	1.5
								2.4	1.2
7								>5	
							>5		
8						Argilla grigio scuro scagliosa a tratti plastica. Presenza di rara ghiaia calcarea, angolare. d max 3 cm		2.5	
								4.2	
9								4.3	
							>5		
	15.00						>>5		

IDUNIBO: BO0090		Codice tubo: Cast38						
Profondità [m]	Scala 1:100	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Percentuale Carotaggio		Falda	P. P. [kg/cmq]	V. T. [Kg/cmq]
				21	40			
0.45	1		Limo sabbioso di colore nocciola con diffuso detrito arenaceo; - terreno ad umidità media e consistenza medio elevata.			3.7	>2.0	
1.40	2		Terreno di riporto costituito da frammenti di laterizi, ciottoli e frammenti di ceramica in matrice sabbiosa.					
2.30	3		Limo sabbioso di colore nocciola con diffuso detrito arenaceo e frammenti di laterizi al letto.			1.7		
	4		Argille scagliose alterate di colore grigio con diffusi trovanti centimetrici; - terreno a consistenza elevata ed umidità scarsa.			>4.5	>2.0	
	5			3.7	1.4			
	6			2.8	1.0			
	7			4.5	>2.0			
	8			2.7	1.0			
	9			3.5	1.8			
	10			3.7	1.4			
7.00	11		Argilla scagliosa inalterata di colore grigio con trovanti centimetrici.	4.0	1.7			
	12			3.0	1.5			
	13			3.6	1.8			
	14			3.5	>2.0			
	15			>4.5	>2.0			
	16			>4.5	>2.0			
	17			>4.5	>2.0			
	18			>4.5	>2.0			
	19			>4.5	>2.0			
	20			>4.5	>2.0			
	21			>4.5	>2.0			

9  
10

IDUNIBO: BO0096

Codice tubo: Cast28

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P. kg/cm2	T.V. kg/cm2			
			tipo	num	PROF					R.Q.D.		
	.30					terreno vegetale						
1			SH 1	1	1.5-2.0	Argilla limosa nocciola con rara ghiaia. Ghiaia arenacea, d max 3 cm		3.3	0.6			
											2.6	1.1
2	2.10							1.3	0.5			
								2.6	1.2			
3			SH 2	2	4-4.5	Argilla limosa grigia con rara ghiaia. Ghiaia c.s. Presenza di livelli decimetrici limosi poco consistenti		3.2	1.5			
											2.6	1.1
4											2.6	1.2
											1.5	0.6
5								2.8	1.3			
								2.2	1.1			
	5.40					Argilla limosa nocciola grigiastro con rara ghiaia. Ghiaia c.s.		2.1	1.0			
6	6.00							2.8	1.2			
								3.5	1.6			
7						Argilla limosa grigia. Presenza di ghiaia e ciottoli c.s.		4.0				
								3.9				
8								3.8				
								4.2				
	9.10					Argilla scagliosa grigio suro con rara ghiaia. Ghiaia prev. calcarea. Trovanti calcarei da m 11.0 a 11.4.		4.9				
								4.0				
	20.00							4.5				

da 10,50 m a 20 m: valori di P.P. &gt;5

IDUNIBO: BO0100					Codice tubo: Cast17				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF				
	.50					Terreno di riporto		2.0	0.6
1								1.6	0.7
2								2.7	1.0
3								2.5	1.1
4								3.3	1.4
5								3.8	1.4
6			SH 1	3.5-4.0		Argilla limosa nocciola e grigia con ghiaia e rari ciottoli. Ghiaia prevalentemete calcarea prev. angolare.		2.7	1.1
7								2.7	1.4
8								1.8	0.9
9								3.9	1.8
								1.4	0.7
								1.6	0.7
								1.5	0.5
			SH 2	7-7.5				3.4	1.1
								2.5	0.9
								2.0	0.9
								4.2	1.7
						Argilla limosa grigia con rara ghiaia. Ghiaia c.s.		3.5	1.7
	9.50							4.3	
	15.00							5.0	

IDUNIBO: BO0101

Codice tubo: Cast5

PROF.	Campioni Inaltera.		PENETROM. TASCABILE kg/cm <sup>q</sup>
1	.20 A	ARGILLA DEB. SABBIOSA DI MEDIA CONSISTENZA COLOR NOCCIOLA.	2.00 1.25
2			0.75 2.00
3	.50 B	SABBIA GIALLA DEB. CEMENTATA ARGILLA LIMOSA GRIGIA CON TRACCE DI SABBIA, CONSISTENZA DA MEDIA A COMPATTA.	1.50 1.00 0.75
4			2.00 2.00 3.00
5		FRAMMENTI DI ARENARIA DI DIMENSIONI ANCHE DECIMETRICHE IN MATRICE ARGILLOSO-SABBIOSA.	
6			
7		ARGILLA GRIGIA CON PICCOLI INCLUSI CALCAREI	
8	.30 C	ARGILLA CAOTICA GRIGIA PLASTICO-DURA.	
9		ARGILLA CAOTICA GRIGIO PIOMBO DURA CON LIVELLI CENTIMETRICI DI CALCARE O CALCARE MARNOSO. (ARGILLE SCAGLIOSE).	>5
10			
11	.35 D		
12			
13			>>5
14			
15			
16			
17			>>5
18			

8 →

9 →

IDUNIBO: BO0102

Codice tubo: Cast4

PROF.	Campioni Inaltera.		PENETROM. TASCABILE kg/cm <sup>q</sup>
1		ARGILLA LIMOSA GIALLO-BRUNA COMPATTA CON INCLUSTI ARENACEI MOLTO ALTERATI.	3.50
2			2.25
3	3.00 A		2.00
4		ARGILLA GRIGIO CHIARA PLASTICA DA COMPATTA A MEDIAEMENTE CONSISTENTE.	2.75
5	5.00		3.00
6	.80 B	ARGILLA GRIGIO CHIARA PLASTICA DI CONSISTENZA DA MEDIA A COMPATTA CON INCLUSTI FRAMMENTI DI CALCARE, PIU' FREQUENTI NELLA PARTE BASSA.	0.75-1.00
7			0.75
8	.50 C		2.00
9	.20 D		2.00
10	10.20	CALACRE GRIGIO CON VENE DI CALCITE	1.00
11	11.10	ARGILLA CAOTICA GRIGIO PIOMBO DURA CON LIVELLETTI CALCAREI DI 4-5 cm., OLTRE I 15 METRI.	0.75-1.00
12	.40 E		1.00
13			1.50
14			2.00
15			1.25
16			2.75
17	.40 F		>>5
18	18.00		>>5

IDUNIBO: BO0108				Codice tubo: Cast12					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF				
1		~				Argilla da limosa a debolmente limosa marron nocciola, con rara ghiaia. Ghiaia arenacea, spigolosa d max cm.		2.6	1.2
2	2.10	~				Argilla da limosa a debolmente limosa marron nocciola, con rara ghiaia. Ghiaia arenacea, spigolosa d max cm.		3.5	1.5
3	2.80	~				Argilla debolmente limosa nocciola e grigia con frequente ghiaia c.s.		1.5	0.7
4		~	SH 1	3.5-4.0		Argilla da limosa a debolmente limosa con rara ghiaia c.s.		2.3	1.1
5		~				Argilla da limosa a debolmente limosa con rara ghiaia c.s.		1.0	0.3
6	5.40	~				Argilla da limosa a debolmente limosa con rara ghiaia c.s.		1.2	0.6
7	6	~				Argilla da limosa a debolmente limosa con rara ghiaia c.s.		1.8	0.7
8	7	~				Argilla da limosa a debolmente limosa con rara ghiaia c.s.		2.0	0.9
9	5.40	~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		2.5	1.2
10	10.00	~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
11		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
12		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
13		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
14		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
15		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
16		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
17		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
18		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
19		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.
20		~				Argille scagliose grigio scuro. Presenza di ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. D max 4 cm.		>5	f.s.

IDUNIBO: BO0109					Codice tubo: Cast10				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2
1	1.00	[Symbol]				Argilla limosa nocciola con rara ghiaia. Ghiaia arrotondata d max 3 cm.		1.6	0.7
								1.5	0.7
2	2.10	[Symbol]				Argilla limosa grigio nocciola con rara ghiaia c.s.		1.6	0.5
								1.4	0.6
3	2.90	[Symbol]				Limo argilloso grigio nocciola, con rara ghiaia c.s.		1.6	0.5
								4.2	f.s.
4	4.30	[Symbol]				Argille scagliose grigio nocciola a tratti molto limose.		4.5	f.s.
								1.8	
5		[Symbol]					>>5	f.s.	
6		[Symbol]					>>5	f.s.	
7		[Symbol]				Argille scagliose grigio scuro con rara ghiaia. Ghiaia calcareo marnosa, spigolosa, grigio nerastro. d max 4cm.	>>5	f.s.	
8		[Symbol]					>5	f.s.	
9		[Symbol]					>>5	f.s.	
	10.00	[Symbol]					>>5	f.s.	

IDUNIBO: BO0110				Codice tubo: Cast11					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2
1	.90					Argilla limosa nocciola con rara ghiaia. Ghiaia spigolosa d max 4 cm.		2.5	1.1
2			SH 1	2.5-3.0		Limo argilloso nocciola grigiastro con rara ghiaia c.s.		3.0	0.7
3	3.00							1.7	0.5
4	4.00					Argilla grigia molto compatta con rara ghiaia c.s. Trovante da m 3.4 a 3.5		5.0	f.s.
5								3.5	
6	6.00							>5	f.s.
7								>>5	f.s.
8						Argille scagliose grigio scuro con rara ghiaia. Ghiaia calcareo marnosa, spigolosa, grigio nerastro. d max 6 cm.		>5	f.s.
9								>>5	f.s.
	10.00							>>5	f.s.

IDUNIBO: BO0112					Codice tubo: Cast13				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2
	.20					terreno vegetale			
1							0.4		
							2.5	1.2	
2							2.0	1.0	
							1.8	0.8	
3			SH	1	2.5-3.0		2.3	1.2	
						Argilla limosa talora limo argilloso, con rara ghiaia. Ghiaia prevalentemente calcarea, spigolosa. d max 3 cm	2.0	0.9	
4							1.5	0.5	
							2.6	0.7	
5							1.8	0.6	
							1.6	0.5	
6							2.6	0.9	
							1.9	0.9	
7	6.60						2.9	1.2	
							4.2		
8						Argille scagliose grigio scuro con rara ghiaia. Ghiaia prevalentemente calcareo marnosa , grigia, spigolosa.	>5		
							3.5		
9							3.6		
							4.5		
	12.00						>>5		

IDUNIBO: BO0113				Codice tubo: Cast14					
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm
	.20					terreno vegetale			
1						Limo argilloso marron nocciola, con ghiaia e ciottoli arenacei. d max 8 cm		1.1	0.
	1.40							1.5	0.7
2								1.7	0.8
			SH	1	2.5-3.0	Argilla limosa nocciola grigiastro, con rara ghiaia c.s.		3.5	1.4
3								2.5	1.2
	3.30							2.4	1.2
4								1.3	0.5
								1.2	0.4
5								1.4	0.5
								1.5	0.6
6								4.2	1.1
								4.2	1.2
7						Argille a tratti scagliose grigio scuro con rara ghiaia. Ghiaia prevalentemente calcareo marnosa , grigia, spigolosa.		3.0	1.5
								>5	
								3.6	
3								>5	
								>>5	
								>>5	
								>>5	
								>>5	
	10.00							>>5	

IDUNIBO: BO0115					Codice tubo: Cast24				
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2
1			SH 1	1	2.5-3.0	Limo sabbioso giallastro con ghiaia arenacea. Trovante arenaceo da 1.5 a 1.7 m.		2.2	0.7
								3	1
								2.9	0.9
2			SH 1	1	2.5-3.0	Limo sabbioso giallastro con ghiaia arenacea. Trovante arenaceo da 1.5 a 1.7 m.		2.6	0.8
								1.9	0.9
3	3.00						1.4	0.5	
4						Limo argilloso-argilla limosa deb.sabbiosa grigio-nocciola, con sparsa ghiaia arenacea anche decimetrica		3	1
								3	0.6
								2.5	0.7
5	5.40						2.9	1.2	
6			SH 2	2	6-6.5	Argilla da limosa a deb.limosa grigia con ghiaia calcareo-micritica anche decimetrica.		1	0.5
								2	0.6
								2.9	1
7							3.5	1.4	
8						Argille scagliose grigio scure con ghiaia e rari ciottoli.		1.3	0.6
								3.3	
9						Argille scagliose grigio scure con ghiaia e rari ciottoli.		>5	
								>5	
								>5	
	15.00						>5		