



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Daniele Drago, Mario Previale
ARPA Piemonte

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



DA DOVE NASCE IL NOSTRO INTERVENTO ?

- Storicamente si sono registrati numerosi danni alla S.S. 23 con ripetute necessità di sistemazioni e riasfaltature
- La notevole attività del movimento franoso ha comunque destato preoccupazione per la pubblica incolumità nella frazione di Borgata sottostante, quand'anche la tipologia di frana difficilmente riconduca a fenomeni parossisitici
- Nel 1989-90 la Regione Piemonte (OO.PP.), ha eseguito delle indagini geognostiche, ed un impianto di monitoraggio mediante tubi inclinometrici
- Nello stesso periodo interventi di regimazione con drenaggi superficiali.
- Si è tuttavia riscontrata una notevole prosecuzione di attività

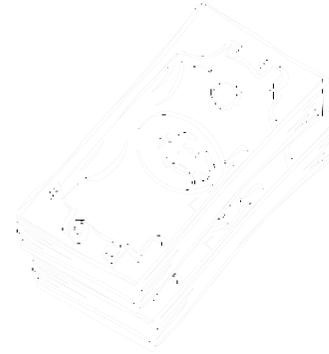


L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Finanziamenti

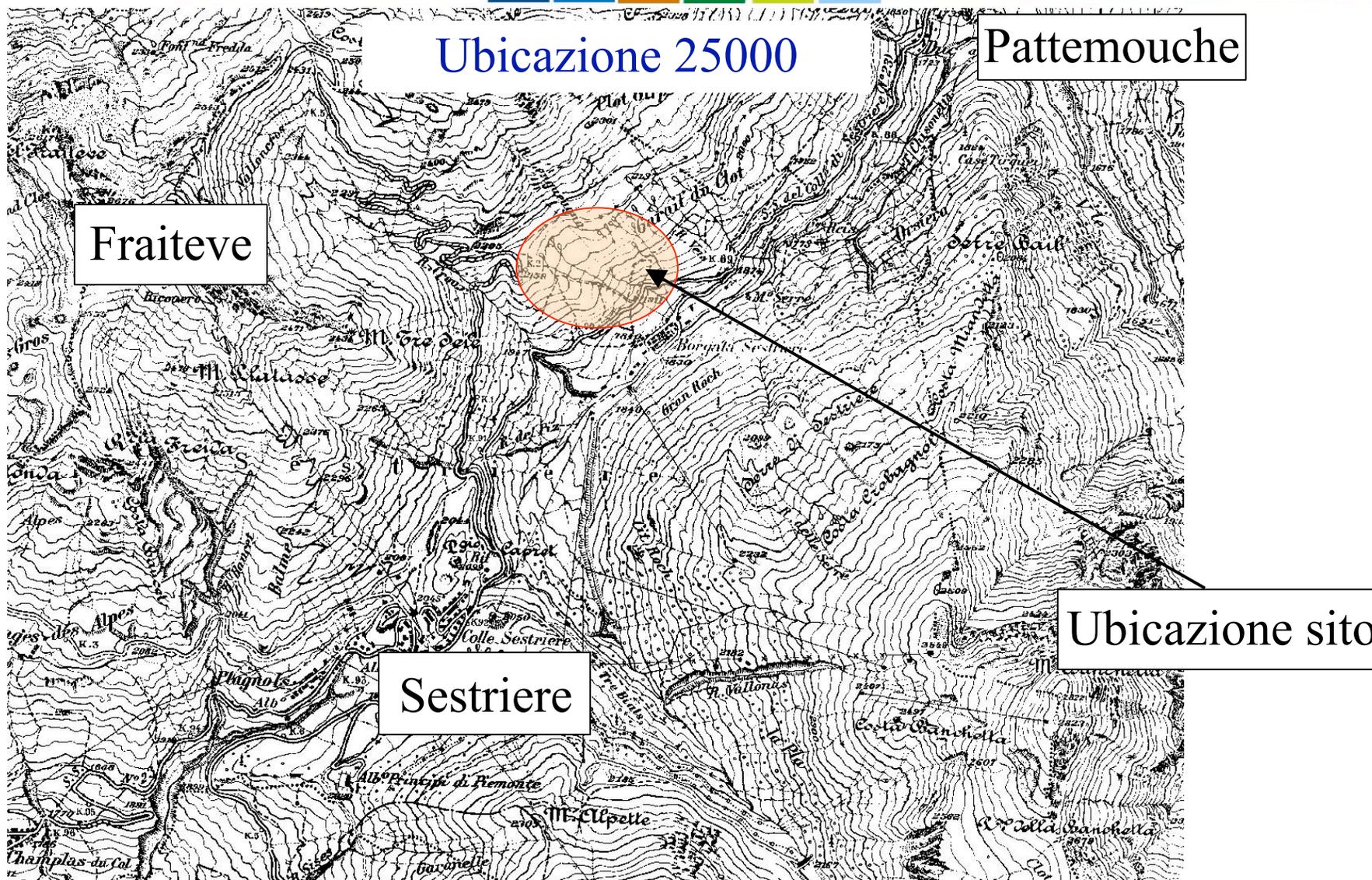


L. 183/89

L. 285/2000 – Giochi olimpici 2006 – Opere Connesse

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



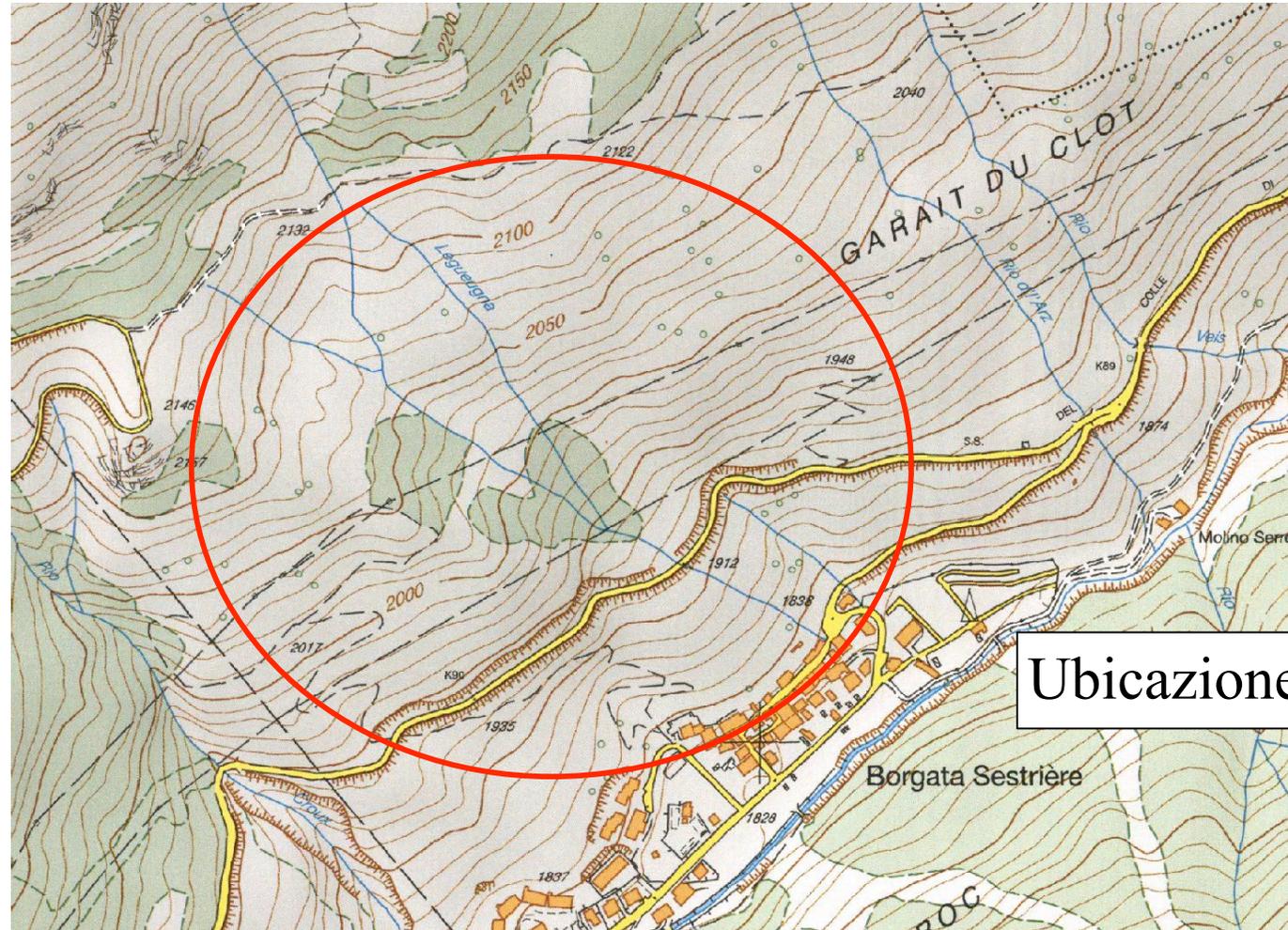
L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Ubicazione dettaglio

Fraiteve



Ubicazione sito

Sestriere

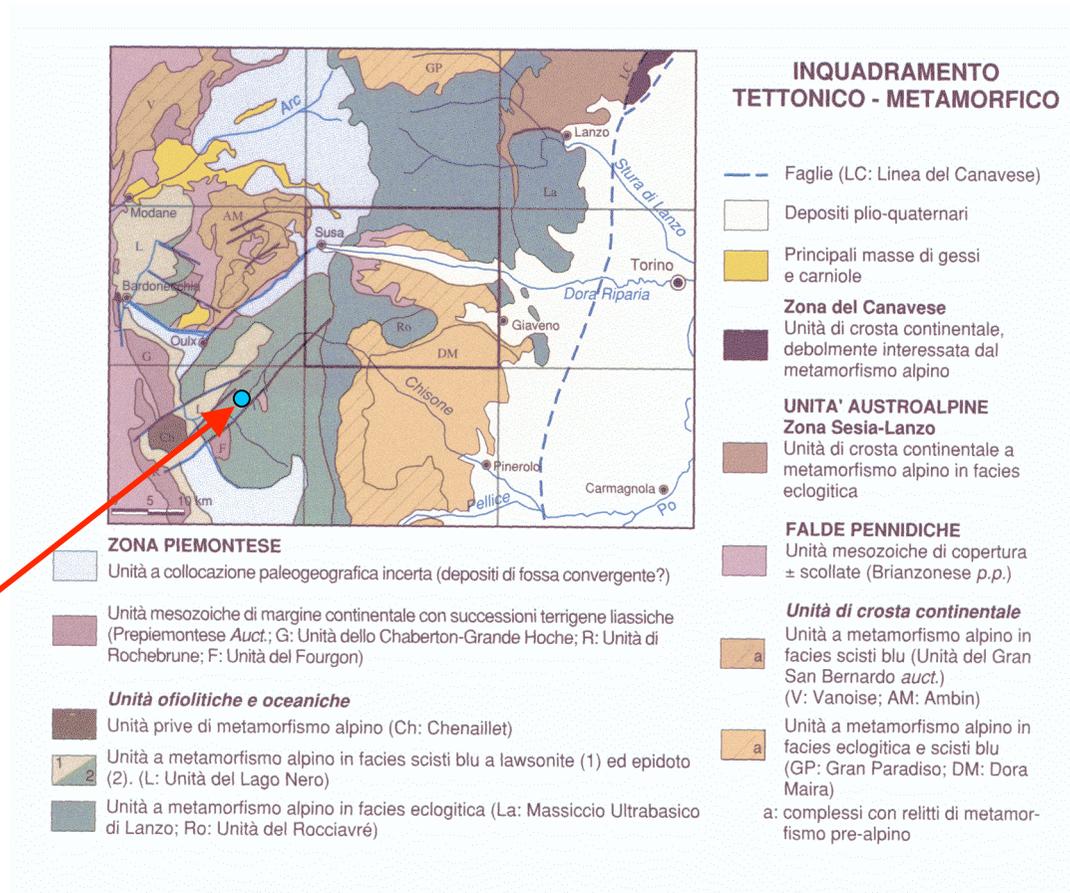
L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Inquadramento geologico

- In tutta l'area affiorano calcemicascisti piuttosto carbonatici
- afferribili a quella che era definita come unità dei calcescisti ofiolitiferi
- Si è in attesa di una nuova attribuzione con la pubblicazione dei nuovi fogli 1:50000 del Carg



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria - Grugliasco, 7 aprile 2006



DGPV ?

Area caratterizzata da pareti estremamente fratturate e accumuli per crolli



Lineamenti strutturali

Aree caratterizzate da manifestazioni superficiali per colata

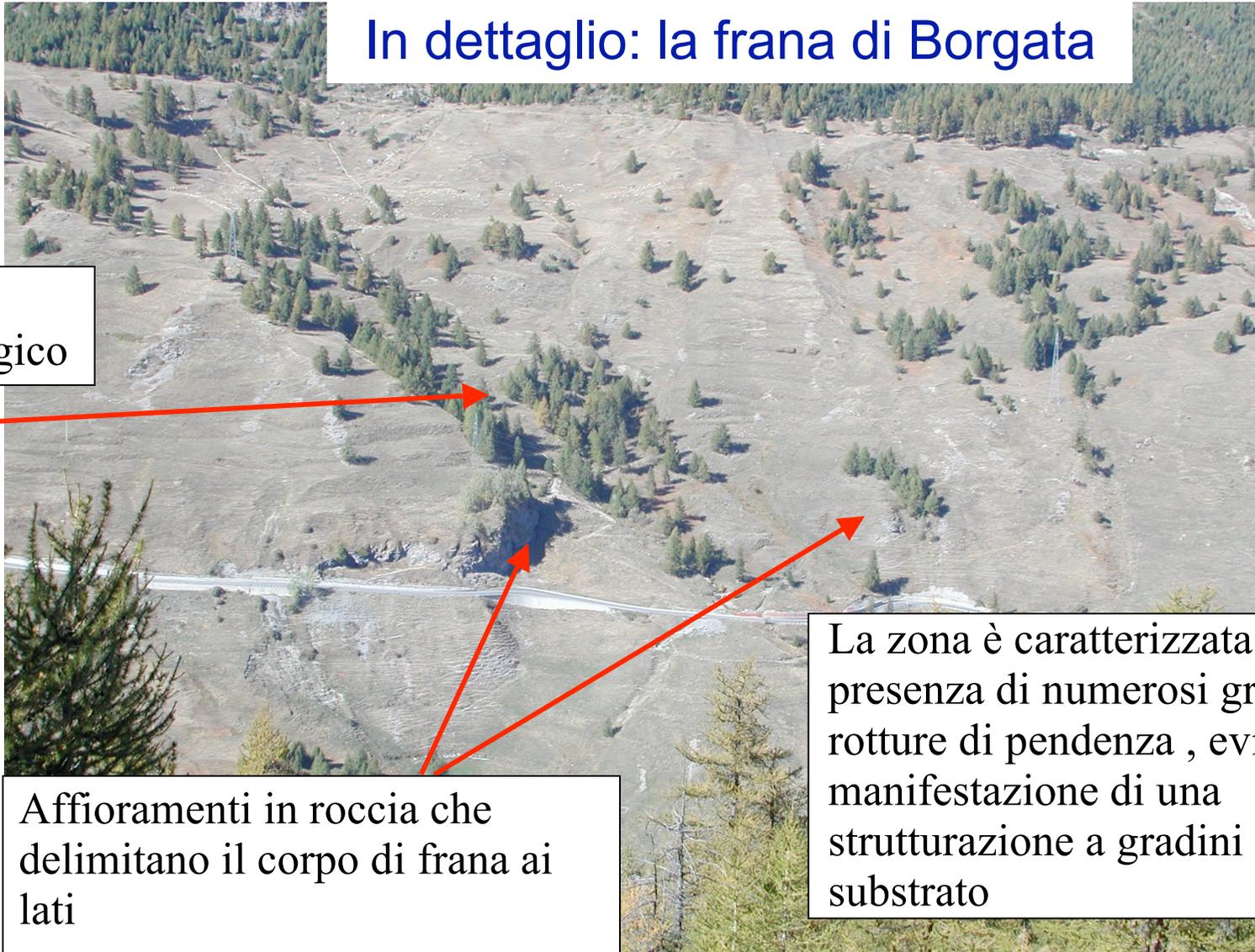
L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria - Grugliasco, 7 aprile 2006



In dettaglio: la frana di Borgata

Salto
morfologico



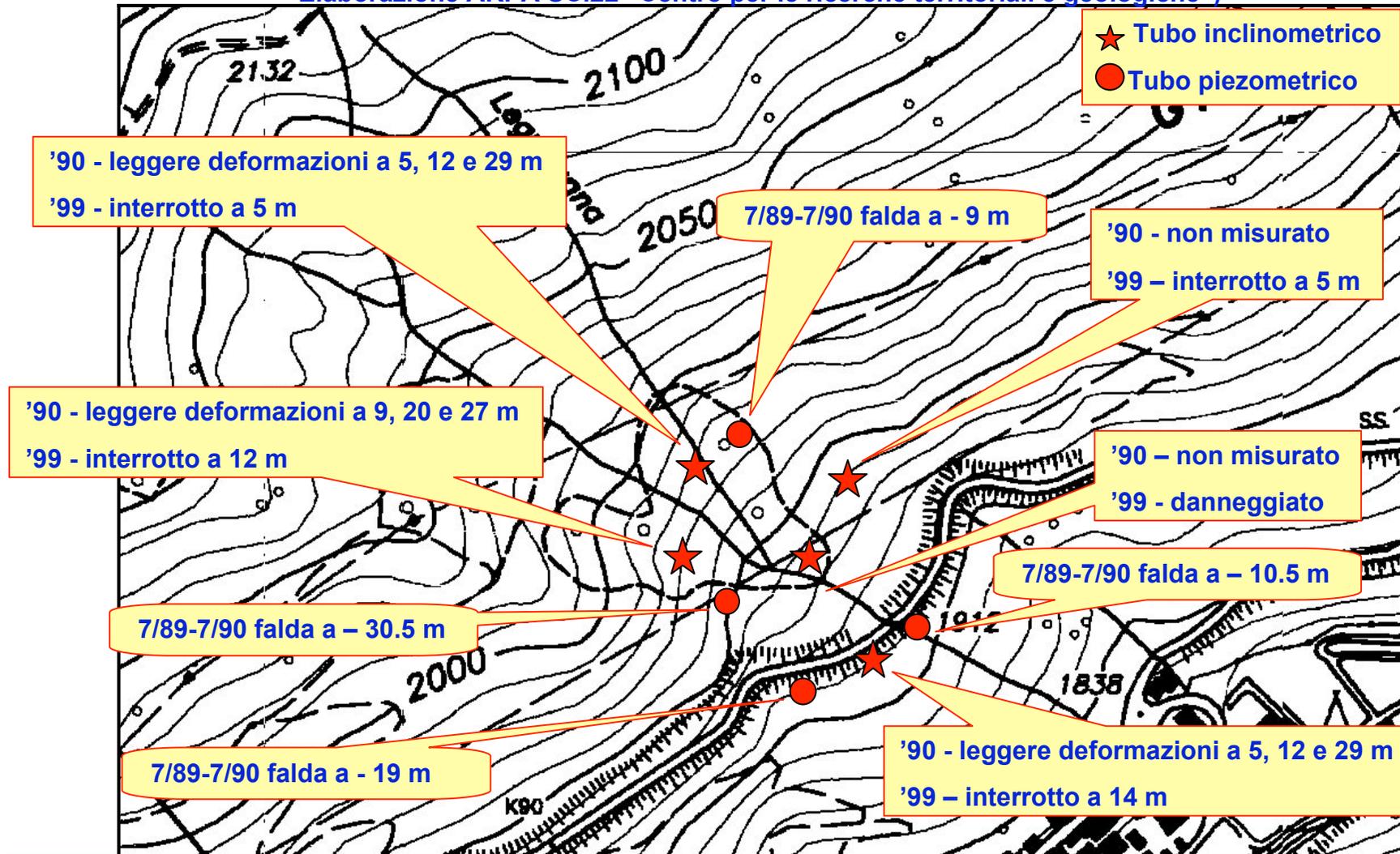
Affioramenti in roccia che delimitano il corpo di frana ai lati

La zona è caratterizzata dalla presenza di numerosi gradini e rotture di pendenza, evidente manifestazione di una strutturazione a gradini del substrato



Monitoraggio geotecnico, località Borgata (luglio '89 – luglio '90)

Elaborazione ARPA SC.22 "Centro per le ricerche territoriali e geologiche")



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Al momento della redazione del progetto di indagini e monitoraggio questi erano i dati. Si aggiunge che:

- i rapporti delle stratigrafie della precedente indagine erano ambigui
- tutti i tubi inclinometrici esistenti erano tagliati

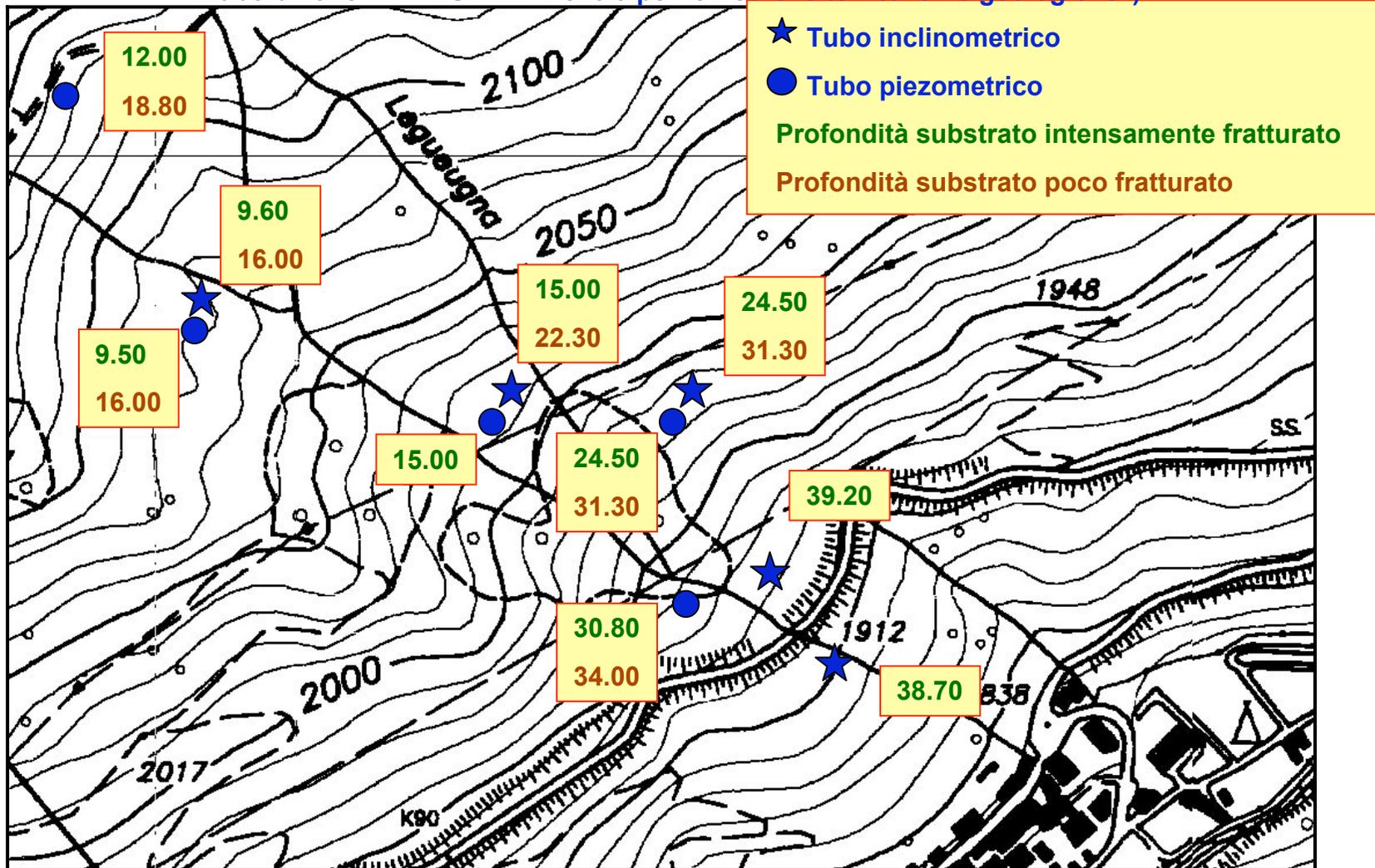
Per cui l'indagine è stata finalizzata a :

- individuare gli eventuali piani di scivolamento
- individuare l'assetto idrogeologico sotterraneo
- individuare l'interfaccia substrato copertura



Indagini geognostiche, località Borgata (ottobre '99 – giugno '04)

Elaborazione ARPA SC.22 "Centro per le ricerche territoriali e geologiche")



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria - Grugliasco, 7 aprile 2006



Al di sopra della quota 2010 le profondità del substrato fratturato e di quello sano sono relativamente modeste

Al di sotto di tale quota si incontrano profondità anche notevoli

→ Evidente salto morfologico

→ Corrispondente gradino per l'interfaccia substrato copertura

→ Area sottostante in cui i monitoraggi evidenziano l'attività più intensa

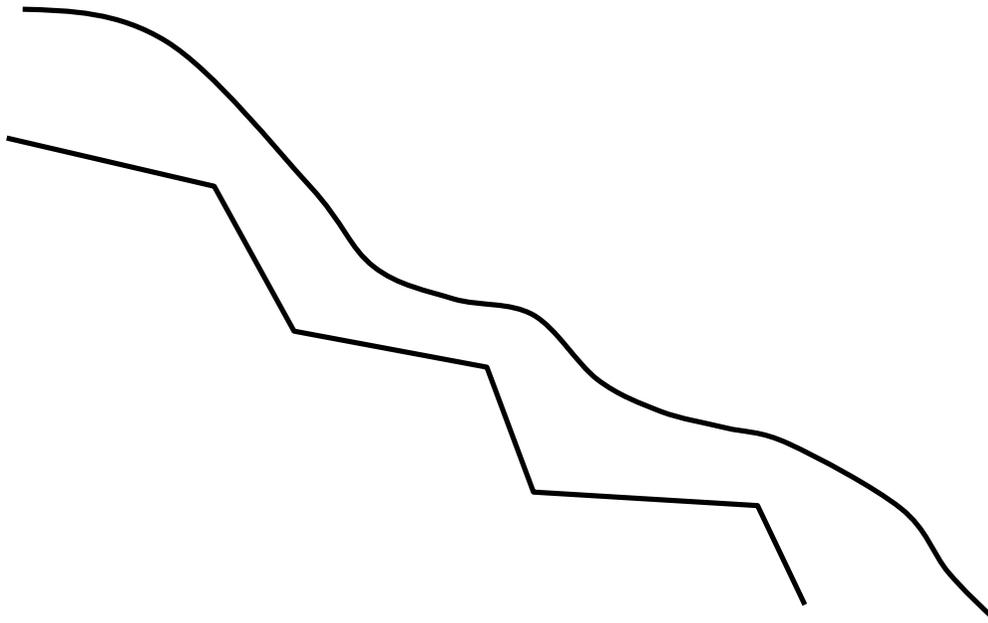


**L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere**

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Si ipotizza così che la morfologia a gradini in superficie sia l'evidenza della disposizione del substrato



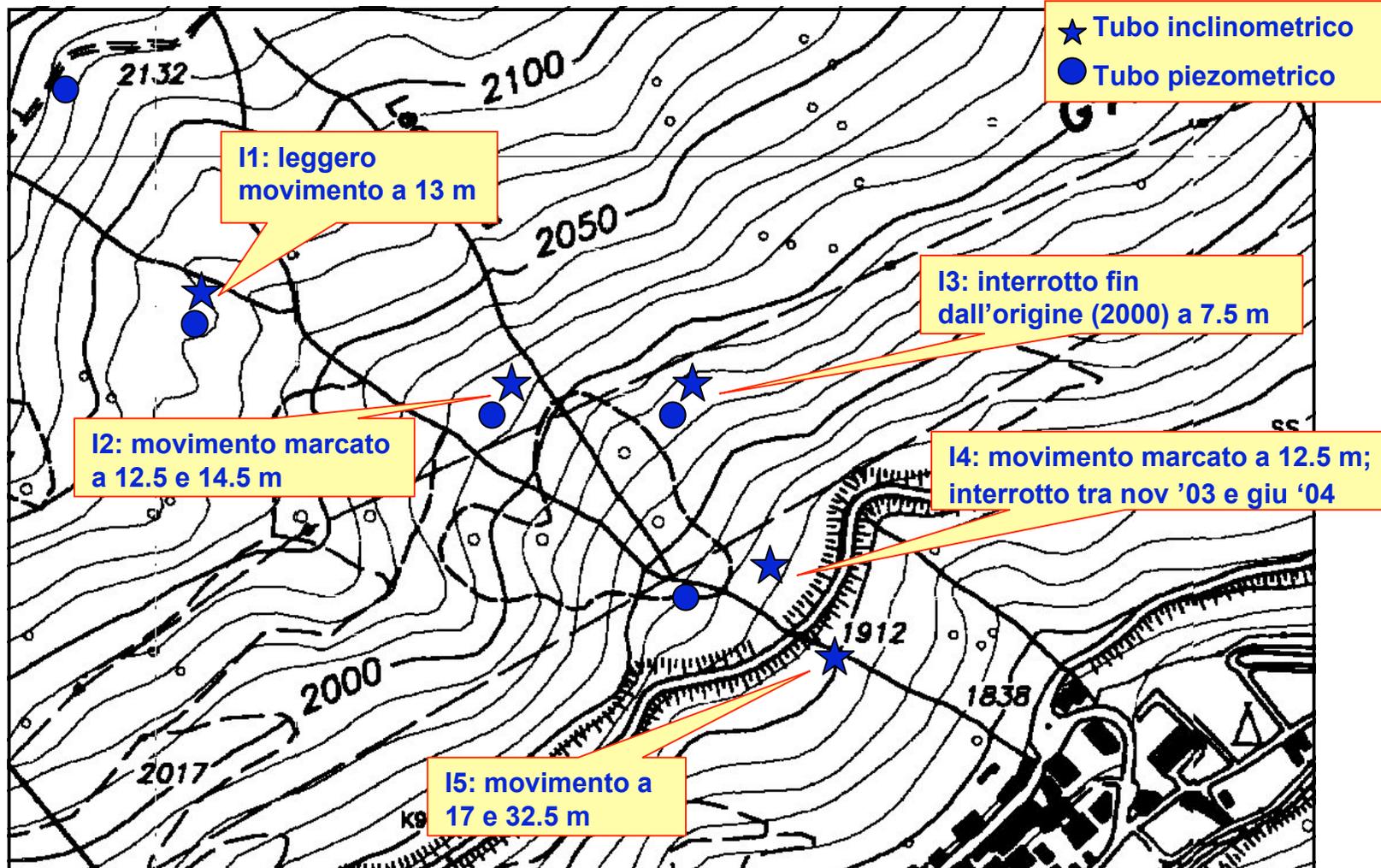
L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Monitoraggio geotecnico, località Borgata (ottobre '99 – giugno '04)

Elaborazione ARPA SC.22 "Centro per le ricerche territoriali e geologiche")



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Dati piezometrici, località Borgata (ottobre '99 – giugno '04)

	P1	P2	P3	P4	P5	VP2	VP3	VP4
15/10/99			-4.8		/			
18/07/00	-18.0	-6.3			/			
06/09/00				-21.5	/			
30/05/01		-6.3	-3.8	-10.6	/			
26/06/01		-7.1		-25.2	/			
01/07/01			-5.5	-25.2	/	-9.6 , -23.6		-20.4
24/07/01		-7.9	-5.5	-25.2	/			
29/09/01		-9.5			/			-20.0
15/11/01			-4.1		/			
02/07/02		-8.2	-5.3	-25.1	/		-10.3	-20.3
19/11/02		-8.3	-5.3	-25.2	/		-10.3	
19/05/03		-6.4	-4.9	-25.0	/		-10.3	-19.3
07/06/04		-6.5	-4.9	-25.1	/		-10.4	-19.4

Piezometro
 "Casagrande", celle
 a -29.5 e -38 m

- dati troppo puntuali e di difficile interpretazione
- ipotizzabile un sistema con falda superficiale non continua e falda profonda (limite copertura-substrato)
- strumentazione poco idonea alla fattispecie



Si osserva che:

- Alcuni piezometri mostrano una falda piuttosto superficiale
- Altri sono privi di acqua, addirittura asciutti sempre
- In superficie è sempre presente acqua e vegetazione idrofila



O le installazioni sono state disastrose

O si deve supporre un modello più complesso



Evidenze di un intervallo superficiale argilloso che:

- Determina una falda estremamente superficiale, spesso non rilevata dai piezometri che non sono finestrati i primi metri
- Isola il terreno sottostante che risulta asciutto tranne che nei rari momenti in cui la falda nel substrato si rialza \implies sottopressione
- Determina la superficie di scivolamento più attiva



Cassette di sondaggio

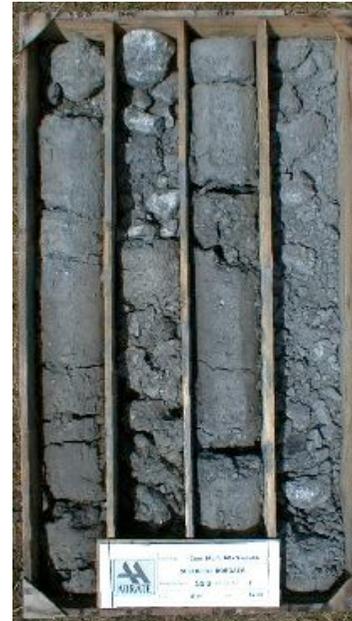
S6 - ca --- 4 - 8 m

S1 - ca --- 4 - 8 m

S5 - ca --- 8 - 12 m

S2 - cb --- 16 - 20 m

S2 - cd --- 24 - 26 m



Depositi di copertura di natura prevalentemente sabbiosa-limosa costituiti da elementi da centimetrici a decimetrici (fino a metrici) di calcescisti immersi in matrice limoso-sabbiosa a tratti prevalente; permeabilità media

Depositi di copertura di natura prevalentemente limosa-limosa sabbiosa costituiti da elementi da centimetrici a decimetrici (fino a metrici) di calcescisti immersi in matrice fine a tratti prevalente; permeabilità da media a bassa

Depositi di copertura di natura prevalentemente argillosa-limosa scostituiti da elementi da centimetrici a decimetrici di calcescisti immersi in abbondante matrice fine; permeabilità da bassa a molto bassa

Substrato roccioso costituito da calcescisti poco litoidi (cappellaccio), da fratturati a molto fratturati, spesso alterati (specialmente nella porzione sommitale); permeabilità media

Substrato roccioso costituito da calcescisti litoidi poco fratturati e poco alterati; permeabilità da molto bassa a bassa

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Elemento su cui intervenire:

Direzione preferenziale di alimentazione della falda:

Tipologia interventi:

- **acque superficiali** ➔ **alimentazione dall'alto** ➔ **canalette di scolo:**
- ripristino canalette esistenti
- nuove canalette
- **falde sospese** ➔ **alimentazione dall'alto** ➔ **trincee drenanti**
- **falde profonde** ➔ **alimentazione da monte** ➔ **dreni sub-orizzontali**



Più nel dettaglio, le tipologie di intervento realizzate consistono in :

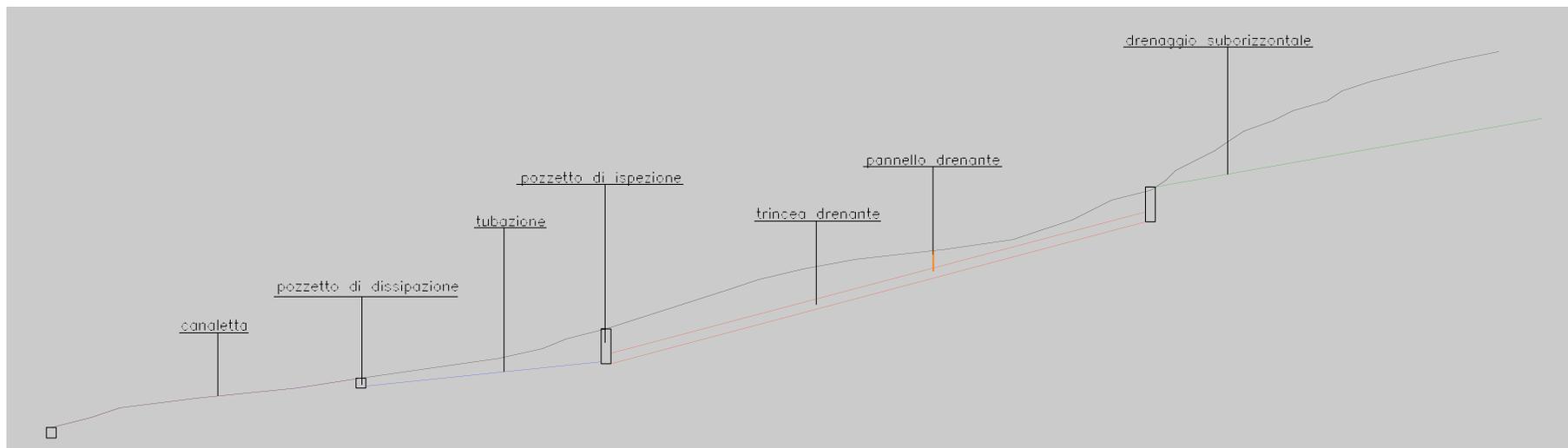
- **Potenziamento delle opere di regimazione e sostituzione di quelle danneggiate o inadeguate**
- **Realizzazione di trincee drenanti in corrispondenza del settore di frana sottoposto a più intenso movimento e nel settore posto a monte**
- **Realizzazione di drenaggi sub-orizzontali:**
 - **a monte del corpo di frana**
 - **all'interno del corpo di frana**
 - **a valle della statale nel settore terminale del corpo di frana**
- **Ripristino degli inclinometri danneggiati**
- **Realizzazione di nuovi piezometri**
- **Riprofilatura dei cigli di frana.**

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Rappresentazione schematica esplicativa di una linea drenante

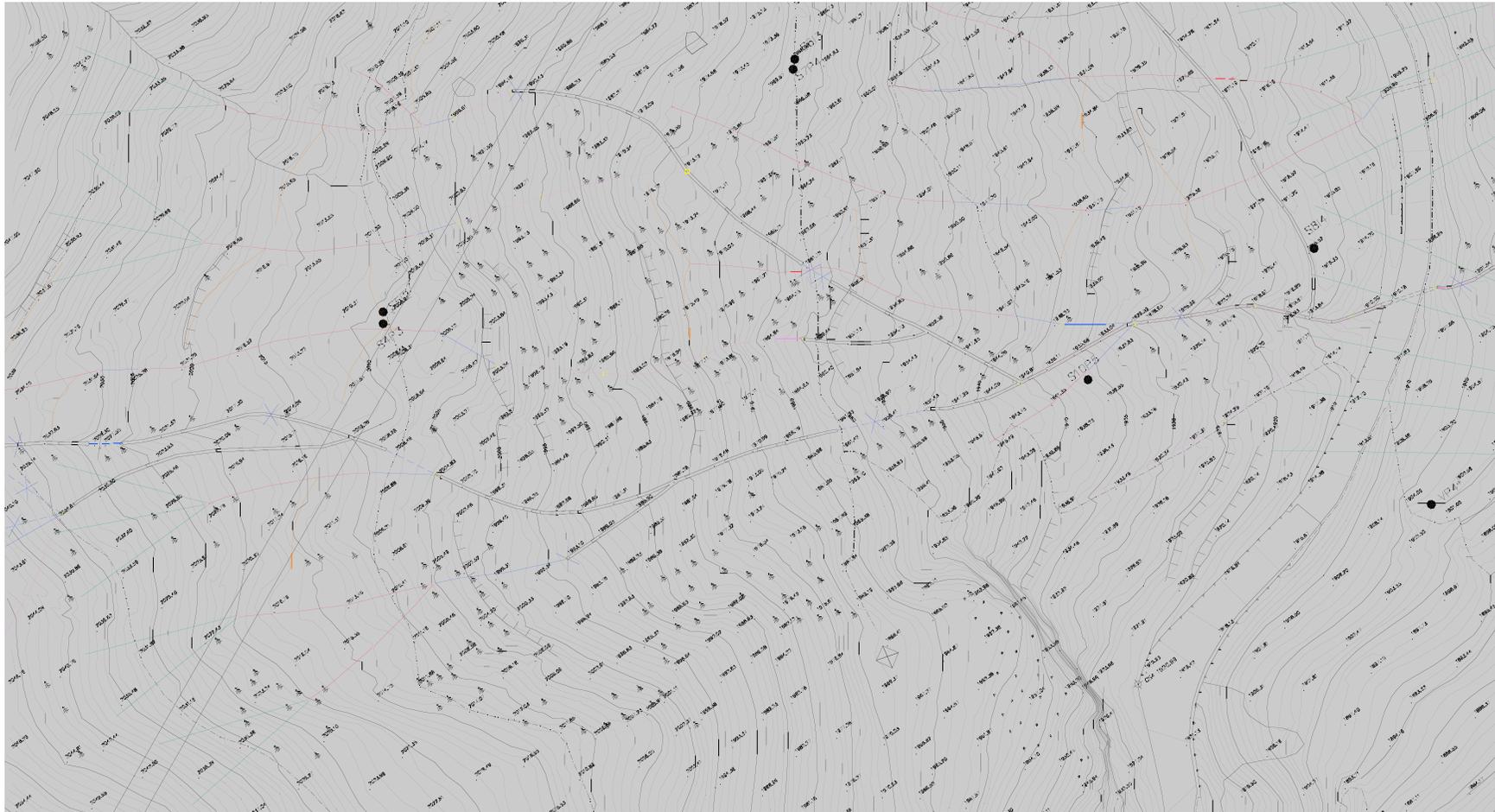
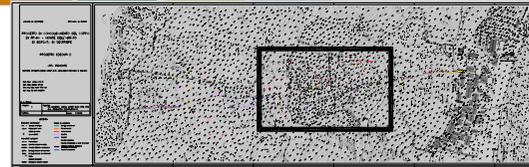


**L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere**

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006

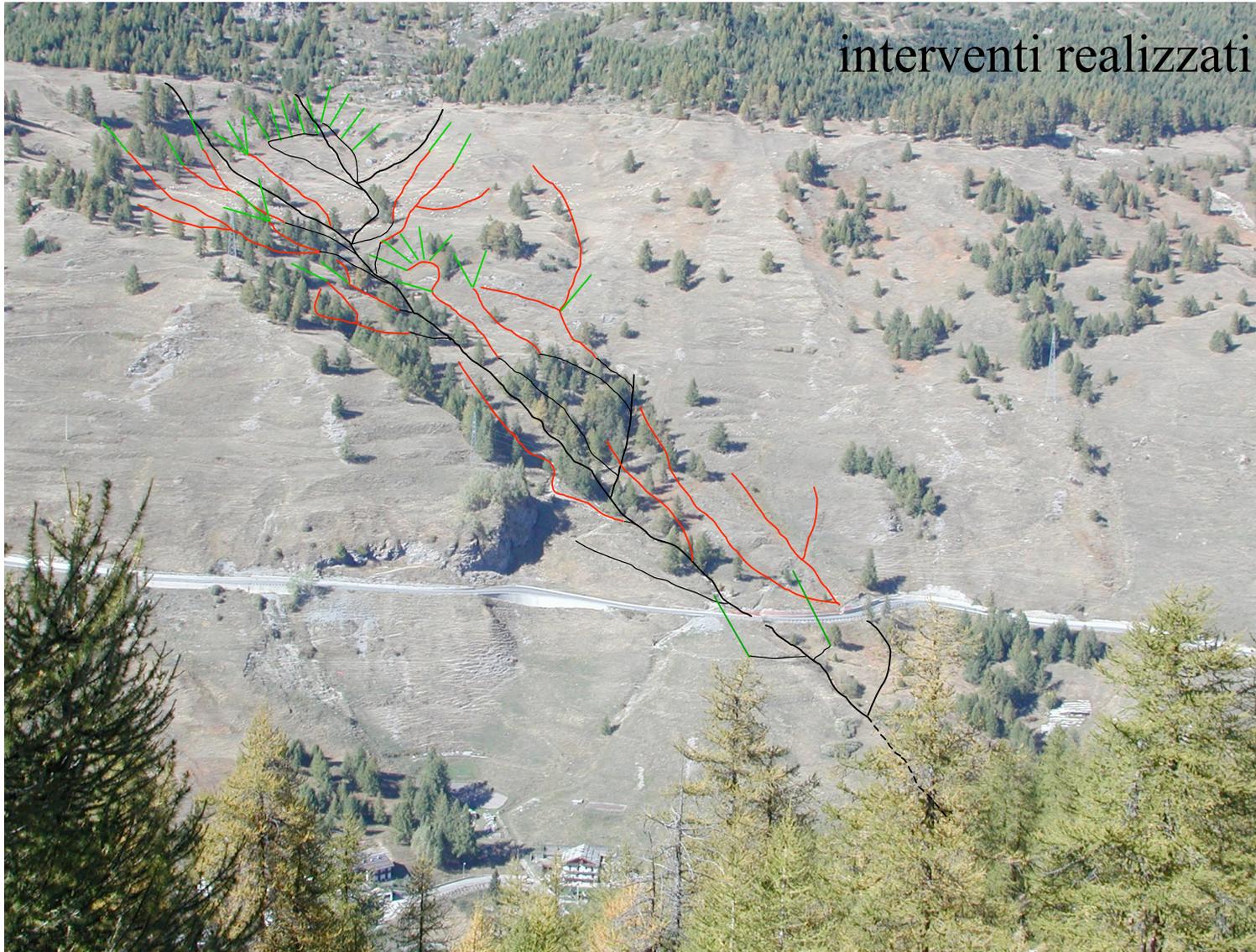


Stralcio planimetria degli interventi previsti dal progetto complessivo



**L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere**

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



interventi realizzati



Opere di drenaggio realizzate:

2134 m di trincee drenanti aventi profondità media di 3,5 m

1426 m di dreni suborizzontali aventi lunghezza compresa fra i 30 ed i 60 m

1403 m di canalette in acciaio ondulato

I stralcio (17/09/2003-23/11/2004)

306.810,49 € di lavori realizzati di cui circa **280.000 €** per le sole opere di drenaggio

- ⊙ **trincee drenanti** per una lunghezza complessiva di **1040 m** circa di diametro 600 mm
- ⊙ **pannelli drenanti** per una lunghezza complessiva di **231 m** circa
- ⊙ **dreni suborizzontali** per una lunghezza complessiva di **801 m** di lunghezza variabile fra i 30 ed i 60 m
- ⊙ **canalette in acciaio ondulato** per una lunghezza complessiva di **850 m** (600 da 0.6 m, 80 da 0.8 m e 170 da 1m)

II stralcio (1/09/2005-sospensione 25/11/2005)

285.964,42 € di lavori realizzati di cui circa **265.000 €** per le sole opere di drenaggio

- ⊙ **trincee drenanti** per una lunghezza complessiva di **1094 m** di cui 240 m di diametro 400 mm e 854 m circa di diametro 600 mm
- ⊙ **dreni suborizzontali** per una lunghezza complessiva di **625 m** di lunghezza variabile fra i 30 ed i 60 m
- ⊙ **canalette in acciaio ondulato** (diametro 60 cm) per una lunghezza complessiva di **553 m**



Raccolta delle acque di ruscellamento e delle acque di drenaggio

canalette semicircolari in acciaio ondulato non zincato

Del tipo semicircolare in acciaio ondulato con diametri 60, 80 e 100 cm interrotte da pozzetti di dissipazione e/o di collegamento aventi diametro pari a 1 m, 1,2 m e 1,4 m a seconda del diametro della canaletta.



canalette a confronto:

- già esistenti in embrici di calcestruzzo (soggette a corrosione per fenomeni di alcali-silica)
- già esistenti di forma trapezia in acciaio zincato
- in acciaio ondulato non zincato

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

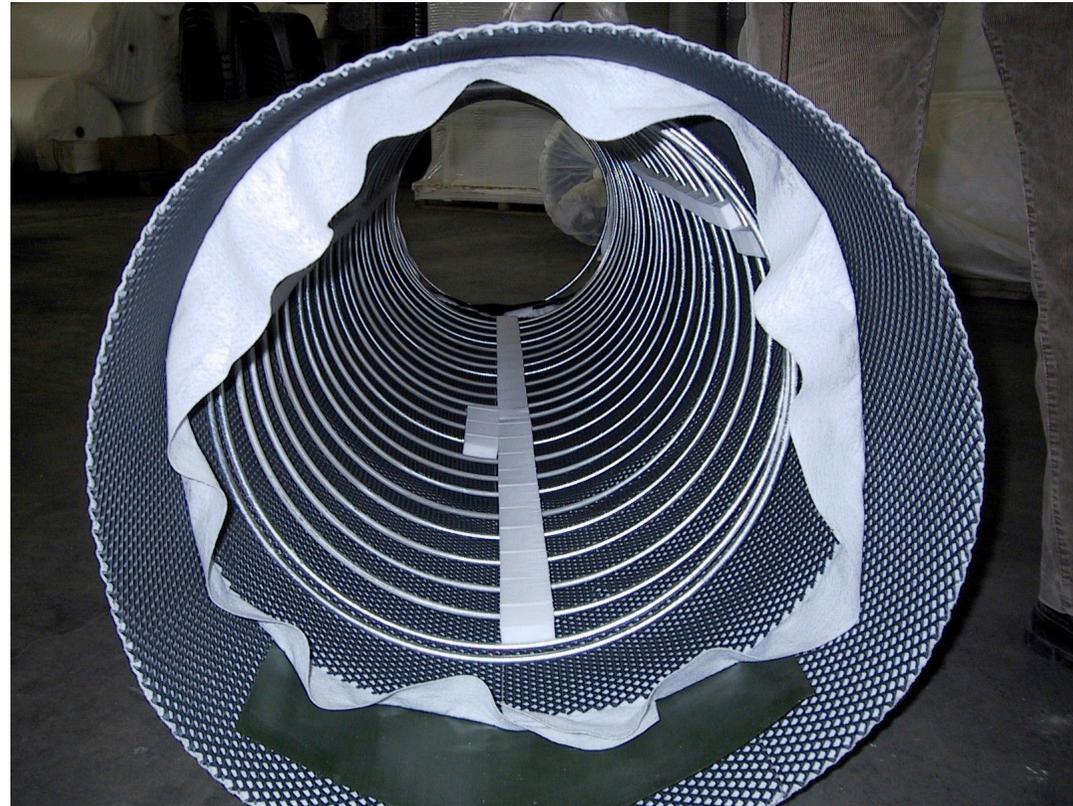
Facoltà di Agraria - Grugliasco, 7 aprile 2006



Drenaggio della falda superficiale e delle acque di infiltrazione

elementi drenanti prefabbricati

- Il sistema drenante è costituito da una struttura prefabbricata di tipo cilindrico, diametro 600 o 400 mm e lunghezza pari a 2 m, con intelaiatura interna realizzata con una spira in acciaio armonico zincato con diametro da 8/10 mm.
- Il rivestimento esterno è costituito da una georete drenante a maglia romboidale 100% HDPE accoppiata ad un geotessile 100% polipropilene.
- La parte inferiore del sistema drenante è rivestita da una geomembrana in polietilene a bassa densità, rinforzata con armatura interna in tessuto di polietilene ad alta densità.





- Per la realizzazione della trincea drenante è una buona regola operare da valle verso monte, realizzando un breve tratto di trincea a sezione possibilmente obbligata (almeno nella porzione inferiore)
- In caso di trincee profonde o terreni difficili devono essere previsti dei sistemi di sostegno dello scavo (puntelli, sbatacchi)
- Per la giunzione dei moduli drenanti, che normalmente avviene al di fuori dello scavo, vengono utilizzate apposite legature fornite unitamente all'elemento drenante.
- Successivamente gli elementi drenanti vengono calati entro la trincea utilizzando un escavatore cingolato ricoprendo di volta in volta lo scavo e lasciando una discenderia lato valle





In corrispondenza dei principali cambi di pendenza e dei collegamenti con le tubazioni di scarico sono stati utilizzati pozzetti modulari ispezionabili con sezioni interna di cm 100 x 100, ed altezza massima pari a 3.5 m che vengono calati all'interno della trincea mediante l'escavatore cingolato



L'elemento drenante viene inserito nel pozzetto forando l'apposito pannello circolare non armato presente sulla faccia del pozzetto...



....e successivamente sigillato dall'interno



avendo l'accortezza di tirare all'interno del pozzetto la geomembrana in polietilene posta inferiormente all'elemento drenante



I pozzetti sono stati utilizzati anche per congiungere due linee drenanti in un'unica linea o nella tubazione terminale



e per raccogliere l'acqua drenata dai drenaggi suborizzontali e convogliarla all'interno della trincea drenante

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Vantaggi del sistema:

- non è necessario avere a disposizione materiale ghiaioso per drenaggi
e si evita tutto ciò che comporta il trasporto del materiale drenante
- caratteristiche idrauliche elevatissime
- grande semplicità di trasporto e mobilizzazione
estremamente leggero, i moduli, lunghi 2 m, pesano da 11 kg (d=40 cm) a 15 kg (d=60 cm)
- grande semplicità e velocità di realizzazione
Si è avuta una produzione di circa 30 m/gg/sq con punte di 50 m/gg/sq comprensiva di scavo

Difetti del sistema:

- gli elementi drenanti possono rompersi se non correttamente posati
problema quasi completamente risolto con l'introduzione di un elemento di rinforzo in acciaio, saldato longitudinalmente all'interno dell'elemento drenante.
- ad oggi manca ancora una casistica sul comportamento drenante nel tempo
- mancano ancora una serie di accessori che potrebbero agevolare il montaggio:
 - Tappo inizio drenaggio
 - Anello di contrasto per inserimento nel pozzetto
 - Elementi di raccordo e di ispezione



Drenaggio della falda superficiale e delle acque di infiltrazione

pannelli drenanti

Alla base delle principali scarpatine morfologiche, posizionate, di norma, in direzione circa ortogonali alla direzione di massima pendenza del versante, che spesso risultavano sedi di emergenze sorgentizie, sono stati posizionati dei pannelli drenanti.

tali pannelli sono stati alloggiati in piccoli scavi a sezione obbligata realizzati contro le scarpatine morfologiche in modo da raccogliere le acque emergenti dalle stesse

l'acqua drenata dai pannelli viene convogliata attraverso un tubo corrugato drenante posto alla base del pannello che viene a sua volta infilato all'interno dell'elemento drenante della trincea e reso solidale allo stesso mediante legatura.

Tali pannelli sono stati realizzati in numero decisamente inferiore rispetto al quantitativo di progetto in quanto in fase realizzativa sono risultati di difficile installazione e problematico controllo

pannello drenante sintetico costituito da un geocomposito tridimensionale drenante in polipropilene, spesso 20 mm, composto da una struttura tridimensionale contenuta da due tessuti non tessuti in polipropilene



tubo corrugato drenante, $d = 100$ mm posto alla base del geocomposito

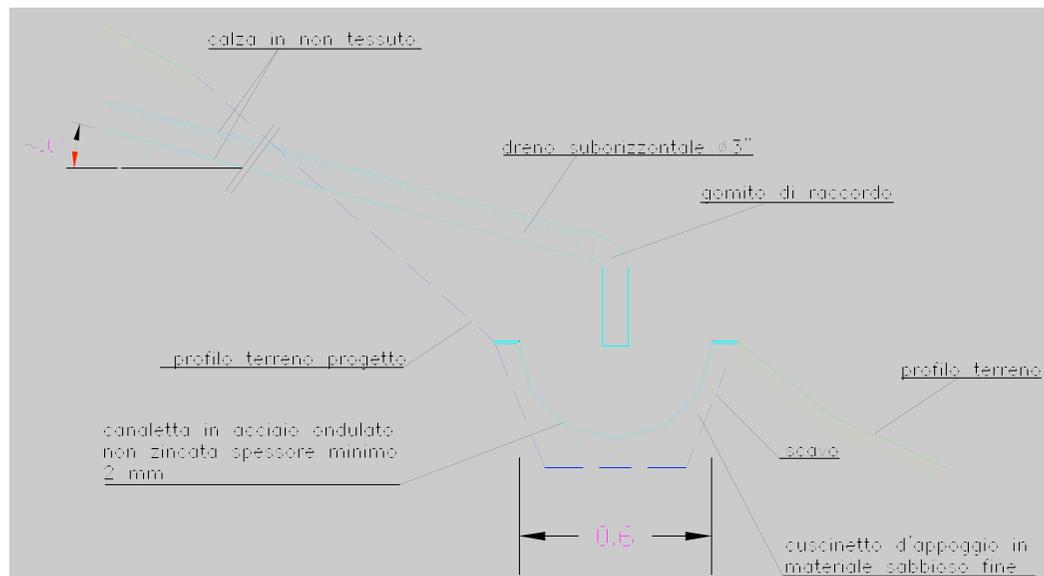


Drenaggio della falda profonda e di quella superficiale

dreni suborizzontali

Come elementi drenanti suborizzontali si sono utilizzati tubi in PVC microfessurato del diametro di 3'' inseriti nel terreno per una lunghezza di 40 m o 60 m.

I dreni realizzati a monte delle trincee drenanti, scaricano le acque drenate all'interno di un pozzetto ispezionabile



I gruppi di drenaggi realizzati nella parte sommitale dell'area di intervento ed a valle della strada statale, scaricano direttamente entro canalette semicircolari in acciaio ondulato.

L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
 Grugliasco, 7 aprile 2006



Valutazione della portata drenabile dalle linee drenanti

La stima della portata drenabile dalle trincee drenanti è stata fatta partendo dalla nota formula di *Darcy* secondo la quale la portata drenata per unità di lunghezza su una faccia della trincea drenante risulta calcolabile mediante la relazione:

$$q = k \cdot i \cdot h_m \quad \text{in cui:}$$

k è la permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero superficiale
 i è il gradiente idraulico
 h_m è il carico piezometrico medio

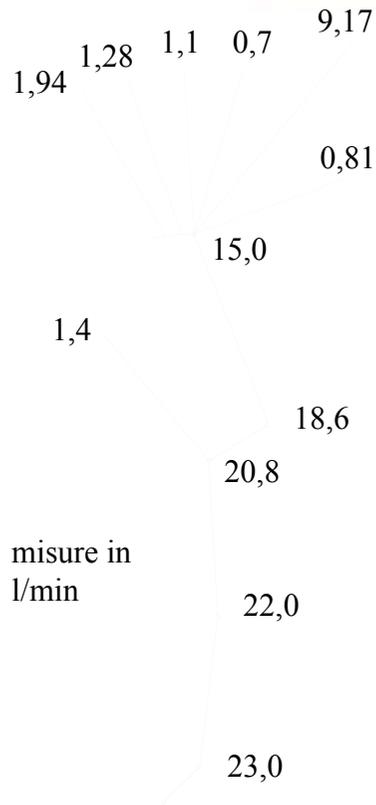
il gradiente idraulico (ipotizzato costante nella direzione della trincea) nella direzione ortogonale alla trincea risulta essere:

$$i = \frac{h_0 - h_1}{R} \quad \text{in cui:}$$

h_0 carico piezometrico massimo riferito al piano di posa delle trincee drenanti
 h_1 altezza dell'elemento drenante
 R è il raggio d'azione dato dalla semi distanza delle trincee drenanti: $R = D/2$

Dalle precedenti relazioni si ottiene che la portata drenata per unità di lunghezza su una faccia della trincea drenante risulta calcolabile mediante la relazione:

$$q = k \cdot \frac{h_0^2 - h_1^2}{2 \cdot R}, \quad \text{mentre la portata complessiva drenata da una trincea drenante di lunghezza } L \text{ è data da: } q = L \cdot k \cdot \frac{h_0^2 - h_1^2}{R}$$



Applicazione alla linea drenante H

143 m di trincee drenanti (d=60 cm; h=3,5m)

295 m di drenaggi suborizzontali (1 da 60 m; 4 da 40 m; 1 da 35 m)

Per calcolare la portata drenabile si sono assunti i seguenti parametri dedotti in modo sperimentale:

per le trincee:

interasse medio trincee drenanti: 30 m

soggiacienza falda 2 m

prof. piano di posa elem.drenante 3,5m

permeabilità dei depositi pari a $5 * 10^{-6}$ m/s

per i dreni suborizzontali:

interasse medio drenaggi: 5 m

prof. media di pescaggio del dreno all'interno della falda da 1 m a 2 m

lunghezza media di pescaggio del dreno all'interno della falda da 20 a 40 m

Applicando la formula di Darcy si ottiene:

Per le trincee:

portata drenata 0,038 l/min/m

Per i dreni suborizzontali:

portata drenata 0,16 l/min/m (L=60 m)

portata drenata 0,06 l/min/m (L=40 m)

DATI SPERIMENTALI linea H

Drenaggi suborizzontali 16,4 l/min

Trincee drenanti: 6,6 l/min

Totale: 23,0 l/min

RISULTATO MODELLAZIONE linea H

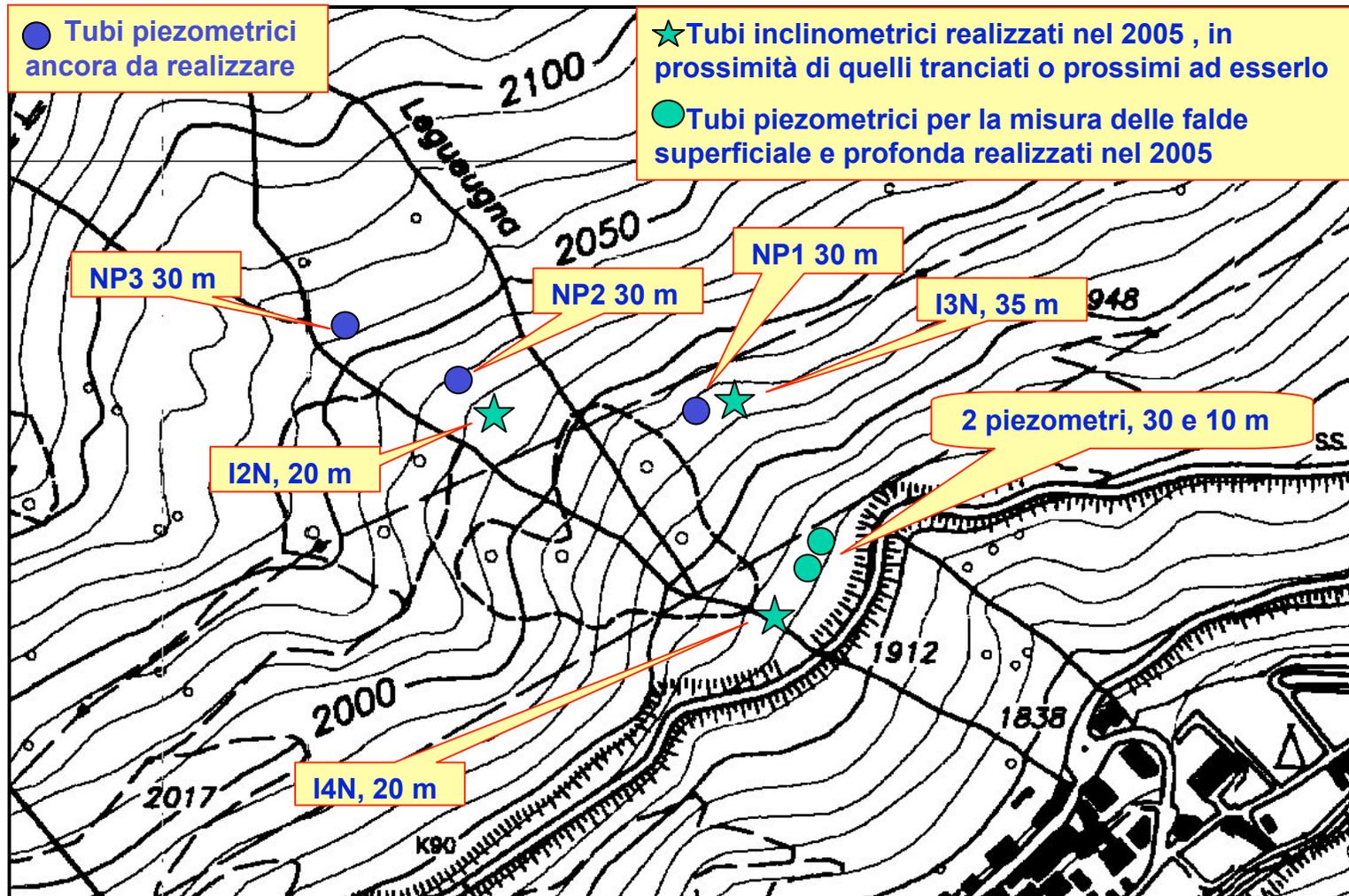
Drenaggi suborizzontali 24,0 l/min

Trincee drenanti: 5,4 l/min

Totale: 29,4 l/min



Integrazione sistema di monitoraggio geotecnico di Borgata (04-06)



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi
 in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
 Grugliasco, 7 aprile 2006



Risultati ottenuti

❖ Nel corso del 2005 i soli interventi realizzati nel primo stralcio hanno permesso di drenare complessivamente circa 2 l/s (luglio 2006) in corrispondenza dell'inizio dei lavori del II stralcio (inizio settembre 2005), la portata drenata si era stabilizzata attorno ad 1 l/s

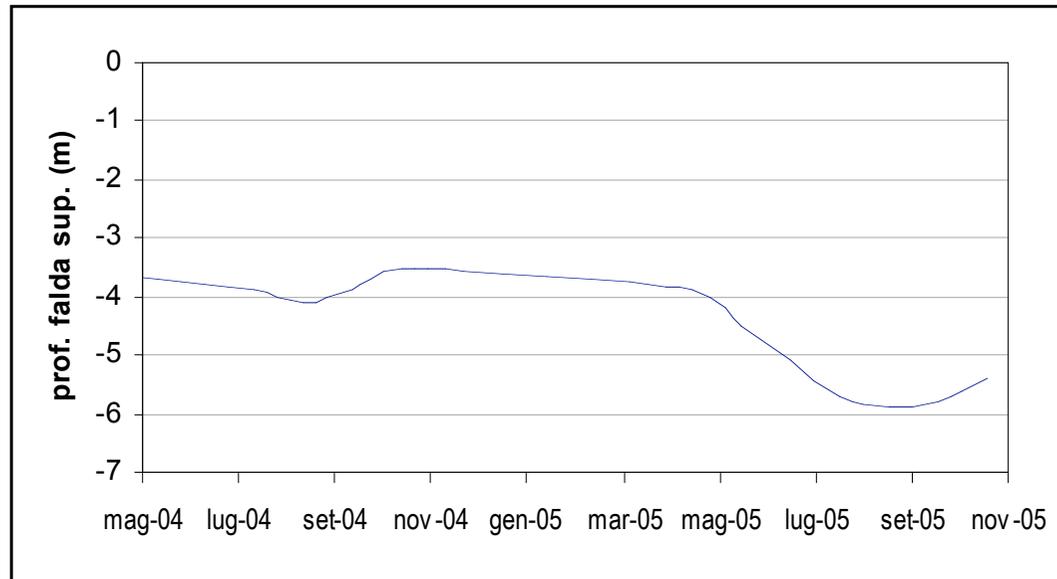
L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006



Risultati ottenuti

Variazioni del livello della falda superficiale
(settore a monte della S.S.23)



- ❖ le letture in automatico del piezometro realizzato nel maggio 2004 per il controllo della falda superficiale, in settore compreso fra due linee drenanti, hanno mostrato che il livello piezometrico nel settore di versante immediatamente a valle delle opere di drenaggio ha subito un graduale abbassamento

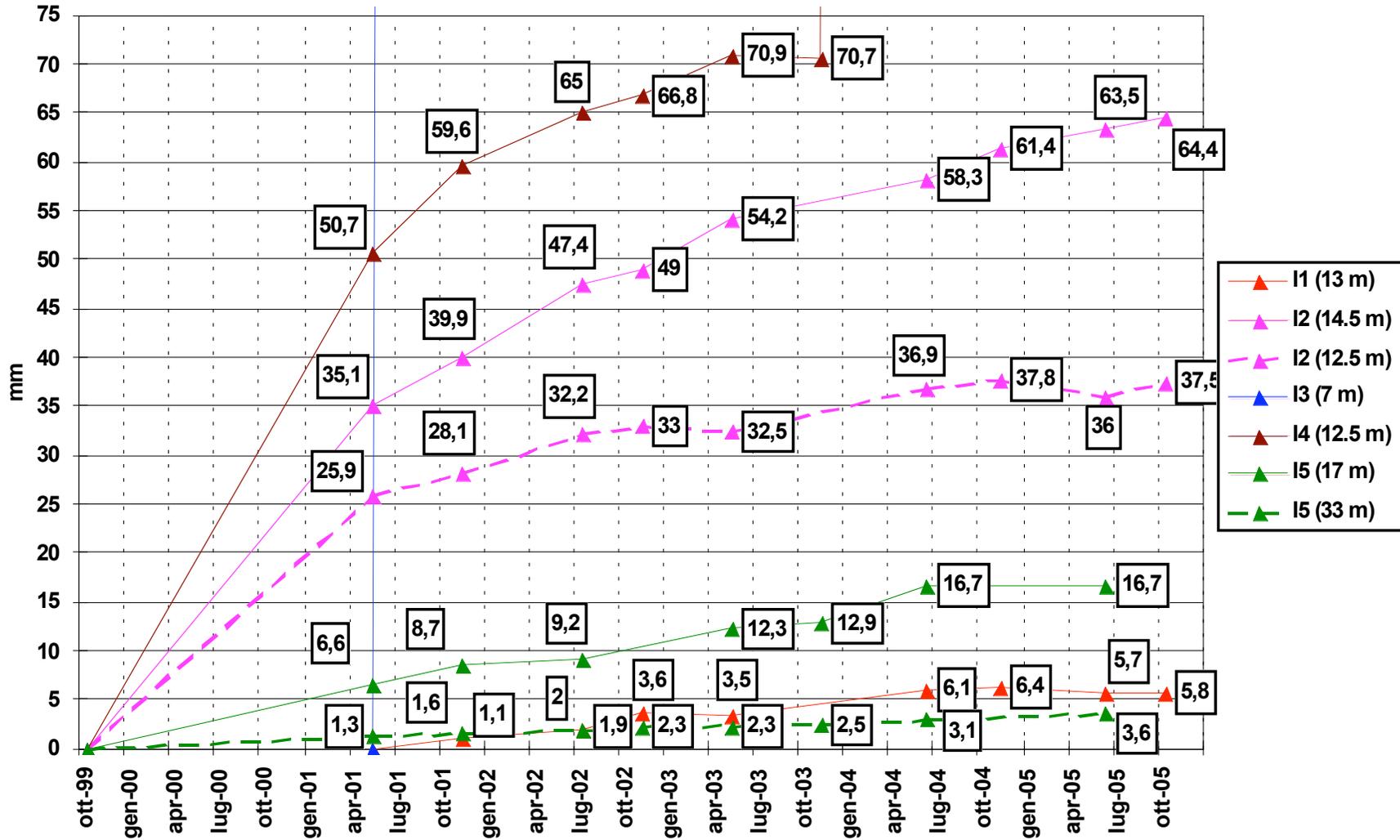


Risultati ottenuti

- ❖ I vecchi inclinometri realizzati nel 1999-2000, utilizzati per il monitoraggio della frana, mostrano una chiara tendenza al rallentamento del corpo franoso
- ❖ I nuovi inclinometri realizzati nel 2004 in sostituzione di quelli tranciati o che presentavano le maggiori deformazioni non hanno subito movimenti apprezzabili nell'arco di tempo di circa 1 anno e mezzo



Elaborazione ARPA SC.22 “Centro per le ricerche territoriali e geologiche”)



L'utilizzo dei drenaggi prefabbricati nel consolidamento di grossi corpi franosi in ambito montano: il caso di Borgata di Sestriere

Facoltà di Agraria -
Grugliasco, 7 aprile 2006