



**Progetto ALCOTRA RISK NAT**  
**Azione B2**  
**SISTEMA INFORMATIVO FRANE IN PIEMONTE**  
**Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento**

*Provincia di Cuneo*  
**Comune di Cabella Ligure**

*località Montaldo ed Aie di Cosola*



Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto – ARPA Piemonte  
Ultimo aggiornamento della scheda Maggio 2012

**In prima pagina l'abitato di Montaldo di Cosola, foto Arpa Piemonte**

## Indice

1	Premessa.....	4
2	Introduzione.....	5
3	Informazioni e dati disponibili.....	8
3.1	Documentazione disponibile.....	8
3.2	Studi ed interventi pregressi.....	9
3.3	Indagini geognostiche.....	10
3.4	Danni.....	15
3.5	Voli aerei disponibili.....	18
3.6	Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi.....	19
3.7	Dati interferometrici.....	26
4	Analisi del dissesto.....	29
4.1	Inquadramento geologico-strutturale.....	29
4.2	Analisi geologico-geomorfologica.....	31
5	Sistemi di controllo.....	35
5.1	Inclinometri.....	38
5.2	Dati topografici tradizionali.....	68
5.3	Pericolosità e rischio.....	70
5.3.1	Interventi realizzati.....	70
5.3.2	Possibile evoluzione del fenomeno (scenari).....	73
5.3.3	Elementi esposti.....	75
6	Bibliografia.....	76

## **1 Premessa**

La presente scheda di approfondimento al III livello del SIFraP (Sistema Informativo Frane in Piemonte) è stata realizzata nell'ambito del progetto INTERREG Alcotra RISKMAT. La quasi totalità delle informazioni riportate nella scheda derivano dalle valutazioni effettuate dal Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto di Arpa Piemonte e dal Gruppo di Lavoro istituito in seno alla Direzione OOPP della Regione Piemonte nell'ambito della *“Convenzione tra il la Direzione OOPP della Regione Piemonte e Arpa Piemonte per l'Analisi delle aree a rischio individuate nel piano per l'assetto idrogeologico e nelle successive fasi attuative ai fini della mitigazione del rischio”* (DD regionale 2781/db1400 del 27/11/09; DDG di Arpa 128 del 15/12/2009) e relative all'area RME: 017-PI-AL, 017-PI-AL, 017-PI-AL, 017-PI-AL di Montaldo ed Aie di Cosola nel Comune di Cabella Ligure (AL).

## 2 Introduzione

La frana di località Cosola è ubicata lungo il versante destro della valle del torrente Cosorella, nel Comune di Cabella Ligure (AL) (Figura 2.1). Parti del fenomeno franoso sono compresi all'interno delle perimetrazioni delle aree RME di Cabella ligure (perimetrazioni RME/267/01 e RME/267/99). In particolare, la frana è compresa nelle Zone 1 e 2 della perimetrazione RME:

- *zona 1: area potenzialmente instabile o che presenta elevata probabilità di coinvolgimento in fenomeni di dissesto;*
- *zona 2: area potenzialmente instabile o in cui l'intensità' dei fenomeni di dissesto e' ritenuta media.*

Il piano regolatore generale comunale (PRGC), approvato ai sensi della L.R. 5/12/77 n° 56, circolare 7/LAP e adottato dal PAI ubica l'area in frana nella classe III-b per quanto concerne la zona edificata e nella classe III-a per la rimanente porzione non edificata.

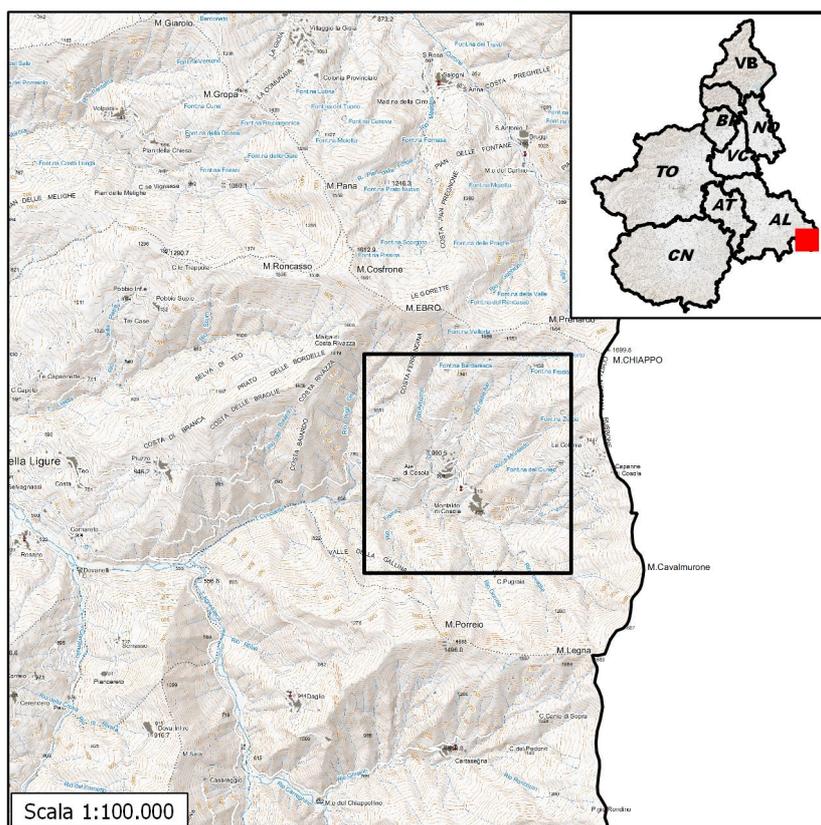


Figura 2.1 - Stralcio cartografia scala 1:100.000 con localizzazione indicativa del dissesto (box nero).

La perimetrazione RME in oggetto si estende dal fondovalle, comprendendo al suo interno le frazioni di Aie e Montaldo di Cosola fino alla quota 1000m slm, e segue poi gli impluvi dei rio di Montaldo, Rio delle Aie, Rio Arbarcio fino alla quota di 1350m slm; tale area ricade in Zona 1 tranne che per una piccola porzione ad

Est dell'abitato di Aie di Cosola posta tra le quote 900m e 990m slm., ricadente in Zona 2. La porzione di fondovalle comprende l'area di intersezione tra il Rio Carpi e rio Tovaglina e parte del rio Cosorella fino alla quota 750m slm.

Il dissesto coinvolge un'area di circa 1'100'000 m<sup>2</sup>: la nicchia è ubicata a circa 1'300 m slm e il piede a circa 720 m slm, per un dislivello complessivo di circa 580 m. Nel complesso la frana ha una pendenza media complessiva intorno ad una decina di gradi. Il versante presenta esposizione variabile verso Sud (zona di Aie) e sud-ovest (zona di Montaldo). L'area è attualmente adibita vegetazione riparia con piccoli boschi e nella zona medio bassa vi sono i nuclei abitati di Aie e Montaldo di Cosola.

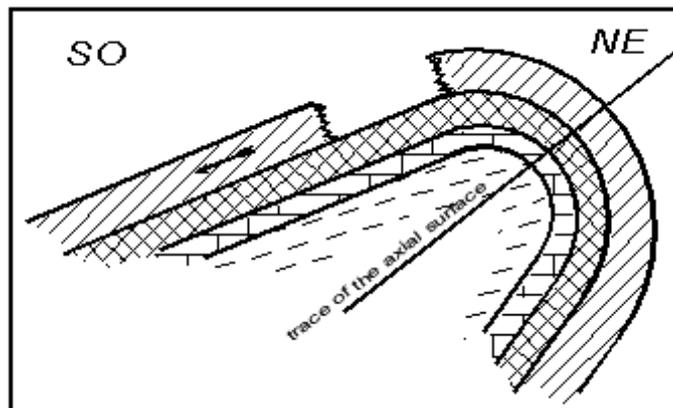


Figura 2.2: Schema strutturale della messa in posto dell'antico corpo franoso.

L'intero versante di Cosola è interessato da un esteso corpo di frana, che conferisce al territorio una morfologia ad acclività variabile, con tratti in controtendenza e brusche rotture di pendio; la frana di Cosola è in buona parte allo stato quiescente, ma ha subito alcune importanti riattivazioni in tempi relativamente recenti.

Il meccanismo originario principale responsabile è ascrivibile a *debris flow* in fasi successive conseguenti al trasporto di ingenti quantità di detriti derivanti molto probabilmente dall'evoluzione di una antica frana di tipo traslazionale planare originatasi dalla rottura in cerniera del fianco di una piega antiforme coricata. La dinamica della messa in posto del potente corpo detritico, che interessa la zona di Montaldo di Cosola, è legata all'interazione di movimenti gravitativi sovrapposti, parzialmente erosi e successivamente riattivati con meccanismi anche differenti, prevalentemente di colata e, più limitatamente, di scivolamento. L'aspetto più evidente del dissesto idrogeologico è dato da frane (in genere colamenti) che interessano porzioni superficiali della copertura. Le riattivazioni interessano principalmente il piede dell'antico corpo franoso.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
Comune di Cabella Ligure, località Montaldo ed Aie di Cosola

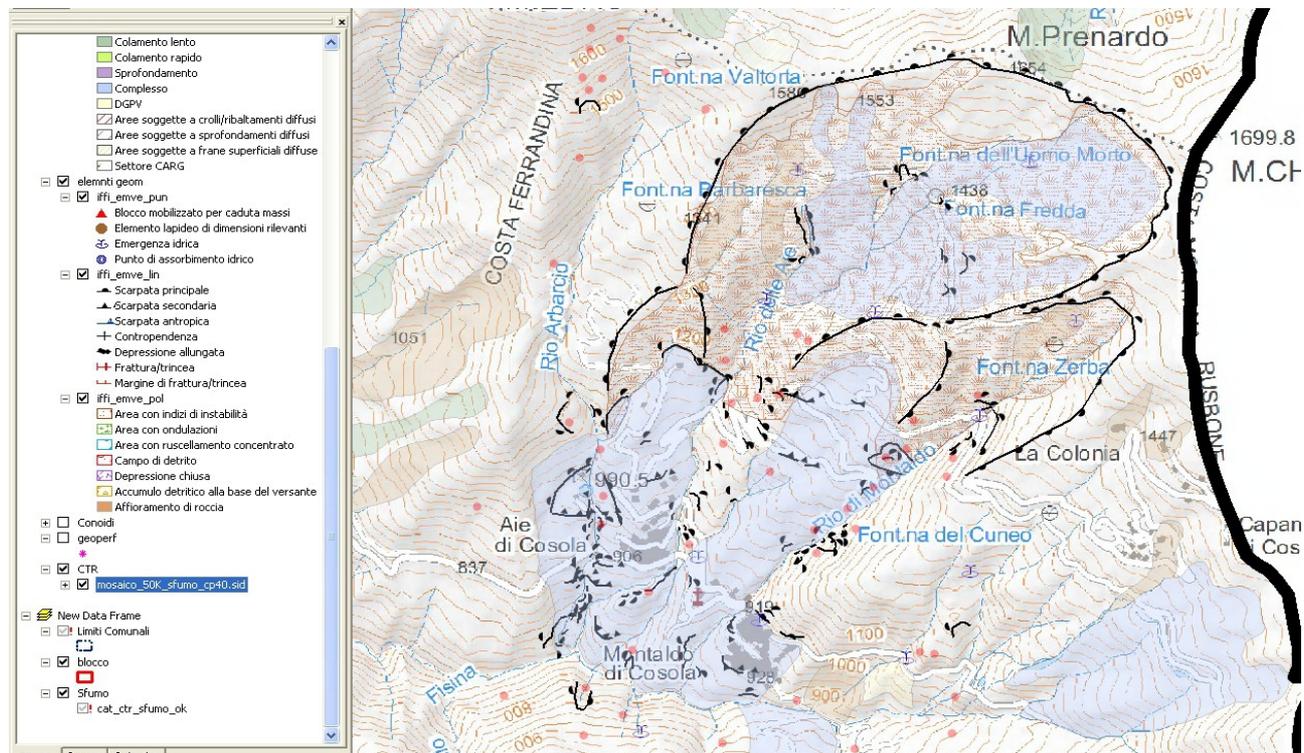


Figura 2.3 - Estratto cartografico dal SIFrap. Cartografia non in scala.

### 3 Informazioni e dati disponibili

#### 3.1 Documentazione disponibile

I principali lavori disponibili nell'archivio FONTI di Arpa Piemonte per l'area in esame sono elencati in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 - Riepilogo documentazione disponibile nell'archivio FONTI di Arpa Piemonte

Codice fonti	Titolo	Tipo	Anno
190229	Comune di Cabella Ligure - Movimento franoso in frazione Montaldo di Cosola	Studio	1986
186531	Comune di Cabella Ligure - Movimento franoso in località Montaldo di Cosola, alluvione novembre 1994 - Indagine e monitoraggi I lotto - Relazione tecnica computo metrico estimativo	Studio	1996
243518	Comune di Cabella Ligure - Indagini Geognostiche Movimento franoso in località Montaldo di Cosola, alluvione novembre 1994	Studio	1997
186526	Comune di Cabella Ligure - Movimento franoso in località Montaldo di Cosola, alluvione novembre 2004 - Completamento monitoraggi - Relazione tecnica	Studio	2000
244554	Comune di Cabella Ligure, località Aie e Montaldo di Cosola, integrazione del piano di protezione civile mediante procedure di sorveglianza e monitoraggio strumentale	Studio	2006
244563	indagini geognostiche propedeutiche ai lavori di sistemazione versante in frazione Aie di Cosola	Elaborato	2006
244988	Comune di Cabella Ligure, lavori di consolidamento abitato di Montaldo di Cosola - opere di drenaggio profondo integrazione degli interventi	Studio	2008

L'area in oggetto ricade nel *Progetto CARG - Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Foglio 196 (Cabella Ligure)*, che descrive il contesto geologico regionale della zona in cui sono riportati i principali movimenti franosi riconosciuti che però è in fase di stampa.

### 3.2 Studi ed interventi pregressi

Gli studi di cui si è a conoscenza sono:

- studio del Prof. Carniglia del 1987 corredato da alcuni sondaggi non attrezzati;
- indagini geognostiche effettuate per l'installazione del sistema di monitoraggio;
- studio *ad hoc* sul dissesto intitolato "Indagini geognostiche movimento franoso loc. Montaldo di Cosola- alluvione novembre 1994" del novembre 1997 del dott. Foglino;
- indagini geognostiche effettuate per l'implementazione dei sistemi di monitoraggio;
- studio di integrazione del piano di protezione civile mediante procedure di sorveglianza e monitoraggio strumentali,(CTEmme 2006-2009) suddiviso in 5 fasi: analisi territoriale; esame dei sistemi di monitoraggio strumentale e telesorveglianza; ricostruzione dei meccanismi di dissesto e valutazione del rischio; individuazione di procedure di gestione delle crisi; analisi nuovi dati strumentali e taratura del sistema.

Le tabelle seguenti riassumono gli interventi effettuati e sono basate su quanto consegnato dall'Ing. Luigi Marengo nel corso di una riunione presso il Comune di Cabella Ligure in data 11/11/2010.

**Tabella 3.2 - Interventi realizzati sui dissesti di Montaldo di Cosola**

	Anno	Importo	Legge	Progettista	Opere
1	1987	?	?	Cortemilia	Sondaggi
2	1996	127.000.000 €	22/95	Foglino/Bruno	Abrate sondaggi – Foglino Studio Geotecnico
3	1998	66.000.000 €	267/55	Foglino/Bruno	Completamento monitoraggio edifici
4	2002/03	600.000.000 €	267/99	Marengo/Tuberga/Rabajoli	1° lotto Indagini e drenaggi profondi di taratura
5	2002/03	1.239.496,56 €	267/99	Marengo/Tuberga/Rabajoli	2° lotto Drenaggi e completamento monitoraggio geotecnico
6	2007/09	115,000,00 €	183/89 DM 325/2006	Marengo/Tuberga/Rabajoli	Integrazione monitoraggio geotecnica
7	2007/09	285,000,00 €	183/89 DM 325/2006	Marengo/Tuberga/Rabajoli	Gestione e integrazione sistema di drenaggio

**Tabella 3.3 - Interventi realizzati sui dissesti di Aie di Cosola**

	Anno	Importo	Legge	Progettista	Opere
1	1998				Misuratori di giunti su edifici
2	2002	77.000 €	471/94	Bruno/Abrate	Monitoraggio: sondaggi e fessurimetri su edifici
3	2005/06	130.000 €	All. n°207 DD 387-21/03/05	Parodi	Sondaggi e Monitoraggio geotecnico mediante inclinometri

**Tabella 3.4 - Interventi realizzati sui dissesti di Montaldo e Aie di Cosola**

	Anno	Importo	Legge	Progettista	Opere
1	2002	1.354.433 €	267/99	Studi Tecnici Associati./Marcello/Tosonotti/Teruggi	Sistemazione idraulica e briglie su Montaldo e Aie di Cosola
2	2006	57.000 + int. comunali	Fondi regionali Protezione Civile	CTM	Integrazione monitoraggio, Adeguamento piano protezione civile, Automatizzazione sistema, Studio e Gestione sistema

### 3.3 Indagini geognostiche

Al fine della messa in posto del sistema di monitoraggio inclino-piezometrico, sono stati realizzati dal 1996 al 2002 diversi sondaggi geognostici all'interno delle aree urbanizzate ricadenti sui fenomeni franosi in esame. Al fine conoscitivo erano stati anche realizzati nel 1987 alcuni sondaggi poco profondi. Nel 2007 nell'ambito dei "Lavori di consolidamento – Opere di drenaggio profondo – Integrazione degli interventi" sono stati effettuati altri due sondaggi in loc. Montaldo di Cosola.

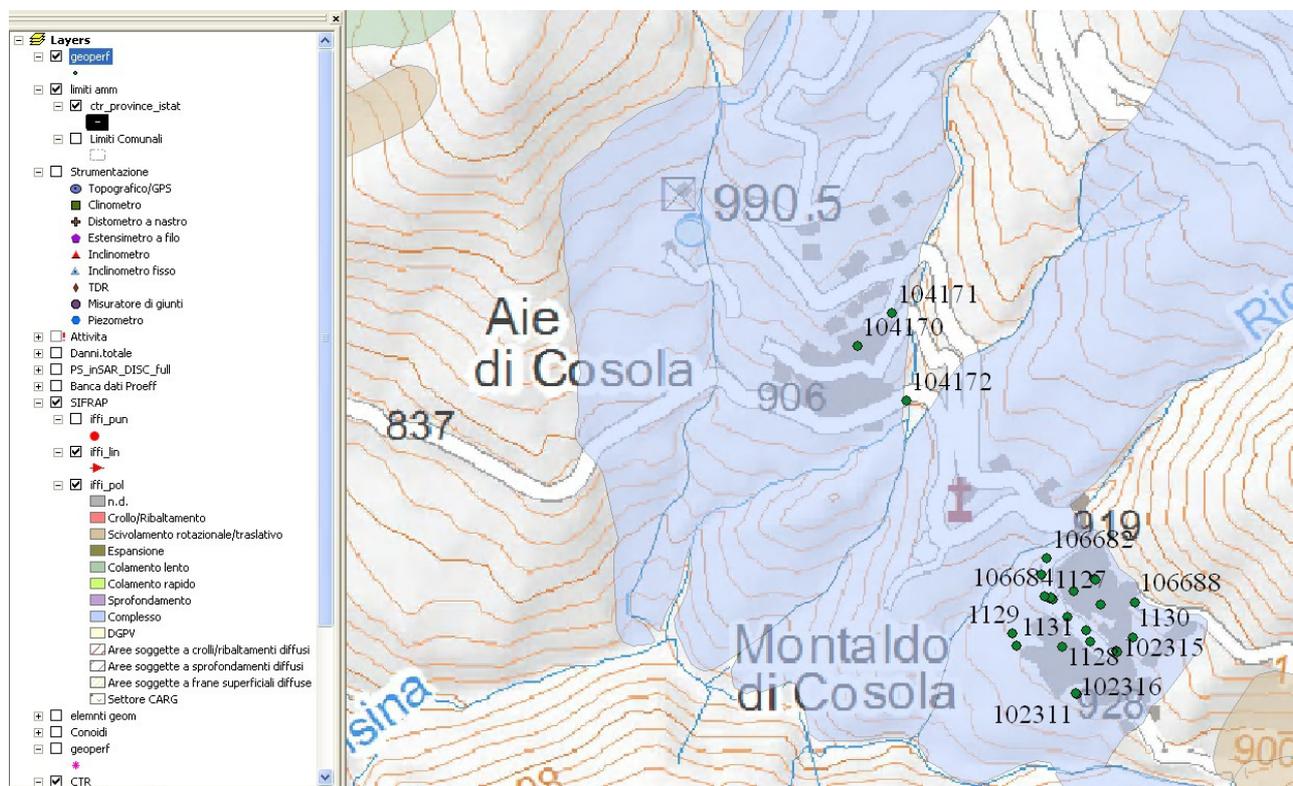


Figura 3.1 - Ubicazione dei sondaggi presenti nella Banca dati con codice associato

**Tabella 3.5 - Riepilogo dei sondaggi realizzati entro il 2002; i sondaggi evidenziati risultano ubicati nell'abitato di Aie di Cosola mentre i rimanenti in Montaldo di Cosola**

Cod_perf	Nome	Gg_fine	Committente	Ditta	Quota_pc	Profondità	Cod_tipo_p	Cod_tec_pe	Cod_utens	Cod_tipo_m	Cod_strume	Tipo_sonda	Cod_tavole	Diam_perfo	Diam_rives	Num_prove	Num_campio	Coord_geor
1127	S1/I1	12/9/1996	Comune di Cabella L.	Abrate	916	60	3	3	21	5	3		7132	131-101	152	2	1	1
1128	S2/I2	24/9/1996	Comune di Cabella L.	Abrate	896	60	3	3	21	5	3		7132	131-101	127	1	2	1
1129	S3	17/4/1997	Comune di Cabella L.	Abrate	876	50	3	3	21	5	3		7132	131-101	127	1	0	-4
1130	S4	10/10/1996	Comune di Cabella L.	Abrate	900	40	3	3	21	5	4		7132	131-101	127	1	0	-4
1131	S5	30/9/1996	Comune di Cabella L.	Abrate	874	40	3	8	3	5	4		7132	131-105	127	1	0	-4
102308	I4	23/3/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	916	50	3	3	21	5	25		7132	131-101	127	2	0	1
102309	I5	13/5/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	930	45	3	3	21	5	25		7132	131-101	127	1	0	1
102310	I6	11/4/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	912	45	3	3	21	5	25		7132	131-101	127	2	0	1
102311	I7	7/5/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	890	45	3	3	21	5	25			131-101	127	2	0	1
102312	PZ3	19/3/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	916	35	3	25	2	5	4		7132	105	127	1	0	1
102313	PZ4	8/5/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	930	35	3	25	2	5	4		7132	105	127	1	0	1
102314	PZ5	28/3/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	911	45	3	3	21	5	4		7132	131-101	127	1	0	1
102315	PZ6	5/4/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	912	40	3	25	2	5	4		7132	105	127	1	0	1
102316	PZ7	20/4/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	890	35	3	25	2	5	4			105	127	1	0	1
102317	PZ8	15/5/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	912	37	3	25	2	3	4		7132	105	127	1	0	1
104170	PZ1	25/9/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	950	40	3	3	21	5	4		7132	131-101	127	1	0	1
104171	I1	20/9/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	940	60	3	3	21	5	25		7132	131-101	127	1	0	1
104172	I2	8/10/2002	Comune di Cabella L.	Abrate	900	58	3	3	21	5	25		7132	131-101	127	1	0	1
106682	S1	1987			910	16	3	2	2	4	2		7132			1	0	1
106683	S2	1987			910	16	3	2	2	5	2		7132			1	0	1
106684	S3	1987			910	22	3	2	2	5	2		7132			1	0	1
106685	S4	1987			910	16	3	2	2	5	2		7132			1	0	1
106686	S5	1987			920	16	3	2	2	5	2		7132			1	0	1
106687	S6	1987			920	16	3	2	2	5	2		7132			1	0	1
106688	S7	1987			930	16	3	2	2	5	2		7132			1	0	1

Le colonne stratigrafiche raggiungono la profondità massima di 60 m dal p.c. (10127,1128) e mettono in risalto la presenza di un potente accumulo detritico, costituito da clasti eterometrici di calcari marnosi in matrice limoso sabbiosa con intercalati livelli di limi sabbiosi, poggianti su un substrato fratturato di calcari marnosi (con intercalate argilliti).

Sulla base dei dati acquisiti si può operare la seguente distinzione:

- Corpo detritico, costituito da alternanze di potenza metrica e plurimetrica di blocchi e frammenti eterometrici grossolani subangolari con dimensioni massime superiori a 40 cm e di terreni con clasti eterometrici di dimensione massima di 5 cm in matrice limoso argillosa, talvolta sabbiosa. Si caratterizza per l'estrema variabilità dello spettro granulometrico e del grado di addensamento.
- Substrato alterato e fratturato, costituito da alternanze di calcari marnosi fratturati di colore grigio con patine di ossidazione e di argilliti calcaree fogliettate e fratturate. Substrato compatto, costituito da sequenze di strati calcarei marnosi massicci di colore grigio scuro con rare fratture subverticali e fasce di ricristallizzazione calcitica, alternati a livelli prevalentemente argillitici di

colore nero.

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche finora condotte e dei rilievi di superficie, si riporta la caratterizzazione litotecnica indicata nello studio a corredo del P.R.G.C.:

**1) Corpo detritico:**

livelli prevalentemente coesivi in condizioni non drenate:

- $\varphi_u = 0$
- $c_u = 15 - 80$  kPa
- $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>

livelli prevalentemente granulari in condizioni non drenate:

- $c' = 0$
- $\varphi' = 27 - 35^\circ$
- $\varphi_{res} = 10 - 20^\circ$
- $\gamma = 19 - 20$  kN/m<sup>3</sup>

**2) Substrato alterato e fratturato:**

- Classe III (Bieniawski)
- $c = 100 - 200$  kPa
- $\varphi = 15 - 25^\circ$
- $\gamma = 22 - 24$  kN/m<sup>3</sup>

**3) Substrato compatto:**

Alternanza di strati di argilliti marnose fogliettate, arenarie, marne e marne calcaree:

- Classe III (Bieniawski)
- $c = 100 - 200$  kPa
- $\varphi = 15 - 20^\circ$
- $\gamma = 21 - 25$  kN/m<sup>3</sup>

Sequenze ritmiche di calcari marnosi, marne calcaree e marne:

- Classe IV (Bieniawski)
- $c = 200 - 300$  kPa
- $\varphi = 25 - 35^\circ$
- $\gamma = 24 - 27$  kN/m<sup>3</sup>

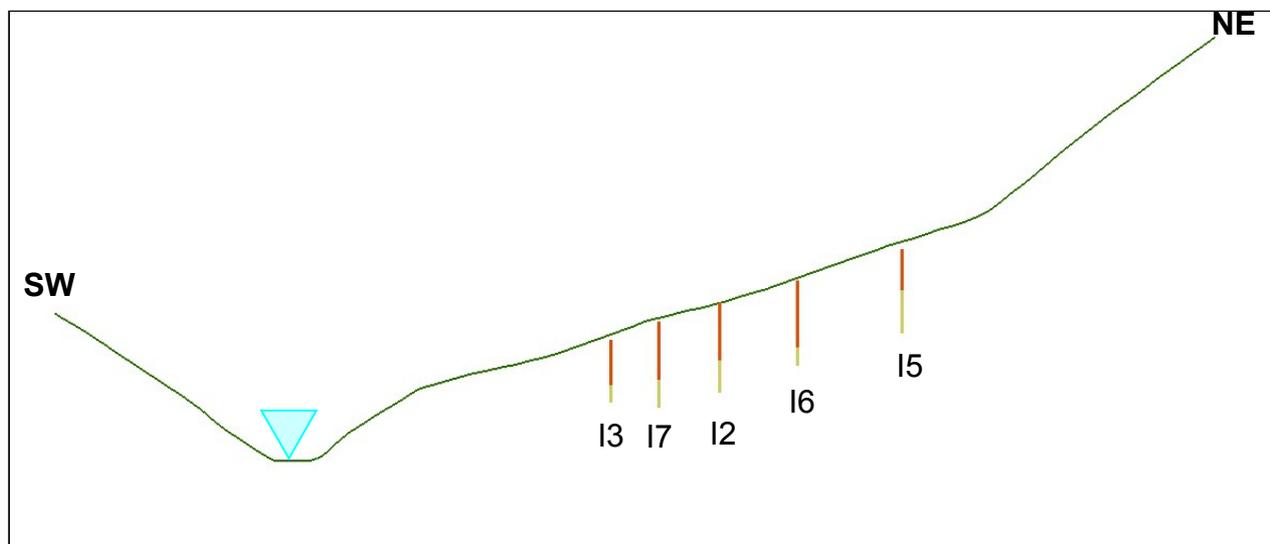
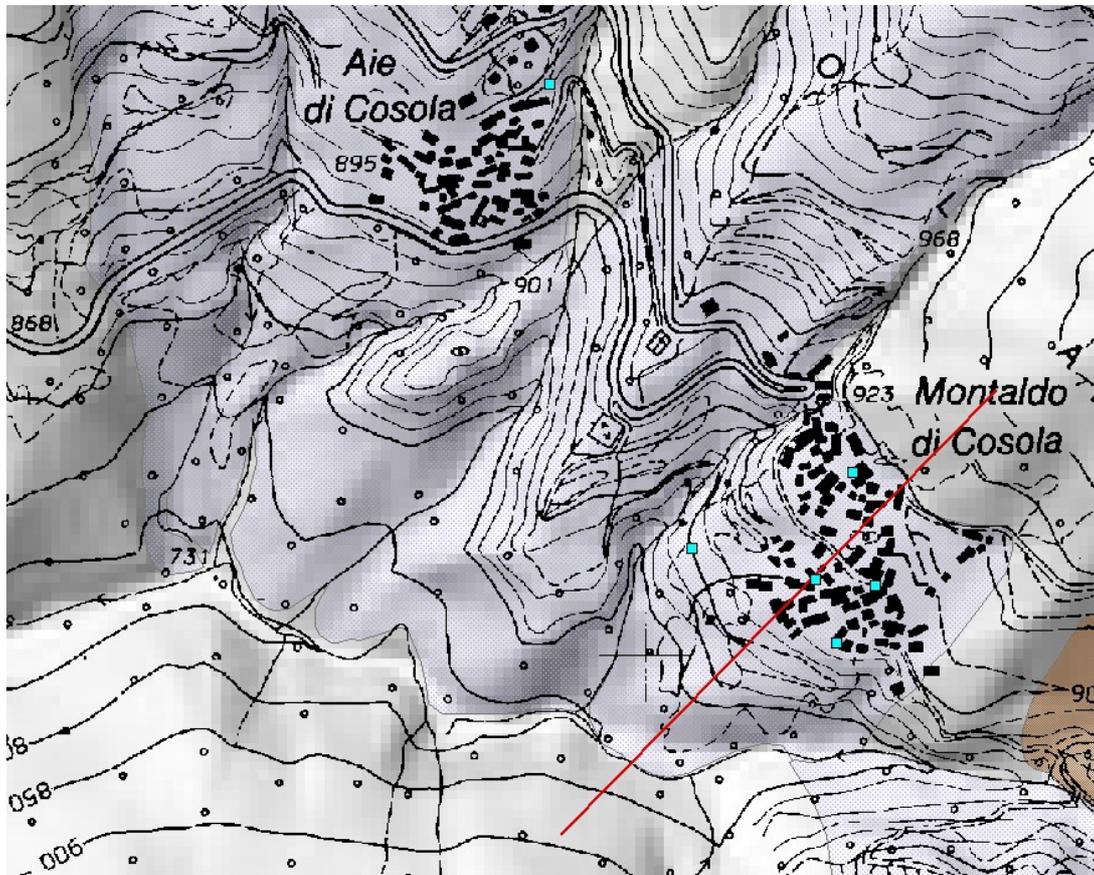


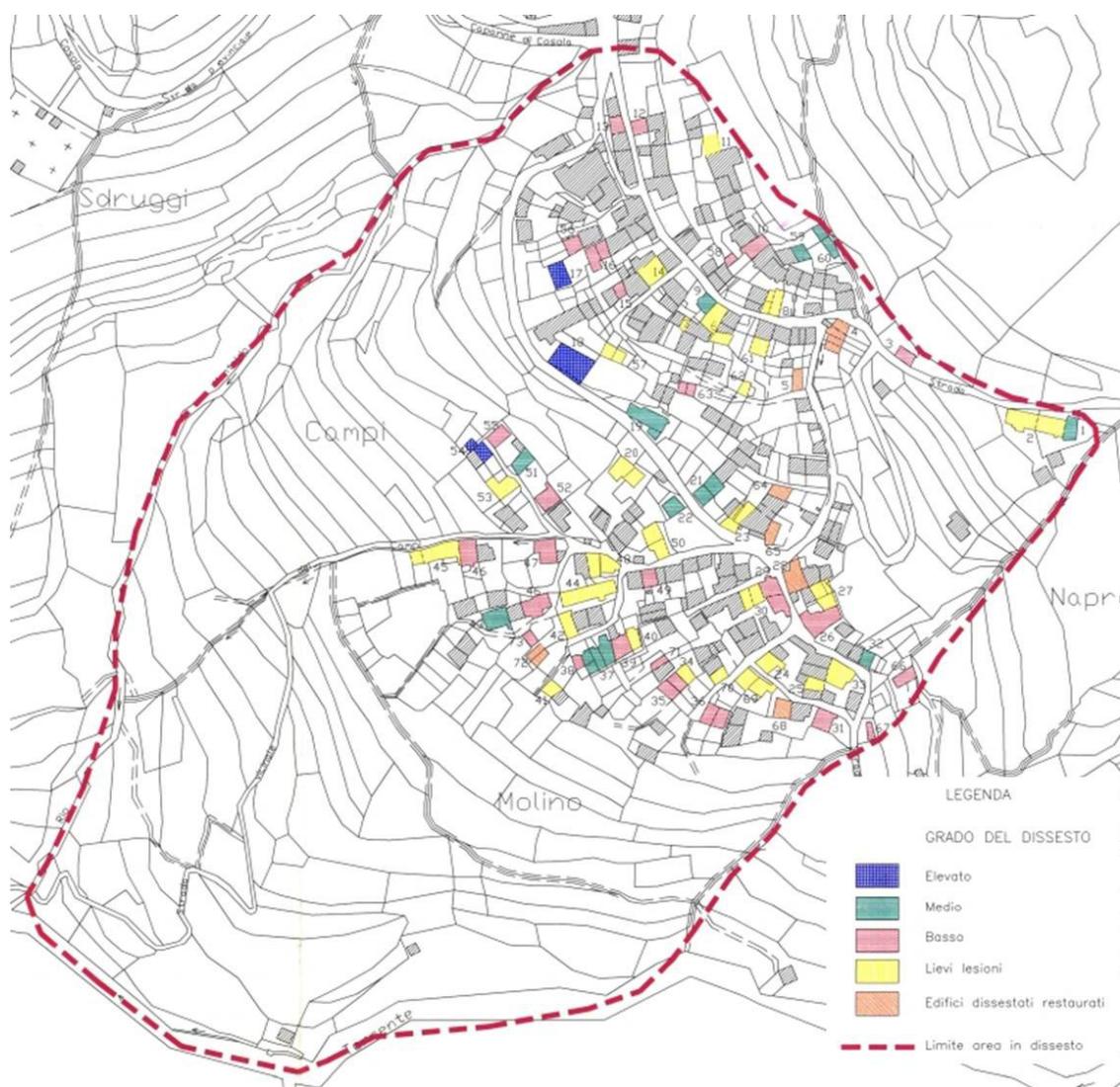
Figura 3.2 - Stralcio topografico con traccia del profilo topografico e profilo topografico con indicazione di movimento: in rosso il tratto di tubo inclino metrico che registra un movimento; in giallo la porzione che non registra alcuno spostamento.

Tutti i dati relativi ai sondaggi sopra indicati sono disponibili sul sito di Arpa Piemonte [www.arpa.piemonte.it](http://www.arpa.piemonte.it)

### 3.4 **Danni**

Dai dati storici le località di Montaldo e Aie di Cosola hanno subito danni in occasione di alcuni eventi alluvionali dall'analisi degli studi reperiti risultano:

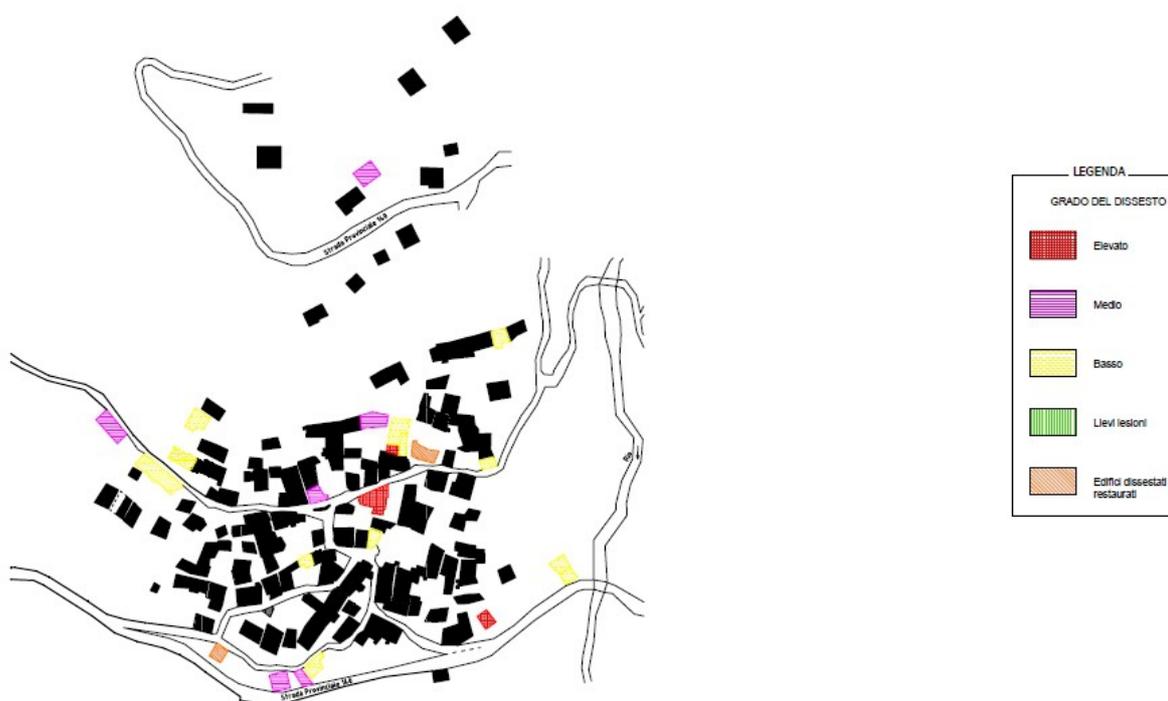
- 1834 (?): un dissesto ha provocato la distruzione di alcune case ad Aie di Cosola; forse a seguito di quell'evento è stata creata una confluenza artificiale del Rio delle Aie col suo affluente di destra, per prevenire l'erosione al piede della parrocchiale;
- 1882 (25-27 Ottobre): il Borbera straripò a Cosola, con abbattimento di due case;
- 1976 (29-31 Ottobre): l'abitato di Montaldo di Cosola fu invaso dal Rio Cosola per intasamento del tombino a monte (allagato il Ristorante "Ponte" e gli edifici vicini); crollo di n° 2 ponti sulla provinciale nei pressi di Aie; distruzione di un garage in Montaldo di Cosola per crollo dalla parete sovrastante;
- 1976 (10-11 Novembre): a Montaldo di Cosola una colata invade l'abitato; una frana superficiale interrompe la provinciale per Capanne in corrispondenza dei tornanti a monte di Aie;
- 1977 (Ottobre): in seguito all'evento alluvionale, la Regione Piemonte finanziò interventi per la sistemazione idrogeologica dei corsi d'acqua e dei versanti della Comunità Montana delle Valli Borbera e Spinti. In particolare, furono realizzate le briglie del Torrente Cosorella e del Torrente Cosola e la sistemazione del movimento franoso presso Loc. Aie di Cosola;
- 1986 (fine): dissesto franoso in loc. Cosola;
- 1993 (23-25 Settembre): gli effetti delle precipitazioni si sono tradotti in elevati deflussi con elevato trasporto solido sia lungo l'asta principale che in alcuni tributari, tra cui il torrente Cosorella, che ha asportato il guado collegante i due ponticelli in cemento lungo la strada per Daglio (fraz. di Carrega Ligure), disperdendo a valle le tombinature in lamiera e distruggendo il rilevato di accesso. Tutte le strade comunali e provinciali dell'Alta Valle sono state interrotte in più punti da accumuli detritici scesi da tutti i colatori dei versanti e da crolli di massi, a volte di notevoli dimensioni. L'intensità della precipitazione caduta ha inoltre provocato l'innescarsi di numerose frane per fluidificazione della coltre superficiale che si sono manifestate lungo le scarpate stradali e sui versanti, isolando alcune frazioni (in particolare, cedimento della massicciata stradale a Orti e a valle di Aie). La saturazione dei terreni ad opera di precipitazioni di una tale intensità ha innescato movimenti franosi per colata sia superficiali che profondi e ne ha riattivati altri tra cui un movimento nel centro abitato della frazione di Montaldo di Cosola;
- 1994 (Novembre) e 2000 (Ottobre e Novembre): gli eventi climatici, che hanno solo marginalmente interessato la Valle Borbera, hanno provocato la riattivazione di dissesti in stato di quiescenza o già in attività a partire dal 1976, in particolare a carico della viabilità in prossimità delle località Aie e Montaldo di Cosola;
- 2002 (22-26 Novembre): a seguito di piogge intense, si sono verificate frane di colamento e di scivolamento interessanti le scarpate stradali e la viabilità di Aie e Montaldo di Cosola.



**Figura 3.3 - Stralcio della Carta Grado del dissesto dei fabbricati (indagini geologiche movimento franoso Montaldo di Cosola, Studio Foglino, novembre 1997)**

Nel 1997, a cura dello Studio Geologico Foglino, è stato eseguito un censimento degli edifici lesionati e una valutazione del grado di dissesto dei fabbricati subito per la frazione di Montaldo di Cosola; sono risultati 73 edifici lesionati. Risulta evidente che le lesioni sono distribuite in maniera diffusa, sebbene si possa affermare che a monte della emergenza della linea di frattura (zona Albergo Alpino – strada di monte) il dissesto si esplicita in maniera minore rispetto al resto dell’abitato. Gli edifici con elevato grado di dissesto evidenziano lesioni a tutta altezza, con parziali distacchi di elementi strutturali; quelli a medio grado di dissesto mostrano lesioni funzionali (che si manifestano in genere nel disassamento dei serramenti), con evidenti crepe a tutta altezza o concentrate in porzioni del fabbricato. Le strutture a basso grado di dissesto presentano in genere microfessurazione diffusa.

Per quanto riguarda la frazione di Aie di Cosola, nel 2006 è stato condotto il rilievo dello stato di dissesto degli edifici dalla ditta CTEemme in occasione del lavoro "Località AIE e MONTALDO di COSOLA Integrazione del piano di Protezione Civile mediante procedure di sorveglianza e monitoraggio strumentale". Per uniformità, è stato mantenuto il medesimo criterio di assegnazione alle diverse classi di dissesto. Il quadro statico dei fabbricati di Aie è risulta decisamente migliore rispetto alla frazione di Montaldo, con 21 edifici lesionati; si possono individuare due zone principali, lungo le quali si concentrano gli edifici lesionati, ad andamento circa NE-SW. Nella parte centrale del concentrico si trova l'unico fabbricato altamente dissestato, che presenta deformazioni della muratura portante perimetrale, gravi lesioni di taglio alla base dei pilastri esterni ed altre lesioni dovute a cedimenti differenziali.



**Figura 3.4 - Stralcio della Carta Grado del dissesto dei fabbricati di Aie di Cosola (Località' AIE e MONTALDO di COSOLA Integrazione del piano di Protezione Civile mediante procedure di sorveglianza e monitoraggio strumentale (CTEmme, 3/ 2006)**

### **3.5 Voli aerei disponibili**

La tabella riporta i voli aerei disponibili per l'area in esame.

**Tabella 3.6 - Elenco dei principali voli aerei disponibili ed utilizzati per l'analisi della località Baratta.**

<b>Nome Volo</b>	<b>Scala</b>	<b>Compagnia</b>	<b>Anno</b>
Volo Regione Piemonte CTR 1991	1:37.500	Compagnia Generale Riprese (Fontana – Parma)	1991
Volo Regione Piemonte 2000	1:13.000		2000-2001
Volo GAI	1:33.000		1954
Volo Ferretti	1:13.000		1977
Volo Alluvione 1994	1:2.000		1994

### 3.6 Quadro relativo a vincoli ed aspetti normativi

Gli elaborati di natura geologica relativi al PRGC sono stati redatti dal dott. L. Foglino nel 2007 e condivisi dal gruppo interdisciplinare di lavoro della Regione Piemonte ai fini della compatibilità al PAI (DGR 6/8/2001 n 31-3749) con nota a prot. 6387/08.16 del 8/11/2007. Il documento ubica l'area in frana nella classe III-b per quanto concerne la zona edificata e nella classe III-a per la rimanente porzione non edificata. La Figura 3.5 riporta uno stralcio della "Carta geomorfologica e dei dissesti della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore", tavola 2 del PRGC luglio 2007; la Figura 3.6 a riporta uno stralcio della relativa legenda. La Figura 3.8 riporta uno stralcio della "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica", tavola 7 del PRGC luglio 2007; la Figura 3.9 a riporta uno stralcio della relativa legenda. E' attualmente in corso di adozione il progetto preliminare alla variante al PRGC.

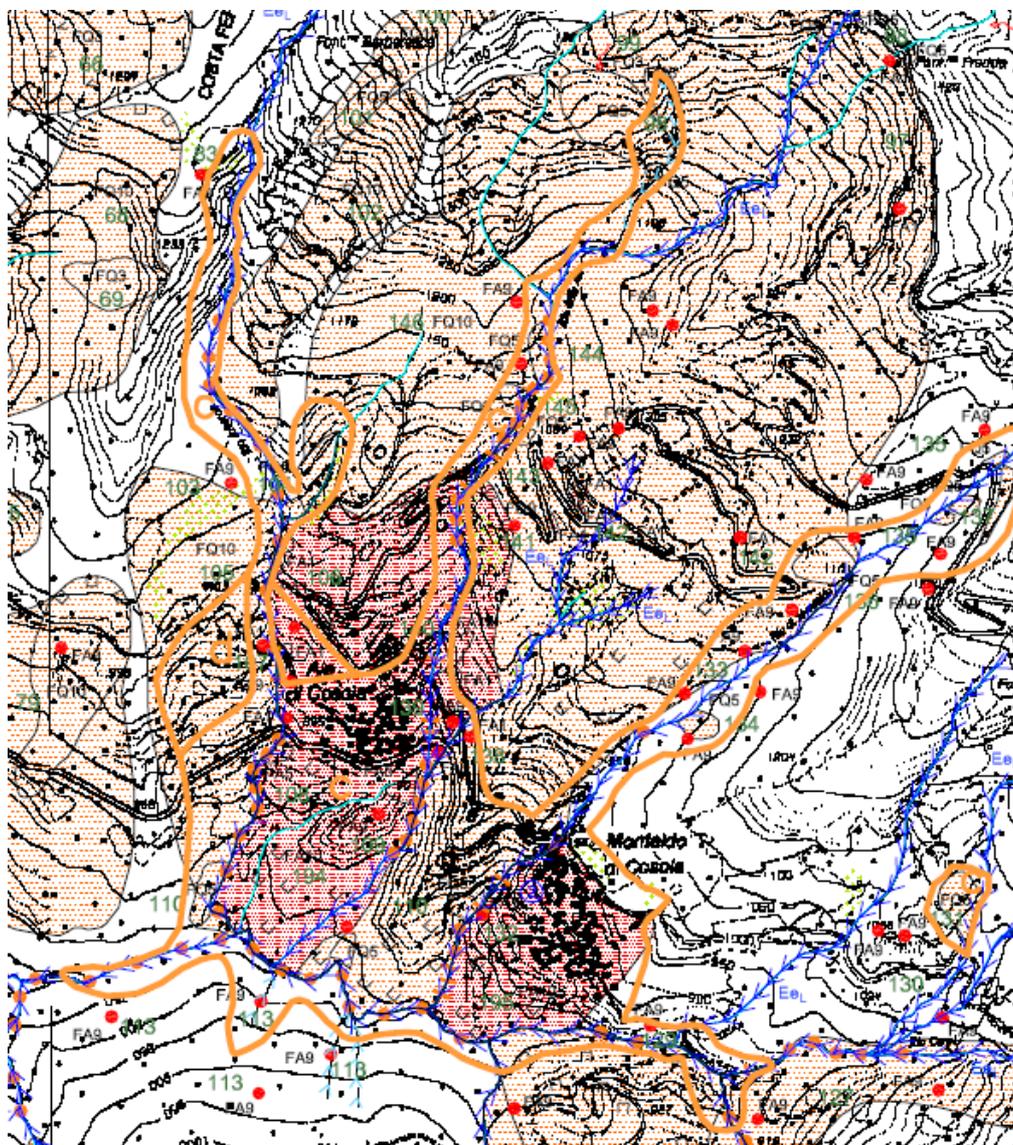


Figura 3.5: Stralcio da "Carta geomorfologica e dei dissesti della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore", tavola 2 PRGC luglio 2007.

LEGENDA				
PROCESSI GRAMTATIVI				
Movimento	Stato	Codice	Macchia	Accumulo/ Corpo di frana
Crollo	attivo quiescente stabilizzato	FA1 FG1 FS1		△ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △
Scivolamento rotazionale	attivo quiescente stabilizzato	FA3 FG3 FS3		V V V V V V V V V V V V V V V
Scivolamento traslativo	attivo quiescente stabilizzato	FA4 FG4 FS4		V V V V V V V V V V V V V V V
Colamento lento	attivo quiescente stabilizzato	FA5 FG5 FS5		U U U U U U U U U U U U U U U
Colamento veloce	attivo quiescente stabilizzato	FA6 FG6 FS6		U U U U U U U U U U U U U U U
Frane per saturazione e fluidificazione della copertura detritica	attivo quiescente stabilizzato	FA8 FG8 FS8		
Movimenti gravitativi composti	attivo quiescente stabilizzato	FA10 FG10 FS10		U U U U U U U U U U U U U U U
Colore	attivo	quiescente	stabilizzato	
Frane non cartografabili		FA1 – FS10		
FORME DI DEGRADAZIONE DEI VERSANTI				
Soliflussi – creep				
Area soggetta ad intensa degradazione				
DISSESTI LEGATI ALLA DINAMICA FLUVIALE E TORRENTIZIA				
Tipi di processi prevalenti	Intensità del processo/ pericolosità			
Lineari	Molto elevata	$E_{n_1}$		
	Elevata	$E_{n_2}$		
	Media/moderata	$E_{n_3}$		
Aree	criterio geomorfologico – dati storici			
	Molto elevata	$E_{a_1}$		
	Elevata	$E_{a_2}$		
	Media/moderata	$E_{a_3}$		
PERIMETRAZIONE AREE RME		PROPOSTA AREA RME		
RME/267/01	RME/267/99			
Zona 1 (ex 99a)	Zona 1			
Zona 1 (perimetrazione)	Zona 2			

Figura 3.6: Stralcio legenda da “Carta geomorfologica e dei dissesti della dinamica fluviale e del reticolo idrografico minore”, tavola 2 PRGC luglio 2007

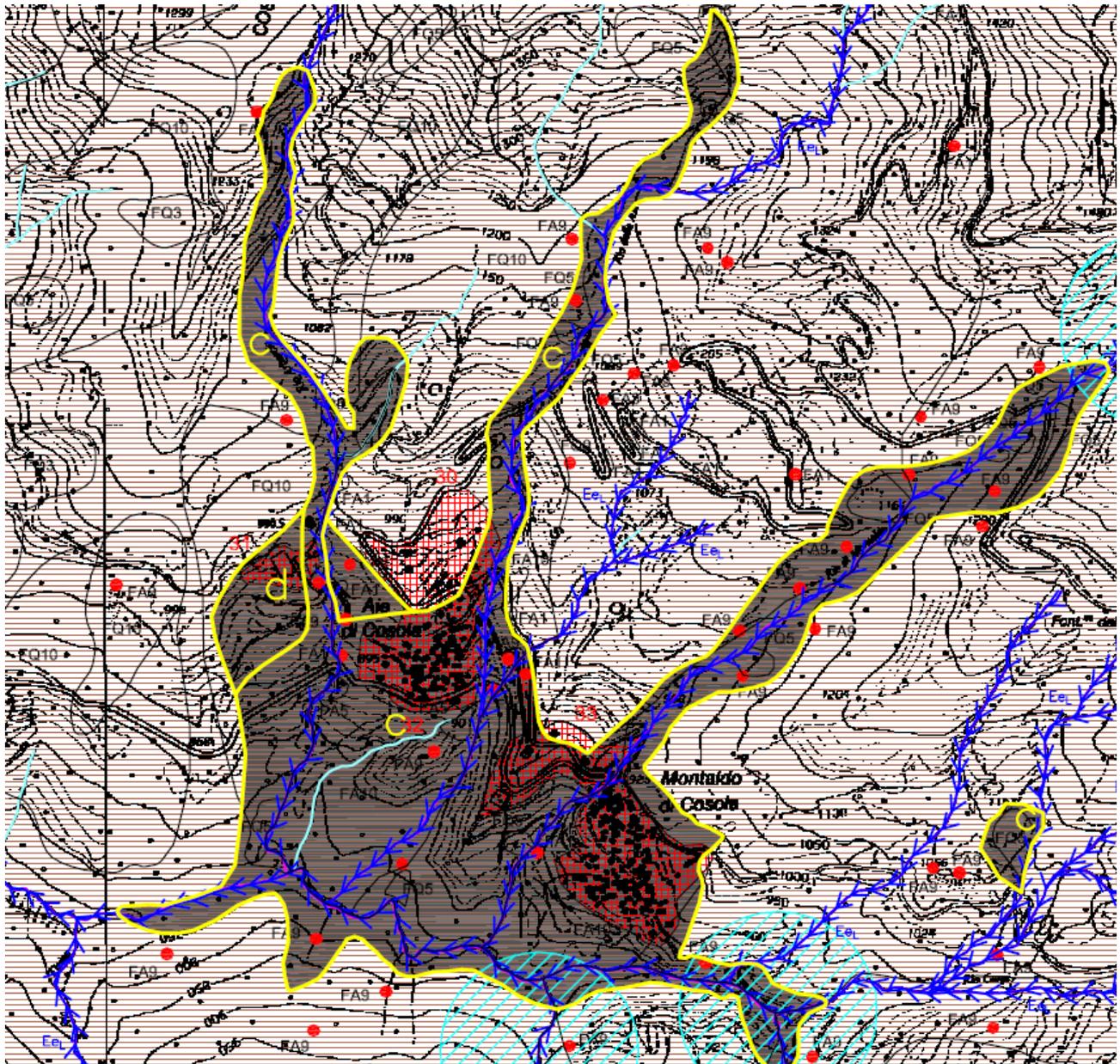
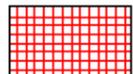


Figura 3.7: “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell’idoneità all’utilizzazione urbanistica”, tavola 7 PRGC luglio 2007

	<p><b>CLASSE IIIa</b> Porzioni di territorio non edificate o con rare edificazioni che presentano caratteri geomorfologici e idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti. Per edifici sparsi esistenti, ad esclusione di quelli ricadenti in aree di dissesto Fa, Fq, Ee o Eb (Art. 9 N.d.A. P.A.I.) e fascia di rispetto dei corsi d'acqua, a seguito di studi di compatibilità geomorfologica validati dall'Amministrazione Comunale, è consentita la manutenzione dell'esistente e, qualora fattibili sul piano tecnico, saranno ammessi eventuali ampliamenti funzionali e ristrutturazioni. Cambi di destinazione d'uso, che implicino un aumento del carico antropico, saranno consentiti solo a seguito di interventi di minimizzazione del rischio. In riferimento alle attività agricole, ad esclusione degli edifici ricadenti nei seguenti ambiti: aree esondabili, aree in fascia di rispetto dei corsi d'acqua, aree in dissesto evidente o incipienti ed aree interessate da processi distruttivi torrentizi, sono ammesse, se non altrimenti localizzabili, nuove costruzioni connesse in senso stretto con l'attività agricola e residenze rurali la cui fattibilità dovrà essere verificata da opportune indagini di dettaglio ai sensi del D.M. 11.03.88. La realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali e di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, se non altrimenti localizzabili, saranno consentiti previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente.</p>
	<p><b>CLASSE IIIb</b> Porzioni di territorio, edificate nelle quali gli elementi, di pericolosità geologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio urbanistico esistente. In assenza di tali interventi di riassetto, saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il carico antropico, quali, a titolo d'esempio, interventi di manutenzione straordinaria, risanamento conservativo, ecc.; per le opere di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, sarà valido quanto previsto dall'Art. 31c della L.R. 56/77. Nuove opere o nuove costruzioni sono ammesse solo a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto e dell'avvenuta eliminazione o minimizzazione della pericolosità.</p>

**Figura 3.8: Stralcio legenda da “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica”, tavola 7 PRGC luglio 2007**

Il Comune è dotato di un piano di protezione civile intercomunale; non risultano però essere incluse specifiche procedure relative alle frane di Montaldo ed Aie.

Il più volte citato studio della ditta CTEme (2006) prevede apposito capitolo (fase 4) relativo all'individuazione di procedure di gestione della crisi, per l'integrazione del piano di protezione civile intercomunale. Il documento che, per quanto noto, non è mai stato adottato dal Comune, prevede azioni collegate alle risultanze del sistema di monitoraggio-allertamento ed individua delle soglie per attivare le procedure previste. Vengono individuati quattro livelli di criticità, riassunti nella tabella 6.2.

**Tabella 3.7 - soglie di criticità dalla relazione CTMemme (2006)**

Livello	Settori quiescenti			Settori attivi
	V inclinometri (cm/a)	V superficiali (cm/a)	Media mobile pioggia a 45 gg (mm)	
<b>Ordinaria criticità, livello di attenzione</b>	<= 2	<= 5		Assenza di apprezzabili variazioni
<b>Moderata criticità, livello di preallarme:</b>	> 5	> 10	>10	Accelerazione fino a 2 volte la velocità media dell'ultimo anno di osservazione
<b>Elevata criticità, livello di allarme:</b>				Accelerazione oltre a 2 volte la velocità media dell'ultimo anno di osservazione  Importanti evidenze di dissesto
<b>Elevata criticità, livello di emergenza</b>	A seguito del verificarsi di danni significativi			

### **3.7 Dati interferometrici**

Arpa Piemonte, negli ultimi anni si avvale di una nuova tecnologia che consente, mediante tecnica radar interferometrica – PSInSAR™) di telerilevamento, di individuare e di valutare lo spostamento con precisione dell'ordine millimetrico di punti fisici dotati di particolari caratteristiche di fisiche di riflettività del segnale radar, denominati permanent scatterers (PS). Tale tecnica è applicabile su ampie porzioni di territorio e l'analisi dei dati può avvenire per l'intera serie storica su cui sono disponibili le immagini satellitari.

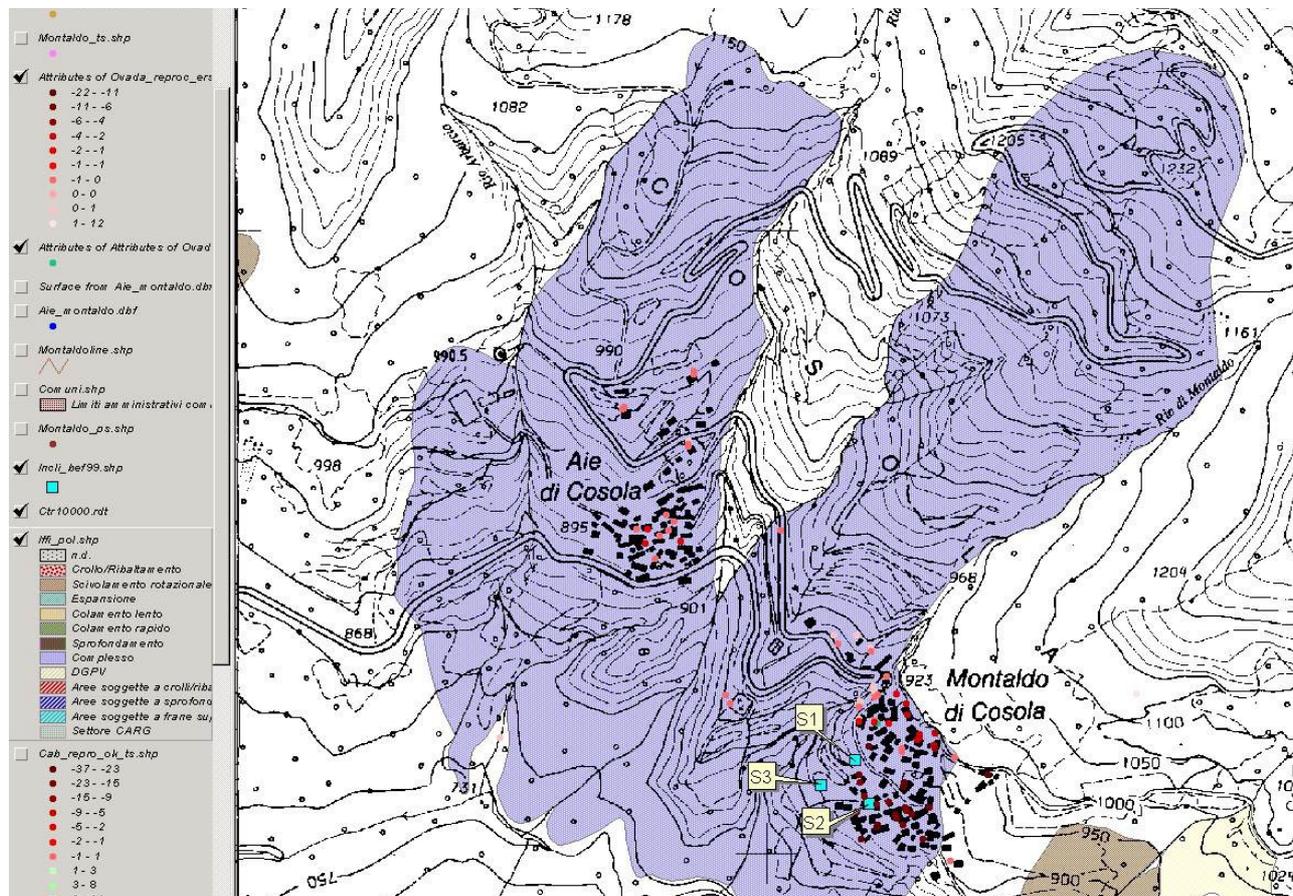
I PS vengono individuati sulle immagini con metodi statistici e corrispondono generalmente a bersagli quali edifici, oggetti metallici, antenne, pali, rocce esposte, per i quali le caratteristiche di riflessione dell'onda radar si mantengono stabili nella maggior parte delle immagini radar utilizzate. Questo consente di confrontare quantitativamente le riflessioni dello stesso oggetto in diverse immagini e, operando sulle differenze di fase dell'onda riflessa, di misurare gli spostamenti millimetrici del bersaglio rispetto al sensore del satellite lungo una direzione denominata linea di vista. Essendo la tecnica (PSInSAR™) particolarmente idonea all'identificazione ed alla definizione delle deformazioni ad evoluzione lenta, essa offre un importante mezzo di analisi nello studio dei fenomeni franosi.

Nel 2006 è stata effettuata da TRE Europa una prima indagine su tutto il territorio regionale utilizzando i dati derivati dai satelliti ERS1 ed ERS2 dell'Agenzia Spaziale Europea, che copre il periodo temporale compreso tra il 1992 ed il 2001. Nel 2010, una seconda indagine è stata effettuata unicamente sulla porzione di arco alpino corrispondenze alle province di Torino e Cuneo a partire dalle immagini della piattaforma canadese RADARSAT, per il periodo compreso tra il 2003 ed il 2009. L'elaborazione di tali immagini è stato effettuato utilizzando il nuovo algoritmo, denominato SqueeSAR™, sviluppato dall'Università di Milano, che permette di identificare sia riflettori puntuali (PS) e scatterers diffusi (DS) aumentando notevolmente il numero di punti identificati, soprattutto in aree alpine.

L'indagine interferometrica PSInSAR a partire da dati ERS 1-2 relativi all'intervallo temporale 1992-2001 ha individuato una serie di PS collocati essenzialmente in corrispondenza di edifici. Per quanto riguarda la frana di località Montaldo/Aie di Cosola sono presenti PS nel corpo di frana, soprattutto in corrispondenza dei nuclei edificati, posti nelle porzioni medio basse del movimento gravitativo. I movimenti dei PS in questa località indicano un generale allontanamento (tradotto in maniera semplificata in un abbassamento) del "bersaglio" riflettore (PS) dal satellite dell'ordine di alcuni millimetri all'anno. Sui dati ricadenti nell'area di dissesto è stata applicata un'analisi spinta dei dati interferometrici che hanno permesso di definire:

- la velocità proiettata sull'acclività dei PS;
- la mappa delle isovelocità dei ps sul versante di Montaldo di Cosola;
- confronto tra le velocità medie dedotte dall'elaborazione del dato PS con le velocità medie determinate dagli spostamenti registrati dagli inclinometri aventi lo stesso periodo temporale.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
**Comune di Cabella Ligure, località Montaldo ed Aie di Cosola**



**Figura 3.9: Analisi PSInSAR –proiezione dei ps lungo la direzione di massima pendenza, area in abbassamento nell’abitato, maggiore nella porzione più bassa**

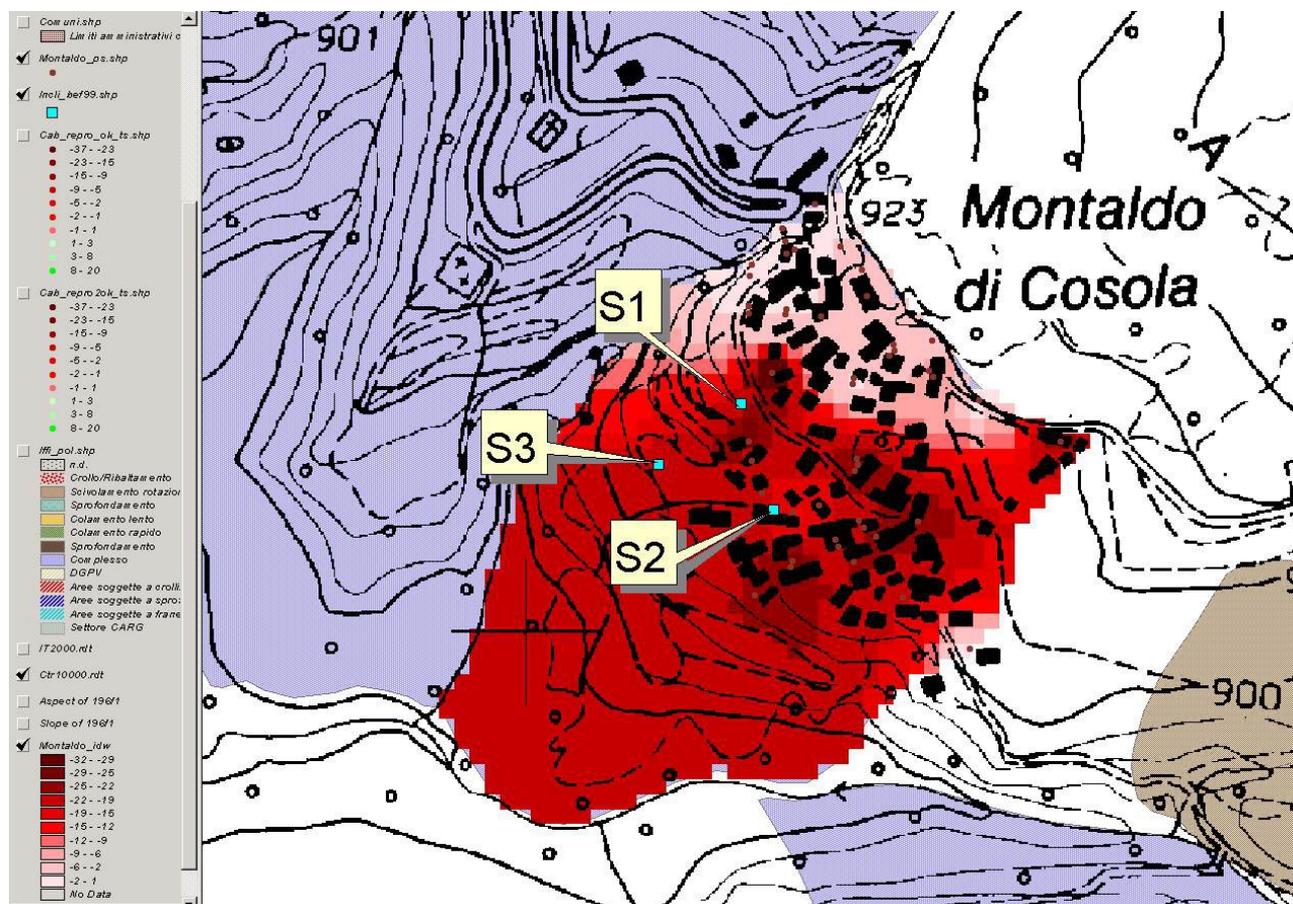


Figura 3.10: Interpolazione del dato PSInSAR proiettato – carta delle isovelocità

Tabella 3.8 - Confronto delle velocità proiettate dei PS con le velocità calcolate dagli spostamenti misurati dagli inclinometri (mm/y)

Area di influenza	Vel PS (mm/a)	Vel Proiettata su slope	Vel Interpolata (mm/a)	V inclin. Calcolata (mm/a)
S1	-8,60	-20,77	-20	21.60
	-8,40	-19,09		
S2	-11,10	-20,27	-17	18.20
	-11,80	-21.24		
	-11,30	-21.06		

Dall'analisi svolta sul corpo di frana su cui si erge l'abitato di Montaldo di Cosola, risulta un comportamento differenziale dell'ammasso, con una zona a basso spostamento posta nella zona a alta (N-W) dell'abitato di Montaldo e una zona ad elevato spostamento ubicato nella rimanente parte del centro urbano. Tutti i dati estrapolati dall'analisi risultano congruenti con le risultanze ottenute dalle letture inclinometriche.

## 4 Analisi del dissesto

### 4.1 Inquadramento geologico-strutturale

La geologia della zona è caratterizzata da terreni del Cretaceo-Paleocene della Formazione dei Calcari dell'Antola che presenta, nelle serie tipica dell'Antola, una potenza di circa 2000 m.

Dal punto di vista litologico si tratta di un flysch marnoso argilloso appartenente alle coltri alloctone delle Liguridi. La sequenza di Cosola è caratterizzata da una successione che presenta il graduale passaggio verso l'alto da calcarenite a marne calcaree e argilliti, con le marne comprese nell'orizzonte argillitico.

Dall'analisi della frequenza percentuale dei litotipi rilevata (De Abbate —Sagri,1967) relativamente ad una sequenza di 57,1 m di Montalto di Cosola risulta:

- calcareniti 21%
- marne calcaree 49%
- marne 13%
- argilliti 17%

I quattro termini fanno parte di un'unica sequenza deposizionale di tipo torbiditica con passaggio dai termini più grossolani e di alta energia di trasporto ai termini più fini relativi a condizioni di basso energia. Le calcareniti sono di colore grigio chiaro, generalmente gradate, o laminazione parallela e convoluta presentano uno spessore medio di 25 cm. Le marne argillose sono di colore grigio chiaro talvolta nocciola caratterizzate da un tenore in carbonati superiore al 50%. le marne argillose passano verso l'alto a orizzonti marnosi con spessore medio poco superiore al metro. Talvolta sono presenti marne calcaree intervallate da orizzonti argillitici. Le marne calcaree in strati con potenza media di 30 cm di colore grigio scuro al taglio fresco, presentano un contenuto medio in carbonati pari al 70%. Gli orizzonti argillitici si presentano ricchi di materiale carbonioso, con laminazione parallela e convoluta. Lo spessore degli orizzonti è in media inferiore ai 10 cm. La potenza e frequenza percentuale degli orizzonti argillitici All'interno delle sequenze flyschoidi aumenta verso il top della formazione, in corrispondenza della fascia superiore del versante del M. Ebro dove si ha il passaggio al Membro di Bruggi (De Abbate —Sagri,1967) che costituisce una variazione laterale di facies dei Calcari dell'Antola. Le analisi sulle frequenze percentuali dei litotipi indicano:

- calcareniti 7%
- marne calcaree 50 %
- marne 10 %
- argilliti 30 %

Per quanto riguarda il contenuto paleontologico studi effettuati hanno rilevato la presenza di microfauna a globigerine, gumbeline, globotruncane e spicole di spugna che non consentono una determinazione cronologica dettagliata.

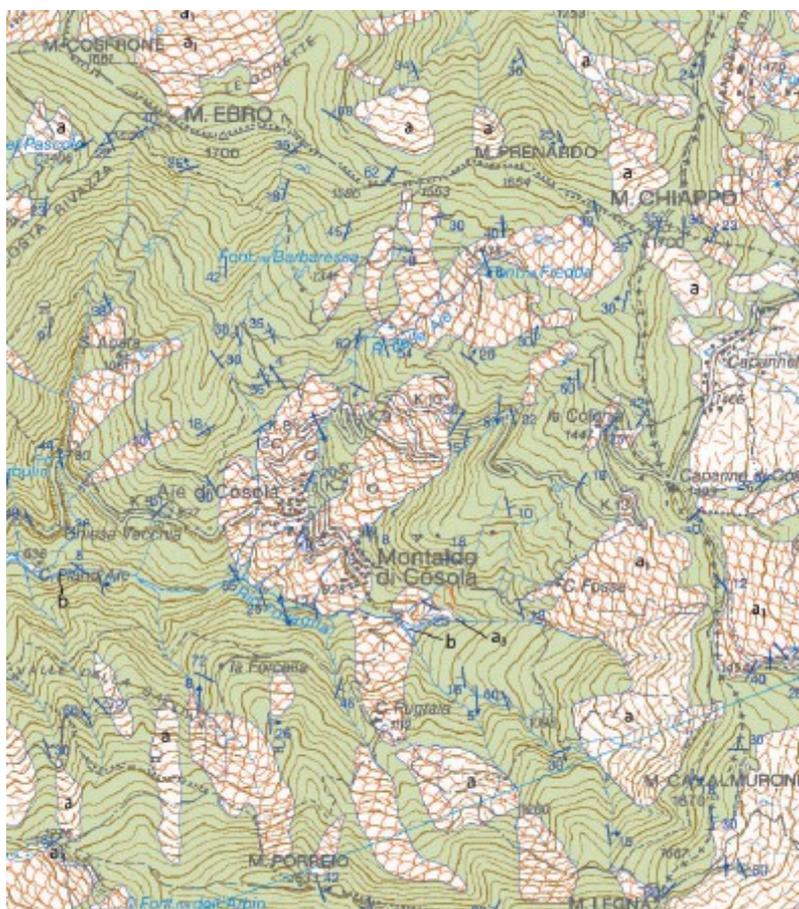


Figura 4.1: Stralcio cartografia CARG scala 1:50.000

La Formazione di Monte Antola è formata da una potente e monotona successione (almeno 1000 m) di torbiditi carbonatiche calcareo-marnose di mare profondo probabilmente al di sotto del livello di compensazione dei carbonati. Si tratta, in prevalenza di strati torbiditici di spessore da medio a molto spesso e in modo subordinato da strati sottili e megastrati piano paralleli e molto continui lateralmente. I grandi volumi di sedimento e soprattutto gli enormi spessori di alcuni strati, inducono a pensare ad un bacino non molto grande in cui i flussi torbiditici, alimentati da grandi volumi di fango carbonatico a coccoliti, raccolto dai flussi nelle coeve rampe carbonatiche, viaggiavano confinati e si sedimentavano in massa. (Note Illustrative foglio CARG Cabella Ligure, in corso di stampa).

## 4.2 Analisi geologico-geomorfologica

La posizione prossimale del bacino di Cosola e la natura rocciosa dei litotipi del substrato geologico determinano una elevata acclività dei versanti, configurando un paesaggio tipicamente montano-appenninico. L'acclività favorisce una elevata energia di versante: per questo motivo il settore di Cosola è particolarmente affetto da dissesti gravitativi e da marcati fenomeni di dinamica torrentizia.

Gli abitati di Aie e Montaldo di Cosola sono difatti interessati da un esteso corpo di frana di origine remota, in gran parte eroso, che ha interessato il versante meridionale di M. Prenardo. La messa in posto di questo accumulo detritico è legata ad antichi fenomeni gravitativi, alla cui evoluzione morfologica hanno concorso anche agenti morfogenetici legati ad ambiente glaciale.

L'ossatura geologica, caratterizzata da una sequenza flyschioide intensamente fratturata ha contribuito, inoltre in modo determinante, nel contesto meteo climatico che caratterizza questo settore dell'Appennino, ad accrescere le coperture di versante attraverso processi di alterazione, disgregazione e trasporto, responsabili del modellamento attuale dei pendii. Oltre al principale corpo franoso di Cosola, sono numerose le frane composite quiescenti in tutto il territorio, oltre alla presenza di diffuse instabilità superficiali, che si esplicano mediante crolli e colate per fluidificazione della copertura, e di attività legata alla dinamica torrentizia.

La presenza di corpi di frana influenza le forme del paesaggio, con i caratteristici cambi di pendenza a monte degli accumuli e con l'interruzione dei versanti mediante forme rilevate tipicamente separate da incisioni torrentizie. La morfologia si presenta da mediamente a molto acclive (dorsale compresa tra il Rio Carpi ed il Rio di Montaldo) con tratti in contropendenza e brusche rotture di pendio in corrispondenza degli abitati di Aie, di Montaldo, e nel settore N della dorsale limitata dal Rio Tovaglia ed il Rio Gorreio. Seppure la geologia dell'area sia contraddistinta da prevalenti litotipi carbonatici, non è documentata la presenza di significative morfologie carsiche ipogee né di superficie.

Le forme di modellamento recente ed attuale sono da ascrivere soprattutto all'azione dilavante ed erosiva delle acque e ai processi gravitativi di versante, che evidenziano lo stato di degradazione e l'instabilità delle formazioni rocciose. Il reticolo idrografico locale presenta un pattern di tipo sub-parallelo dendritico scarsamente gerarchizzato che risente dell'andamento geologico strutturale della zona. Il reticolo idrografico locale presenta un *pattern* di tipo sub-parallelo dendritico scarsamente gerarchizzato. Le aste di 2° e 3° ordine (Stahler) presentano un allineamento preferenziale intorno a N-S (Rio Gorreio, Rio delle Aie, Rio Arbarcio) ad eccezione del Rio Carpi e Rio Tovaglia collocati lungo la testata della valle e aventi orientazione circa E-W. L'asta di 4° ordine, la maggiore nel settore di Bacino limitato all'altezza dell'abitato di Montaldo, avente origine alla confluenza del rio Carpi e del Rio Tovaglia, presenta orientamento E-W.

La morfometria del reticolo idrografico risente in modo particolare del condizionamento strutturale e dell'ossatura geologica calcareo-marnosa. Questo risulta particolarmente evidente lungo l'asta di 4° ordine del Rio Carpi-Cosorella avente direzione 100 N che si imposta lungo la cerniera di una piega sinforme avente piano assiale immergente a S.

Nel settore del bacino del Torrente Cosorella, le tipologie di dissesto più frequenti sono le frane di tipo composito, di colamento e di crollo. Le frane di tipo composito sono determinate da meccanismi di

scivolamento che evolvono a colata: si tratta in genere di fenomeni estesi e, in particolare in corrispondenza delle frazioni di Cosola, di riattivazioni di processi di versante di età più antica. L'intero versante di Cosola risulta interessato da un esteso corpo di frana, che conferisce al territorio una morfologia ad acclività variabile, con tratti in controtendenza e brusche rotture di pendio; la frana di Cosola è in buona parte allo stato quiescente, ma ha subito alcune importanti riattivazioni in tempi relativamente recenti.

Il complesso franoso è individuabile lungo le pendici del Monte Prenardo, a partire dalla quota di circa 1450 m in località Fontana Fredda e termina sul fondovalle del T. Cosorella alla quota di circa 730 m. Lateralmente è circoscritta dal corso dei Rii di Montaldo a SE e Arbarcio a W, ma a monte degli abitati di Aie e Montaldo (all'incirca in corrispondenza dell'isoipsa 1000 m) l'unghia dell'accumulo si espande lateralmente. Le riattivazioni interessano principalmente il lobo di SE al piede del corpo franoso, sul versante sinistro del Rio di Montaldo, su cui sorge l'abitato omonimo. Una seconda e non meno importante riattivazione, sebbene con minor parossismo, coinvolge il sedime di fondazione del concentrico di Aie, compreso tra il corso del Rio delle Aie e il Rio Arbarcio.

La dinamica della messa in posto del potente corpo detritico, che interessa la zona di Aie di Cosola, è legata all'interazione di movimenti gravitativi sovrapposti, parzialmente erosi e successivamente riattivati con meccanismi anche differenti, prevalentemente di colata e più limitatamente di scivolamento e di crollo. Il meccanismo originario principale responsabile, comune anche al settore di Montaldo, è ascrivibile a *debris flow* in fasi successive conseguenti al trasporto di ingenti quantità di detriti derivanti molto probabilmente dall'evoluzione di una antica frana di tipo traslazionale planare originatasi dalla rottura in cerniera del fianco di una piega antiforme coricata. Il materiale franoso depositatosi sul versante fino al fondo valle è stato rimodellato dall'azione erosiva dei torrenti e rii che scendono dal versante portando all'attivazione di dissesti localizzati. Tutto il corpo stabilizzatosi tende a ad avere un comportamento plastico tipo colamento lento collegato ad eventi meteorologici di importante entità che vanno ad influire sulla falda presente nell'ammasso detritico impostata al contatto corpo detritico substrato roccioso in posto. Le frane sono in genere quiescenti; tuttavia, proprio gli abitati di Montaldo e di Aie insistono sulle sole porzioni attive di grandi frane, il cui lento movimento è ascrivibile a processi di colamento associati a traslazioni lungo l'interfaccia copertura-substrato.

Nei casi di meccanismo di scivolamento roto-traslazionale evolvente a colata, come nel caso in oggetto, è ben visibile il gradino morfologico generato in corrispondenza della nicchia, mentre la componente traslazionale, solitamente controllata dall'andamento del substrato, è evidenziata dalla planarità del fenomeno che attenua la zona di rigonfiamento tipica del rotazionale. L'evoluzione a colata è ben evidente alla base del versante ed è conseguente al drenaggio della parte superiore e alla concentrazione delle acque meteoriche di versante. Il meccanismo di rottura ed attivazione per frane di tali fenomenologie è piuttosto complesso e strettamente dipendente dalla tipologia prevalente che genera il re innesco che può essere alternativamente lo scivolamento rotazionale o planare o addirittura l'azione combinata del primo sul secondo.

Il fattore principale predisponente il dissesto risulta certamente la presenza di un substrato compatto fortemente inclinato ammantato da ricche coperture incoerenti. L'instabilità viene innescata dalle acque meteoriche di infiltrazione che, permeando attraverso il corpo di frana, raggiungono il substrato ottenendo il doppio effetto di ridurre la coesione del corpo instabile, e lubrificare la superficie di scivolamento. Le

condizioni di riequilibrio si realizzano per effetto della roto-traslazione della massa in frana fino alla compensazione dei momenti agenti e di quelli resistenti in rapporto alle differenti condizioni di saturazione in acqua del terreno.

Oltre alle grandi frane areali, l'intero territorio è affetto da dissesti puntuali o comunque circoscritti in piccole aree, riconducibili essenzialmente alle tipologie di colata e di crollo.

Le frane di colata, tipiche dell'ambiente della Val Borbera, si sviluppano a carico delle coperture eluvio-colluviali o dei corpi detritici di accumulo di precedenti paleofrane. Le frane di colamento per la loro tipologia e dinamica, tendono a mascherare le aree dissestate attenuando il salto tra l'area di distacco e la zona di accumulo. Inoltre la dinamica degli eventi si sviluppa in tempi lunghi con movimenti lenti, spesso intervallati da lunghe fasi di quiete. Ciò è condizionato dall'acclività, dalla natura dei terreni e dal contesto idrogeologico della zona.

Le frane di crollo interessano le pareti rocciose dei flysch a forte acclività, soprattutto nei tagli a monte della strada provinciale e lungo le incisioni torrentizie. Nell'area di maggiore interesse, tra gli abitati di Aie e Montaldo, il Rio di Montaldo, il Rio delle Aie e il Rio Arbarcio incidono profondamente i versanti, generando delle vallette a "V" e predisponendo i fianchi delle incisioni a dissesti localizzati, che si risolvono principalmente in colate per fluidificazione della copertura, resa ancor più instabile dallo scalzamento al piede, e a crolli per distacco dalle sponde in roccia. L'innescarsi di fenomeni gravitativi lungo le incisioni può determinare, in caso di eventi meteorici importanti, condizioni di elevato trasporto solido e andamento pulsante delle piene, per occlusione del deflusso e improvvisa rotta dello sbarramento. Fenomeni di questo tipo (*debris flow*) hanno un elevato potenziale distruttivo e possono manifestarsi soprattutto lungo le aste a maggiore energia, scarsamente gerarchizzate e con andamento rettilineo: il Rio di Montaldo e il Rio Arbarcio possiedono tali caratteristiche.



**Figura 4.2 - panoramica di Montaldo di Cosola**

## 5 Sistemi di controllo

Il sistema di monitoraggio in foro è stato gestito da Arpa Piemonte dal 1996 al 2005; il sistema risultava composto da: 9 inclinometri, 1 inclinometro fisso, 8 piezometri, 3 clinometri e 7 fessurimetri per l'abitato di Montaldo; 2 inclinometri, 1 piezometro e 4 misuratori di giunti per Aie di Cosola. La porzione in frana insistente su Montaldo di Cosola risulta altresì strumentata con un sistema topografico a 6 capisaldi, in gestione ad Arpa Piemonte dal 2006.

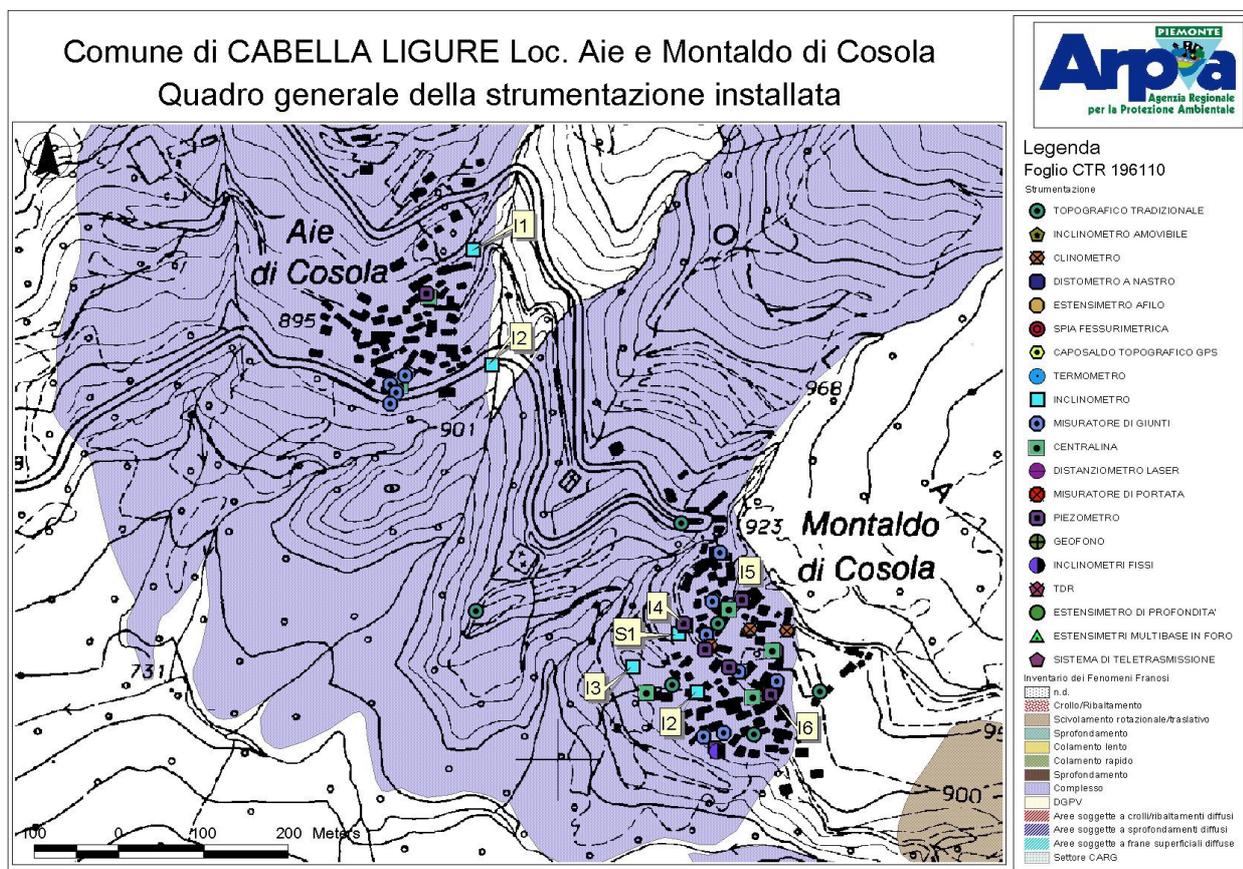


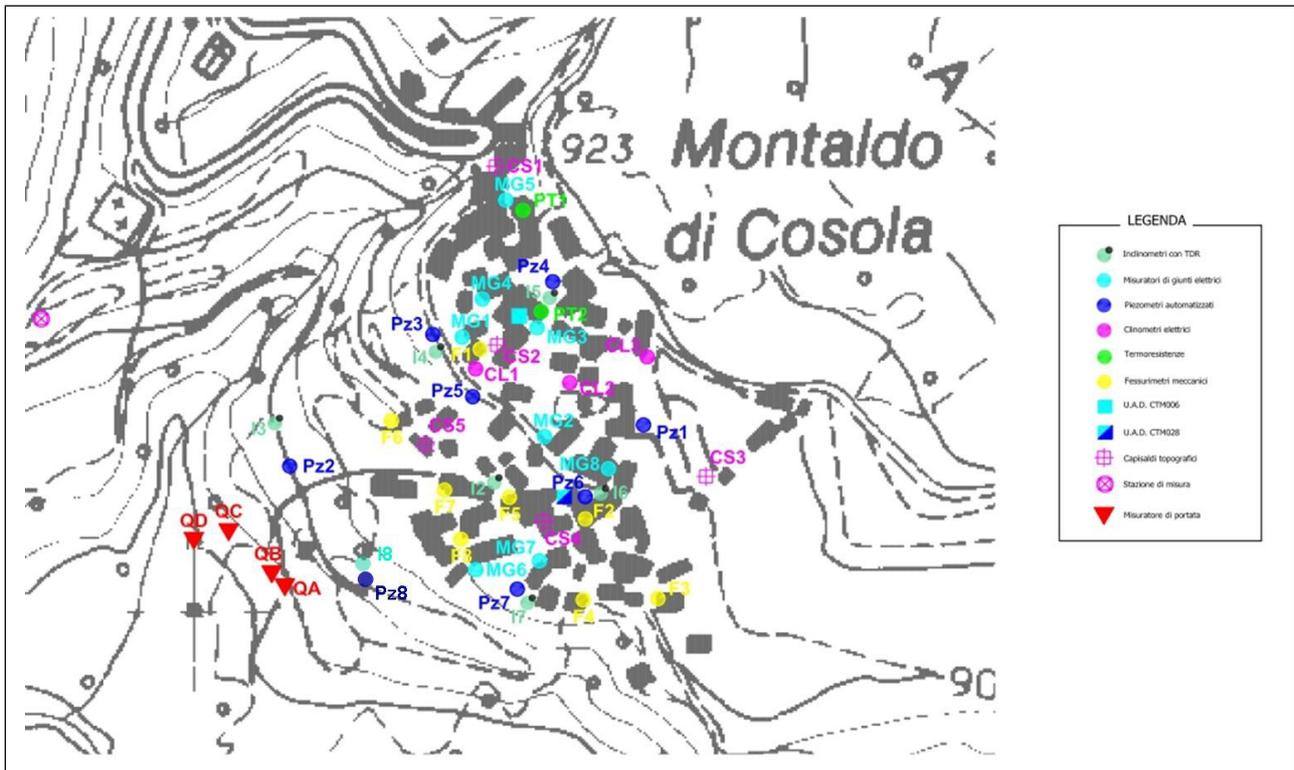
Figura 5.1 - quadro al 2002 ed ubicazione della strumentazione in gestione ad Arpa Piemonte.

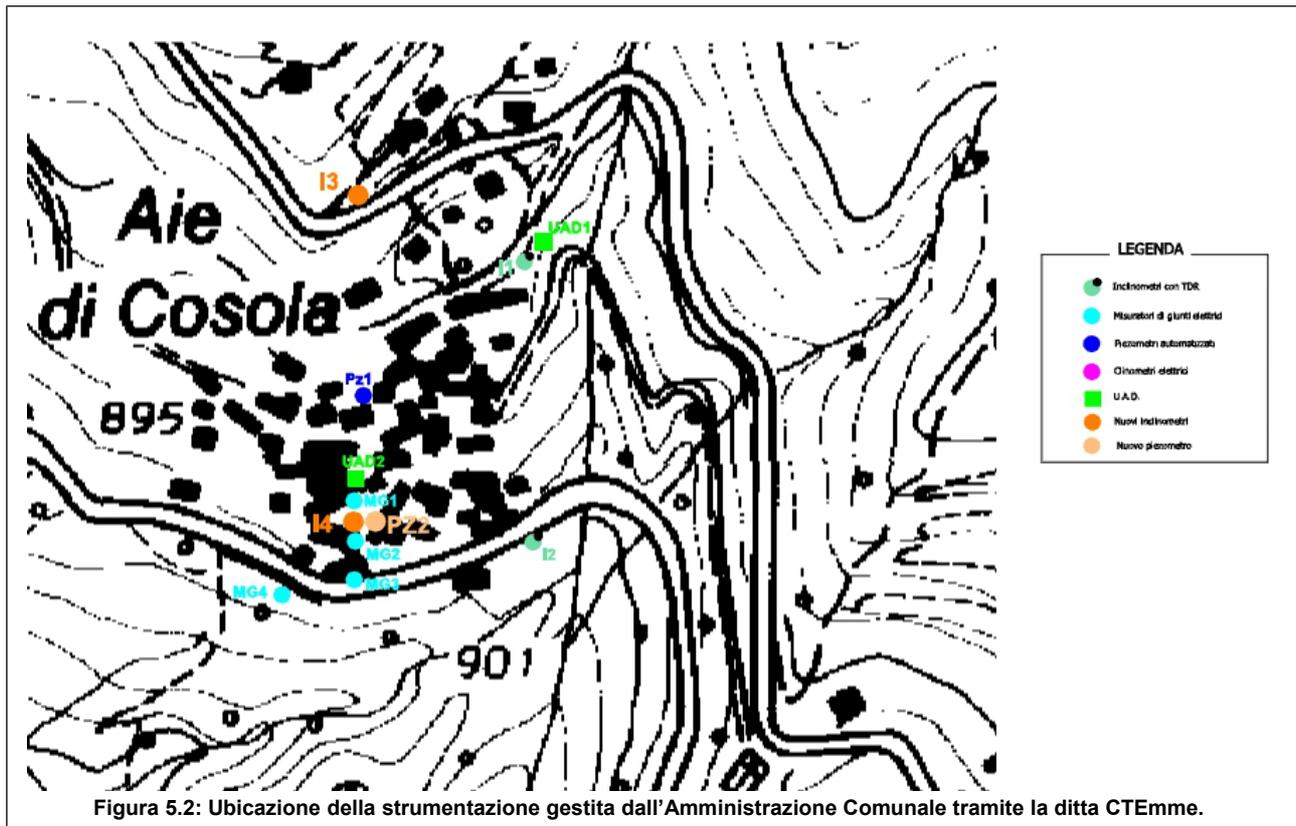
A partire dal 2006 il sistema è stato gestito in autonomia dal Comune il quale lo ha affidato alla ditta CTEemme di Torino.

Negli anni il sistema è stato implementato al fine di poterlo utilizzare per procedure di protezione civile. Allo stato attuale il sistema risulterebbe costituito da:

- sito di Montaldo di Cosola: 8 misuratori di giunti elettrici, 8 fessurimetri meccanici, 3 clinometri elettrici biassiali, 2 termometri elettrici, 5 capisaldi per livellazione topografica, 7 piezometri automatizzati, 2 unità di acquisizione dati con modulo Gsm, 4 misuratori di portata, 7 colonne inclinometriche, di cui 14 con sonda CNR a rilevazione continua e trasmissione remota e 18 a rilevazione manuale.

- sito di Aie di Cosola: 4 misuratori di giunti elettrici, 2 piezometri di cui uno automatizzato, 4 colonne inclinometriche.





## 5.1 Inclinatori

Per quanto concerne la gestione Arpa del sito di Montaldo di Cosola, dei 7 inclinometri installati: 17 era attrezzato con 2 sonde fisse, poi rimosse per lesione del tubo, S1 era dotato del sistema SIA del CNR-IRPI di Torino, successivamente spostato su S4 a causa della forte deformazione subita; nei rimanenti tubi sono sempre state eseguite letture manuali. L'ultima lettura eseguita nel gennaio 2006 evidenziava quanto segue:

- tubo I2: tranciato nel 2003 a -31.5 m e non più misurato;
- tubo I3: movimento localizzato a 29 m di profondità a cui si associava una deformazione di entità pari a circa 55.7 mm. Lo spostamento totale superficiale risultava essere di circa 195.7 mm. La deformazione della verticale inclinometrica era stata registrata sin dalla prima misura di esercizio e da allora aveva manifestato una crescita pressoché costante.
- tubo I5: rispetto alle misure di origine si evidenziava una lieve deformazione a 24.5 m di profondità di entità pari a circa 2.2 mm. Lo spostamento totale in superficie risultava di circa 15.6 mm.
- tubo I6: rispetto alle misure di origine si segnalava un movimento localizzato a 36 m di profondità di entità pari a circa 30.5 mm. Lo spostamento totale in superficie risultava pari a circa 54.3 mm.

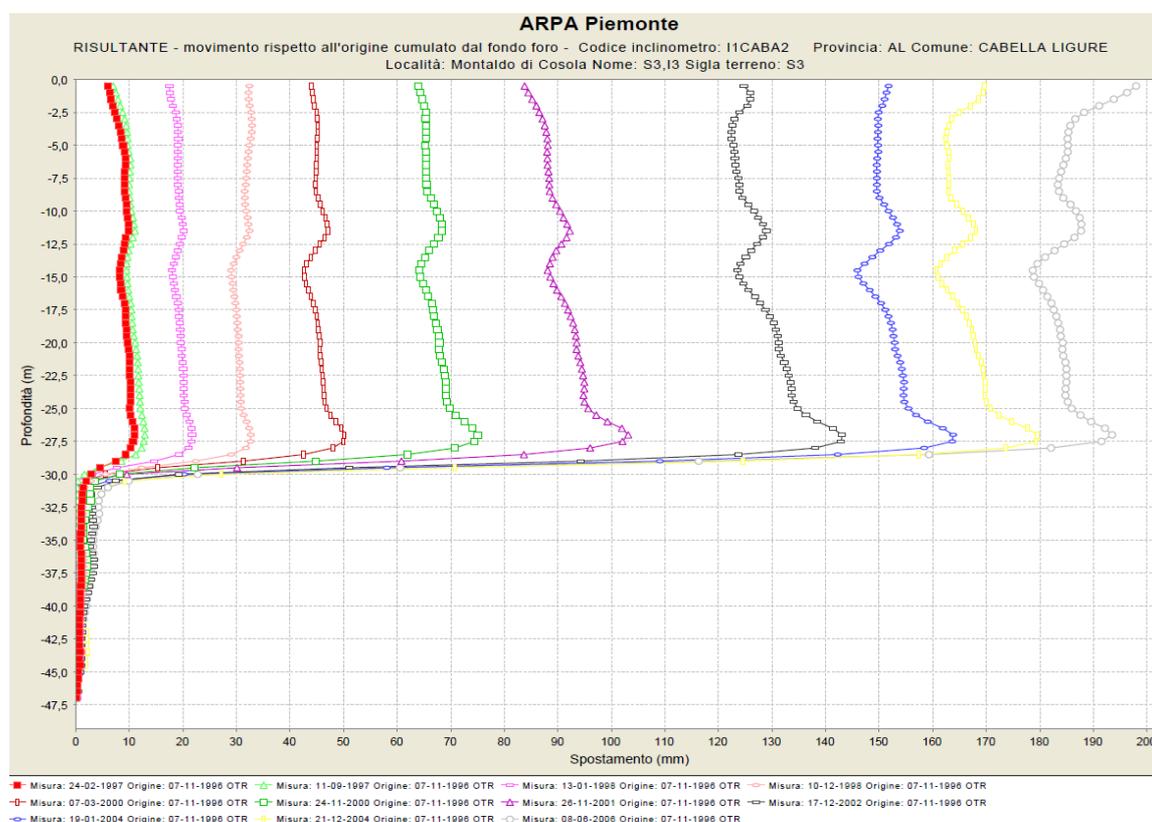


Figura 5.3: Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro S3 di Montaldo, gestito da Arpa Piemonte

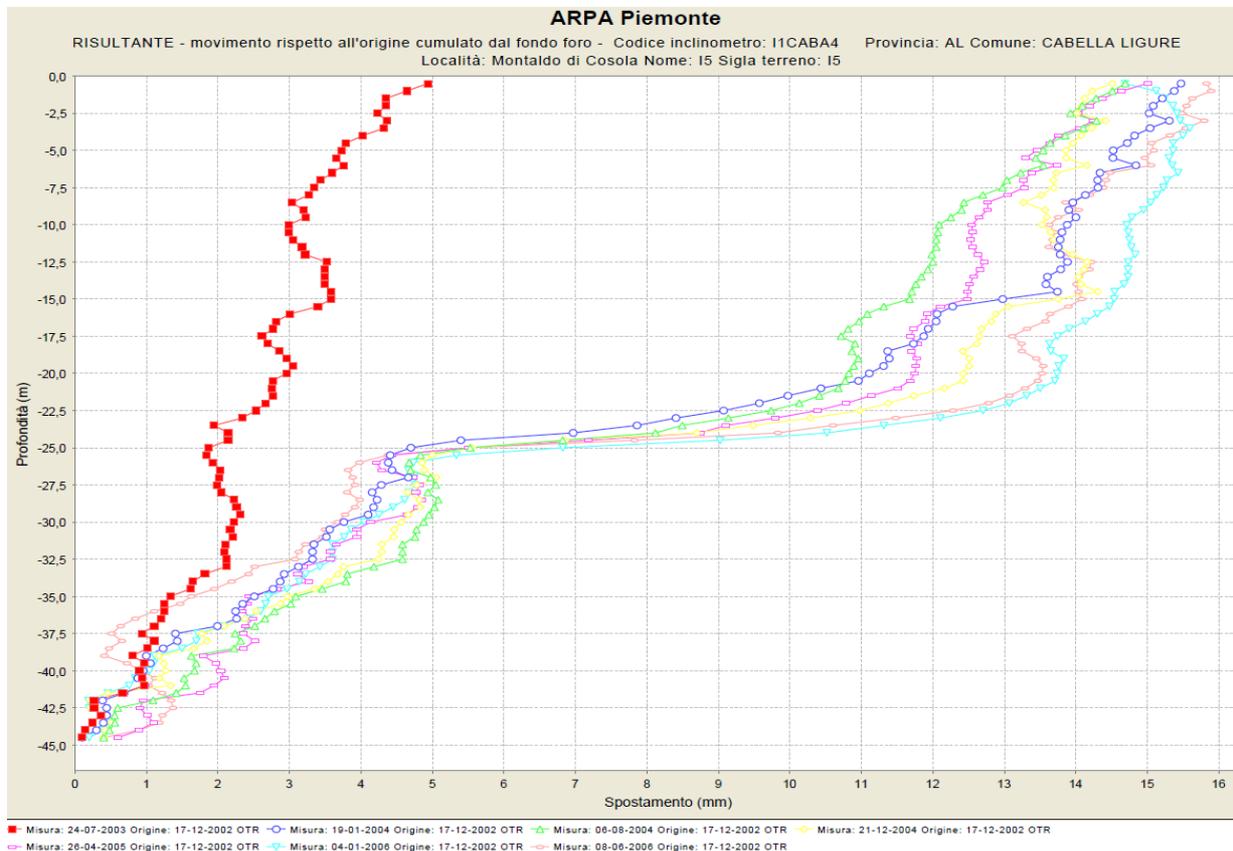


Figura 5.4: Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro I5 di Montaldo.

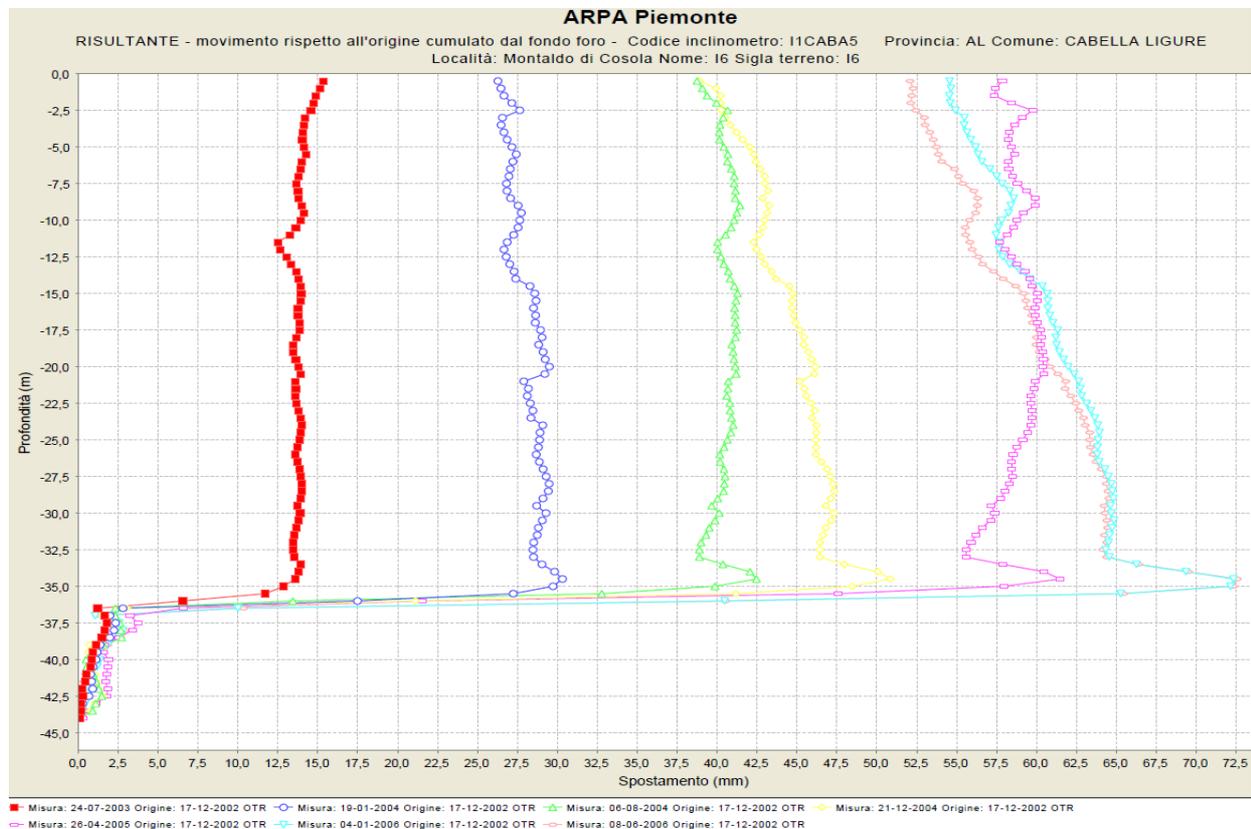


Figura 5.5: Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro I6 di Montaldo.

Per quanto concerne la gestione Arpa del sito di Aie di Cosola, l'ultima lettura eseguita nel gennaio 2006 evidenziava sui due tubi inclinometrici:

- tubo I1: movimento localizzato a 25 m di profondità, a cui si associava una deformazione di entità pari a circa 2.4 mm. Lo spostamento totale superficiale risultava essere di circa 26.2 mm. La deformazione era stata registrata dalla prima lettura inclinometrica e l'incremento era stato pressoché costante. La velocità media di movimento stimata è di circa 0.8 mm/anno.
- tubo I2: nessuna deformazione di rilievo rispetto alle misure di origine.

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
Comune di Cabella Ligure, località Montaldo ed Aie di Cosola

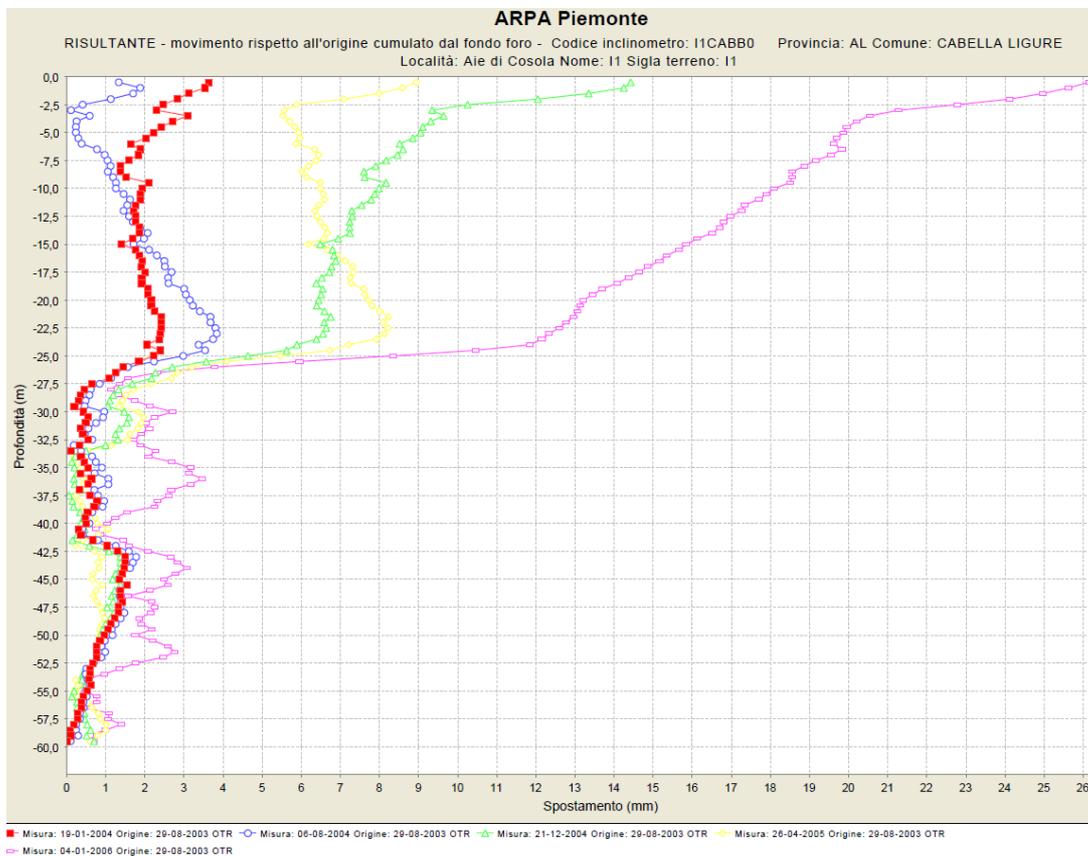


Figura 5.6: Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro I1 di Aie di Cosola.

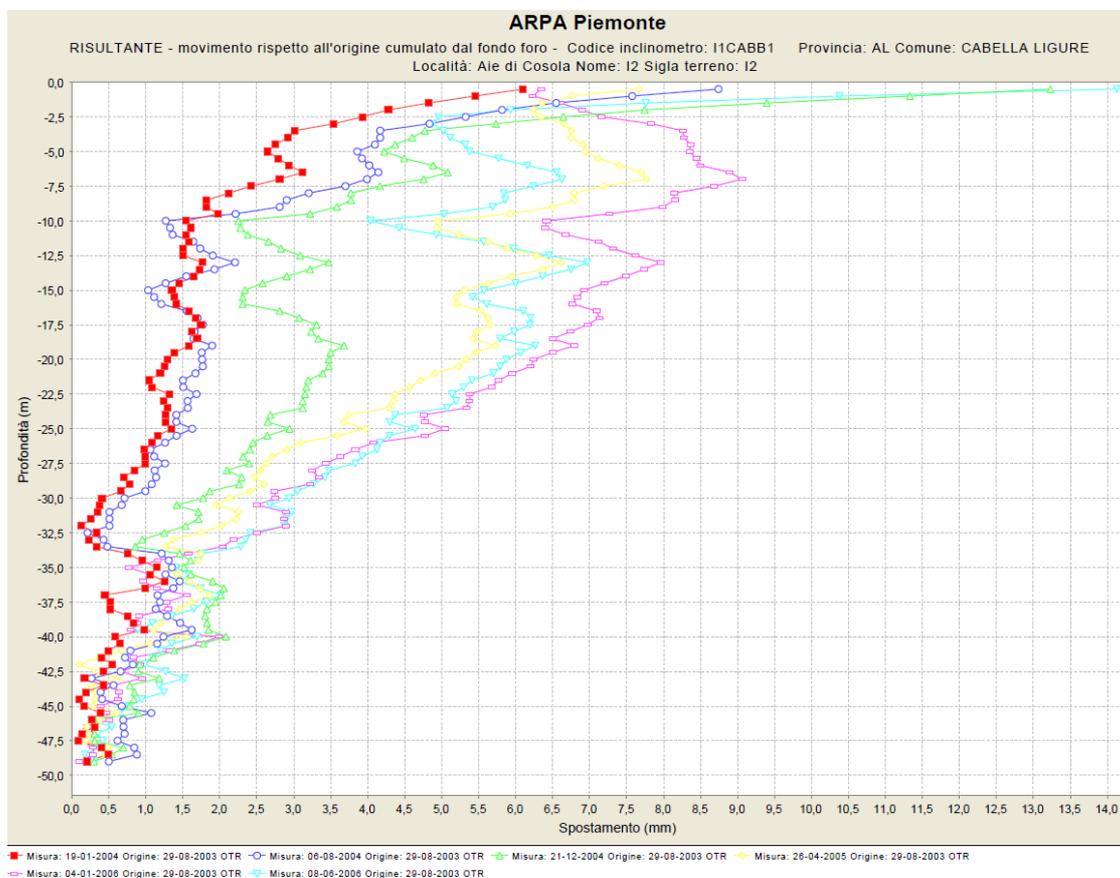


Figura 5.7: Grafico della risultante cumulata per l'inclinometro I2 di Aie di Cosola , gestito da Arpa Piemonte

### Sistema gestione CTM

In data 06/12/2005 l'Amministrazione del Comune di Cabella Ligure, con deliberazione n. 66, ha affidato alla Società Citiemme s.r.l. l'incarico specialistico per l'implementazione del Piano di Protezione Civile del Comune e sorveglianza del rischio geologico del territorio comunale mediante impianto di un sistema di monitoraggio geotecnico automatico e tele-misurato. Tale lavoro, il cui scopo era volto alla definizione degli scenari di rischio geologico sul territorio di Aie e Montaldo di Cosola, è stato articolato in fasi distinte:

- fase 1: analisi territoriale;
- fase 2: esame dei sistemi di monitoraggio strumentale e telesorveglianza;
- fase 3: ricostruzione dei meccanismi di dissesto e valutazione del rischio;
- fase 4: individuazione di procedure di gestione delle crisi;
- fase 5: analisi nuovi dati strumentali e taratura del sistema.

Nelle Fasi 1 e 2 sono state raccolte tutte le informazioni geologico strutturale, morfologiche e strumentali dell'area in esame, e sono state utilizzate per la comprensione dei meccanismi connessi alle caratteristiche che contraddistinguono l'area in studio, oggetto della Fase 3, nella quale è stata anche condotta una preliminare analisi di rischio, intesa come valutazione della pericolosità e della vulnerabilità che

caratterizzano il territorio indagato, tratteggiando lo scenario di rischio ipotizzato.

Sulla base degli scenari di rischio è scaturita l'individuazione di procedure di gestione delle crisi (Fase 4), sviluppate al fine di integrare il Piano Intercomunale di Protezione Civile adottato dal Comune di Cabella Ligure, secondo il protocollo di cui al Sistema di Allertamento della Regione Piemonte contenuto nel Disciplinare per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento regionale ai fini di protezione civile.

Nella Fase 5, attraverso l'analisi dei nuovi dati, è stato affinato il modello concettuale del dissesto e sono state valutate, in modo più ponderato, le soglie di rischio sulla base dei dati strumentali esistenti tra maggio 2006 e maggio 2009.

Nell'ambito del progetto, il sistema di monitoraggio originario è stato pertanto implementato attraverso l'automazione di acquisizione e teletrasmissione dei dati. Il sistema implementato risulta essere composto come da tabelle sotto riportate.

**Tabella 5.1 - elenco della strumentazione installata sul sito A (Montaldo di Cosola) monitorato dalla ditta CTEemme**

UNITA'	STRUMENTAZIONE	COD	INSTALLAZIONE
	TUBO INCLINOMETRICO	I8	2008
UAD5	MISURATORI PORTATA	MQA	2005
	MISURATORI PORTATA	MQB	2005
	MISURATORI PORTATA	MQC	2005
UAD3	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB2/1	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB2/2	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB2/3	2006
UAD2	MISURATORI DI FRATTURE	MG6	2002
	MISURATORI DI FRATTURE	MG7	2005
	MISURATORI DI FRATTURE	MG8	2002
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ3	2005
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ5	2006
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ6	2002
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ7	2005
UAD4	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB3/1	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB3/2	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB3/3	2006
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ2	1998
UAD7	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ8	2007
	MISURATORI PORTATA	MQE	2009
UAD1	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ1	1998
UAD6	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	CL1	1998
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	CL2	2002
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	CL3	2005
	MISURATORE DI GIUNTI	MG1	2002
	TERMOMETRI	PT1	2005
	TERMOMETRI	PT2	2005
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ4	2005
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB5/1	2006

	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB5/2	2006
--	--------------------------------	-------	------

**Tabella 5.2 - elenco della strumentazione installata sul sito B (Aie di Cosola) monitorato dalla ditta CTEEmme**

UNITA'	STRUMENTAZIONE	COD	INSTALLAZIONE
UAD1	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ1	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB1/1	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB1/2	2006
UAD2	PLUVIOMETRO	PLV1	2006
	MISURATORI DI FRATTURE	MG1	2002
	MISURATORI DI FRATTURE	MG2	2002
	MISURATORI DI FRATTURE	MG3	2002
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB4/1	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB4/2	2006
	SONDE INCLINOMETRICHE BIASIALI	SB4/3	2006
	TERMOMETRI	PT1	2002
	TRASDUTTORE DI PRESSIONE IN PIEZOMETRO	PZ2	2006

### Analisi dei dati inclinometrici manuali

Nel periodo intercorso tra il 2006 e il 2008 sono state effettuate 6 campagne di misura (letture di esercizio in manuale) sugli strumenti installati sia ad Aie che a Montaldo. Per quest'ultima località è presente una ulteriore serie non coeva riferita a I8, in quanto installato nell'autunno 2008 e quindi differita rispetto agli altri strumenti. Oltre alle letture manuali delle colonne inclinometriche sono stati registrati i dati delle sonde fisse in foro.

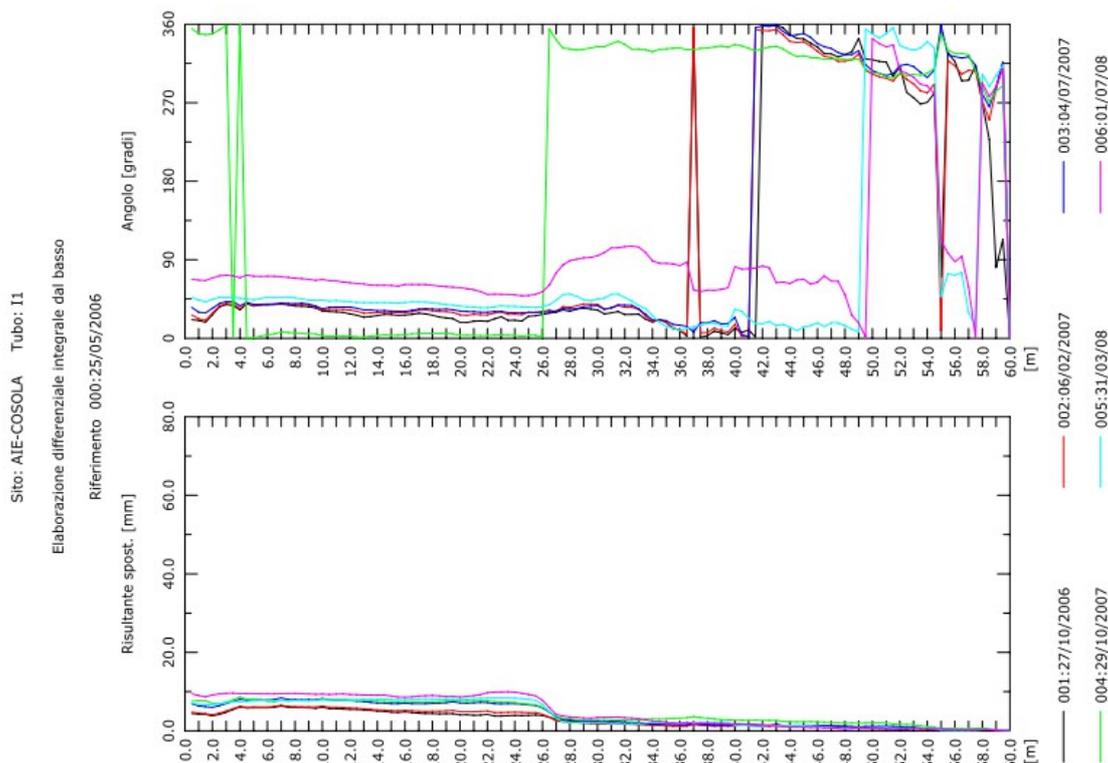


Figura 5.8: Grafici della risultante cumulata per gli inclinometri I1 e I2 attivi dal 2006 al 2008 nel sito di Aie di Cosola, gestiti dalla ditta CTEmm

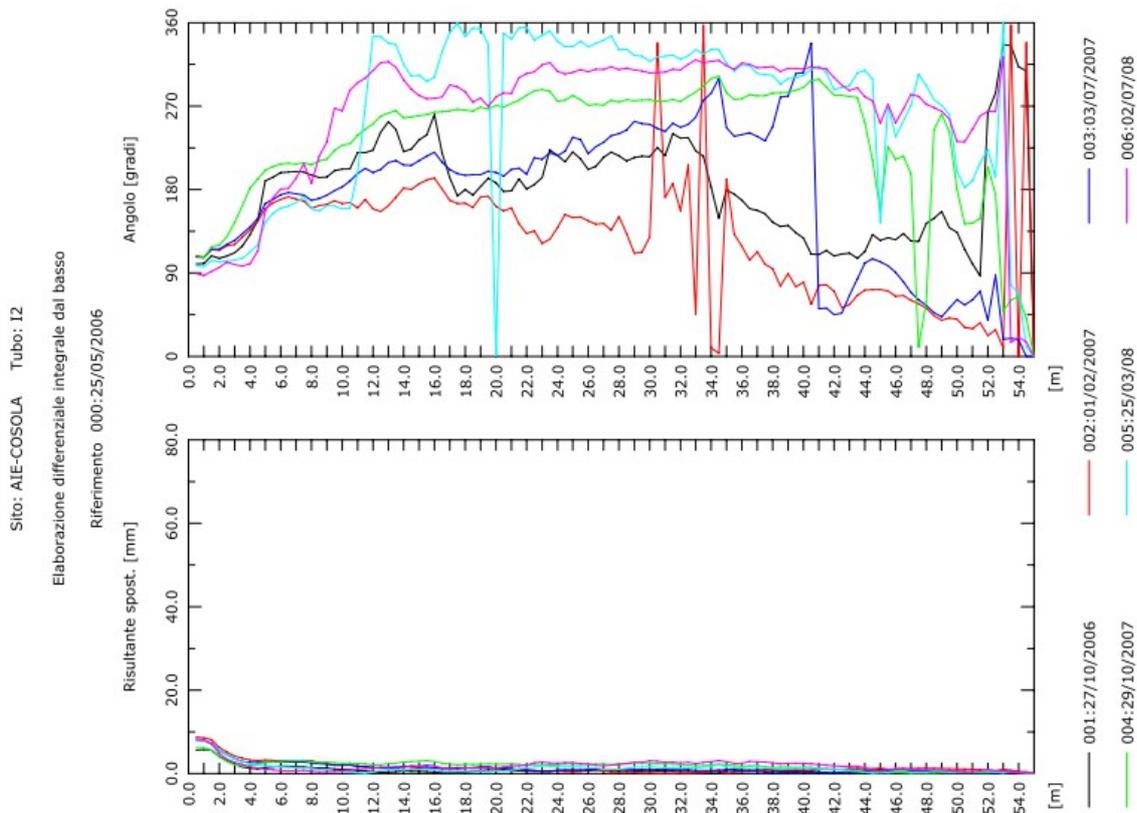


Figura 5.9: Grafici della risultante cumulata per gli inclinometri I1 e I2 attivi dal 2006 al 2008 nel sito di Aie di Cosola, gestiti dalla ditta CTEme e

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
**Comune di Cabella Ligure, località Montaldo ed Aie di Cosola**

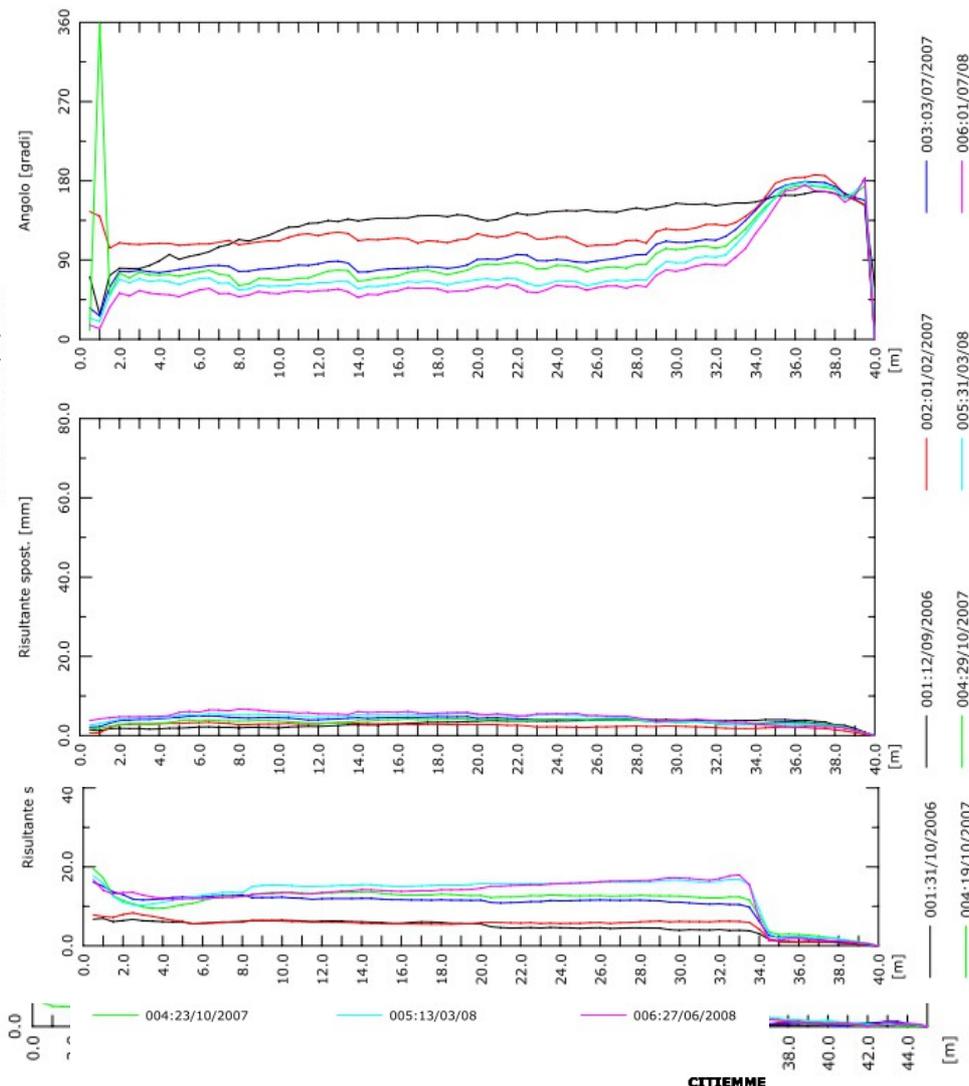
Sito: MONTALDO Tubo: I5

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Sito: AIE-COSOLA Tubo: I3

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:25/05/2006

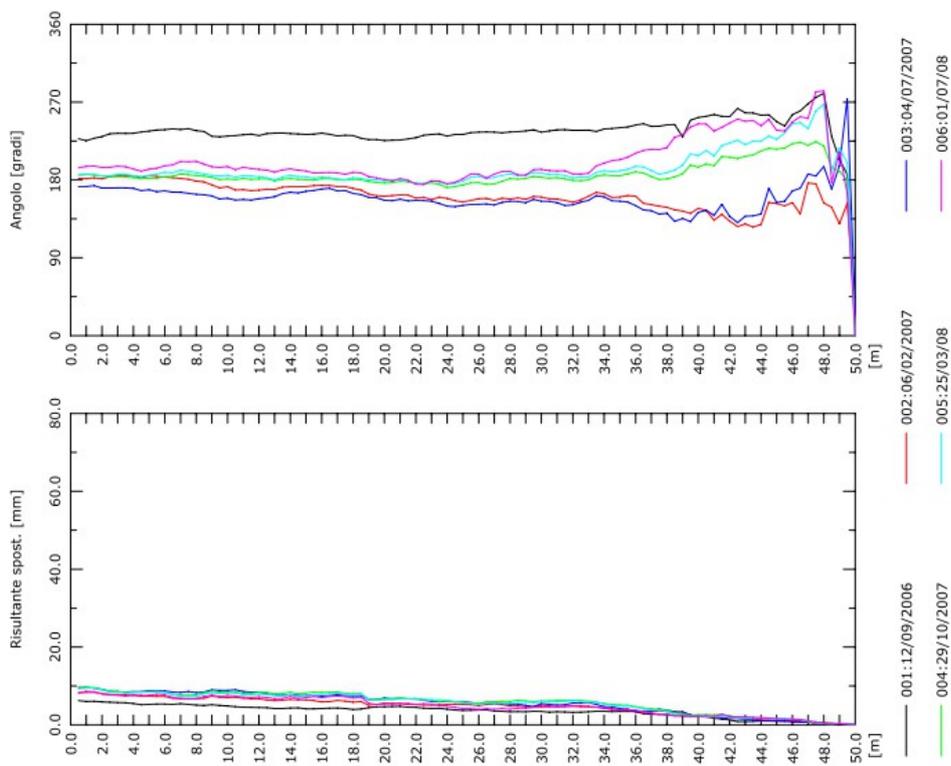


CITTIEMME  
 CITTIEMME  
 CITTIEMME

Sito: AIE-COSOLA Tubo: I4

Elaborazione differenziale integrale dal basso

Riferimento 000:25/05/2006

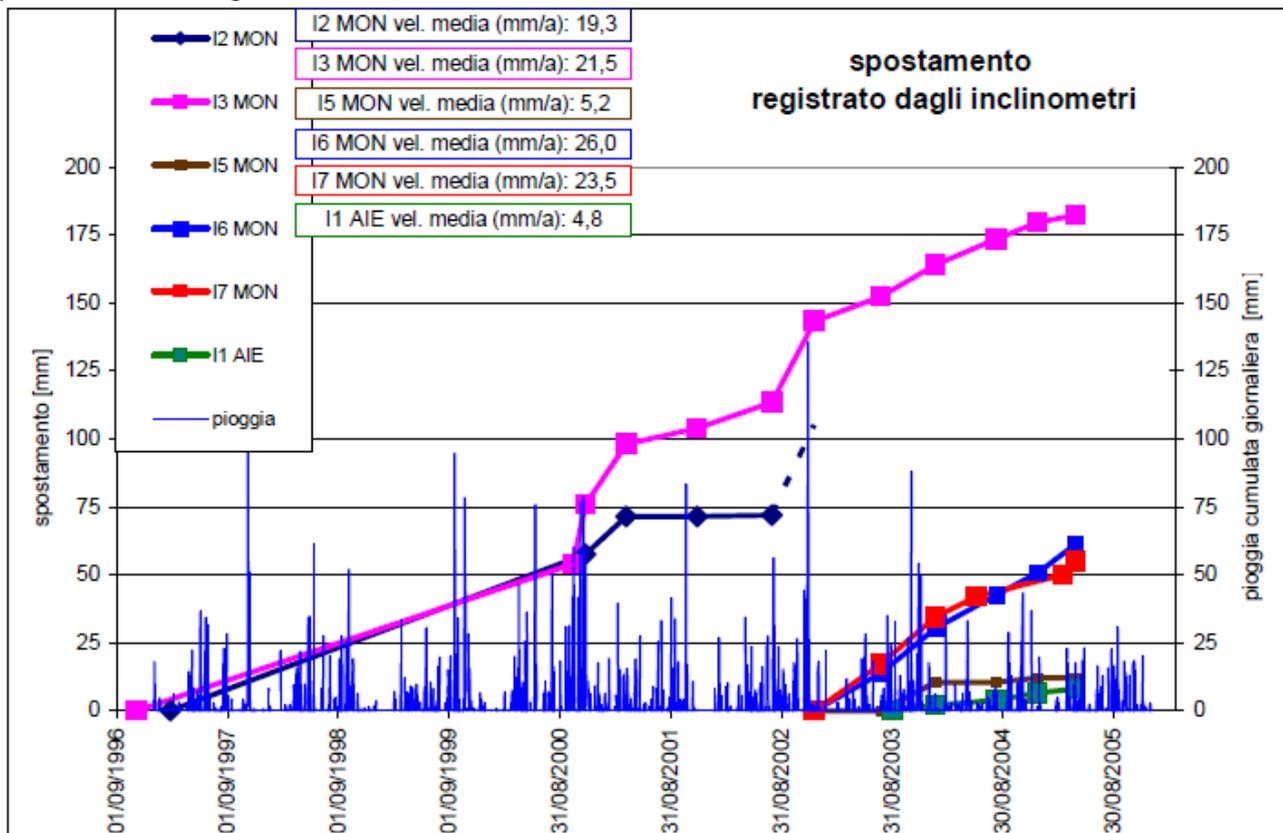


CITTIEMME

CITTIEMME

- confronto tra le velocità di spostamento e le medie mobili di precipitazioni
- correlazione sistematica tra le velocità calcolate e le medie mobili di precipitazione attraverso una interpolazione lineare dei valori di pioggia e velocità per ciascun giorno di osservazione da cui è stato estrapolato il coefficiente di correlazione  $R^2$ ;
- creazione di una matrice di correlazione tra le velocità di spostamento registrate, per ogni strumento, e la precipitazione.

I grafici sottostanti rappresentano le varie fasi dell'elaborazione e la matrice di correlazione rappresentata poi anche in forma graficizzata.



**Figura 5.16: Confronto tra l'entità dello spostamento registrato dagli inclinometri con la pioggia cumulata giornaliera per il periodo dal 1996 al 2005 su dati Arpa Piemonte**

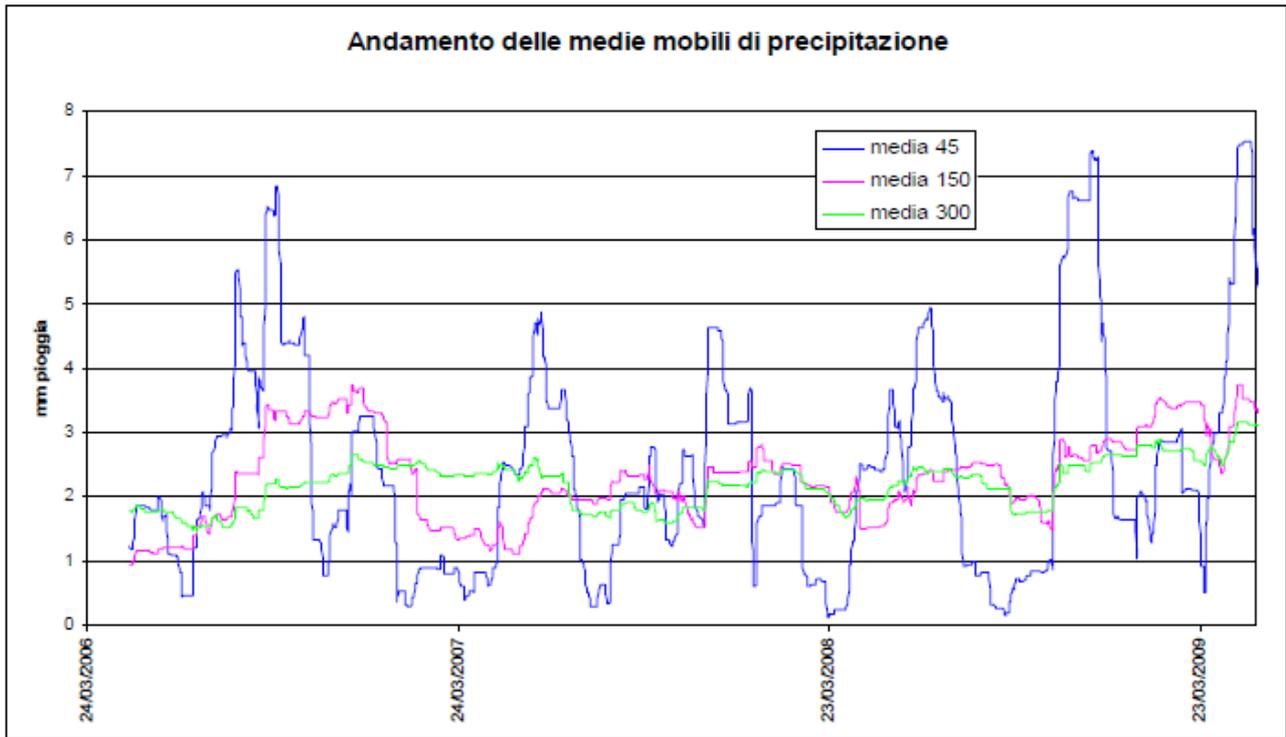


Figura 5.17: Elaborazione grafica delle medie mobili a 45-150-300 giorni desunte dalle precipitazioni cumulate giornaliere

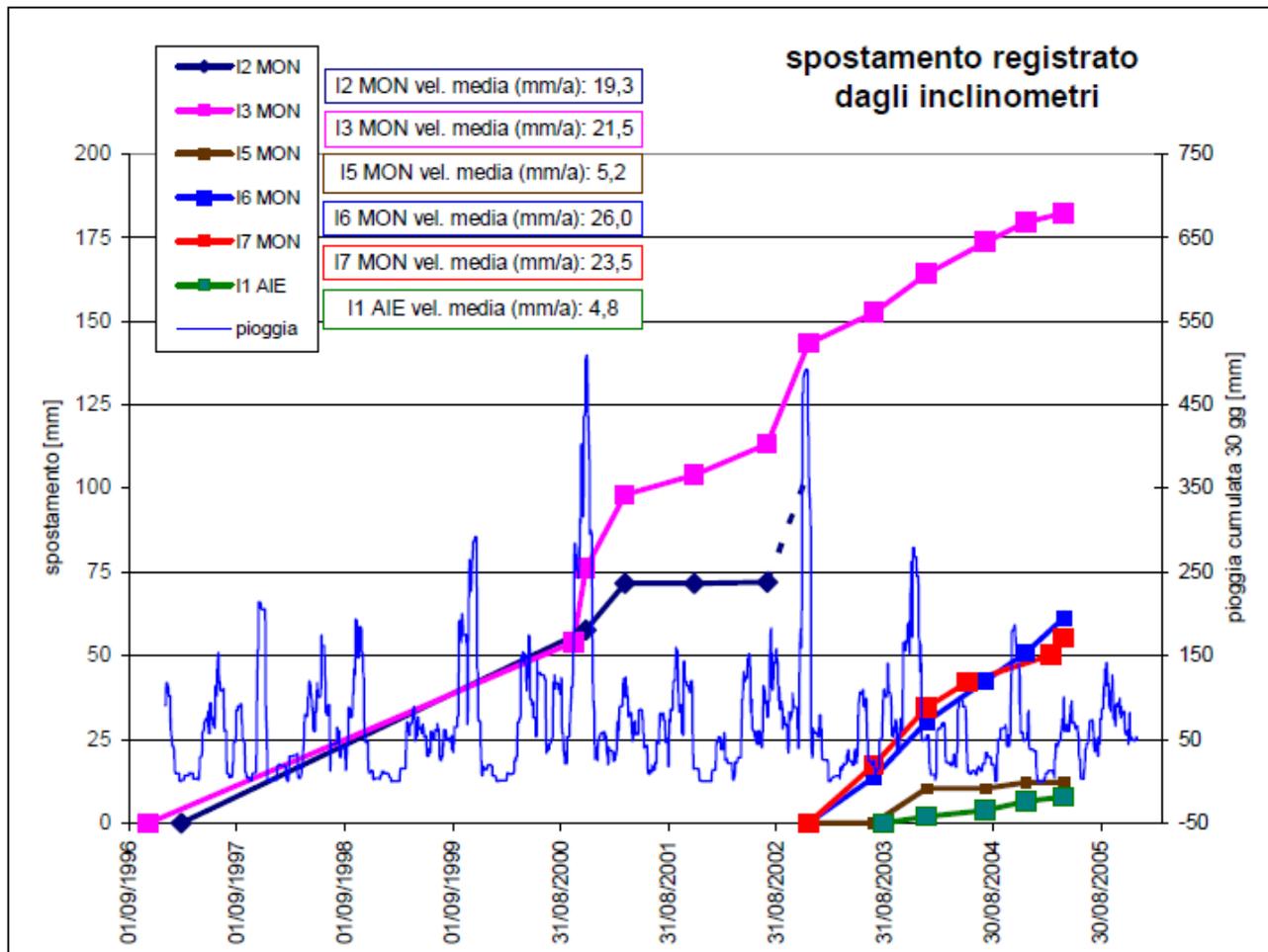


Figura 5.18: Confronto tra l'entità dello spostamento registrato dagli inclinometri con la media 30 giorni delle piogge cumulate giornaliere per il periodo dal 1996 al 2005 su dati Arpa Piemonte

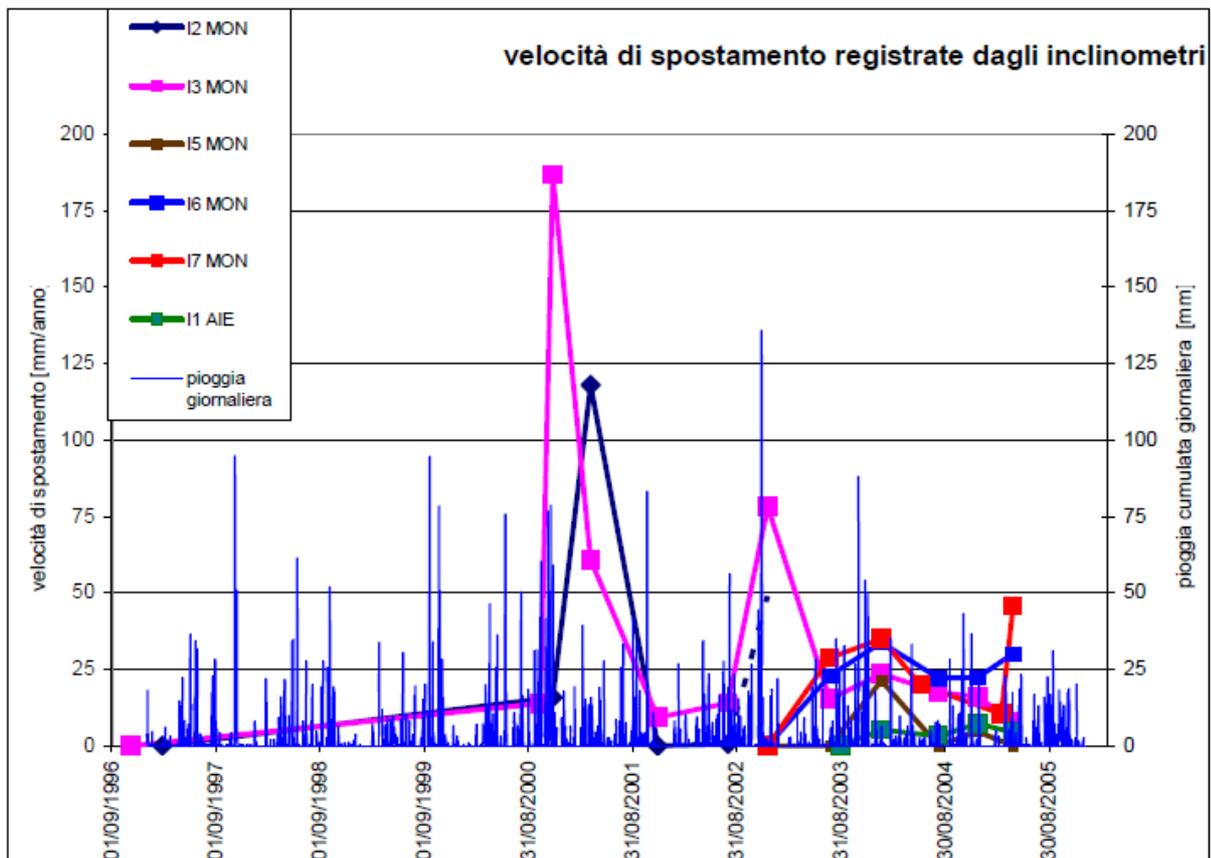


Figura 5.19: Confronto tra le velocità di spostamento registrate dagli inclinometri con le piogge cumulate giornaliere per il periodo dal 1996 al 2005 su dati Arpa Piemonte

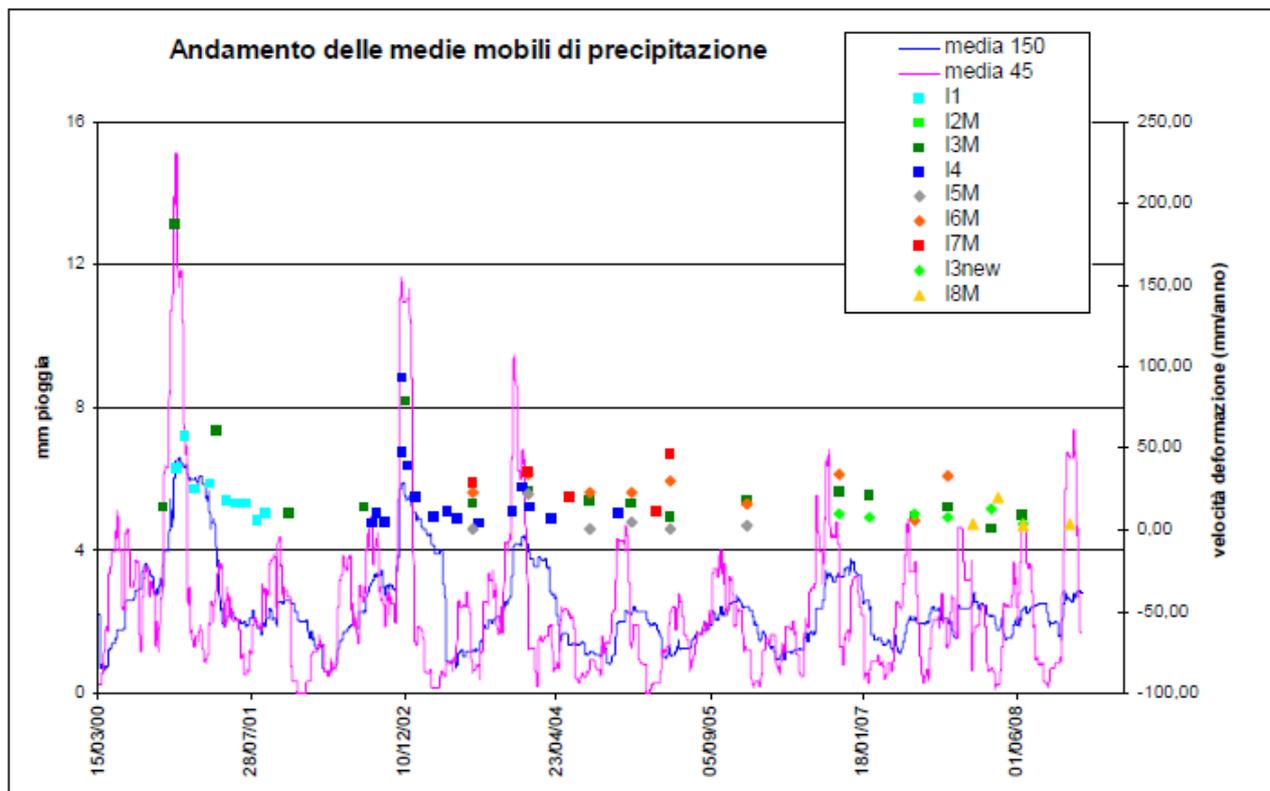


Figura 5.20: Velocità di deformazione degli inclinometri in rapporto alla media mobile delle precipitazioni

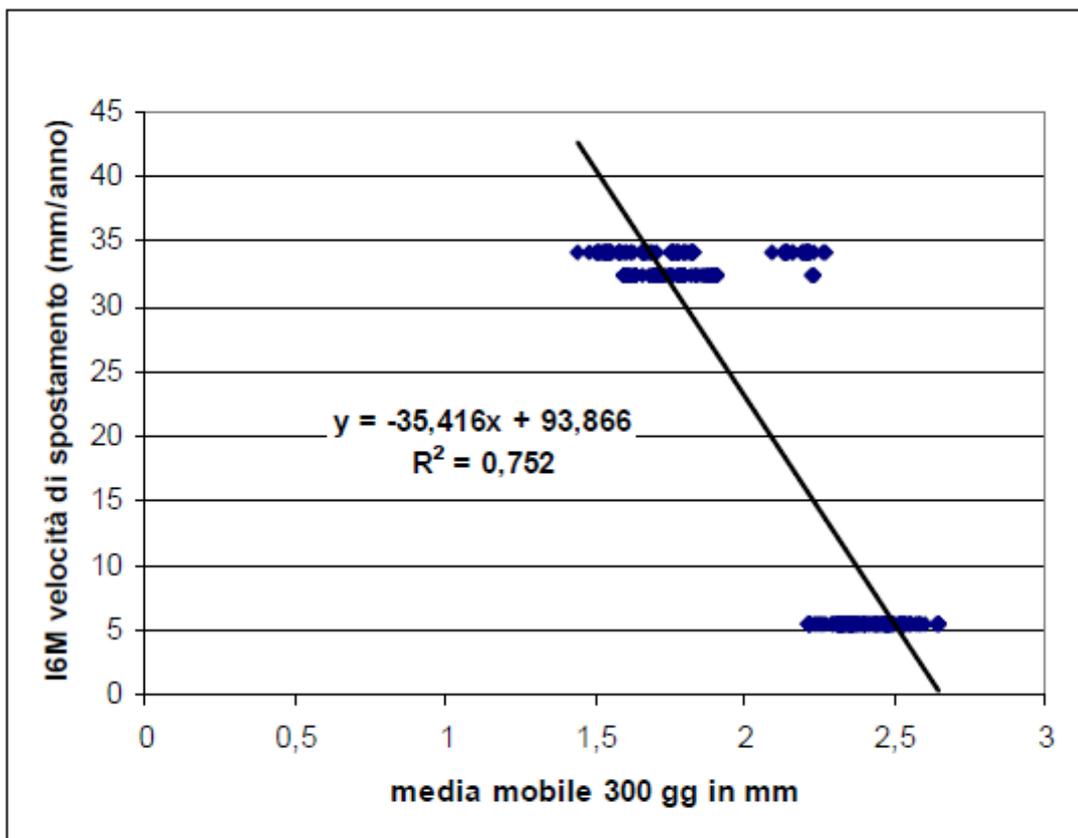


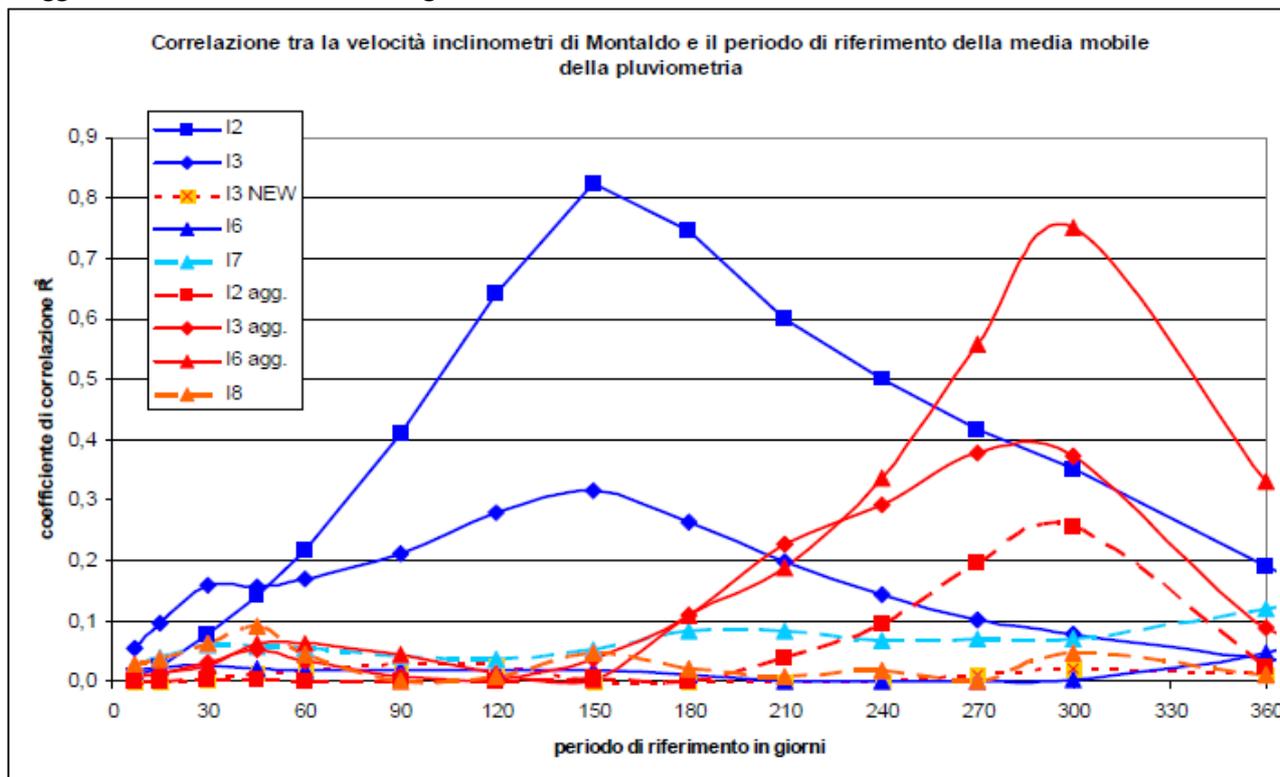
Figura 5.21: Esempio di elaborazione della regressione lineare tra la media mobile delle piogge a 300 giorni e la velocità dell'inclinometro I6

SIFRAP - Scheda descrittiva di dettaglio III livello di approfondimento  
**Comune di Cabella Ligure, località Montaldo ed Aie di Cosola**

	I2M		I3M		I3M new	I5M	I6M		I7M	I8M	IIAIE		I4 AIE	SIA
	fino al 2006	periodo 06/08	fino al 2006	periodo 06/08	periodo 06/08	fino al 2006	fino al 2006	periodo 06/08	fino al 2006	periodo 06/08	fino al 2006	periodo 06/08	periodo 06/08	fino al 2006
MEDIA MOBILE 7 gg	0,008	0,0004	0,0535	0,008	0,0006	0,0789	0,0146	0,0081	0,0255	0,0278	0,0184	0	0,0001	0,0784
MEDIA MOBILE 15 gg	0,0239	0,0009	0,0977	0,0142	0,0003	0,1422	0,0223	0,0133	0,039	0,0371	0,0368	0	0	0,1709
MEDIA MOBILE 30 gg	0,0774	0,0034	0,1589	0,0316	0,0026	0,1761	0,0262	0,0273	0,0605	0,0627	0,0603	0,0003	0,0001	0,4139
MEDIA MOBILE 45 gg	0,1407	0,0017	0,156	0,0509	0,0127	0,139	0,0205	0,0623	0,0574	0,0904	0,0697	0,0115	0,7581	0,5524
MEDIA MOBILE 60 gg	0,217	0,0009	0,1686	0,0339	0,0194	0,1157	0,0188	0,0634	0,0535	0,0435	0,0468	0,0433	0,003	0,5900
MEDIA MOBILE 90 gg	0,4104	0	0,2121	0,0068	0,0293	0,0616	0,0171	0,0451	0,0409	0,0013	0,0004	0,1058	0,0018	0,5840
MEDIA MOBILE 120 gg	0,6413	0,0006	0,2803	0,0022	0,0254	0,0237	0,0171	0,0137	0,0372	0,0077	0,0216	0,1845	0,0021	0,5612
MEDIA MOBILE 150 gg	0,8231	0,0041	0,3156	0,0375	0,0005	0,0042	0,0178	0,0014	0,0532	0,0468	0,0921	0,2459	0,0027	0,5231
MEDIA MOBILE 180 gg	0,747	0,0004	0,2626	0,1104	0,0002	0,0028	0,0102	0,1093	0,0826	0,0201	0,2033	0,1343	0,0024	0,4423
MEDIA MOBILE 210 gg	0,6008	0,04	0,1972	0,2279	0	0,0215	0,0013	0,189	0,0834	0,0073	0,2777	0,017	0,0508	0,3941
MEDIA MOBILE 240 gg	0,4997	0,095	0,1444	0,2922	0,0005	0,0535	0,0008	0,3373	0,069	0,0174	0,364	0,006	0,1065	0,3231
MEDIA MOBILE 270 gg	0,4169	0,1961	0,1029	0,3786	0,0108	0,0385	0	0,5582	0,0695	0,0002	0,4134	0,0706	0,1588	0,1655
MEDIA MOBILE 300 gg	0,3524	0,2555	0,0772	0,3721	0,0201	0,0141	0,0026	0,752	0,0709	0,0464	0,3354	0,2064	0,1902	0,0130
MEDIA MOBILE 360 gg	0,191	0,0225	0,0375	0,088	0,0095	0,0126	0,0479	0,3309	0,1208	0,01	0,1026	0,2258	0,0141	0,0764

Figura 5.22: Matrice d'interpolazione tra le medie mobili da 7 a 360 giorni con le velocità desunte dagli spostamenti registrati dagli inclinometri; le caselle evidenziate in giallo si riferiscono alle correlazioni ricavate sui dati fino a Marzo 2006, mentre nelle caselle in verde si evidenziano i valori calcolati con i dati dell'ultimo triennio di osservazione. Si ricorda che una correlazione superiore a 0.6 è ritenuta buona, al di sotto i valori sono scarsamente significativi.

Dall'analisi dei risultati ottenuti non si evince una correlazione buona o accettabile, da ciò si desume una scarsa corrispondenza tra piogge e movimenti profondi di versante. Si nota chiaramente uno spostamento temporale verso periodi di maggior lunghezza. I picchi di correlazione degli inclinometri, là dove vi è maggiore correlazione, sono a 300 giorni.



**Figura 5.23: Coefficiente di correlazione tra la velocità di spostamento degli inclinometri e le medie mobile delle precipitazioni; le curve in blu si riferiscono ai valori fino a Marzo 2006, in rosso i coefficienti calcolati sulla base dell'ultimo periodo.**

Tale comportamento può essere dovuto sia all'entrata in funzione del sistema di drenaggio profondo di Montaldo, che mitiga gli effetti delle precipitazioni e sia alla mancanza di eventi pluviometrici importanti dal 2006 al 2008 che possano aver messo in crisi la capacità drenante dell'ammasso franoso. Sulla base dei dati disponibili viene pertanto supposto che il movimento sia dovuto a cause interne all'ammasso, probabilmente per effetto della sola gravità.

Analisi dei dati inclinometrici automatizzati (sonde fisse)

Il sistema di monitoraggio è stato attrezzato con alcune sonde inclinometriche fisse di profondità, che registrano in continuo le variazioni di inclinazione. Nello studio sono state prese in considerazione solo le sonde fisse installate in I2 e I3 (alla profondità corrispondente al piano di movimento), che hanno rilevato le maggiori deformazioni. Per ciascuna sonda sono state calcolate le velocità di movimento, espresse in gradi/giorno. I valori sono stati graficizzati in funzione delle precipitazioni.

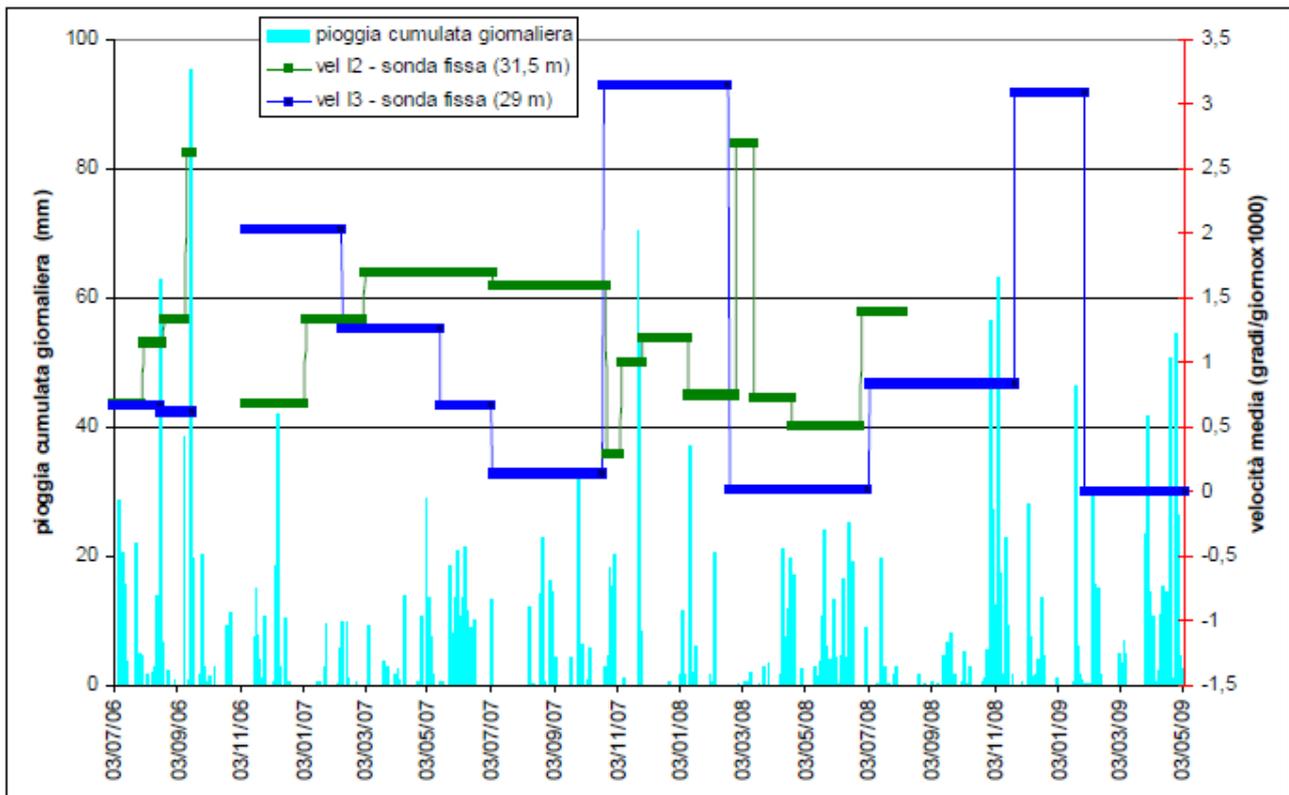


Figura 5.24: Velocità di deformazione delle sonde fisse in rapporto alla pioggia cumulata giornaliera

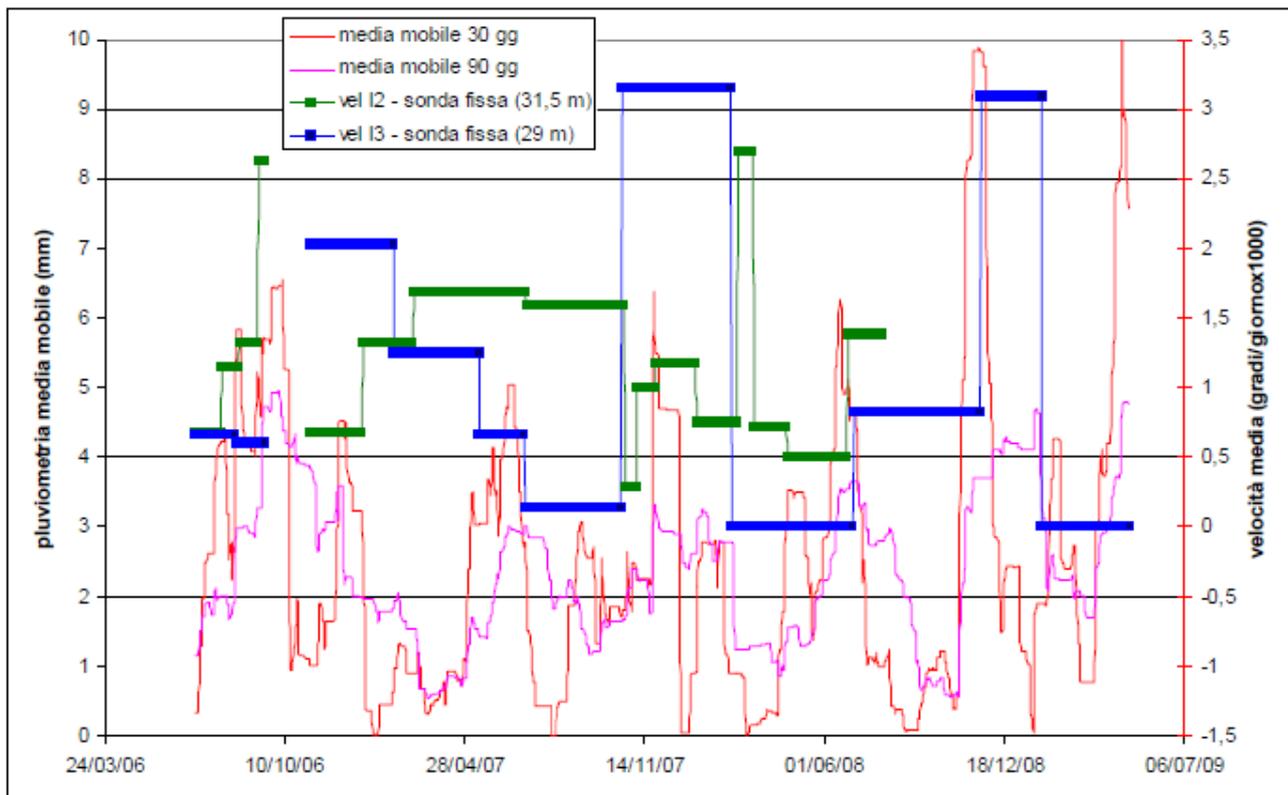


Figura 5.25: Velocità di deformazione delle sonde fisse in rapporto alla media mobile delle precipitazioni

Dai grafici si evincerebbe una buona risposta degli strumenti alle precipitazioni, tuttavia l'entità dei movimenti rilevati è tale (i valori misurati possono infatti rientrare nel campo di sensibilità strumentale) da non poter avanzare correlazioni certe. Occorre ricordare a tal proposito che nel periodo di osservazione non si sono verificate piogge particolarmente severe e manca al momento una verifica della corrispondenza strumentale. La tendenza all'aumento di velocità in occasione dei picchi pluviometrici consentirebbe tuttavia di verificare il buon funzionamento degli strumenti e la loro efficacia in sede preventiva per il monitoraggio in tempo reale delle deformazioni profonde del versante.

#### Confronto tra piezometria, portate dei dreni e precipitazione

Sui dati dei piezometri e misuratori di portata installati presso la località Montaldo sono stati eseguiti dei raffronti tra piezometria e precipitazione e tra portate dei dreni e pioggia; entrambe le analisi hanno portato a valori di correlazione talmente bassi da escludere significativi collegamenti tra gli eventi meteorici e il comportamento a lungo termine delle acque sotterranee.

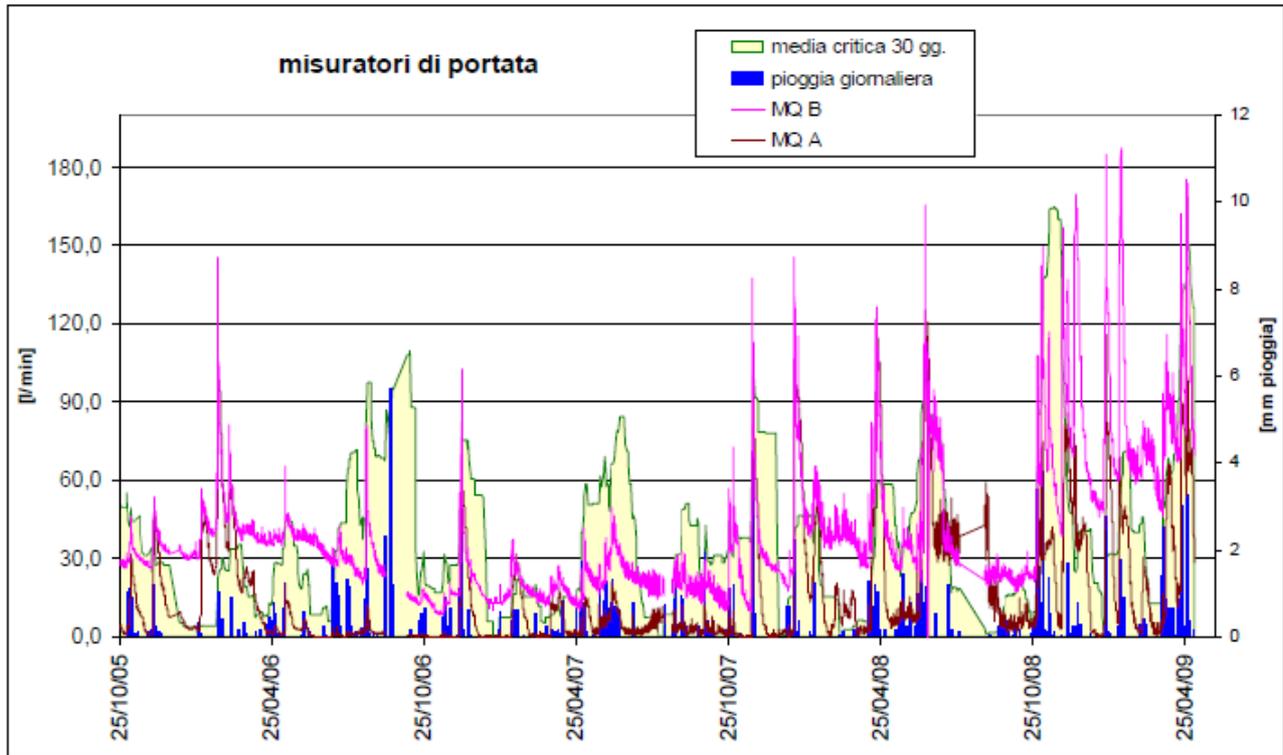


Figura 5.26: Andamento delle portate dei dreni in rapporto alle precipitazioni

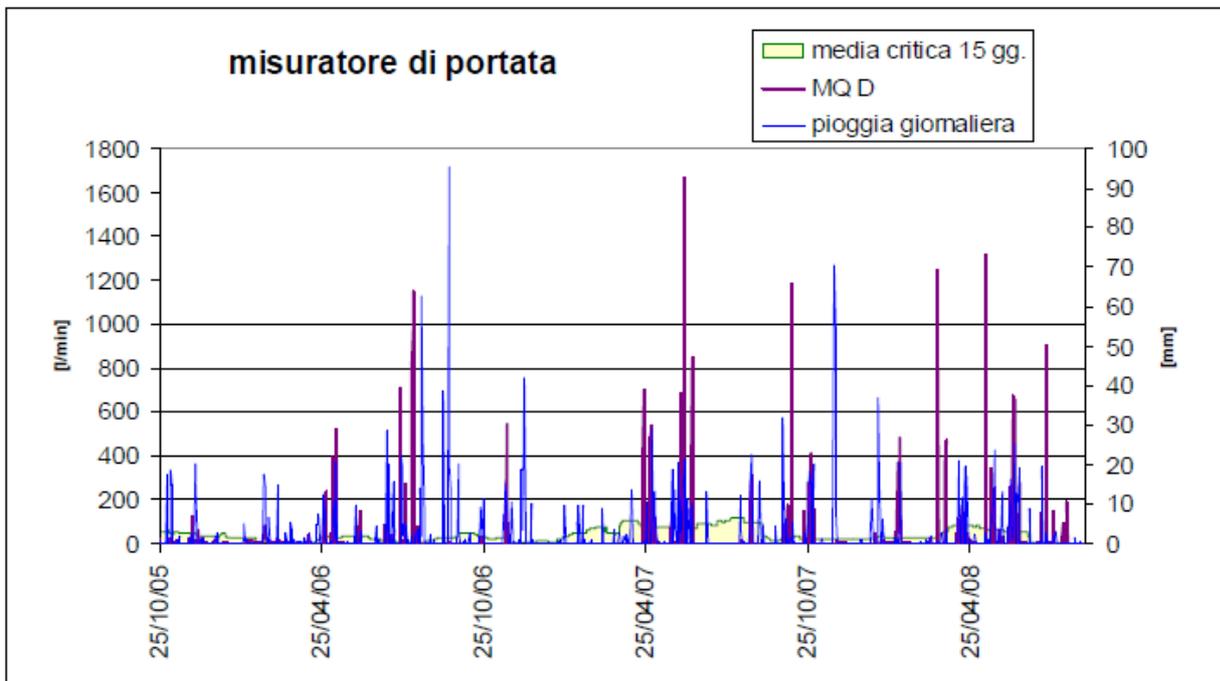


Figura 5.27: Andamento delle portate del dreni installato in rapporto alle precipitazioni

I dati graficizzati indicano un comportamento svincolato dalle precipitazioni riferite a lungo periodo, mentre pare esservi una risposta quasi immediata alle piogge giornaliere. Nel periodo di osservazione più recente pare comunque esservi una correlazione tra la media mobile a 30 gg. e le portate dei dreni A e B. I grafici soggiacenza piez. - pioggia giornaliera non mostrano correlazioni significative con le piogge, a meno di risposte immediate alle precipitazioni cumulate giornaliere.

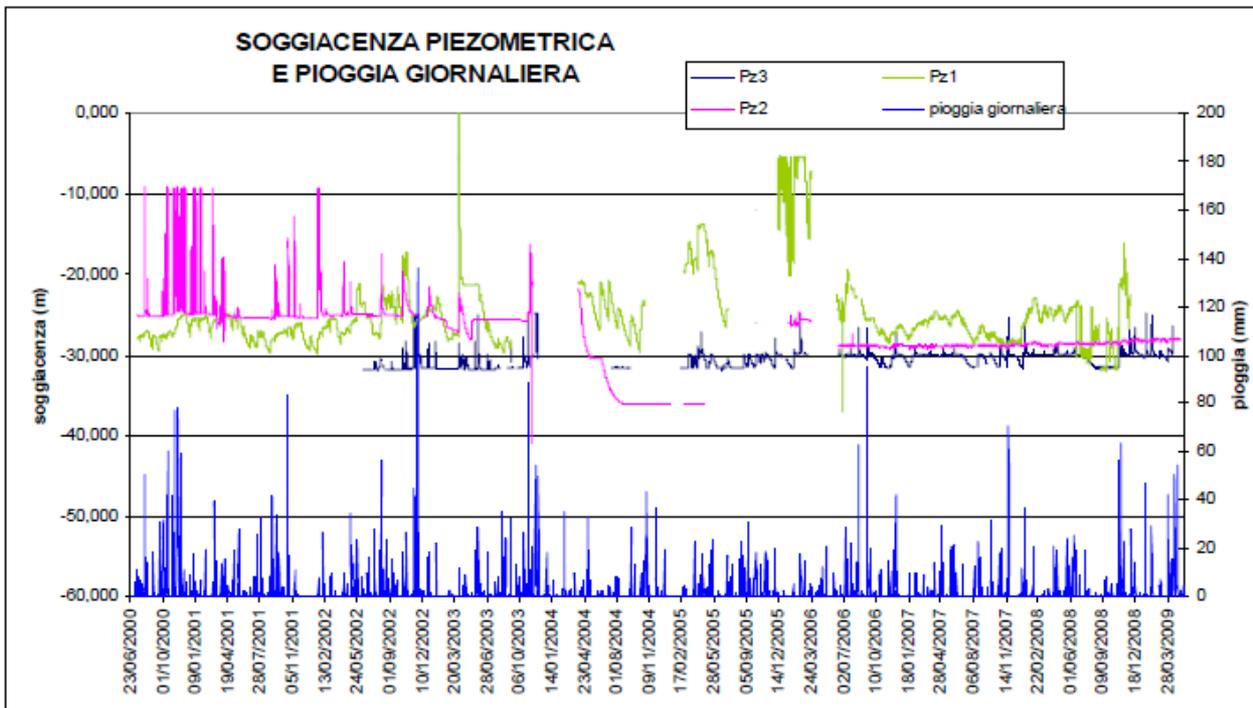


Figura 5.28: Andamento della soggiacenza piezometrica in rapporto alle precipitazioni (Montaldo)

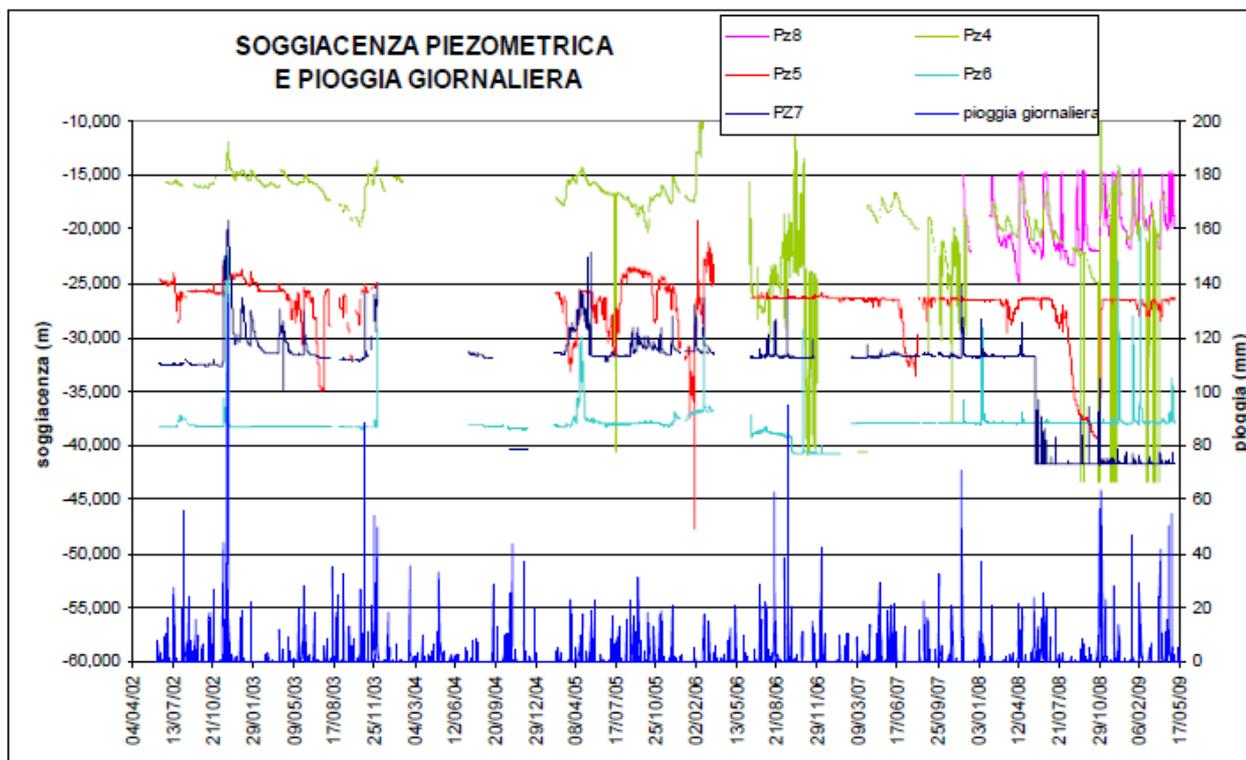


Figura 5.29: Andamento della soggiacenza piezometrica in rapporto alle precipitazioni (Montaldo)

Nei grafici di soggiacenza piezometrica si evince un livellamento delle falde in corrispondenza dei piezometri Pz2 e Pz5 dovuto all'azione dei dreni installati mentre risultano limitati i picchi nei piezometri Pz7 e Pz8.

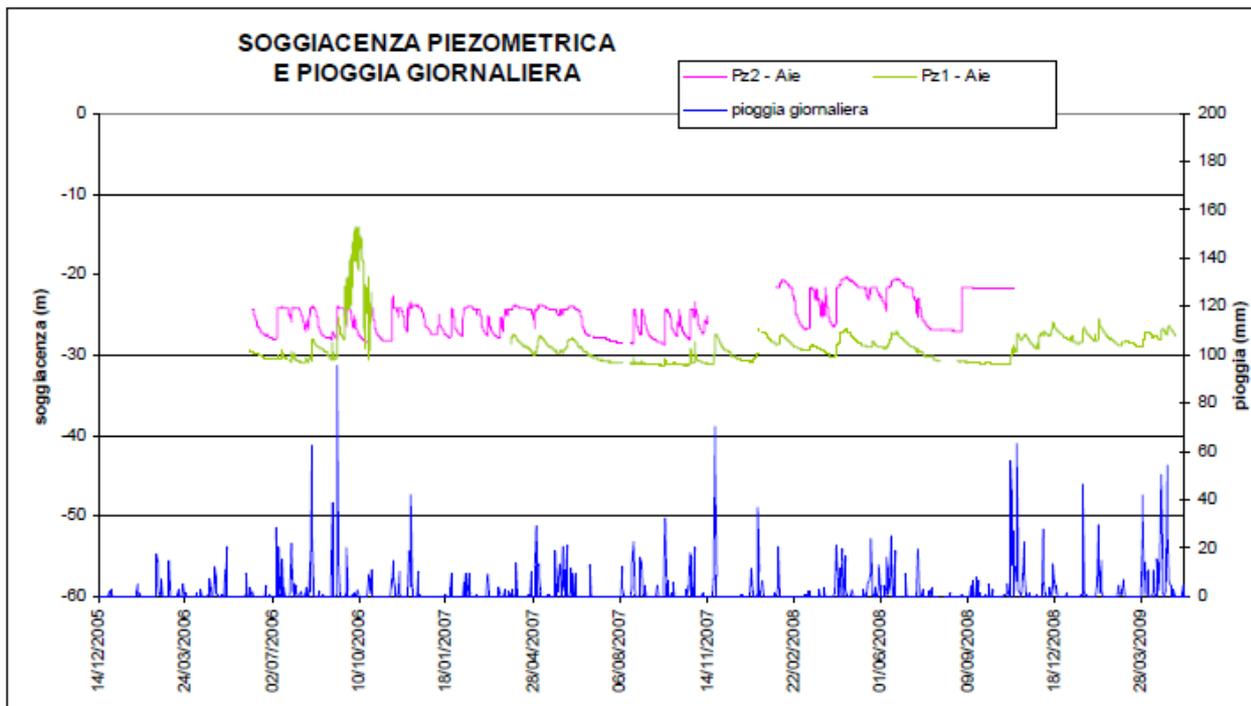


Figura 5.30: Andamento della soggiacenza piezometrica in rapporto alle precipitazioni (Aie)

La correlazione soggiacenza piezometrica - pioggia per la zona di Aie indica solo una risposta immediata delle falde controllate alle precipitazioni cumulate giornaliere.

Stato evolutivo dei fenomeni franosi desunto dai dati strumentali

Dall'elaborazione dei dati inclinometrici e piezometrici, lo studio ha prodotto un'analisi sullo stato evolutivo dei fenomeni franosi di Montaldo e Aie di Cosola.

Il dissesto di Montaldo presenta settori a differente comportamento ed alcuni di essi in evidente stato di movimento:

- settore superiore o settentrionale il cui movimento risulta indipendente dalla pluviometria; è la zona con minor parossismo deformativo; la velocità media è infatti pari a 5.2 mm/anno, ma è in genere compresa tra 0 e 4 mm/anno; il piano di scivolamento è posto a -24.50 m da p.c., che corrisponde esattamente al limite stratigrafico copertura-substrato.
- Settore inferiore o meridionale il cui comportamento è assai simile con una velocità media rispettivamente di 26.0 e 23.5 mm/anno, che si esplica in maniera quasi costante. La profondità di movimento è compresa tra 30 e 36 m: questa è perfettamente coincidente con il passaggio tra copertura e substrato riscontrato dai sondaggi.

- Settore intermedio che può ulteriormente essere diviso in due parti: quello altimetricamente più elevato, caratterizzato da una profondità del movimento relativamente superficiale (-13.50 m da p.c.), e quello posto inferiormente, dove la base del movimento si rinviene a circa 30 m da p.c., coerentemente con le risultanze stratigrafiche. Anche il comportamento tra i diversi strumenti è differente: in quello più elevato si ha velocità media di deformazione di circa 20 mm/anno; mentre nel settore posto inferiormente gli strumenti hanno registrato uno spostamento medio alla velocità di 23 mm/anno.

Il dissesto di Aie risulta, nel periodo in cui è stato effettuato lo studio, in fase semi-quiescente; i movimenti registrati dagli inclinometri risultano incerti e le velocità di deformazione registrate sono piuttosto contenute. Non è emersa inoltre alcuna correlazione tra deformazione dell'ammasso e regime pluviometrico.

## 5.2 Dati topografici tradizionali

Dal 2006 il sistema topografico tradizionale, installato dal Comune presso il sito di Montaldo e costituito da alcuni capisaldi per le letture degli spostamenti superficiali, viene gestito da Arpa Piemonte che effettua sullo stesso letture a cadenza semestrale. Allo stato attuale risulta l'unico sistema di controllo operativo sull'area di Montaldo di Cosola.

Le risultanti di spostamento cumulate dal marzo 2006 fino all'ultima lettura effettuata (aprile 2010) evidenziano movimenti superficiali con valori misurati sul piano orizzontale che vanno da un minimo di 12 mm ad un massimo di 69 mm e con variazioni centimetriche sull'asse verticale.

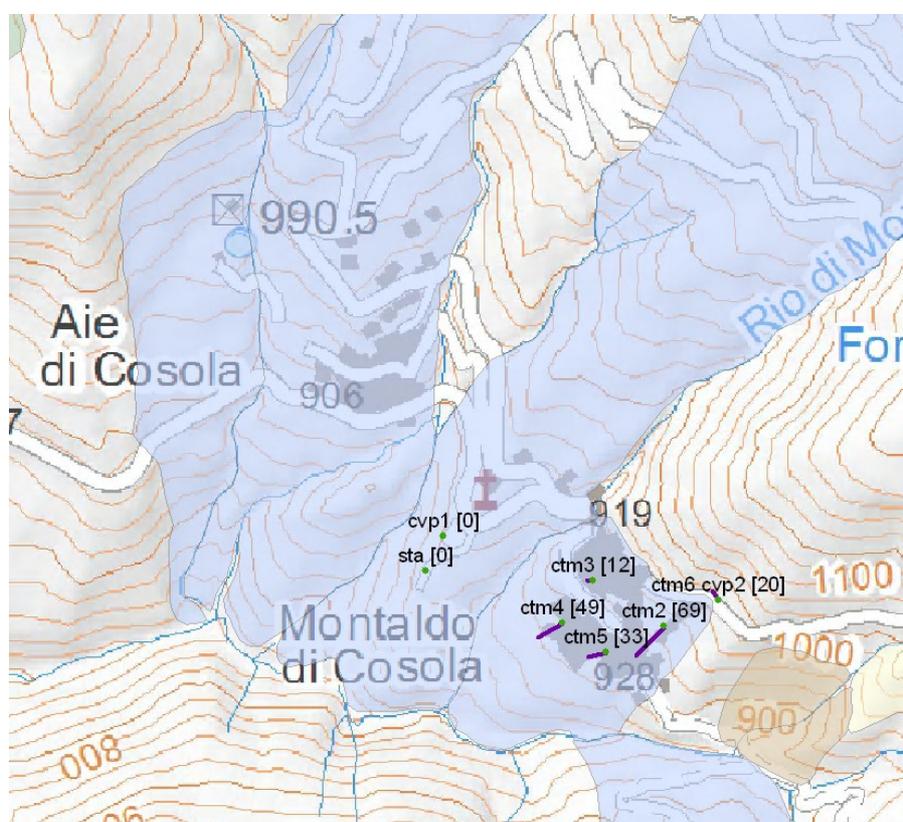


Figura 5.31: sistema topografico di Montaldo - vettori spostamento per il periodo marzo 2006 - aprile 2010, movimento in mm indicato tra le parentesi quadre

Tabella 5.3 - Movimenti topografico periodo marzo 2006 - aprile 2010

punto	delta X (mm)	delta Y (mm)	delta Z (mm)	R(xy) (mm)	Azimuth (°N)	Vel media (mm/y)
CTM1	Misura non effettuata a causa della vegetazione					
CTM2	-48	-50	-75	69	224	16,7
CTM3	-11	2	10	12	282	2,9
CTM4	-43	-24	10	49	241	11,8
CTM5	-32	-7	-14	33	257	8,0
CTM6	-11	17	56	20	329	4,8

Per quanto concerne gli spostamenti verticali non si rilevano valori degni di nota se non per i punti CTM2 e CTM6 che denotano valori anomali.

Nel 2008 la ditta CTEemme ha installato un nuovo sistema topografico con 2 punti di stazione nei pressi della chiesa di Montaldo al fine di controllare sia l'abitato di Aie che l'abitato di Montaldo di Cosola.

Sono stati complessivamente predisposti i perni di aggancio per n°26 capisaldi topografici (prismi di lettura) suddivisi nel seguente modo:

- Aie di Cosola: 3 punti di riferimento esterni all'area in movimento e 10 punti di controllo posizionati all'interno dell'area in movimento;
- Montaldo di Cosola: 4 punti di riferimento esterni all'area in movimento e 9 punti di controllo posizionati all'interno dell'area in movimento.

Lo scopo di tale nuova installazione è di sorveglianza e di verifica dei dati provenienti da altre strumentazioni in caso di eventi e/o situazioni che richiedano l'attivazione di procedure di protezione civile sia per il territorio sia per la salvaguardia e messa in sicurezza della popolazione. I prismi di Aie e Montaldo sono stati installati in corrispondenza principalmente degli edifici dei due abitati per verificarne spostamenti e/o deformazioni che possono innescarsi in seguito all'attivazione di fenomeni franosi. Tale sistema non è mai stato impiegato.

## 6 Pericolosità e rischio

Il versante lungo il quale sorgono le frazioni Montaldo ed Aie di Cosola è storicamente interessato da fenomeni franosi complessi, con componenti di colamento e di scivolamento rotazionale. L'estensione, la profondità e le caratteristiche di tali fenomeni si scontrano con le possibilità di "sistemazioni definitive" dei versanti, di fatto impossibili. Gli interventi realizzati, di tipo sia strutturale che non strutturale, possono pertanto essere visti come interventi di mitigazione generale del rischio.

Di particolare interesse un documento redatto dalla CITIEMME, 2006, *Integrazione del piano di protezione civile mediante procedure di sorveglianza e monitoraggio strumentale*"

Lo studio prevede quattro parti: 1) analisi territoriale; 2) monitoraggio e telesorveglianza; 3) ricostruzione dei meccanismi di dissesto e valutazione del rischio; 4) procedure di gestione delle crisi; a seguito dell'incontro avvenuto in comune ci è stato consegnato dalla CTEemme anche una successiva 5 fase del documento "analisi nuovi dati strumentali e taratura del sistema". Lo studio fu commissionato dal Comune alla CITIEMME sulla base di un finanziamento regionale erogato dal Settore Protezione Civile. Per quanto rilevato nel corso della riunione presso il Comune di Cabella, il 21/7/2010, il Comune e gli altri suoi progettisti ignoravano l'esistenza di tale studio.

### 6.1 Interventi realizzati

Per mitigare gli effetti della dinamica torrentizia, al fine di una maggiore stabilizzazione dei versanti e a protezione degli insediamenti e delle infrastrutture, si sono resi necessari alcuni interventi lungo le aste torrentizie. Al fine di diminuire l'intensa attività erosiva dei corsi d'acqua, sono state realizzate numerose briglie nei rii secondari affluenti del Torrente Cosorella. Gli attraversamenti (ponti, tombinature, ecc.) sono stati nel tempo rifatti e adeguati alle portate storiche dei corsi d'acqua. In particolare:

- Lungo il Torrente Cosorella, a SE del concentrico di Montaldo, si trova un ponte a valle della confluenza tra Rio Tovaglia e Rio Carpi. Subito a monte il ponte è protetto da una traversa, a sua volta protetta da una gabbionata in massi posta a valle in sinistra orografica. Oltre alla citata traversa, ne sono state rilevate due sole altre in c.a.: la prima a quota 850 m ca., la seconda immediatamente a valle della confluenza con il Rio di Montaldo.
- Lungo il Rio di Montaldo a quota 1270 m ca. l'attraversamento della S.P.140 è realizzato mediante un tombino in c.a. a sezione rettangolare; la pendenza a valle della strada è mitigata dalla presenza di n° 2 briglie filtranti. L'attraversamento dell'abitato nei pressi dell'Albergo Ponte avviene tramite una canalizzazione in cemento, a cielo aperto nella parte a monte e a sezione chiusa nell'attraversamento della piazzetta, per una lunghezza complessiva di circa 50 m. Le opere risultano sufficienti allo smaltimento delle portate straordinarie. Data l'elevata pendenza dell'alveo e la tipologia costruttiva delle canalizzazioni, si osserva un profilo di corrente veloce in concomitanza con le piene a tempi di ritorno più elevati, ma il fenomeno è mitigato verso valle dalla presenza di un sistema di tre briglie filtranti e quattro in c.a., che modificano pesantemente la geometria dell'alveo, diminuendone la pendenza. Nel tratto distale, poco prima della confluenza nel T. Cosorella, sono state costruite tre briglie filtranti seguite più a valle da altrettante briglie in c.a.. Immediatamente a valle della confluenza con il Torrente Cosorella è posta una ulteriore

traversa in c.a..

- Il Rio delle Aie presenta una forte pendenza con conseguenti problemi di erosione in parte mitigati da un sistema di briglie. A quota 1060 m ca. il Rio attraversa la S.P. mediante un ponte in c.a. a sezione rettangolare. Le spalle del ponte sono protette da due ali in elementi prefabbricati; a monte della strada sono presenti due briglie filtranti; per limitare l'erosione spondale, in destra, sono state realizzate opere di ingegneria naturalistica, già parzialmente asportate. Il Rio delle Aie incrocia altre due volte la S.P. mediante tombature: quella intermedia, posta a NE dell'abitato di Aie, è realizzata in c.a. a sezione rettangolare, quella di valle, a SE del concentrico, tramite un *tubosider* a sezione circolare.
- L'attività torrentizia del Rio Arbarcio, caratterizzato da accentuata pendenza e dalla presenza di materiali sciolti, richiede opere finalizzate alla mitigazione dell'erosione ed alla riduzione del trasporto solido. Il settore che manifesta le maggiori problematiche corrisponde al tratto compreso tra l'attraversamento della strada che conduce al Centro Sportivo Comunale (ponte in c.a. con luce a sezione circolare tramite *tubosider*) e lo sbocco nel T. Cosorella. In corrispondenza del Centro Sportivo, a protezione dello stesso, è posta una traversa in c.a. con associato muro di sponda in destra. A seguire, sono state costruite 2 briglie filtranti in elementi prefabbricati, poste immediatamente a valle del guado della Strada vicinale S. Agata. A protezione della stessa, in sponda sinistra, sono state realizzate opere di ingegneria naturalistica, parzialmente erose e attualmente inefficaci. A protezione dell'attraversamento della provinciale, costituito da un *tubosider* del diametro di circa 2.9 m, sono state posizionate opere di riduzione della pendenza dell'alveo, costituite da un complesso di briglie filtranti (due a monte e tre a valle). La strada attraversa le sponde in erosione del Rio Arbarcio mediante mensole tirantate.

Non risulta siano mai stati effettuati interventi di manutenzione né che esista un piano di manutenzione delle opere sopraindicate.

Le condizioni generali degli interventi appaiono buone per cui le opere sembrerebbero svolgere le funzioni previste da progetto con una certa efficacia, ovvero limitando l'erosione al piede che rappresenta verosimilmente uno dei principali "motori" del fenomeno franoso osservato.

Negli anni passati, apparentemente in più riprese, nell'abitato di Montaldo sono state realizzate opere di raccolta, canalizzazione e smaltimento delle acque pluviali. Tale tipologia di interventi è in assoluto la più remunerativa dal punto di vista dell'analisi costi-benefici. Ancorché forse bisognosa di manutenzione ed integrazione la rete di smaltimento appare in buono stato complessivo. Non risulta comunque esistere un piano di manutenzione.

A protezione della S.P. 140 sono presenti numerose reti di contenimento passivo. A parziale contenimento dei dissesti, provocati sulle strutture dai movimenti gravitativi in atto, sono state realizzate opere di difesa attiva e passiva. Nel concentrico di Montaldo sono stati costruiti muri di contenimento con tiranti attivi, che hanno in parte contribuito a limitare le lesioni strutturali degli edifici.

Nell'ambito delle opere di consolidamento dell'abitato di Montaldo di Cosola, è stato realizzato un sistema di drenaggio profondo delle acque (figura 36), i cui lavori sono terminati nell'estate 2007. Esso consiste in

20 aste drenanti sub orizzontali di lunghezza compresa tra 120 e 135 m, realizzati con la tecnica “*directional drilling*”, che confluiscono in complessive 5 piazzole attrezzate con muro di testata in pietrame e al piede canaletta di raccolta semicircolare in lamiera zincata; i collettori conferiscono l’acqua ad un sistema di misuratori di portata, inseriti nell’ambito del sistema di monitoraggio dell’area.

Secondo quanto riferito dal progettista Ing. Marengo, le perforazioni per le canne drenanti avrebbero intercettato nella parte iniziale depositi fini verosimilmente poco permeabili e nella parte medio-terminale depositi grossolani permeabili più o meno saturi. Tali elementi farebbero presupporre una efficace azione drenante da parte del sistema, con “svuotamento” di settori saturi posti sotto l’abitato.

Nello studio CTEemme, 2006, si effettua un’analisi delle risposte del sistema di monitoraggio agli interventi di drenaggio. Per quanto riguarda il sistema piezometrico, se due piezometri sembrano aver reagito positivamente all’azione di drenaggio, con un calo della falda, altri hanno addirittura segnalato innalzamenti della falda stessa. Nello studio, le valutazioni relative alle analisi piezometriche sono indicate come “*preliminari ed approssimative*”.

Presso lo scarico dei dreni furono realizzati, nel 2003, quattro misuratori di portata. Uno di essi (MQ C) è sempre risultato asciutto, gli altri sembrano rispondere in maniera molto rapida alle precipitazioni giornaliere. In un altro punto dello studio CTMemme (fase 3, e fase 5) si riporta come siano “... *da escludere correlazioni significative tra eventi meteorici e il comportamento delle acque sotterranee*”. Il periodo di osservazione è considerato, nello studio, troppo breve per poter fornire risultanze attendibili; il sistema, inoltre, non risulta comunque essere stato sollecitato, in tale periodo, da eventi meteorologici importanti.

Le conclusioni dello studio (fase 3, e fase 5) ritengono che, nel complesso e pur con la brevità delle serie storiche di dati prese in esame, il sistema di drenaggio abbia positivamente influito sui meccanismi di stabilità, funzionando con meccanismi di “troppo pieno” che impediscono alle falde di superare determinate soglie.

Chi scrive il presente documento, pur condividendo in linea di massima le considerazioni riportate nello studio CTEemme, ritiene che, al momento, la scarsità della serie di dati disponibili, renda impossibile dare una risposta chiara ed univoca al quesito relativo all’efficacia del sistema drenante. Una ripresa delle misure e la compilazione di una base dati storica potrà permettere più precise valutazioni.

L’analisi è complicata dal fatto che l’efficacia degli interventi andrebbe valutata nel suo insieme, includendo ovvero anche gli interventi lungo gli impluvi e gli interventi di canalizzazione delle acque superficiali.

Un punto critico degli interventi di drenaggio è rappresentato dagli aspetti relativi alla manutenzione in quanto, come rilevato nel corso dei sopralluoghi e delle riunioni presso il Comune, nel 2010:

- non sono mai stati effettuati interventi di manutenzione;
- non esiste un piano di manutenzione;
- una manutenzione delle canne drenanti sarebbe ostacolata dal fatto che le stesse non sono singolarmente ispezionabili. Tali canne, a gruppi di quattro o cinque, convergono in un unico pozzetto interrato, dal quale parte un tubo di scarico al termine del quale è posto un misuratore di portata;

- per ispezionare le singole canne drenanti sarebbe necessario effettuare uno scavo in corrispondenza della testata di ciascun gruppo (circa 1.5 m), realizzare un tombino e ricostruire poi il tutto;
- tali punti di potenziale ispezione sono tutti ubicati in proprietà privata; per quanto riferito dal Comune non vi sono servitù di alcun genere, ma solo accordi bonari (verosimilmente verbali) con i privati proprietari.

## **6.2 Possibile evoluzione del fenomeno (scenari)**

La frana di Montaldo presenta evidenti indizi di movimento in atto; lo scorrimento avviene a profondità variabili e il corpo franoso è composto da tre settori a diverso comportamento:

- settentrionale, (monitorato da I5) con un movimento indipendente dalla pluviometria e velocità estremamente basse;
- intermedio, con un comportamento pulsante e relativamente più irregolare (forse dovuto alla presenza di uno sperone sepolto del substrato), correlabile con le precipitazioni;
- meridionale, in evidente stato deformativo (profondità di scorrimento comprese tra 30 e 36 m) svincolato dalle precipitazioni.

Per quanto riguarda il movimento di Aie, non è stata rilevata una chiara correlazione piogge-movimenti; allo stato attuale tale dissesto risulta essere in fase semi-quiescente (spostamenti di poco superiori o uguali all'errore strumentale degli inclinometri installati).

Le caratteristiche del fenomeno analizzate permettono di ipotizzare una evoluzione futura con dinamiche paragonabili a quelli attuali, con velocità di spostamento lente e meccanismi di colamento. In occasione di piogge intense e/o prolungate o di stagioni molto nevose è possibile che si manifestino accelerazioni del movimento che, data la vastità del fenomeno, avverrebbero comunque con un certo ritardo temporale. Tale ritardo non è quantificabile in quanto, dacché il fenomeno è monitorato, non è stato soggetto ad eventi meteorologici importanti comparabili con quello del settembre 1993.

Allo stato attuale, tra le due porzioni di frana più attive (Montaldo e Aie di Cosola) si trova una zona attualmente quiescente ove sorgono la chiesa e il cimitero. Nel caso di accelerazioni delle porzioni più attive, è possibile, anche in tale settore, una riattivazione delle dislocazioni.

Oltre a dislocazioni che coinvolgano l'intero ammasso roccioso, appaiono possibili attivazioni di fenomeni locali più superficiali a sviluppo rapido legati ad eventi di pioggia brevi e intensi quali:

- crolli di materiale lapideo per distacco dalle pareti a monte del concentrico di Montaldo;
- colate rapide per fluidificazione della copertura (*mud-flow*) lungo il versante a monte del concentrico di Montaldo;
- colate per fluidificazione della copertura e/o crolli di materiale lapideo per distacco dalle pareti sui fianchi delle incisioni torrentizie.

Oltre alle dinamiche di versante sopra citate, le aste torrentizie minori nell'area potranno sviluppare processi quali:

- erosioni spondali e di fondo dei Rii Arbarcio, delle Aie, di Montaldo, degli Orti e del Torrente Cosorella a valle dei concentrici abitati;
- onde di piena e trasporto solido (*debris flow*) lungo i suddetti corsi d'acqua.

### **6.3 Elementi esposti**

La Tabella 6.1 riassume i principali elementi esposti. Vedi anche gli allegati 1 e 2, Uso del suolo e Dati demografici.

**Tabella 6.1 - principali elementi esposti**

<b>Elemento</b>	<b>Tipo Elemento</b>	<b>Tipo rischio</b>	<b>Descrizione</b>
Montaldo e Aie di Cosola	Centro abitato rurale	Diretto	
Costruzioni intermedie	Edifici sparsi	Indiretto	Chiesa, cimitero, ex scuole
Infrastrutture viarie	S.P	Diretto	
Opere di presa acquedotti consortili	Vasche di carico	Diretto	
Opere di presa acquedotto AMIAS S.p.A.	Tubazioni, impianto di potabilizzazione	Diretto	
Elettrodotta		Diretto	
Pascoli estivi		Diretto	
Frazione Capanne di Cosola e località afferenti	Centro abitato rurale	Indiretto	
Porzioni a valle dell'area in oggetto	vari	Indiretto	Infrastrutture viarie, edifici sparsi

## **7 Bibliografia**

- Comune di Cabella Ligure - Movimento franoso in località Montaldo di Cosola, alluvione novembre 1994 - Indagine e monitoraggi I lotto - Relazione tecnica computo metrico estimativo 1996
- Comune di Cabella Ligure - Indagini Geognostiche Movimento franoso in località Montaldo di Cosola, alluvione novembre 1994, 1997 C.S.G. s.r.l
- Comune di Cabella Ligure - Movimento franoso in località Montaldo di Cosola, alluvione novembre 2004 - Completamento monitoraggi - Relazione tecnica, 2000
- Comune di Cabella Ligure, località Aie e Montaldo di Cosola, integrazione del piano di protezione civile mediante procedure di sorveglianza e monitoraggio strumentale 2006-2007 CTEemme
- Comune di Cabella Ligure - indagini geognostiche propedeutiche ai lavori di sistemazione versante in frazione Aie di Cosola 2006 CTEemme
- Comune di Cabella Ligure, lavori di consolidamento abitato di Montaldo di Cosola- opere di drenaggio profondo integrazione degli interventi monitoraggio inclino metrico e piezometrico 2007-2008 CTEemme
- Comune di Cabella Ligure, indagine geologica per verifiche di compatibilità idraulica ed idrogeologica del P.A.I, relazione geologico- tecnica rev. 05/2007 a seguito pareri 4° Tavolo Tecnico, 2009 Studio Tecnico Foglino
- Comune di Cabella Ligure, interventi di consolidamento abitato di Montaldo di Cosola- opere di drenaggio profondo –integrazione degli interventi, 2007-2008 Tuberga, Marengo, Rabajoli