

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.  
Dipartimento di Geoscienze

TESI DI LAUREA MAGISTRALE IN  
GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA

**APPLICAZIONI DI INTERFEROMETRIA  
RADAR SATELLITARE PER  
L'AGGIORNAMENTO DEI FENOMENI  
FRANOSI IN VENETO**

*Relatore: Prof. Mario Floris*

*Correlatore: Dott. Enrico Busnardo*

*Laureando: Alessandro Viganò*

ANNO ACCADEMICO 2012/2013











# Indice

<b>Introduzione.....</b>	<b>8</b>
<b>1. Area in studio: Regione Veneto.....</b>	<b>12</b>
1.1 Inquadramento geologico regionale .....	12
1.2 Tettonica .....	14
1.3 Morfologia e lineamenti geomorfologici regionali .....	15
1.4 Inquadramento idrogeologico .....	17
<b>2. Classificazione delle frane .....</b>	<b>19</b>
2.1 Frane: Aspetti generali.....	19
2.2 Materiali interessati dalla frana .....	20
2.3 Elementi di un movimento franoso .....	21
2.4 La classificazione di Varnes.....	23
2.5 Velocità del movimento franoso e volumi interessati .....	30
2.6 Cause e frequenza dei fenomeni franosi .....	32
<b>3. Fenomeni franosi in Veneto.....</b>	<b>36</b>
3.1 Caratteri della franosità regionale.....	36
3.2 Progetto IFFI (Veneto).....	43
<b>4. Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale .....</b>	<b>46</b>
4.1 Il SAR e l'interferometria .....	46
4.2 Tecnica interferometrica: Permanent Scatterers.....	47
4.3 Applicazioni interferometriche ai fenomeni franosi .....	50
4.4 Contributo dell'analisi interferometria e sue potenzialità.....	51

<b>5.</b>	<b>Inquadramento Regionale dei dati interferometrici .....</b>	<b>57</b>
5.1	Applicazione della metodologia.....	57
5.2	Statistiche sui PS nel Veneto .....	78
5.3	Statistiche a livello Provinciale.....	88
5.4	Risultati .....	137
<b>6.</b>	<b>Analisi degli eventi franosi nel Comune di Chiampo .....</b>	<b>142</b>
6.1	Generalità.....	142
6.2	Caratteri geologici della valle del Chiampo .....	143
6.3	Acquiferi sotterranei.....	144
6.4	Cave e discariche .....	146
6.5	Alluvione del 31 ottobre 2010 .....	149
6.6	Stato di attività dei fenomeni franosi nel Comune di Chiampo .....	151
6.7	Risultati .....	215
<b>7.</b>	<b>Conclusioni .....</b>	<b>216</b>
	<b>Bibliografia.....</b>	<b>223</b>
	<b>Sitografia .....</b>	<b>225</b>
	<b>Allegato.....</b>	<b>225</b>

## Introduzione

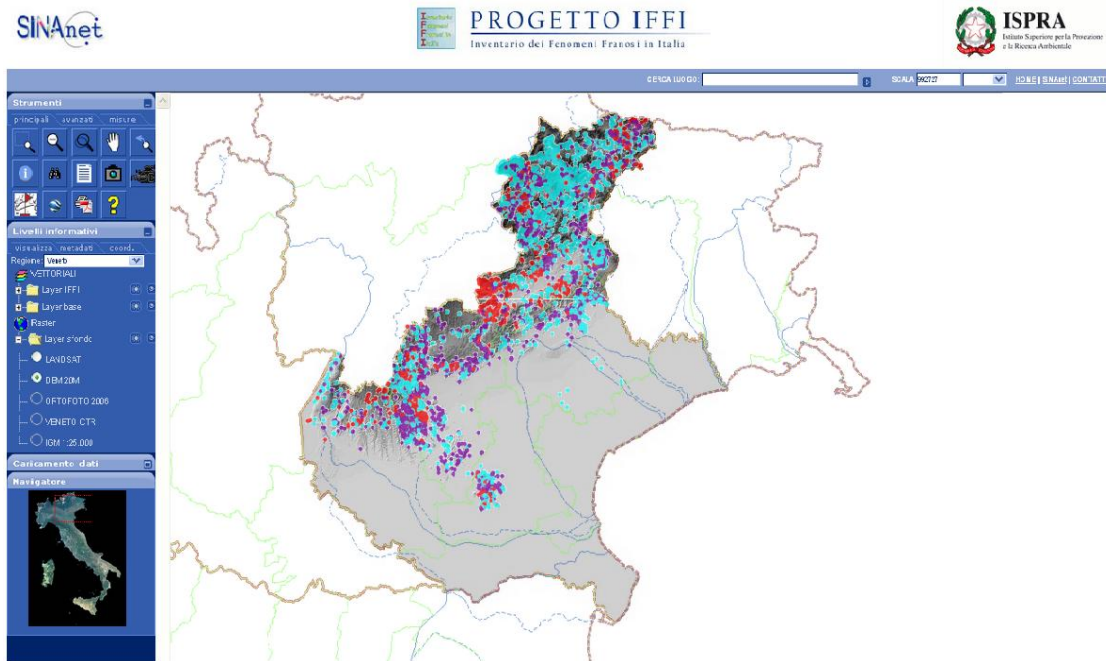
I fenomeni franosi sono ampiamente diffusi in tutto il mondo e interessano con particolare intensità l'intero territorio nazionale, essi sono le calamità naturali che si ripetono con maggiore frequenza e, dopo i terremoti, causano il maggior numero di vittime e di danni a centri abitati, infrastrutture, beni ambientali, storici e culturali. Al 31 dicembre 2006 le frane catalogate nel Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) erano 480 mila, interessando una superficie complessiva di circa 20 mila Km<sup>2</sup> pari al 6,6 % del territorio italiano. Prima dell'avvio del Progetto IFFI, gli inventari esistenti, non sempre informatizzati, utilizzavano scale di rilevamento differenti, schede di censimento e modalità di rappresentazione cartografica dei fenomeni non omogenee. Pertanto, risulta fondamentale cartografare i fenomeni franosi presenti sul territorio, interessato da interventi di pianificazione o progettazione, con lo scopo di chiarire ed evidenziare, ove possibile, il ruolo e l'incidenza dei fattori che intervengono come cause di evoluzione dei dissesti e che determinano le alterazioni degli equilibri naturali di un versante. In figura A è possibile vedere i danni che ha comportato un fenomeno di crollo sulla barriera paramassi, avvenuto il 14/10/2012 in cima al Monte Baldo.



**Figura A** Il Monte Baldo è un massiccio montuoso di altezza massima 2218 m compreso tra le province di Trento e Verona, nell'ottobre 2012 si è verificato un fenomeno di crollo che ha sfondato le barriere paramassi. (Sopralluogo del 19/10/2012 in collaborazione con la Regione del Veneto – Direzione Difesa del Suolo).

La comunicazione e la diffusione delle informazioni sui fenomeni franosi alle amministrazioni pubbliche e ai cittadini riveste grande importanza ai fini della prevenzione del rischio da frana. Contribuisce da un lato a far acquisire alla popolazione una maggior consapevolezza delle condizioni di rischio del territorio in cui vive, rendendo più facile l'accettazione e il rispetto dei vincoli e portando i singoli individui a riflettere su dove risiedere, acquistare beni immobili e localizzare nuove attività economiche, dall'altro permette agli enti pubblici di effettuare una corretta pianificazione territoriale, urbanistica e per la programmazione degli interventi di difesa del suolo. Il Progetto IFFI, finanziato nel 1997 dal Comitato dei Ministri per la Difesa del Suolo con 4,1 milioni di Euro, è nato con lo scopo di fornire un quadro completo della distribuzione dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale. Costituisce, nell'ambito della raccolta e standardizzazione dei dati geologici e geotematici, una delle attività strategiche del Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia dell'APAT (oggi ISPRA), insieme alla Cartografia Geologica d'Italia a scala 1:50.000 (CARG) e al Repertorio Nazionale degli interventi per la difesa del Suolo (ReNDIS). Nell'attuazione del Progetto IFFI sono coinvolte, oltre al Dipartimento Difesa del Suolo che una funzione di indirizzo e coordinamento delle attività, le Regioni e le Province Autonome con il ruolo di raccolta e archiviazione dei fenomeni franosi. La collaborazione tra il Dipartimento e le strutture regionali è risultata vincente per diversi aspetti, è stata creata infatti una rete nazionale di condivisione e scambio di informazioni, metodologie e procedure. Sono stati inoltre costituiti gruppi di lavoro regionali specializzati nell'analisi del dissesto da frana e nell'informatizzazione, che hanno raggiunto una conoscenza dettagliata del proprio territorio operando a stretto contatto con le amministrazioni locali. Nel 2004 il Dipartimento Difesa del Suolo ha stanziato un ulteriore finanziamento per l'integrazione e l'aggiornamento della banca dati che ha consentito di ottenere una conoscenza di maggior dettaglio e una più elevata omogeneità dei dati sul territorio nazionale. L'integrazione e l'aggiornamento periodico della banca dati del Progetto IFFI è di fondamentale importanza perché tale strumento non perda la sua efficacia nel tempo. L'attività di comunicazione e la diffusione delle informazioni sulle frane alle amministrazioni nazionali e locali, agli enti di ricerca, ai soggetti pubblici e privati di gestione delle reti infrastrutturali, ai tecnici operanti nel settore della difesa del suolo e ai singoli abitanti è particolarmente importante per la mitigazione del rischio da frana in Italia. A tale scopo l'APAT ha realizzato il sito web del Progetto IFFI ([www.sinanet.apat.it/progettoiffi](http://www.sinanet.apat.it/progettoiffi)) che illustra i risultati ottenuti. Attraverso una navigazione semplice e intuitiva, l'utente che accede al sito può visualizzare le frane, l'urbanizzato sul territorio nazionale (Progetto Corine Land Cover 2000), il tracciato stradale e ferroviario, i

fiumi, il modello digitale del terreno ombreggiato (DTM 20 x 20 m), le immagini da satellite (Landsat) e la Carta topografica IGM 1:25 000. Può inoltre effettuare ricerche geografiche per comune o località, interrogare la banca dati acquisendo informazioni sulle frane e visualizzare documenti, foto e filmati. Il Sito Web, visibile nella figura B, attivo dal 2005, ha registrato nell'ultimo anno oltre 20 mila visitatori con trend in aumento dal 2005.



**Figura B Fenomeni franosi censiti in Veneto ([www.sinanet.apat.it/progettoiffi](http://www.sinanet.apat.it/progettoiffi)).**

I fenomeni di instabilità sono dei processi complessi, dovuti a molti fattori interconnessi, che necessitano di diversi approcci per essere investigati a fondo. Un aiuto può essere fornito dall'utilizzo delle tecniche avanzate di interferometria radar satellitare, la quale permette di valutare l'andamento temporale delle deformazioni su alcuni punti, o zone, della superficie terrestre. Analizzando le serie di immagini SAR (Synthetic Aperture RADAR), è possibile stimare le velocità di spostamento e ricostruire una serie temporale continua di alcune componenti del campo di deformazione a terra, a partire dal 1992 fino al 2010, grazie all'utilizzo dei dati acquisiti dai satelliti Ers 1, Ers 2 ed Envisat. L'importanza delle immagini satellitari nello studio dei movimenti di versante consiste proprio nella possibilità di osservare con elevata frequenza i fenomeni franosi, laddove non esistono monitoraggi e, di conseguenza, stimare la loro evoluzione spaziale e temporale (distribuzione e stato di attività). Nei primi quattro capitoli si sono introdotte le definizioni principali e i concetti cardine per la comprensione degli eventi franosi e l'utilità della tecnica interferometrica, portando alla luce anche i limiti di questa metodologia di lavoro.

Nel capitolo 5 si incrociano i dati esistenti delle frane nel Veneto, prese dal catalogo IFFI, con i dati interferometrici, messi a disposizione dal Ministero dell’Ambiente, per esprimere quantitativamente gli spostamenti che tale tecnica riesce a intercettare. Nel capitolo 6 si sono valutati gli stati di attività dei fenomeni franosi censiti nel Comune di Chiampo. Nel capitolo conclusivo vengono espressi i risultati dello studio eseguito, comprendendo se i dati interferometrici acquisiti dai satelliti Ers 1, Ers 2 (1992-2000) ed Envisat (2003-2010), sono in grado di fornire informazioni utili per l’identificazione e caratterizzazione dei fenomeni franosi.

# 1. Area in studio: Regione Veneto

## 1.1 Inquadramento geologico regionale

La Regione Veneto è interamente compresa all'interno del dominio tettonico del Sudalpino caratterizzato da unità di copertura poggianti su un basamento pre-permiano costituito da prevalenti filladi con minori metavulcaniti e metabasiti. Le rocce di basamento affiorano in tre aree di modesta estensione: Agordino e Comelico nel Bellunese e nei dintorni di Recoaro nel Vicentino. La successione di copertura inizia nel Permiano con un conglomerato e una potente sequenza vulcanica rappresentata dalle vulcaniti della Piattaforma Porfirica Atesina che in Veneto affiora soltanto in aree molto limitate (valli del Biois e del Mis) lungo il confine con la provincia di Trento. La successione continua con la formazione continentale delle Arenarie di Val Gardena e con i depositi carbonatico-evaporitico della Formazione a Bellerophon affiorante con maggior continuità nell'Agordino ed in Centro Cadore. Il Trias è largamente diffuso in tutto il Bellunese e nell'area di Recoaro. La successione comincia con sedimenti di mare basso terrigeno-carbonatici, la formazione di Werfen, a cui segue nell'Anisico il Gruppo di Braies, costituito da un gran numero di litotipi di origine variabile da continentale a marina profonda. Questi depositi sono eteropici con corpi di piattaforma carbonatica (Dolomia del serla, Formazione del Contrin). Il Ladinico è rappresentato dal Gruppo di Buchenstein e dal sovrastante Gruppo di Wengen. Entrambi sono caratterizzati da depositi bacinali carbonatici, arenarie torbiditiche e vulcanoclastiti con livelli tufitici, la Pietra Verde, legati al ciclo magmatico medio-triassico. Le formazioni bacinali del Gruppo di Buchenstein sono eteropiche con le piattaforme carbonatiche della Dolomia dello Sciliar in Dolomiti e con i Calcari del Monte Spitz nell'area del Recoarese. Il Carnico inizia con le piattaforme carbonatiche della Dolomia Cassiana isolata da bacini di mare più profondo colmati da depositi torbiditici della Formazione di San Cassiano. La riduzione dell'attività tettonica che avviene a partire dal Carnico superiore permette l'instaurarsi di condizioni deposizionali relativamente omogenee in tutta l'area del Veneto. Ciò si riflette nella deposizione di formazioni con notevole estensione laterale e spessori relativamente costanti. La sequenza inizia con il Gruppo di Raibl, sottile unità di arenarie e peliti varicolori con subordinati gessi a cui si sovrappone la Dolomia Principale, formazione norico-retica di notevole spessore che affiora estesamente nel Bellunese e nel Vicentino (Val d'Astico). Nel Giurassico inizia una nuova fase tettonica distensiva che smembra la



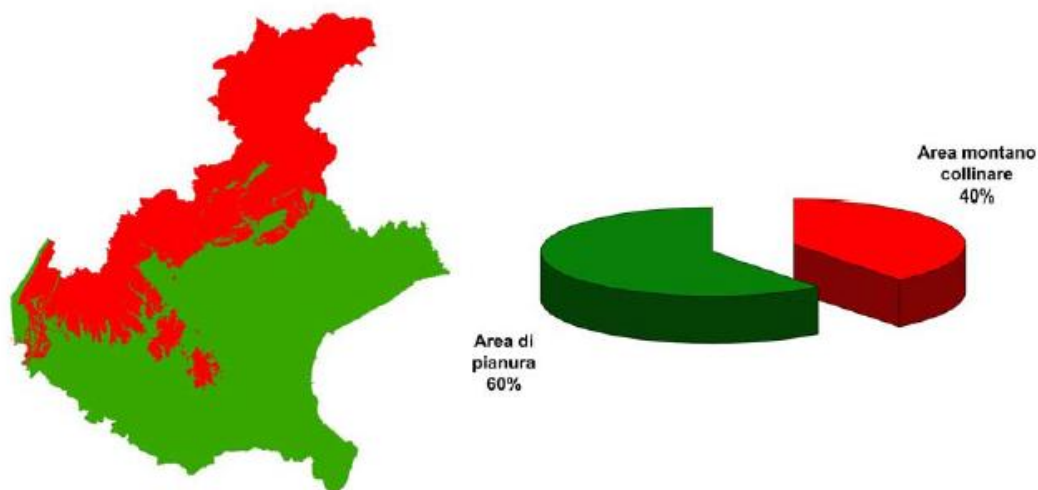
piana di marea dove si depositava la Dolomia principale in 3 settori a tasso di subsidenza differente. Da Ovest verso Est si distinguono l'alto strutturale della piattaforma di Trento, corrispondente all'area compresa tra il Garda ed il Monte Grappa, il Bacino Bellunese a sedimentazione pelagica e la Piattaforma Friulana rappresentata soltanto nell'altopiano del Cansiglio, al margine Est della Regione. Il Lias inizia con la deposizione ad Ovest dei Calcari Grigi che verso Est si raccordano ai sedimenti carbonatici bacinali della Formazione di Soverzene e della Formazione di Igne. Nel Dogger la formazione del Rosso Ammonitico segna lo sprofondamento generalizzato della Piattaforma di Trento mentre ad Est continua la sedimentazione pelagica con frequenti torbiditi oolitiche provenienti dalla adiacente Piattaforma Friulana (Calcere del Vajont). Al limite Giurassico-Cretaceo la piattaforma di Trento ed il bacino Bellunese formano un'unica area bacinale dove si depositano le micriti pelagiche del Biancone affioranti con particolare estensione nell'Altopiano di Asiago e nel Veronese (Monti Lessini e Garda). In prossimità della Piattaforma Friulana il Biancone è sostituito da depositi pelagici con diffuse intercalazioni di torbiditi bioclastiche (Calcere di Soccher) che derivano dallo smantellamento delle unità di scogliera del Calcere del Cellina e del Calcere del Monte Cavallo. In quest'ultima la sedimentazione di piattaforma prosegue per tutto il Cretaceo ed il Paleocene. La successione mesozoica termina con la Scaglia Rossa, caratterizzata da calcari selciferi di facies pelagica. Condizioni bacinali si osservano anche all'inizio del Terziario (formazioni della Scaglia Variegata e della Scaglia Cinerea) a cui si sovrappongono nell'Eocene i sedimenti torbiditici del Flysch Bellunese presente soprattutto in Valbelluna ed in Alpago. A questi seguono, dopo una lacuna stratigrafica, i depositi di età miocenica della Molassa subalpina presenti lungo la fascia pedemontana che va da Bassano del Grappa a Vittorio Veneto. Il Terziario è caratterizzato da importanti manifestazioni vulcaniche a chimismo bimodale. Da una parte abbiamo i basalti che occupano il graben eocenico dell'Alpone-Chiampo e quello oligocenico del Marosticano (entrambi in provincia di Vicenza), dall'altra le vulcaniti a carattere intermedio-acido (latiti e rioliti) presenti nei Colli Euganei. Nella prima area ai basalti sono associati depositi carbonatici di ambiente prevalentemente neritico (Calcari Nummulitici), nella seconda sedimenti di natura bacinale (Marne Euganee). I depositi quaternari realmente rilevanti sono quelli che formano l'anfiteatro morenico del lago di Garda e, ad Est, il più modesto deposito glaciale formato dall'antico ghiacciaio che occupava la Valle Lapisina, nella zona di Vittorio Veneto.

## 1.2 Tettonica

La strutturazione della parte veneta della catena alpina è legata essenzialmente a fasi deformative di età terziaria collegate quindi al regime collisionale che ha portato alla chiusura dell'Oceano Tetideo ed alla formazione delle Alpi. La prima fase tettonica di età eocenica media e superiore produsse sovrascorrimenti e pieghe con vergenza ad WSW. La direzione di trasporto di questa prima fase deformativa è coerente con quella della catena dinarica. A questa fase è da riferire il sistema di faglie sub verticali a direzione NW-SE conosciuto con il nome di Sistema Scledense. La seconda fase tettonica si colloca tra il Miocene superiore ed il Pliocene ed ha prodotto una serie di sovrascorrimenti a direzione ENE-WSW con direzione di trasporto prevalente verso Sud. A questa si riferiscono la Linea della Valsugana e la flessura pedemontana che, tra Bassano e Valdobbiadene, sottolinea il contatto tra i rilievi alpini e l'alta pianura veneta. Notevole importanza ha anche il sistema di accavallamenti a direzione NNE-SSW osservabile soprattutto nel settore occidentale della Regione e conosciuto con il nome di Fascio Giudicariense. Ad esso è imputabile l'orientazione del lago di Garda e della adiacente valle dell'Adige. L'ultima fase deformativa iniziata nel Pliocene e tuttora attiva ha prodotto un'ulteriore raccorciamento delle falde con la formazione di un altro importante sovrascorrimento a direzione NE-SW sepolto nell'alta pianura veneta ( il Sovrascorrimento di Aviano). All'interno delle Alpi venete si possono riconoscere tre aree meno deformate: il settore lessineo compreso tra il Fascio Giudicariense ad Ovest e la Linea Schio-Vicenza ad Est (Sistema Scledense), l'altopiano di Asiago, e infine il Sinclinorio Dolomitico che corrisponde al cuore delle Dolomiti delimitano a Nord dal Lineamento Periadriatico, ad Ovest dal fascio Giudicariense e a Sud-Est dalla Linea della Valsugana.

### 1.3 Morfologia e lineamenti geomorfologici regionali

Dalla figura 1.1 è possibile notare che il territorio della Regione del Veneto è costituito per il 60% da terreni pianeggianti e per il 40% da terreni collinari o montuosi.



**Figura 1.1** Distribuzione delle aree montano-collinari e pianeggianti con relativa percentuale rispetto alla superficie totale regionale ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

Sulla base di quanto descritto nella Carta delle Unità Geomorfologiche, riportata in figura 1.2, il territorio regionale può essere suddiviso in diverse unità raggruppate in 2 insiemi principali: da un lato le forme a prevalente denudazione osservabili nei rilievi alpini e prealpini, dall'altro le forme a prevalente accumulo corrispondenti ai conoidi pedemontani ed alla pianura padano-veneta. In tale rappresentazione le unità geomorfologiche a prevalente denudazione vengono distinte a loro volta essenzialmente sulla base delle caratteristiche meccaniche delle rocce che le costituiscono. Nelle Dolomiti a monte della Valbelluna e nell'area di Recoaro-Schio vengono così individuate due unità: l'unità dei Rilievi montani infra-dolomitici e quella dei Massicci calcareo-dolomitici e vulcaniti del Trias alpino (1). Alla prima si riferiscono le forme a modellamento dolce impostatesi su rocce di basamento e su quelle arenaceo-marnose di età permo-triassica. Tali rocce bordano la base degli aspri rilievi responsabili del tipico paesaggio dolomitico. Tra questi possiamo citare i principali gruppi 8 montuosi delle Dolomiti (Gruppo del Sella, Cime di Lavedo, il Gruppo delle Pale di San Martino, Gruppo delle Tofane, Il Monte Pelmo), le Vette Feltrine e le Piccole Dolomiti Recoaresi. La fascia di rilievi che va dal Monte Baldo ad Ovest fino all'Altopiano del Cansiglio ad Est comprendendo i Monti Lessini, l'altopiano di Asiago, il Monte Grappa e la dorsale M. Cesen – Col Visentin, viene inserita all'interno dell'unità

Rilievi e altopiani prealpini della piattaforma strutturale carbonatica mesozoica (2). Si tratta di rilievi a morfologia meno articolata caratterizzati da un accentuato rimodellamento glaciale e diffuso carsismo. I Lessini Orientali (valli dei torrenti Alpone, Chiampo e Agno), i Monti Berici ed i Colli Euganei appartengono all'unità geomorfologica denominata: Rilievi collinari prealpini modellati su intrusioni ed effusioni paleovulcaniche terziarie (3). Quest'area è caratterizzata da una morfologia molto variabile dovuta alla forte differenza di erodibilità esistente tra rocce vulcaniche e intrusive a chimismo differente e l'irregolare copertura sedimentaria. La Fascia collinare subalpina dei depositi terrigeno neogenici (4) è un'altra unità a morfologia dolce e monotona riconosciuta nella fascia pedemontana estesa tra Thiene e Vittorio Veneto. Le forme a prevalente denudazione terminano con i rilievi a morfologia molto blanda e bassi tassi di erosione che formano l'anfiteatro morenico del Garda e di Rivoli Veronese (5). Le unità geomorfologiche a prevalente accumulo sono state distinte in funzione del tipo e del grado di attività dei processi fluviali e costieri che hanno modellato la pianura ed il litorale adriatico. L'unità dei Depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi e recenti (6) si riferisce alla fascia di alta pianura compresa tra Vicenza e Conegliano e limitata a sud dalla linea delle risorgive. E' formata da terreni grossolani a elevata permeabilità sede di importanti acquiferi. Verso Sud questa unità lascia spazio ai depositi fluviali a tessitura da sabbioso a ghiaiosa nella parte alta e limoso-argillosa in prossimità della costa. In questa area sono riconoscibili i paleoalvei derivanti dalla divagazione dei corsi d'acqua maggiori (7). Tra i fiumi Adige e Po si situa l'unità denominata "Fasce fluviali depresse e zone a deflusso difficoltoso" (8), formata da terreni fini a rilevante contenuto torboso, caratterizzata da dislivelli altimetrici ridotti e prossimità al piano campagna della falda freatica. La laguna di Venezia e l'area bonificata compresa tra questa ed il fiume Tagliamento sono inserite all'interno dell'unità "Depressioni lagunari del margine costiero" (9) la cui delicata dinamica morfologica dipende dall'azione erosiva del mare sui depositi di delta fluviale ed è stata, negli ultimi cento anni, fortemente influenzata dalla regimazione dei corsi d'acqua e dagli interventi antropici sul territorio (ad es. bonifiche). Lungo la stretta fascia costiera che va da Chioggia a Bibione si riconosce l'unità degli Apparati deltizi e forme di deposito marino (10) rappresentata da dune e cordoni litorali. In corrispondenza del delta del Po si osservano cordoni litorali nell'entroterra che testimoniano antiche linee di spiaggia. Nell'alta pianura i fiumi più importanti (da Ovest verso Est: Adige, Astico, Brenta e Piave) sono bordati da una fascia di esondazione a dinamica attiva (11).

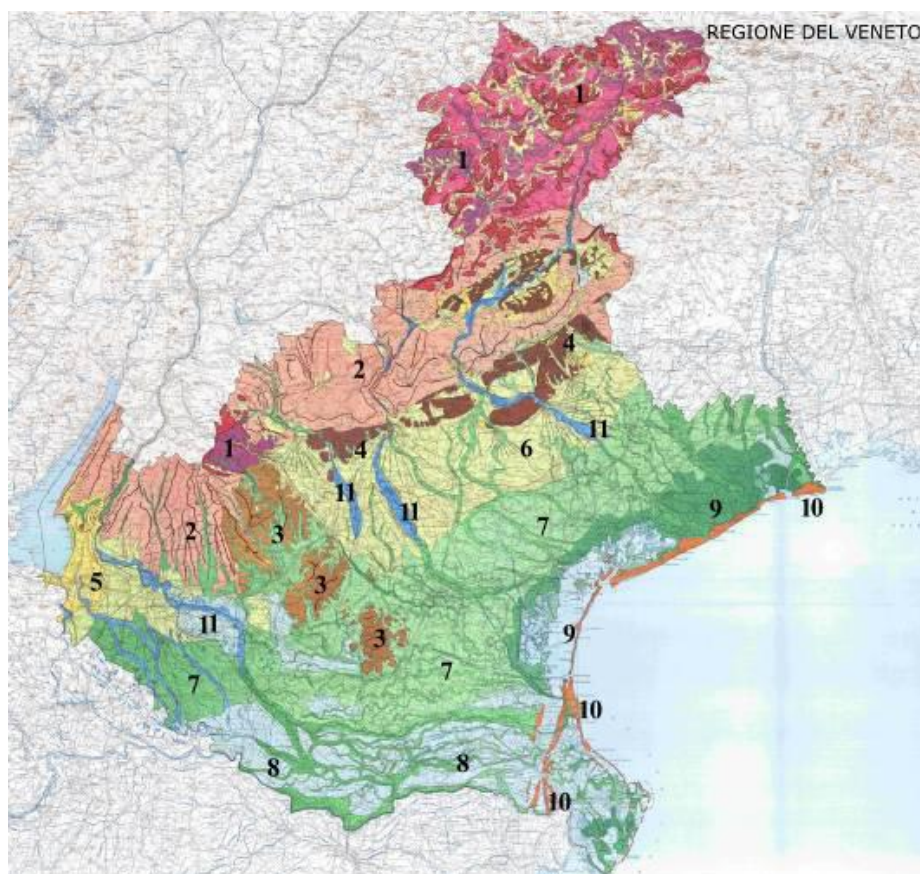


Figura 1.2 Carta Geomorfologica del Veneto. Legenda semplificata: 1) Rilievi montani infra-dolomitici e Massicci calcareo-dolomitici e vulcaniti del Trias alpino, 2) Rilievi e altipiani prealpini della piattaforma strutturale carbonatica mesozoica, 3) Rilievi collinari prealpini modellati su intrusioni ed effusioni paleovulcaniche terziarie, 4) Fascia collinare subalpina dei depositi terrigeno neogenici, 5) Rilievi collinari ed anfiteatri morenici, 6) Depositi fluvioglaciali e alluvionali antichi e recenti, 7) Depositi fluviali della pianura alluvionale recente e Fascia di divagazione delle aste fluviali attuali e recenti (Paleo-alvei), 8) Fasce fluviali depresse e zone a deflusso difficoltoso, 9) Depressioni lagunari del margine costiero, 10) Apparatî deltizi e forme di deposito marino, 11) Depositi mobili degli alvei fluviali attuali. (Carta delle Unità Geomorfologiche a scala 1:250.000, 1987).

#### 1.4 Inquadramento idrogeologico

La struttura generale della pianura veneta è ormai nota. Facendo riferimento ai classici schemi idrogeologici presenti nella figura 1.3, possiamo distinguere le tre fasce:

- “alta pianura” (acquifero indifferenziato - area di ricarica);
- “media pianura” (fascia delle falde artesiane);
- “bassa pianura” (falde a debole potenzialità).

L'alta pianura è la zona ai piedi dei rilievi montuosi, formata da conoidi alluvionali ghiaiose e permeabili, sovrapposte e compenstrate tra loro. Esiste un'unica potente falda freatica, ricaricata soprattutto dalle dispersioni dei fiumi e che alimenta il sistema multifalदे in pressione della media e bassa pianura.

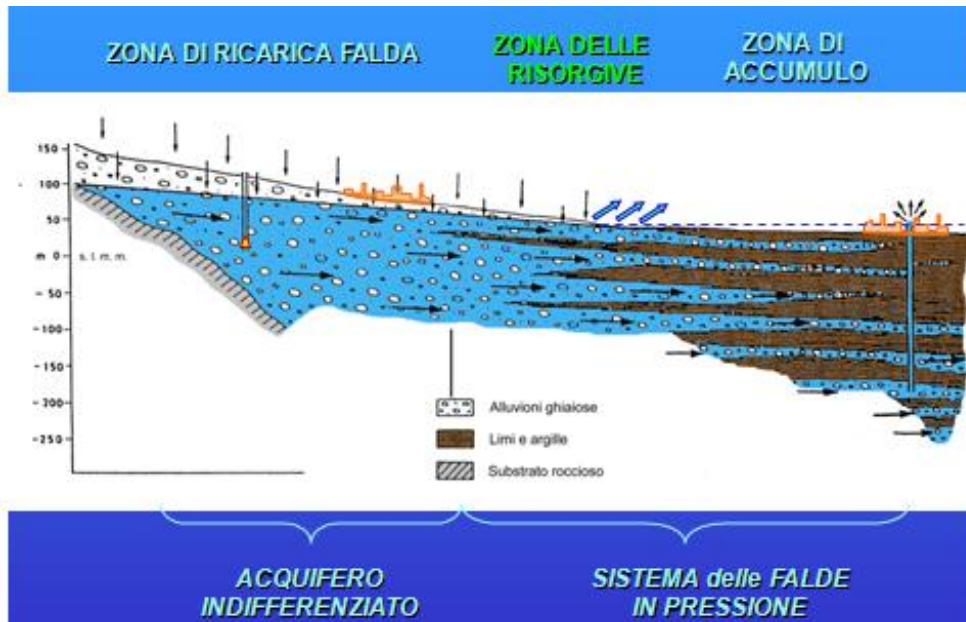


Figura 1.3 Modello idrogeologico dell'alta e media pianura veneta. La figura rappresenta una sezione-tipo con direzione Nord-Sud ([www.vicenzanatura.org](http://www.vicenzanatura.org)).

Scendendo verso sud diminuisce la granulometria dei depositi, che diventano ghiaioso-sabbiosi. Il passaggio da alta a media pianura è rapido e si manifesta con una geometria a digitazione dei materiali grossolani entro depositi fini limoso-argillosi. I letti ghiaiosi si esauriscono a differenti distanze, chiudendosi nei depositi impermeabili o poco permeabili. La struttura stratigrafica determina un sistema idrogeologico a più falde sovrapposte, indipendenti tra loro e in pressione, che a monte si collegano con il grande acquifero freatico. In superficie, la tavola d'acqua viene a giorno nei punti più depressi, in corrispondenza alla fascia delle risorgive. Nella bassa pianura la situazione idrogeologica è caratterizzata da un sistema a più falde sovrapposte e in pressione, a debole potenzialità, alloggiate nei materiali più permeabili (sabbie), separate da orizzonti di materiali argillosi praticamente impermeabili. Risulta sempre presente una falda superficiale di tipo freatico, la cui superficie è posta poco al di sotto del piano campagna. La questione idrogeologica relativa ai fenomeni franosi è importante perché molto spesso infiltrazioni di piogge nel sottosuolo possono rappresentare degli stimoli al versante, che inducono una risposta immediata in termini di instabilità del versante stesso.

## 2. Classificazione delle frane

### 2.1 Frane: Aspetti generali

Nonostante la definizione apparentemente semplice, i movimenti franosi sono fenomeni molto complessi, la cui classificazione risulta spesso incerta. Il sistema di classificazione più frequentemente adottato è quello proposto da Varnes nel 1978. I movimenti franosi sono dei fenomeni di massa coinvolgenti rocce, detriti o terre, attraverso i quali si manifesta tendenza, da parte di un corpo, al raggiungimento di un minimo di energia potenziale, (Varnes D.J.1978). Il distacco e il movimento dei volumi di roccia coinvolti, è sostenuto da un unico campo di forze: il campo di attrazione gravitazionale. Agli sforzi gravitativi, le rocce oppongono in generale una resistenza, che prende il nome di resistenza al taglio. Questa è determinata dalle forze di attrito meccanico che si generano lungo i piani di rottura e scorrimento, che possono essere espresse in termini di coefficiente di attrito interno, e dalle forze di legame tra gli elementi costituenti le rocce, in dipendenza di legami elettrostatici o cementazione di grani e matrice, che esprimono una proprietà meccanica, che in misura fortemente variabile, tutte le rocce possiedono: la coesione. L'attrito è la resistenza che un oggetto (un piccolo ciottolo, un grande masso, una casa, una porzione di una montagna) oppone al richiamo della gravità, che tenderebbe a trascinarlo il più in basso possibile, mentre la coesione è la forza che "tiene insieme" le particelle (cristalli, granuli, mattoni, strati di roccia) che costituiscono un oggetto o un materiale. Gli oggetti "geologici" (masse di terra, strati di rocce, versanti e pareti di montagne) si trovano quindi in una situazione di delicato equilibrio tra queste forze: quando la gravità diviene prevalente sulle altre due, allora l'oggetto, o la massa rocciosa, si muove verso il basso. Moltissimi sono, però, i fattori che possono intervenire, in modo naturale o per causa dell'uomo, a turbare questo delicato e instabile equilibrio, venendo a variare l'attrito o la coesione del materiale, o intervenendo sulla gravità, con variazioni di peso del materiale. Il tipo di movimento, il volume del materiale e la velocità del movimento dipendono proprio da questi fattori. Per ogni piano ipotetico di rottura, è possibile definire sforzi agenti, che tendono a deformare le rocce e sforzi resistenti che a questa deformazione, si oppongono. Il rapporto tra questi ultimi ed i primi, esprime il cosiddetto coefficiente di sicurezza che, con valore unitario, identifica le condizioni di equilibrio statico limite del versante. Per valutare le condizioni di equilibrio lungo una ipotetica superficie di rottura è dunque necessario caratterizzare le proprietà meccaniche dei volumi di roccia coinvolti. Le prove geotecniche di laboratorio

consentono di valutare i valori di coesione ed angolo di attrito di taglio di campioni indisturbati, prelevati sui versanti in studio. Inoltre le condizioni di equilibrio dipendono fortemente dalla presenza della fase acquosa all'interno del sottosuolo. Infatti, questa incrementa il peso dei volumi di roccia, diminuisce il valore di coesione e di angolo di attrito di taglio di alcune rocce, e soprattutto altera le condizioni di sforzo sui piani di scorrimento. In accordo con il principio delle tensioni effettive, qualsiasi incremento di pressione neutra nel sottosuolo, provoca una corrispondente diminuzione della tensione normale e, dunque, della resistenza al taglio.

## **2.2 Materiali interessati dalla frana**

Generalmente nella classificazione dei movimenti franosi risulta determinante il tipo di materiale coinvolto, con riferimento alle condizioni vigenti in sito prima del movimento. Si distinguono, quindi, tre classi principali:

### Roccia

È un aggregato naturale di grani minerali legati solidamente tra di loro (cementati). In genere le rocce sono interessate da piani di discontinuità (piani di rottura o piani caratterizzati da resistenze inferiori) che influenzano profondamente il comportamento meccanico dell'intero ammasso roccioso. In base alla maggiore o minore resistenza a compressione, si individuano come limiti estremi le rocce tenere e le rocce dure. Il modello meccanico che meglio descrive il comportamento di un ammasso roccioso è quello di "corpo rigido discontinuo" tipico della Meccanica delle Rocce.

### Terra

È un mezzo granulare multifase, in quanto è costituito da particelle distinte di grani minerali in contatto tra loro, negli interstizi (pori) tra i grani può essere presente sia l'acqua che l'aria. Qualora vi sia presente solo acqua si ha la condizione di terreno saturo ( $S=1$ ), invece, se è presente solo aria, si ha la condizione di terreno asciutto ( $S=0$ ). Il modello meccanico è quello usualmente adottato nella Meccanica delle Terre di "corpo continuo multifase".

### Detrito

È anch'esso un aggregato naturale di grani minerali e può presentare diversi gradi di cementazione tra gli elementi della matrice, può essere costituito da materiale prevalentemente grossolano (debris), in cui si hanno numerosi granuli (20-30%) con dimensioni maggiori dei 2 mm, oppure può essere costituito da materiale prevalentemente



fine (earth), in cui si hanno particelle (70-80%) di dimensioni minori dei 2 mm. Il detrito è difficilmente classificabile: dal punto di vista meccanico può ricadere nella classe delle rocce o delle terre a seconda dei casi. L'attribuzione del detrito ad una classe o all'altra va fatta in relazione alle condizioni fisico-meccaniche che si presentano di volta in volta.

## **2.3 Elementi di un movimento franoso**

### Caso dello Scivolamento Rotazionale

Per descrivere correttamente una frana è necessario utilizzare termini precisi ed univoci visualizzati in figura 2.1. Analizzando, ad esempio, il caso di una frana di tipo scorrimento rotazionale è possibile distinguere: una zona di scorrimento o distacco, nella quale il materiale mobilizzato si trova a quote inferiori rispetto a quelle dell'originaria superficie del versante e una zona di accumulo, nella quale il materiale mobilizzato può trovarsi ad una quota superiore rispetto a quella della superficie originaria del versante. Il materiale mobilizzato rappresenta il materiale che si è mosso rispetto alla propria posizione originaria e si è depositato più a valle. Viene suddiviso in corpo principale e in piede della frana.

Nella zona di distacco si possono riconoscere:

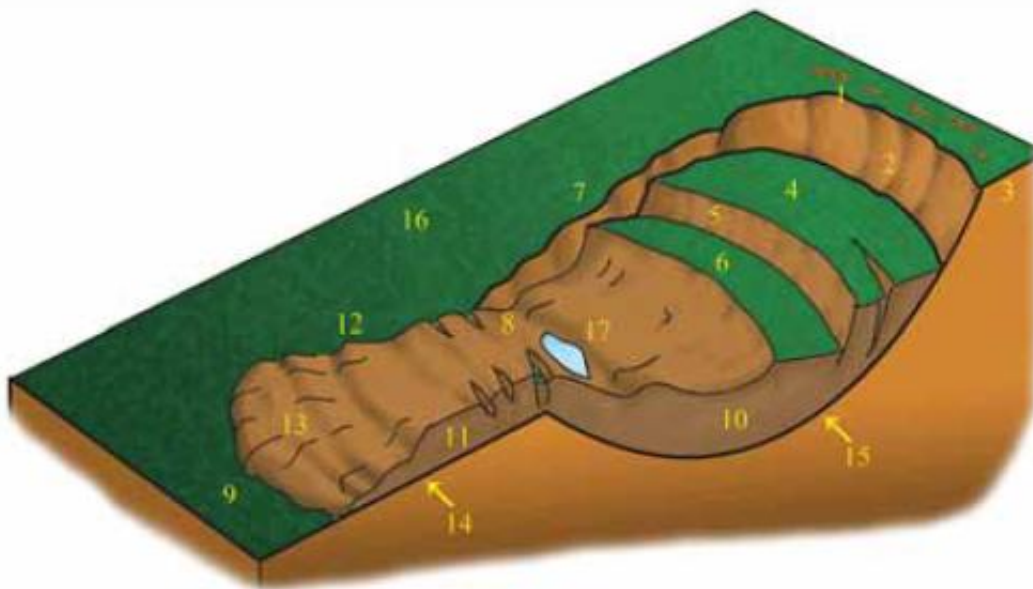
- la corona (crown): è costituita dal materiale non mobilizzato, adiacente alle porzioni più elevate della scarpata principale;
- la scarpata principale (main scarp): è la superficie generalmente ripida che delimita l'area, quasi indisturbata, circostante la parte sommitale della frana, generata dal movimento del materiale spostato. Rappresenta la parte visibile della superficie di rottura;
- la superficie di rottura (surface rupture): è la superficie lungo la quale è avvenuto il movimento, superficie che forma (o che formava) il limite inferiore del materiale spostato sotto la superficie originaria del versante. L'idealizzazione della superficie di rottura può essere definita superficie di scorrimento;
- il corpo principale (main body): è la porzione del corpo di frana che giace al di sopra della superficie di frattura ed è delimitata superiormente dalla scarpata principale e, inferiormente, dal piede della superficie di frattura;
- il punto sommitale (top): è il punto più alto del contatto fra materiale spostato e la scarpata principale;
- il fianco (flank): è il materiale non spostato adiacente ai margini della superficie di rottura. I fianchi possono essere identificati mediante l'azimut misurato con la bussola, oppure dai termini destro e sinistro, riferiti a chi guarda la frana dal coronamento.

Entro il corpo principale si possono distinguere:

- la testata (head): è la parte più alta della frana, al contatto con la scarpata principale;
- il punto sommitale della testata (top head): è il punto più alto della testata;
- le scarpate secondarie (minor scarp): sono superfici ripide che interrompono la continuità del materiale franato.

Nella zona di accumulo si possono distinguere:

- il piede (foot): è la porzione della frana che si è mossa oltre l'unghia della superficie di rottura e ricopre la superficie originaria del versante;
- Il punto inferiore (tip): è il punto dell'unghia situato a maggior distanza dal punto sommitale della frana;
- L'unghia (toe): margine inferiore, generalmente curvo, del materiale spostato della frana, situato alla maggior distanza dalla scarpata principale;
- L'unghia della superficie di rottura (toe of the rupture surface): intersezione (generalmente sepolta) fra la parte inferiore della "superficie di rottura" della frana e la superficie originaria del versante.



#### NOMENCLATURA

- |  |   |
|--|---|
| 1) Coronamento                               | 10) Corpo principale                            |
| 2) Scarpata principale o nicchia di distacco | 11) Piede                                       |
| 3) Fessure di trazione                       | 12) Rigonfiamenti trasversali                   |
| 4) Testata                                   | 13) Fessure longitudinali o radiali             |
| 5) Scarpata secondaria                       | 14) Superficie di separazione o di scorrimento  |
| 6) Gradino di frana                          | 15) Superficie di rottura o di scivolamento     |
| 7) Fianco destro                             | 16) Superficie originaria del versante          |
| 8) Fessure trasversali                       | 17) Area in contropendenza con ristagni d'acqua |
| 9) Unghia della frana                        |   |

Figura 2.1 Nomenclatura delle varie parti di un movimento franoso. ([www.eoearth.org](http://www.eoearth.org))

## 2.4 La classificazione di Varnes

Secondo l'approccio di Varnes (1978), si effettua la classificazione dei movimenti franosi in base al tipo di movimento della massa mobilitata ed al tipo di materiale interessato. Si individuano le superfici di collasso (di distacco o di scorrimento), che possono presentare andamento lineare, mistilineo, circolare o complesso, lungo le quali si è raggiunto il limite della resistenza al taglio esplicabile dal materiale in sito. Le classi individuate da Varnes (Tabella 2.1), con riferimento al tipo di movimento, sono 5:

Crollo, Ribaltamento, Scivolamento, Espansione Laterale, Colamento.

I movimenti tipo "scivolamento" possono essere ulteriormente distinti in:

Scivolamento Rotazionale - Scivolamento Traslativo

Quando in una stessa frana si manifestano 2 tipologie diverse di movimento si ha una frana di tipo Complesso.

### Classi

Tipo di Movimento		Tipo di materiale		
		ROCCIA <i>(Bedrock)</i>	DETRITO <i>(Debris)</i>	TERRA <i>(Earth)</i>
Crolli <i>(Falls)</i>		<i>Rock Fall</i>	<i>Debris Fall</i>	<i>Earth Fall</i>
Ribaltamenti <i>(Topples)</i>		<i>Rock Topple</i>	<i>Debris Topple</i>	<i>Earth Topple</i>
Scivolamenti <i>(Slides)</i>	Rotazionale <i>(Rotational)</i>	<i>Rock Slump</i>	<i>Debris Slump</i>	<i>Earth Slump</i>
	Traslativo <i>(Translational)</i>	<i>Rock Slide</i>	<i>Debris Slide</i>	<i>Earth Slide</i>
Espansioni Laterali <i>(Lateral Spreads)</i>		<i>Rock Spread</i>	<i>Debris Spread</i>	<i>Earth Spread</i>
Colamenti <i>(Flows)</i>		<i>Rock Flow</i>	<i>Debris Flow</i>	<i>Earth Flow</i>
Complessi <i>(Complex)</i>				

Tabella 2.1 – Classi individuate da Varnes, 1978. ([www.eoearth.org](http://www.eoearth.org))

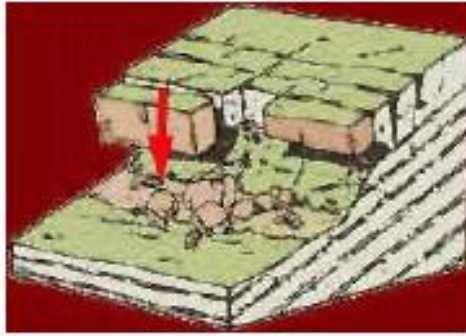
Nella terminologia IFFI ad ogni movimento è assegnato un codice identificativo come possiamo vedere dalla tabella 2.2.

Codice Identificativo IFFI	Tipo di Movimento
0	Non Definite
1	Crollo/Ribaltamento
2	Scivolamento Rotazionale/Traslatoivo
3	Espansione
4	Colamento lento
5	Colamento rapido
6	Sprofondamento
7	Complesso
8	DGPV
9	Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
10	Aree soggette a sprofondamenti diffusi
11	Aree soggette a frane superficiali diffuse

**Tabella 2.2 Codice IFFI per tipologia di movimento (cartanetiffi.dev.planetek.it - Dizionario/Classificazione).**

#### Crolli (Falls)

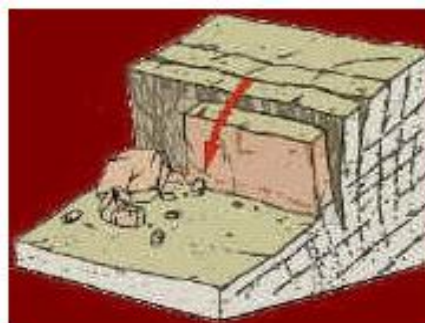
Sono dei fenomeni che iniziano con il distacco di roccia da un pendio acclive, lungo una superficie avente resistenza a taglio limitata o nulla (Figura 2.2). Generalmente si verificano in versanti interessati da discontinuità strutturali preesistenti (faglie e piani di stratificazione) o di neoformazione e sono caratterizzati da velocità abbastanza alte e scarsi segni premonitori, infatti, sono osservabili solo cedimenti nelle zone laterali dell'ammasso e piccole fessure superficiali. Cause innescanti per questo tipo di movimento sono tutti i meccanismi in grado di determinare la rottura dei contatti residui presenti su un sistema di piani di debolezza strutturale favorevolmente orientati quali: cicli di gelo e disgelo, scalzamento alla base del versante ad opera di alvei fluviali, azione sismica, pressione dell'acqua presente tra le discontinuità, azione degli apparati radicali della vegetazione. I fenomeni di tipo crollo sono tipici delle rocce lapidee in cui si sviluppa un sistema di superfici di rottura piane o leggermente curve; il materiale si muove generalmente per caduta libera nell'aria e con successivi rimbalzi e/o rotolamenti fino ad azzerare la propria energia cinetica. Nello studio dei fronti di crollo, importante è riuscire ad identificare le possibili aree di distacco definendo le eventuali dimensioni e la relativa forma dei massi instabili ed ipotizzando l'eventuale tragitto del masso lungo il versante.



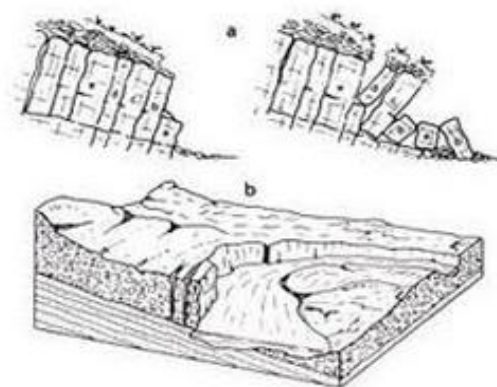
**Figura 2.2 Movimento franoso tipo crollo (www.provincia.bz.it).**

### Ribaltamenti (Topple o Toppling)

Sono fenomeni simili ai crolli e, generalmente, si verificano in versanti interessati a discontinuità strutturali preesistenti. Il ribaltamento comporta una rotazione (Figura 2.3) rigida frontale o un'inflexione di una massa intorno ad un punto o un asse situato al di sotto del baricentro della massa stessa. Questo movimento avviene in presenza di alcune famiglie di discontinuità, che possono essere sia sub verticali sia sub orizzontali (Figura 2.4a). Le superfici di discontinuità sono costituite generalmente da: giunti di stratificazione, piani di faglia, fratturazione tettonica, fessurazione di varia natura, piani di scistosità o di laminazione superfici di contatto tra materiali aventi caratteristiche geomeccaniche differenti. Il movimento non necessariamente implica il collasso del materiale coinvolto, qualora questo si verifichi segue il cinematismo di un crollo o di uno scivolamento. Il fenomeno può svilupparsi in tutti i tipi di materiali: rocce, detriti e terre. Questa tipologia di movimento può avvenire con velocità estremamente variabili, da molto lente a molto rapide, nel caso in cui culminino in un crollo improvviso. Le cause innescanti sono anche in questo caso i cicli di gelo e disgelo, lo scalzamento alla base ad opera di alvei fluviali (Figura 2.4b), l'azione sismica, e l'incremento della pressione dell'acqua presente tra le discontinuità. Le fratture presenti (faglie e piani di stratificazione) nelle zone superiori possono essere aperte oppure riempite da detrito o altro materiale.



**Figura 2.3 Movimento franoso tipo ribaltamento (www.provincia.bz.it).**



**Figura 2.4 a) Movimento franoso per ribaltamento dovuto a giaciture sub-verticali; b) Movimento franoso tipo ribaltamento dovuto allo scalzamento fluviale al piede (www.rischioidrogeologico.it).**

#### Scivolamenti rotazionali (Slump)

Sono movimenti, verso la base del versante di una massa di terreno o di roccia, in seguito al superamento della resistenza al taglio lungo una Superficie (superficie di scorrimento) o all'interno di una fascia in cui si ha che il fattore di sicurezza è inferiore all'unità ( $F_s < 1$ ). La superficie di rottura è arcuata con concavità rivolta verso l'alto, può essere di neoformazione o in parte preesistente. Alla superficie di scorrimento principale sono spesso associate altre superfici secondarie, scarpate e terrazzi di frana (Figura 2.5). Lo scorrimento di tipo rotazionale, quando si verifica in terreni incoerenti dotati di bassi valori di coesione, si presenta con delle superfici di scivolamento abbastanza superficiali con centri di rotazione molto distanti dal profilo del pendio. Al contrario, per i materiali a grana fina, dotati di maggiore coesione, si tende verso superfici di rottura più profonde, più arcuate e con centri di rotazione più vicini al profilo. Tale tipologia di fenomeni è ricorrente nei terreni sciolti e nelle rocce tenere. Influenti sono i valori delle pressioni neutre e delle possibili variazioni, la presenza di sovraccarichi lungo i pendii (come eventuali opere antropiche di recente realizzazione) e l'azione sismica.



**Figura 2.5 Movimento franoso tipo scivolamento rotazionale (www.provincia.bz.it).**

### Scivolamenti traslazionali (Slides)

Sono dei movimenti verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avvengono lungo una superficie di rottura ( $F_s < 1$ ) o entro una fascia sottile, di intensa deformazione di taglio e dalla forma piana più o meno ondulata. Si verificano su superfici di discontinuità preesistenti, con inclinazione eguale o inferiore a quella del versante (definito a franappoggio per distinguerlo da quello reggipoggio), nella quale la superficie ha un'inclinazione opposta al pendio: in un versante caratterizzato da discontinuità a franappoggio piuttosto che a reggipoggio, si ha maggiore probabilità che si inneschi un cinematisma di tipo scivolamento. Tale fenomeno è frequente in rocce stratificate, o in alternanze di rocce dalle caratteristiche fisico-meccaniche differenti. I fenomeni tipo scivolamento traslazionale sono evidenziati da fratture di trazione riscontrabili nella parte alta del versante (Figura 2.6).



**Figura 2.6 Movimento franoso tipo scivolamento (www.provincia.bz.it).**

### Colamenti (Flows)

I colamenti sono dei movimenti franosi distribuiti in maniera continua all'interno della massa spostata. Frequentemente il materiale in frana segue l'andamento di solchi di erosione, che ne costituiscono l'alveo. A valle, terminato il preesistente impluvio (zona di raccolta naturale delle acque superficiali), il cumulo di frana si distribuisce a ventaglio sulla porzione di raccordo tra il piede del versante e la successiva zona pianeggiante (Figura 2.7). Nel colamento si vengono a determinare superfici di taglio multiple e temporanee che, generalmente, non si conservano. La distribuzione delle velocità nella massa spostata è analoga a quella che si verifica in un fluido viscoso, presentando una velocità variabile da punto a punto nell'area di frana, in relazione alla pendenza del versante e al contenuto d'acqua della massa in movimento. Interessano aree molto estese, anche interi versanti, lungo i quali è possibile distinguere il bacino collettore o di alimentazione. I terreni interessati da questo tipo di frana sono: le zone alterate degli ammassi rocciosi, i terreni di origine alluvionale, i sedimenti a prevalente componente arenacea, sabbiosa (tipo piroclastici), argillosa e/o limosa, i cumuli di precedenti frane.





**Figura 2.7 movimenti franoso tipo colamento (www.provincia.bz.it).**

### Espansioni laterali (lateral spreads)

Si innesca prevalentemente quando una massa rocciosa lapidea e fratturata è sovrapposta ad una roccia meno resistente o ad un terreno sciolto ed in seguito all'estrusione ed allo spostamento di un livello del materiale sottostante, si verifica la subsidenza della massa fratturata. In genere, in tale tipologia di movimento, a differenza dei casi precedenti, lungo le superfici di rottura non si hanno valori elevati delle tensioni tangenziali (Figura 2.8). Cause di innesco sono l'incremento delle pressioni neutre o l'innalzamento del livello di falda. Le deformazioni possono avvenire su versanti con pendenze molto basse (e sono evidenziate dalla disarticolazione e suddivisione in blocchi della roccia sovrastante) o in terreni a grana fina, con diverso grado di sovraconsolidazione.



**Figura 2.8 Movimento franoso tipo espansione laterale (www.provincia.bz.it).**

### Complesso (complex)

Il movimento risulta dalla combinazione di due o più movimenti precedentemente descritti. Gran parte delle frane possono dirsi caratterizzate da movimento complesso, ma in molte di queste è anche possibile distinguere un movimento prevalente che, inquadrato in un preciso contesto geologico e morfo-strutturale dell'area, è quello che le caratterizza tipologicamente. In questo caso è opportuno classificare tali frane sulla base del movimento prevalente.



### Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DPGV)

La definizione di DGPV ha subito sostanziali modificazioni nel tempo e, ancora oggi, non ne esiste una unica a causa delle numerose variabili da cui tali deformazioni dipendono. Tuttavia, con questo termine, si intendono definire quei movimenti gravitativi che coinvolgono grandi volumi di roccia, i quali per tutta la fase che precede al collasso, presentano caratteri cinematici che possono essere definiti dalle relazioni tensione-deformazioni-tempo del tipo creep. Sono caratterizzati da una varietà di situazioni diverse, ma accomunate dalle seguenti caratteristiche:

- Il volume della massa coinvolta è dell'ordine di alcune centinaia di migliaia o più (anche milioni) di metri cubi;
- Lo spessore (interessato del dissesto) di alcune decine-centinaia di metri (la profondità minima è di 60 metri);
- Le estensioni in lunghezza e larghezza sono dell'ordine dei chilometri. Generalmente l'entità dello spostamento è piccola se confrontata alle dimensioni planimetriche del fenomeno;
- La massa rocciosa in deformazione, a differenza di quanto avviene nei fenomeni franosi superficiali, non necessita la presenza di una superficie o zona di rottura continua.

Nello stadio iniziale e intermedio le deformazioni seguono un comportamento meccanico denominato "creep gravitazionale", caratterizzato da deformazioni di taglio con una evoluzione molto lenta nel tempo, la cui velocità (molto piccola) è determinata principalmente dal comportamento reologico della roccia (cioè dal comportamento meccanico della stessa). L'importanza di questi fenomeni va crescendo con la plasticità e con il contenuto d'acqua, ma è anche determinata soprattutto dalle condizioni geologiche in cui essi si sviluppano. Le velocità vanno, da pochi millimetri a qualche centimetro l'anno, ma nello stadio finale possono raggiungere anche i 20 cm/annui, in tal caso si verifica il passaggio a fenomeni di creep con velocità di deformazione superiore fino ad arrivare alla rottura del versante (creep rupture). Le DGPV vengono riconosciute e studiate, principalmente, attraverso effetti di superficie particolari a cui sono associate. Dal punto di vista geomorfologico, le forme superficiali più tipiche e diffuse sono: doppie creste, contropendenze di versante, superfici di collasso immerse a franappoggio e rotture del pendio, che determinano scarpate rivolte verso valle. Caratteristiche sono le trincee e le fratture di trazione nei settori sommitali e rigonfiamenti nei settori basali. La maggior parte delle trincee ha una forma stretta e allungata con il fondo, spesso, riempito di materiale detritico con scarsa matrice. In alcuni casi le trincee assumono la forma a gradinata più o meno arcuata in pianta. In generale sembra che esista una netta corrispondenza tra le

famiglie di fratture e faglie presenti in un rilievo e le trincee, le quali tendono a disporsi parallelamente alla discontinuità. Per quanto concerne le geometrie strutturali profonde la loro ricostruzione e discriminazione da piani tettonici in senso stretto, risulta spesso problematica. Si tende, pertanto, ad ipotizzare una riutilizzazione delle discontinuità tettoniche da parte del movimento di massa con conseguente riadattamento di quest'ultime secondo geometrie a segmento di arco. Fino ad oggi sono stati classificati, essenzialmente, tre differenti tipi di DGPV: rock-fow, lateral spread e block slide.

## 2.5 Velocità del movimento franoso e volumi interessati

Per quanto concerne il fattore “velocità”, si fa riferimento alla scala di intensità dei fenomeni franosi descritta nella tabella 2.3, basata sulla velocità del movimento proposta da Cruden e Varnes (1996).

Classi di velocità (definizione da Cruden & Varnes, 1996)		Intervalli di velocità (considerati per la valutazione della pericolosità)
	Velocità tipica	
Estremamente rapida	5 m/sec	3
Molto rapida	3 m/min	
Rapida	1,8 m/hr	2
Moderata	13 m/mese	
Lenta	1,6 m/anno	
Molto lenta	16 mm/anno	
Estremamente lenta	< 16 mm/anno	1

Tabella 2.3 Matrice delle velocità ([www.regione.veneto.it/difesaelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesaelsuolo)).

Le classi di volume sono state ricavate dalla classificazione di Fell (1994). La classificazione basata sul diametro dei blocchi è stata derivata dal lavoro di Heinimann (1998). La severità geometrica, intesa come quantità di materiale coinvolto nel fenomeno, di un determinato movimento franoso è stata determinata in maniera differente per tre diverse categorie di frana: gli scivolamenti, le colate di detrito e/o terra ed i crolli/ribaltamenti. Mentre per i primi ed i secondi la severità è stata stimata sulla base del

volume del materiale spostato (Tabella 2.4 e Tabella 2.5), nel caso dei crolli o ribaltamenti si è proceduto ad una valutazione delle dimensioni dei blocchi caduti o potenzialmente movimentabili (Tabella 2.6).

INTENSITÀ	VOLUME
Molto debole	< 50 000 m <sup>3</sup>
Debole	50 000 ÷ 200 000 m <sup>3</sup>
Media	200 000 ÷ 500 000 m <sup>3</sup>
Forte	500 000 ÷ 1 000 000 m <sup>3</sup>
Molto forte	> 1 000 000 m <sup>3</sup>

**Tabella 2.4** Scala di intensità delle frane (scivolamenti), basata sul volume di massa spostata (Fell, 1994).

INTENSITÀ	VOLUME
Molto debole	< 5 000 m <sup>3</sup>
Debole	5 000 ÷ 10 000 m <sup>3</sup>
Media	10 000 ÷ 50 000 m <sup>3</sup>
Forte	50 000 ÷ 200 000 m <sup>3</sup>
Molto forte	> 200 000 m <sup>3</sup>

**Tabella 2.5** Scala di intensità delle frane (colate di detrito e/o terra) basata sul volume del materiale spostato (Fell, 1994).

INTENSITÀ	DIAMETRO DEI BLOCCHI
Molto debole	< 0,5 m
Debole	0,5 ÷ 2 m
Media	2 ÷ 5 m
Forte	5 ÷ 10 m
Molto forte	> 10 m

**Tabella 2.6** Scala di intensità delle frane (crolli e ribaltamenti) basata sul diametro dei blocchi caduti o potenzialmente movimentabili (Heinimann, 1998).

## 2.6 Cause e frequenza dei fenomeni franosi

Le cause dei fenomeni franosi possono essere suddivise in:

- predisponenti o strutturali, che rendono il territorio più o meno sensibile all'innesco di movimenti franosi;
- determinanti o occasionali, che provocano la rottura dello stato di equilibrio di un versante.

In entrambi i casi, esse possono essere naturali o artificiali, cioè favorite dall'antropizzazione del territorio.

### Cause predisponenti

Le cause strutturali sono quelle connesse ai fattori geologici, morfologici, idrogeologici, quali la forma e le dimensioni dei corpi geologici, i tipi litologici, la giacitura degli strati, lo stato di fatturazione, l'alterazione delle rocce e del suolo, la permeabilità, la pendenza dei versanti, ecc. Spesso una causa predisponente è costituita da combinazioni di vari fattori che rispondono a caratteri oggettivi dell'area studiata. Con questo si vuol dire che, ad esempio, la litologia è indubbiamente uno dei fattori scatenanti, ma diventa causa d'instabilità solo in determinate aree a determinate condizioni (ad esempio non è detto che le marne, o le pendenze eccessive siano destabilizzanti su tutte le aree). È quindi necessario realizzare un'accurata analisi geologica, strutturale e morfologica del territorio, evidenziando le aree soggette ad instabilità ed i fattori scatenanti. Alcune condizioni tipiche predisponenti sono costituite da:

- l'alternanza di litotipi argillosi ed arenacei, con giaciture ad elevata inclinazione, con caratteristiche fisico-meccaniche e permeabilità tra loro molto differenti;
- presenza e distanza da faglie e sovrascorrimenti, il parallelismo fra faglie, fratture e scarpate di frana;
- permeabilità dei terreni e condizioni idrogeologiche dei litotipi interessati dai fenomeni franosi;
- presenza di accumuli di frane preesistenti, costituiti da litotipi già mobilizzati che possiedono caratteristiche meccaniche più scadenti della roccia in posto e possono essere sede preferenziale di nuovi movimenti (riattivazione di paleo frane);
- presenza di depositi superficiali sciolti, poco addensati o poco coesivi, di origine detritica, colluviale o residuale;
- versanti con formazioni prevalentemente argillose, spesso a struttura caotica, intensamente scompagnate e commiste ad altre litologie, i cui minerali argillosi assorbono acqua degradandosi, con conseguente diminuzione della resistenza alle tensioni che la forza di

gravità esercita naturalmente sui versanti;

- presenza di rocce “tenere”, poco cementate e/o intensamente fratturate e/o recanti livelli plastici ad assetto sfavorevole rispetto ai pendii, lungo i quali si possono determinare scivolamenti. Intere porzioni di versante possono scivolare in blocco e successivamente disarticolarsi;
- reticolo idrografico in disequilibrio e quindi in erosione, che determina versanti eccessivamente acclivi in rapporto ai caratteri di resistenza delle rocce che li costituiscono;
- interventi antropici, che modificano uno stato di equilibrio precedente con disboscamento, opere edilizie, opere infrastrutturali e talora anche a carattere ambientale (briglie, ecc.), cave e miniere, e che determinano presupposti di dissesto a qualsiasi scala. A ciò si aggiungono pratiche colturali intensive e pascolo indiscriminato.

#### Cause determinanti

Le cause occasionali sono quelle che danno origine, in un particolare momento, all'alterazione degli equilibri naturali, in conseguenza della sfavorevole combinazione di più fattori. Rilevante, in questo caso, è l'azione delle precipitazioni con carattere di breve durata e notevole intensità. Alcune condizioni predisponenti sono costituite da:

- sviluppo dell'idrografia, uso del suolo;
- precipitazioni intense e/o prolungate e repentino scioglimento delle nevi. Si possono considerare due casi:
  - 1) Piogge intense e brevi (ore o giorni) danno luogo a frane superficiali e generalmente molto diffuse.
  - 2) Piogge con intensità nella norma stagionale, ma protratte, o comunque, distribuite con una certa frequenza ed intensità nell'arco di diverse decine di giorni, che determinano l'innescò di frane profonde. Per le frane profonde non è possibile stabilire una soglia di innescò generalizzata, ma bisogna valutarla caso per caso. Si arriva, al limite, alle grandi frane, con profondità dell'ordine del centinaio di metri, per le quali l'alternarsi delle fasi di attività e quiescenza è regolato dalle variazioni climatiche su periodi di diversi anni. Nella grande maggioranza dei casi, per le frane la cui profondità si attesta intorno a 15-25 metri, le condizioni “tipiche” di innescò, per esperienza, sono caratterizzate da un periodo di piogge persistenti (15-20 giorni), ma rientranti nella norma stagionale, a cui si aggiunge un evento di carattere eccezionale di breve durata (2-3 giorni);
- il ripetersi di cicli stagionali umidi-secchi provoca un continuo disequilibrio delle porzioni più superficiali dei versanti;
- terremoti di magnitudo superiore a 4: tale valore è stato stabilito da studi statunitensi, che

dispongono di una vasta casistica nella regione californiana circostante la nota “Faglia di Sant’Andrea”. L’innesco delle frane è determinato dalla “riposta sismica locale”, con magnitudo inferiori a 4 si possono avere particolari effetti di amplificazione che possono produrre intensità sismiche locali rilevanti.

#### Stato di attività

Lo stato di attività definisce, tramite informazioni di carattere geomorfologico, dendrogeomorfologico e storico, le caratteristiche dell’evoluzione temporale di un fenomeno franoso. Qui di seguito vengono definiti i significati dei vari termini utilizzati dal WP/WLI (Working Party on World Landslide Inventory, 1993):

- attiva (active): frana attualmente in movimento. Nel caso di aree soggette a crolli, ribaltamenti e sprofondamenti diffusi, il termine attivo potrà essere utilizzato qualora sia alta la frequenza temporale dei singoli fenomeni su tutta l’area.
- riattivata (reactivated): una frana che è di nuovo attiva dopo essere stata inattiva, le frane senza una ben documentata storia di precedenti movimenti potranno più semplicemente essere come “attive”.
- sospesa (suspended): se si è mossa entro l’ultimo ciclo stagionale ma non è attiva attualmente.

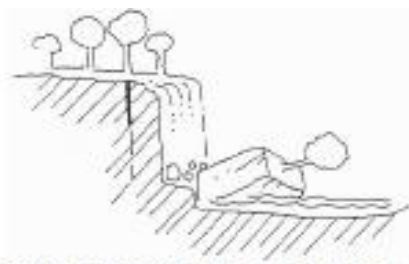
Se l’ultima fase di attività risale a prima dell’ultimo ciclo stagionale, la frana è da definirsi “inattiva”. Le frane inattive sono suddivise ulteriormente nelle seguenti sottoclassi:

- quiescente (dormant): se si ritiene possibile una sua riattivazione;
- naturalmente stabilizzata (abandoned): se non si ritiene possibile una sua riattivazione, in quanto protetta da fattori naturali;
- artificialmente stabilizzata (stabilized): se non si ritiene possibile una sua riattivazione, in quanto protetta con misure di stabilizzazione;
- relitta (relict): frana originatasi in condizioni geomorfologiche o climatiche considerevolmente diverse dalle attuali, di cui si ritiene impossibile una sua riattivazione per opera di quelle o di altre cause.

Nella Figura 2.9 è riportata una rappresentazione di una frana da ribaltamento con i diversi stati di attività elencati.



1) Movimento franoso *attivo*:  
l'erosione all'unghia del pendio  
causa il ribaltamento di un  
blocco.



2) Movimento franoso *sospeso*:  
fessurazione locale nel  
coronamento del ribaltamento.



3) Movimento franoso *riattivato*:  
un altro blocco ribalta, disturbando il  
materiale precedentemente spostato.



4) Movimento franoso *quiescente*:  
la massa spostata riprende la sua  
copertura vegetale, le scarpate sono  
modificate dalla degradazione meteorica



5) Movimento franoso  
*naturalmente stabilizzato*:  
la deposizione fluviale ha protetto l'unghia  
del pendio, la scarpata riprende la sua  
copertura vegetale.



6) Movimento franoso  
*artificialmente stabilizzato*:  
un muro protegge l'unghia del pendio



7) Movimento franoso *relietto*:  
si è stabilita una copertura vegetale uniforme

Figura 2.9 Frane da ribaltamento con diversi stati di attività (www.afs.enea.it).

### 3. Fenomeni franosi in Veneto

#### 3.1 Caratteri della franosità regionale

Le varie tipologie di frana si distribuiscono in maniera irregolare all'interno del territorio regionale, come visualizzato dalla figura 3.1, sia per la effettiva disponibilità di dati sia per la natura litologica del substrato coinvolto. I crolli costituiscono la principale tipologia di dissesto ove affiorano formazioni calcaree massive come ad esempio ai margini dell'Altopiano di Asiago, lungo la valle del Brenta (Vicenza) e sul fianco occidentale della dorsale del Monte Baldo che costituisce la sponda orientale del lago di Garda (Verona). Gli sprofondamenti interessano soprattutto i livelli gessiferi della formazione di Raibl e della Formazione a Bellerophon e sono stati osservati per lo più nell'Agordino (Belluno). Le aree soggette a sprofondamenti diffusi riguardano in preferenza depositi detritici formati localmente da elementi gessosi esposti a rapida dissoluzione. Gli sprofondamenti censiti sono soltanto quelli che interessano i centri abitati coerentemente con la filosofia dell'archivio mentre, al momento, non sono state prese in considerazione le forme di dissoluzione presenti negli altopiani calcarei (Asiago, Cansiglio, Vette Feltrine).

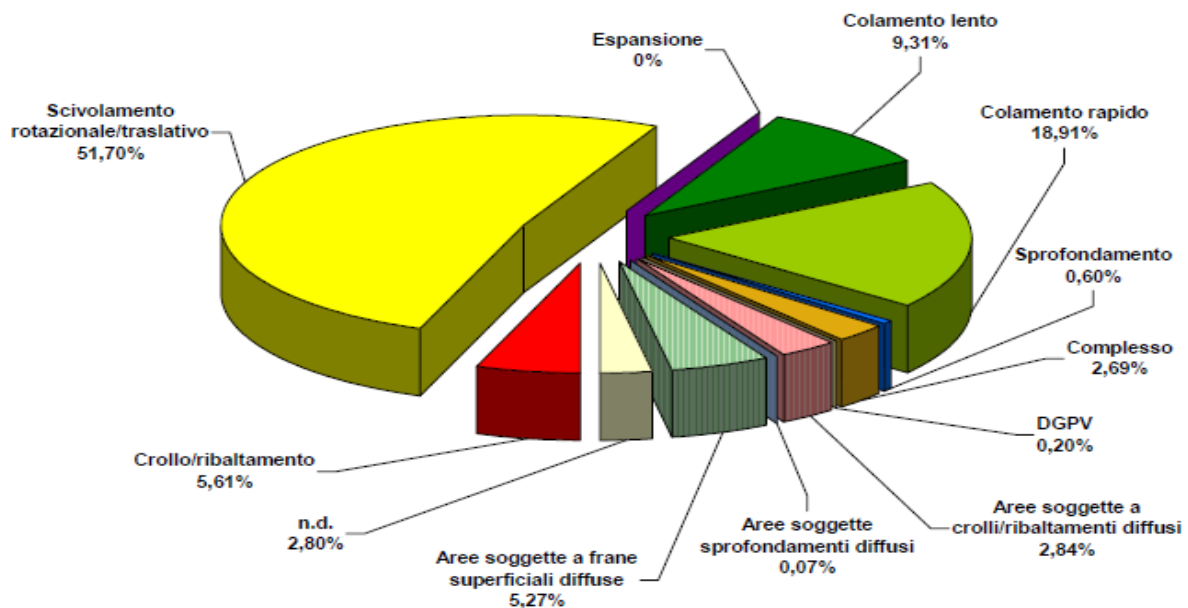


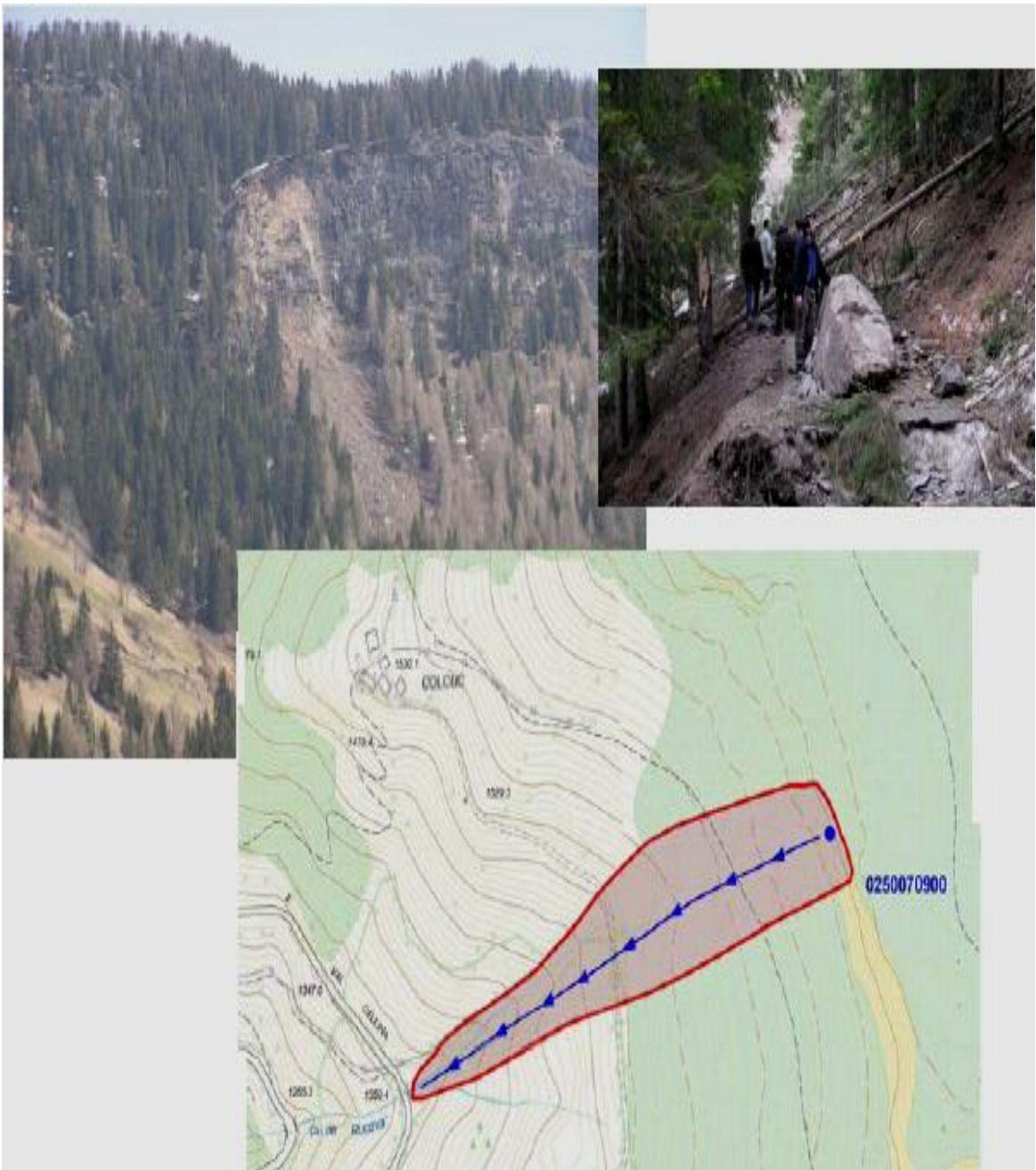
Figura 3.1 Percentuale delle frane per tipologia di movimento ([www.regione.veneto.it/difesa-del-suolo](http://www.regione.veneto.it/difesa-del-suolo)).



Di seguito vengono riportati alcuni esempi delle tipologie di frane presenti nel territorio regionale:

### Crollo

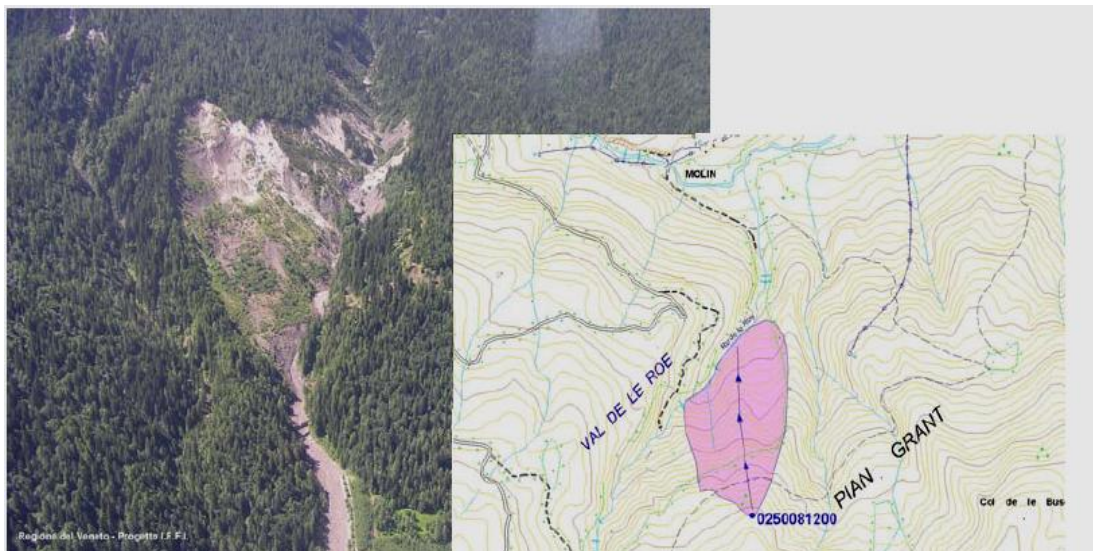
In figura 3.2 è mostrato un esempio di crollo che ha interessato la strada comunale che porta alla frazione di Colcuc in comune di Colle Santa Lucia (BL) avvenuto il 2 aprile 2004, ed il volume stimato è di qualche migliaio di m<sup>3</sup>.



**Figura 3.2** Panoramica della frana di Colcuc, particolare dei danni arrecati alla strada comunale dall'evento dell'aprile 2004 e perimetrazione su carta tecnica regionale in formato numerico dell'area interessata dall'evento sopra citato ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

### Scivolamento rotazionale

In figura 3.3 c'è la frana della località Ru delle Roe in comune di Zoldo Alto (BL) verificatasi il 31/01/1991. Il fenomeno franoso ha prodotto un accumulo di circa 80 ettari di materiale.



**Figura 3.3 Veduta della Frana di Ru delle Roe in comune di Zoldo Alto (BL) ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).**

### Scivolamento traslativo

In figura 3.4 è mostrato uno scivolamento traslativo nel bacino del Torrente Missiaga in comune di La Valle Agordina (BL) avvenuto nell'aprile del 2002. L'accumulo della frana ha parzialmente ostruito il corso del torrente Missiaga.



**Figura 3.4 Perimetro e relativa foto di una frana occorsa lungo il versante destro del Torrente Missiaga, comune di La Valle Agordina (BL) ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).**



### Colamenti lenti

In figura 3.5 è visualizzata la Frana di Borsoi, in comune di Tambre (BL), è un fenomeno franoso di tipo complesso in cui il movimento predominante è costituito da una lenta colata che giunge fino al sottostante alveo del Torrente Borsoia. Il fenomeno, che ha avuto due importanti riattivazioni nell'autunno del 2000 e nel periodo maggio-giugno del 2004, interessa nel suo complesso un volume di qualche milioni di m<sup>3</sup>.



**Figura 3.5 Foto da elicottero e relativa cartografia IFFI della frana di Borsoi (Tambre-BL) ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).**

### Colamenti rapidi

Lungo la valle del T. Boite nell'alto bellunese, sono diffusi fenomeni di colata detritica (debris flow) che interessano i ghiaioni posti al piede dei rilievi dolomitici. Tra questi si ricorda la colata detritica a Borca di Cadore (BL), visualizzata in figura 3.6.



**Fig.3.6 Viste del canalone che scende dal Monte Antelao attraversando l'abitato di Cancia a Borca di Cadore (BL) ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).**

### Sprofondamenti

Il crollo della volta di cavità sotterranee di origine antropica o naturale, di dimensioni tali da provocare un risentimento a livello campagna produce in superficie delle tipiche strutture chiamate camini di collasso (Sinkholes). Voltago Agordino (BL), illustrata in figura 3.7 è un esempio di sprofondamento lento legato a processi di dissoluzione di litotipi gessosi appartenenti alla Formazione a Bellerophon.



**Figura 3.7** Localizzazione su foto aerea di alcuni fenomeni di sprofondamento lento e particolare di uno di essi, Voltago Agordino (BL) ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

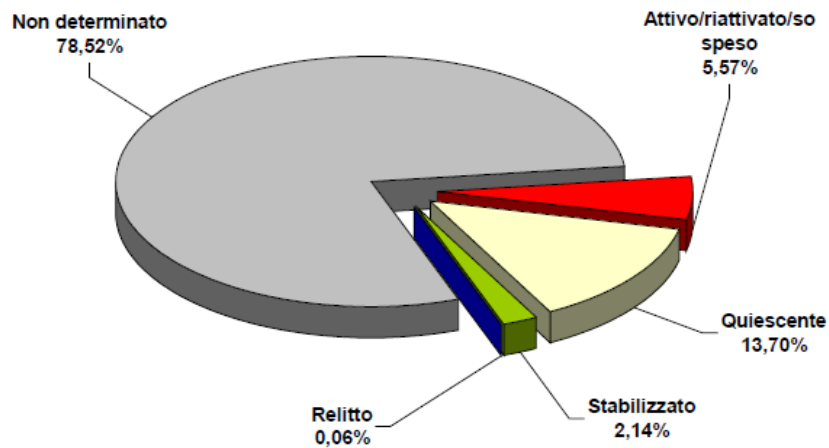
### Complesse

In figura 3.8 è mostrata la Frana del Tessina, posta alle falde del Monte Teverone, lambisce le frazioni di Funes e Lamosano in comune di Chies d'Alpago (BL), ed ha un volume superiore a 10 milioni di m<sup>3</sup>. Il fenomeno franoso è attivo dagli anni '60 ed è interessato da frequenti riattivazioni.



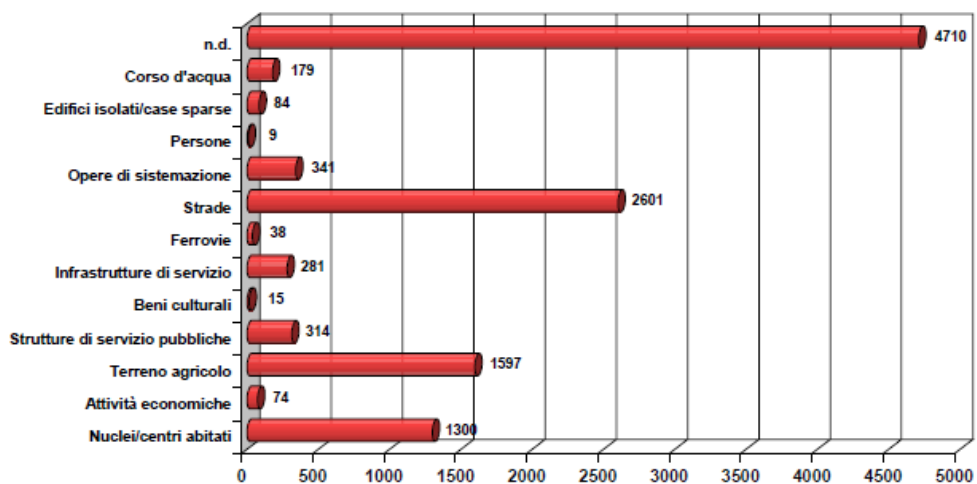
**Figura 3.8** Perimetrazione e foto della frana del Tessina – comune di Chies d'Alpago (BL). ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

Lo stato di attività delle frane censite in Veneto, visualizzato in figura 3.9 mostra una netta prevalenza di frane con attività non determinata. Questo deriva dalla procedura adottata, per la quale il valore “nd” è stato assegnato alle informazioni non supportate da elementi di valutazione esaustivi. Per questo motivo, quando le fonti hanno fornito informazioni generiche si è preferito non procedere alla determinazione di tale parametro, che rappresenta un elemento di valutazione delicato e soggettivo.



**Figura 3.9** Percentuale delle frane per stato di attività in Veneto ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

Come si può vedere dalla figura 3.10 gli elementi antropici che hanno subito i danni maggiori sono le strade (2601 segnalazioni di danno) seguite dai terreni agricoli (1597 frane) e da nuclei/centri abitati (1300 frane). Per 4710 fenomeni le notizie raccolte non hanno permesso una precisa individuazione della tipologia di danno prodotta dal fenomeno.



**Figura 3.10** Numero di frane per tipologia di danno ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

Su una superficie di oltre 18 mila Km<sup>2</sup> le zone interessate da frane raggiungono i 222,54 Km<sup>2</sup> per un rapporto tra area totale in frana rispetto all'area montano collinare del 3,06 %. Quest'ultimo valore, definito Indice di Franosità IF effettiva, ci fornisce un'idea sull'estensione dei dissesti rispetto all'area totale del territorio montano-collinare della Regione. Un indice di franosità è stato calcolato anche in funzione dell'uso del suolo ed è visualizzato in figura 3.11.

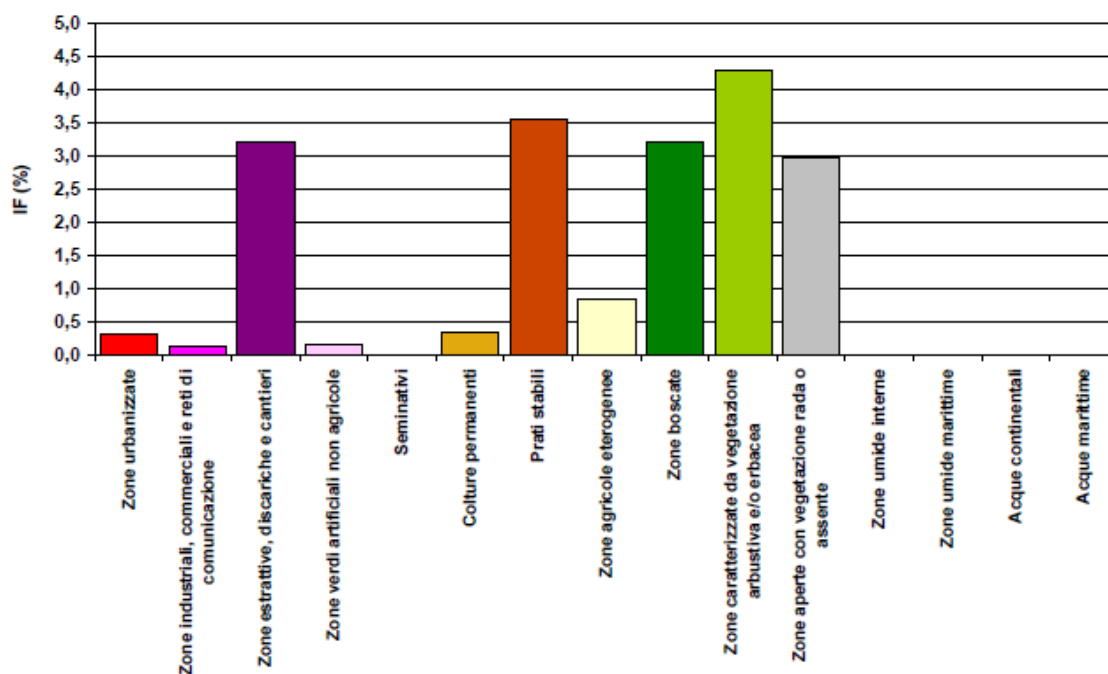


Figura 3.11 Indice di franosità per uso del suolo ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

Per quanto riguarda la relazione tra frane e litologia si osserva che i litotipi maggiormente soggetti a fenomeni franosi sono i depositi detritici (11,67 % del totale dei fenomeni con II livello compilato del database alfanumerico) a cui seguono i flysch calcareo marnosi (6,97%) e le rocce carbonati che (6,34%). Le zone caratterizzate da vegetazione arbustiva o erbacea sono la categoria di uso del suolo che mostra la maggiore propensione al dissesto arrivando ad un indice di franosità di 4,3%. Un valore maggiore del 3% è raggiunto anche dalle zone estrattive, discariche e cantieri, dai prati stabili e zone boscate. In tabella 3.1 è visualizzato l'indice di franosità in Veneto.

Superficie totale regione (km <sup>2</sup> )	Area montano-collinare (km <sup>2</sup> )	Numero di PIFF	Area totale in frana (km <sup>2</sup> )	Densità dei fenomeni franosi (N° PIFF / km <sup>2</sup> )	Indice di Franosità % (area totale in frana / superficie regione)	Indice di Franosità effettiva % (area totale in frana / area montano-collinare)
18.391	7268	9476	222,54	0,52	1,21	3,06

Tabella 3.1 Calcolo dell'indice di franosità in Veneto ([www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)).

### **3.2 Progetto IFFI (Veneto)**

Nell'ambito della più recente convenzione Regione del Veneto – APAT è stato stabilito di approfondire un aspetto applicativo della banca dati IFFI ai fini di un suo possibile utilizzo per la valutazione speditiva delle condizioni di pericolosità geologica associata ai fenomeni franosi. A questo scopo vengono riportati i risultati conseguiti su di una significativa porzione di territorio nell'ambito della redazione di Piani di Assetto Idrogeologico effettuata in collaborazione con le competenti Autorità di Bacino, prendendo proprio come base dati di riferimento l'archivio IFFI. La metodologia utilizzata dalla Regione del Veneto, per giungere ad una prima valutazione della pericolosità geologica, deriva dall'adattamento della procedura predisposta dall'Ufficio Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL) della Confederazione Elvetica. L'adattamento consiste in una semplificazione delle matrici di iterazione e nel fatto che i range dei parametri fisici considerati sono stati adattati in base alle esperienze condotte in ambito regionale. Tale metodologia, definibile come “della frequenza probabile” è stata usata dalla Regione in quanto affine con quanto previsto dalla legislazione italiana in tema di valutazione del rischio idrogeologico. Si tratta di una metodologia che permette una valutazione speditiva della pericolosità suddivisa in quattro livelli crescenti (da P1 - moderata a P4 - molto elevata). La determinazione della pericolosità, intesa come probabilità che un evento franoso di una data intensità si verifichi entro un determinato intervallo di tempo, passa attraverso la definizione delle caratteristiche salienti del movimento franoso quali tipologia, velocità, volumi e/o spessori del materiale coinvolto e la stima della “frequenza probabile”. La tipologia del fenomeno franoso, derivabile direttamente dall'archivio IFFI, serve ad orientare alcune scelte nella determinazione della pericolosità. Gli intervalli di velocità, ad ognuno dei quali è assegnato uno specifico peso da uno a tre, sono basati sulla nota tabella di Varnes descritta precedentemente (Tabella 2.1). I volumi o gli spessori del materiale coinvolto, derivanti da conoscenze specifiche del fenomeno o da stime, vengono a loro volta suddivisi in intervalli (Tabella 3.2), e permettono di assegnare un peso, da uno a tre, definito “severità geometrica”.




Classi di severità geometrica x crolli (definizione da Buwal, 1998)	Classi di severità geometrica x scorrimenti e colate (definizione da Buwal, 1998)	Intervalli di severità geometrica (considerati per la valutazione della pericolosità)
Diametro dei blocchi > 2m	Spessore > 15 m	3
Diametro dei blocchi 0,5 - 2m	Spessore 2 – 15 m	2
Diametro dei blocchi < 0,5 m	Spessore < 2m	1

Tabella 3.2 Matrice della severità geometrica ([www.regione.veneto.it/difesaelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesaelsuolo)).

La combinazione tra velocità e severità geometrica, intesa come prodotto tra i rispettivi pesi attribuiti, è la “magnitudo” del fenomeno ovvero un indice dell’energia dell’evento (Tabella 3.3).

Matrice della velocità  
+  
Matrice della severità geometrica



		Intervalli di velocità (VEL)		
		1	2	3
Intervalli di severità geometrica (SG)	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Tabella 3.3 Matrice della magnitudo ([www.regione.veneto.it/difesaelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesaelsuolo)).

La frequenza probabile infine è generalmente una valutazione ragionata del periodo di ricorrenza del fenomeno senza un vero e proprio valore statistico, nella metodologia utilizzata sono definite quattro distinte classi di “frequenza probabile” (Tabella 3.4).



Frequenza probabile	1 – 30 anni	frana attiva, frane quiescenti – episodiche ad alta frequenza
	30 – 100 anni	frane quiescenti, frana episodica a media frequenza
	100 – 300 anni	frane quiescenti, frana episodica a bassa frequenza
	> 300 anni	frane antiche e paleofrane

**Tabella 3.4 Matrice della frequenza probabile (www.regione.veneto.it/difesadelsuolo).**

La pericolosità viene calcolata, considerando la frana nella sua interezza o suddividendola in porzioni con caratteristiche omogenee, combinando in una apposita matrice la magnitudo e la frequenza probabile (Tabella 3.5) ottenendo quattro livelli di pericolosità P1 – moderata, P2 – media, P3 - elevata e P4 – molto elevata. Per i fenomeni per i quali è stimato un periodo di ricorrenza superiore a 300 anni il metodo non prevede l’attribuzione di uno dei suddetti livelli di pericolosità ma permette comunque di mantenere la possibilità di conservare, attraverso una specifica campitura, memoria dei fenomeni antichi per i quali l’attribuzione di un livello di pericolosità può essere ottenuta, se possibile, solo con studi ed indagini specifici.

Intervalli di magnitudo ↓	Pericolosità connessa alla magnitudo dei fenomeni franosi P4,P3,P2,P1, non definita			
6 - 9	P4	P4	P3	
3 - 4	P3	P3	P2	
1 - 2	P2	P1	P1	
Frequenza probabile →	alta Fp = 1 - 30	media Fp = 30 - 100	bassa Fp = > 100 - 300	

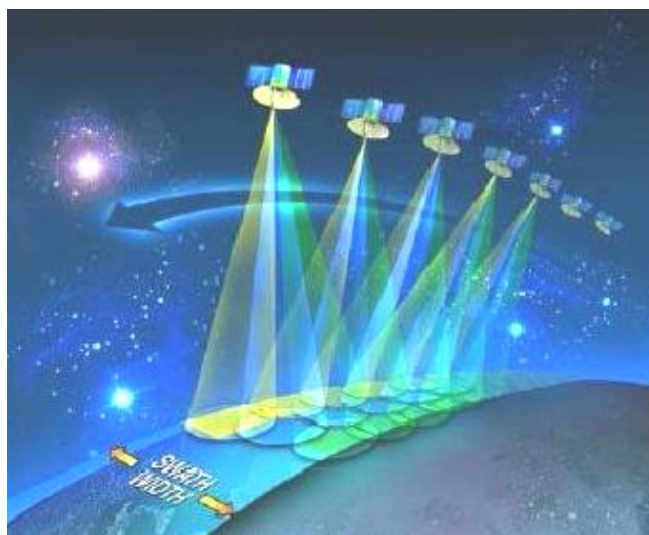
**Tabella 3.5 Matrice della pericolosità, (www.regione.veneto.it/difesadelsuolo).**

Risultati molto accurati possono essere applicati con l’utilizzo dell’interferometria radar satellitare, ricorrendo alle piattaforme della famiglia ESA (Agenzia Spaziale Europea), è possibile stabilire movimenti con precisione fino a subcentimetrica, potendo dare un contributo anche alla stima della frequenza probabile, tramite la valutazione dei tempi di ritorno, calcolati per il comune di Chiampo nel capitolo 6.

## 4. Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale

### 4.1 Il SAR e l'interferometria

I sistemi radar satellitari sono di tipo attivo e forniscono immagini elettromagnetiche (a frequenze comprese tra 500 MHz e 10 GHz) della superficie terrestre con risoluzione spaziale superiore al metro. Rispetto ai più noti sistemi ottici operano con continuità, potendo acquisire dati in presenza di copertura nuvolosa e sia di giorno che di notte. Il principio di funzionamento è il medesimo di tutti i sistemi radar (acronimo di radio detecting and ranging), un apparecchio trasmittente illumina lo spazio circostante con un'onda elettromagnetica (Figura 4.1) che incide su eventuali oggetti subendo un fenomeno di riflessione disordinata (diffusione, scattering). Una parte del campo diffuso torna verso la stazione trasmittente, equipaggiata anche per la ricezione, dove vengono misurate le sue caratteristiche. Il dispositivo è in grado di individuare il bersaglio elettromagnetico (detection) e, misurando il ritardo temporale tra l'istante di trasmissione e quello di ricezione, valutare la distanza (ranging) a cui è posizionato, localizzandolo in modo preciso lungo la direzione di puntamento dell'antenna (direzione di range). Le informazioni geografiche di carattere generale contenute in un'immagine ottica ed in una radar sono le stesse, tuttavia in quest'ultima le strutture al suolo rispondono in modo differente alle onde elettromagnetiche emesse, ad esempio le strade appaiono nere perché riflettono specularmente il campo trasmesso, mentre le strutture metalliche risultano particolarmente luminose.



**Figura 4.1** Cammino del satellite in orbita ed emissione dell'onda elettromagnetica ([www.treuropa.com](http://www.treuropa.com)).

Nel progetto PST-A-Lotto 2 (Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale) sono stati utilizzati i dati acquisiti dai satelliti ESA (European Space Agency) Ers-1 ed Ers-2 (Earth Resources Satellite) ed Envisat (ENVIRONMENTAL SATellite). Ers-1 ha acquisito dati dal Luglio 1991 al Marzo 2000, Ers-2 è invece operativo dall'estate del 1995. L'obiettivo principale del progetto è quello di fornire informazioni utili alla formulazione di un quadro sinottico dei fenomeni di dissesto potenziali e/o in atto sull'intero territorio nazionale, a supporto delle Regioni e degli Enti Territoriali coinvolti nelle attività per la difesa del territorio e di gestione dei rischi. A tal scopo è stato generato una database rappresentativo del territorio nazionale contenente le misure dei movimenti del terreno ottenute mediante interferometria SAR e resa fruibile attraverso il Portale Cartografico Nazionale del MATTM. L'osservazione della superficie terrestre avviene dalla combinazione del movimento orbitale del satellite lungo i meridiani (orbita quasi polare) con la rotazione della terra nel piano equatoriale. I satelliti Ers ed Envisat acquisiscono dati lungo orbite ascendente, passaggio da S verso N, e lungo orbite discendenti, passaggio da N verso S (Figura 4.2).

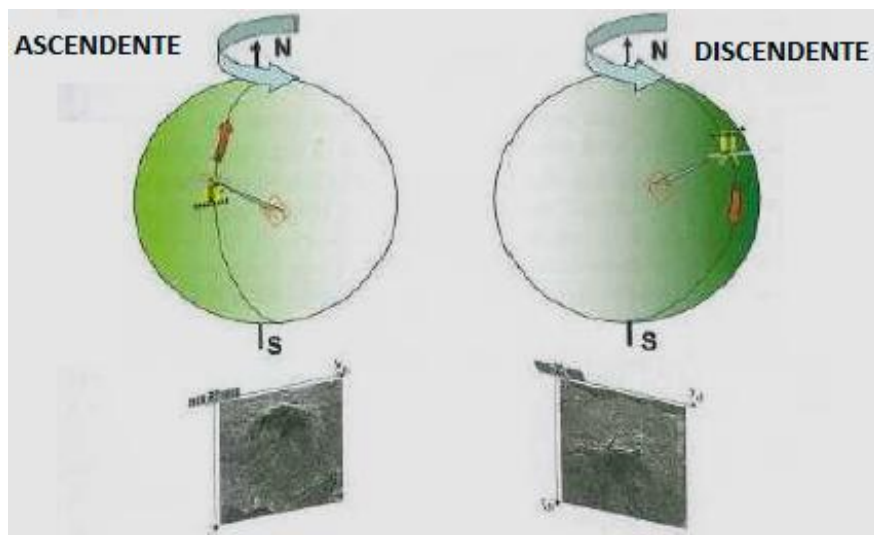


Figura 4.2 Orbite polari ascendenti e discendenti (ESA 2007).

## 4.2 Tecnica interferometrica: Permanent Scatterers

La tecnica interferometrica è uno strumento estremamente efficace per il monitoraggio con accuratezza millimetrica di fenomeni di deformazione della superficie terrestre, basato sull'impiego di serie temporali d'immagini radar satellitari (Ferretti et al., 2000; Colesanti et al., 2003). Questo approccio è basato sull'osservazione che un piccolo sottoinsieme di bersagli radar, costituito appunto dai diffusori permanenti (Permanent Scatterers), mantengono la stessa "firma elettromagnetica" in tutte le immagini al variare della

geometria di acquisizione e delle condizioni climatiche, preservano quindi l'informazione di fase nel tempo. I diffusori permanenti sono tipicamente parti di edifici, strutture metalliche, rocce esposte, comunque elementi già presenti al suolo (Figura 4.3), per i quali le caratteristiche elettromagnetiche non variano sensibilmente di acquisizione in acquisizione, mentre ciò non accade ad esempio per la vegetazione che muta di continuo (Figura 4.4).

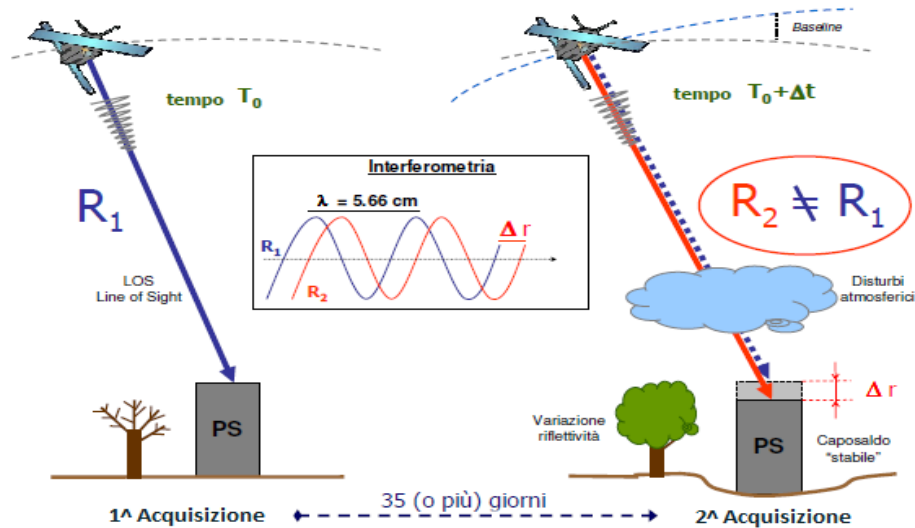


**Figura 4.3 Ambienti dove vengono individuati PS (earth.esa.it).**



**Figura 4.4 Ambienti dove non vengono individuati PS (earth.esa.it).**

La Figura 4.5 mostra una rappresentazione schematica della base teorica della tecnica interferometrica, di un Permanent Scatterers e dei disturbi presenti nelle acquisizioni SAR (disturbi atmosferici).



**Figura 4.5** Rappresentazione schematica della base teorica della tecnica interferometrica radar satellitare ([www.treuropa.com](http://www.treuropa.com)).

Utilizzando le serie storiche delle acquisizioni, costruite con il passaggio dei satelliti nella stessa area con un tempo di rivisitazione di 35 giorni, è possibile stimare sia l'entità del disturbo dovuto all'atmosfera terrestre, sia le possibili deformazioni superficiali della zona in esame (Massonet e Feigl, 1998, Rosen et al. 2000). Dopo aver rimosso il disturbo atmosferico dai dati si è in grado di stimare accuratamente i movimenti dei diffusori permanenti utilizzando il SAR come un vero e proprio strumento di misura delle deformazioni del terreno. Un aspetto fondamentale è la capacità di stimare correttamente e compensare il disturbo atmosferico, svolgendo un'analisi dettagliata solo sul sottoinsieme di punti selezionati secondo valutazioni statistiche. Stimato il contributo atmosferico è possibile eliminare i termini spuri dalla fase interferometrica ed isolare il termine che descrive la variazione di cammino ottico dell'onda elettromagnetica nelle varie acquisizioni, cioè descrivere i movimenti che ha subito il bersaglio in tutto l'arco temporale tra il primo e l'ultimo dato disponibile. Per eseguire stime accurate dei disturbi atmosferici è necessario che la densità spaziale di diffusori permanenti sia sufficientemente elevata (maggiore di 5-10 punti/km<sup>2</sup>), vincolo sempre verificato in aree urbane. I diffusori permanenti vengono correttamente posizionati nella cella di risoluzione al suolo e in corrispondenza di ciascuno si effettua una misura di deformazione per ogni acquisizione disponibile, con accuratezza sino a 1-2 mm su ogni singola misura (per i punti migliori). Si è quindi in grado di ricostruire il trend medio di deformazione annua, con accuratezza compresa tra 0,1 e 1 mm/anno. L'accuratezza è funzione del numero di immagini e della "qualità" del diffusore stesso, cioè di quanto l'informazione di fase è immune ai fenomeni di disturbo (Costantini et al., 2005).

### 4.3 Applicazioni interferometriche ai fenomeni franosi

Facendo riferimento alle diverse tipologie di fenomeni franosi individuate nella classificazione di Varnes (1978) e tenendo conto dei diversi tipi di materiale coinvolto, l'applicabilità delle tecniche interferometriche satellitari è schematizzata nella tabella 4.1:

TIPOLOGIA	MATERIALE	MONITORAGGIO TECNICA PSI
Crollo	Roccia/detrito/terra	NO
Ribaltamento	Roccia/detrito/terra	NO
Scivolamento	Roccia	SI
	Detrito/terra	SI
Colata	Roccia	SI
	Terra	Parzialmente
	Detrito	NO
Espansione	Roccia/detrito/terra	Parzialmente

**Tabella 4.1 Applicabilità della tecnica PSI alle diverse tipologie di frane individuate da Varnes (1978) ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it)).**

I fenomeni di crollo e ribaltamento sono difficilmente osservabili mediante interferometria da satellite a causa della rapidità con cui si sviluppano. Benché in letteratura non esistano esempi di questo tipo di applicazione è ipotizzabile che la tecnica multi-interferogramma possa individuare i movimenti precursori di distacco del materiale. Per il monitoraggio dei fenomeni di scivolamento, le tecniche interferometriche satellitari hanno dato ottimi risultati, sia per movimenti traslativi che rotazionali. Per le colate, in funzione del materiale coinvolto, si possono ottenere risultati diversi. Le colate in roccia, caratterizzate da movimenti generalmente molto lenti distribuiti in maniera continua all'interno della massa spostata senza una ben definita superficie di dislocazione, risultano monitorabili mediante interferometria SAR da satellite. Le colate in terra lo sono soltanto fino a quando il contenuto d'acqua è limitato e i movimenti rimangono molto lenti (Squarzoni et al., 2003). Le colate di detrito, a causa dell'estrema rapidità con cui si sviluppano, sono invece fuori dalle capacità di misura delle tecniche interferometriche. I fenomeni di espansione laterale possono essere parzialmente controllati, infatti può essere misurata solo la componente sub-verticale delle deformazioni, legata alla subsidenza dei livelli competenti ed indotta dall'estensione sub-orizzontale di livelli sottostanti a minor competenza (Meisina et al., 2007). Chiaramente, le espansioni di terreni a seguito di fenomeni di liquefazione non sono misurabili mediante interferometria da satellite a causa della loro rapidità. Facendo riferimento alla scala delle velocità proposta dallo IUGS/WGL (1995) e da Cruden &



Varnes (1996), è possibile delineare quali siano i fenomeni che possono essere monitorati, come riportato sinteticamente nella tabella 4.2:

CLASSE	VELOCITÀ	MONITORAGGIO TECNICA PSI
Estremamente lento	< 16 mm/anno	SI
Molto lento	0,016 – 1,6 m/anno	SI
Lento	1,6 m/anno - 13 m/mese	NO
Moderato	13 m/mese – 1,8 m/h	NO
Rapido	1,8 m/h - 3 m/min	NO
Molto rapido	3 m/min - 5 m/s	NO
Estremamente rapido	> 5 m/s	NO

**Tabella 4.2 Applicabilità della tecnica PSI alle classi di velocità delle frane proposte da Cruden & Varnes (1996) ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it)).**

L'interferometria da satellite implementata con i sensori attualmente operativi, e quindi con tempi di ricopertura dell'ordine del mese, permette di misurare solamente le prime due delle sette classi di velocità dei fenomeni franosi, ossia le frane estremamente lente e quelle molto lente (Rizzo e Tesauro, 2000; Coesanti e Wasowski, 2004; Strozzi et al., 2005; Farina et al., 2006). Dal momento che spesso i fenomeni franosi si verificano in aree montuose, le difficoltà legate alla carenza o all'assenza di bersagli radar e le significative deformazioni prospettiche dovute alla topografia e alla presenza di copertura nevosa, fanno sì che si possano presentare notevoli difficoltà nel monitoraggio con tecnica PSI di tali aree. Si ricorda inoltre che la possibilità di individuare sul territorio bersagli stabili nel tempo nei confronti del segnale radar dipende in primo luogo dall'uso del suolo, infatti, la presenza di strutture antropiche o bersagli naturali molto riflettenti quali le rocce esposte, favorisce durante l'elaborazione dei dati l'individuazione di numerosi punti di misura radar.

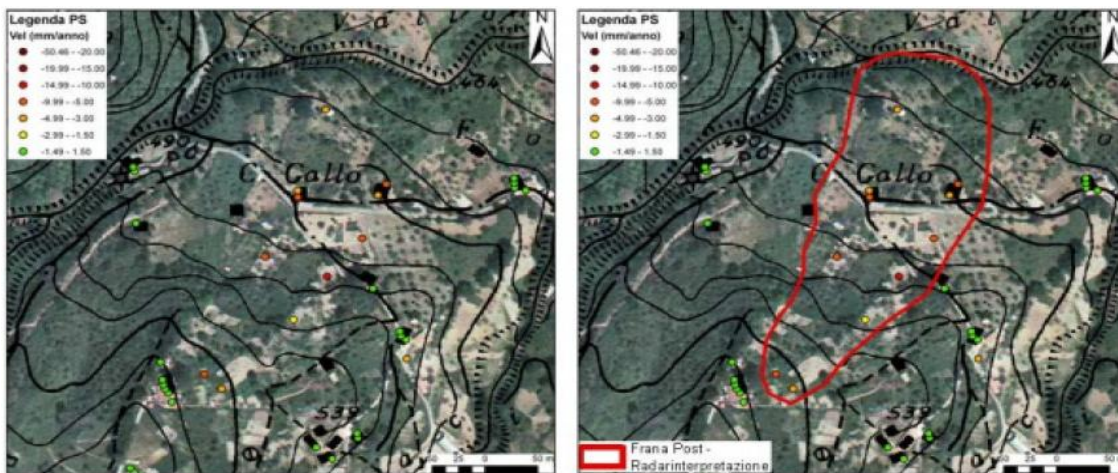
#### **4.4 Contributo dell'analisi interferometria e sue potenzialità**

Il contributo dell'analisi del dato interferometrico è presente in fase di censimento dei fenomeni ed in fase di aggiornamento di un precedente inventario. In particolare l'informazione fornita dal dato PS in fase di individuazione e mappatura dei dissesti di versante può contribuire a:

- verificare o eventuale modificare la perimetrazione dei fenomeni;

- individuare dissesti non mappati nei precedenti inventari o non emersi da analisi geomorfologiche e da studi precedentemente effettuati nell'area;
- fornire indicazioni sullo stato di attività dei fenomeni;
- individuazione di cedimenti a monte di un fenomeno franoso;
- valutare l'intensità del fenomeno.

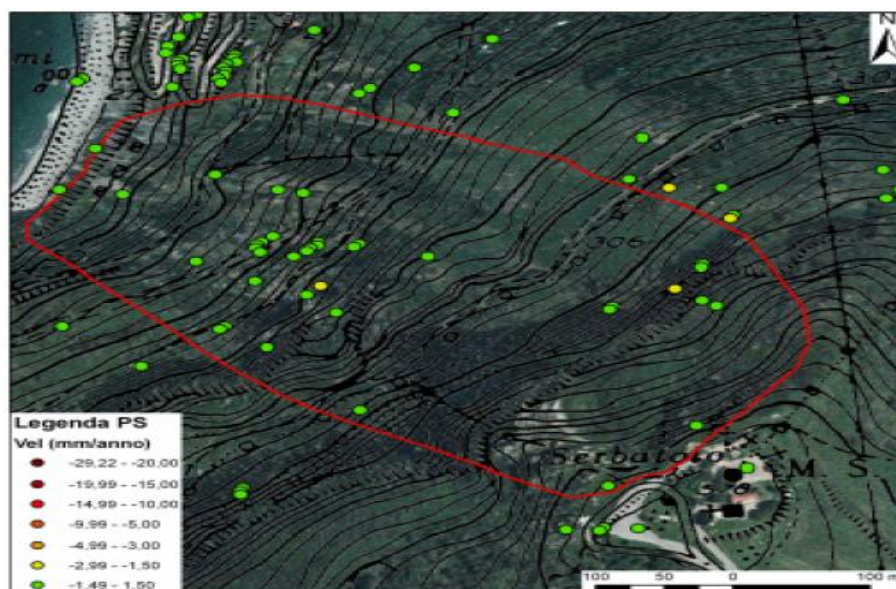
Nella fase di analisi della distribuzione spaziale e delle velocità dei dati PS nell'area indagata ed i relativi valori di velocità media, si valuta se il dato PS fornisce un'informazione attendibile ed utilizzabile in fase di perimetrazione e di valutazione dello stato di attività e di intensità delle frane. In particolare in aree dove la copertura vegetale o il tessuto urbano non permettono il riconoscimento di caratteristiche morfologiche legate ai dissesti, i maggiori benefici provenienti dall'integrazione delle misure di deformazione fornite dalle analisi interferometriche con i rilievi convenzionali, sono legati alla migliore definizione dei limiti di frane già identificate e all'identificazione di aree instabili non mappate in precedenza. In Figura 4.6 i PS indicano un'area con velocità di spostamento in allontanamento rispetto al satellite inoltre l'andamento delle curve di livello presenta nette variazioni di curvatura lungo il profilo longitudinale del versante, può essere così perimetrato un nuovo fenomeno franoso che non era stato individuato nei precedenti inventari.



**Figura 4.6 Individuazione di nuovi dissesti (www.pcn.miniambiente.it).**

In Figura 4.7 si può vedere che i PS non registrano nell'area interessata dal dissesto movimenti significativi, mentre il settore in esame è soggetto a fenomeni di crollo attivi. I PS misurano movimenti caratterizzati da velocità di spostamento annuo di ordine centimetrico, per cui i fenomeni di crollo sono difficilmente osservabili mediante la tecnica PS a causa della rapidità con cui si sviluppano. Gli spostamenti individuati potrebbero essere movimenti precursori di distacco di blocchi.





**Figura 4.7** Limiti di velocità dei movimenti ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it)).

Dopo aver analizzato i dati PS nell'area franosa di interesse, in termini di distribuzione spaziale e di velocità medie, ed aver perimetrato i dissesti di versante presenti, si procede con la determinazione di un valore di velocità di spostamento che possa essere rappresentativo della frana esaminata. In generale, i PS caratterizzati da velocità medie di deformazione che superano i  $\pm 1,5-2$  mm/anno sono quelli che vengono considerati instabili. Tali valori di soglia dipendono dalle caratteristiche delle immagini satellitari di partenza e di quelle evolutive del fenomeno di interesse. Una volta definita dall'analisi dei dati PS la velocità rappresentativa dei singoli fenomeni franosi, si può procedere con la valutazione dello stato di attività e dell'intensità di ogni frana. Di seguito viene proposto un metodo di utilizzo dei valori di velocità media dei PS Ers 1/2 e Envisat per una valutazione speditiva dello stato di attività e dell'intensità dei fenomeni franosi. Dalla combinazione dei valori di spostamento nei 2 intervalli temporali si ottiene una matrice di attività (Figura 4.8). Le classi di stato di attività in uscita dalla matrice sono determinate sulla base dell'analisi dei risultati della radar-interpretazione delle elaborazioni interferometriche eseguite sia su dati Ers 1/2 che Envisat e, in particolare, vengono definite introducendo la seguente soglia:

- 2 mm/anno: velocità media di deformazione che discrimina la presenza/assenza di movimento.



**Figura 4.8** Matrice utile per valutare lo stato di attività dei fenomeni franosi a partire da dati radar satellitari acquisiti dai satelliti Ers1/2 ed Envisat. Sotto, la scala per la valutazione dell'intensità dei fenomeni franosi a partire dai dati dei PS Envisat ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it)).

Tramite l'uso della matrice di attività proposta nella figura 4.8, è possibile distinguere le 4 classi di attività: attivo continuo, riattivato, quiescente e stabilizzato. La classificazione dello stato di attività è in accordo con il Dizionario Internazionale delle frane (WP/WLI, 1993).

#### Frana attiva

- Continua:

La velocità di deformazione caratteristica del fenomeno supera la soglia sia nell'analisi dei dati storici che all'interno dei dati aggiornati.

- Riattivata:

La velocità di deformazione caratteristica del fenomeno è minore della soglia all'interno dei dati storici e maggiore di essa all'interno dei dati aggiornati

#### Frana inattiva

- Stabilizzata:

La velocità di deformazione caratteristica del fenomeno è minore della soglia sia

nell'analisi dei dati storici che all'interno dei dati aggiornati.

- Quiescente:

La velocità di deformazione caratteristica del fenomeno supera la soglia all'interno dei dati storici ma è minore di essa all'interno dei dati aggiornati.

La scala di intensità si riferisce alla classificazione di Hungr (1981), modificata da Cruden & Varnes (1996) descritta nel paragrafo 2.5, secondo la quale le frane possono essere classificate in base ai valori di velocità di movimento ed associata ad una scala dei danni (Tabella 2.3). Le frane che è possibile classificare in base alle misure di velocità di spostamento misurate tramite dati interferometrici satellitari sono quelle appartenenti alle classi "estremamente lente" (velocità compresa tra 2 e 16 mm/anno) e "molto lente" (velocità superiore a 16 mm/anno), per velocità inferiori ai 2 mm/anno, le frane si classificano con intensità trascurabile. L'intensità di ogni frana può essere determinata utilizzando i valori di velocità dei movimenti registrati dal satellite Envisat, essi sono però sottostimati, in quanto ciò che viene registrato non è il reale valore di velocità, ma la componente lungo la LOS, che è inferiore al valore reale. Per questo motivo il limite tra molto lento ed estremamente lento è ridotto a 10 mm/anno. I risultati ottenuti da un'analisi volta all'individuazione e modifica dei limiti di fenomeni di dissesto e alla valutazione del loro stato di attività e della loro intensità, possono essere considerati parte integrante di una metodologia per l'aggiornamento delle mappe dei fenomeni franosi. Le valutazioni sullo stato di attività e sull'intensità dei fenomeni, dedotte tramite questa tipologia di analisi, si riferiscono sempre alla data di aggiornamento dei dati satellitari utilizzati in fase di interpretazione. Nei confronti di altre tecniche tradizionali di monitoraggio delle deformazioni del terreno i principali vantaggi dell'approccio multi-interferogramma possono essere così riassunti:

- possibilità di ottenere stime puntuali con elevata precisione (sino al millimetro su singole misure);
- stima e rimozione dei contributi atmosferici;
- presenza di un archivio storico (dal 1992), da cui la possibilità di indagini su fenomeni passati;
- misure differenziali con precisione elevata sul trend di deformazione con velocità media dei punti fino a 0,1 mm/anno e sulla singola misura spostamento verticale dei punti fino a 1mm e spostamento est-ovest fino a 1 cm;
- elevata densità spaziale di capisaldi radar già presenti sul territorio;
- abbattimento dei costi e dei tempi di indagine su larga scala per la zonazione del territorio;
- integrabilità in ambiente GIS;

- applicazioni sinergiche con altre tecniche di rilevamento;
- accuratezza verticale delle misure superiore rispetto alla tecnica GPS;
- riconoscimento di fenomeni di dissesto prima non mappati;
- valutazione dei movimenti in aree complesse.

È importante sottolineare anche i limiti della tecnica multi-inteferogramma che possono essere elencati sinteticamente:

- assenza di misure in aree senza bersagli radar (necessità di installare capisaldi artificiali);
- difficile previsione della posizione dei PS su aree non urbane;
- deformazioni rilevate lungo la direzione della LOS;
- i moti rapidi (superiori a 1 cm/35 giorni) non possono essere monitorati senza informazioni “a priori”;
- monitoraggio in “tempo reale” impossibile con l’attuale frequenza del dato (35 giorni) anche se è possibile integrare più geometrie di acquisizione.

## 5. Inquadramento Regionale dei dati interferometrici

### 5.1 Applicazione della metodologia

L'applicazione della tecnica PS per l'inquadramento regionale avviene mediante l'utilizzo del software ArcGIS. La catena operativa sviluppata nell'ambito di questo progetto prevede i seguenti step:

- 1) Visualizzazione e classificazione dei PS;
- 2) Statistiche sui poligoni IFFI e poligoni bufferizzati.

Tali operazioni possono essere effettuate mediante la creazione di un progetto GIS (.mxd) all'interno del quale vengano importati tutti i tematismi necessari all'analisi importati dalla rete ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it) – [idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/](http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/)). Per effettuare l'interpretazione dei dati radar satellitari è necessario acquisire anche una serie di dati ancillari ed immagini ottiche (Figura 5.1) che costituiscono la base di partenza indispensabile per identificare possibili morfologie e caratteristiche del terreno connesse ai movimenti deformativi ed estendere così spazialmente l'informazione puntuale fornita dai dati satellitari. Per dati ancillari si intendono tutti i dati tematici disponibili nelle aree in esame utili per la valutazione dei dissesti individuati. E' evidente che tanto più sono dettagliati e aggiornati i dati, tanto più sarà possibile approfondire le attività per l'individuazione, mappatura e caratterizzazione dei dissesti.

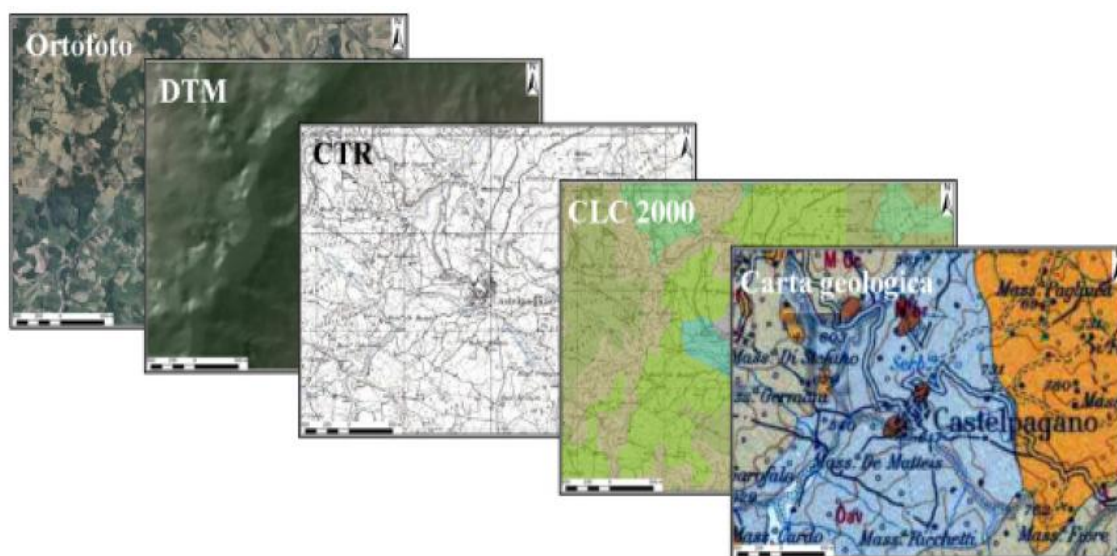
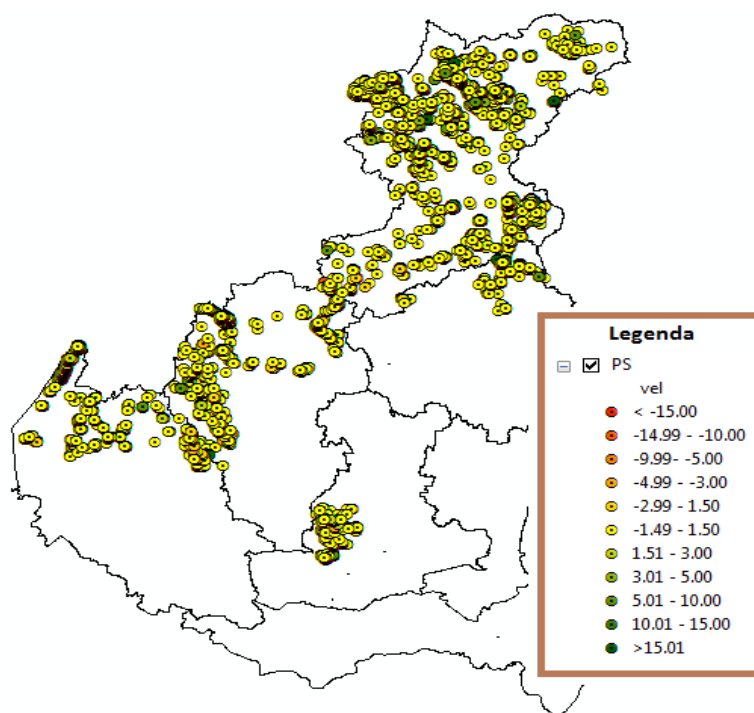


Figura 5.1 Esempi di dati ancillari e immagini ottiche da acquisire per la visualizzazione e l'analisi dei dati PS ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it) - [idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/](http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/)).

I dati interferometrici satellitari del PST (Piano Straordinario di Telerilevamento) consistono in un database di punti di misura della deformazione che, grazie al loro formato di registrazione (vettoriale), possono essere agevolmente integrati in ambiente GIS e sovrapposti alla base cartografica prescelta (CTR, DTM o ortofoto). Effettuare tale operazione in ambiente GIS consente di integrare tali dati in un contesto dove è possibile facilmente sovrapporre, confrontare, elaborare ed interpretare le diverse tipologie di dato, raster e vettoriale, garantendo la massima flessibilità in termini di sistema geografico di riferimento che deve essere unico per tutti i layers. I Permanent Scatterers sono acquisiti lungo una fascia (swath) della superficie terrestre, e per i nostri scopi è necessario escludere i PS esterni alla regione Veneto. In figura 5.2 si mostra la distribuzione e la classificazione in base alla velocità del movimento franoso nell'intero Veneto del progetto eseguito per questa tesi.



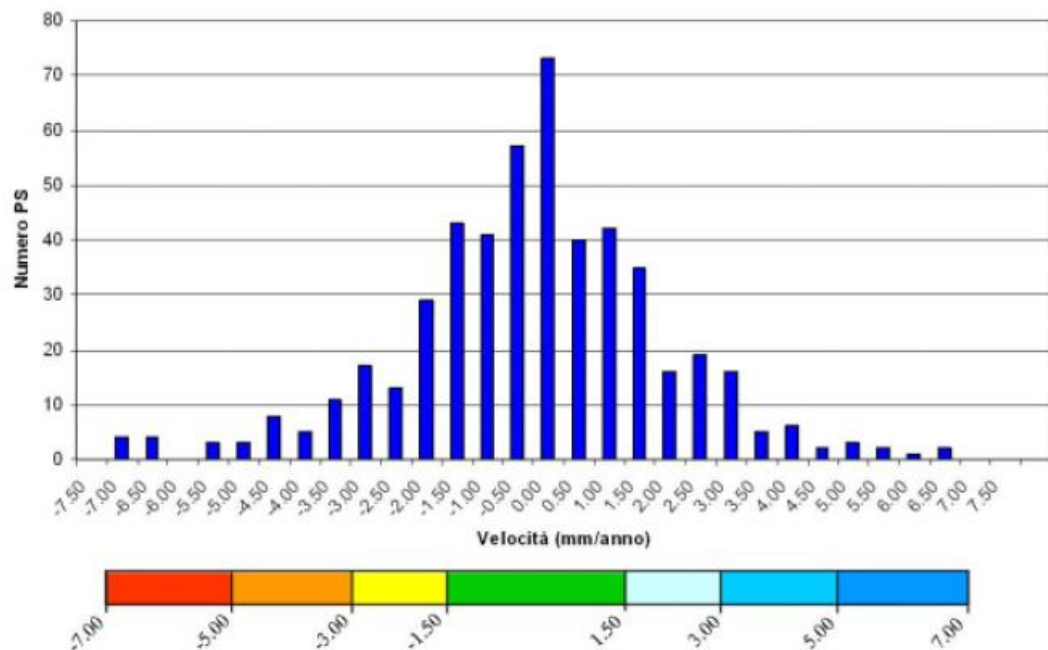
**Figura 5.2** Classificazione dei PS interni ai perimetri franosi, in base alla velocità media annua (mm/anno) (Progetto di tesi).

Le varie tipologie di frana si distribuiscono in maniera irregolare all'interno del territorio regionale sia per l'effettiva disponibilità di dati sia per la natura litologica del substrato coinvolto.

#### 1) Visualizzazione e classificazione dei PS

Il primo passo consiste nell'importare i Permanent Scatterers, che sono in formato .dbf, all'interno del progetto e visualizzarli, associando le coordinate contenute all'interno della

tabella dei PS alle coordinate X ed Y del progetto. La rappresentazione dei bersagli radar, consiste nella loro classificazione in funzione della velocità media di spostamento e nell'uso di una scala di colori standard di tipo semaforico. In tale rappresentazione, la classe corrispondente ai punti considerati stabili viene generalmente rappresentata in verde (corrispondente ai PS che presentano spostamenti non rilevanti per i nostri scopi aventi velocità medie comprese tra -2 e 2 mm/anno), mentre le aree caratterizzate da deformazioni in allontanamento e in avvicinamento rispetto al sensore vengono rappresentate rispettivamente con le gradazioni tendenti al rosso e al blu. La scelta del corretto intervallo di variazione del campo di velocità dei bersagli radar può essere agevolata dalla visualizzazione dell'istogramma di figura 5.3 che riporta la distribuzione di frequenza dei valori di velocità registrati nel dataset di interesse, allo scopo di mettere in luce la variabilità dei valori di velocità registrati.



**Figura 5.3** Esempio di utilizzo dell'istogramma della distribuzione di frequenza dei valori di velocità media dei PS per definire gli intervalli di variazione del campo di velocità ([www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it)).

I valori di velocità vengono normalmente raggruppati in un numero finito di classi i cui limiti possono essere scelti in funzione delle esigenze di analisi. I vari shapefile contenenti le strisciate dei PS coinvolgono anche zone oltre il Veneto, quindi sono modificati tramite lo strumento Clip e poi uniti tramite il Merge in ArcMap. Nelle tabelle 5.1 a, b, c, d si possono vedere le velocità massime in avvicinamento (positive) o in allontanamento (negative) dal satellite corrispondente.

PS ERS ASCENDENTI

Codice del dataset	Velocità min (mm/anno)	Codice del dataset	Velocità max (mm/anno)
A12DY	-85,8	A077H	29,11
A04RQ	-75,43	A099M	29,4
A032V	-70,01	A066W	29,84
A2LWN	-65,56	A550V	30,27
A2OPC	-61,86	A06XA	30,44
A2KPS	-56,14	A66TK	31,72
A07MC	-51,93	BE2IJ	31,73
A030B	-49,2	BAC0U	31,94
A1JOR	-47	A1C6F	34,88
BCWTL	-35,11	A1A6N	47,4

Tabella 5.1 a PS Ers ascendenti (Progetto di tesi).

PS ERS DISCENDENTI

Codice del dataset	Velocità min (mm/anno)	Codice del dataset	Velocità max (mm/anno)
A6060	-54,15	A8VYS	13,02
A1GJO	-51,92	A200N	14,27
A7LGZ	-47,03	A73YH	14,55
A3QX9	-46,78	A7FOT	14,58
A6MY9	-46,16	A9H8E	15,07
A3IXM	-45,34	A37V3	15,21
A9SIK	-44,12	A8PJD	15,49
A820L	-42,91	A77Y2	17,62
A3XUS	-42,06	A6DUW	19,01
A7DIN	-40,65	A9QS2	27,77

Tabella 5.1 b PS Ers discendenti (Progetto di tesi).



PS ENVISAT ASCENDENTI

Codice del dataset	Velocità min (mm/anno)	Codice del dataset	Velocità max (mm/anno)
A6O4W	-26,07	1ckKm001NK6	6
A6NUJ	-25,73	1ckKm001NJI	6,2
A6NUH	-25,33	1ckKm001NHj	6,3
A6O4Z	-24,44	A55JF	6,52
A6QP3	-22,94	A5VOH	6,61
1ckKm001MNq	-22,7	A4AVV	6,64
A60BU	-22,5	A5VOG	6,69
1ckKm001MQa	-22,1	1ckKm001CVw	6,7
1ckKM001MSo	-22,1	AHV74	6,84
A5ZIC	-21,94	A5T46	8,19

**Tabella 5.1 c PS Envisat discendenti (Progetto di tesi).**

PS ENVISAT DISCENDENTI

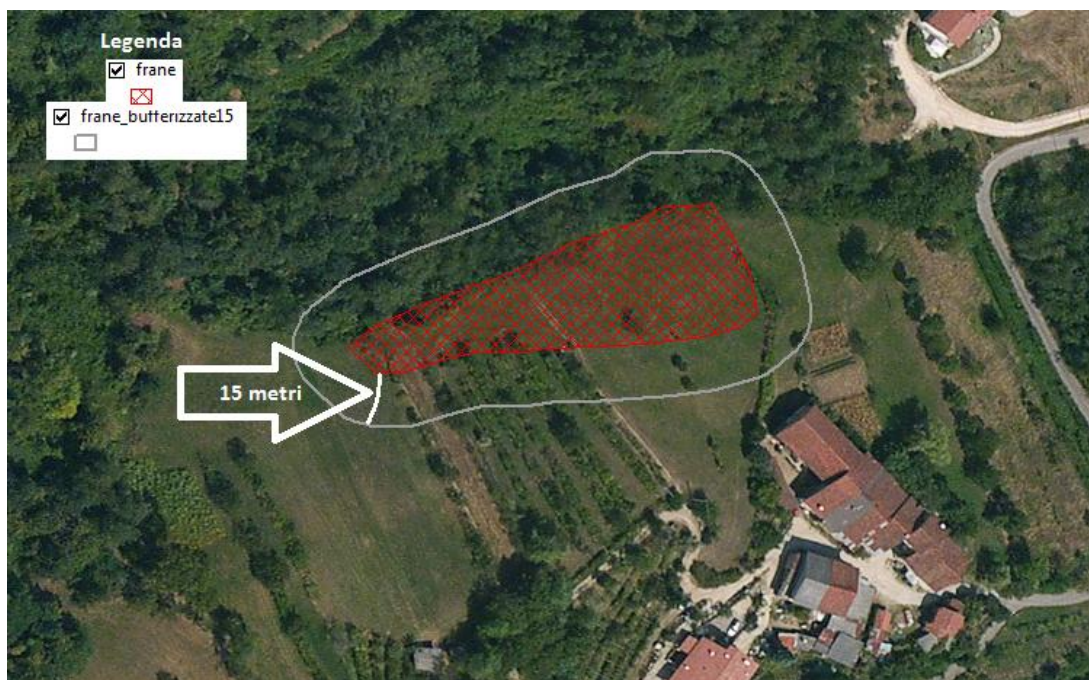
Codice del dataset	Velocità min (mm/anno)	Codice del dataset	Velocità max (mm/anno)
A12MV	-34,56	BGZYK	29,35
A2IEN	-34,26	BBJQM	29,35
A1LK2	-33,09	A811S	29,39
BBM8Q	-30,05	A812G	29,42
BDEUL	-30,03	BIOXK	29,46
A7FJL	-29,99	BDD4N	29,51
A5YSI	-29,96	A6GIQ	29,59
BAP0J	-29,83	A8UTY	29,65
BB2HE	-29,8	A5ZCU	29,89
BCFDS	-29,79	BGZ6Z	29,94

**Tabella 5.1 d PS Envisat discendenti (Progetto di tesi).**

Va precisato che è necessario visualizzare PS ascendenti con una simbologia diversa rispetto a PS discendenti (ad esempio quadrati per gli ascendenti e cerchi per i discendenti). Tale distinzione è necessaria a causa delle differenti geometrie di vista delle due orbite e quindi per evitare di confondere le due informazioni. Infatti, a differenza di fenomeni interessati prevalentemente da movimenti verticali come per la subsidenza, nel caso di frane, PS che sono sullo stesso versante, ma provenienti da orbite diverse (ascendente e discendente) possono avere delle notevoli differenze nel tasso di deformazione date dalla diversa linea di vista.

## 2) Statistiche sui poligoni IFFI e poligoni Bufferizzati

I poligoni IFFI sono creati tramite vari metodi, dalle segnalazioni dei comuni, province, servizi forestali, autorità di bacino, ai sopralluoghi eseguiti dalla regione. Tali poligoni sono affetti da imprecisioni sulla loro reale posizione, per cercare di collimare questa imprecisazione eseguiamo il Buffer (Figura 5.4 è mostrato un esempio), cioè un aumento dell'area del poligono IFFI secondo una maggiorazione del 20 % del raggio, assunti come circonferenze. Una volta eseguiti i poligoni bufferizzati distinti per tipologia di movimento è possibile descrivere una serie di statistiche su entrambi i tipi di poligoni così da avere un confronto come si può vedere dalle tabelle 5.4 e 5.5.



**Figura 5.4** Si possono vedere i poligoni non bufferizzati in linea rossa e il contorno grigio dei poligoni bufferizzati, in questo caso esemplificativo è stato introdotto un aumento della forma del poligono di 15 metri (Progetto di tesi).

Nella tabella 5.2 ci sono delle statistiche regionali di interesse comune che servono poi per produrre le statistiche specifiche del progetto.

Area totale Regione Veneto	18 415 Km <sup>2</sup>
Numero Abitanti	4 937 854
Densità della popolazione	268,4 abitanti/ Km <sup>2</sup>
Altitudine massima	3343 m. s. l. m.
Altitudine media	180 m.s. l. m.
Area provincia di Belluno	3676 Km <sup>2</sup>
Area provincia di Treviso	2479 Km <sup>2</sup>
Area provincia di Vicenza	2723 Km <sup>2</sup>
Area provincia di Verona	3099 Km <sup>2</sup>
Area Colli Euganei	344,7 Km <sup>2</sup>
Area totale delle provincie interessate da dissesti	12 321,7 Km <sup>2</sup>

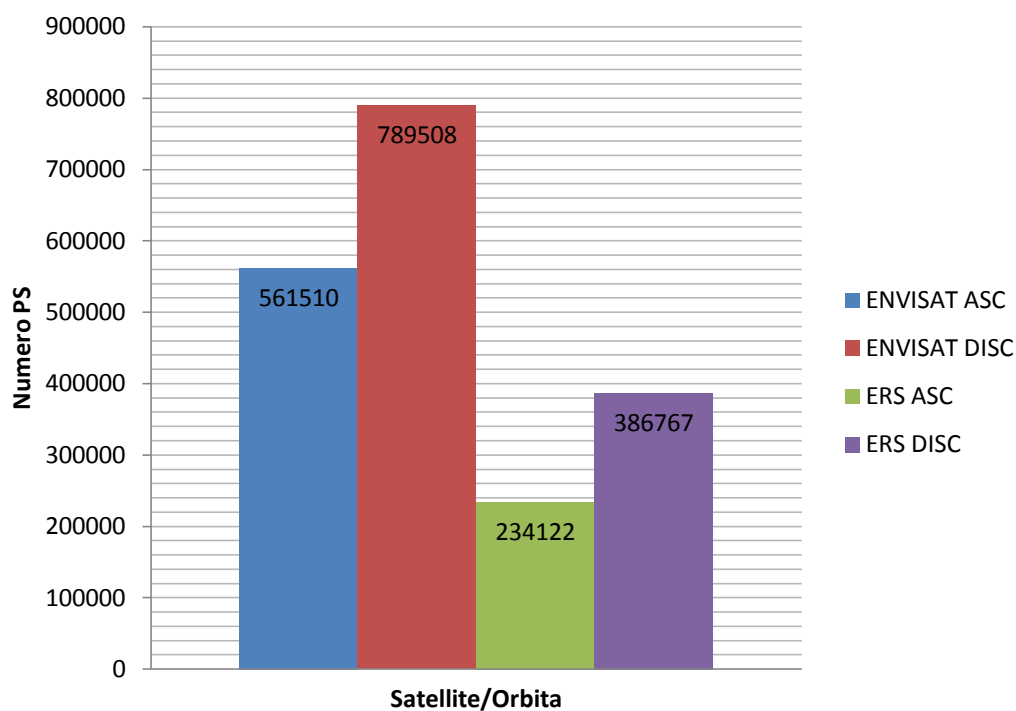
**Tabella 5.2 Valori generici del Veneto.**

Nella tabella 5.3 e nel grafico 5.1 possiamo vedere il numero dei PS divisi per satellite e per orbita relativi alle provincie dove sono presenti versanti, quindi Belluno, Treviso, Vicenza, Verona e parte della provincia di Padova (Colli Euganei). Vengono escluse le provincie di Venezia e quella di Rovigo dato che sono completamente pianeggianti.

	Numero PS	Percentuale:	Area provincie interessate:Km <sup>2</sup>	Densità PS/ Km <sup>2</sup>
ENVISAT_ASC	561 510	28,5 %	12 321,7	45,57
ENVISAT_DISC	789 508	40 %	12 321,7	64,07
ERS_ASC	234 122	11,9 %	12 321,7	19
ERS_DISC	386 767	19,6 %	12 321,7	31,39
TOTALI	1 971 907	100 %	12 321,7	160,03

**Tabella 5.3 Numero PS divisi per satellite e orbita riferiti alle provincie della Regione interessata da dissesti (12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).**

## Numero PS in Veneto\*



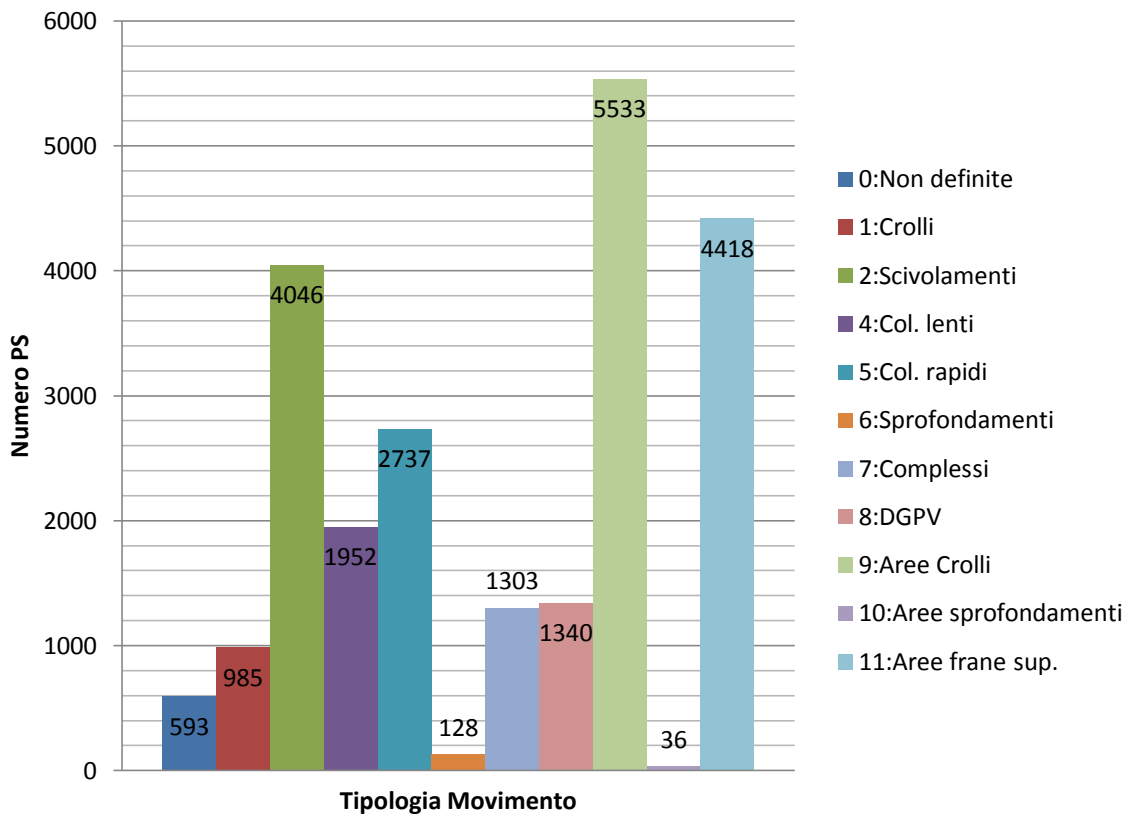
**Grafico 5.1** Istogramma dove si possono vedere il numero dei PS in Veneto\* (parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

Nella tabella 5.4 e nel grafico 5.2 sono inserite le statistiche relative ai PS interni ai poligoni bufferizzati distinti per tipologia di movimento. La percentuale sul totale 1 s'intende il numero dei PS interni ai poligoni bufferizzati sul numero totale dei PS sempre interni dei poligoni bufferizzati (23 071) invece la percentuale sul totale 2 indica il numero dei PS interni ai poligoni bufferizzati sul totale dei PS presenti nelle province interessate dai dissesti, indicate precedentemente, quindi anche PS esterni alle frane (1 971 907).

Tipologia di movimento	Numero PS	Percentuale sul tot 1	Percentuale sul tot	Area (Km <sup>2</sup> )	Densità PS/Km <sup>2</sup>
0: Non definita	593	2,57 %	0,03%	6,34	93,53
1:Crollo/ ribaltamento	985	4,27 %	0,05 %	9,68	101,76
2: Scivolamento rotazionale/ traslazionale	4046	17,54%	0,21 %	56,7	71,36
4: Colamento rapido	1952	8,46%	0,09 %	36,3	53,77
5: Colamento lento	2737	11,86 %	0,14 %	48,4	56,55
6:Sprofondamento	128	0,55%	0,006%	0,142	901,408
7: Complesso	1303	5,65%	0,07%	15,09	86,35
8: DGPV	1340	5,81%	0,07%	13,93	96,19
9: Aree soggette a crolli/ ribaltamenti diffusi	5533	23,98%	0,28%	35,15	157,41
10: Aree soggette a sprofondamenti diffusi	36	0,16%	0,002%	0,39	92,31
11: Aree soggette a frane superficiali diffuse	4418	19,15%	0,22%	96,43	45,81
	Numero tot PS Buffer: 23 071 Numero tot PS: 1971907	Percentuale PS sul tot relativo: (23071) 100 %	Percentuale sul tot PS: (1971907) 1,158 %	Area tot Buffer: 318,732 Km <sup>2</sup>	PS/Km <sup>2</sup> : 72,38

**Tabella 5.4** Statistiche relative ai poligoni bufferizzati, riferita al Veneto\* (parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

## Numero PS per tipologia di Movimento



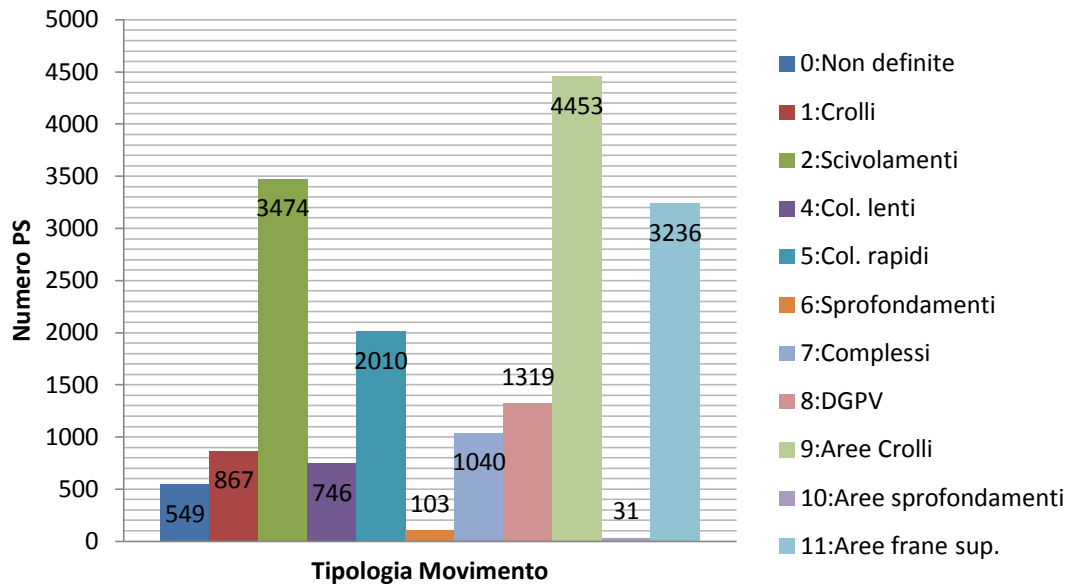
**Grafico 5.2** Istogramma dei PS interni ai poligoni divisi per tipologia di movimento, riferito al Veneto\* (parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>). Tenendo conto che la tecnica interferometrica non riesce a vedere i movimenti veloci, quindi i crolli e colamenti rapidi sono inseriti per completezza ma non analizzabili con il metodo interferometrico (Progetto di tesi).

Nella tabella 5.5 e nel grafico 5.3 sono inserite le statistiche relative ai PS interni ai poligoni IFFI, quindi non bufferizzati, distinti per tipologia di movimento. La percentuale sul totale 1 s'intende il numero dei PS interni al poligono IFFI sul numero totale dei PS sempre interni ai poligoni IFFI (17 828) invece la percentuale sul totale 2 indica il numero dei PS interni ai poligoni IFFI sul totale dei PS presenti nelle province interessate dai dissesti, indicate precedentemente, quindi anche PS esterni alle frane (1 971 907).

Tipologia di movimento	Numero PS	Percentuale sul tot 1	Percentuale sul tot	Area (Km <sup>2</sup> )	Densità PS/Km <sup>2</sup>
0: non definita	549	3,09 %	0,029%	5,42	101,3
1: Crollo/ ribaltamento	867	4,87 %	0,044%	8,27	104,84
2: Scivolamento rotazionale/ traslazionale	3474	19,49%	0,176%	46,1	75,21
4: Colamento rapido	746	4,19%	0,039%	27,5	27,06
5: Colamento lento	2010	11,2%	0,102%	31,6	63,47
6: Sprofondamento	103	0,59%	0,006%	0,106	971,7
7: Complesso	1040	5,84%	0,005%	11,7	88,6
8: DGPV	1319	7,4%	0,06%	11,91	110,75
9: Aree soggette a crolli/ ribaltamenti diffusi	4453	24,99%	0,22%	28,5	155,97
10: Aree soggette a sprofondamenti diffusi	31	0,18%	0,001%	0,38	81,58
11: Aree soggette a frane superficiali diffuse	3236	18,16%	0,164%	72,6	44,56
	Numero tot PS: 17 828 Numero tot PS: 1 971 907	Percentuale PS sul tot relativo IFFI: (17 828) 100 %	Percentuale sul tot PS: (1 971 907) 0,846 %	Area tot IFFI: 244,43 Km <sup>2</sup>	PS/Km <sup>2</sup> : 72,38

**Tabella 5.5 Statistiche relative ai poligoni IFFI, riferita al Veneto\* (parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).**

## Numero PS per Tipologia di Movimento



**Grafico 5.3** Istogramma relativo ai PS interni ai poligoni IFFI non bufferizzati, l'aspettativa è quella di trovare meno PS rispetto ai poligoni bufferizzati data la minore superficie, aspetto confermato. Grafico riferito al Veneto\* (parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>). È necessario tenere conto che la tecnica interferometrica non riesce a vedere i movimenti veloci, quindi i crolli e colamenti rapidi sono inseriti per completezza ma non analizzabili con il metodo interferometrico (Progetto di tesi).

Nella tabella 5.6 (a-f) e 5.7 (a-f) (corrispondenti ai grafici 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 e 5.9) possiamo vedere alcune statistiche relative all'estensione dei poligoni IFFI e confrontarle con quelle dei poligoni bufferizzati, divise per provincia, nella prima colonna sono descritti il numero dei poligoni delle aree franose, l'area e la percentuale delle aree, nella seconda le deformazioni gravitative profonde di versante, nella terza il numero di frane e nella quarta il numero di punti IFFI intesi questi come punto a quota più alta del coronamento della frana stessa. Per i punti IFFI è poi descritta la densità cioè il numero di punti sulla superficie della provincia di Belluno, inoltre è necessario tenere in considerazione che i punti IFFI (PIFF) possono anche non fare parte di nessun poligono, in questi casi il fenomeno franoso non è cartografabile.

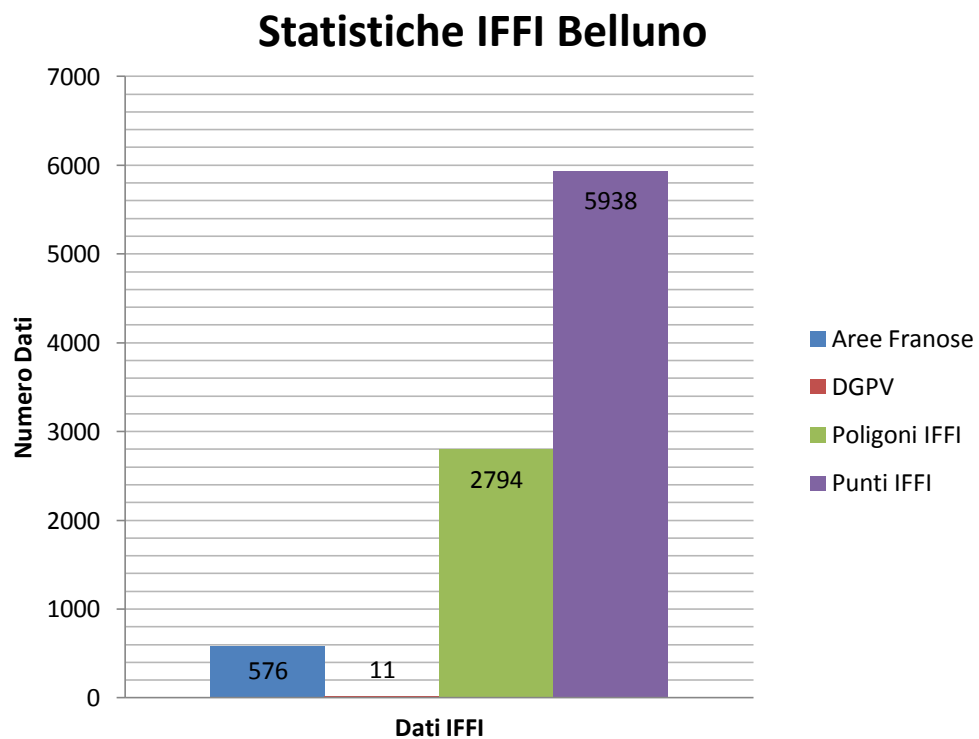


## IFFI

### BELLUNO

Numero Poligoni Aree Franose: 576	Numero Poligoni DGPV: 11	Numero Poligoni IFFI: 2794	Numero Punti IFFI: 5938
Area: 72,45 Km <sup>2</sup>	Area: 9,72 Km <sup>2</sup>	Area: 104,92 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 1,61 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 1,97 %	Percentuale DGPV: 0,3 %	Percentuale in frana: 2,8 %	

**Tabella 5.6 a** Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km2) (Progetto di tesi).



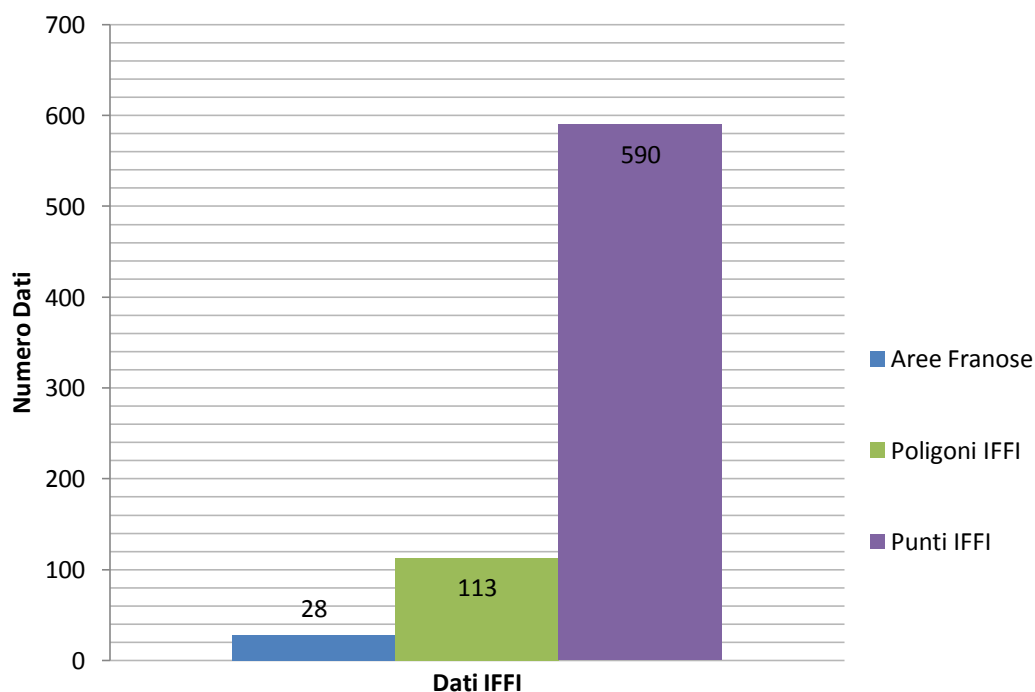
**Grafico 5.4** Istogramma relativo a dati IFFI, solo nella provincia di Belluno si hanno quasi 6000 punti IFFI (Progetto di tesi).

## TREVISO

Numero Poligoni Aree Franose: 28	Numero Poligoni IFFI: 113	Numero punti IFFI: 590
Area: 0,91 Km <sup>2</sup>	Area: 5,17 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,238 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 3,6*10 <sup>-2</sup> %	Percentuale: 0,21 %	

**Tabella 5.6 b** Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km2) (Progetto di tesi).

### Statistiche IFFI Treviso



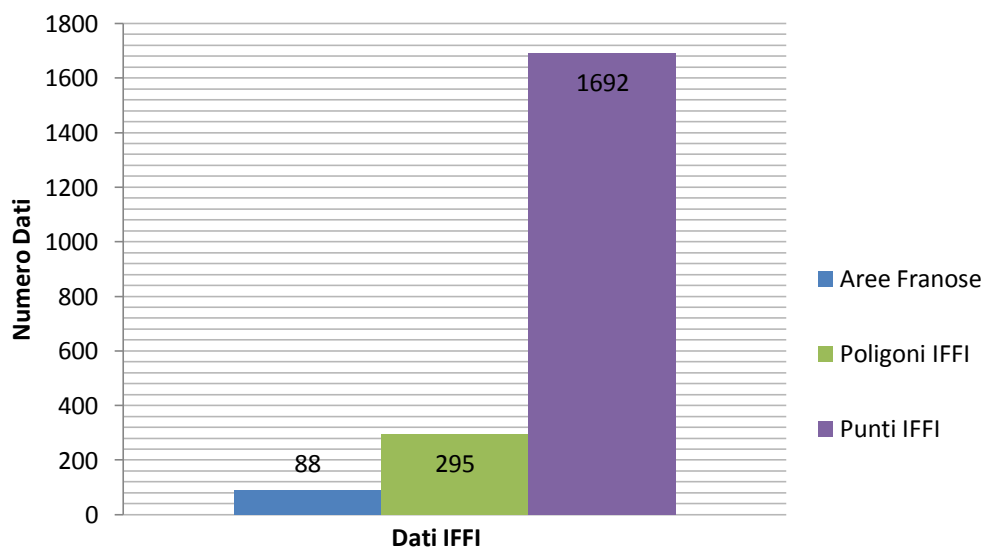
**Grafico 5.5** Istogramma relativo a dati IFFI della provincia di Treviso (Progetto di tesi).

## VICENZA

Numero Poligoni Aree Franose: 88	Numero Poligoni IFFI: 295	Numero punti IFFI: 1692
Area: 15,45 Km <sup>2</sup>	Area: 14,21 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,621 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,567 %	Percentuale: 0,52 %	

**Tabella 5.6 c** Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km2) (Progetto di tesi).

### Statistiche IFFI Vicenza



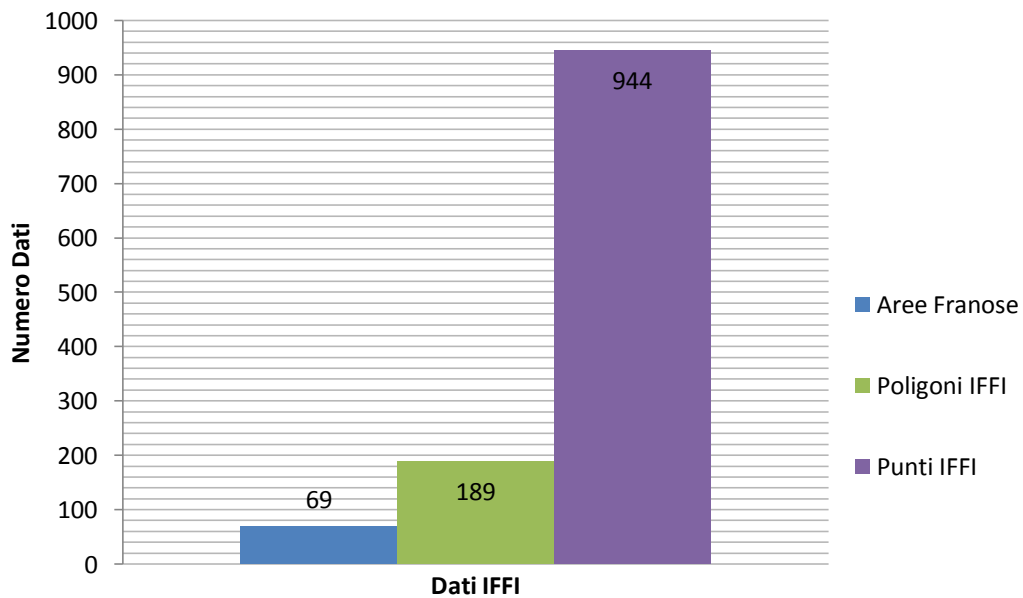
**Grafico 5.6** Istogramma relativo a dati IFFI della provincia di Vicenza (Progetto di tesi).

## VERONA

Numero Poligoni Aree Franose: 69	Numero Poligoni IFFI: 189	Numero punti IFFI: 944
Area: 11,17 Km <sup>2</sup>	Area: 3,49 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,346 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,36 %	Percentuale: 0,1 %	

**Tabella 5.6** d Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

### Statistiche IFFI Verona



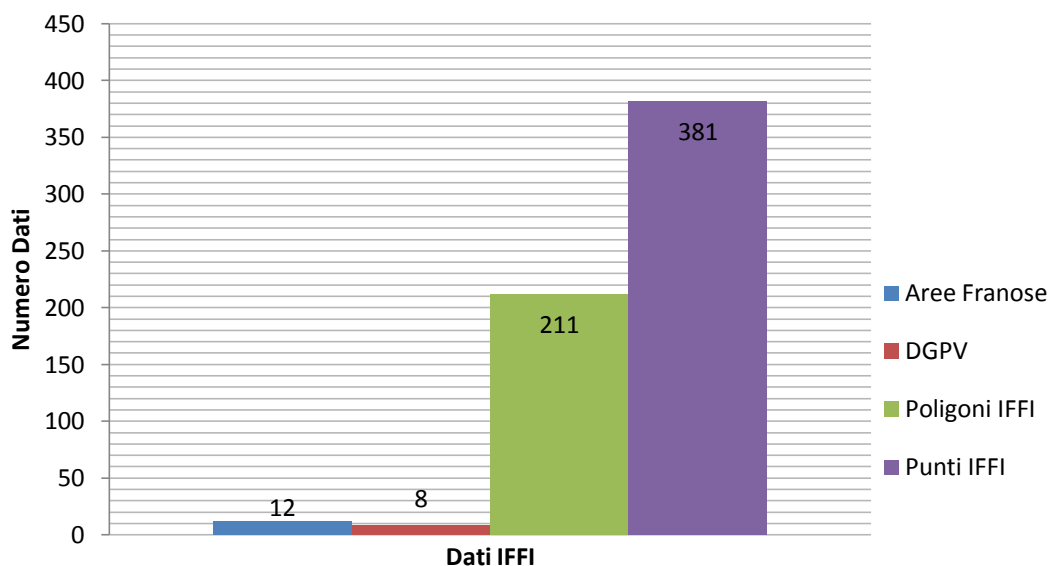
**Grafico 5.7** Istogramma relativo a dati IFFI della provincia di Verona (Progetto di tesi).

## COLLI EUGANEI

Numero Poligoni Aree Franose: 12	Numero Poligoni DGPV: 8	Numero Poligoni IFFI: 211	Numero Punti IFFI: 381
Area: 1,56 Km <sup>2</sup>	Area: 3,98 Km <sup>2</sup>	Area: 4,86 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 1,105 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,452 %	Percentuale DGPV: 1,1 %	Percentuale in frana: 1,4 %	

**Tabella 5.6 e Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, analiticamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).**

### Statistiche IFFI Colli Euganei



**Grafico 5.8 Istogramma relativo a dati IFFI dei Colli Euganei (Progetto di tesi).**

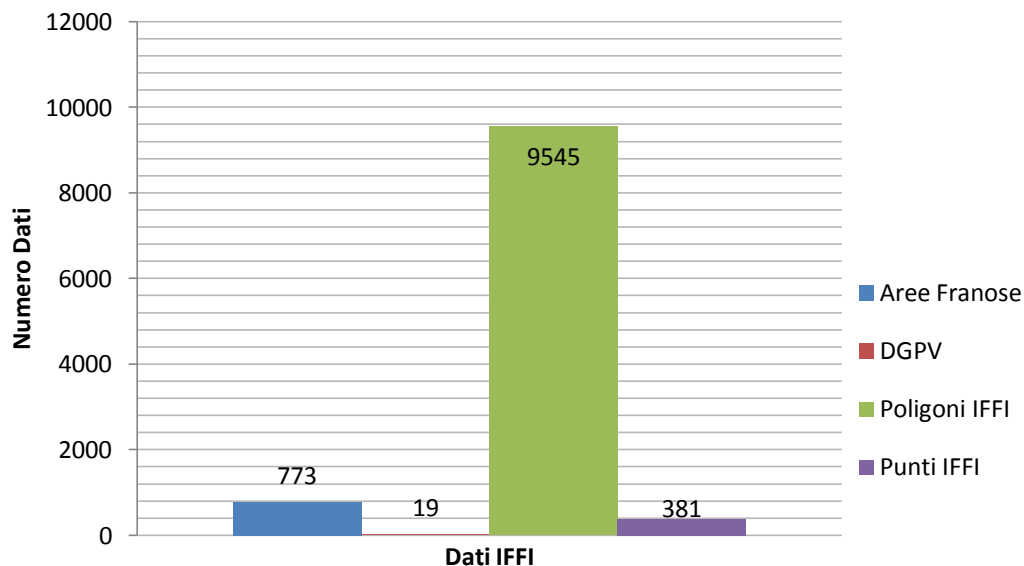
Qui vengono proposte le stesse statistiche relative alle province interessate da dissesti.

VENETO\*(Province interessate da dissesti-Superficie di 12321,7 Km<sup>2</sup>)

Numero Poligoni Aree Franose: 773	Numero Poligoni DGPV: 19	Numero Poligoni IFFI: 3602	Numero Punti IFFI: 9545
Area: 101,54 Km <sup>2</sup>	Area: 13,7 Km <sup>2</sup>	Area: 131,77 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,77 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,824 %	Percentuale DGPV: 0,11 %	Percentuale in frana: 1,07 %	

**Tabella 5.6 f** Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

### Statistiche IFFI Veneto\*



**Grafico 5.9** Istogramma relativo a dati IFFI, riferita al Veneto\* (parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>). Si possono contare oltre 9000 eventi franosi censiti (Progetto di tesi).

Nella tabella 5.7 (a-f) si possono vedere le stesse statistiche per i poligoni IFFI ma riferite ai poligoni bufferizzati. I grafici delle tabelle 5.7 a-f sono stati omessi perché i dati IFFI sono sempre gli stessi, e sono riferiti al numero di dati e non alla superficie.

### BUFFER

#### BELLUNO

Numero Poligoni Aree Franose: 576	Numero Poligoni DGPV: 11	Numero Poligoni IFFI: 2794	Numero Punti IFFI: 5938
Area: 95,88 Km <sup>2</sup>	Area: 9,85 Km <sup>2</sup>	Area: 140,69 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 1,61 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 2,61 %	Percentuale DGPV: 0,267 %	Percentuale in frana: 3,827 %	

**Tabella 5.7 a** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

#### TREVISO

Numero Poligoni Aree Franose: 28	Numero Poligoni IFFI: 113	Numero punti IFFI: 590
Area: 1,46 Km <sup>2</sup>	Area: 6,04 Km <sup>2</sup>	Densità(Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,238 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,06 %	Percentuale:0,243%	

**Tabella 5.7 b** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

VICENZA

Numero Poligoni Aree Franose: 88	Numero Poligoni IFFI: 295	Numero punti IFFI: 1692
Area: 19,28 Km <sup>2</sup>	Area: 17,52 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,621 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,71 %	Percentuale: 0,64 %	

**Tabella 5.7 c** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

VERONA

Numero Poligoni Aree Franose: 69	Numero Poligoni IFFI: 189	Numero punti IFFI: 944
Area: 13,26 Km <sup>2</sup>	Area: 4,6 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,346 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,43 %	Percentuale: 0,15 %	

**Tabella 5.7 d** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

COLLI EUGANEI

Numero Poligoni Aree Franose: 12	Numero Poligoni DGPV: 8	Numero Poligoni IFFI: 211	Numero Punti IFFI: 381
Area: 2,09 Km <sup>2</sup>	Area: 4,082 Km <sup>2</sup>	Area: 6,4 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 1,105 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,61 %	Percentuale DGPV: 1,18 %	Percentuale in frana: 1,86 %	

**Tabella 5.7 e** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).



VENETO\*(Province interessate da dissesti-Superficie di 12321,7 Km<sup>2</sup>)

Numero Poligoni Aree Franose: 773	Numero Poligoni DGPV: 19	Numero Poligoni IFFI: 3602	Numero Punti IFFI: 9545
Area: 131,97 Km <sup>2</sup>	Area: 13,92 Km <sup>2</sup>	Area: 172,9 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,77 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 1,07 %	Percentuale DGPV: 0,113 %	Percentuale in frana: 1,4 %	

**Tabella 5.7 f** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati di Belluno, Treviso, Vicenza, Verona, Colli Euganei e del Veneto\*(parte del veneto interessata da dissesti, quindi le zone pedemontane, montane e i Colli Euganei, numericamente si riferisce ai 12321,7 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

Per completezza si vogliono mostrare nelle tabelle 5.8 a e b le medesime statistiche riferite all'intera superficie della Regione Veneto.

VENETO (POLIGONI IFFI)

Numero Poligoni Aree Franose: 773	Numero Poligoni DGPV: 19	Numero Poligoni IFFI: 3602	Numero Punti IFFI: 9545
Area: 101,54 Km <sup>2</sup>	Area: 13,7 Km <sup>2</sup>	Area: 131,77Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,77 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose: 0,55 %	Percentuale DGPV: 0,074 %	Percentuale in frana: 0,71 %	

**Tabella 5.8 a** Illustrate le statistiche dei poligoni IFFI riferite sull'intera superficie della regione Veneto (18415 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

VENETO (POLIGONI BUFFERIZZATI)

Numero Poligoni Aree Franose: 773	Numero Poligoni DGPV: 19	Numero Poligoni IFFI: 3602	Numero Punti IFFI: 9545
Area: 131,97 Km <sup>2</sup>	Area: 13,92 Km <sup>2</sup>	Area: 172,9 Km <sup>2</sup>	Densità (Punti IFFI/Provincia Km <sup>2</sup> ): 0,77 PIFF/ Km <sup>2</sup>
Percentuale Aree Franose:0,7 %	Percentuale DGPV: 0,075 %	Percentuale in frana: 0,94 %	

**Tabella 5.8 b** Illustrate le statistiche dei poligoni bufferizzati riferite sull'intera superficie della regione Veneto (18415 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

## 5.2 Statistiche sui PS nel Veneto

In questo paragrafo si sono prodotte alcune statistiche sul numero dei PS associate ai poligoni bufferizzati, per completezza si sono trattate tutte le tipologie di movimento, ma è da tenere in considerazione che la tecnica interferometrica è in grado di lavorare solo con i movimenti lenti. I PS che ricadono nei poligoni di tipologia veloce come i crolli, sarebbe necessario approfondirli studiandone gli spostamenti, perché in queste zone potrebbero innescarsi cedimenti lenti causati dal crollo stesso, nelle zone adiacenti, argomento brevemente descritto nel capitolo conclusivo. Ora possiamo conteggiare il numero dei PS divisi per satellite e per orbita ascendente e discendente che stanno all'interno dei poligoni bufferizzati, tramite un range di valori di PS (Tabella 5.9, 5.10, 5.11, 5.12 e grafici 5.10, 5.11, 5.12, 5.13). Il significato di questo tipo di statistica è mostrato in figura 5.4, dove un poligono bufferizzato di tipologia 2 in questo caso (Scivolamento rotazionale/traslativo) contiene 6 PS e risulterà all'interno del relativo range di PS descritti nelle prossime tabelle. I range saranno distinti per satellite e orbita ascendente o discendente.

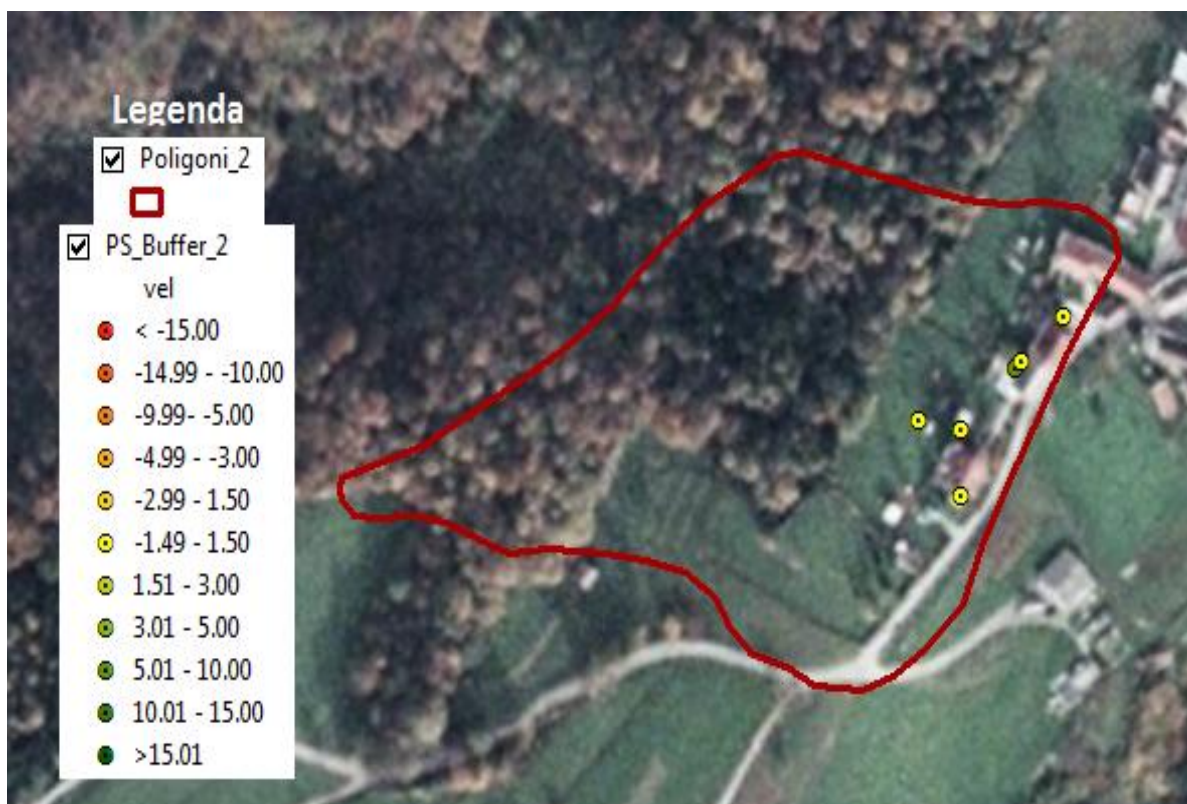


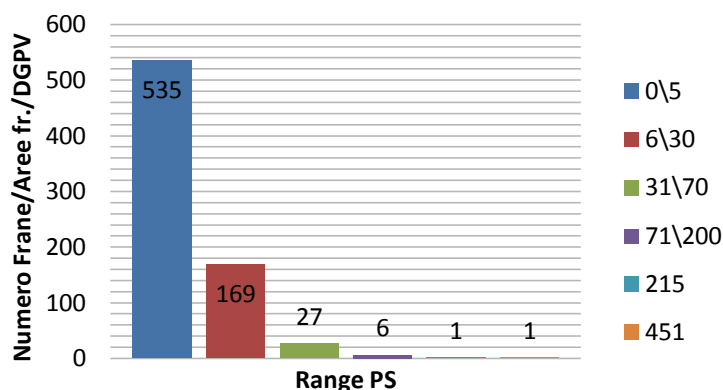
Figura 5.5 Il poligono bufferizzato ha 6 PS all'interno, risulterà per esempio nella seconda classe di range se si prende come riferimento la tabella successiva (Progetto di tesi).

### ENVISAT ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati		Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1)	0 – 5	535
2)	6 – 30	169
3)	31 – 70	27
4)	71 – 200	6
5)	215	1
6)	451	1

**Tabella 5.9** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni



**Grafico 5.10** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati		Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1)	0 – 5	399
2)	6 – 30	177
3)	31 – 70	40
4)	71 – 200	13
5)	201 – 400	4
6)	401 -756	2

**Tabella 5.10** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

## Range di PS interni ai poligoni

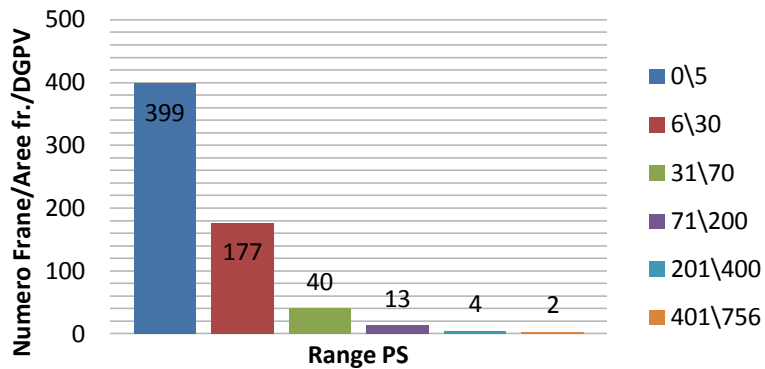


Grafico 5.11 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 - 5	357
2) 6 - 15	46
3) 16 - 30	11
4) 31 - 50	3
5) 51 - 130	2

Tabella 5.11 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

## Range di PS interni ai poligoni

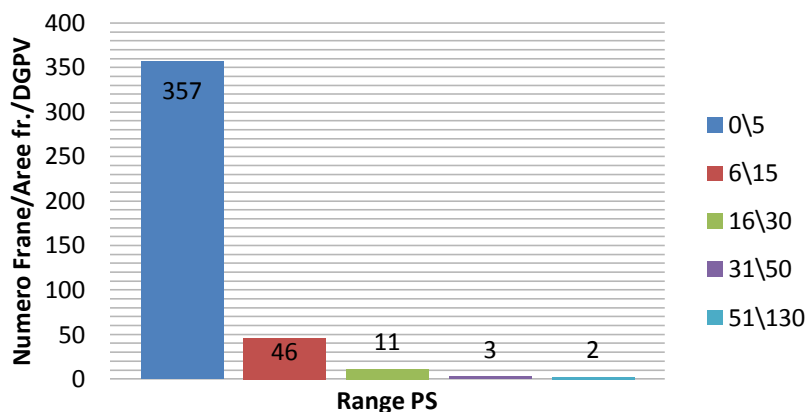


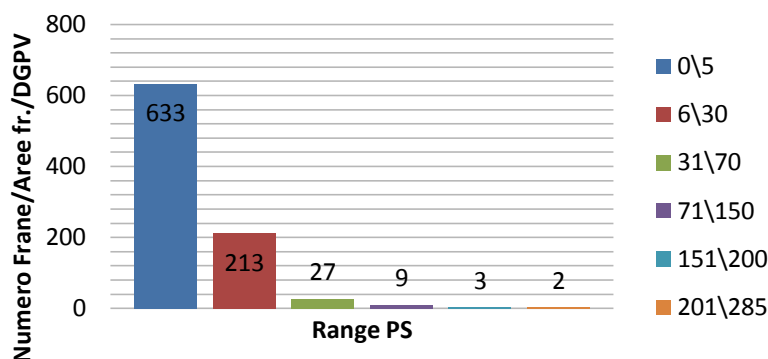
Grafico 5.12 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo Ers ascendente (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	633
2) 6 – 30	213
3) 31 – 70	27
4) 71 – 150	9
5) 151 – 200	3
6) 201 - 285	2

**Tabella 5.12** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni



**Grafico 5.13** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo Ers discendente (Progetto di tesi).

Nelle tabelle 5.13, 5.14, 5.15, 5.16 (Grafici 5.14, 5.15, 5.16, 5.17) possiamo evidenziare il numero totale dei poligoni bufferizzati relativi alla parte di Regione dove sono presenti versanti, che non contengono alcun PS, divisi per satellite e orbita, ed eseguendo una sottrazione possiamo ricavarci il numero di poligoni bufferizzati dove al loro interno è contenuto almeno un PS, basta togliere dal numero totale di frane bufferizzate (4394) il valore trovato nella prima colonna della rispettive tabelle.

## ENVISAT ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
3656	738

**Tabella 5.13** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS

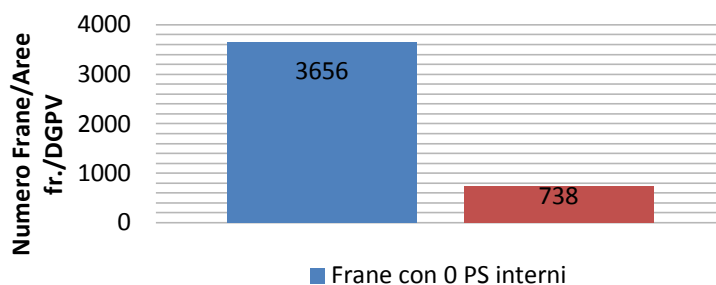


Grafico 5.14 Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
3760	634

Tabella 5.14 Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS

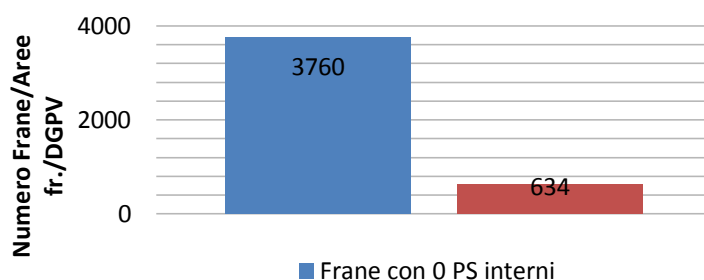


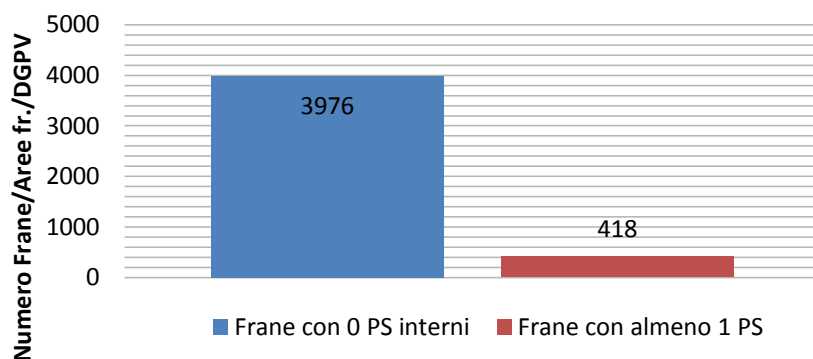
Grafico 5.15 Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
3976	418

Tabella 5.15 Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS

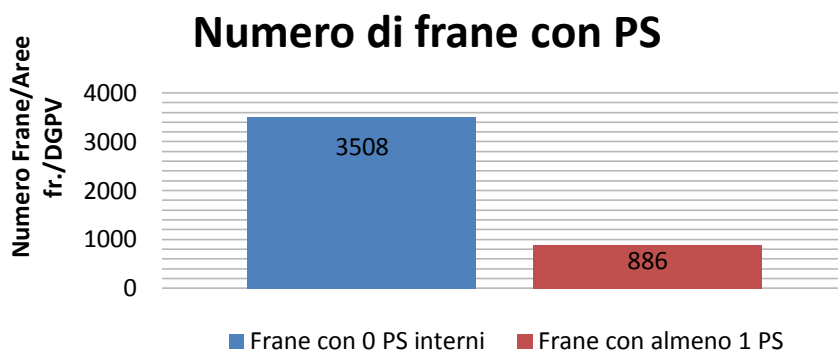


**Grafico 5.16** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ERS DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
3508	886

**Tabella 5.16** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).



**Grafico 5.17** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

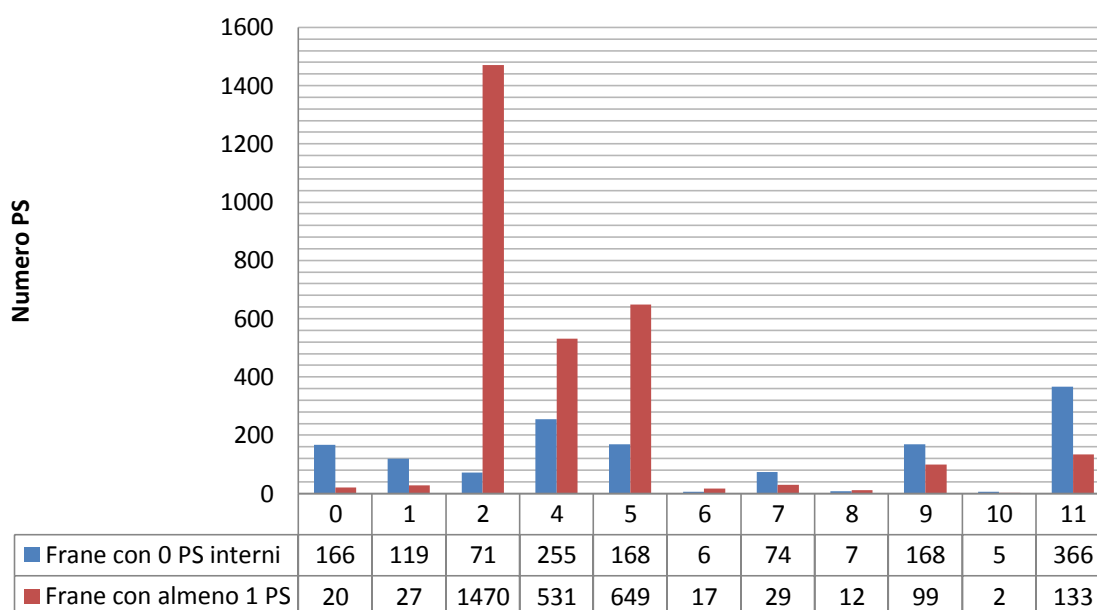
Nella tabella 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 (Grafici 5.18, 5.19, 5.20, 5.21) implementiamo il numero di poligoni bufferizzati senza alcun PS al loro interno, distinti per tipologia di movimento, è descritto inoltre il valore delle frane bufferizzate con almeno un PS al loro interno, è stata calcolato sottraendo dal numero totale delle frane evidenziato dalla tabella degli attributi il numero di poligoni bufferizzati senza PS al loro interno.

## ENVISAT ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	166	20
1 (Crollo/ribalt.)	119	27
2 (Scivolam.)	71	1470
4 (Col. rapido)	255	531
5 (Col. lento)	168	649
6 (Sprofondam.)	6	17
7 (Complesso)	74	29
8 (DGPV)	7	12
9 (Aree crolli)	168	99
10 (Aree sprof.)	5	2
11 (Aree superf.)	366	133

**Tabella 5.17** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



**Grafico 5.18** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

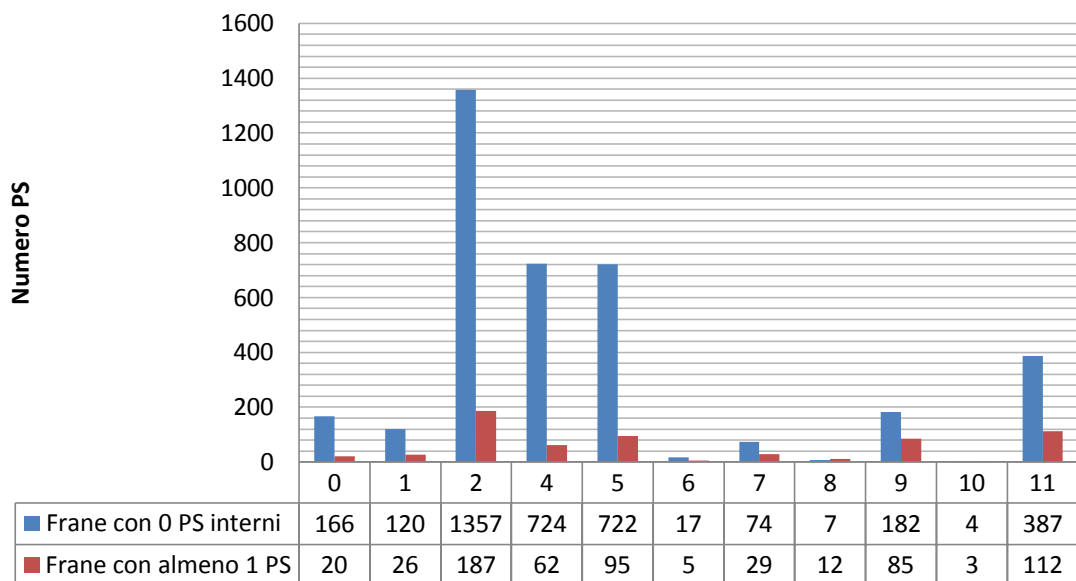


## ENVISAT DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	166	20
1(Crollo/ribalt.)	120	26
2(Scivolam.)	1357	187
4(Col. rapido)	724	62
5(Col. lento)	722	95
6(Sprofondam.)	17	5
7(Complesso)	74	29
8(DGPV)	7	12
9(Aree crolli)	182	85
10(Aree sprof.)	4	3
11(Aree superf.)	387	112

**Tabella 5.18** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



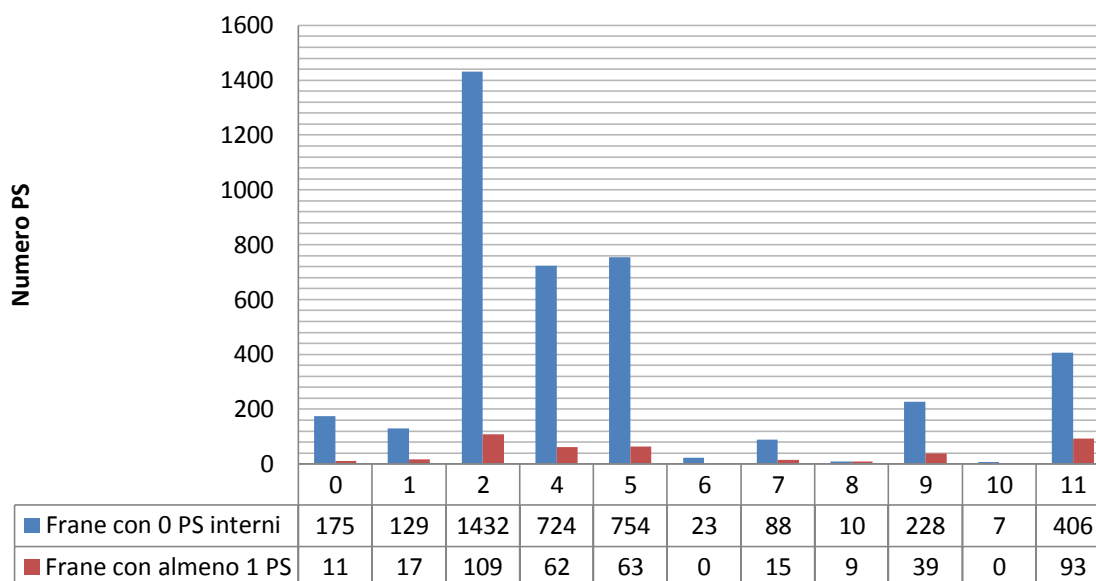
**Grafico 5.19** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	175	11
1 (Crollo/ribalt.)	129	17
2 (Scivolam.)	1432	109
4 (Col. rapido)	724	62
5 (Col. lento)	754	63
6 (Sprofondam.)	23	0
7 (Complesso)	88	15
8 (DGPV)	10	9
9 (Aree crolli)	228	39
10 (Aree sprof.)	7	0
11 (Aree superf.)	406	93

**Tabella 5.19** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



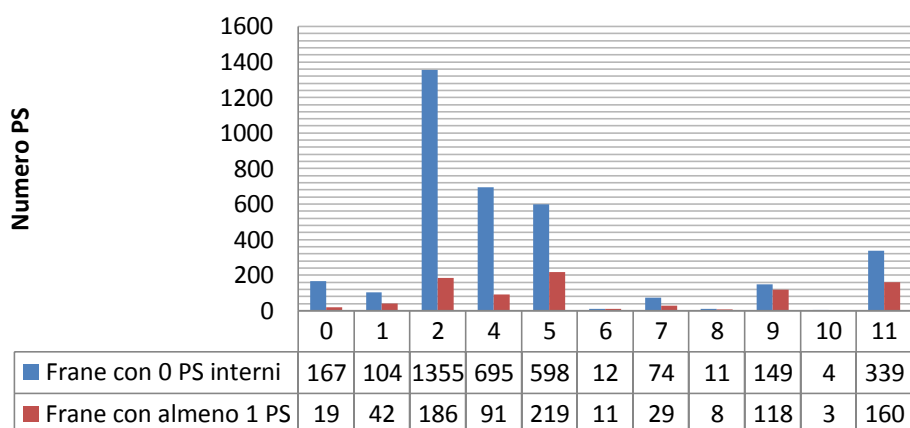
**Grafico 5.20** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	167	19
1 (Crollo/ribalt.)	104	42
2 (Scivolam.)	1355	186
4 (Col. rapido)	695	91
5 (Col. lento)	598	219
6 (Sprofondam.)	12	11
7 (Complesso)	74	29
8 (DGPV)	11	8
9 (Aree crolli)	149	118
10 (Aree sprof.)	4	3
11 (Aree superf.)	339	160

**Tabella 5.20** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



**Grafico 5.21** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

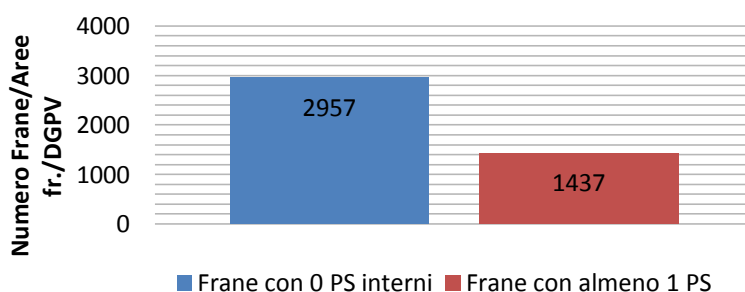
Possiamo ora descrivere il numero delle frane bufferizzate dell'intera regione che non hanno al loro interno nessun PS e facendo la sottrazione da quelle totali (4394) otteniamo i poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS (Tabella 5.21 e grafico 5.22).

## FRANE BUFFERIZZATE VENETO

Numero poligoni bufferizzati che non contengono nessun PS	Numero di poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS
2957	1437

**Tabella 5.21** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS per l'intera Regione (18415 Km<sup>2</sup>) (Progetto di tesi).

### Numero di frane con PS



**Grafico 5.22** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### 5.3 Statistiche a livello Provinciale

Le medesime statiche eseguite per l'intera regione possiamo interpretarle per singola provincia interessata dai dissesti e per i Colli Euganei.

#### BELLUNO

Possiamo conteggiare il numero dei PS divisi per satellite e per orbita che stanno all'interno dei poligoni bufferizzati, tramite un range di valori di PS (Tabelle 5.22, 5.23, 5.24, 5.25 e grafici 5.23, 5.24, 5.25, 5.26).

#### ENVISAT ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	347
2) 6 – 30	110
3) 31 – 70	18
4) 71 – 200	4
5) 201 – 400	0
6) 451	1

**Tabella 5.22** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi) (Progetto di tesi).

## Range di PS interni ai poligoni

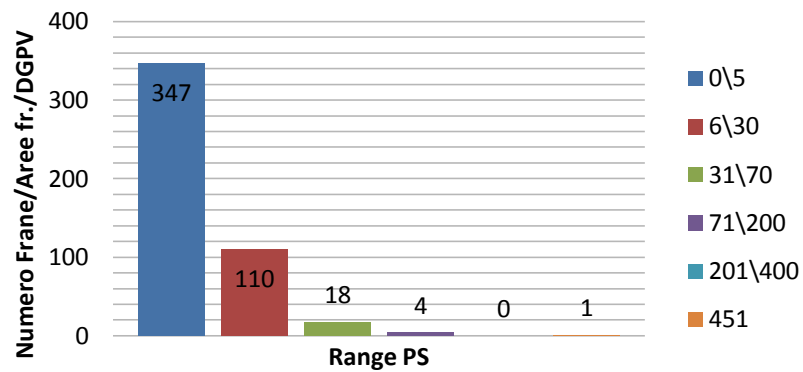


Grafico 5.23 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	232
2) 6 – 30	73
3) 31 – 70	18
4) 71 – 150	9
5) 246	1
6) 388	1

Tabella 5.23 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi) (Progetto di tesi).

## Range di PS interni ai poligoni

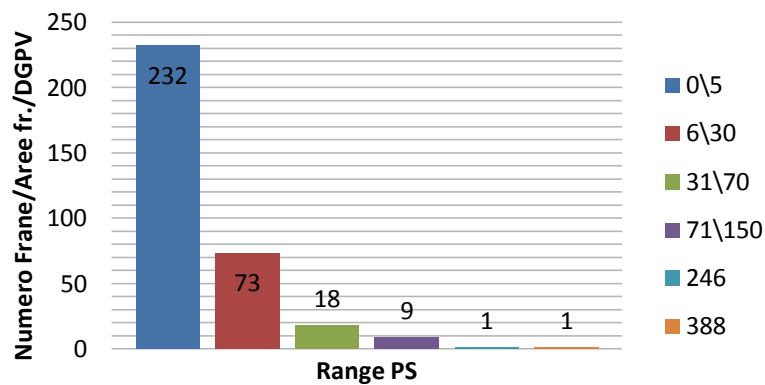
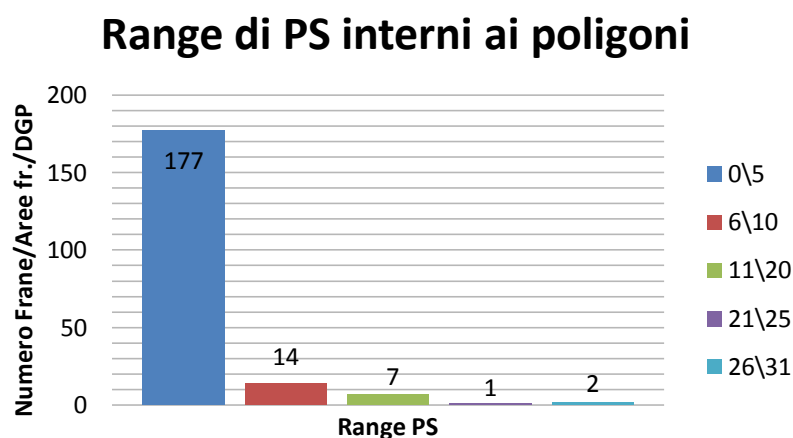


Grafico 5.24 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	177
2) 6 – 10	14
3) 11 – 20	7
4) 21	1
5) 26 – 31	2

**Tabella 5.24** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).



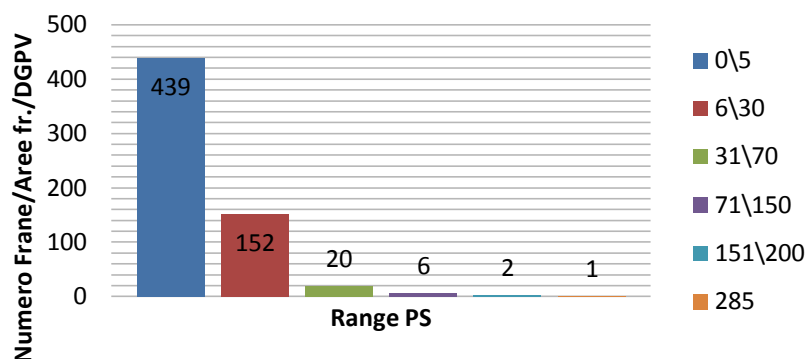
**Grafico 5.25** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

### ERS DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	439
2) 6 – 30	152
3) 31 – 70	20
4) 71 – 150	6
5) 151 – 200	2
6) 285	1

**Tabella 5.25** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

## Range di PS interni ai poligoni



**Grafico 5.26** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

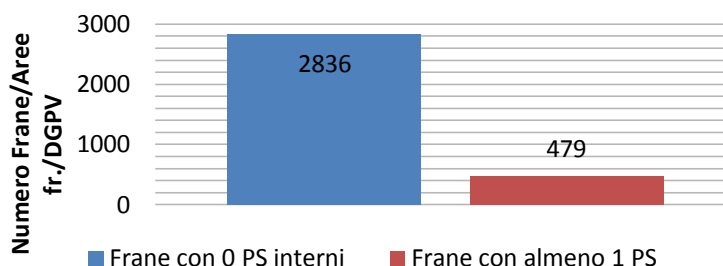
Nelle tabelle 5.26, 5.27, 5.28, 5.29 e nei grafici 5.27, 5.28, 5.29, 5.30 possiamo evidenziare il numero totale dei poligoni bufferizzati della provincia di Belluno che non contengono alcun PS, divisi per satellite e orbita ascendente e discendente, ed eseguendo una sottrazione possiamo ricavarci il numero di poligoni bufferizzati dove al loro interno è contenuto almeno un PS, basta togliere dal numero totale di frane bufferizzate (3315) il valore trovato nella prima colonna delle rispettive tabelle.

### ENVISAT ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
2836	479

**Tabella 5.26** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS

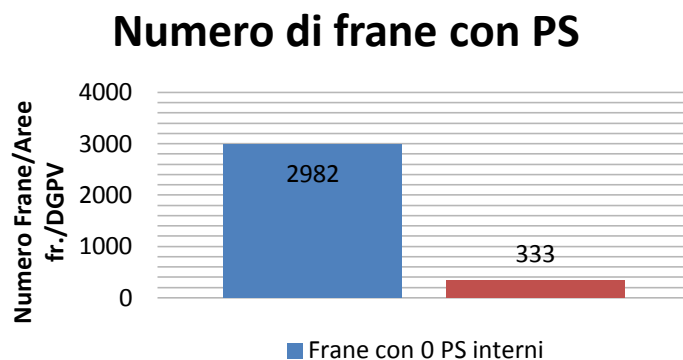


**Grafico 5.27** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
2982	333

**Tabella 5.27** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

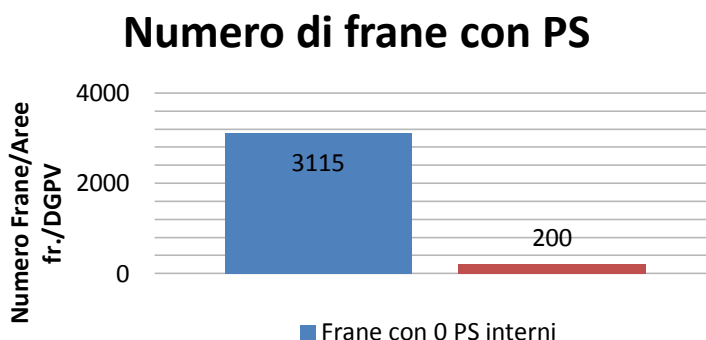


**Grafico 5.28** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
3115	200

**Tabella 5.28** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).



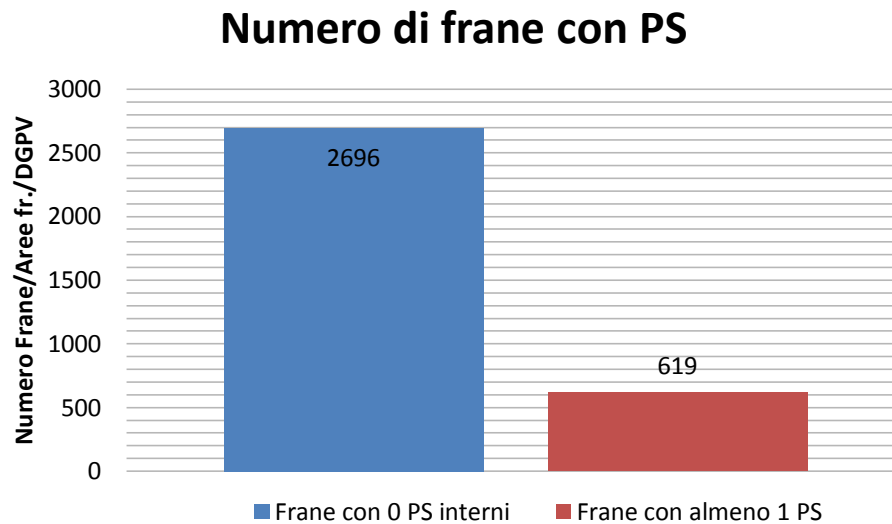
**Grafico 5.29** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).



## ERS DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
2696	619

**Tabella 5.29** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).



**Grafico 5.30** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

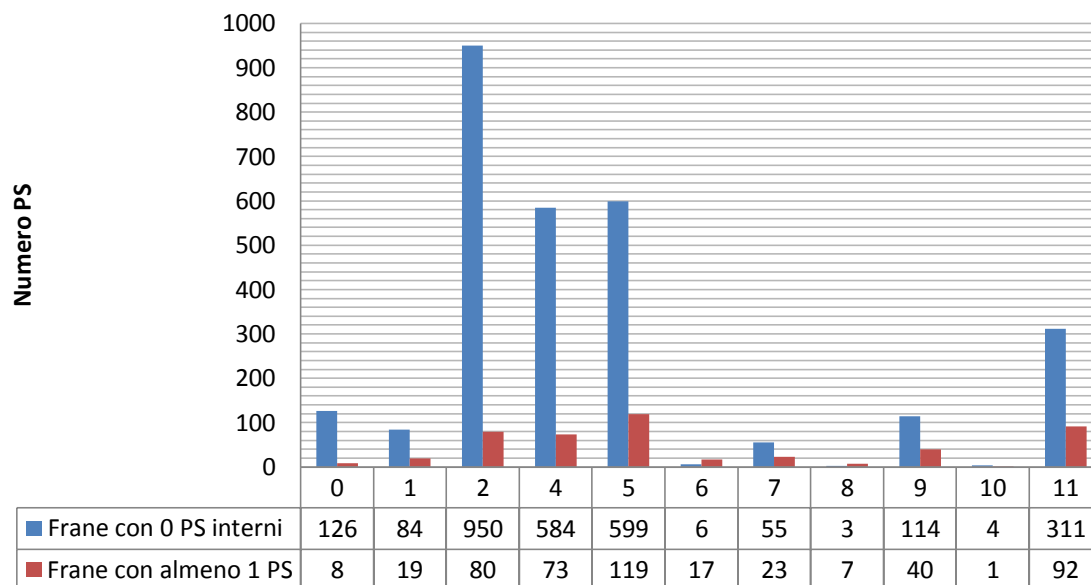
Nelle tabelle 5.30, 5.31, 5.32, 5.33 e grafici 5.31, 5.32, 5.33, 5.34 implementiamo il numero di poligoni bufferizzati senza alcun PS al loro interno, distinti per tipologia di movimento, è descritto inoltre il valore delle frane bufferizzate con almeno un PS al loro interno, è stata calcolato sottraendo dal numero totale delle frane evidenziato dalla tabella degli attributi il numero di poligoni bufferizzati senza PS al loro interno.

## ENVISAT ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	126	8
1 (Crollo/ribalt.)	84	19
2 (Scivolam.)	950	80
4 (Col. rapido)	584	73
5 (Col. lento)	599	119
6 (Sprofondam.)	6	17
7 (Complesso)	55	23
8 (DGPV)	3	7
9 (Aree crolli)	114	40
10 (Aree sprof.)	4	1
11 (Aree superf.)	311	92

**Tabella 5.30** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



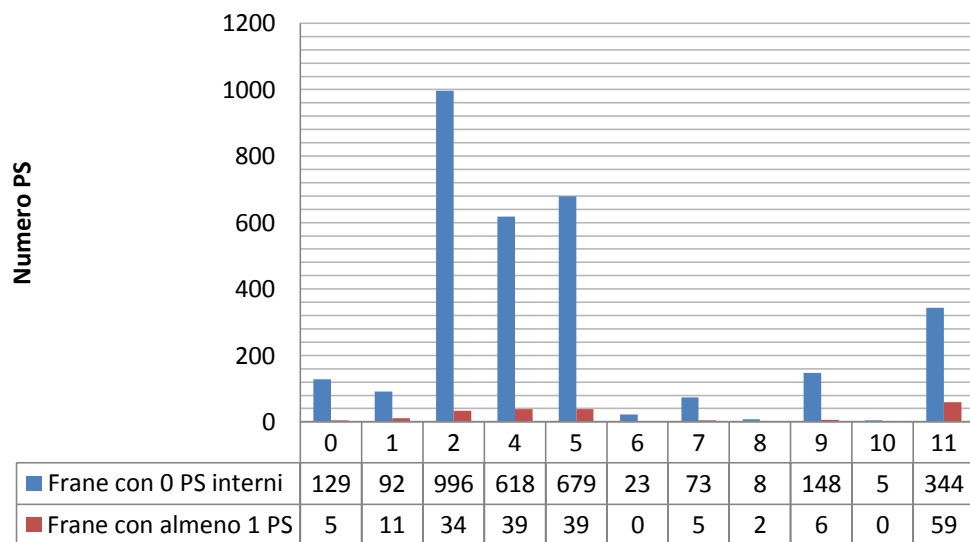
**Grafico 5.31** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	129	5
1(Crollo/ribalt.)	92	11
2(Scivolam.)	996	34
4(Col. rapido)	618	39
5(Col. lento)	679	39
6(Sprofondam.)	23	0
7(Complesso)	73	5
8(DGPV)	8	2
9(Aree crolli)	148	6
10(Aree sprof.)	5	0
11(Aree superf.)	344	59

**Tabella 5.31** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



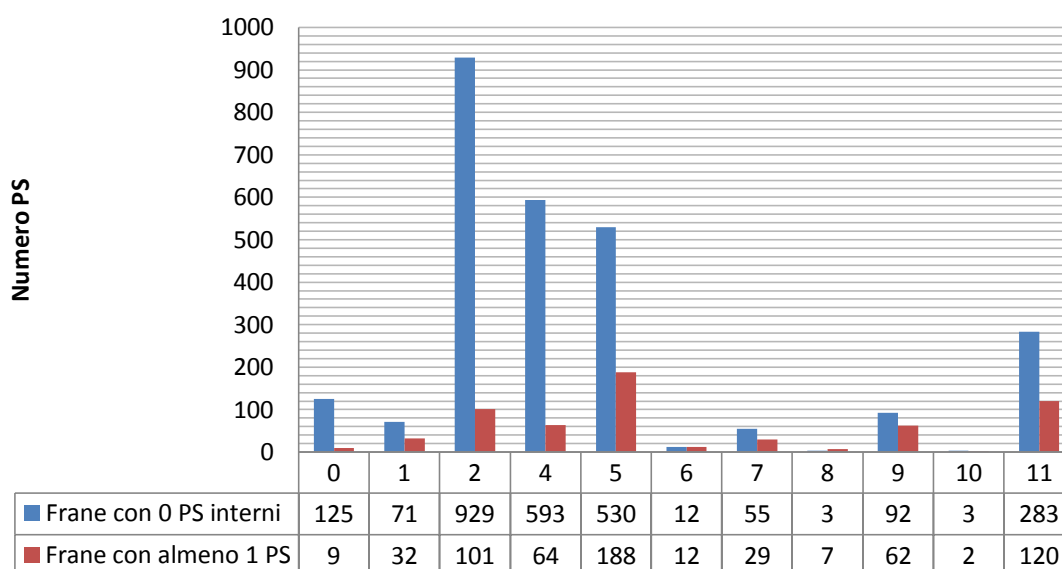
**Grafico 5.32** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	125	9
1 (Crollo/ribalt.)	71	32
2 (Scivolam.)	929	101
4 (Col. rapido)	593	64
5 (Col. lento)	530	188
6 (Sprofondam.)	12	12
7 (Complesso)	55	29
8 (DGPV)	3	7
9 (Aree crolli)	92	62
10 (Aree sprof.)	3	2
11 (Aree superf.)	283	120

**Tabella 5.32** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana

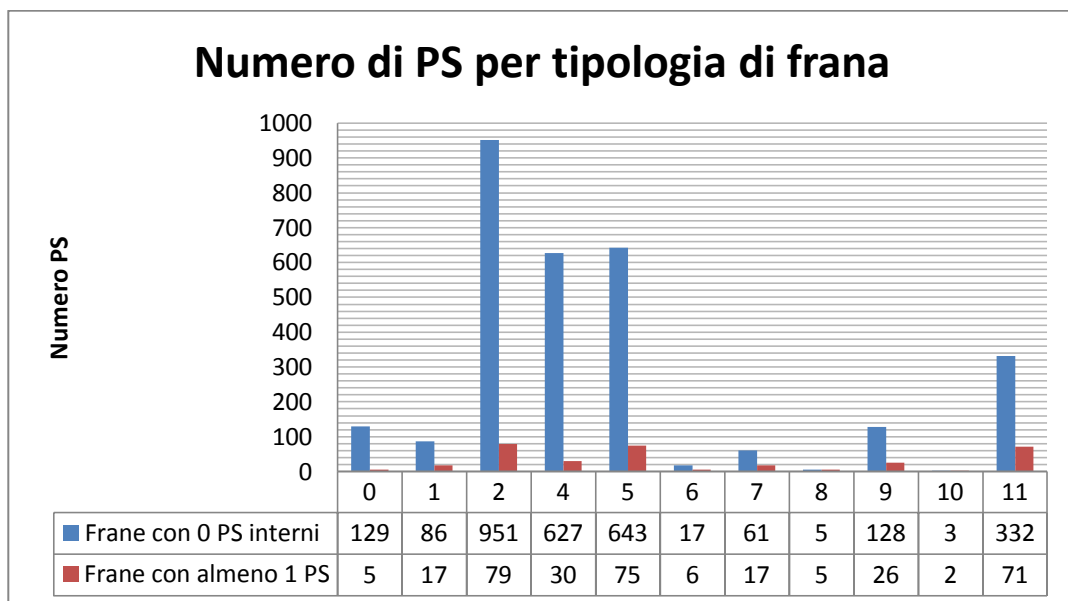


**Grafico 5.33** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ENVISAT DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	129	5
1(Crollo/ribalt.)	86	17
2(Scivolam.)	951	79
4(Col. rapido)	627	30
5(Col. lento)	643	75
6(Sprofondam.)	17	6
7(Complesso)	61	17
8(DGPV)	5	5
9(Aree crolli)	128	26
10(Aree sprof.)	3	2
11(Aree superf.)	332	71

**Tabella 5.33** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS (colonna sfondo blu) distinte per tipologia (Progetto di tesi).



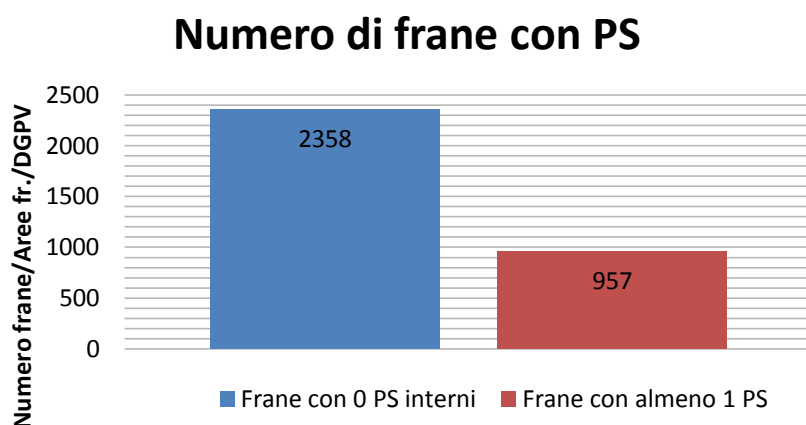
**Grafico 5.34** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

Possiamo ora descrivere il numero delle frane bufferizzate di Belluno che non hanno al loro interno nessun PS e facendo la sottrazione da quelle totali (3315) la prima colonna della tabella 5.34 (Grafico 5.35) otteniamo i poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS.

#### FRANE BUFFERIZZATE BELLUNO

Numero poligoni bufferizzati che non contengono nessun PS	Numero di poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS
2358	957

**Tabella 5.34** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS per Belluno (Progetto di tesi).



**Grafico 5.35** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

#### TREVISO

Possiamo conteggiare il numero dei PS divisi per satellite e per orbita ascendente e discendente che stanno all'interno dei poligoni bufferizzati, tramite un range di valori di PS (Tabelle 5.35, 5.36, 5.37, 5.38 e grafici 5.36, 5.37, 5.38, 5.39).

#### ENVISAT ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	22
2) 6 – 30	8
3) 31 – 70	2
4) 100	1
5) 215	1

**Tabella 5.35** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

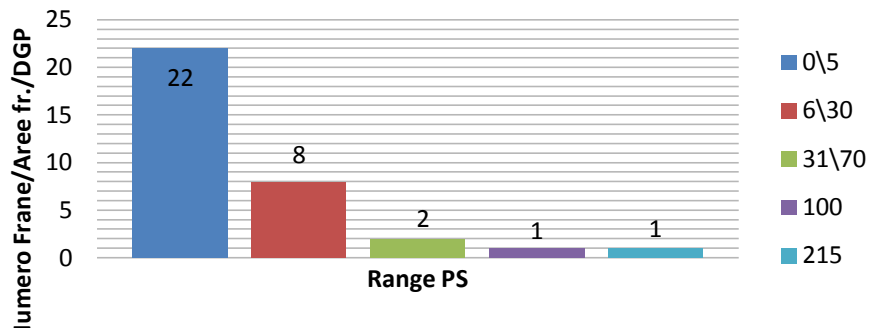


Grafico 5.36 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	27
2) 6 – 30	9
3) 34	1
4) 66	1
5) 172	1

Tabella 5.36 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

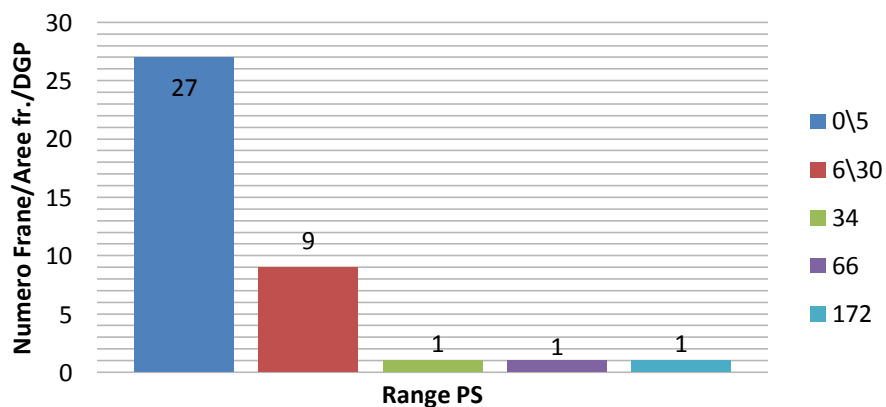
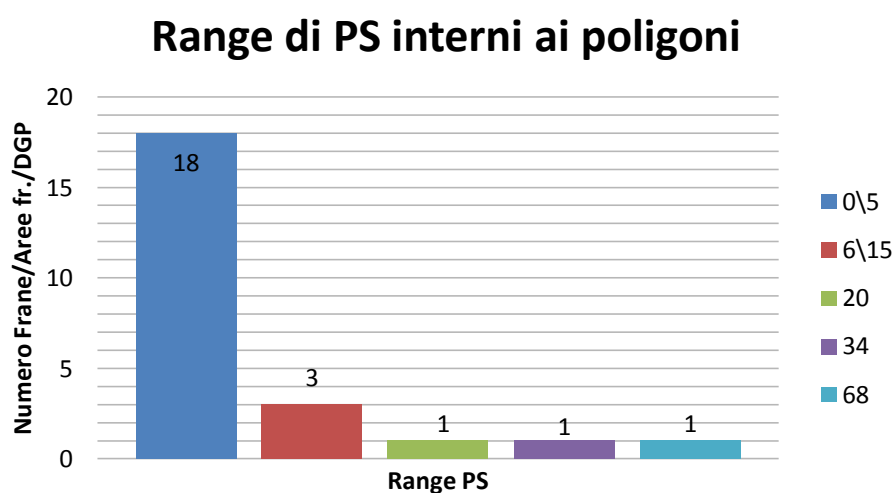


Grafico 5.37 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati		Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1)	0 – 5	18
2)	6 – 15	3
3)	20	1
4)	34	1
5)	68	1

**Tabella 5.37** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).



**Grafico 5.38** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

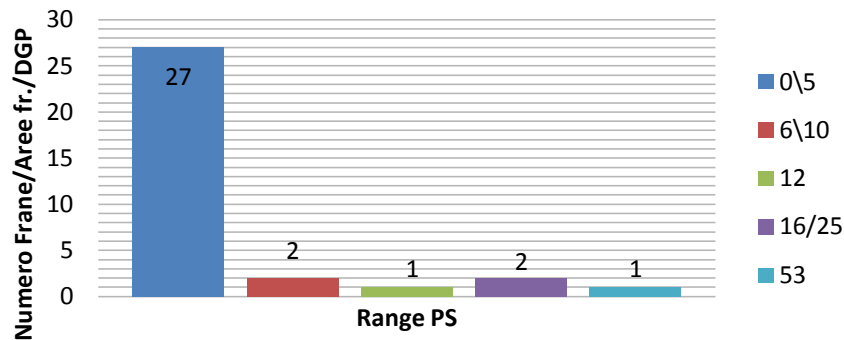
### ERS DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati		Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1)	0 – 5	27
2)	6 – 10	2
3)	12	1
4)	16 – 25	2
5)	53	1

**Tabella 5.38** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).



### Range di PS interni ai poligoni



**Grafico 5.39** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

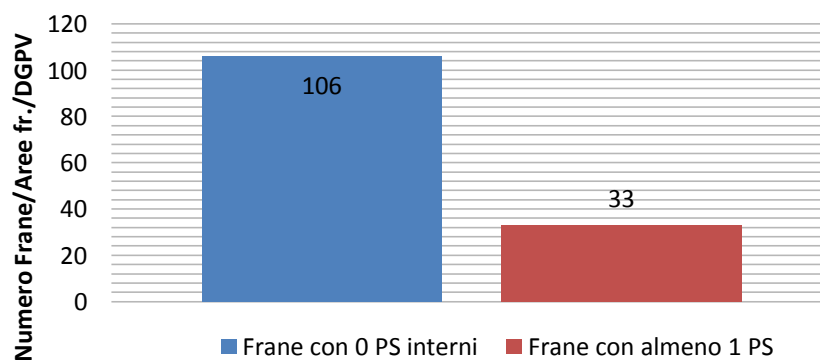
Nelle tabelle 5.39, 5.40, 5.41, 5.42 e nei grafici 5.40, 5.41, 5.42, 5.43 possiamo evidenziare il numero totale dei poligoni bufferizzati della provincia di Treviso che non contengono alcun PS, divisi per satellite e orbita ascendente e discendente, ed eseguendo una sottrazione possiamo ricavarci il numero di poligoni bufferizzati dove al loro interno è contenuto almeno un PS, basta togliere dal numero totale di frane bufferizzate (139) il valore trovato nella prima colonna delle tabelle rispettive.

#### ENVISAT ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
106	33

**Tabella 5.39** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS.

### Numero di frane con PS



**Grafico 5.40** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
101	38

Tabella 5.40 Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

### Numero di frane con PS

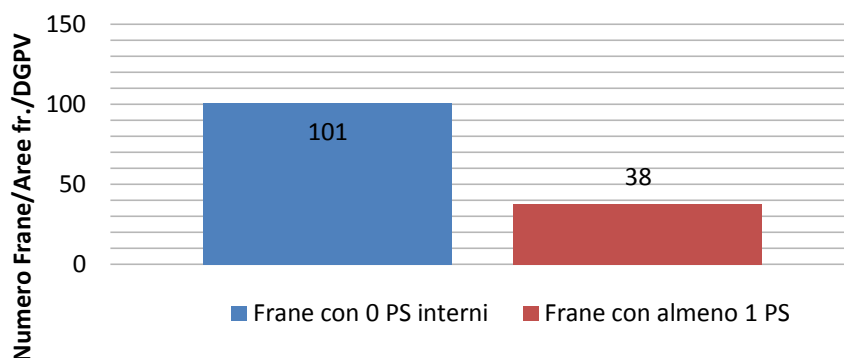


Grafico 5.41 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
116	23

Tabella 5.41 Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

### Numero di frane con PS

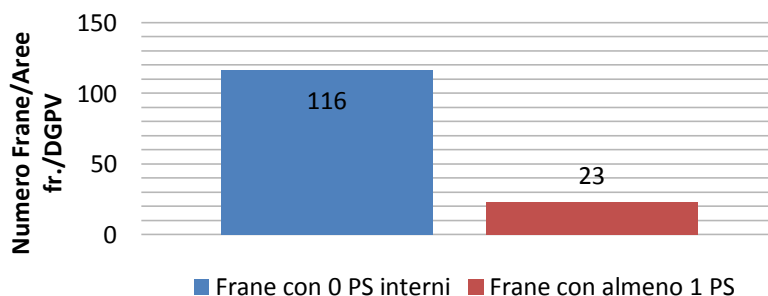
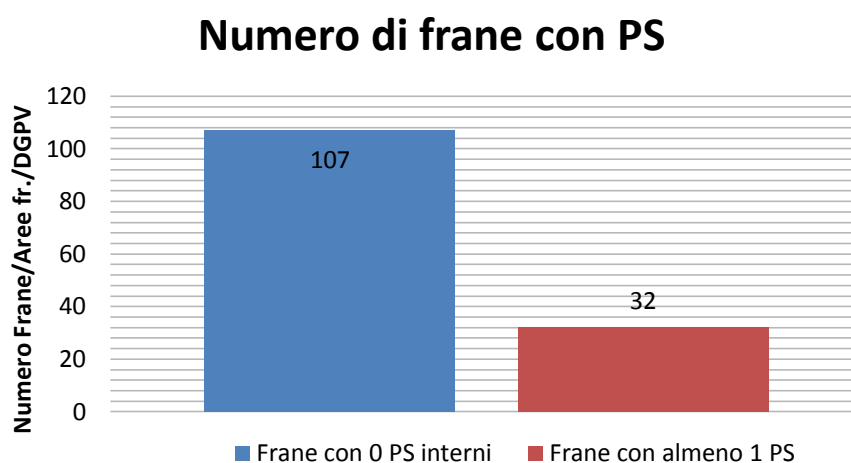


Grafico 5.42 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
107	32

**Tabella 5.42** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).



**Grafico 5.43** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

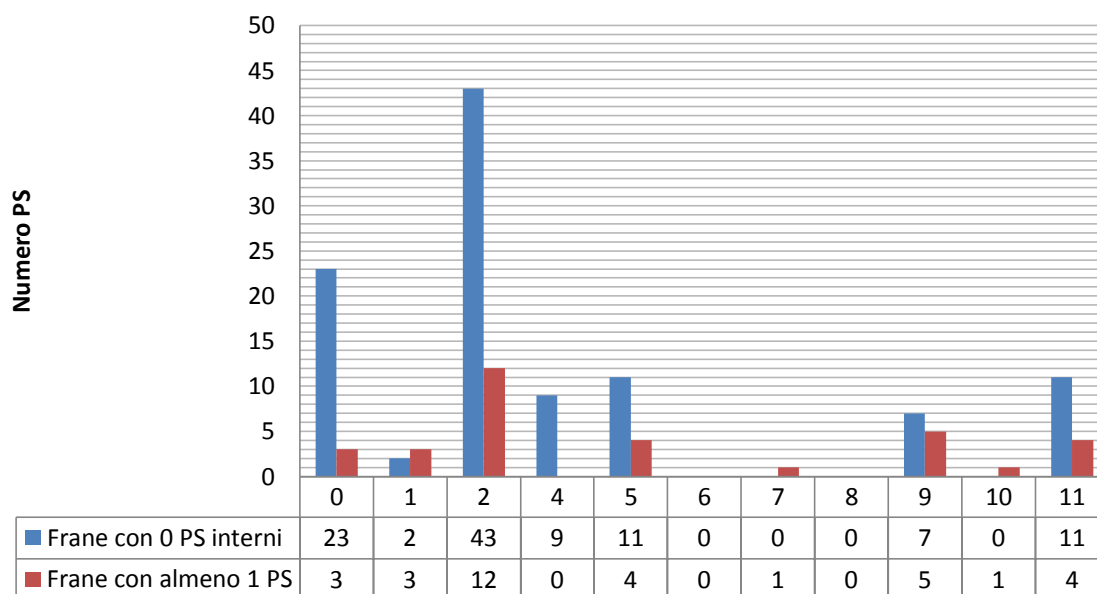
Nelle tabelle 5.43, 5.44, 5.45, 5.46 e nei grafici 5.44, 5.45, 5.46, 5.47 implementiamo il numero di poligoni bufferizzati senza alcun PS al loro interno, distinti per tipologia di movimento, è descritto inoltre il valore delle frane bufferizzate con almeno un PS al loro interno, è stata calcolato sottraendo dal numero totale delle frane evidenziato dalla tabella degli attributi il numero di poligoni bufferizzati senza PS al loro interno.

## ENVISAT ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	23	3
1 (Crollo/ribalt.)	2	3
2 (Scivolam.)	43	12
4 (Col. rapido)	9	0
5 (Col. lento)	11	4
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	0	1
8 (DGPV)	0	0
9 (Aree crolli)	7	5
10 (Aree sprof.)	0	1
11 (Aree superf.)	11	4

**Tabella 5.43** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



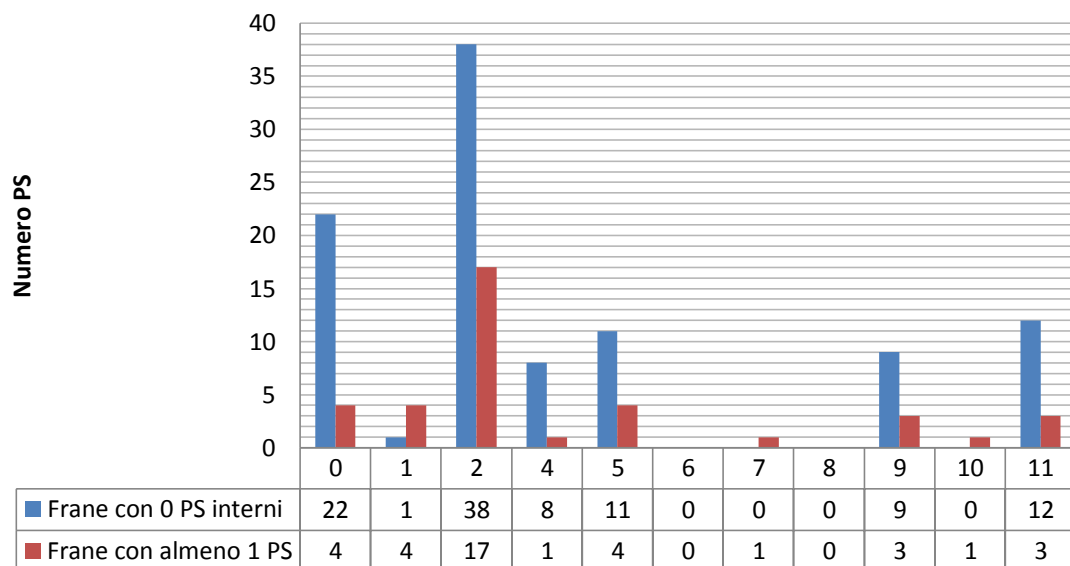
**Grafico 5.44** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ENVISAT DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	22	4
1(Crollo/ribalt.)	1	4
2(Scivolam.)	38	17
4(Col. rapido)	8	1
5(Col. lento)	11	4
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	0	1
8(DGPV)	0	0
9(Aree crolli)	9	3
10(Aree sprof.)	0	1
11(Aree superf.)	12	3

**Tabella 5.44** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



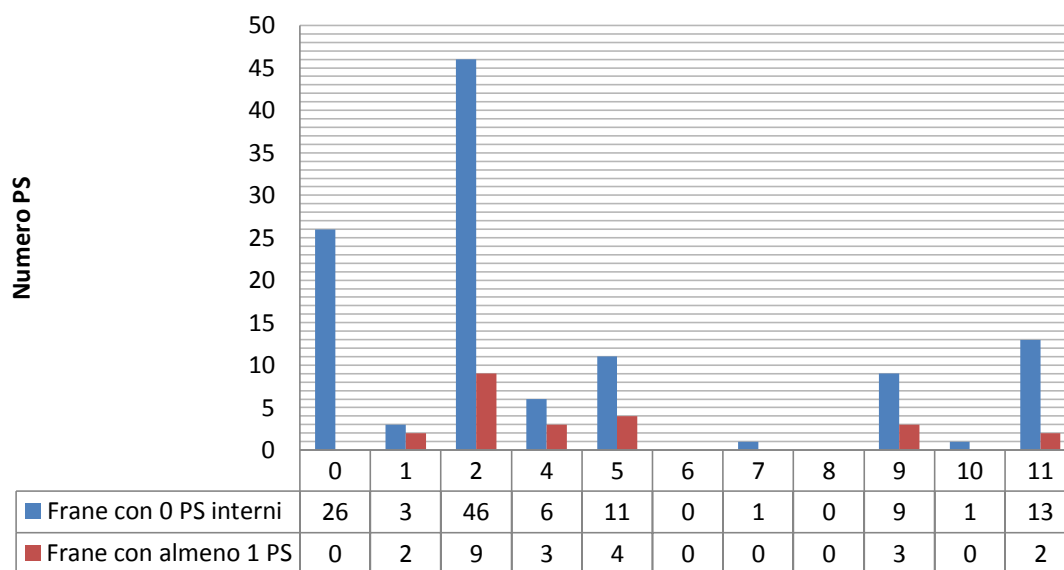
**Grafico 5.45** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	26	0
1 (Crollo/ribalt.)	3	2
2 (Scivolam.)	46	9
4 (Col. rapido)	6	3
5 (Col. lento)	11	4
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	1	0
8 (DGPV)	0	0
9 (Aree crolli)	9	3
10 (Aree sprof.)	1	0
11 (Aree superf.)	13	2

**Tabella 5.45** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



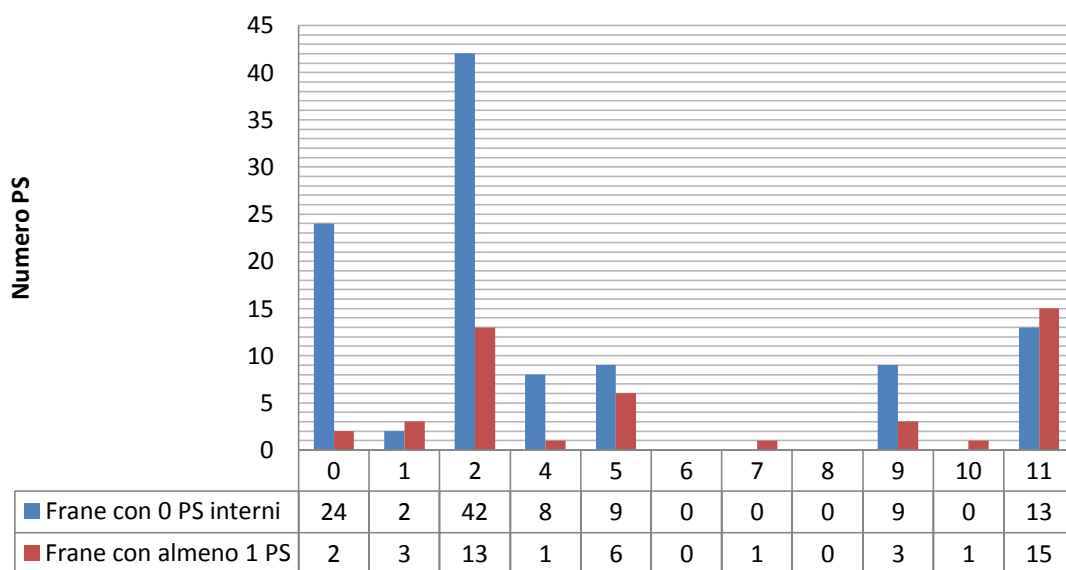
**Grafico 5.46** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	24	2
1(Crollo/ribalt.)	2	3
2(Scivolam.)	42	13
4(Col. rapido)	8	1
5(Col. lento)	9	6
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	0	1
8(DGPV)	0	0
9(Aree crolli)	9	3
10(Aree sprof.)	0	1
11(Aree superf.)	13	15

**Tabella 5.46** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



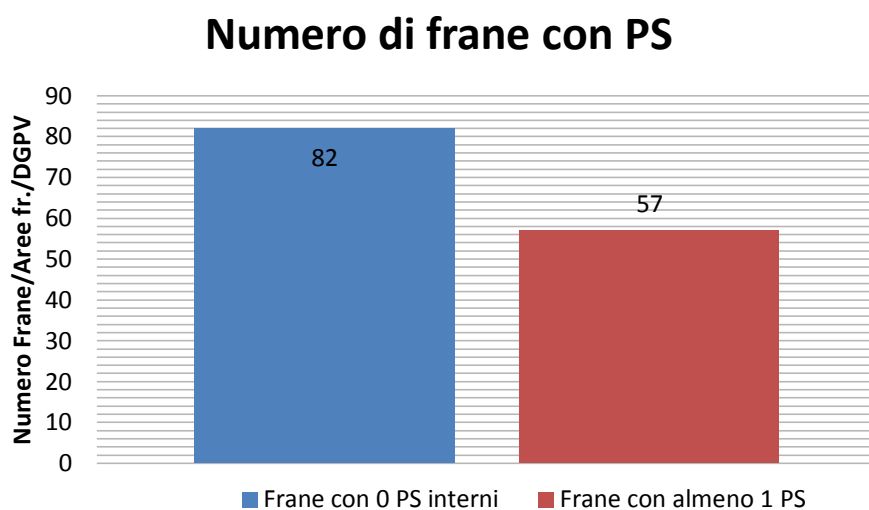
**Grafico 5.47** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

Possiamo ora descrivere il numero delle frane bufferizzate di Treviso che non hanno al loro interno nessun PS e facendo la sottrazione da quelle totali (139) dalla prima colonna della tabella 5.47 (Grafico 5.48) otteniamo i poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS.

#### FRANE BUFFERIZZATE TREVISO

Numero poligoni bufferizzati che non contengono nessun PS	Numero di poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS
82	57

**Tabella 5.47** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerando che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).



**Grafico 5.48** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).



## VICENZA

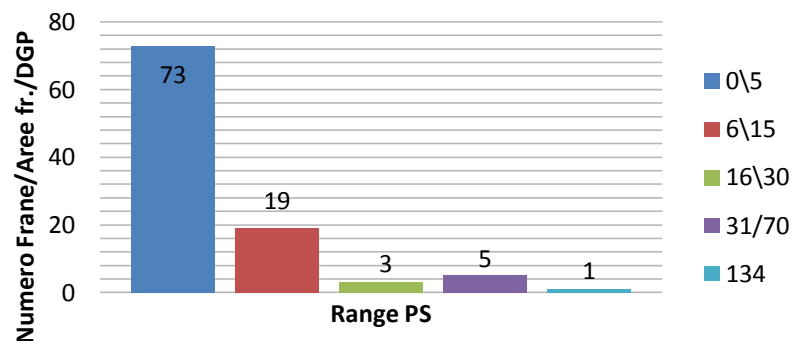
Possiamo conteggiare il numero dei PS divisi per satellite e per orbita che stanno all'interno dei poligoni bufferizzati, tramite un range di valori di PS (Tabelle 5.48, 5.49, 5.50, 5.51 e grafici 5.49, 5.50, 5.51, 5.52).

### ENVISAT ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati		Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1)	0 – 5	73
2)	6 – 15	19
3)	16 – 30	3
4)	31 – 70	5
5)	134	1

**Tabella 5.48** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni



**Grafico 5.49** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati		Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1)	0 – 5	59
2)	6 – 15	43
3)	16 – 30	8
4)	31 – 50	4
5)	51 – 63	2

**Tabella 5.49** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

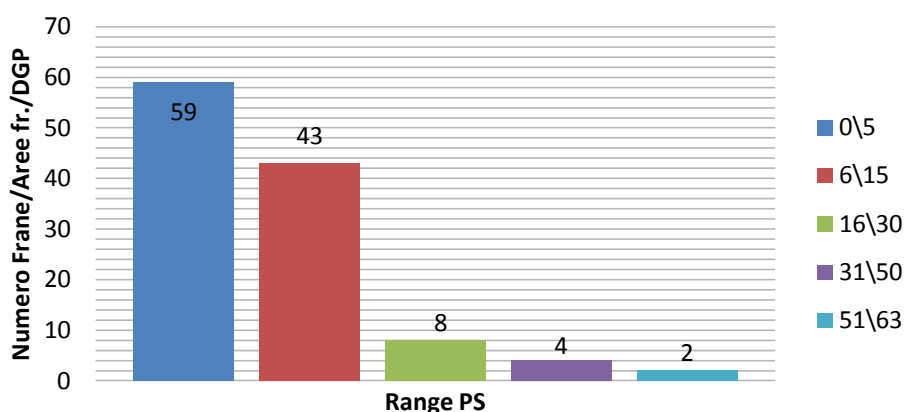


Grafico 5.50 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all’Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all’interno del range
1) 0 – 5	69
2) 6 – 15	15
3) 16 – 30	3
4) 46	1
5) 130	1

Tabella 5.50 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

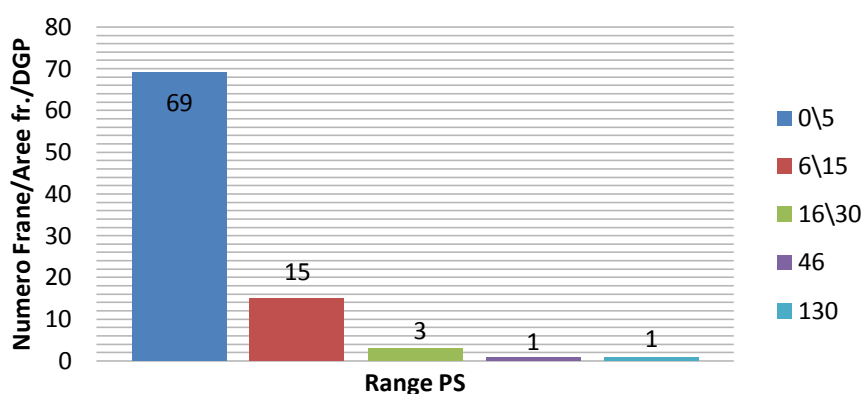


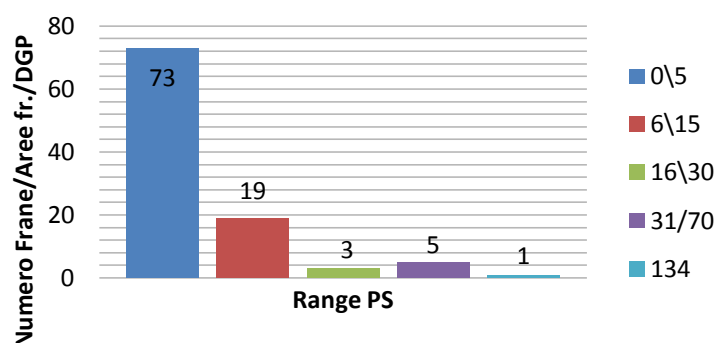
Grafico 5.51 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all’Ers ascendente (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	92
2) 6 – 30	30
3) 31 – 50	2
4) 51 – 100	3
5) 172	1

**Tabella 5.51** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni



**Grafico 5.52** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

Nelle tabelle 5.52, 5.53, 5.54, 5.55 e nei grafici 5.53, 5.54, 5.55, 5.56 possiamo evidenziare il numero totale dei poligoni bufferizzati della provincia di Vicenza che non contengono alcun PS, divisi per satellite e orbita ascendente e discendente, ed eseguendo una sottrazione possiamo ricavarci il numero di poligoni bufferizzati dove al loro interno è contenuto almeno un PS, basta togliere dal numero totale di frane bufferizzate (375) il valore trovato nella prima colonna delle tabelle rispettive.

## ENVISAT ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
271	104

**Tabella 5.52** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS

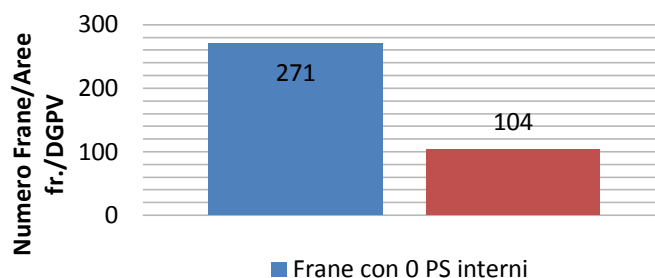


Grafico 5.53 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
260	115

Tabella 5.53 Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS

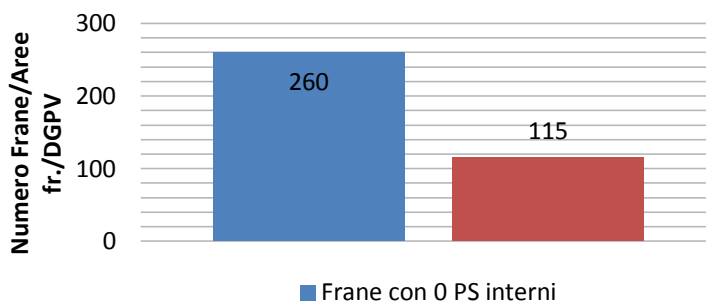


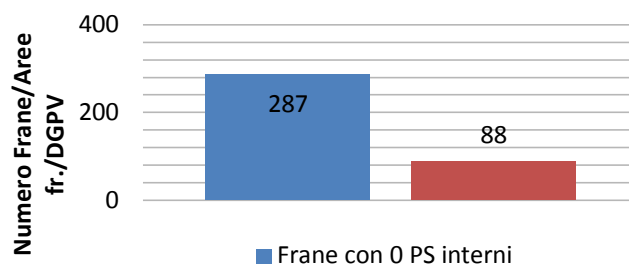
Grafico 5.54 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
287	88

Tabella 5.54 Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS



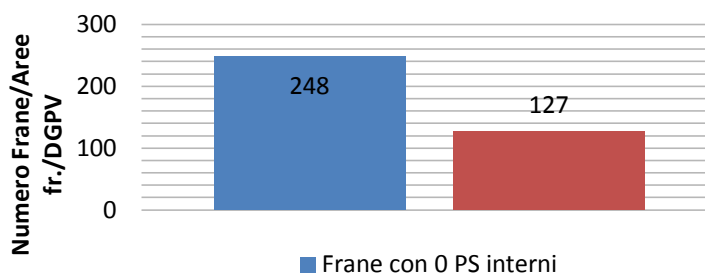
**Grafico 5.55** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
248	127

**Tabella 5.55** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

## Numero di frane con PS



**Grafico 5.56** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

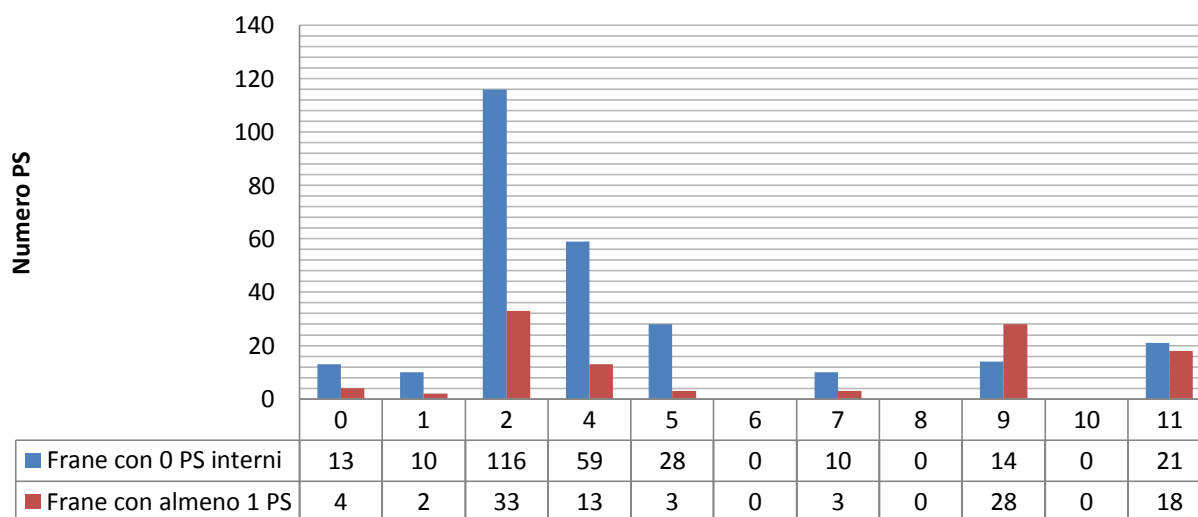
Nelle tabelle 5.56, 5.57, 5.58, 5.59 e nei grafici 5.57, 5.58, 5.59, 5.60 implementiamo il numero di poligoni bufferizzati senza alcun PS al loro interno, distinti per tipologia di movimento, è descritto inoltre il valore delle frane bufferizzate con almeno un PS al loro interno, è stata calcolato sottraendo dal numero totale delle frane evidenziato dalla tabella degli attributi il numero di poligoni bufferizzati senza PS al loro interno.

## ENVISAT ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	13	4
1 (Crollo/ribalt.)	10	2
2 (Scivolam.)	116	33
4 (Col. rapido)	59	13
5 (Col. lento)	28	3
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	10	3
8 (DGPV)	0	0
9 (Aree crolli)	14	28
10 (Aree sprof.)	0	0
11 (Aree superf.)	21	18

**Tabella 5.56** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



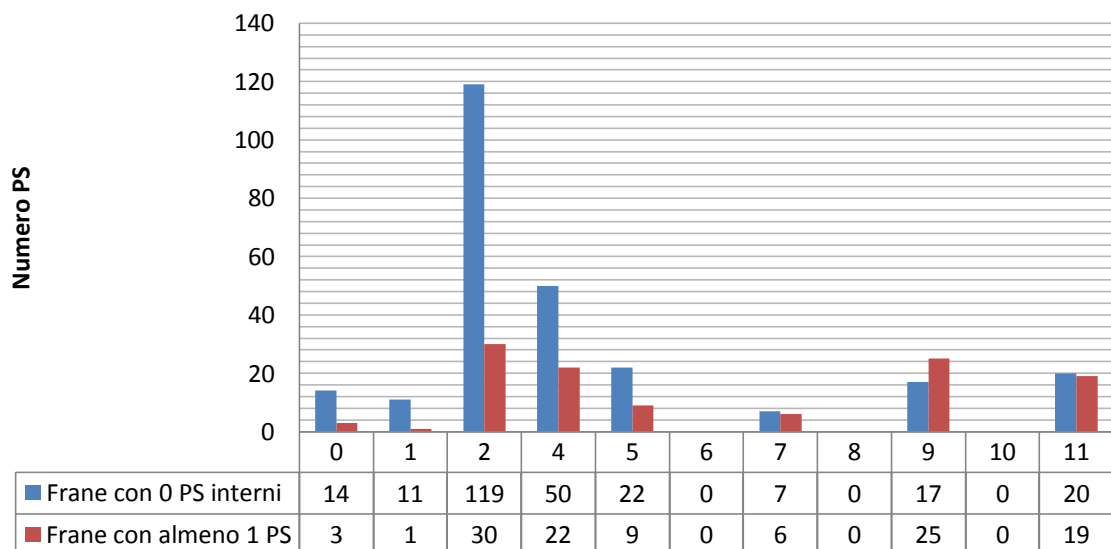
**Grafico 5.57** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	14	3
1(Crollo/ribalt.)	11	1
2(Scivolam.)	119	30
4(Col. rapido)	50	22
5(Col. lento)	22	9
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	7	6
8(DGPV)	0	0
9(Aree crolli)	17	25
10(Aree sprof.)	0	0
11(Aree superf.)	20	19

**Tabella 5.57** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



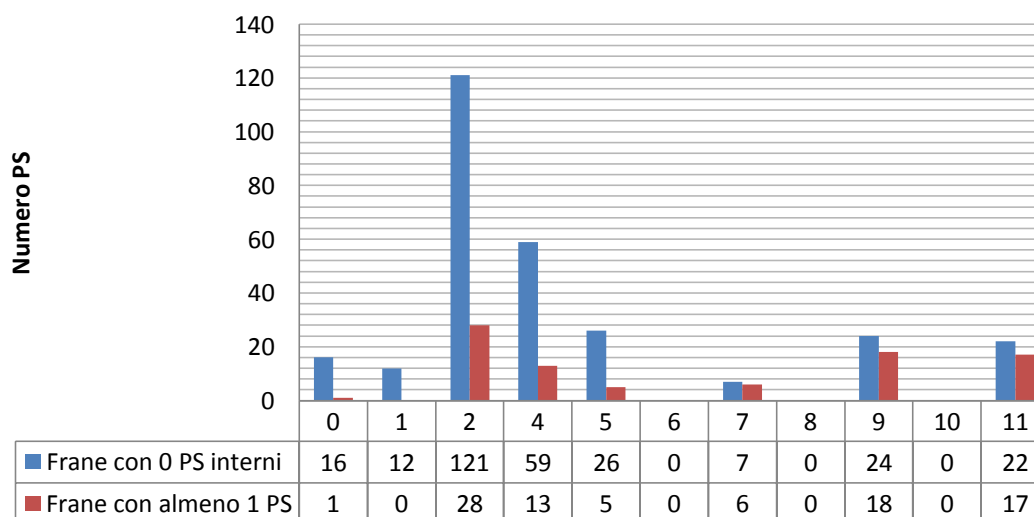
**Grafico 5.58** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	16	1
1 (Crollo/ribalt.)	12	0
2 (Scivolam.)	121	28
4 (Col. rapido)	59	13
5 (Col. lento)	26	5
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	7	6
8 (DGPV)	0	0
9 (Aree crolli)	24	18
10 (Aree sprof.)	0	0
11 (Aree superf.)	22	17

**Tabella 5.58** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



**Grafico 5.59** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

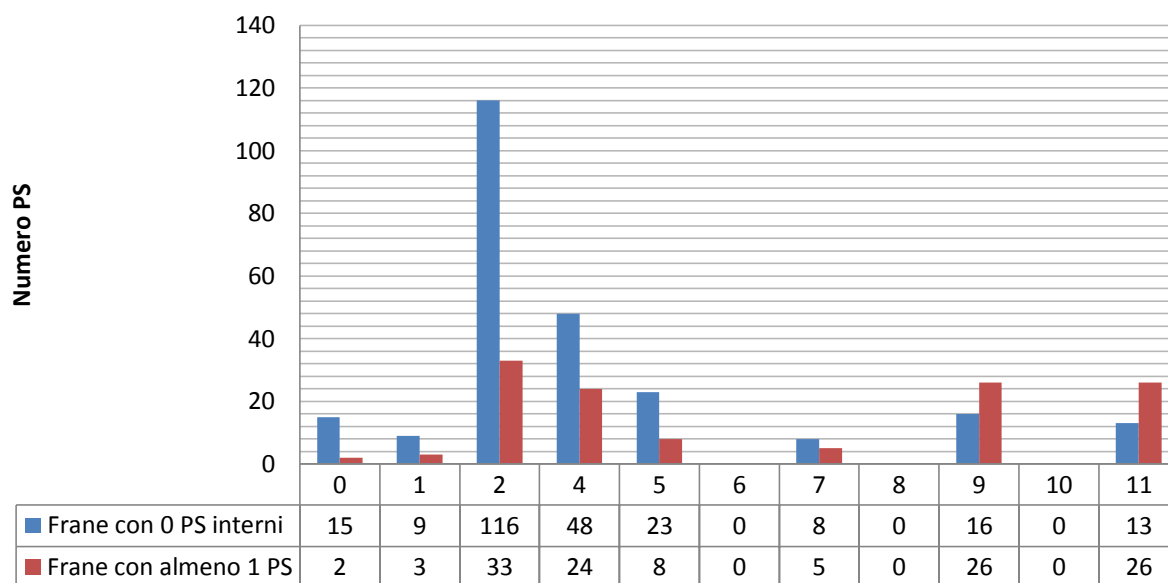


## ERS DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	15	2
1(Crollo/ribalt.)	9	3
2(Scivolam.)	116	33
4(Col. rapido)	48	24
5(Col. lento)	23	8
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	8	5
8(DGPV)	0	0
9(Aree crolli)	16	26
10(Aree sprof.)	0	0
11(Aree superf.)	13	26

**Tabella 5.59** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



**Grafico 5.60** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

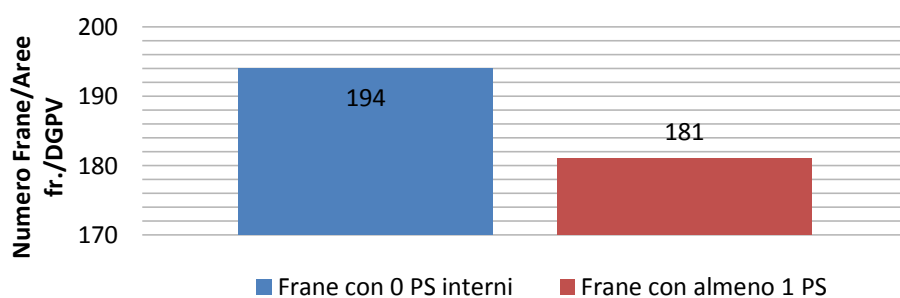
Possiamo ora descrivere il numero delle frane bufferizzate di Vicenza che non hanno al loro interno nessun PS e facendo la sottrazione da quelle totali (375) dalla prima colonna della tabella 5.60 (Grafico 5.61) otteniamo i poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS.

#### FRANE BUFFERIZZATE VICENZA

Numero poligoni bufferizzati che non contengono nessun PS	Numero di poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS
194	181

**Tabella 5.60** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerando che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

#### Numero di frane con PS



**Grafico 5.61** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

#### VERONA

Possiamo conteggiare il numero dei PS divisi per satellite e per orbita ascendente e discendente che stanno all'interno dei poligoni bufferizzati, tramite un range di valori di PS (Tabelle 5.61, 5.62, 5.63, 5.64 e nei grafici 5.62, 5.63, 5.64, 5.65).

#### ENVISAT ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	54
2) 6 – 10	2
3) 11 – 20	5
4) 21 – 36	3

**Tabella 5.61** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

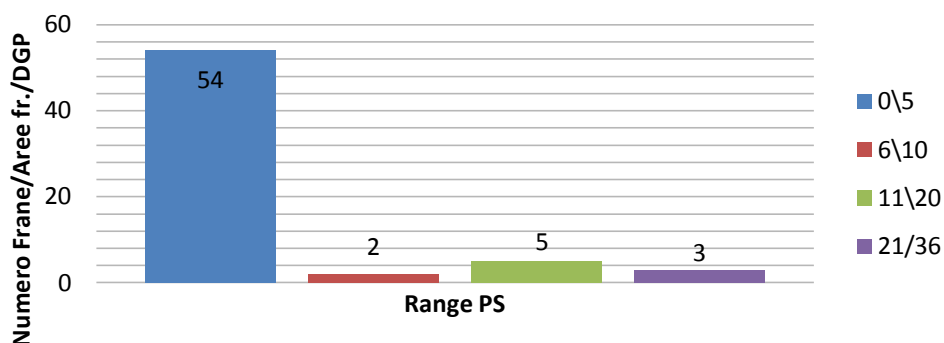


Grafico 5.62 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	24
2) 6 – 30	35
3) 31 – 70	11
4) 71 – 200	3
5) 231	1
6) 401 – 756	2

Tabella 5.62 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

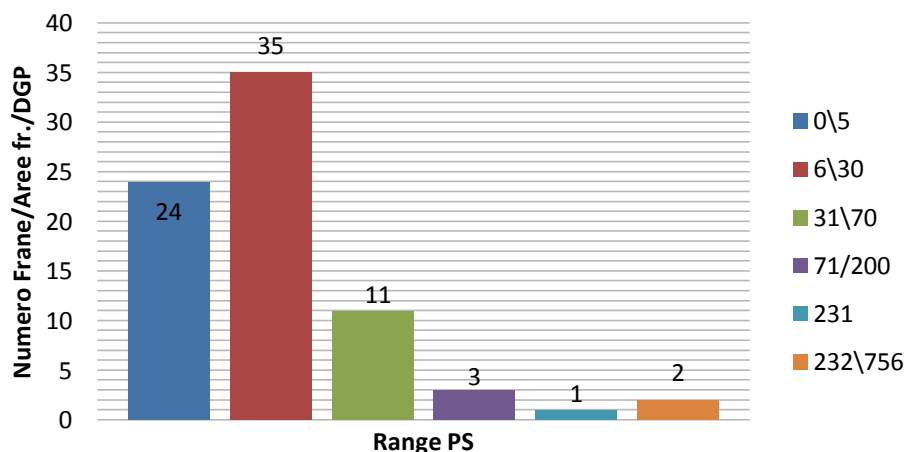


Grafico 5.63 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	33
2) 6 – 10 (7)	1
3) 11 – 16	2

Tabella 5.63 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

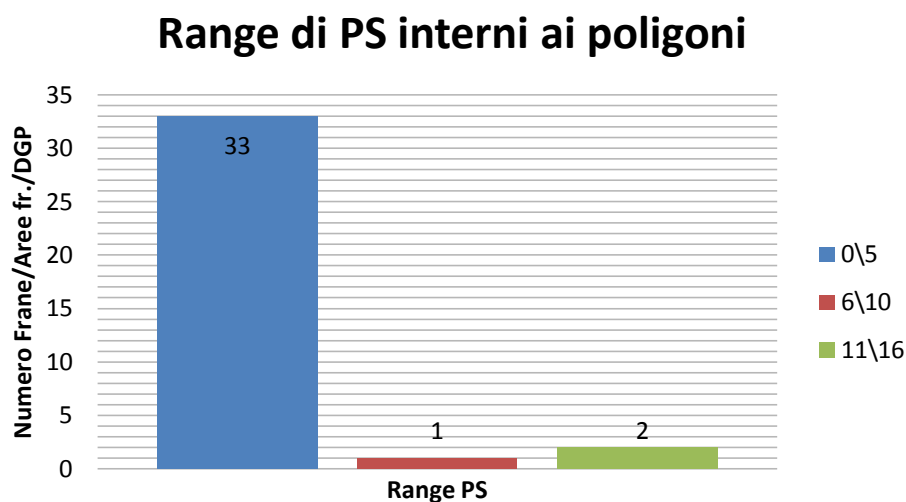
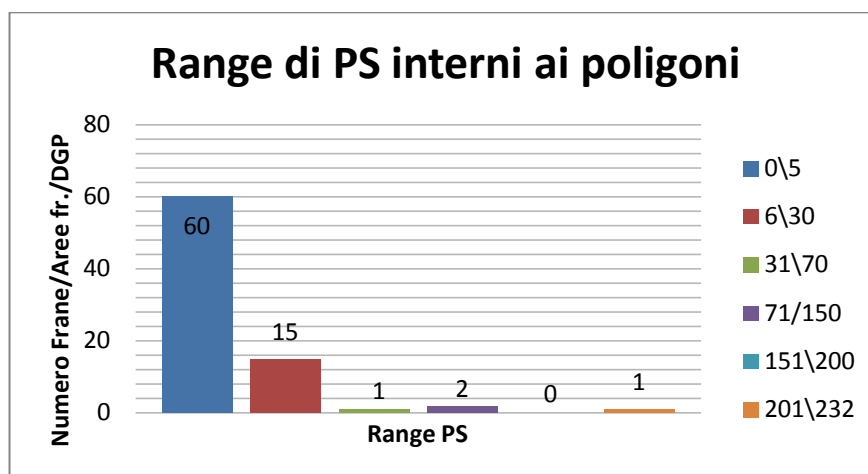


Grafico 5.64 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

### ERS DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	60
2) 6 – 30	15
3) 31 – 70 (48)	1
4) 71 – 150	2
5) 151 – 200	0
6) 201 – 232	1

Tabella 5.64 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).



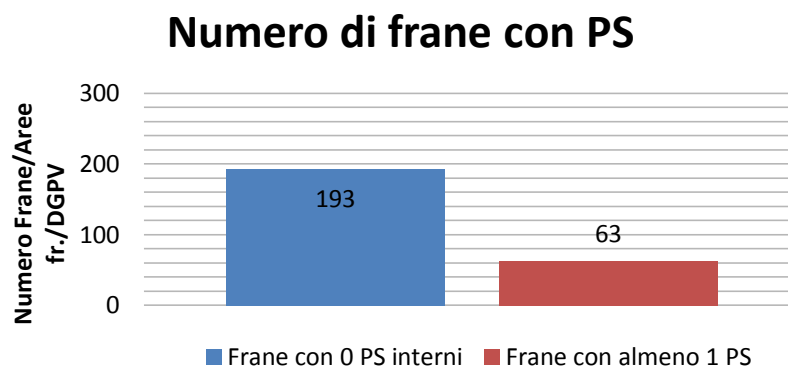
**Grafico 5.65** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

Nelle tabelle 5.65, 5.66, 5.67, 5.68 e nei grafici 5.66, 5.67, 5.68, 5.69 possiamo evidenziare il numero totale dei poligoni bufferizzati della provincia di Verona che non contengono alcun PS, divisi per satellite e orbita ascendente e discendente, ed eseguendo una sottrazione possiamo ricavarci il numero di poligoni bufferizzati dove al loro interno è contenuto almeno un PS, basta togliere dal numero totale di frane bufferizzate (256) il valore trovato nella prima colonna delle tabelle rispettive.

#### ENVISAT ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
193	63

**Tabella 5.65** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

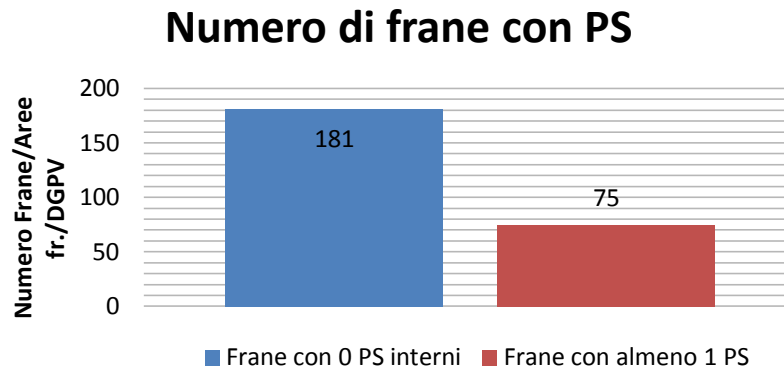


**Grafico 5.66** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
181	75

**Tabella 5.66** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

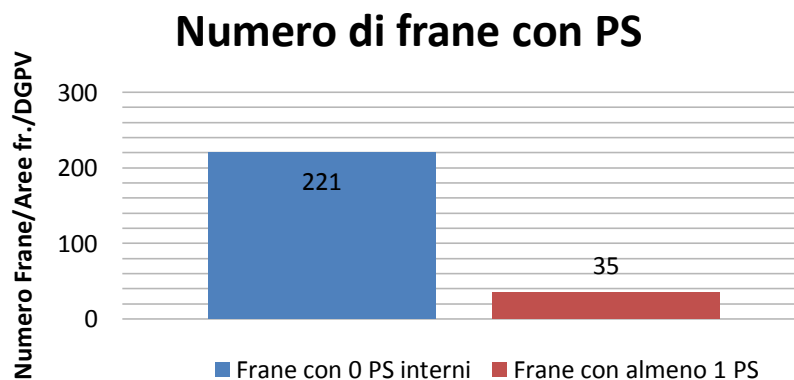


**Grafico 5.67** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
221	35

**Tabella 5.67** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS.



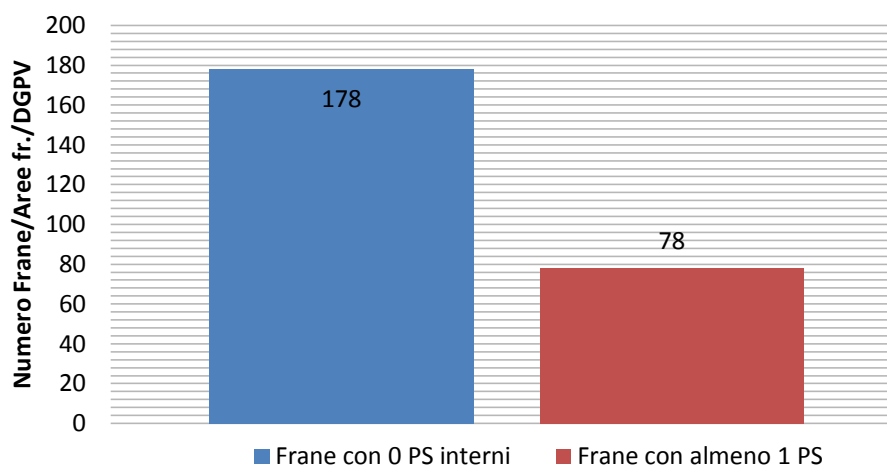
**Grafico 5.68** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
178	78

**Tabella 5.68** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

### Numero di frane con PS



**Grafico 5.69** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers discendente (Progetto di tesi).

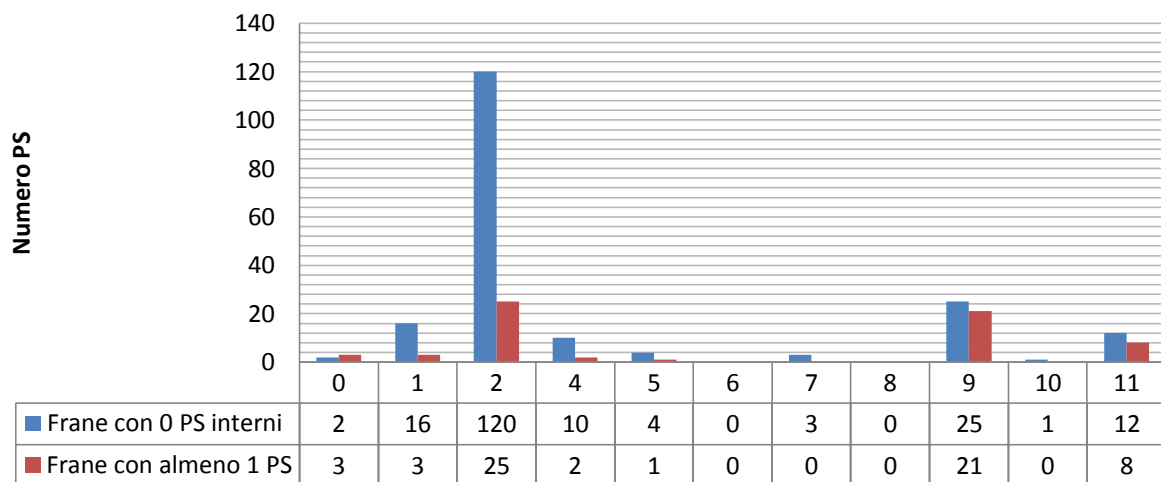
Nelle tabelle 5.69, 5.70, 5.71, 5.72 e nei grafici 5.70, 5.71, 5.72, 5.73 implementiamo il numero di poligoni bufferizzati senza alcun PS al loro interno, distinti per tipologia di movimento, è descritto inoltre il valore delle frane bufferizzate con almeno un PS al loro interno, è stata calcolato sottraendo dal numero totale delle frane evidenziato dalla tabella degli attributi il numero di poligoni bufferizzati senza PS al loro interno.

### ENVISAT ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	2	3
1 (Crollo/ribalt.)	16	3
2 (Scivolam.)	120	25
4 (Col. rapido)	10	2
5 (Col. lento)	4	1
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	3	0
8 (DGPV)	0	0
9 (Aree crolli)	25	21
10 (Aree sprof.)	1	0
11 (Aree superf.)	12	8

**Tabella 5.69** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



**Grafico 5.70** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

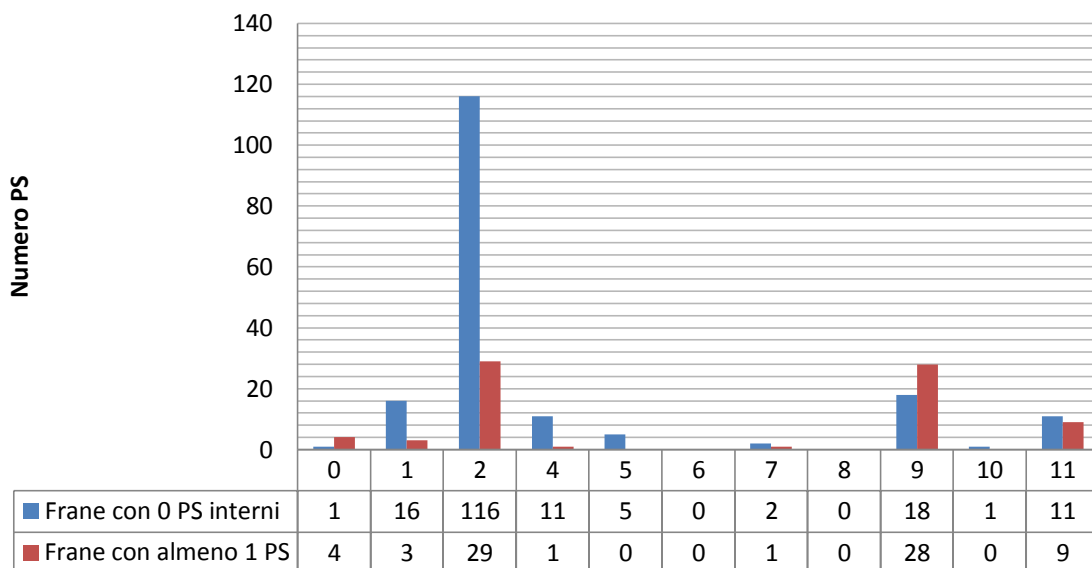


## ENVISAT DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	1	4
1(Crollo/ribalt.)	16	3
2(Scivolam.)	116	29
4(Col. rapido)	11	1
5(Col. lento)	5	0
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	2	1
8(DGPV)	0	0
9(Aree crolli)	18	28
10(Aree sprof.)	1	0
11(Aree superf.)	11	9

**Tabella 5.70** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



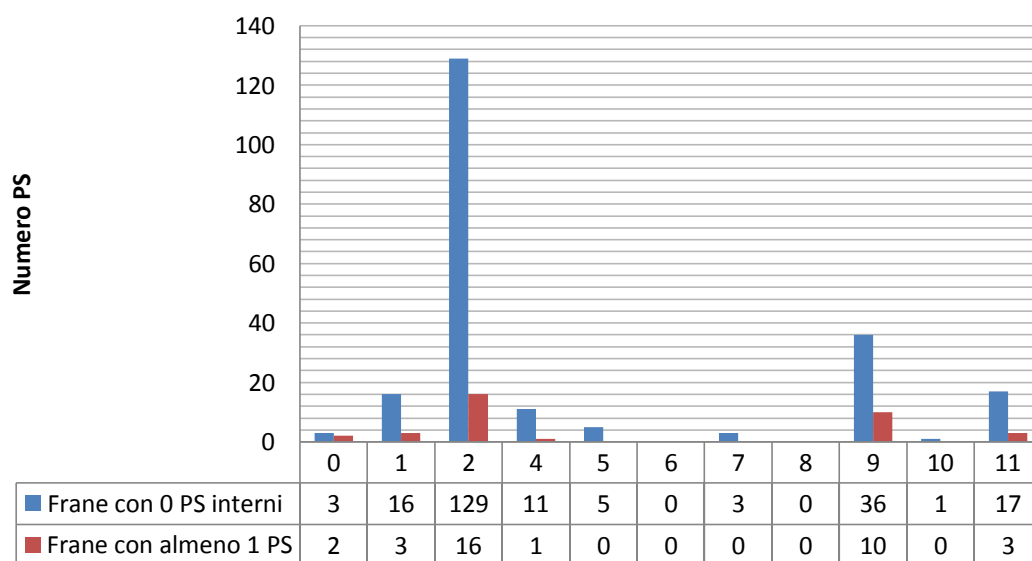
**Grafico 5.71** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	3	2
1 (Crollo/ribalt.)	16	3
2 (Scivolam.)	129	16
4 (Col. rapido)	11	1
5 (Col. lento)	5	0
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	3	0
8 (DGPV)	0	0
9 (Aree crolli)	36	10
10 (Aree sprof.)	1	0
11 (Aree superf.)	17	3

**Tabella 5.71** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

## Numero di PS per tipologia di frana



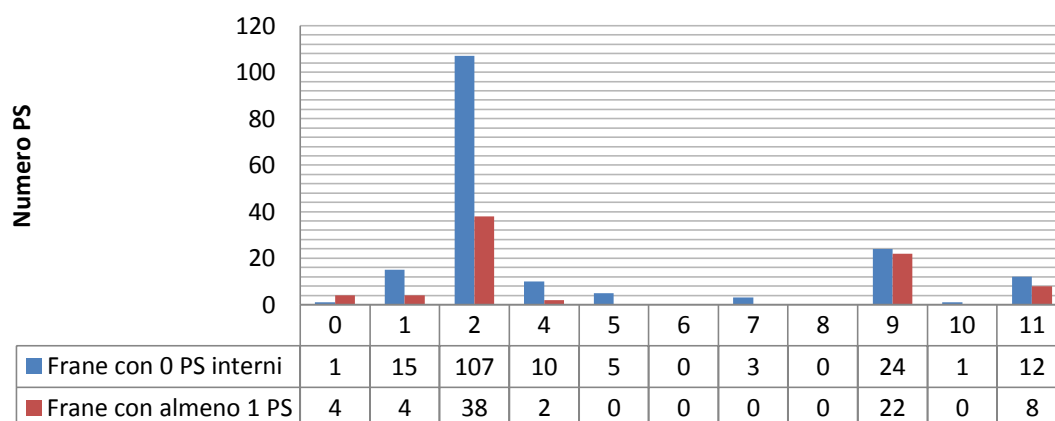
**Grafico 5.72** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ERS DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	1	4
1(Crollo/ribalt.)	15	4
2(Scivolam.)	107	38
4(Col. rapido)	10	2
5(Col. lento)	5	0
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	3	0
8(DGPV)	0	0
9(Aree crolli)	24	22
10(Aree sprof.)	1	0
11(Aree superf.)	12	8

**Tabella 5.72** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



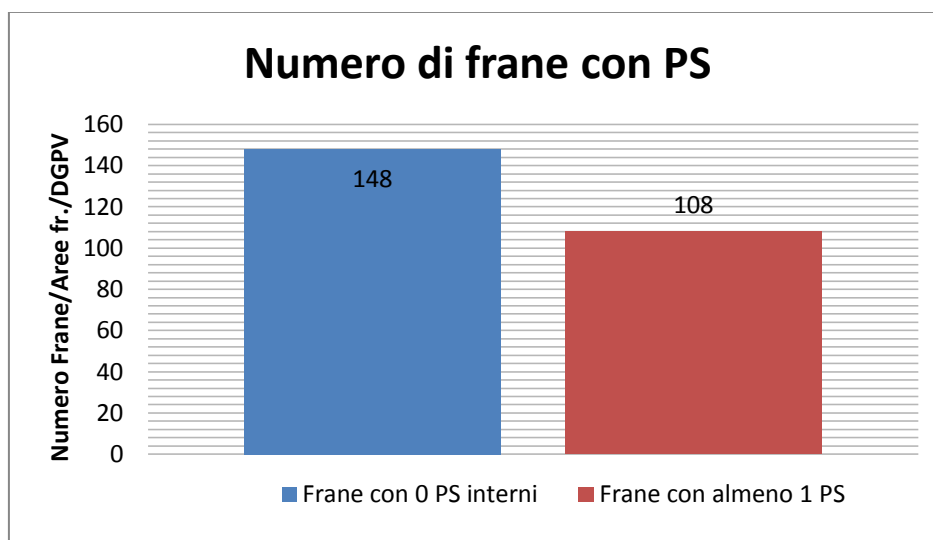
**Grafico 5.73** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

Possiamo ora descrivere il numero delle frane bufferizzate di Verona che non hanno al loro interno nessun PS e facendo la sottrazione da quelle totali (256) dalla prima colonna della tabella 5.73 (Grafico 5.74) otteniamo i poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS.

## FRANE BUFFERIZZATE VERONA

Numero poligoni bufferizzati che non contengono nessun PS	Numero di poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS
148	108

**Tabella 5.73** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerando che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).



**Grafico 5.74** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### COLLI EUGANEI

Possiamo conteggiare il numero dei PS divisi per satellite e per orbita ascendente e discendente che stanno all'interno dei poligoni bufferizzati, tramite un range di valori di PS (Tabelle 5.74, 5.75, 5.76, 5.77 e nei grafici 5.75, 5.76, 5.77).

#### ENVISAT ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	19
2) 6 – 10	3
3) 11 – 20	4
4) 21 – 47	4

**Tabella 5.74** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

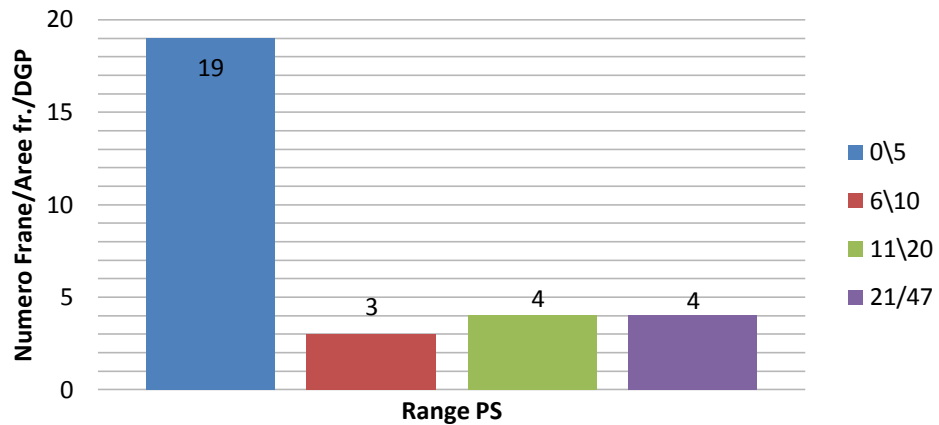


Grafico 5.75 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat ascendente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	56
2) 6 – 10	5
3) 11 – 20	2
4) 54	1

Tabella 5.75 Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligon (Progetto di tesi).

### Range di PS interni ai poligoni

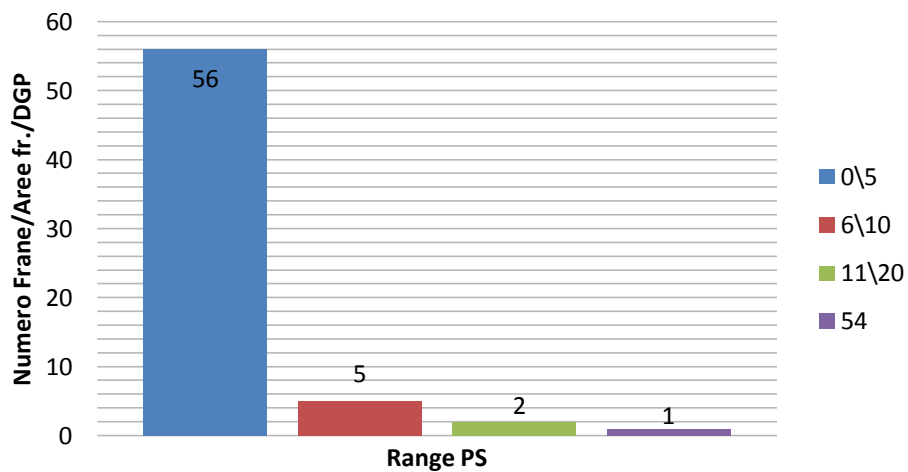
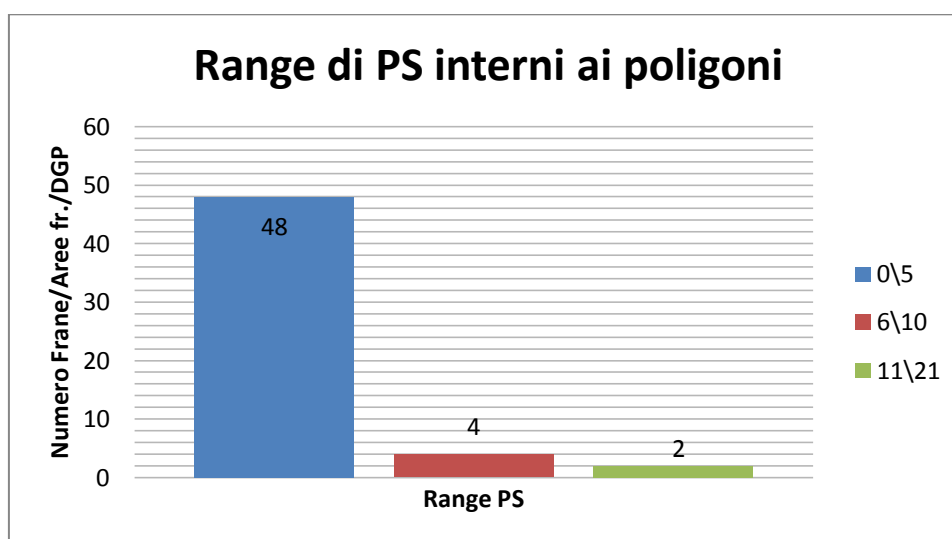


Grafico 5.76 Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Envisat discendente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
1) 0 – 5	48
2) 6 – 10	4
3) 11 – 21	2

**Tabella 5.76** Numero di PS divisi per classi, ogni range ha un determinato numero di poligoni (Progetto di tesi).



**Grafico 5.77** Istogramma indicante il numero di poligoni che rientrano nelle rispettive classi di PS relativo all'Ers ascendente (Progetto di tesi).

### ERS DISCENDENTE

Range di PS interni ai poligoni bufferizzati	Numero poligoni bufferizzati all'interno del range
0	0

**Tabella 5.77** Per l'Ers discendente non ci sono PS (Progetto di tesi).

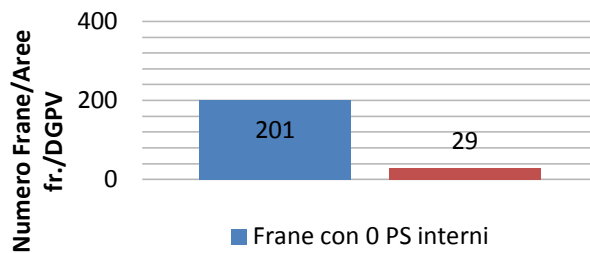
Nelle tabelle 5.78, 5.79, 5.80, 5.81 e nei grafici 5.78, 5.79, 5.80, 5.81 possiamo evidenziare il numero totale dei poligoni bufferizzati della provincia dei Colli Euganei che non contengono alcun PS, divisi per satellite e orbita ascendente e discendente ed eseguendo una sottrazione possiamo ricavarci il numero di poligoni bufferizzati dove al loro interno è contenuto almeno un PS, basta togliere dal numero totale di frane bufferizzate (230) il valore trovato nella prima colonna delle tabelle rispettive.

### ENVISAT ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
201	29

**Tabella 5.78** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

### Numero di frane con PS



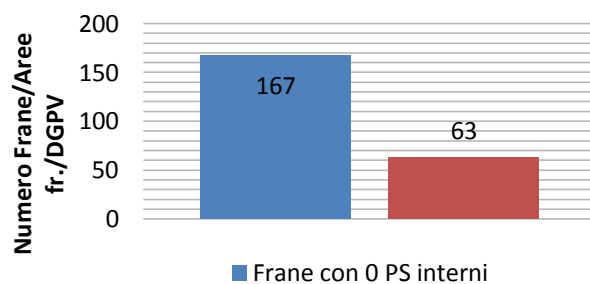
**Grafico 5.78** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ENVISAT DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
167	63

**Tabella 5.79** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

### Numero di frane con PS

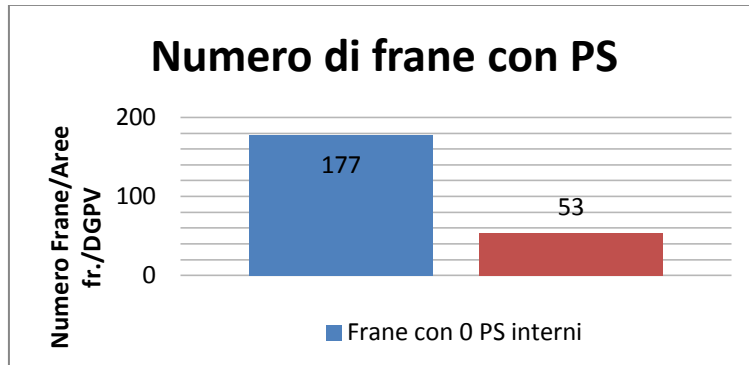


**Grafico 5.79** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ERS ASCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
177	53

**Tabella 5.80** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).

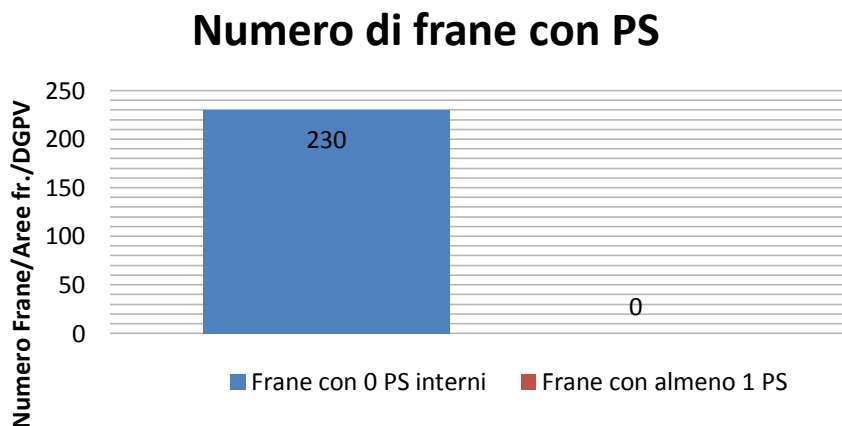


**Grafico 5.80** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

### ERS DISCENDENTE

Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
230	0

**Tabella 5.81** Numero di poligoni bufferizzati che hanno almeno 1 PS al loro interno (quindi potenzialmente si può calcolare il tempo di ritorno di questi) e poligoni che non contengono nessun PS (Progetto di tesi).



**Grafico 5.81** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).



Nelle tabelle 5.82, 5.83, 5.84, 5.85 e nei grafici 5.82, 5.83, 5.84, 5.85 implementiamo il numero di poligoni bufferizzati senza alcun PS al loro interno, distinti per tipologia di movimento, è descritto inoltre il valore delle frane bufferizzate con almeno un PS al loro interno, è stata calcolato sottraendo dal numero totale delle frane evidenziato dalla tabella degli attributi il numero di poligoni bufferizzati senza PS al loro interno.

#### ENVISAT ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	2	0
1(Crollo/ribalt.)	7	0
2(Scivolam.)	141	9
4(Col. rapido)	26	5
5(Col. lento)	9	3
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	6	2
8(DGPV)	4	4
9(Aree crolli)	0	0
10(Aree sprof.)	0	0
11(Aree superf.)	6	6

Tabella 5.82 Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana

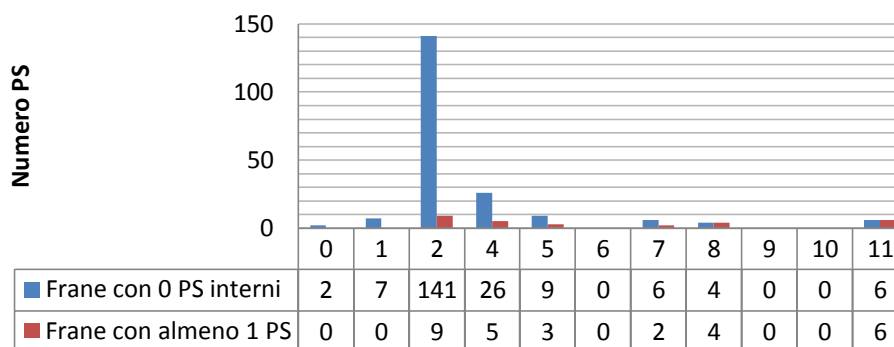


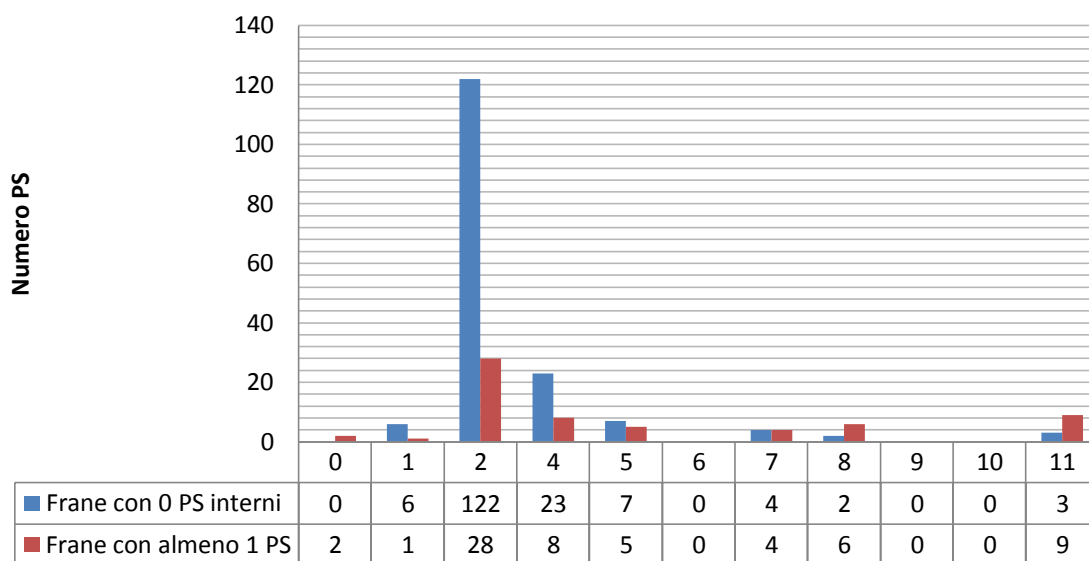
Grafico 5.82 Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

## ENVISAT DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	0	2
1 (Crollo/ribalt.)	6	1
2 (Scivolam.)	122	28
4 (Col. rapido)	23	8
5 (Col. lento)	7	5
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	4	4
8 (DGPV)	2	6
9 (Aree crolli)	0	0
10 (Aree sprof.)	0	0
11 (Aree superf.)	3	9

**Tabella 5.83** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



**Grafico 5.83** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

ERS ASCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	1	1
1(Crollo/ribalt.)	6	1
2(Scivolam.)	129	21
4(Col. rapido)	25	6
5(Col. lento)	8	4
6(Sprofondam.)	0	0
7(Complesso)	4	4
8(DGPV)	1	7
9(Aree crolli)	0	0
10(Aree sprof.)	0	0
11(Aree superf.)	3	9

Tabella 5.84 Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

Numero di PS per tipologia di frana

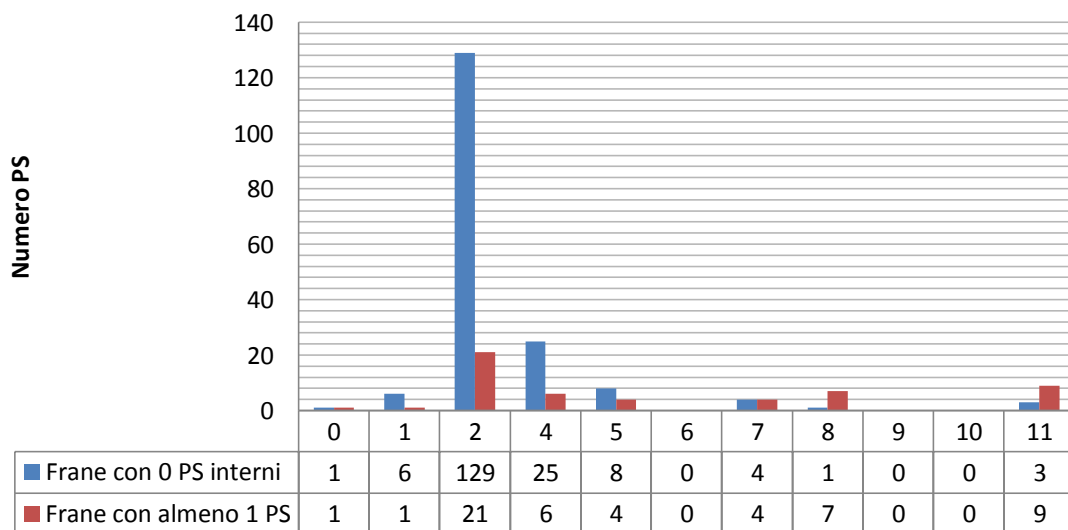


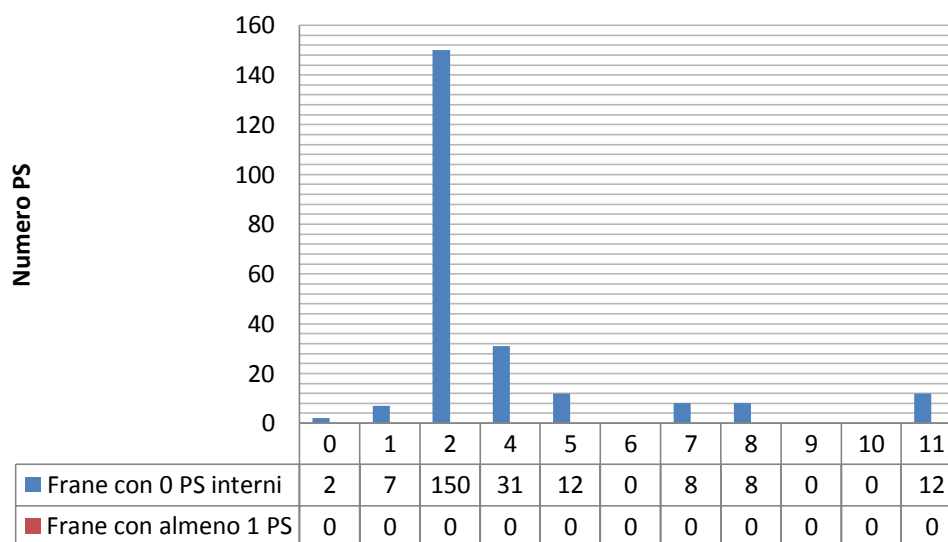
Grafico 5.84 Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

### ERS DISCENDENTE

Tipologia movimento	Numero Frane (poligoni bufferizzati) 0 PS interni	Numero Frane (poligoni bufferizzati) Almeno 1 PS interno
0 (Non definita)	2	0
1 (Crollo/ribalt.)	7	0
2 (Scivolam.)	150	0
4 (Col. rapido)	31	0
5 (Col. lento)	12	0
6 (Sprofondam.)	0	0
7 (Complesso)	8	0
8 (DGPV)	8	0
9 (Aree crolli)	0	0
10 (Aree sprof.)	0	0
11 (Aree superf.)	12	0

**Tabella 5.85** Numero di frane bufferizzate che non contengono PS e che contengono almeno 1 PS distinte per tipologia (Progetto di tesi).

### Numero di PS per tipologia di frana



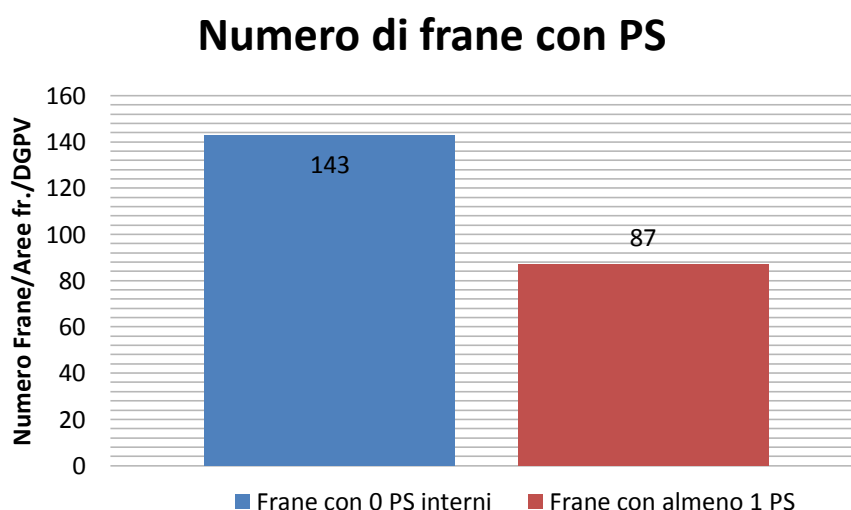
**Grafico 5.85** Istogramma relativo al numero di frane contenenti PS e non contenenti alcun PS (Progetto di tesi).

Possiamo ora descrivere il numero delle frane bufferizzate dei Colli Euganei che non hanno al loro interno nessun PS e facendo la sottrazione da quelle totali (230) dalla prima colonna della tabella 5.86 (Grafico 5.86) otteniamo i poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS.

#### FRANE BUFFERIZZATE COLLI EUGANEI

Numero poligoni bufferizzati che non contengono nessun PS	Numero di poligoni bufferizzati che contengono almeno 1 PS
143	87

**Tabella 5.86** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerando che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).



**Grafico 5.86** Istogramma illustrante i poligoni che non contengono nessun PS all'interno del poligono, considerato che le frane di crollo, colamento rapido e movimenti veloci con questa tecnica non è possibile studiarli direttamente (Progetto di tesi).

## 5.4 Risultati

Dalla terza colonna della tabella 5.4 (Percentuale sul tot 1) si possono vedere le percentuali corrispondenti ai PS interni alle frane bufferizzate, con questi valori è intuibile che la tecnica interferometrica ha rilevato dei movimenti, che ora possiamo analizzare. Ben il 23,98 % di PS ha rilevato movimenti inerenti alla tipologia numero 9 (Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi), come ampiamente chiarito nel capitolo 4 tale tecnica non è in grado di captare direttamente movimenti veloci come crolli o ribaltamenti, quindi questa alta percentuale è probabilmente da riferirsi a cedimenti subcentimetrici dovuti ai crolli

stessi, temporalmente precedenti o successivi al fenomeno. Il 19,15 % di PS ha rilevato movimenti di tipologia 11 (Aree soggette a frane superficiali diffuse), questo è un risultato atteso dato che la metodologia interferometrica coglie spostamenti lenti e superficiali, lo stesso vale per gli scivolamenti rotazionali/traslazionali dove tale tecnica ha rilevato il 17,54 % di PS interni ai poligoni bufferizzati. Percentuali minori sono state rilevate per le altre tipologie di movimenti descritti. Dalla tabella 5.5 possiamo vedere le percentuali riguardanti le frane IFFI, quindi non bufferizzate, dovremmo attenderci una percentuale minore rispetto a quelle descritte per i poligoni bufferizzati ma non è così. Il motivo risiede nella sommatoria di tutti i PS interni ai poligoni IFFI (17 828) che risultano essere inferiori a quelli dei poligoni bufferizzati (23 071) ed essendo questo numero diverso non è possibile fare un paragone diretto con le percentuali, quindi è possibile vedere dalla seconda colonna della tabella 5.5 che i PS sono in numero inferiore rispetto a quelli bufferizzati, questo risultato invece è atteso. La distribuzione dei PS è omogenea per la provincia di Belluno essendo interamente montuosa, quindi di fenomeni franosi sono distribuiti in tutto il bellunese, lo stesso vale per il parco dei Colli Euganei data la presenza dei versanti collinari caratteristici questa parte della provincia di Padova. Per quanto riguarda la distribuzione dei PS in provincia di Treviso è maggiormente localizzata nella fascia settentrionale, lo stesso vale per la provincia di Vicenza e Verona. Nelle tabelle 5.6 (a-f) e 5.7 (a-f) si possono vedere le statistiche relative ai soli dati IFFI e a quelli bufferizzati con i numeri dei poligoni delle aree franose, delle deformazioni gravitative profonde di versante, delle frane singole e dei punti IFFI. Si può riscontrare che la provincia di Belluno è quella con le percentuali in frana maggiore rispetto alle altre province, dato comprensibile dato che questa provincia è interamente montuosa. Le tabelle 5.8 a e b sono inserite per avere un quadro generale relativo all'intera regione Veneto e non solo alla parte montuosa e collinare. Dalla tabella 5.9 alla 5.12 che sono distinte per satellite e orbita si sono suddivisi i PS per classi, dove la classe 0-5 indica che ci possono essere da nessun PS fino a 5 PS interni alla frana bufferizzata, la seconda colonna ci indica il numero di poligoni interessato dalla classe descritta a fianco. Non essendoci un numero di PS minimo da tenere in considerazione per lo studio di un fenomeno è quindi influente anche solo un PS come infatti è stato considerato in alcune frane del Comune di Chiampo descritte nel capitolo 6. Le tabelle 5.9, 5.10, 5.11 e 5.12, evidenziano la proporzionalità inversa tra numero di PS interni e numero di poligoni bufferizzati, ad una bassa classe di PS (per esempio 0-5 PS) corrisponde un alto numero di poligoni bufferizzati, quindi nella maggior parte dei casi lo studio delle frane avviene con un numero limitato di PS. Invece nelle classi alte (per esempio 71-200 PS dalla tabella 5.9) otteniamo solo 6 poligoni bufferizzati nell'intera Regione, queste risulteranno

potenzialmente aree franose, ciò che ci si aspetta con un numero così elevato di PS è un'ampia superficie coinvolta da dissesti. Dalla tabella 5.13 alla 5.16 possiamo vedere quanti poligoni sono analizzabili con la tecnica interferometrica, divisi anche in questo caso per satellite e orbita, per esempio possiamo notare dalla tabella 5.13 relativa all'Envisat ascendente per l'intero Veneto, ben 738 frane possono essere studiate attraverso gli spostamenti e lo stato di attività dato che contengono almeno un PS, invece per 3656 frane non è possibile analizzare spostamenti e attività dato l'assenza di PS Envisat ascendenti. Con le tabelle 5.17, 5.18, 5.19 e 5.20 possiamo andare a verificare il numero di frane studiabili con l'interferometria distinte per tipologia di movimento franoso, sempre tenendo la distinzione del satellite e orbita. La domanda che ci si pone è quanti scivolamenti rotazionali/traslazionali l'Envisat ascendente è in grado di rilevare, la risposta giace nella tabella 5.17 dove possiamo vedere che ci sono 1470 frane classificate come scivolamenti rotazionali/traslazionali che contengono almeno un PS interno, potenzialmente possiamo descrivere lo stato di attività di questi scivolamenti andando ad analizzare la velocità media del PS nel suo periodo di attività, tramite la matrice di figura 4.8 quindi a livello regionale è possibile descrivere lo stato di attività dei fenomeni franosi tramite il solo incrocio dei dati interferometrici Ers 1/2 ed Envisat quando sono presenti entrambi. La tabella 5.21 è riassuntiva per l'intero Veneto, dove vengono indicate il numero di frane bufferizzate che contengono almeno un PS e quindi, come già detto, studiabili con l'interferometria radar satellitare, nel caso Veneto ci sono 1437 frane che possono essere analizzate. Nel paragrafo 5.3 sono inserite le stesse tabelle appena descritte a livello provinciale e per i Colli Euganei. Nel prossimo capitolo è introdotta l'analisi dello stato di attività tramite l'uso della matrice di figura 4.8 ed oltre a questa valutazione è stato definito il tempo di ritorno del fenomeno, dove l'andamento degli spostamenti del PS nel tempo lo consente, questa stima è stata eseguita nei movimenti franosi del Comune di Chiampo e qui di seguito sono riportati i grafici di uno dei movimenti perimetrati (Grafico 5.87) e poi descritto un esempio (Figura 5.6). A titolo esemplificativo si analizza la frana descritta nel capitolo 6, con codice av2013011610 che presenta 6 PS sia Ers 1/2 che Envisat, così da avere un periodo approssimativamente di 20 anni come riferimento descritto nei grafici 5.87.

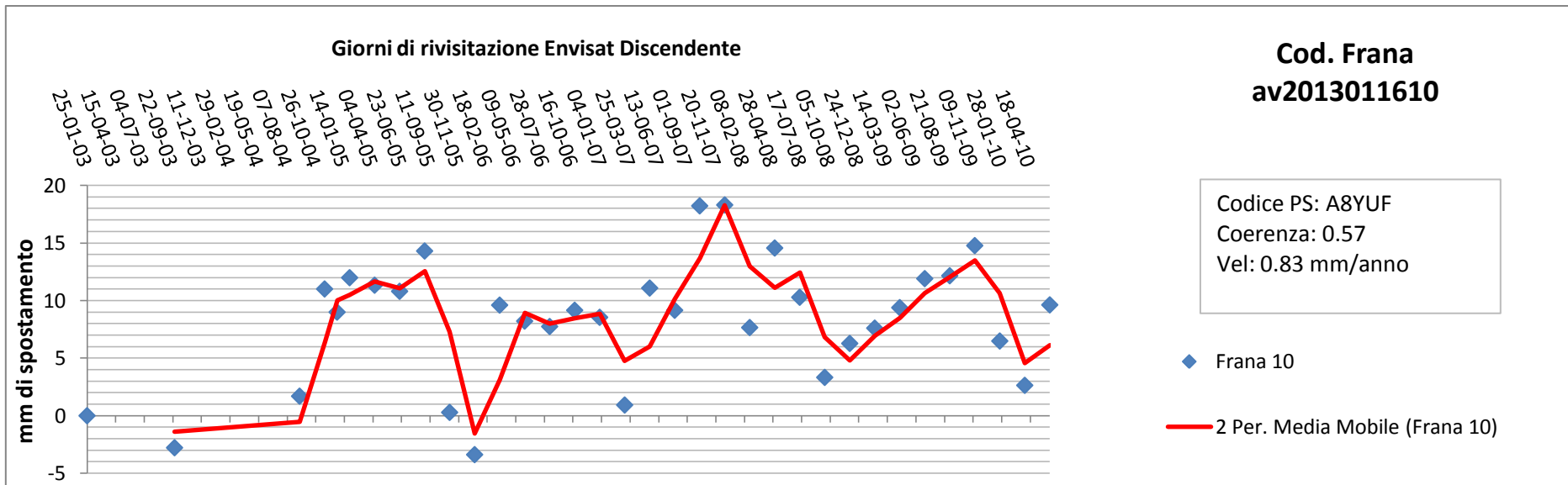
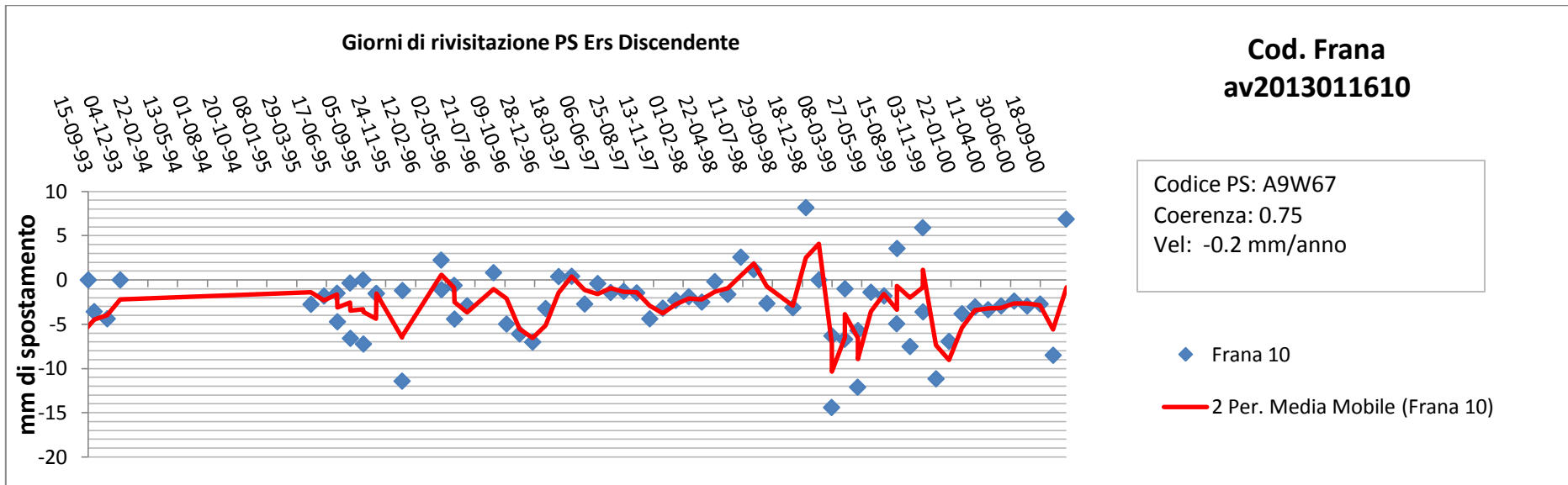


Grafico 5.87 Andamenti dei PS Ers 1/2 ed Envisat per il movimento franoso av2013011610 (Progetto di tesi).



In questo caso sono disponibili i dati di circa 20 anni di attività dei due satelliti Ers 1/2 ed Envisat. Le velocità per l'Envisat è di 0,83 mm/anno invece per l'Ers 1/2 è di -0,2 mm/anno, incrociando queste due velocità nella matrice di figura 4.8 abbiamo uno stato di attività denominato stabilizzato. Guardando la scala di intensità dell'Envisat risulta di magnitudo trascurabile. Uno schema per la valutazione dello stato di attività e tempo di ritorno (Figura 5.6):

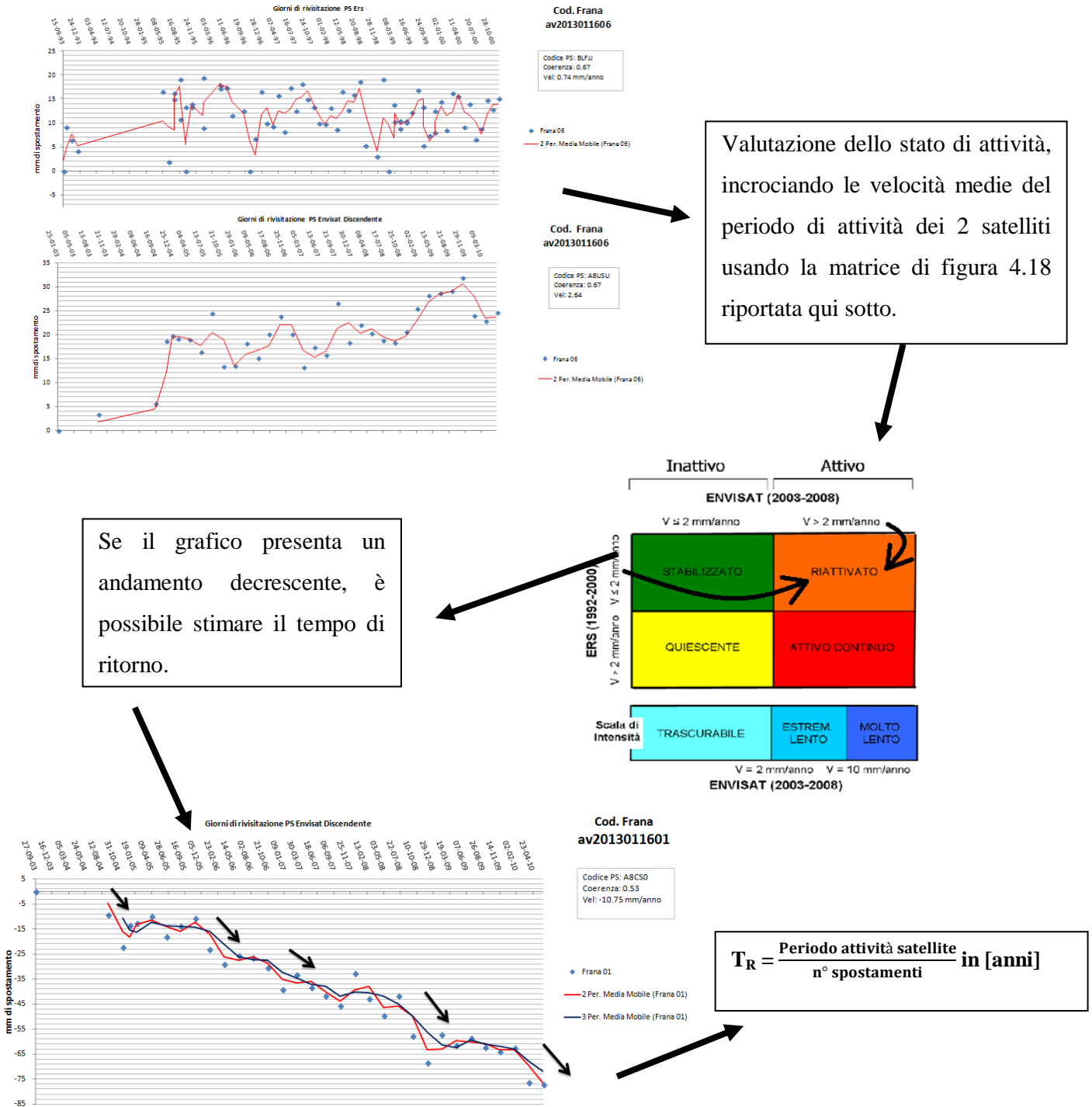


Figura 5.6 Schema riassuntivo per la valutazione dello stato di attività e del tempo di ritorno usando l'interferometria radar satellitare.

## 6. Analisi degli eventi franosi nel Comune di Chiampo

### 6.1 Generalità



Figura 6.1 Localizzazione del comune di Chiampo (myportal.regione.veneto.it).

Dalla figura 6.1 si può vedere la vallata di Chiampo, che si estende nella parte orientale dei Monti Lessini (Prealpi Venete), è un territorio notoriamente soggetto ai dissesti del suolo. La notevole diffusione dei litotipi sfavorevoli dal punto di vista statico, il numero rilevante delle aree in dissesto, la possibilità di un'ampia evoluzione che presentano gran parte delle frane attuali conferiscono al territorio un'alta predisposizione ai fenomeni franosi. Oltre alla costituzione litologica sfavorevole riscontrabile in buona parte dei versanti, che rappresenta il principale fattore predisponente dei dissesti del suolo, si aggiunge un altro fattore naturale negativo: l'entità degli afflussi piovosi. La vallata del Chiampo è infatti una delle zone a maggior grado di piovosità nel Veneto. Influisce anche l'attività estrattiva che viene svolta in numerose cave a cielo aperto impostate sui due fianchi della vallata. Il lavoro di cava interviene spesso negativamente sulla stabilità dei versanti in svariati modi, in ordine agli scassi operati, alle modificazioni apportate alla rete idrica superficiale e al deflusso

sotterraneo. È stato constatato che oltre il 20% dei movimenti franosi attuali risulta in qualche modo legato all'attività estrattiva. I materiali che generalmente vengono interessati da fenomeni di frana sono di natura argillosa e formano normalmente le coltri di degradazione di rocce eruttive di composizione basaltica. La tipologia delle frane è praticamente ristretta a movimenti rotazionali e crolli di piccole dimensioni.

## **6.2 Caratteri geologici della valle del Chiampo**

Da un punto di vista geologico la Valle del Chiampo è da considerarsi molto variabile con formazioni rocciose da triassiche a eoceniche. Da notare che a causa di una lacuna stratigrafica (ossia la mancanza di documentazioni di un periodo geologico) nella Valle del Chiampo è completamente assente sia il Giurassico medio e superiore, che invece è molto diffuso nei Lessini Veronesi con la formazione del “Rosso ammonitico veronese”, usatissimo come pietra da costruzione e noto come “marmo rosso di Verona”, sia i terreni più recenti (Oligocene, Miocene presenti invece nella vicina Valle dell'Agno), che sono stati asportati dai ghiacciai del Quaternario. I substrati sono da considerarsi poco coerenti nella zona collinare, tenaci nella zona montuosa corrispondente alle Piccole Dolomiti. Le differenti litologie presenti nella zona influenzano le forme del paesaggio a causa della diversa resistenza all'erosione. Dal punto di vista geologico gli strati della roccia, sono inclinati verso sud-ovest con una pendenza di circa 5°. Le diverse formazioni che si riscontrano nella valle del Chiampo sono le seguenti:

### Dolomia principale

(Trias Superiore): L'unità viene suddivisa in due parti: la sezione inferiore è costituita da depositi di ambiente peritidale e la superiore a carattere subtidale. Sono dolomie e calcari dolomitici ben stratificati di formazione retica-carnica con spessore massimo osservato superiore a 900 metri. È possibile la presenza di una dolomitizzazione secondaria (Trias superiore). L'unità subtidale superiore è organizzata in strati potenti sino a 3 metri di dolomie subtidali massicce. Al tetto degli strati possono essere presenti tracce di disseccamento e sottili livelli argillosi verdastri.

### Calcari grigi di noriglio

(Lias Superiore Medio): La formazione è costituita da calcari, calcari oolitici e calcareniti in strati spessi fino a due metri separati da sottili intercalazioni marnose. La stratificazione è ben evidente e come nel caso della Dolomia principale si possono notare i segni di una dolomitizzazione successiva (Lias superiore e medio).

### Biancone

(Giurassico Superiore – Cretaceo Inferiore): questa serie presenta dal basso all'alto una successione abbastanza costante di facies caratteristiche: la parte inferiore, della potenza di 100 m circa, è costituita da calcari marnosi bianchi a grana finissima e a frattura concoide, ricchi di lenti di selce nera o bruna. La parte superiore, dello spessore di 70 m, presenta calcari argilloso bituminosi in strati sottili, con intercalazioni marnose e più rare lenti di selce.

### Scaglia rossa

(Cretaceo Superiore): questa formazione è costituita da calcari rosei o rossi fittamente stratificati con livelli biancastri. La potenza della Scaglia si aggira su 70 m, la parte superiore è più dura e pertanto costituisce spesso un gradino ben distinto sui fianchi della Valle di Chiampo, anche perché è sovrastata da tufi. Il passaggio tra Biancone e Scaglia Rossa è graduale.

### Formazioni eruttive

(Cretaceo Superiore – Eocene Medio): i prodotti vulcanici presenti nell'area sono riferibili al fenomeno di vulcanesimo, avvenuto tra il Paleocene superiore e l'Oligocene superiore, che interessò il Veneto occidentale e il Trentino meridionale.

### Calcari nummulitici

(Eocene Medio): Con questo nome vengono compresi tutti quegli orizzonti carbonatici che s'intercalano e si affiancano in eteropia ai prodotti di origine vulcanica paleogenici. Essi hanno un'età che va dall'Eocene inferiore all'Eocene superiore. Appartengono a tale formazione i Calcari di Chiampo, divisi in due membri carbonatici, separati da orizzonti vulcanoclastici e aventi rispettivamente età eocenica inferiore ed eocenica media.

## **6.3 Acquiferi sotterranei**

L'area d'indagine può essere divisa in due sistemi idrogeologici distinti:

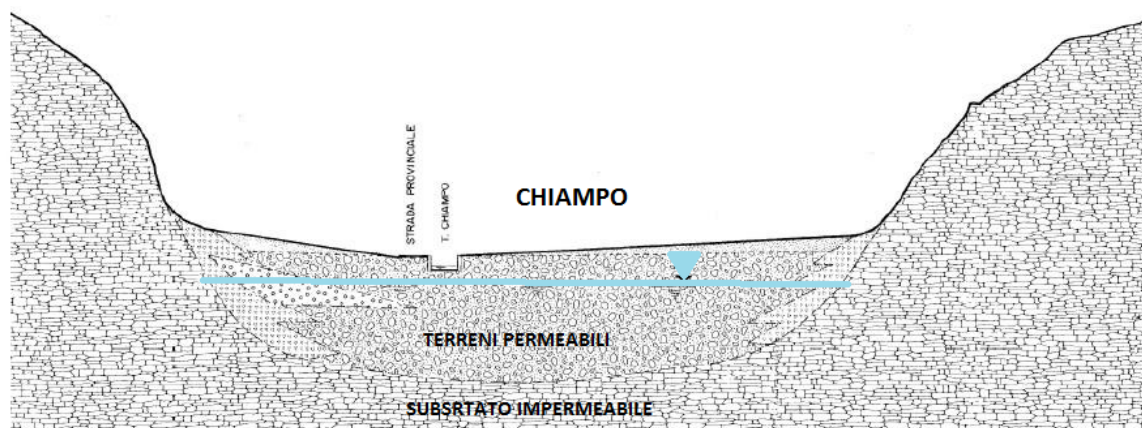
### Sistema degli acquiferi in roccia

La successione stratigrafica dei rilievi presenti nell'area d'indagine, come visto nel precedente paragrafo, comprende formazioni sedimentarie Triassiche e Cretacee associate a complessi vulcanici riconducibili all'attività vulcanica eruttiva che caratterizzò il Veneto tra l'Eocene ed il Miocene. L'alternanza e la sovrapposizione dei calcari permeabili con le formazioni vulcaniche impermeabili determina l'emergenza sui versanti di acque sotterranee circolanti nei calcari, in corrispondenza dei contatti tra i due differenti litotipi.

Poiché la sovrapposizione è ripetuta a varie quote s'individuano sul versante più orizzonti sorgentiferi e numerose sorgenti. Tuttavia la scarsissima estensione delle singole aree di affioramento dei calcari, che limita le portate di ricarica degli circuiti sotterranei, dovuta esclusivamente all'infiltrazione delle piogge, e soprattutto le assai ridotte superfici dei singoli bacini idrografici, conferiscono alle sorgenti portate di norma molto ridotte, di scarso interesse e di uso eventualmente locale. Molte sorgenti non sono perenni, altre subiscono drastiche riduzioni di portata nei periodi siccitosi, altre ancora offrono caratteri qualitativi non accettabili per l'uso potabile a causa della superficialità del circuito.

#### Aquifero di subalveo

Si tratta di un ambito idrogeologico alluvionale particolare, ben distinto dagli altri ambiti idrogeologici alluvionali presenti nel territorio provinciale (Astico-Bacchiglione, Brenta, Colli Berici-Bassa Pianura), che caratterizza i fondovalle del T. Chiampo e T. Agno. L'area infravalliva del T. Chiampo, come quella dell'Agno, è caratterizzata da una serie di depositi alluvionali costituiti per lo più da ghiaie e sabbie con spessori variabili da 0 a 50 m, al di sopra del substrato roccioso impermeabile.



**Figura 6.2 Sezione trasversale della valle nella parte centrale del territorio comunale di Chiampo (Piano di Assetto del Territorio Comunale –Rapporto ambientale preliminare).**

I depositi alluvionali sono formati fondamentalmente da ghiaie sabbiose, talora leggermente limose, bene addensate e compatte a compressibilità praticamente nulla, a permeabilità da media a elevata, rare e di limitato spessore si trovano sottili intercalazioni limose, lenticolari di limitata estensione. All'interno di questi depositi si trova la falda di subalveo, limitata in profondità dal substrato roccioso, che interessa l'intero fondovalle ed ha un deflusso generale secondo l'asse vallivo. Lo spessore della falda è determinato soprattutto dalla profondità del substrato roccioso e del livello d'acqua del T. Chiampo. La falda è generalmente in rapporto idraulico con il corso d'acqua principale, con il quale ha

localmente scambi continui, e le valli laterali poste sui due versanti. Il livello della falda è normalmente uguale o di poco inferiore a quello del fiume, dipende dalle condizioni idrogeologiche locali e dalle differenti fasi di regime del torrente.

#### 6.4 Cave e discariche

Nel territorio della Valle del Chiampo è presente dagli inizi del 1900 una fiorente attività estrattiva che ha sfruttato e sfrutta tutt'ora (anche se in maniera meno intensiva) con cave a cielo aperto le parti più pregiate della Scaglia Rossa e dei calcari nummulitici, affioranti con continuità sui due fianchi vallivi. Queste attività estrattive hanno prodotto e producono effetti permanenti sull'assetto geomorfologico ed idrogeologico del territorio e lasciano segni evidenti sul paesaggio e sull'ambiente circostante. Nel censimento cave presente all'interno del Piano Regionale per le attività di cava, è evidenziata la presenza delle seguenti cave gravanti sul territorio del bacino del Chiampo indicate in figura 6.3.

CAVE ATTIVE						
N. identificativo	Comune	Denominazione	Superficie mq	Volume Aut. mc	Vol. residuo ms	materiale
7054	CHIAMPO	MONTE MADAROSA	55.000	155.000	155.000	Basalto
7052	CHIAMPO	CENGELLE	6.360	2.900	0	Calcare lucidabile e marmo
7053	CHIAMPO	LOVARA	162.000	26.650	730	Calcare lucidabile e marmo
7055	CHIAMPO	MURAIONI	7.970	21.780	0	Calcare lucidabile e marmo
7150	CHIAMPO	CORATI	10.000	106.000	23.000	Calcare lucidabile e marmo
7746	CHIAMPO	PORTO	35.900	72.500	45.000	Detrito
7149	NOGAROLE VICENTINO	BERTOCCHI	111.600	1.892.000	3.422.000	Calcare per industria



CAVE DISMESSE DI CALCARE LUCIDABILE E MARMO					
N. identificativo	Comune	Denominazione	Data estinzione	di Sistemazione autorizzata	
7051	Chiampo	Cengelle	22/11/1988	Rinverdimento	
7233		Porto nuovo	22/11/1988	Rinverdimento	
7234		Cengelle	22/11/1988	Rinverdimento	
7476		Bandiera	27/04/1982	Agricoltura	
7477		Cengelle	17/05/1983	Rinverdimento	
7478		Cengio dell'Orbo	29/07/1986	Agricoltura	
7480		Bandiera	29/07/1986	Agricoltura	
7483		Repeletto	16/10/1984	Agricoltura	
7485		Ruppio	27/10/1980	Agricoltura	
7486		Porto vecchio e P.Rossi	21/10/1980	Agricoltura	
7487		Gerola	22/12/1984	Agricoltura	
7488		Busetta	21/10/1980	Agricoltura	
7490		Rocchi	22/12/1984	Agricoltura	
7579		Crespadoro	Lovatini	09/12/1986	Rinverdimento
7491		Nogarole Vicentino	Castellaro	16/10/1984	Fuori falda
7492	Albanelli		09/10/1984	Fuori falda	
7493	Foschesati		22/12/1984	Fuori falda	

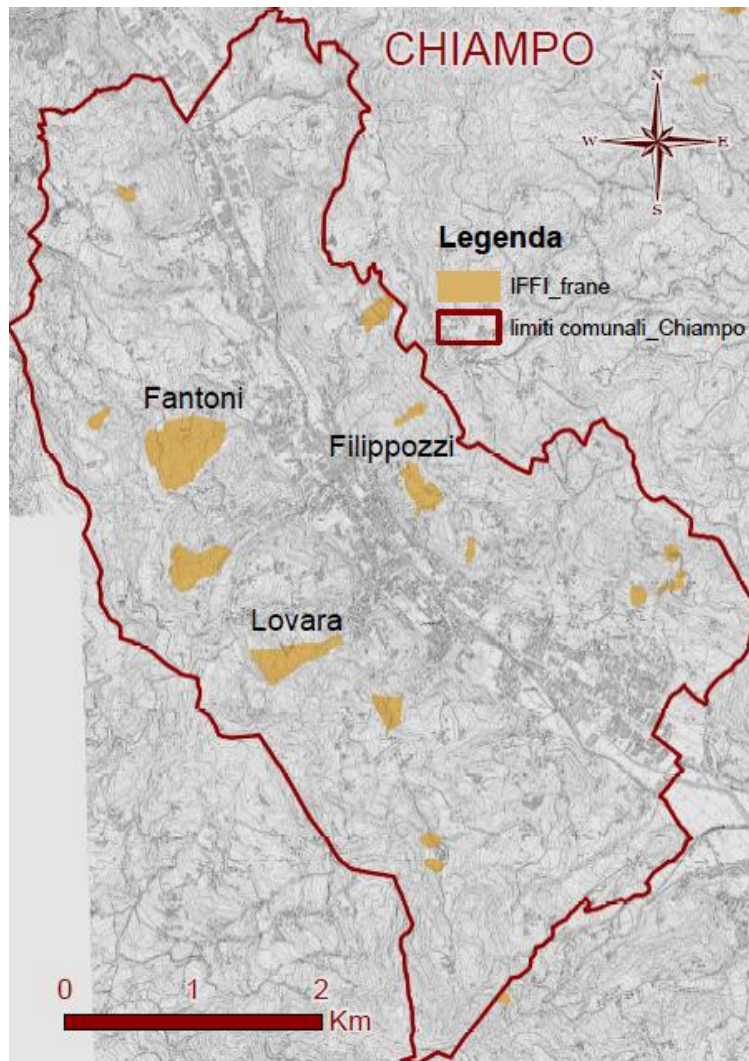
**Figura 6.3** Cave attive e dismesse, una consistente criticità nella matrice suolo è individuata nell'esistenza di cave estinte che hanno creato e continuano a creare delle criticità idrogeologiche (Piano di Assetto del Territorio Comunale –Rapporto ambientale preliminare).

In passato lo sfruttamento delle cave, se da un lato ha determinato benefici economici, dall'altro ha causato situazioni d'instabilità e di dissesto del suolo, favorendo o causando movimenti franosi. Infatti le operazioni necessarie alle coltivazione del marmo hanno determinato e determinano tutt'ora diverse situazioni d'instabilità:

- Instabilità dei materiali a monte dello scasso di cava nei terreni di copertura (coltre di degradazione delle vulcaniti sovrastanti i calcari coltivati);
- Instabilità dei materiali di discarica generalmente costituiti da terreni vulcanoclastici disgregati e argillificati, sovente frammisti, in proporzioni differenti, con materiali di scarto;
- Instabilità nella coltre argillosa per sovraccarichi derivanti dalla deposizione degli accumuli di discarica;
- Instabilità della coltre argillosa a valle della cava per infiltrazioni causate dall'attività estrattiva.

I fenomeni franosi più importanti della valle sono legati alla presenza delle discariche delle vecchie cave, ormai consolidate, che vanno a gravare sugli strati di terreno argilloso vulcanico. La presenza dell'attività di cava assieme all'abbandono della coltivazione dei versanti è una delle cause principali dell'elevata franosità del territorio della valle. Le frane più importanti (Lovara, Fantoni, Filippozzi visibili in figura 6.4) sono determinate dalla presenza delle discariche delle relative cave che, oltre a gravare sulla coltre di degradazione

argillosa presente, determinano un ruscellamento diffuso sul versante, che in concomitanza con eventi piovosi intensi diventa la causa determinante per la riattivazione di tali movimenti.



**Figura 6.4 Localizzazione delle frane più significative del comune di Chiampo (Progetto di tesi).**

Il rischio idrogeologico è un elemento dominante su tutto il territorio della valle del Chiampo. Molteplici sono le frane che si verificano, alcune su materiale roccioso, che sono state sistemate attraverso reti di contenimento, soprattutto nella parte nord del territorio ed altre che interessano zone molto estese come quelle determinate dalla presenza di cave adibite a discariche. Le caratteristiche geologico-morfologiche del bacino del Chiampo hanno chiaramente condizionato la distribuzione dell'insediamento abitativo sul territorio comunale, e favorito lo sviluppo dell'area industriale e del centro abitato soprattutto sul fondovalle. Condizioni predisponenti per l'elevata franosità che caratterizza la valle, oltre che l'elevata componente argillosa del substrato roccioso e del materiale di copertura



quaternaria anche la riduzione della attività agricola che, un tempo, comportava un continuo controllo del territorio, anche attraverso la regimazione delle acque di ruscellamento superficiale, un'attenta manutenzione delle acque sorgive e un continuo ripristino delle opere di sostegno. Un importante fattore destabilizzante è inoltre legato all'attività estrattiva, ed in particolare ai numerosi ed estesi accumuli di materiale detritico depositato sui versanti, tali accumuli hanno causato variazioni delle caratteristiche idrogeologiche dei terreni, un netto peggioramento delle condizioni di stabilità e l'attivazione di alcuni dei maggiori fenomeni franosi dell'area comunale.

### **6.5 Alluvione del 31 ottobre 2010**

L'alluvione del Veneto del 2010 si è verificata a seguito di una forte perturbazione di origine atlantica che ha portato sulla regione persistenti piogge a partire dal 31 ottobre 2010 fino all'1 novembre (Figura 6.5 si possono vedere alcuni dei danni a Vicenza). A questo si è aggiunto anche il vento caldo di scirocco che, oltre a sciogliere la neve caduta sulle montagne le settimane prima, ha impedito il normale deflusso dei fiumi in mare Adriatico. Da un primo sommario confronto con i dati storici a disposizione l'evento si colloca tra i 2-3 eventi più intensi degli ultimi 50 anni circa. In particolare sulle zone prealpine/pedemontane centro-occidentali (Vicenza e Verona) i valori massimi registrati nelle 24 ore e nei 2 giorni hanno in alcuni casi superato i record storici che appartenevano nella maggior parte dei casi all'evento dell'ottobre 1992.



**Figura 6.5 Immagini dell'alluvione del 31 ottobre 2010 a Vicenza (VENETO FERITO- Alluvione del 31 ottobre 2010).**

Nella figura 6.6 vengono descritti i millimetri di pioggia interessati per provincia.

<b><i>Provincia di Vicenza</i></b>	<b><i>Provincia di Padova</i></b>
530 millimetri di pioggia in 48 ore	100 millimetri di pioggia in 48 ore
<b><i>Provincia di Verona</i></b>	<b><i>Provincia di Treviso</i></b>
386 millimetri di pioggia in 48 ore	370 millimetri di pioggia in 48 ore
<b><i>Provincia di Belluno</i></b>	
586 millimetri di pioggia in 48 ore	

**Figura 6.6** Millimetri di pioggia distinti per provincia (VENETO FERITO- Alluvione del 31 ottobre 2010).

Per rendere conto dell'entità dei danni che ha causato questo evento si riportano alcuni numeri nella figura 6.7.

Comuni colpiti	131
Popolazione coinvolta	500 mila persone
Morti	2
Abitanti sfollati/isolati	6.670
Comuni gravemente danneggiati	86
Autostrade chiuse	l'A4 per quattro giorni
Strade principali chiuse	55
Frane e smottamenti	51
Esondazioni e allagamenti	29
Rotture di argini	15
Superficie interessata da allagamenti	140 Km quadrati
Animali morti	230 mila
Ospedali evacuati	1
Strutture socio-sanitarie evacuate	2
Volontari di Protezione Civile attivati	2.350
Vigili del Fuoco impiegati	800 (700 dei Comandi provinciali del Veneto, 100 da altre Regioni)
Militari impiegati	285
Forze dell'ordine impiegate	tutte quelle disponibili nelle Province colpite
Centri di accoglienza attivati	14
Sale Operative di gestione dell'emergenza	8

**Figura 6.7** Numeri relativi al Veneto dell'alluvione del 31 ottobre 2010 (VENETO FERITO- Alluvione del 31 ottobre 2010).

A seguito di tale evento pluviometrico sono pervenute oltre 500 segnalazioni di dissesti nel territorio provinciale di Vicenza. In questa sede vengono analizzate le segnalazioni del Comune di Chiampo che risultano essere 43, e per ognuna di esse è descritto un poligono con l'utilizzo dei dati ancillari descritti nel paragrafo 5.1, successivamente si sono svolti dei sopralluoghi di verifica che hanno permesso di apportare delle modifiche alle perimetrazioni dove ritenute necessarie. Infine come già accennato alla fine del paragrafo 5.4 si sono costruiti i grafici degli spostamenti dei PS interni ai poligoni o geometricamente più vicini per valutare lo stato di attività di questi eventi (anche se i Permanent Scatterers sono esterni al poligono in frana possono essere causati dal movimento franoso stesso).

## **6.6 Stato di attività dei fenomeni franosi nel Comune di Chiampo**

È necessario premettere che la valutazione dello stato di attività è iniziata con le segnalazioni dell'alluvione del 31 ottobre 2010 pervenute dalla provincia di Vicenza, però i dati degli spostamenti del satellite Ers 1/2 risalgono dal 1992 al 2000 e quelli relativi all'Envisat risalgono dal 2003 all'aprile 2010, quindi in questa sede si cerca di stimare i tempi di ritorno dei fenomeni franosi nel periodo antecedente all'alluvione del 31 ottobre 2010, in quanto attualmente non si hanno ancora a disposizione dal Ministero dell'Ambiente i dati del gruppo di satelliti COSMO-SkyMed. Si tratta di una costellazione di quattro satelliti per l'osservazione della Terra, mediante un radar ad apertura sintetica. Ha applicazioni di tipo civile e militare, nella gestione dell'ambiente, in particolare dei disastri naturali, e nella sorveglianza militare. Il primo satellite della costellazione, detto COSMO-SkyMed 1, è stato lanciato il 7 giugno 2007 dalla base californiana di Vandenberg, il secondo satellite, detto COSMO SkyMed 2, invece, è stato lanciato il 9 dicembre 2007 dalla stessa base. Il suo segnale è stato acquisito un'ora e cinque minuti dopo il lancio e viene ricevuto dalla stazione di Terra del Fucino in Abruzzo (L'Aquila). Il terzo satellite della serie, COSMO SKyMed 3, è stato lanciato con successo il 25 ottobre 2008 dalla base di Vandenberg. Vengono ora descritti gli eventi censiti del Comune di Chiampo, il tempo di ritorno è stato stimato con la formula:

$$T_R = \frac{\text{Periodo attività satellite}}{\text{n° spostamenti}} \text{ in [anni]}$$

Esso esprime il grado di rarità di un evento, in termini tempistici quando un fenomeno di una certa intensità si può manifestare. È da tenere in considerazione che i fattori innescanti le frane sono variabili casuali come le precipitazioni che dipendono dalla quantità di acqua

che evapora, pressione atmosferica, temperatura, vento, grado di copertura vegetale e incidenza solare, parametri ambientali di difficile previsione. Lo stesso si potrebbe dire dei sismi, quindi il tempo di ritorno è un valore da non considerarsi assolutamente veritiero a causa dei motivi appena citati. Il tempo considerato in questa sede è quello di attività dei satelliti Ers 1/2 ed Envisat, circa 20 anni. Tenendo conto delle lacune temporali presenti, il periodo totale può essere considerato di 17 anni.

È possibile frazionare il tempo di ritorno ( $T_R$ ):

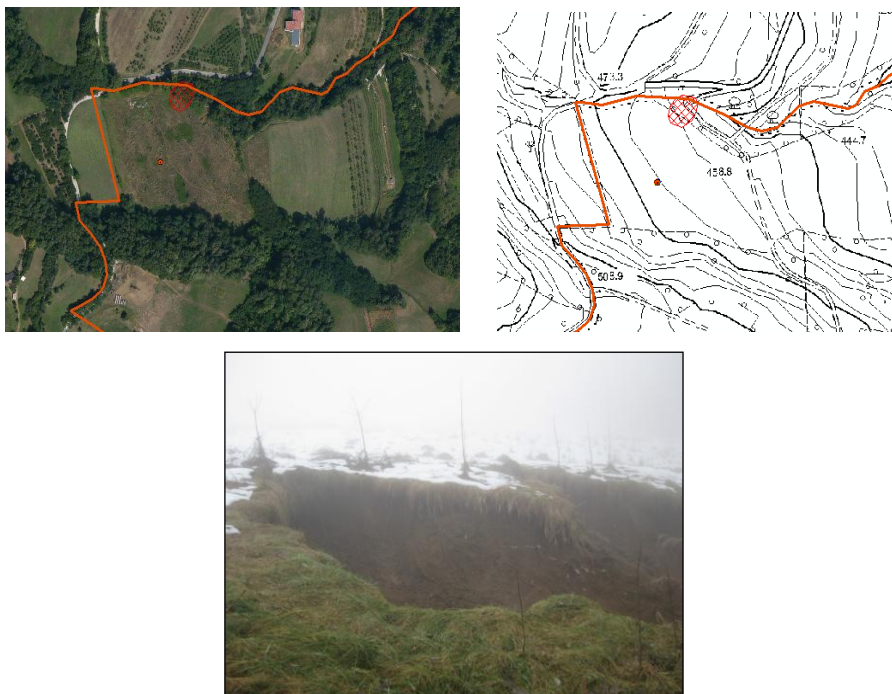
- Eventi con  $T_R$  minore di 5 anni (più di 4 spostamenti significativi);
- Eventi con  $T_R$  compresi tra 5 e 10 anni (2 o 3 spostamenti significativi);
- Eventi con  $T_R$  compresi tra 10 e 20 anni (1 spostamento significativo);
- Eventi con  $T_R$  maggiore di 20 anni (nessun spostamento significativo).

Nell'allegato 1 è presente l'inquadramento delle frane censite nel comune di Chiampo. In questa parte del lavoro svolto vengono descritti gli eventi franosi avvenuti nel territorio comunale di Chiampo, assegnando un codice, localizzazione del poligono, il numero di PS interni o esterni, la descrizione degli spostamenti dei PS e una breve descrizione sulla tipologia di fenomeno.

ID Frana av2013011601

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011601	1	/	Buona

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.9** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011601 (Progetto di tesi).

Si tratta di una frana di tipo complesso, con un'estensione di 228 m<sup>2</sup>, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

Si considera l'unico PS (Cod. A8CS0), nel grafico 6.1, presente a 25 metri dalla perimetrazione. I dati PS mancanti in questo grafico, vanno da settembre 2003 ad agosto 2004. Movimenti significativi si vedono dal settembre 2003 ad agosto 2004, da dicembre 2005 a maggio 2006, da ottobre 2006 a settembre 2007, da luglio 2008 a dicembre 2008 e da febbraio 2010 ad aprile 2010, contando 5 spostamenti significativi. Il tempo di ritorno risulterà essere 1,6 anni. Lo stato di attività è considerato attivo continuo o riattivato.

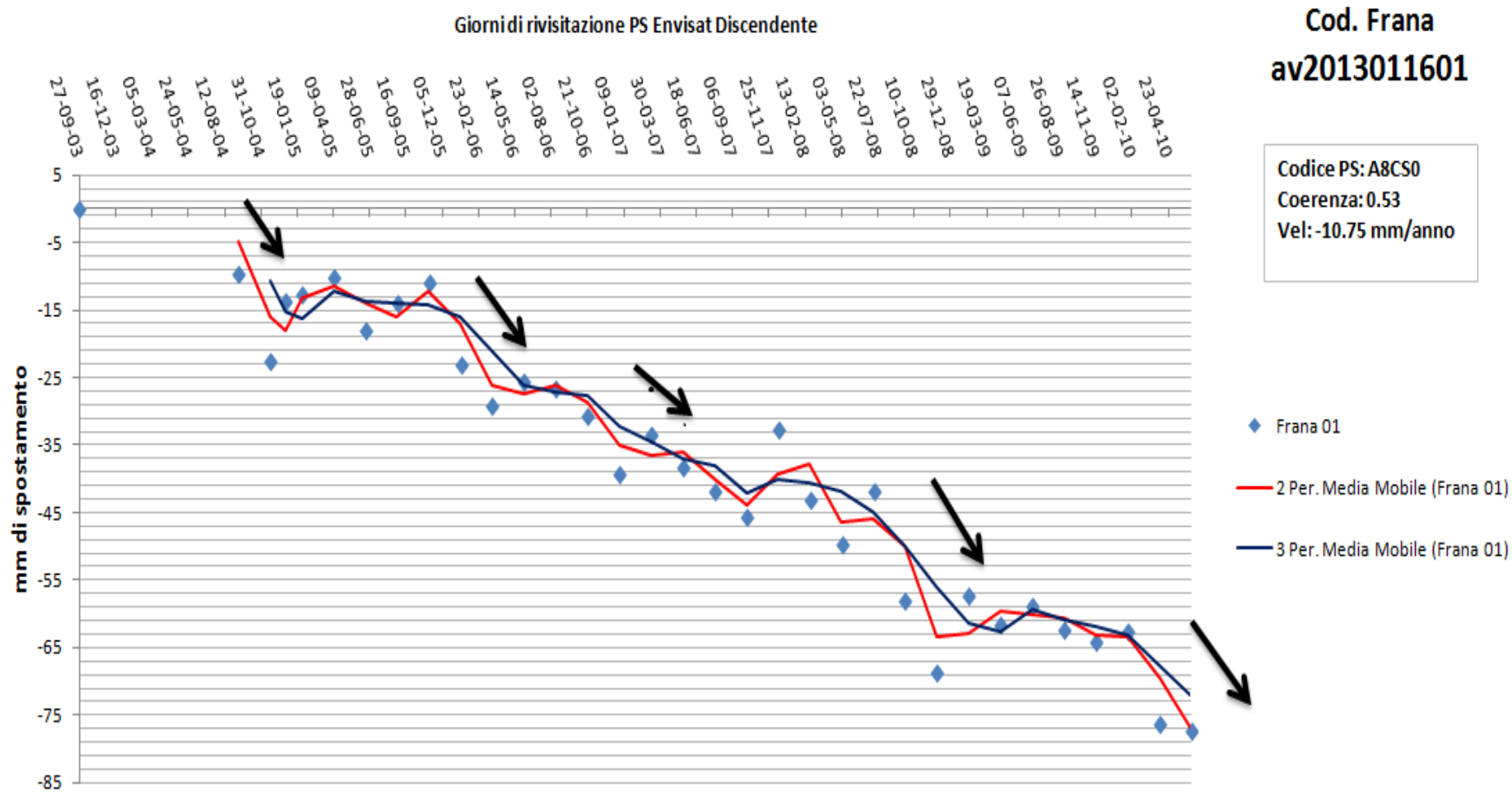


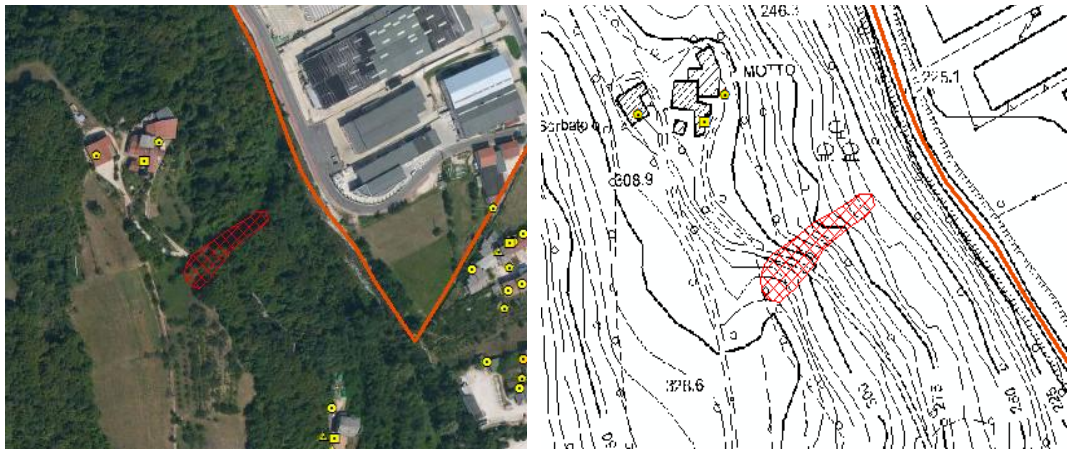
Grafico 6.1 PS A8CS0 Envisat Discendente (Progetto di tesi).



ID Frana av2013011602

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011602	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



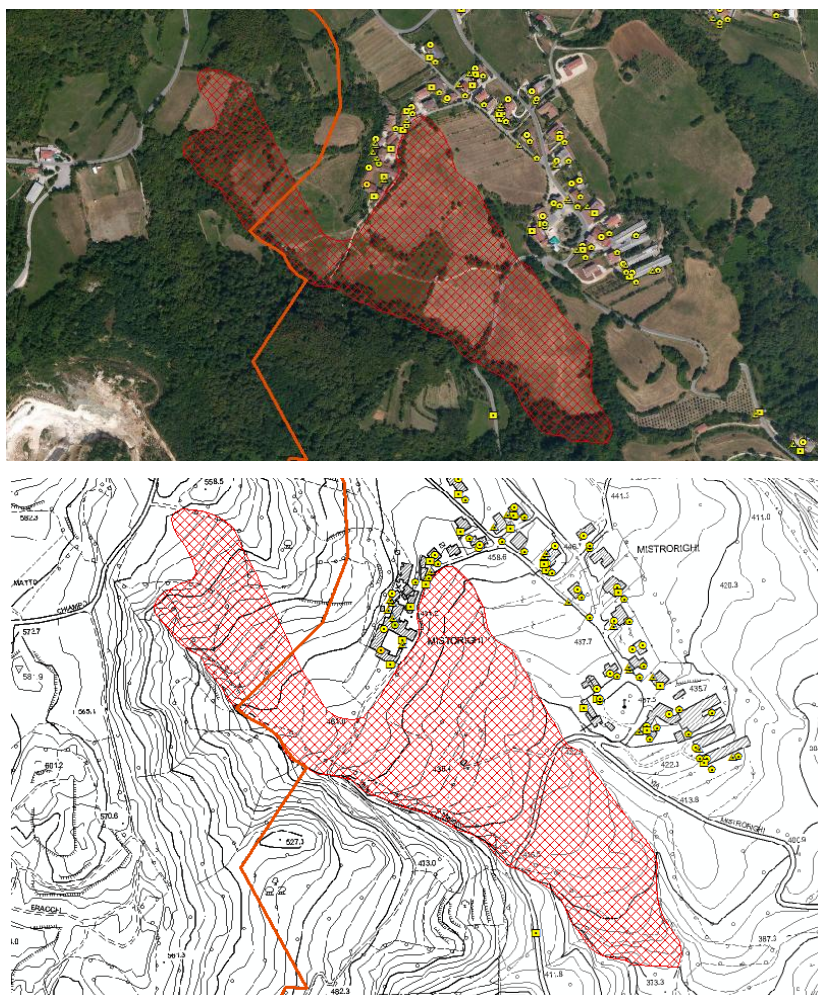
**Figura 6.10** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011602 (Progetto di tesi).

Si è riscontrato il franamento del ciglio stradale per un tratto di circa 30 m, l'area di questo fenomeno è di circa 430 m<sup>2</sup> ed è poggiante sul Biancone. L'evento franoso interessa la strada comunale di via Motto, unica via di collegamento per località Motto al fondovalle e non sono presenti PS.

### ID Frana av2013011603

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011603	8	/	/

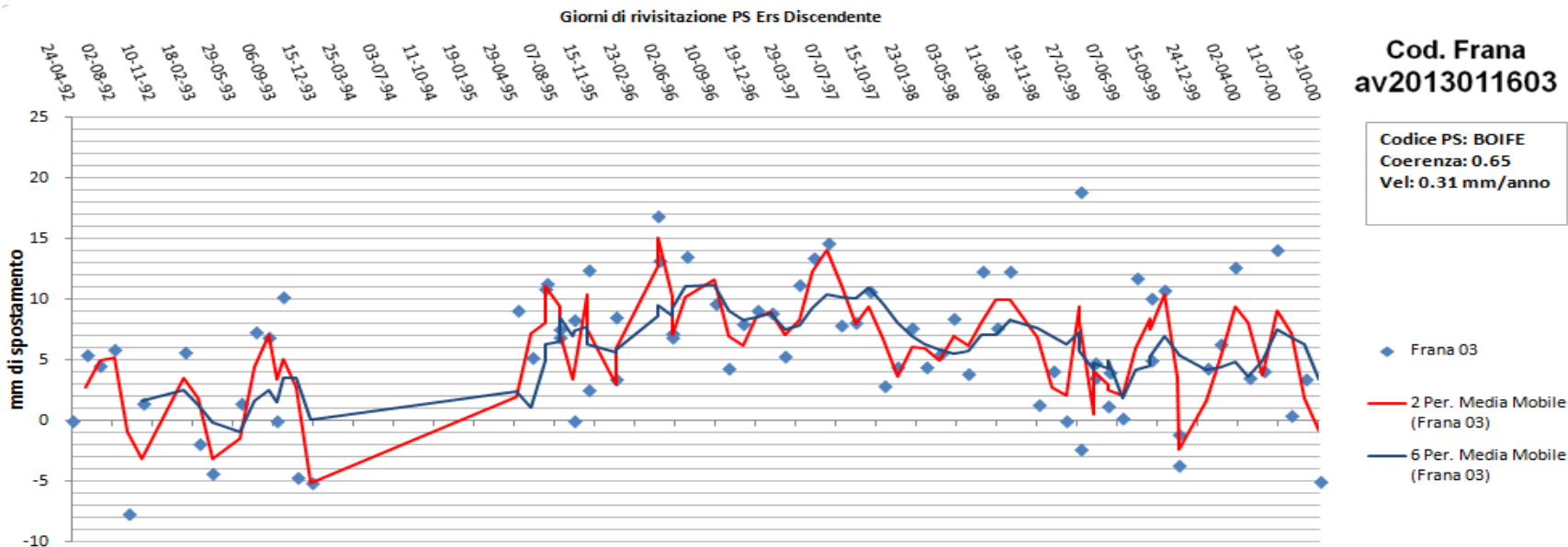
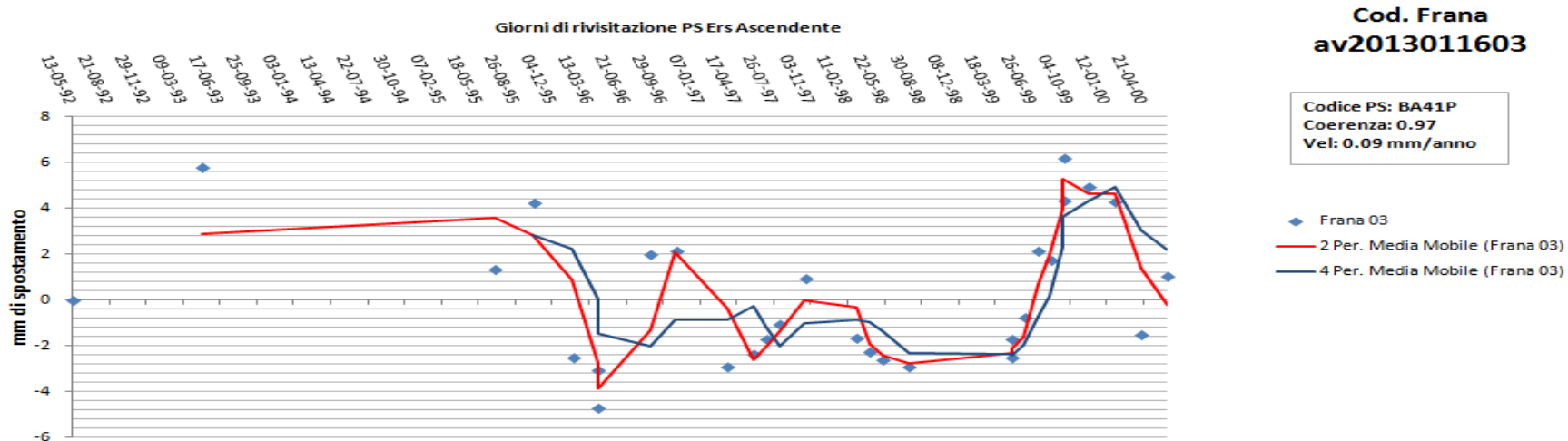
Localizzazione e perimetrazione:

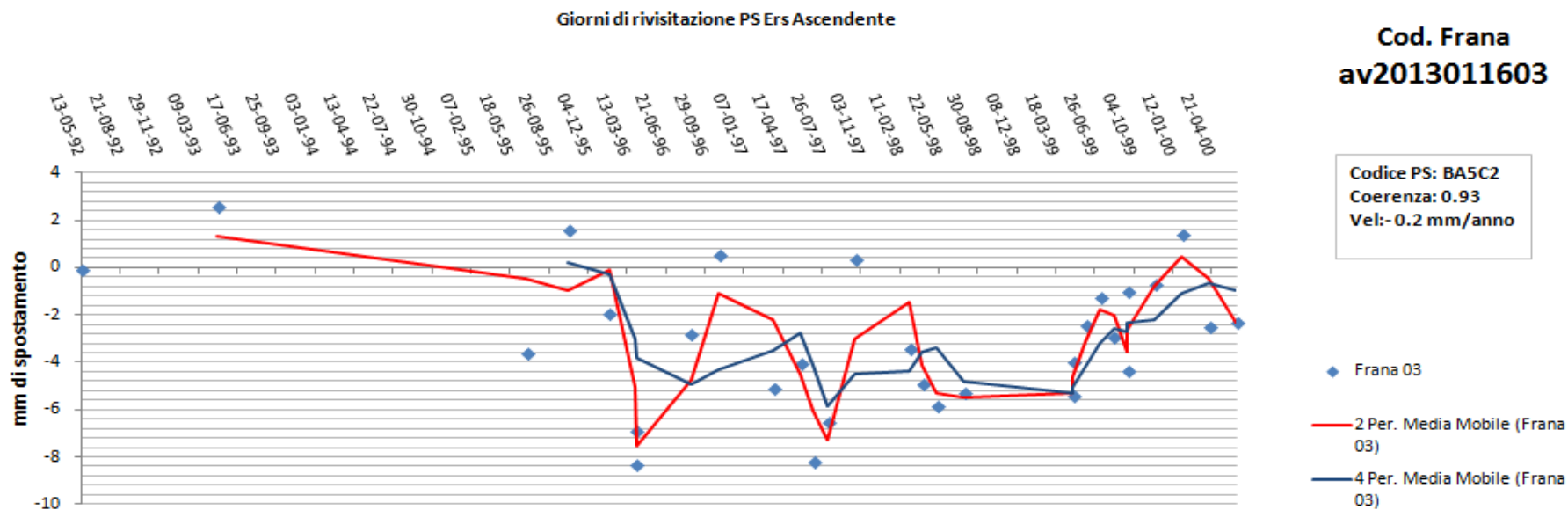
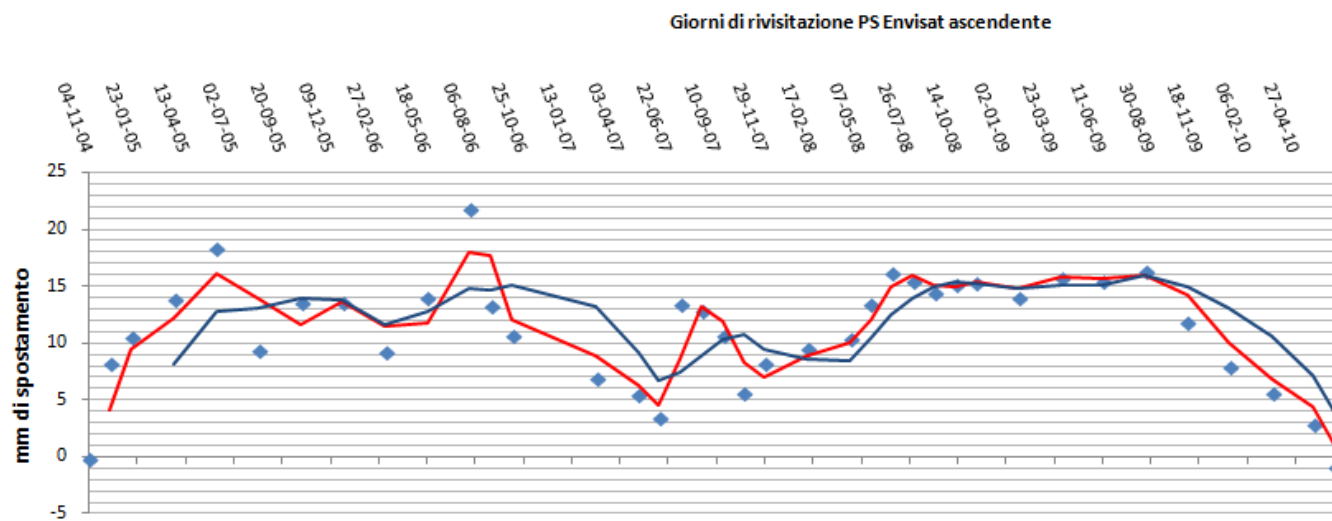


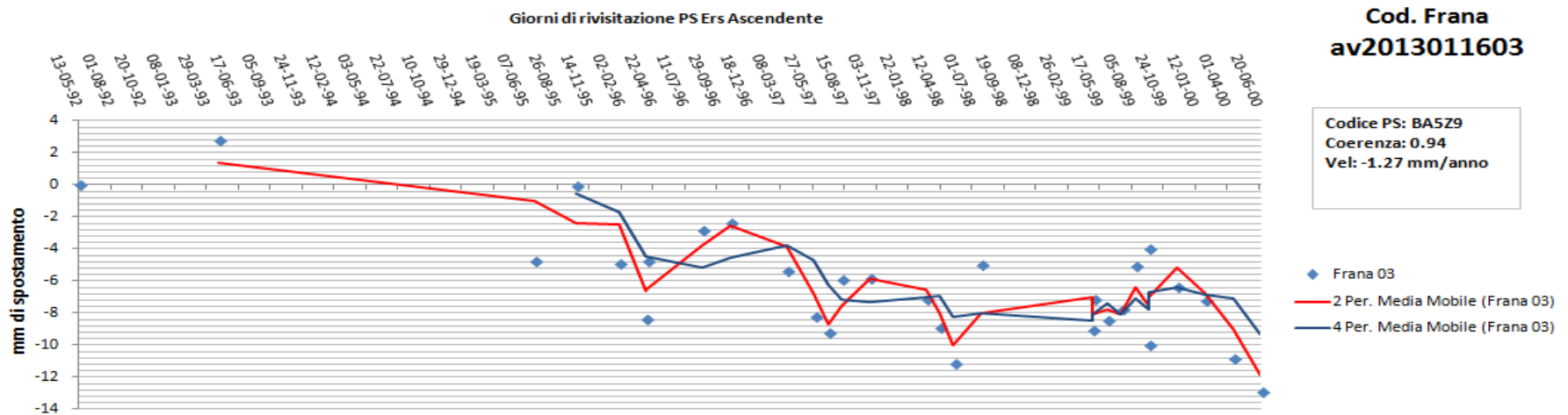
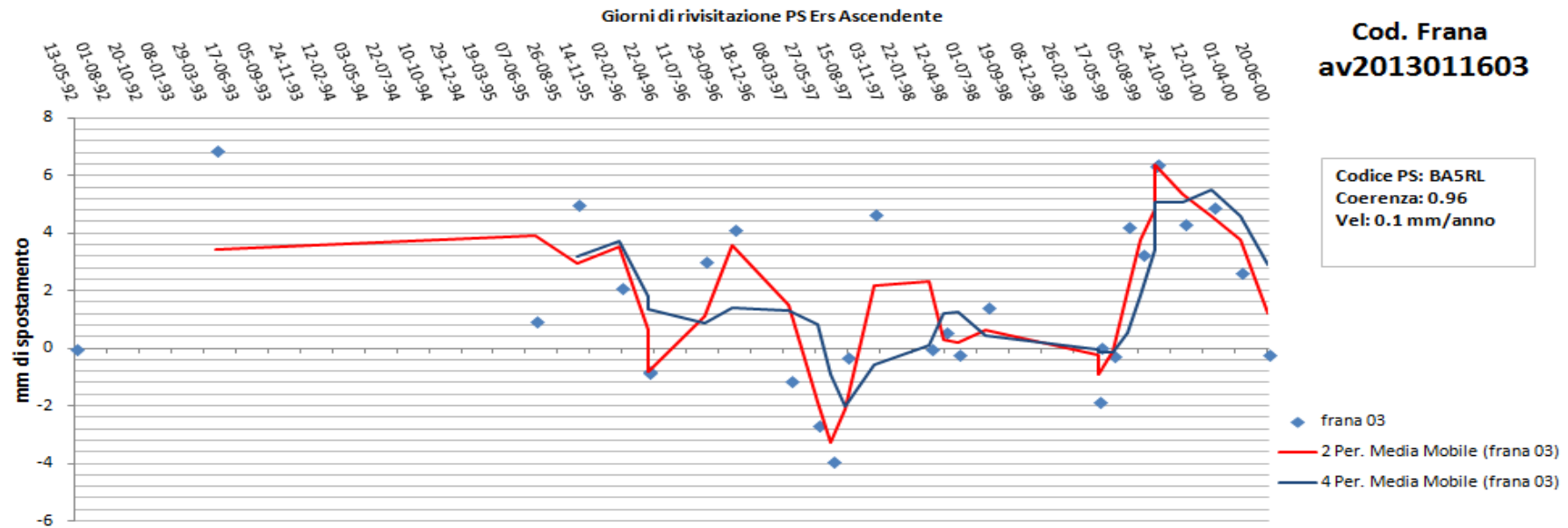
**Figura 6.11** Ortofoto, CTR dell'area franosa av2013011603 (Progetto di tesi).

Questo evento è da classificare come area soggetta a frane superficiali diffuse, ha un'ampia estensione di circa 150 mila m<sup>2</sup> poggiante su più litologie, sono presenti 8 PS dove si sono considerati i tempi di ritorno. Come si può vedere dai grafici l'andamento dei PS relativi a quest'area presentano un andamento oscillante il quale non permette di dare una stima del tempo di ritorno, inoltre si può vedere una lacuna temporale per quanto riguarda l'Ers 1/2 che va da gennaio 1994 a febbraio 1995. Lo stato di attività è da considerarsi stabilizzato, dato che si hanno velocità medie prossime allo zero in entrambi i satelliti.









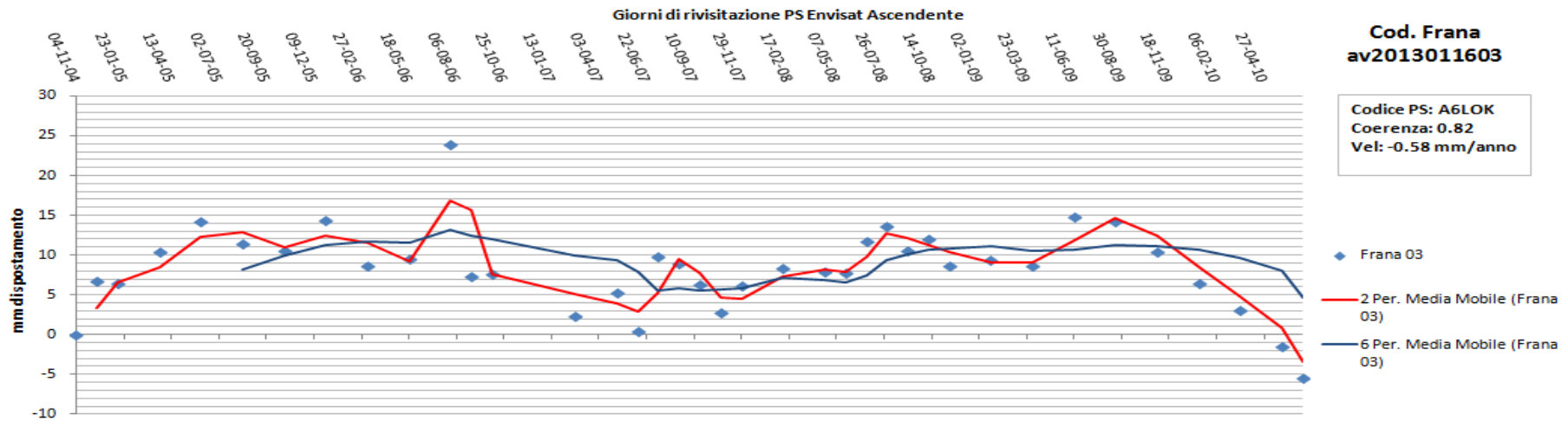
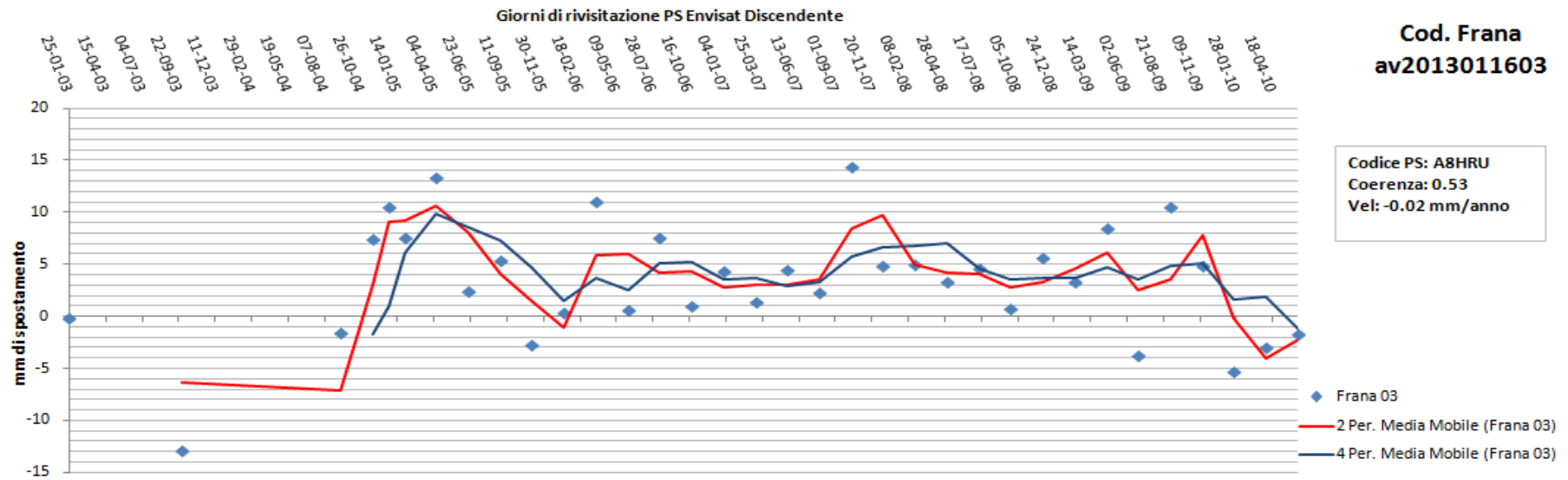
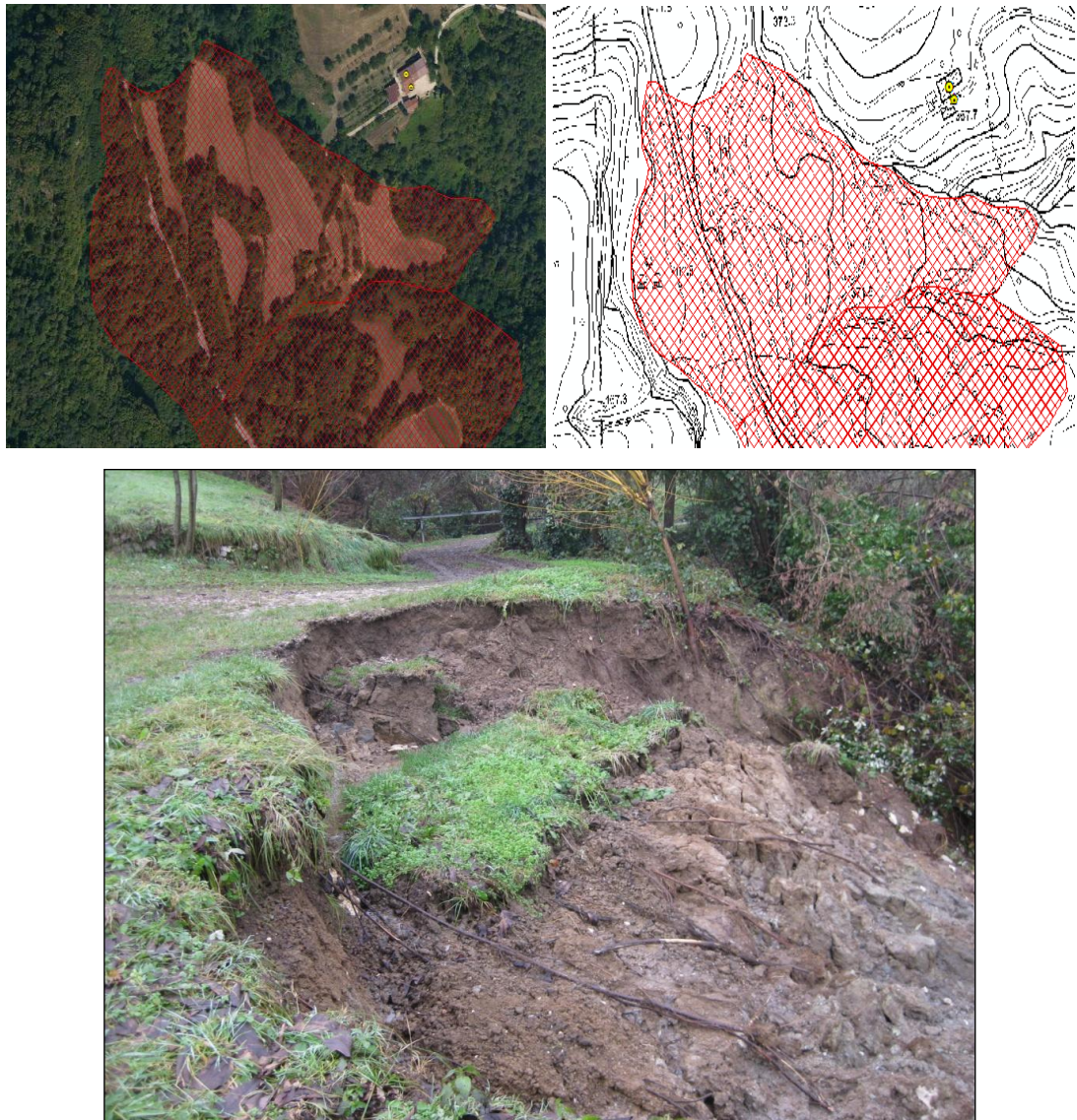


Grafico 6.2 PS relativi alla frana av2013011603 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011604

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011604	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.12** Ortofoto, CTR dell'area franosa av2013011604 e fotografia di una frana interna(Progetto di tesi).

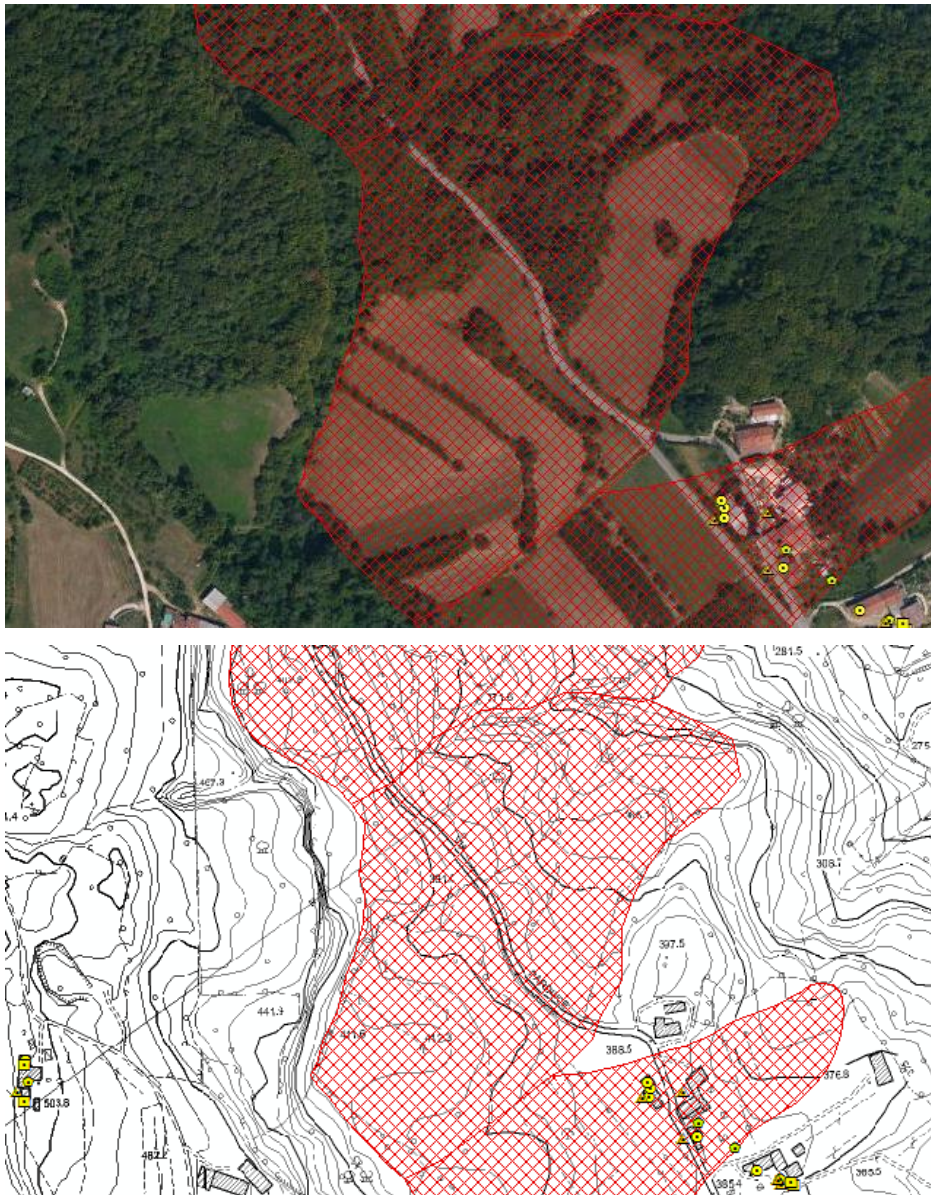
Questo evento è da classificare come area soggetta a frane superficiali diffuse, nella fotografia di figura 6.12 si può vedere un fenomeno interno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre detritico-argillosa. Ha un' estensione di circa 80 mila m<sup>2</sup> poggiante sulle vulcaniti basaltiche, non sono presenti PS.



ID Frana av2013011605

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011605	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



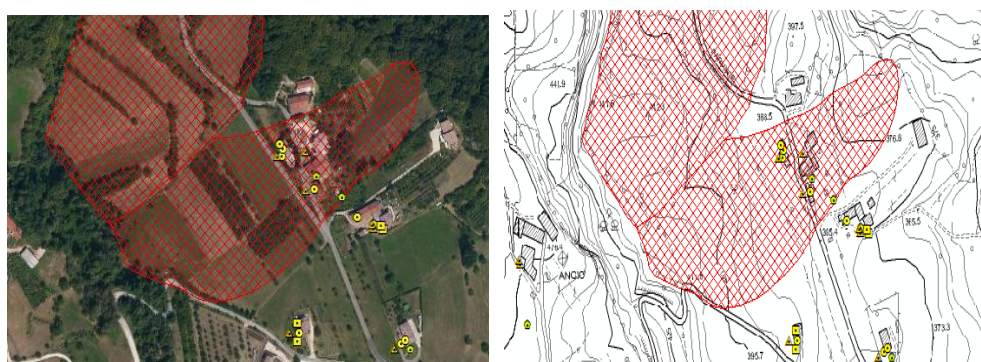
**Figura 6.13** Ortofoto, CTR dell'area franosa av2013011605 (Progetto di tesi).

Anche questo evento è da classificare come area soggetta a frane superficiali diffuse. Ha un'estensione di circa 90 mila m<sup>2</sup> poggiante sulle vulcaniti basaltiche e depositi eluvio-colluviali, non sono presenti PS.

ID Frana av2013011606

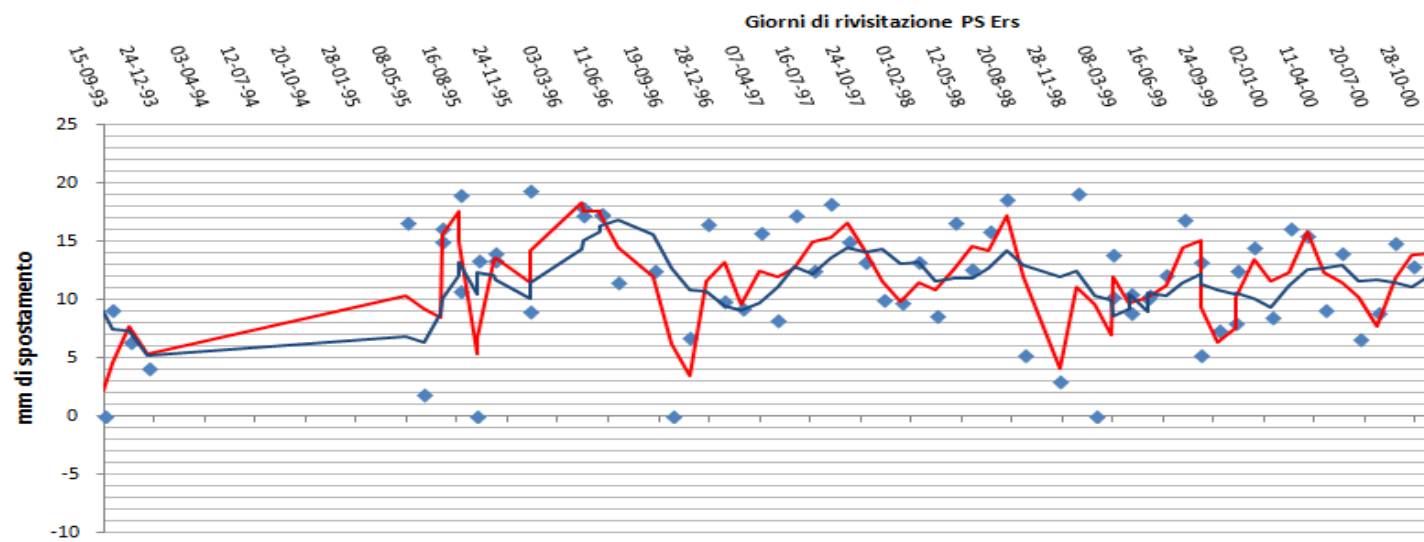
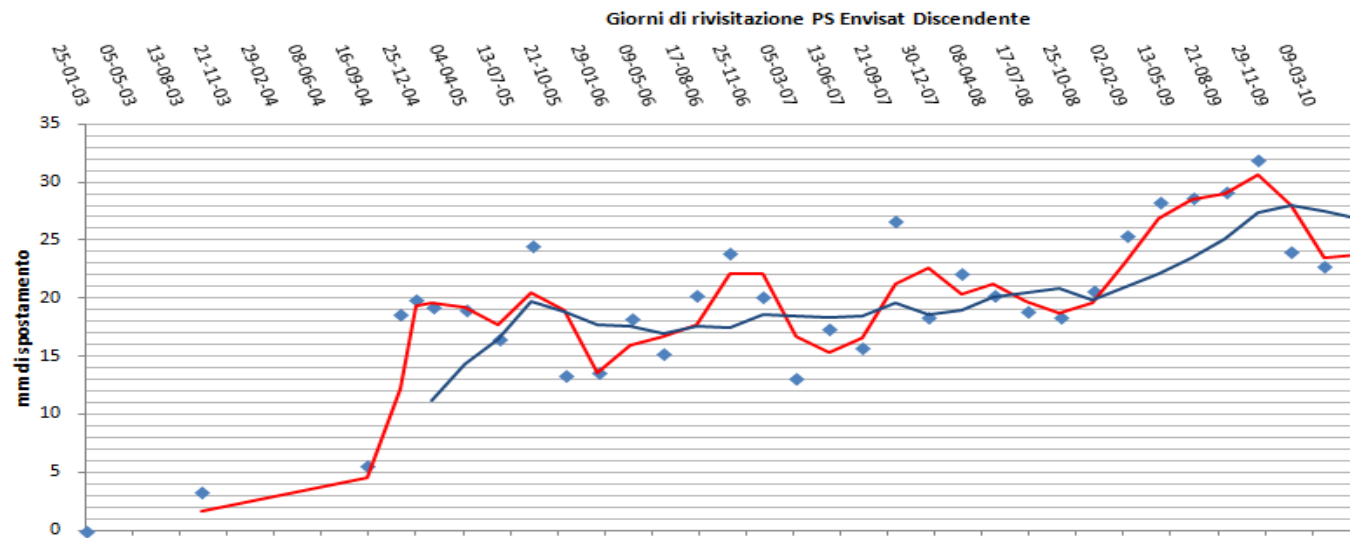
Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011606	/	9	Buona

Localizzazione e perimetrazione:

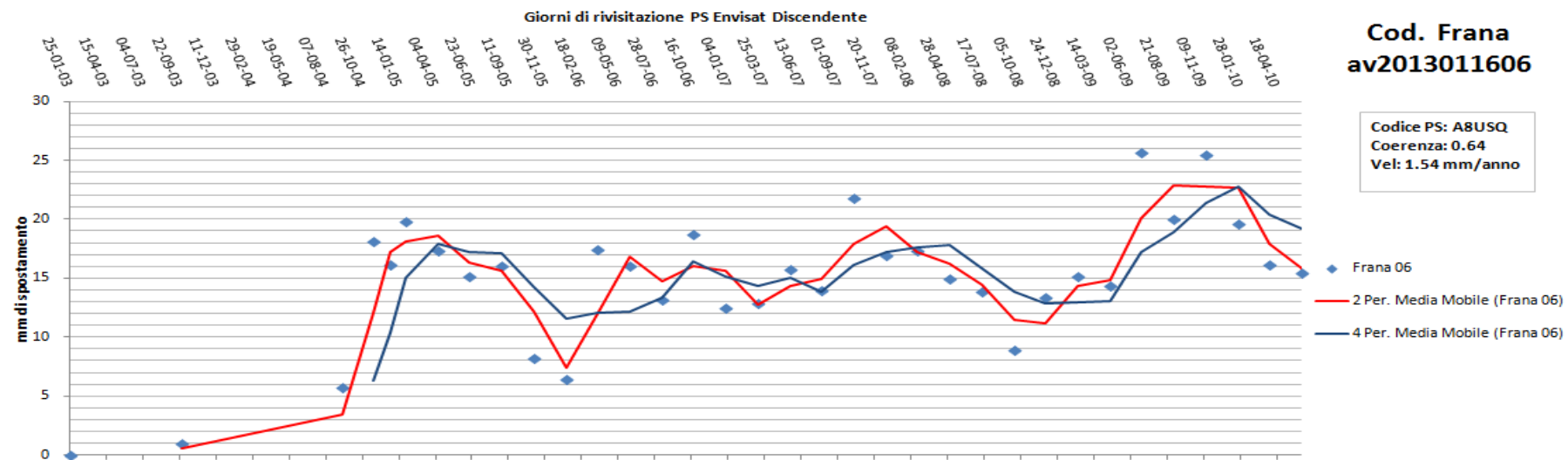
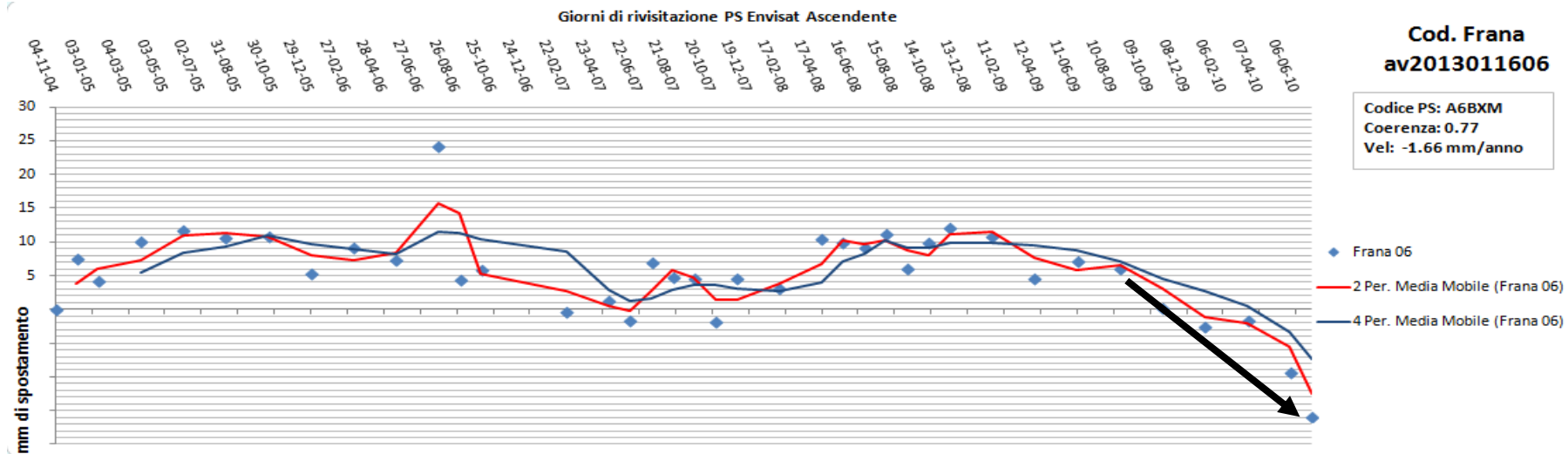


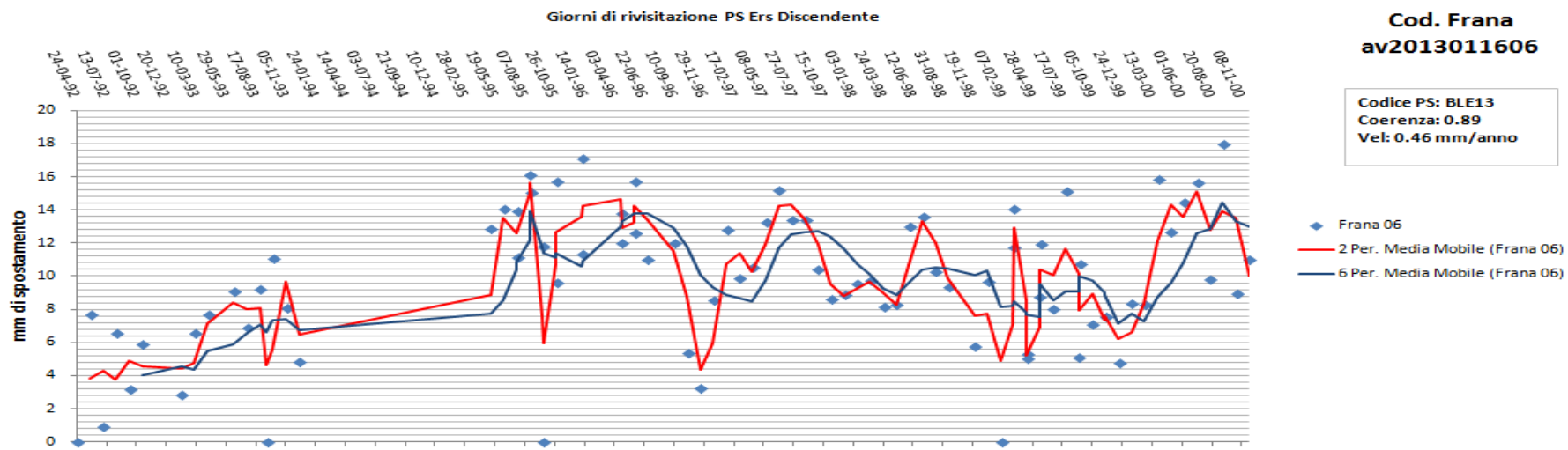
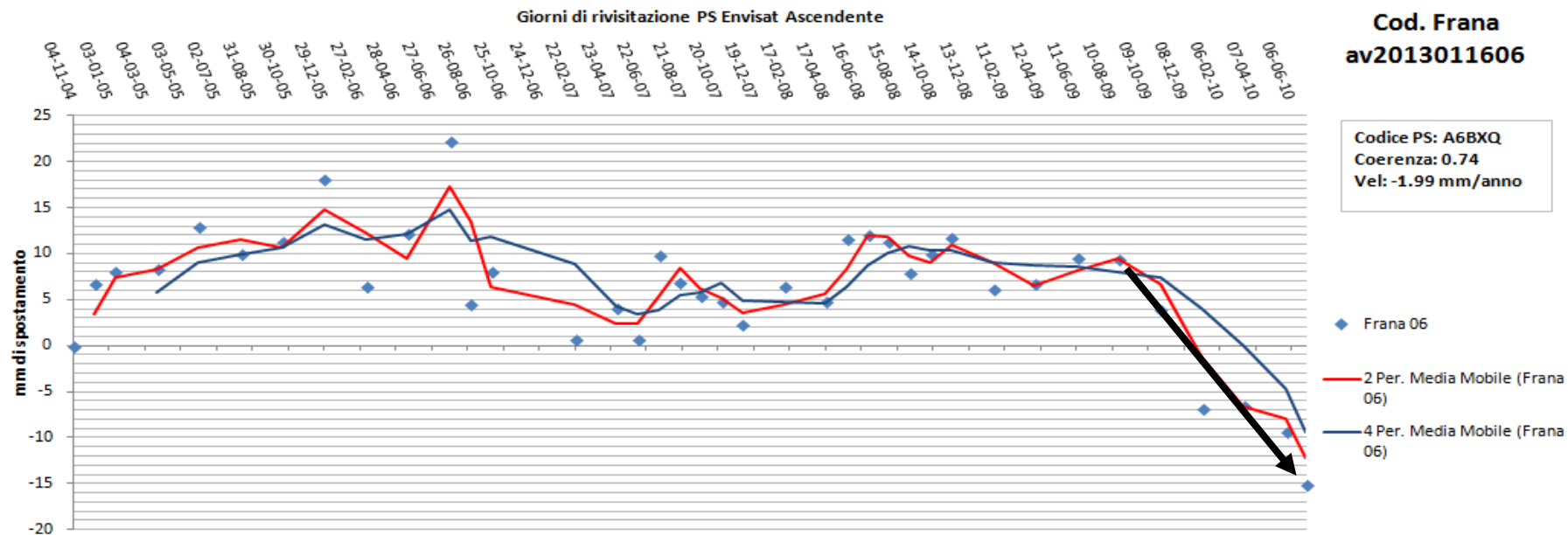
**Figura 6.14** Ortofoto, CTR dell'area franosa av2013011606 (Progetto di tesi).

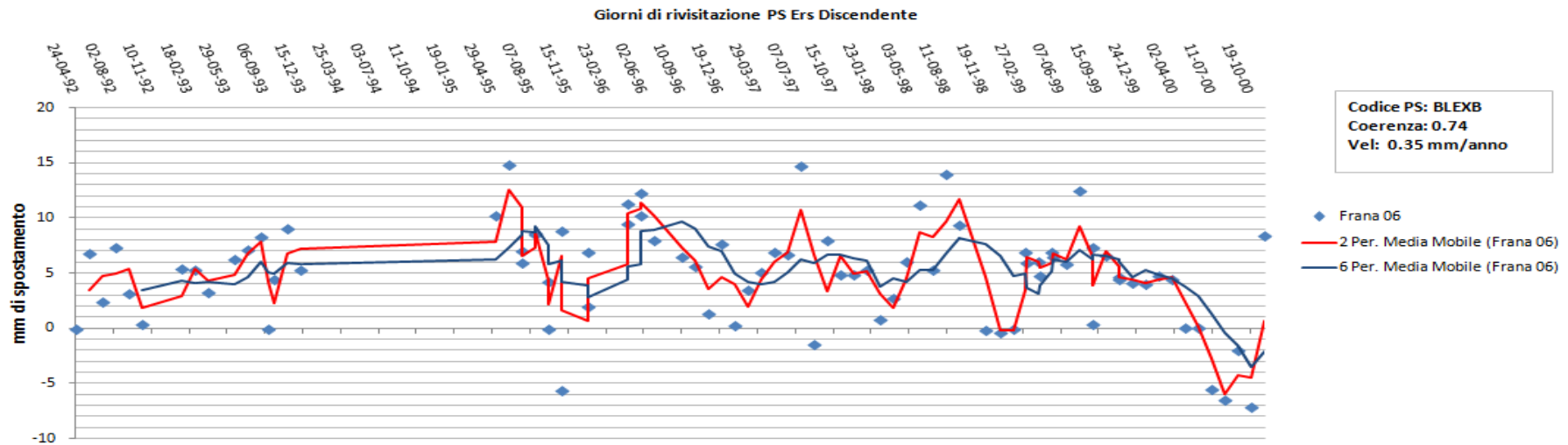
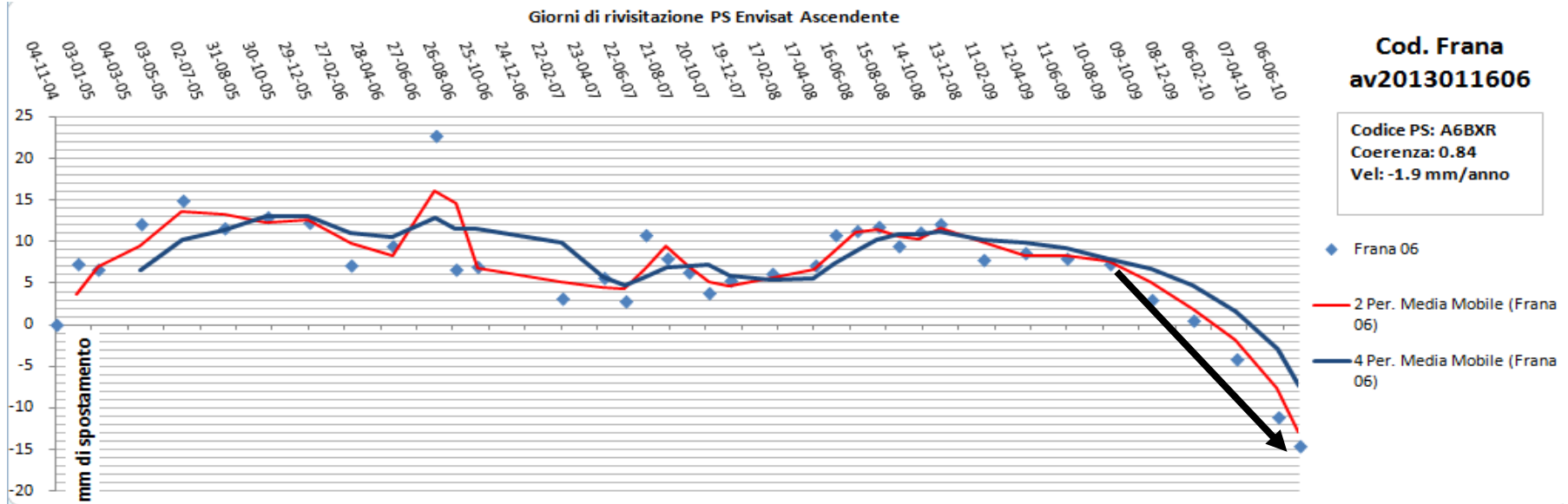
Questo evento è da classificare come area soggetta a frane superficiali diffuse. Ha un'estensione di circa 62 000 m<sup>2</sup> poggiante su depositi eluvio-colluviali, sono presenti 9 PS interni. I grafici con codice A6BXM, A6BXQ e A6BXR appartenenti all'Envisat in orbita ascendente mostrano circa lo stesso andamento, non sono presenti movimenti fino all'agosto 2009, successivamente è presente uno spostamento significativo di circa 3,5 cm fino a giugno 2010. Per i grafici A8USU E A8USQ hanno un andamento linearmente crescente, è una condizione apparente dovuta all'opposta direzione di movimento della linea di vista del satellite (LOS) e la direzione del movimento franoso, quindi il satellite vede dei spostamenti verso di sé ma in realtà lo spostamento avviene verso valle. L'entità di questo spostamento è costante nel periodo di attività dell'Envisat in orbita discendente, evidenziando uno spostamento totale di circa 3 cm in circa 8 anni. Per i grafici relativi all'Ers 1/2 è sempre presente la lacuna temporale già citata che va dal novembre 1993 al febbraio. Essendo un'area franosa è complicato assegnarle un tempo di ritorno dato che è costituita da vari fenomeni che possono presentare caratteristiche diverse, possiamo dare comunque una stima vedendo i grafici A6BXM, A6BXQ e A6BXR:  $T_R = (1 \text{ spostamento significativo}) = 8 \text{ anni}$ . Lo stato di attività è da considerarsi stabilizzato.











**Cod. Frana  
av2013011606**

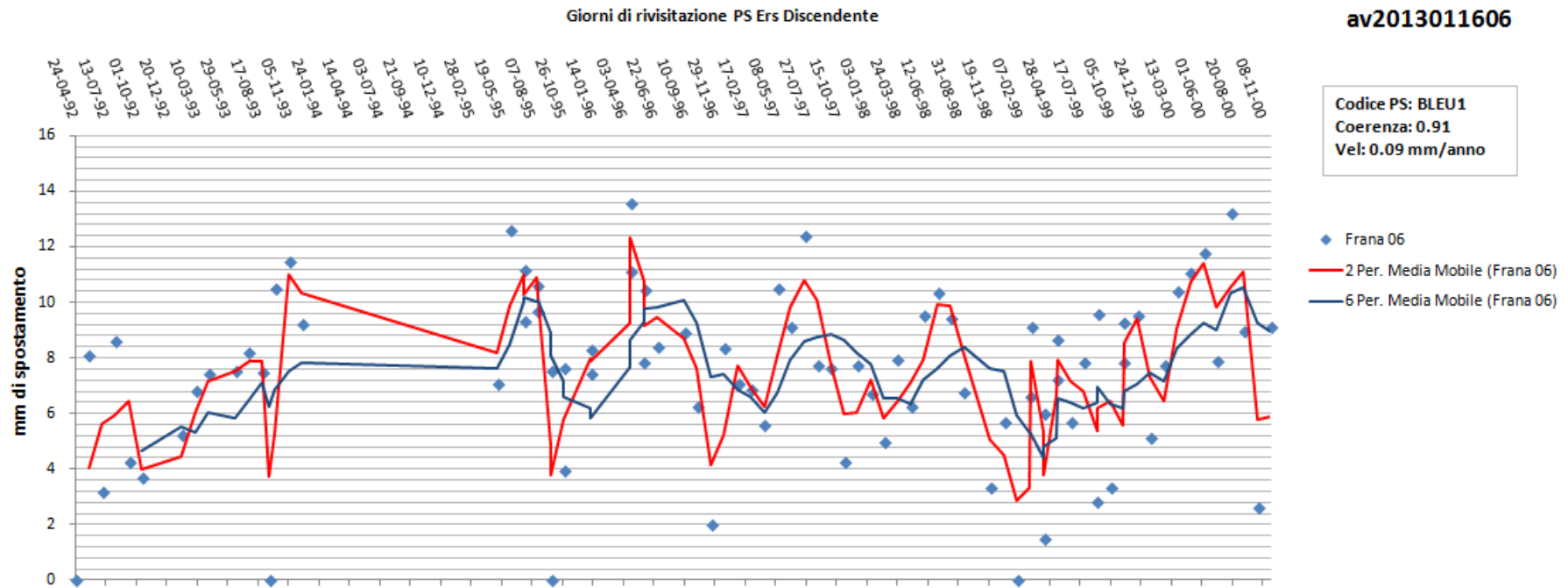
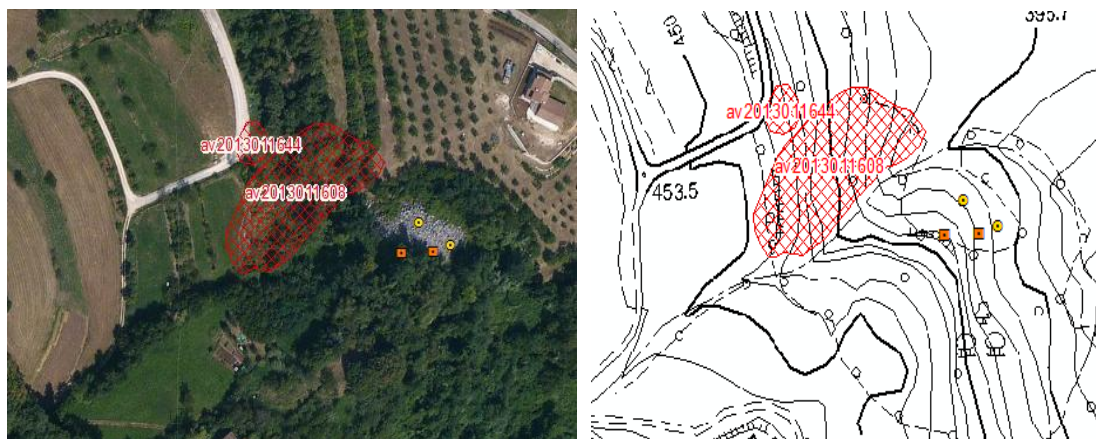


Grafico 6.3 PS relativi alla frana av2013011606 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011608

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011608	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.15 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011608 (Progetto di tesi).**

Si tratta di una frana di tipo complesso con un'estensione di circa 3000 m<sup>2</sup>, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

Non sono presenti PS al suo interno.



ID Frana av2013011609

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011609	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:

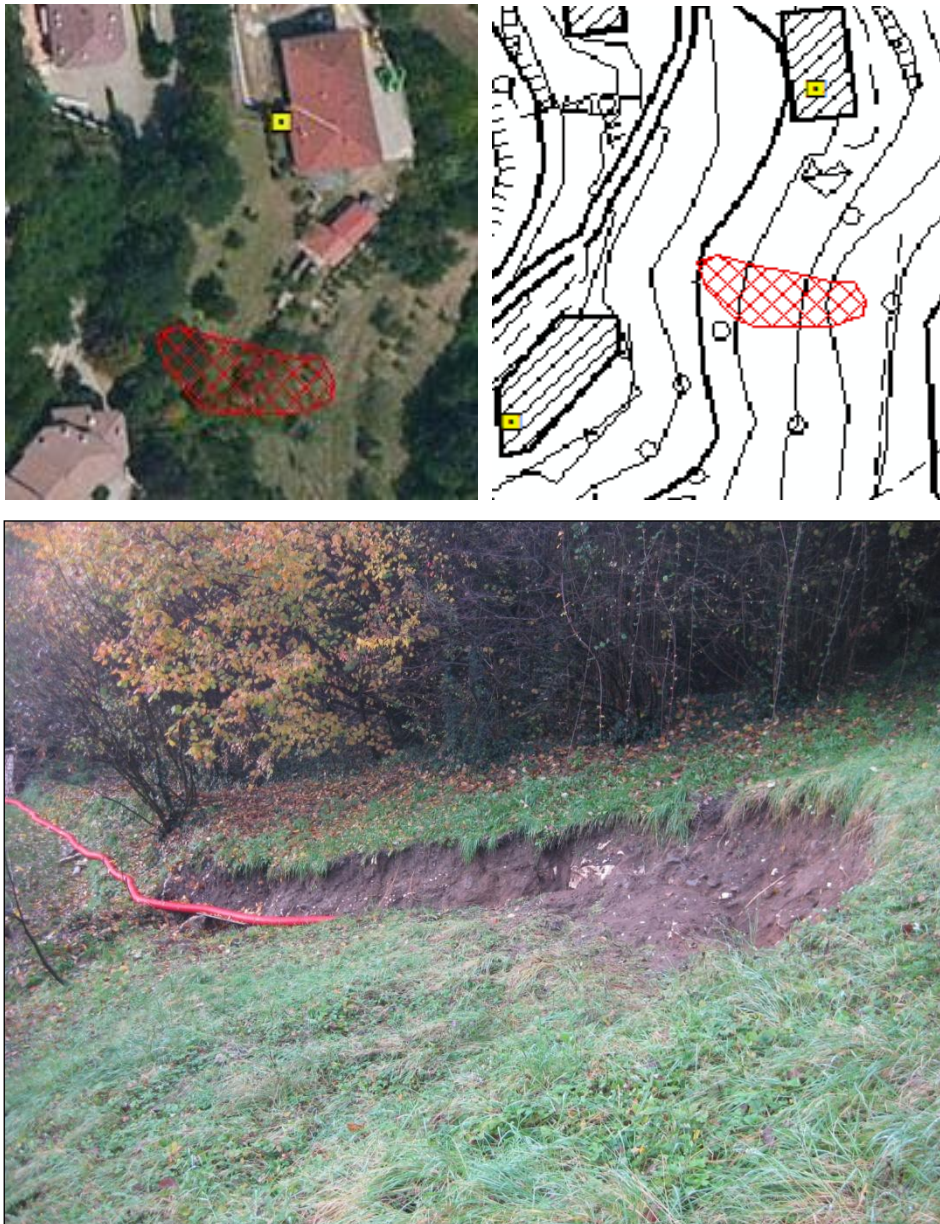


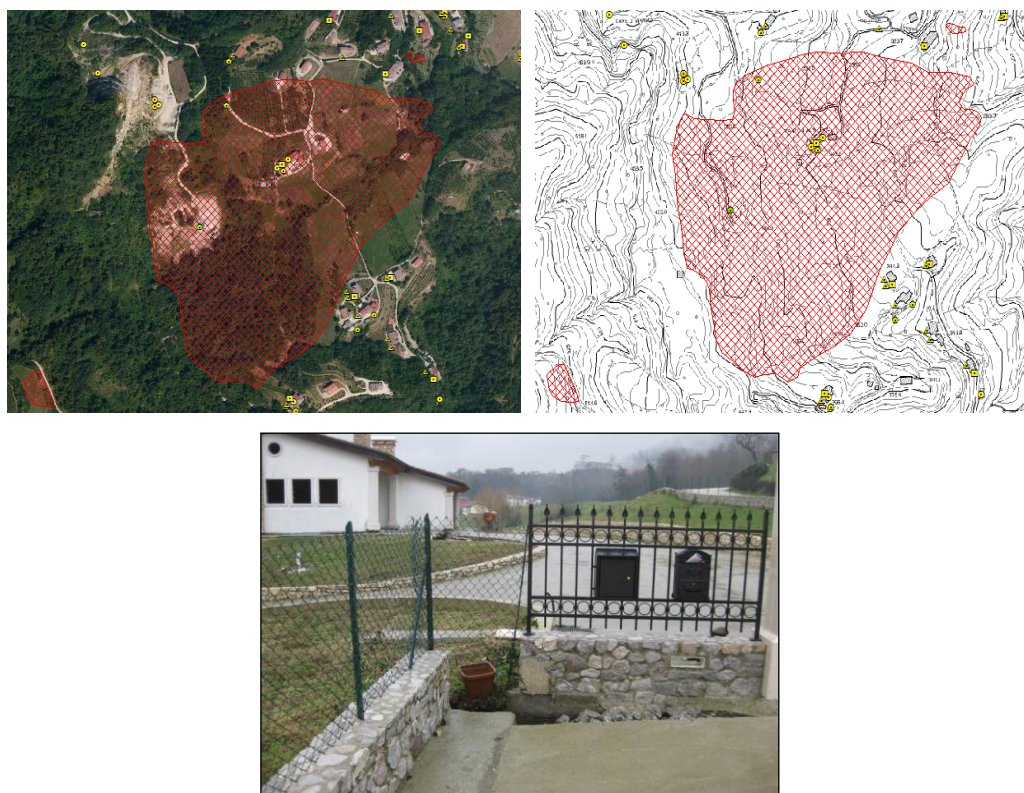
Figura 6.16 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011609 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale di 200 m<sup>2</sup> che si sviluppa nella coltre detritico-argillosa, non sono presenti PS.

ID Frana av2013011610

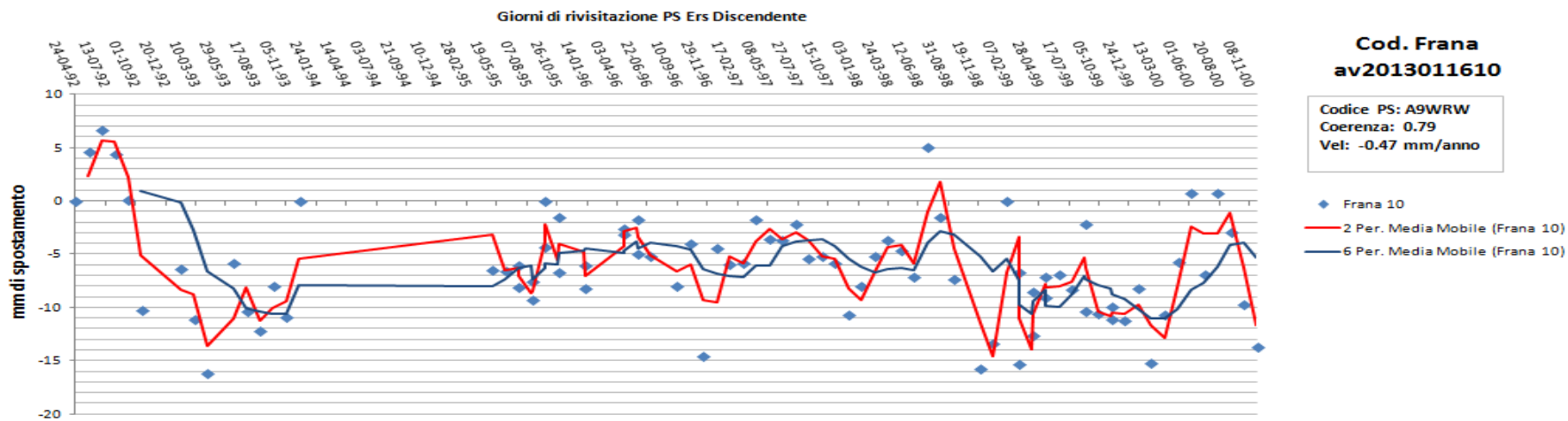
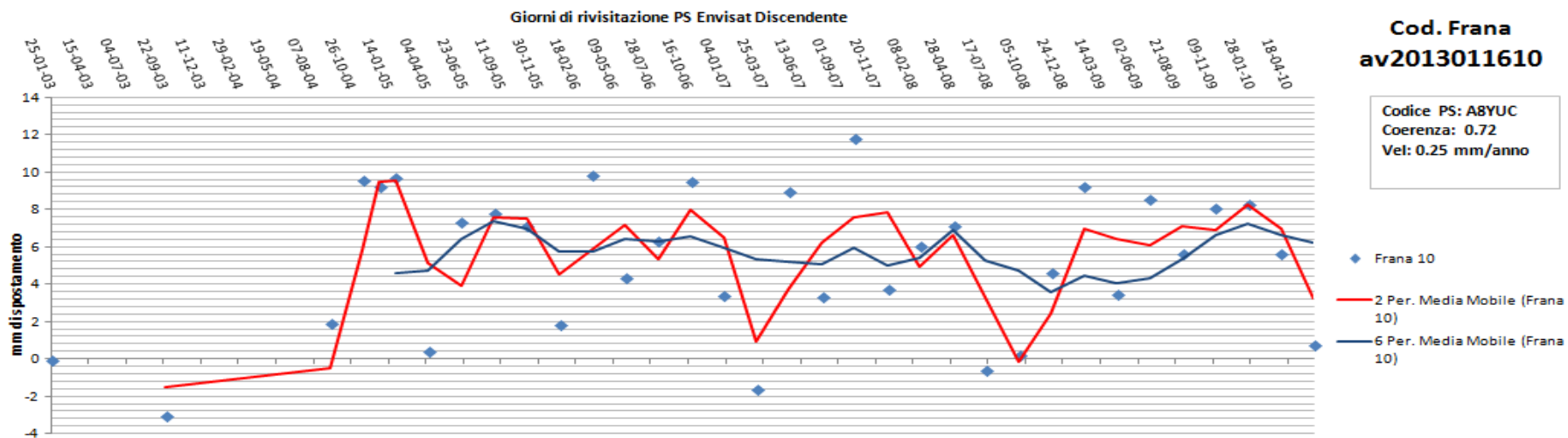
Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011610	/	6	Buona

Localizzazione e perimetrazione:

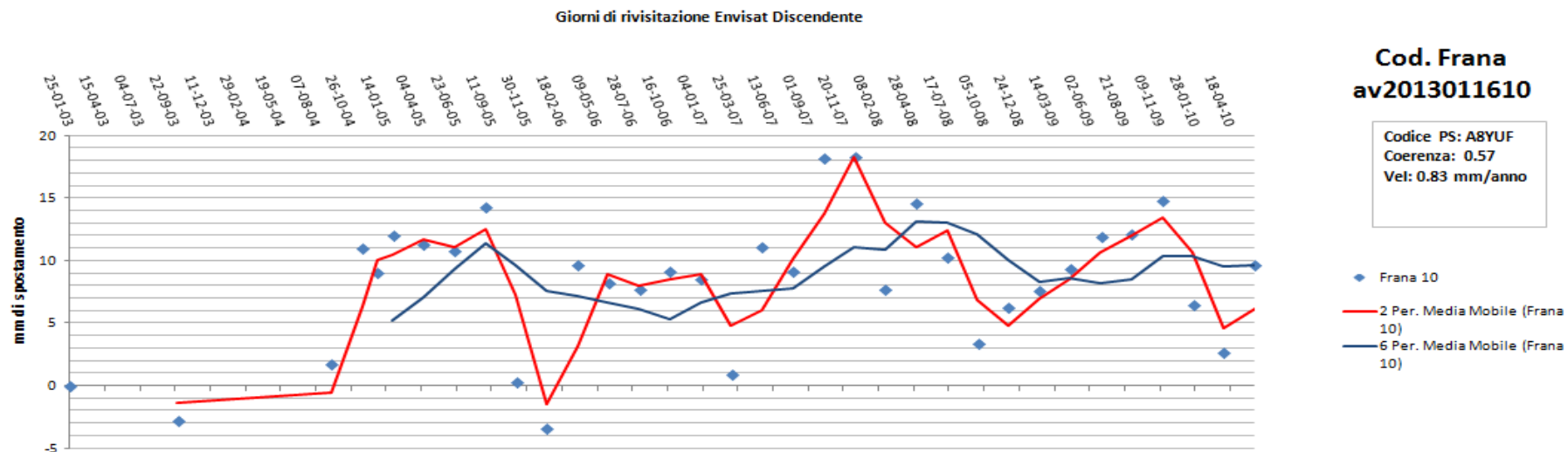
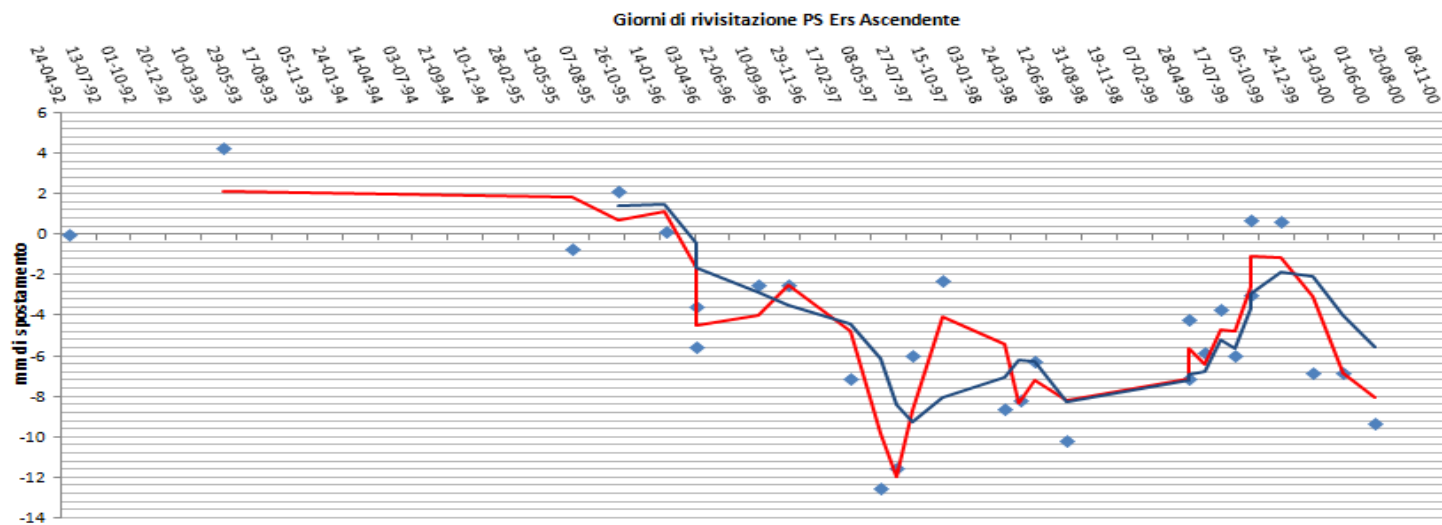


**Figura 6.17 Ortofoto, CTR, fotografia di un muro traslato della frana av2013011610 (Progetto di tesi).**

Si tratta di uno scorrimento rotazionale con un'estensione di 11 mila m<sup>2</sup>, della copertura argillosa derivante dal disfacimento del substrato vulcanico sovraccaricato dal materiale di scarto di Cava Porto. L'entità degli spostamenti nel mese di novembre 2010 è stata dell'ordine di 0,5 - 1 m. Sono presenti 6 PS interni a questo fenomeno, quello con codice A8YUI dell'Envisat discendente sembra essere quello più eloquente, dove non presenta movimenti da agosto 2004 ad ottobre 2008 per poi avere uno spostamento significativo dall'ottobre 2008 al giugno 2009 di circa 2,5 cm, poi con l'evento pluviometrico del 31 ottobre 2010 si ha una nuova riattivazione. Possiamo assegnare un tempo di ritorno di 4 anni dati dagli eventi appena citati. Lo stato di attività risulta essere stabilizzato dall'incrocio delle velocità medie dei 2 satelliti.







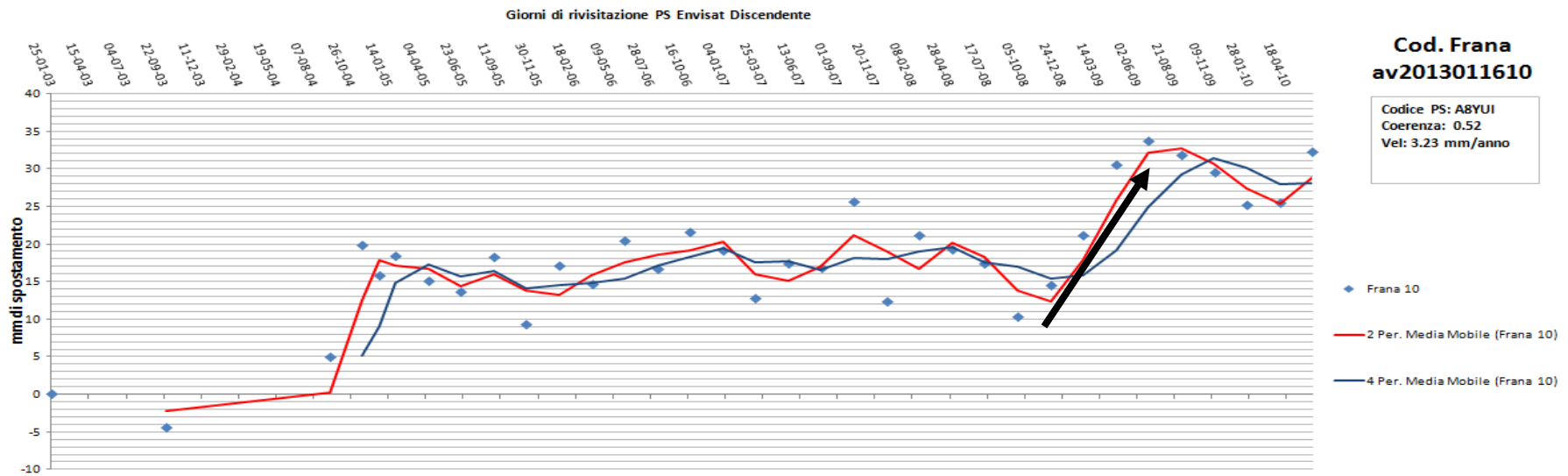
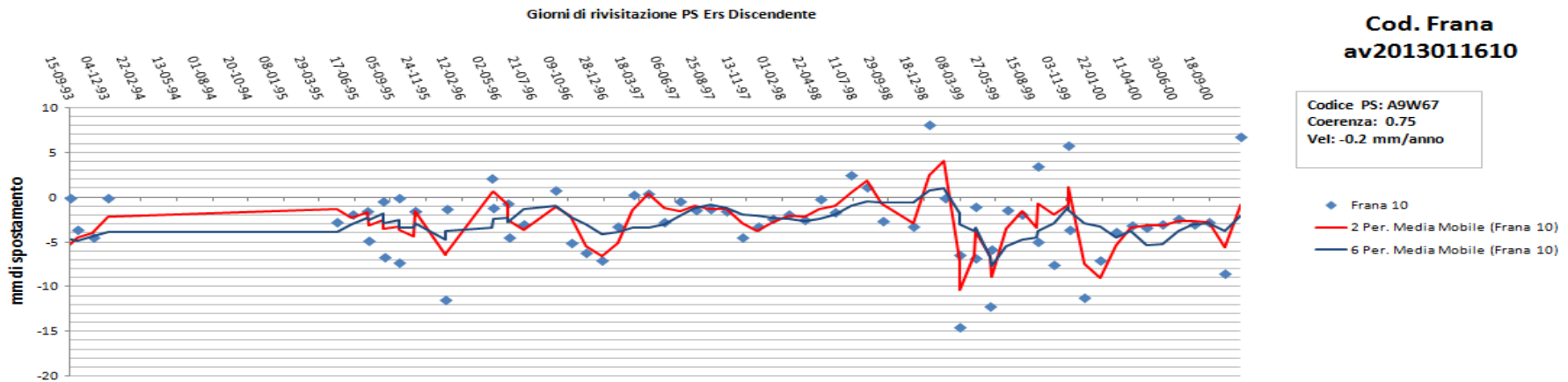
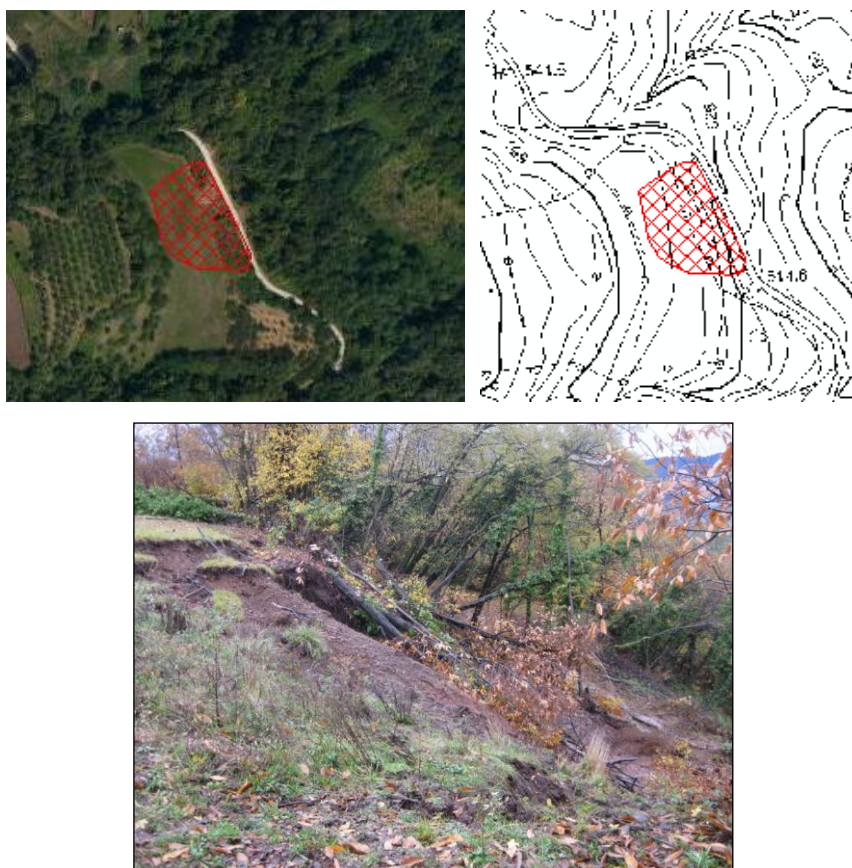


Grafico 6.4 PS relativi alla frana av2013011610 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011611

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011611	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.18** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011611 (Progetto di tesi).

Si è riscontrato la regressione di un fenomeno franoso con un'estensione di 2800 m<sup>2</sup>, verificatosi nel dicembre 2008 su di un tratto di versante coperto in parte da bosco e in parte da frutteto. Si tratta di una frana di tipo complesso, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi giorni di novembre.

Non sono presenti PS indicativi del movimento.

ID Frana av2013011612

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011612	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.19** Ortofoto, CTR, fotografia del fenomeno di crollo av2013011612 (Progetto di tesi).

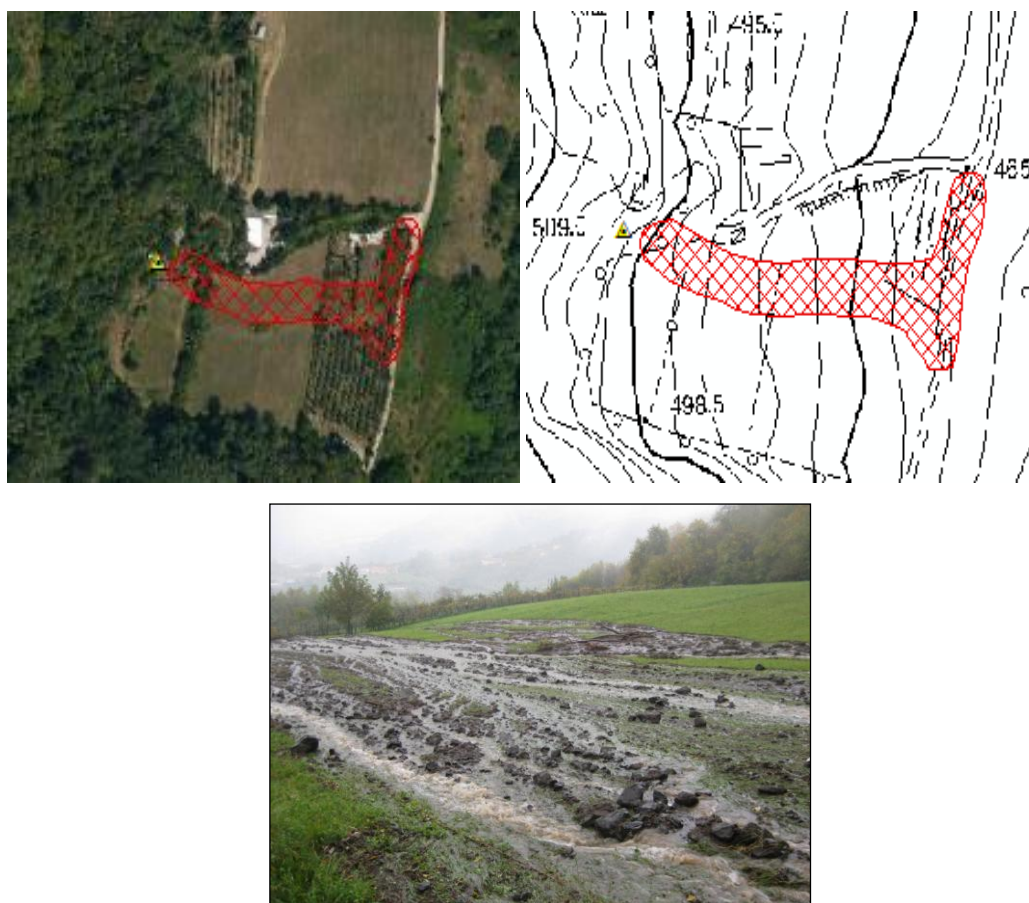
Si tratta di un fenomeno di crollo di una parte di parete delle vecchie cave (circa 90 m di fronte) denominate “Grolla”, che ha movimentato circa 200 m<sup>3</sup> di materiale. Il crollo ha coinvolto parte della parete costituita dalle unità eoceniche vulcanoclastiche profondamente fratturate e alterate, che si trovano in eteropia con i calcari cretacei della Scaglia Rossa. Non sono presenti PS, poiché questo fenomeno essendo veloce non è nemmeno analizzabile con le tecniche interferometriche.



ID Frana av2013011613

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011613	1	/	Buona

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.20** Ortofoto, CTR, fotografia del colamento av2013011613 (Progetto di tesi).

Si è riscontrato il franamento per colata con un'estensione di circa 3000 m<sup>2</sup> di parte del versante di uno scolo che passa in prossimità della case Castagna. La colata ha coinvolto parte del versante a fianco delle case Castagna fino alla strada comunale in seguito all'ostruzione dell'incisione valliva avvenuta in data 1.11.2010. Questi tipi di fenomeni hanno uno sviluppo che difficilmente può essere visto dalle tecniche interferometri, l'unico PS presente con codice A63PA è a valle della perimetrazione, quindi al di fuori del fenomeno stesso e risulta possedere un andamento altalenante difficilmente analizzabile per stimare i tempi di ritorno. Lo stato di attività è da considerarsi anche in questo caso stabilizzato o quiescente.

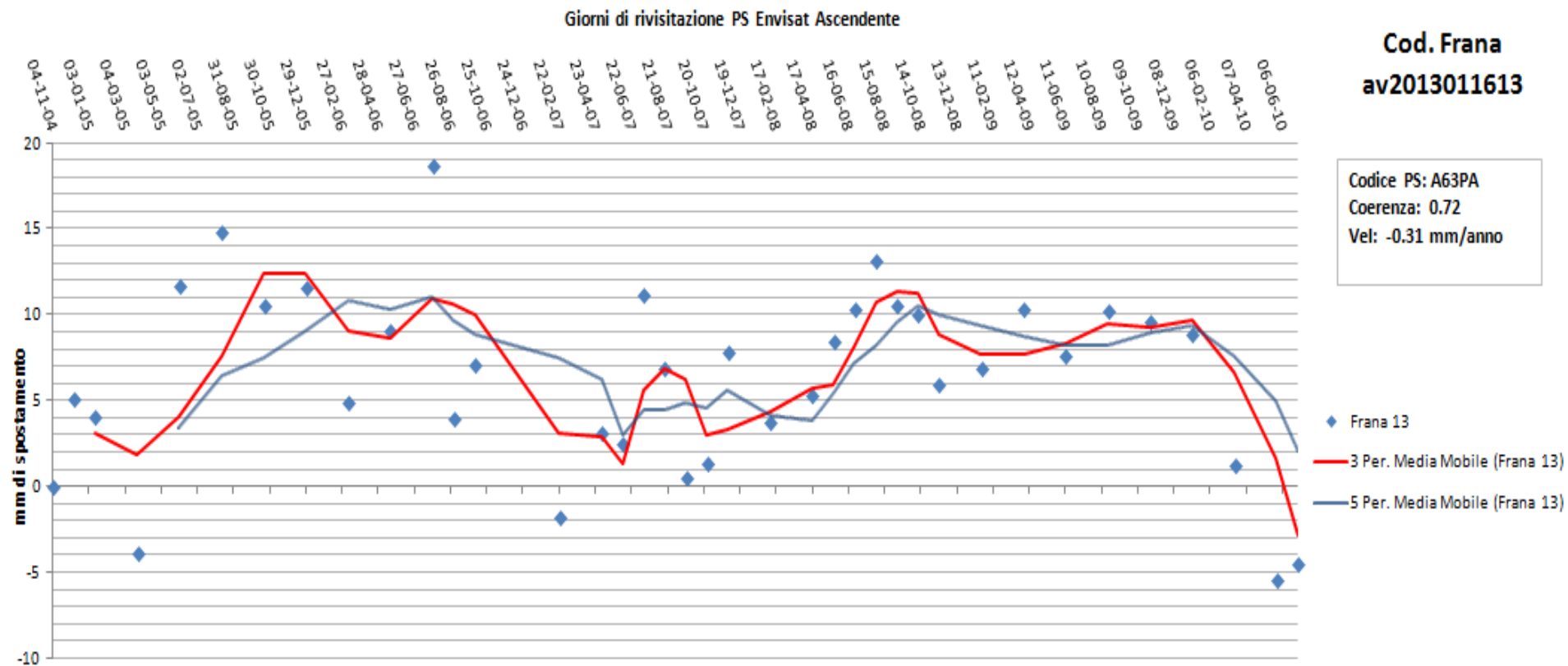
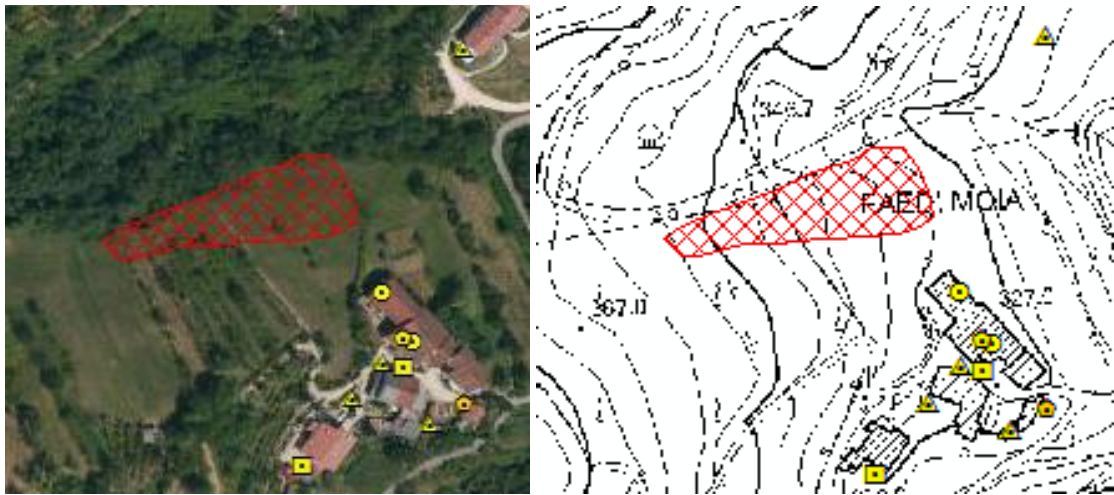


Grafico 6.5 PS relativo alla frana av2013011613 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011614

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011614	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.21 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011614 (Progetto di tesi).**

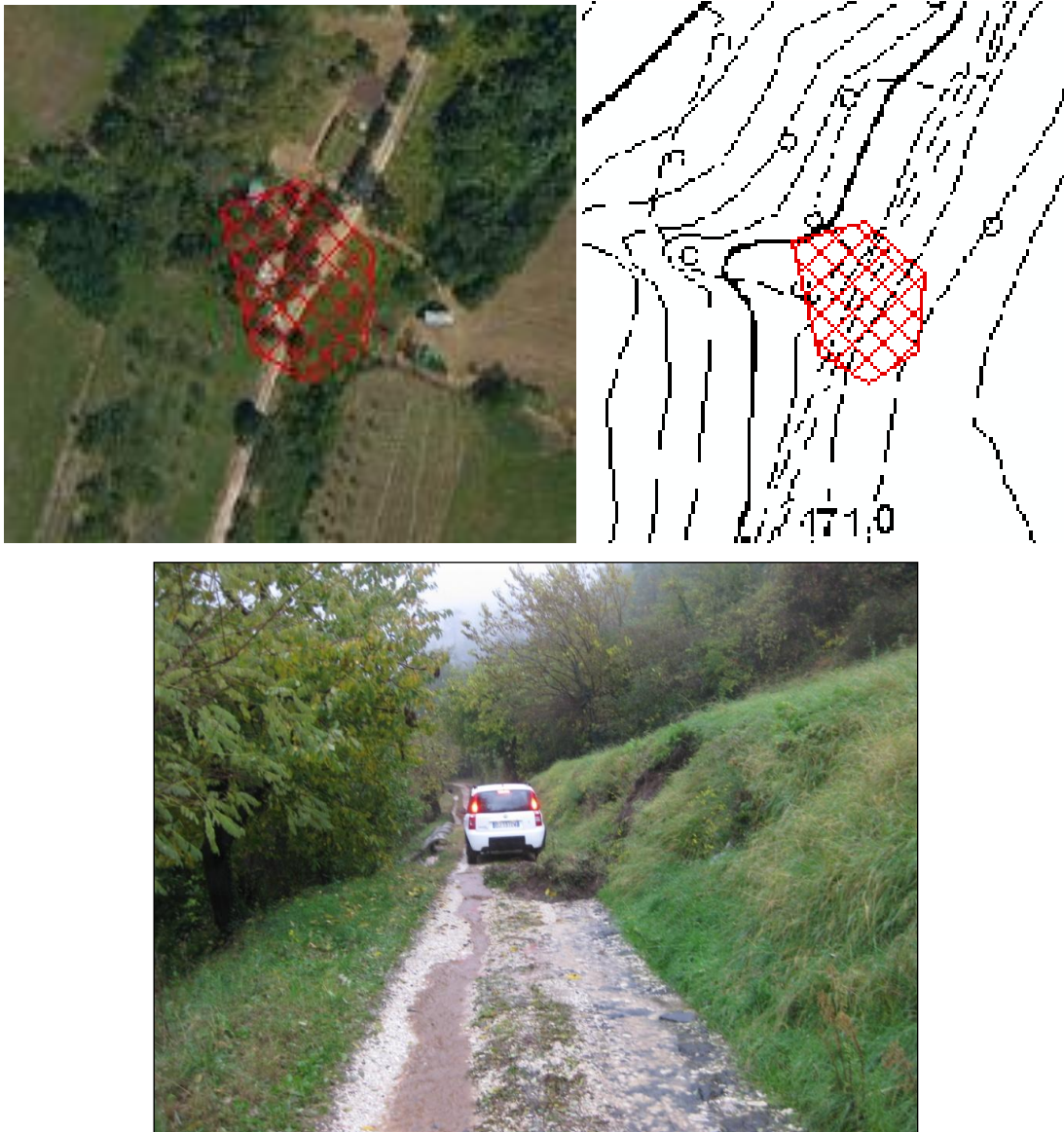
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcano clastico, avente un'estensione di 2100 m<sup>2</sup>. Non sono presenti PS di questo movimento.



ID Frana av2013011615

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011615	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.22** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011615 (Progetto di tesi).

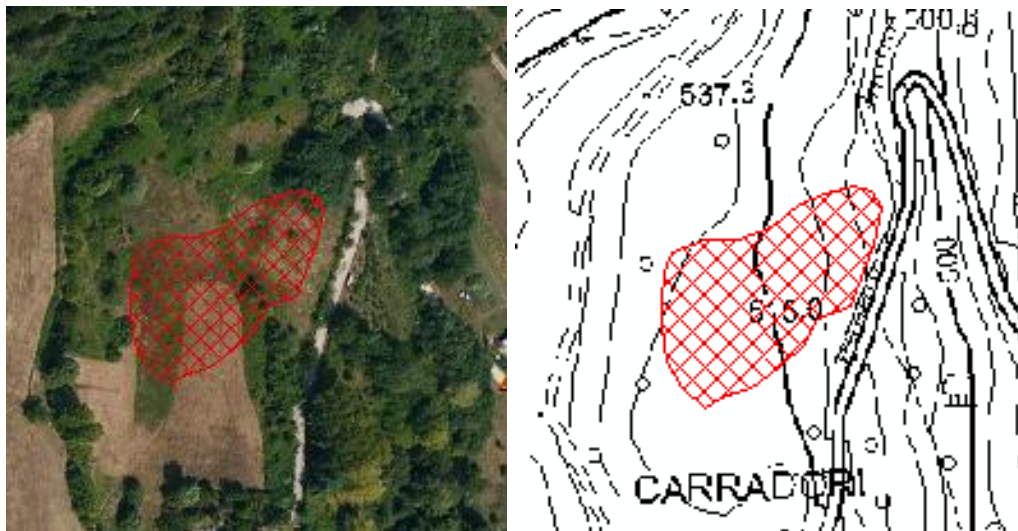
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcano clastico, con un'estensione di circa 600 m<sup>2</sup>. Non sono presenti PS.



ID Frana av2013011616

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011616	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



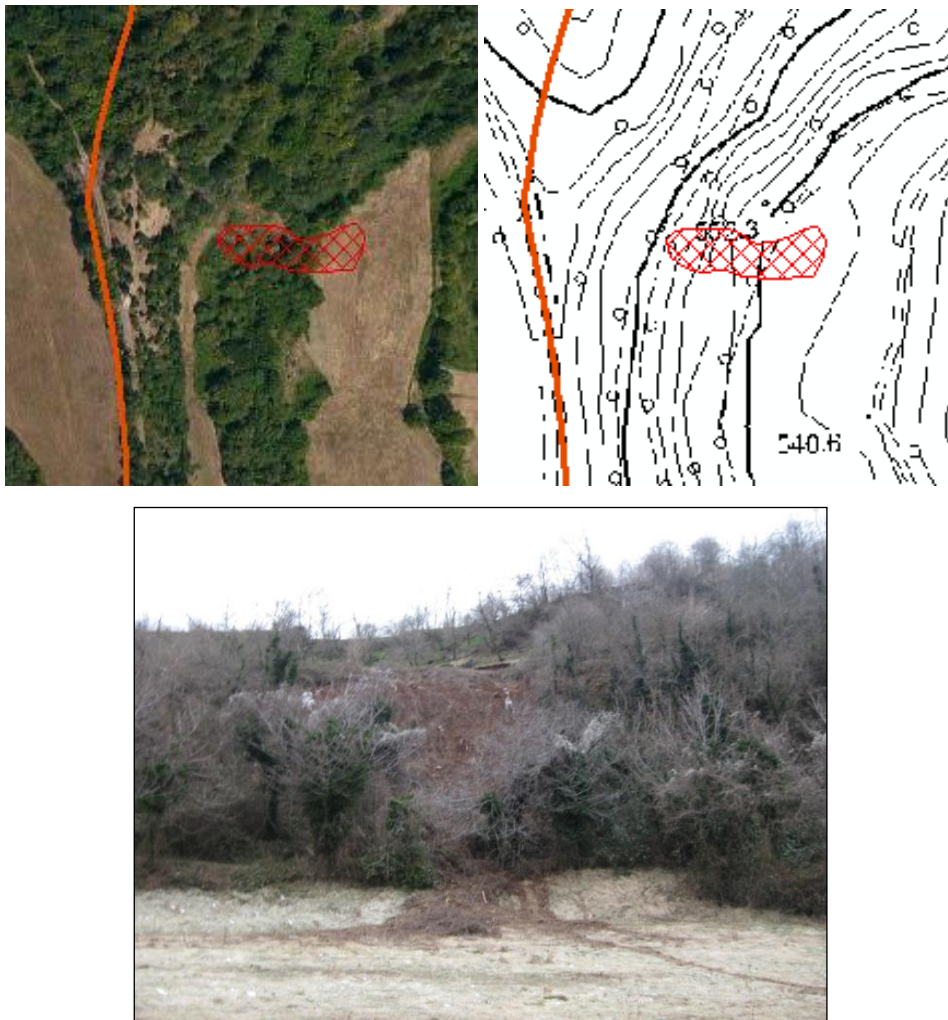
**Figura 6.23 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011616 (Progetto di tesi).**

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcano clastico, con un'estensione di circa 3000 m<sup>2</sup>. Non sono presenti PS relativi a questo movimento.

ID Frana av2013011617

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011617	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.24** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011617 (Progetto di tesi).

Si tratta di una frana di tipo complesso, con un'estensione di circa 700 m<sup>2</sup> caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

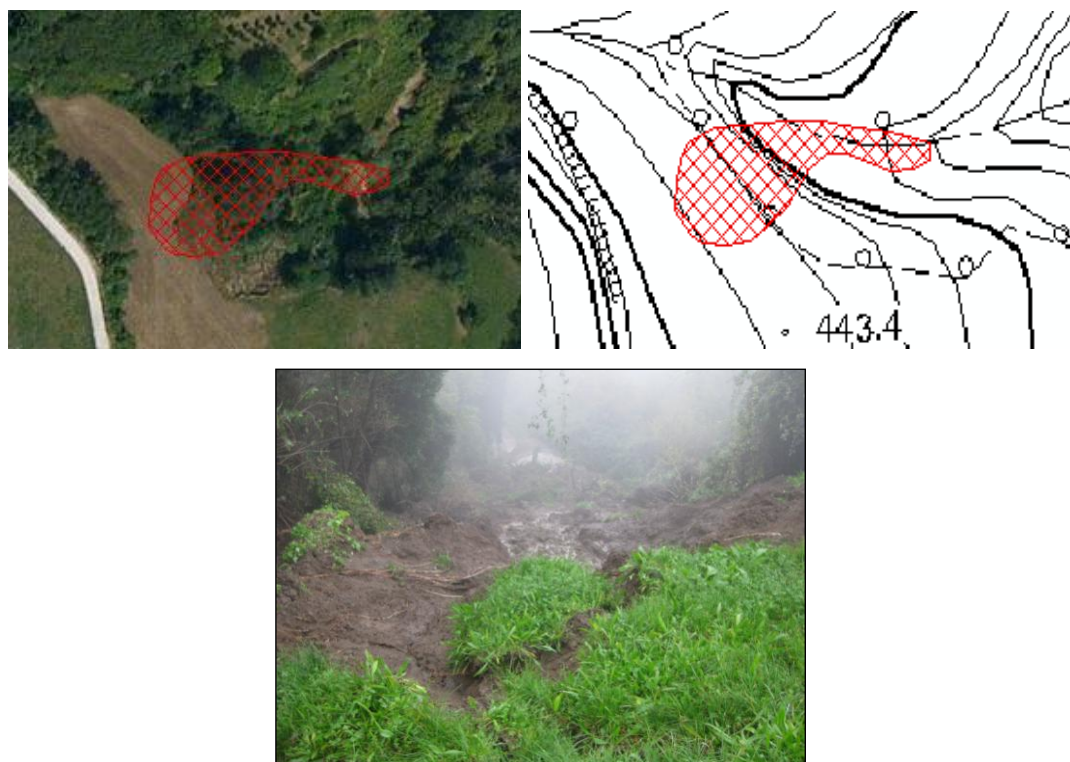
- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

Non sono presenti PS.

ID Frana av2013011618

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011618	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.25** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011618 (Progetto di tesi).

Si è riscontrato il franamento di parte del versante destro della valle dei Carradori, che risulta essere molto incisa interessando un'estensione di circa 900 m<sup>2</sup>. Si tratta di una frana del tipo complesso, caratterizzate dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che ha coinvolto una parte di versante e che si è sviluppata nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico; il franamento del materiale terroso (circa 300 mc) ha portato all'occlusione della valle dei Carradori;
- colata che ha coinvolto la parte bassa della valle a partire dell'occlusione sopraccitata e che si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre (movimento rilevato in data 01.11.2010).

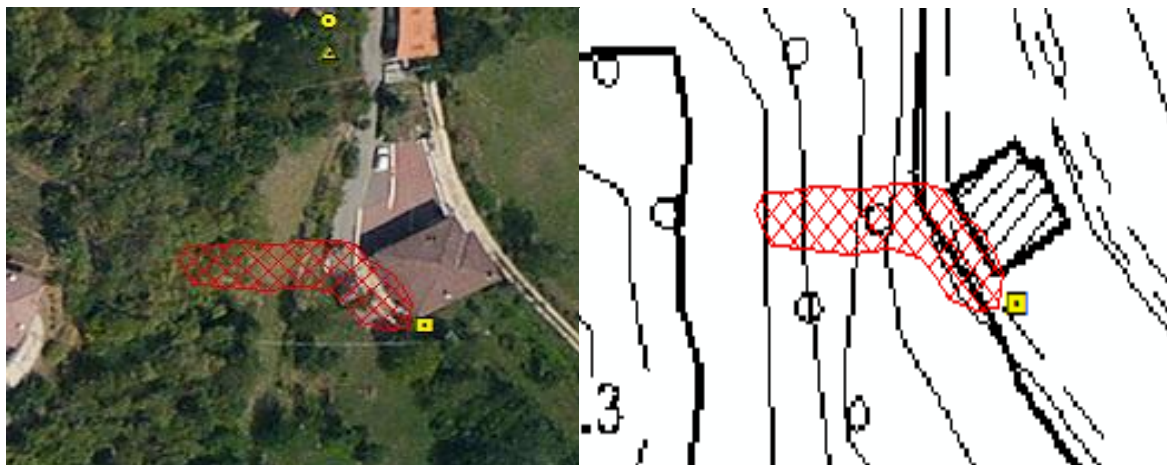
Non sono presenti PS per questo fenomeno franoso.



ID Frana av2013011619

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011619	1	/	Buona

Localizzazione e perimetrazione:





**Figura 6.26** Ortofoto, CTR, fotografie della frana av2013011619e della colata che raggiunge la casa (Progetto di tesi).

Si è riscontrato il franamento di un tratto di versante in un'area ricoperta in parte da bosco e in parte da frutteto in località Motti. La frana è caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto l'abitazione in figura 6.26 e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni della notte del 31.10.2010.

Avendo un'estensione di circa 400 m<sup>2</sup>, riscontra un PS dell'Ers Ascendente con codice BAKIW corrispondente al periodo 1992-2000 che non risulta attendibile per l'analisi dei tempi di ritorno. Lo stato di attività è da considerarsi stabilizzato o riattivato.

**Cod. Frana  
av2013011619**

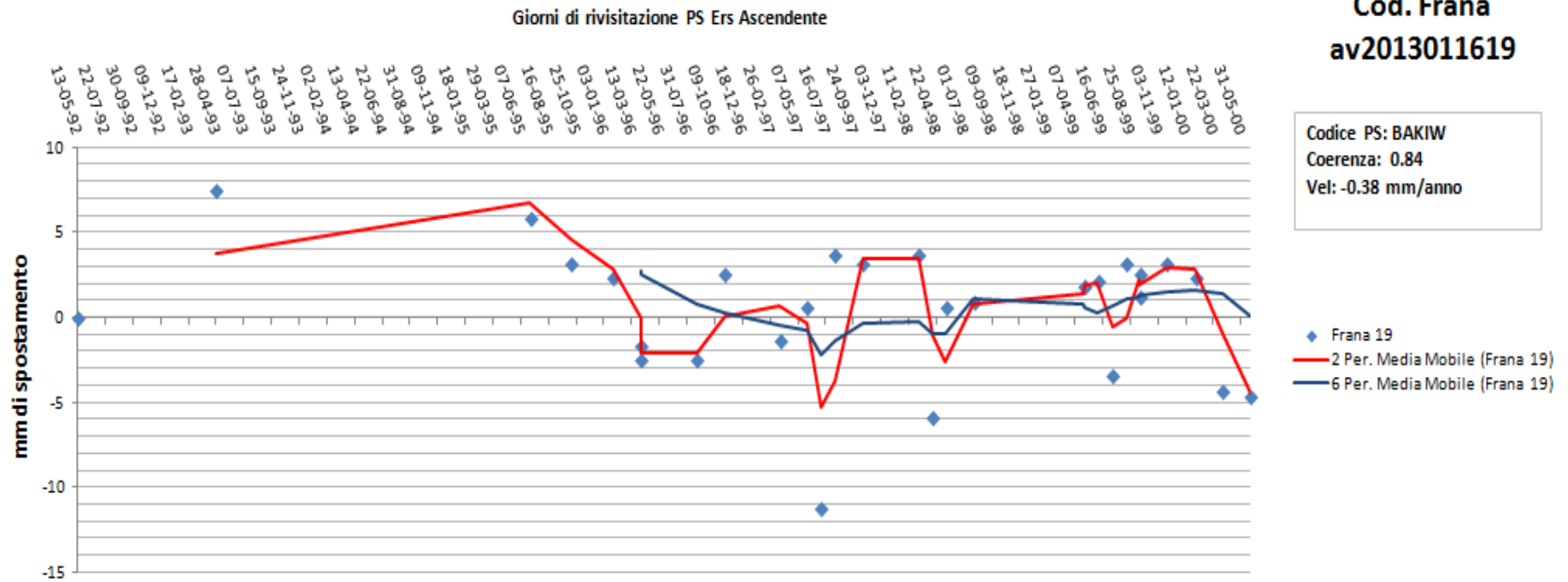
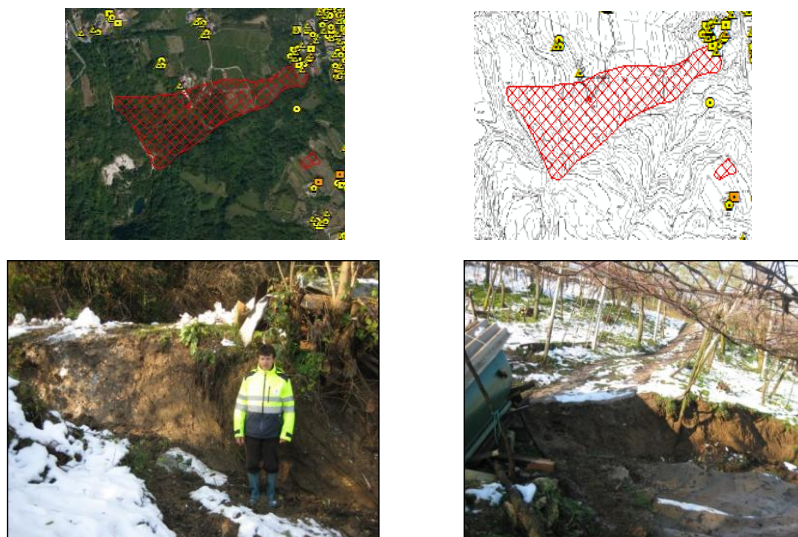


Grafico 6.6 PS relativo alla frana av2013011619 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011620

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011620	/	1	Buona

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.27** Ortofoto, CTR, fotografie della frana av2013011620 (Progetto di tesi).

La principale causa del fenomeno franoso è da attribuire alla presenza della discarica e quindi al suo sovrappeso e alle variazioni delle condizioni idrogeologiche prodotte, coinvolgendo un'area di 103480 m<sup>2</sup>. Si tratta di uno scorrimento rotazionale della copertura argillosa derivante dal disfacimento del substrato vulcanico prodotto come accennato dal sovraccarico dal materiale di scarto di Cava Lovara. A partire da metà novembre 2010 la frana è stata monitorata giornalmente a causa dell'entità dei movimenti:

- nella parte mediana si sono raggiunti spostamenti dell'ordine di 10 m in senso areale e dell'ordine di 2 m in senso verticale;
- nella parte finale si sono raggiunti spostamenti dell'ordine di 1-2 m in senso areale e dell'ordine di 1 m in senso verticale.

C'è un PS dell'Envisat Ascendente di codice A5SHJ presente al piede di questo fenomeno, dove non presenta movimenti dal 2004 al 2008, uno spostamento significativo si ha dal febbraio 2009 al giugno 2010 di circa 3 cm. Le condizioni critiche di questa porzione di territorio adibite a discarica hanno prodotto spostamenti anche di 2 metri visibili durante il sopralluogo, come si può vedere dalle foto di figura 6.27. Lo stato di attività è da considerarsi stabilizzato o quiescente con un tempo di ritorno di 8 anni dovuto allo spostamento significativo con inizio il 6 febbraio 2010.



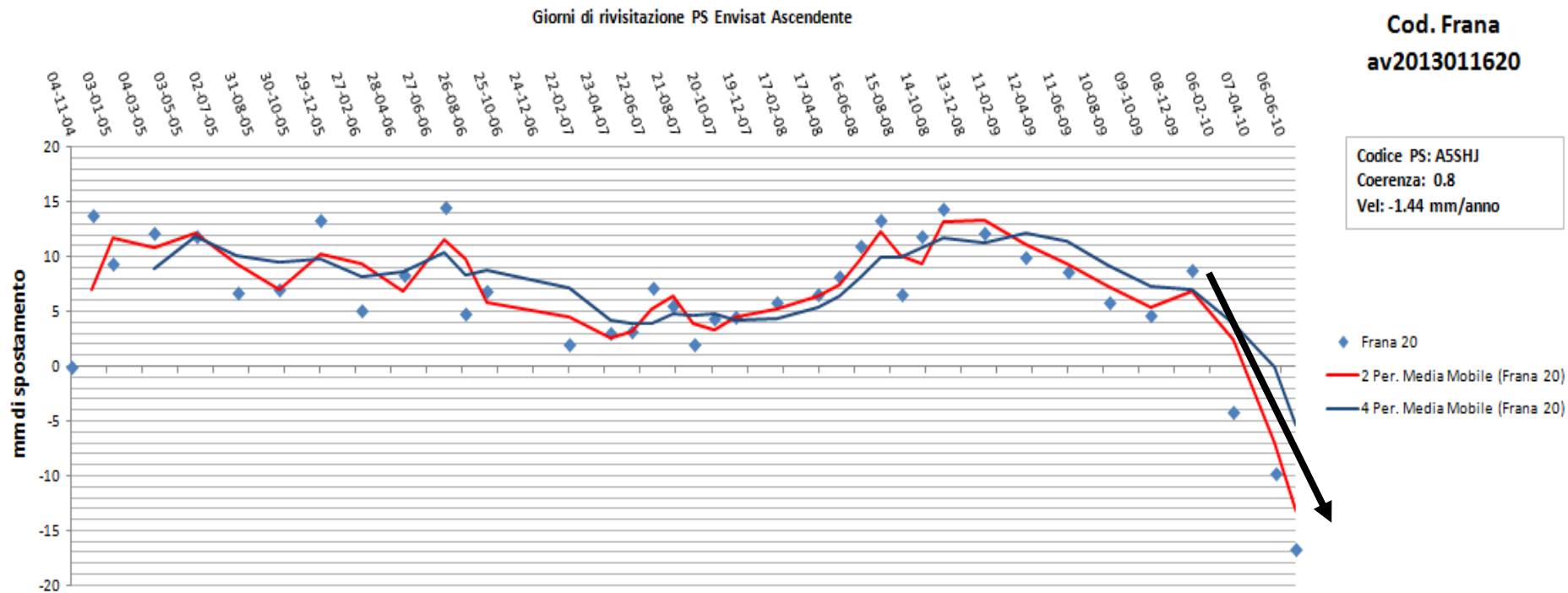


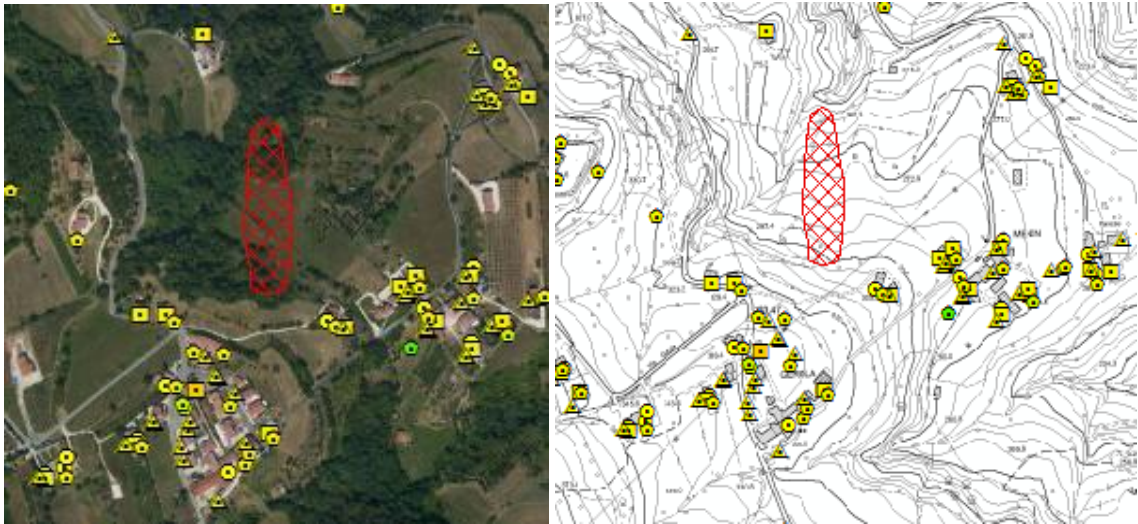
Grafico 6.7 PS relativo alla frana av2013011620 (Progetto di tesi).



ID Frana av2013011621

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011621	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



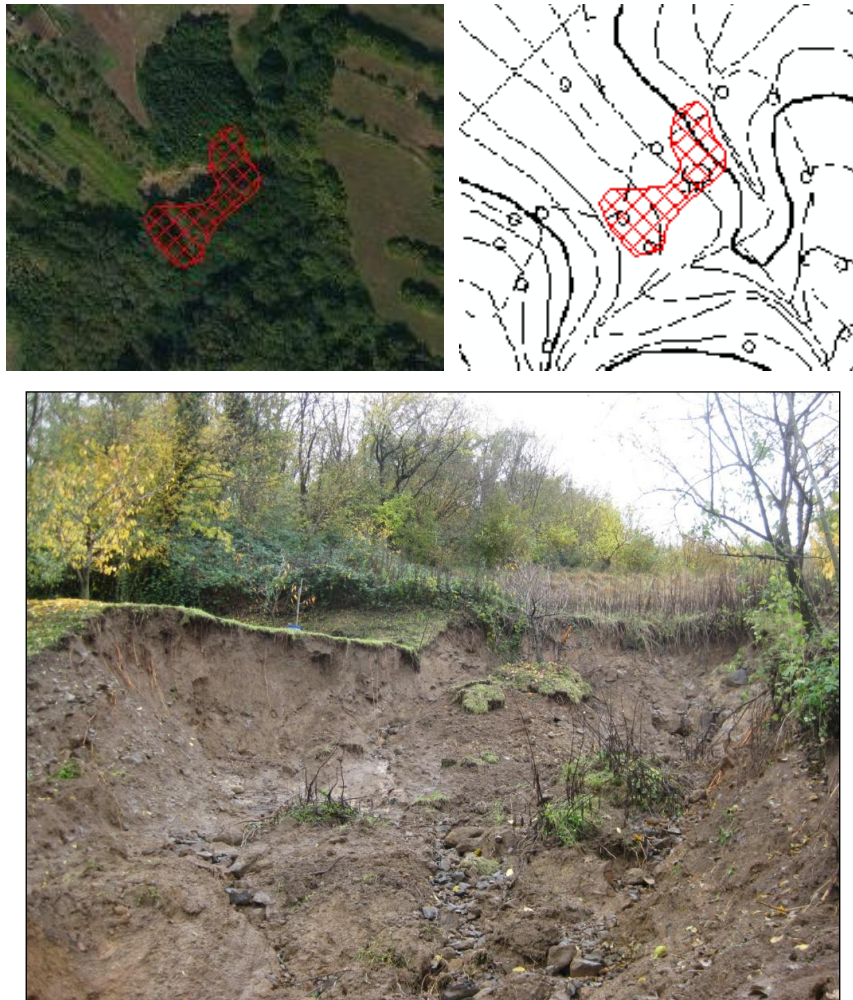
**Figura 6.28 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011621 (Progetto di tesi).**

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 8200 m<sup>2</sup> e non presenta alcun PS al suo interno.

ID Frana av2013011622

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011622	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.29** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011622 (Progetto di tesi).

Riattivazione di parte di una frana di tipo complesso caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

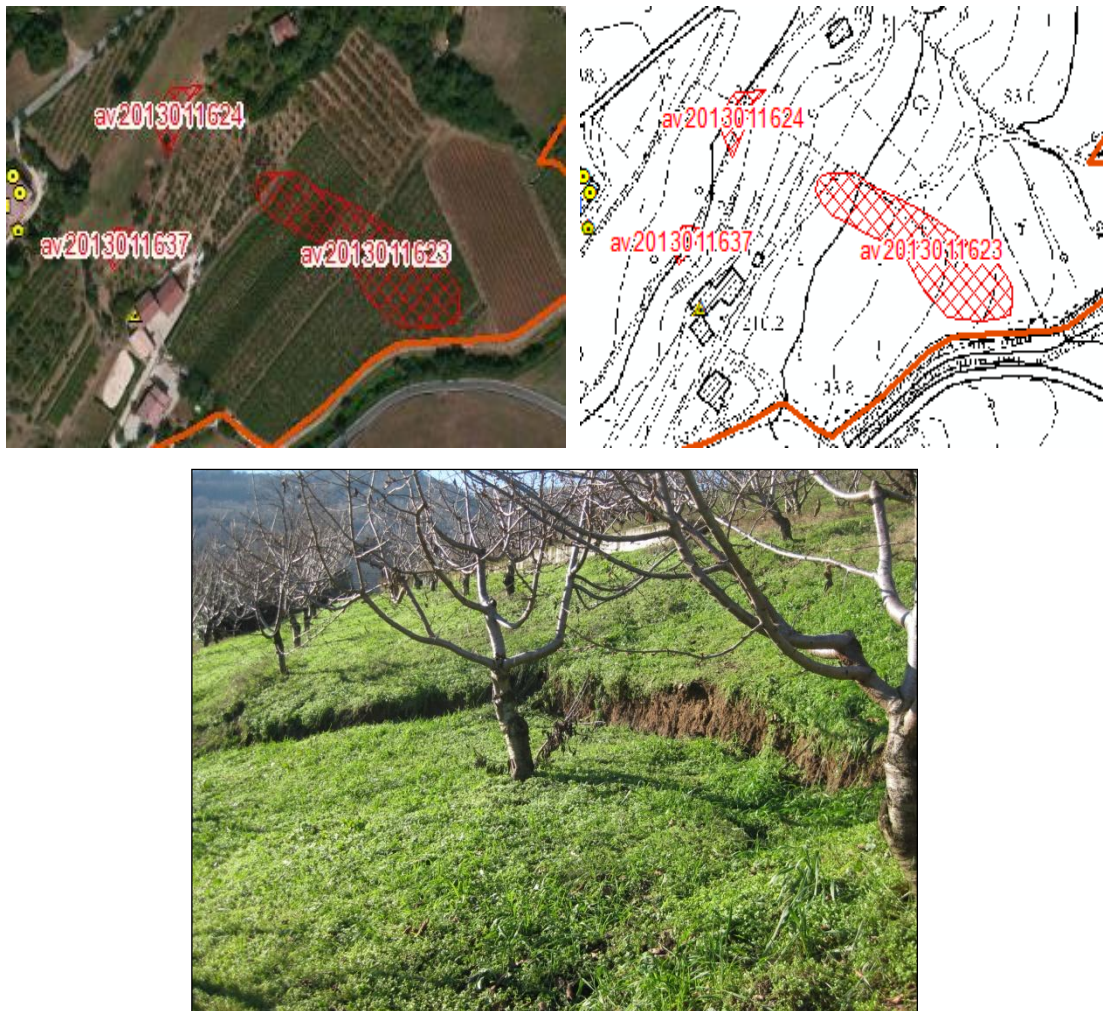
Ha un'estensione di circa 550 m<sup>2</sup> e non presenta nessun PS.



ID Frana av2013011623

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011623	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.30** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011623 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 4200 m<sup>2</sup> e non presenta alcun PS interno.

ID Frana av2013011624

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011624	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.31** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011624 (Progetto di tesi).

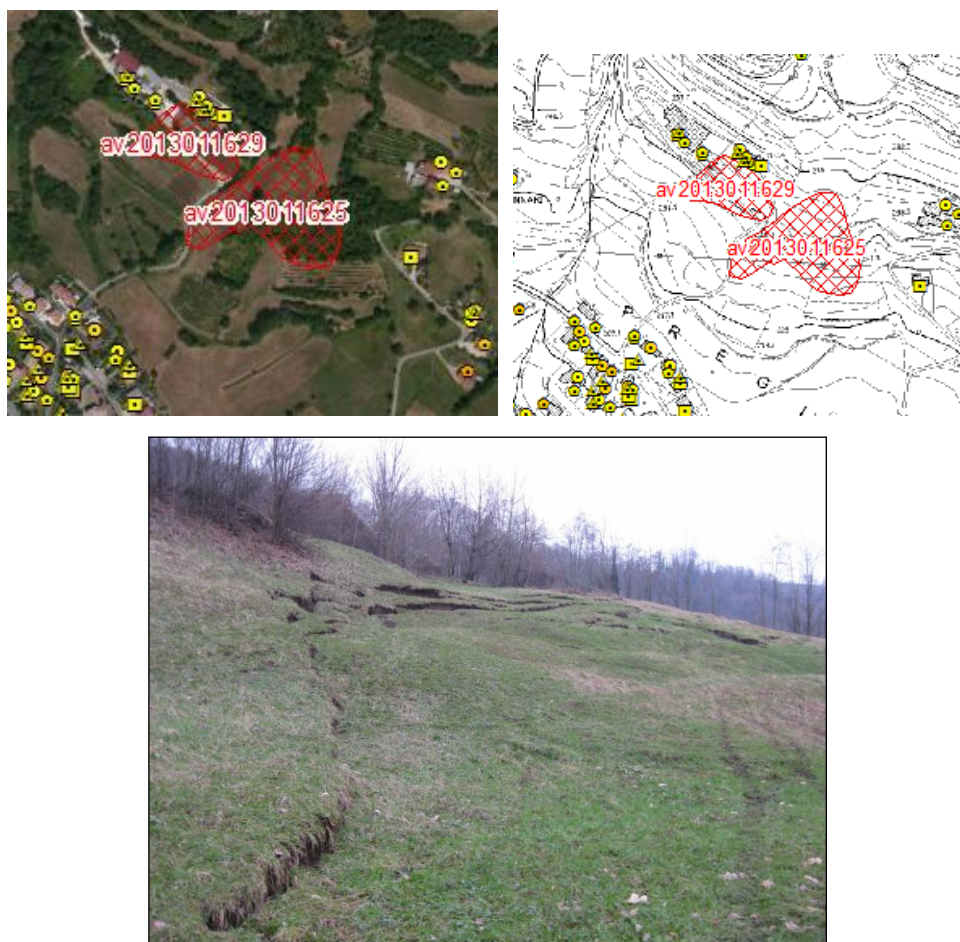
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 125 m<sup>2</sup> e non ha PS al suo interno.



ID Frana av2013011625

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011625	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.32** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130125 (Progetto di tesi).

Si tratta di una frana di tipo complesso, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

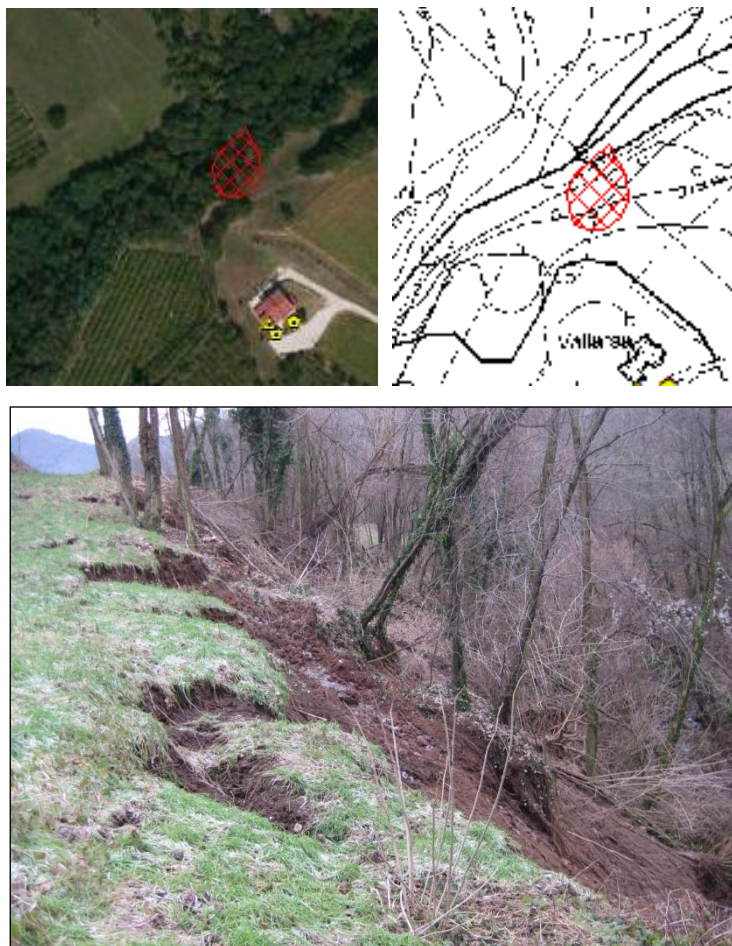
- scorrimento rotazionale, che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata, che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni di novembre 2010.

Ha un'estensione di circa 12 mila m<sup>2</sup> e non presenta nessun PS.

ID Frana av2013011626

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011626	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.33** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011626 (Progetto di tesi).

Si tratta di una frana di tipo complesso, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

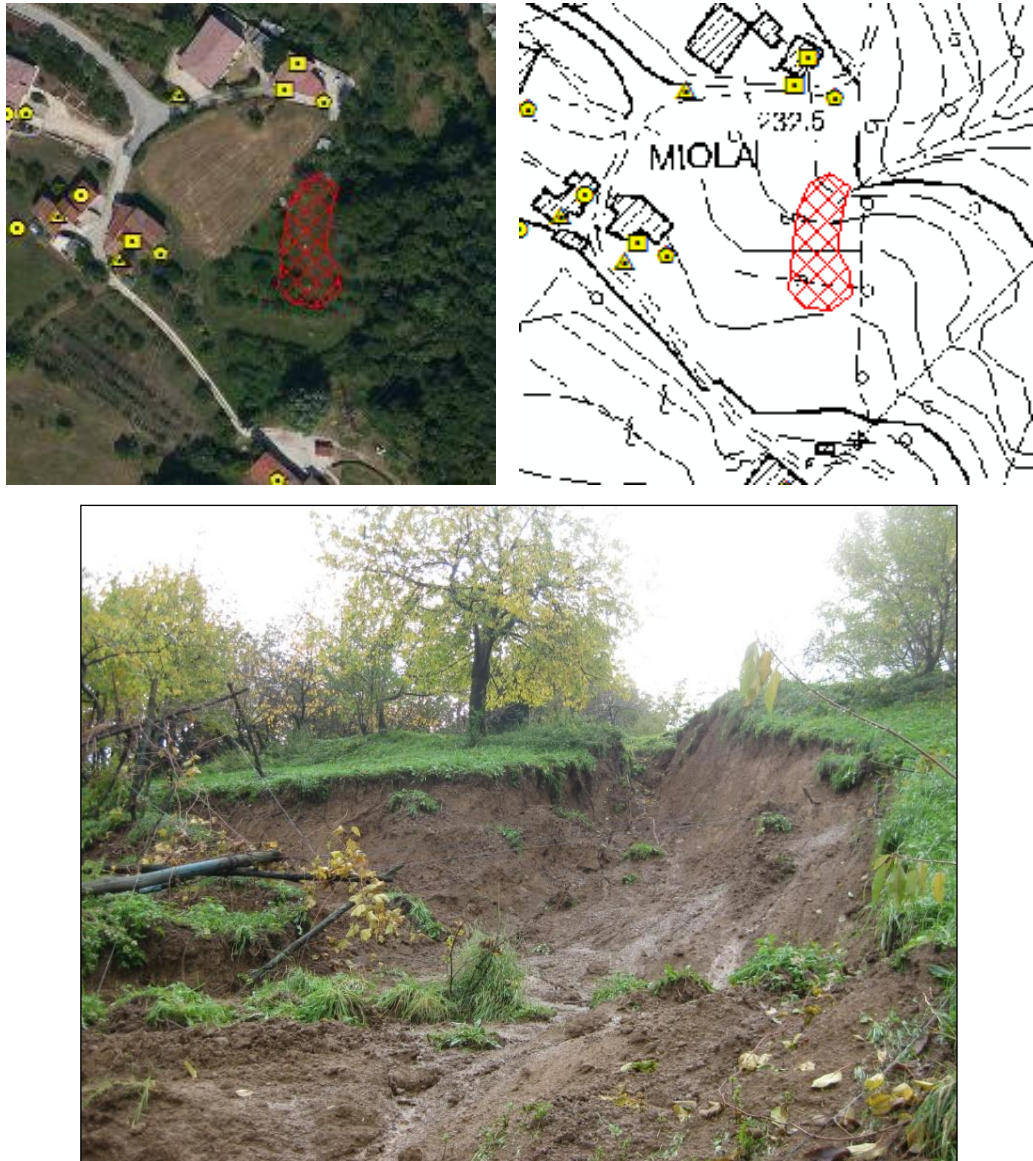
- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre e che ha occluso parzialmente l'alveo della valle.

Ha una superficie di circa 850 m<sup>2</sup> e non presenta nessun PS.

ID Frana av2013011627

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011627	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.34** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130127 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha una superficie di circa 500 m<sup>2</sup> e non presenta nessun PS da analizzare.



ID Frana av2013011628

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011628	1	/	Buona

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.35** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011628 che ha interessato la casa (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 850 m<sup>2</sup> e si può contare un PS Ers Ascendente con codice A2ZIP che ha intercettato la casa, però questo essendo del periodo 1992-2000 non è rappresentativo dell'alluvione del 2010 inoltre data la sua oscillazione non risulta attendibile per la stima del tempo di ritorno. Lo stato di attività è da considerarsi stabilizzato o riattivato.



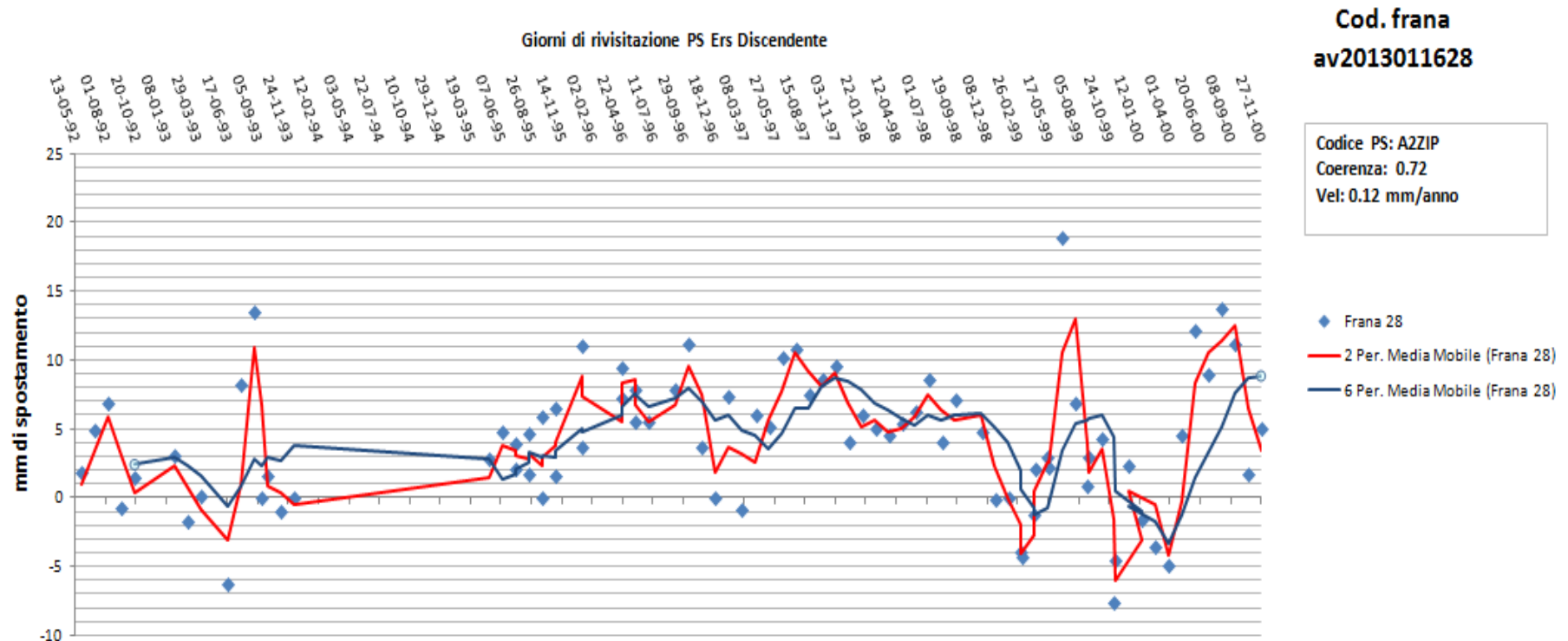


Grafico 6.8 PS relativo alla frana av2013011628 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011629

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011629	1	/	Buona

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.36** Ortofoto, CTR, fotografie della frana av2013011629 che ha interessato la strada davanti l'abitato (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha una superficie di circa 6000 m<sup>2</sup> e presenta un PS Envisat Ascendente di codice A7Y59, dal dicembre 2003 al gennaio 2010 non ci sono movimenti, da gennaio 2003 a luglio 2010 c'è un andamento costante fino al 23 gennaio 2010 poi inizia uno spostamento significativo, stimando un tempo di ritorno di circa 8 anni. Lo stato di attività è da considerarsi stabilizzato o quiescente.

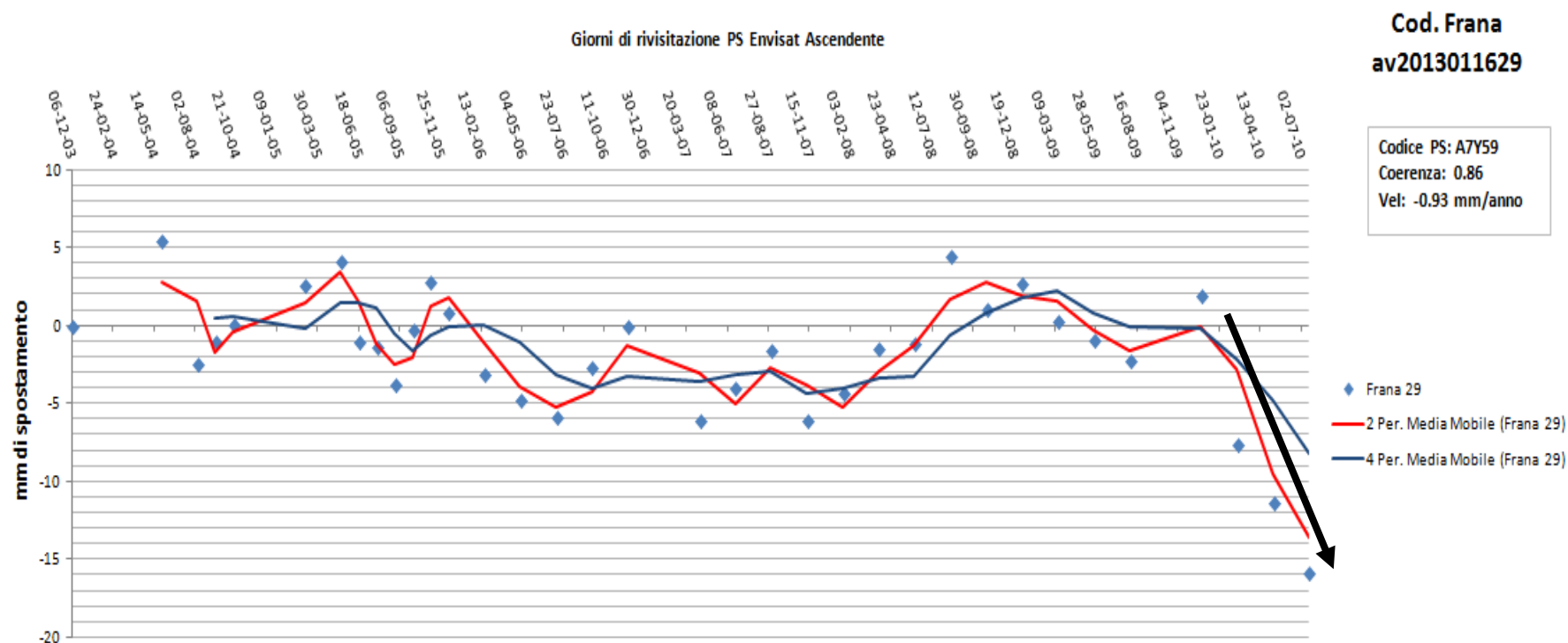
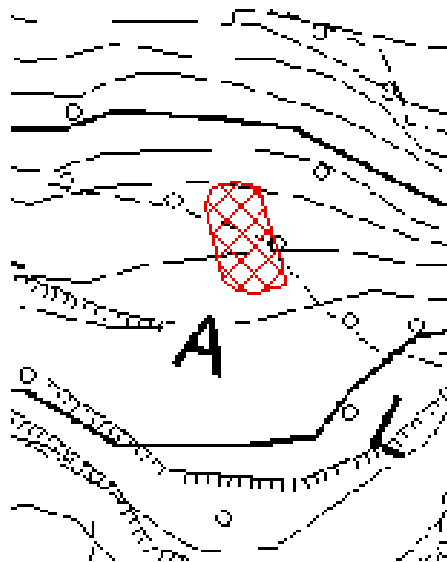


Grafico 6.9 PS relativo alla frana av2013011629 (Progetto di tesi).

ID Frana av2013011630

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116930	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.37** Ortofoto e CTR della frana av20130130 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 400 m<sup>2</sup> e non ha alcun PS interno.



ID Frana av2013011631

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116931	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



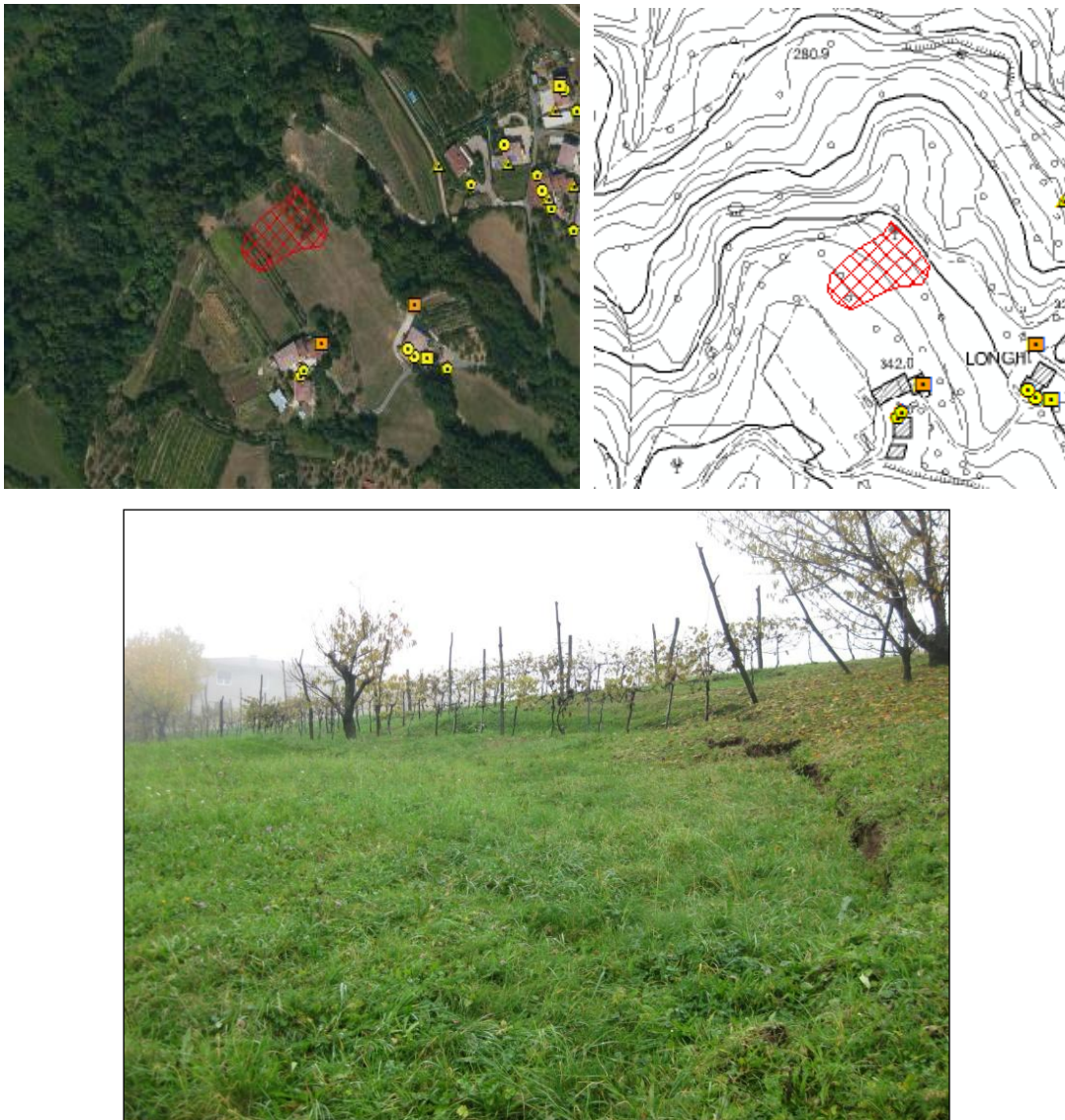
**Figura 6.38** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130131 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 1500 m<sup>2</sup> e non ci sono PS da analizzare.

ID Frana av2013011632

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116932	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.39** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011632 (Progetto di tesi).

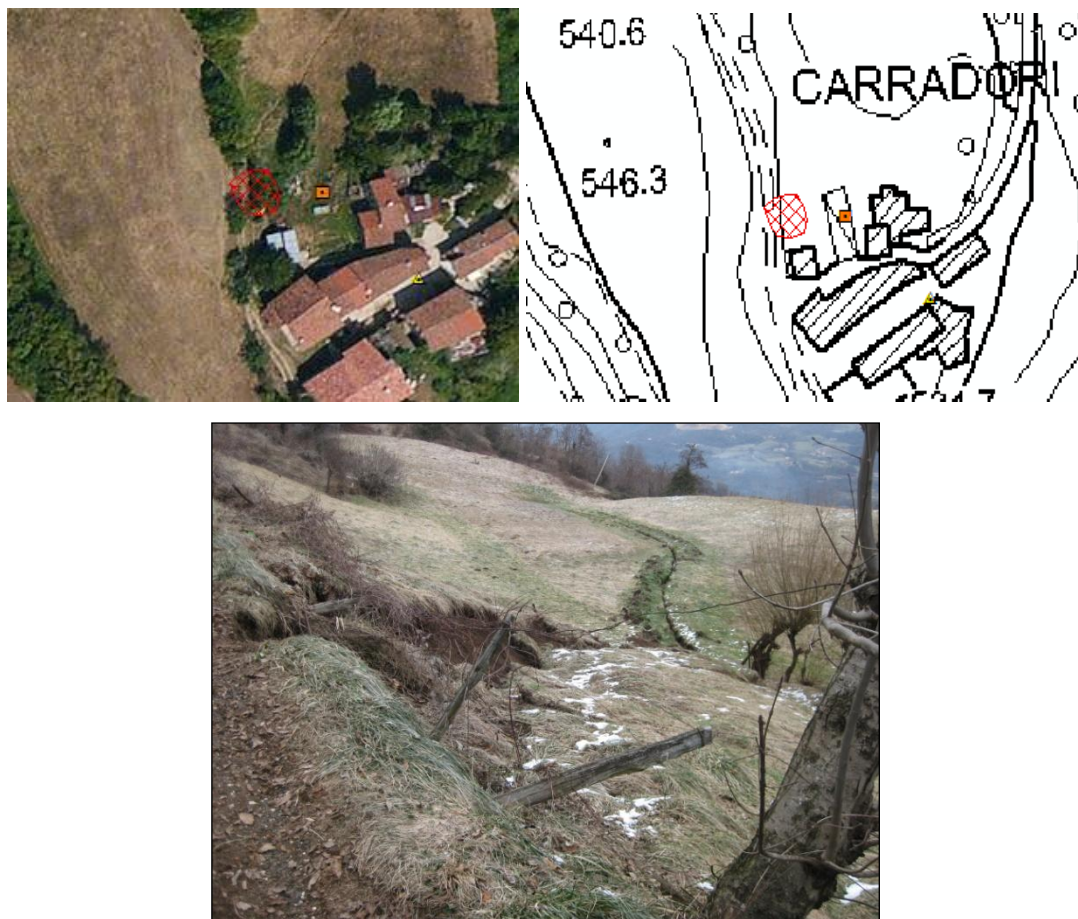
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha una superficie di circa 2300 m<sup>2</sup> e non ci sono PS da analizzare.



ID. Frana av2013011633

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116933	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.40** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130133 (Progetto di tesi).

Si tratta di una frana di tipo complesso, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

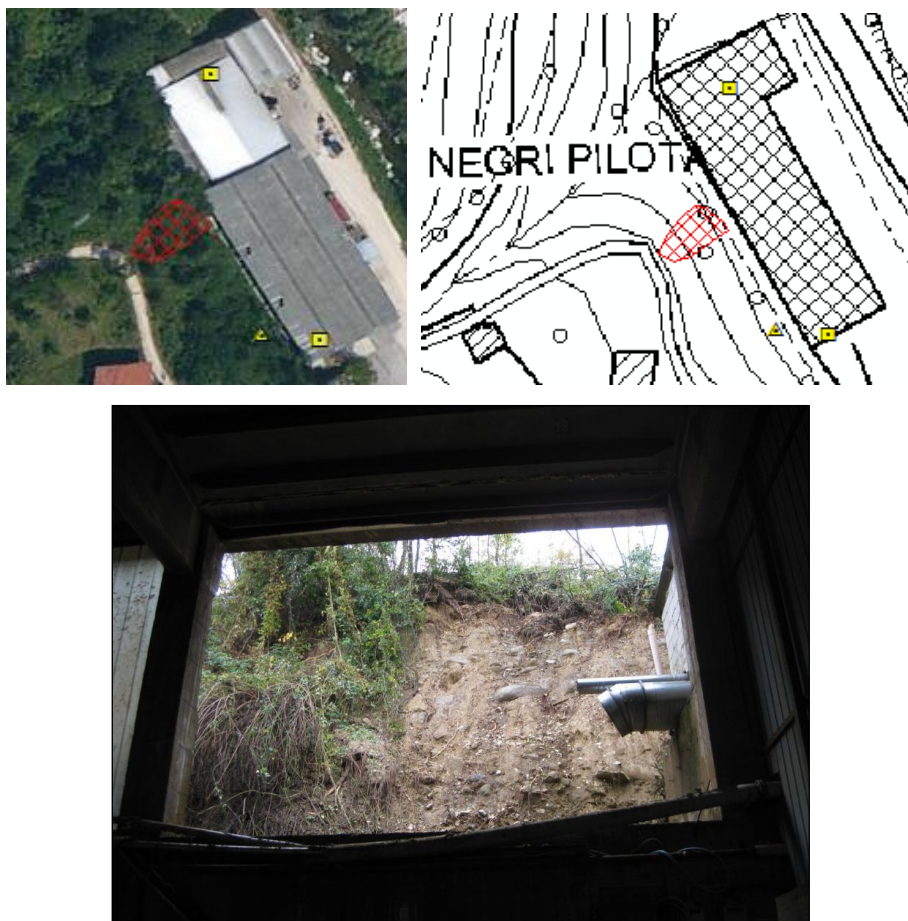
- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

Ha una superficie di 100 m<sup>2</sup> scarsi e non presenta alcun PS.

ID Frana av2013011634

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116934	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.41** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130134 (Progetto di tesi).

Si tratta di una frana di tipo complesso, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre detritico-argillosa del detrito di versante, che copre per spessori di 1-2 m il substrato cretaceo;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

Ha un'estensione di circa 200 m<sup>2</sup> e non ci sono PS da analizzare.



ID Frana av2013011635

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116935	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



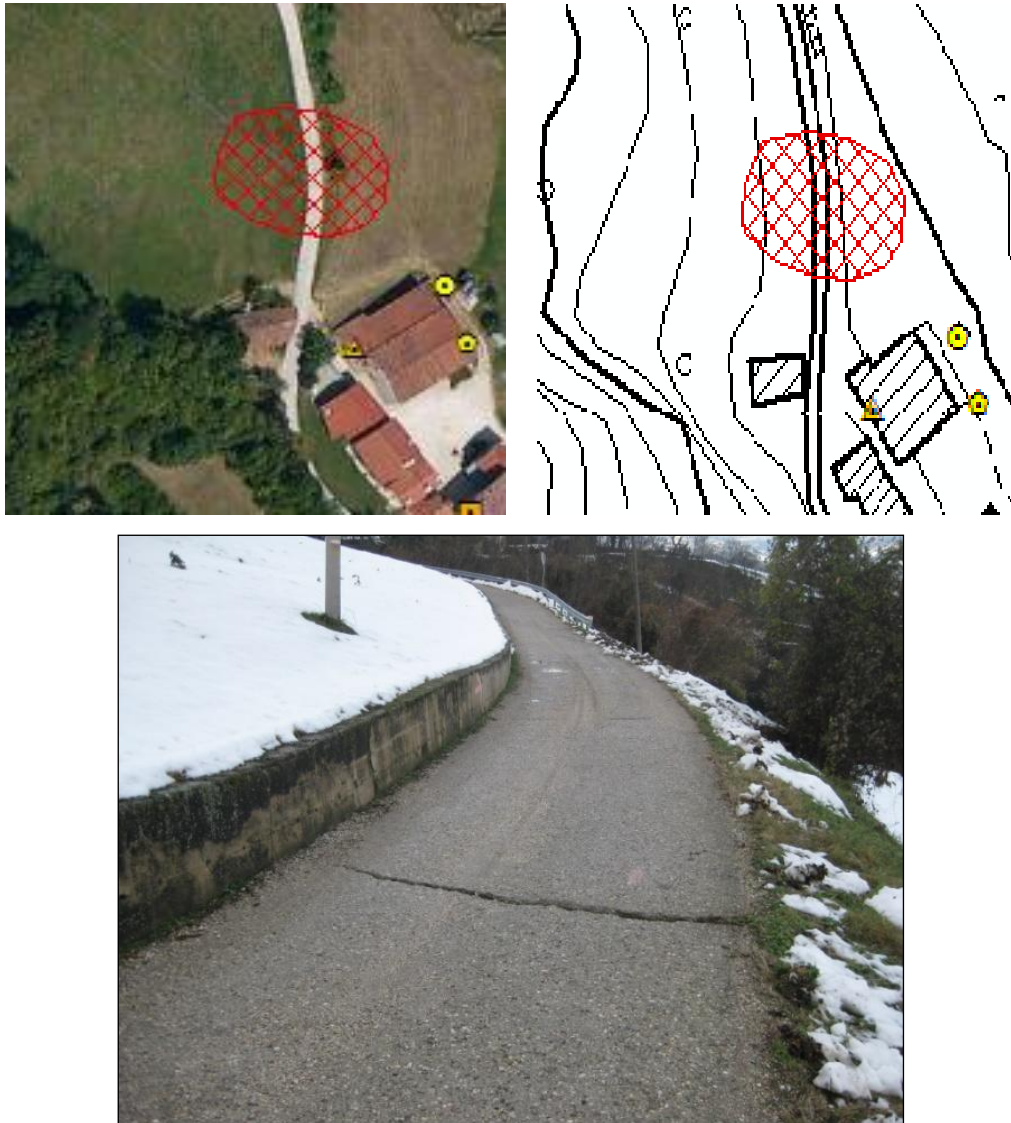
**Figura 6.42** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130135 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha una superficie di circa 370 m<sup>2</sup> e non presenta nessun PS interno.

ID Frana av2013011636

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116936	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.43** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011636 (Progetto di tesi).

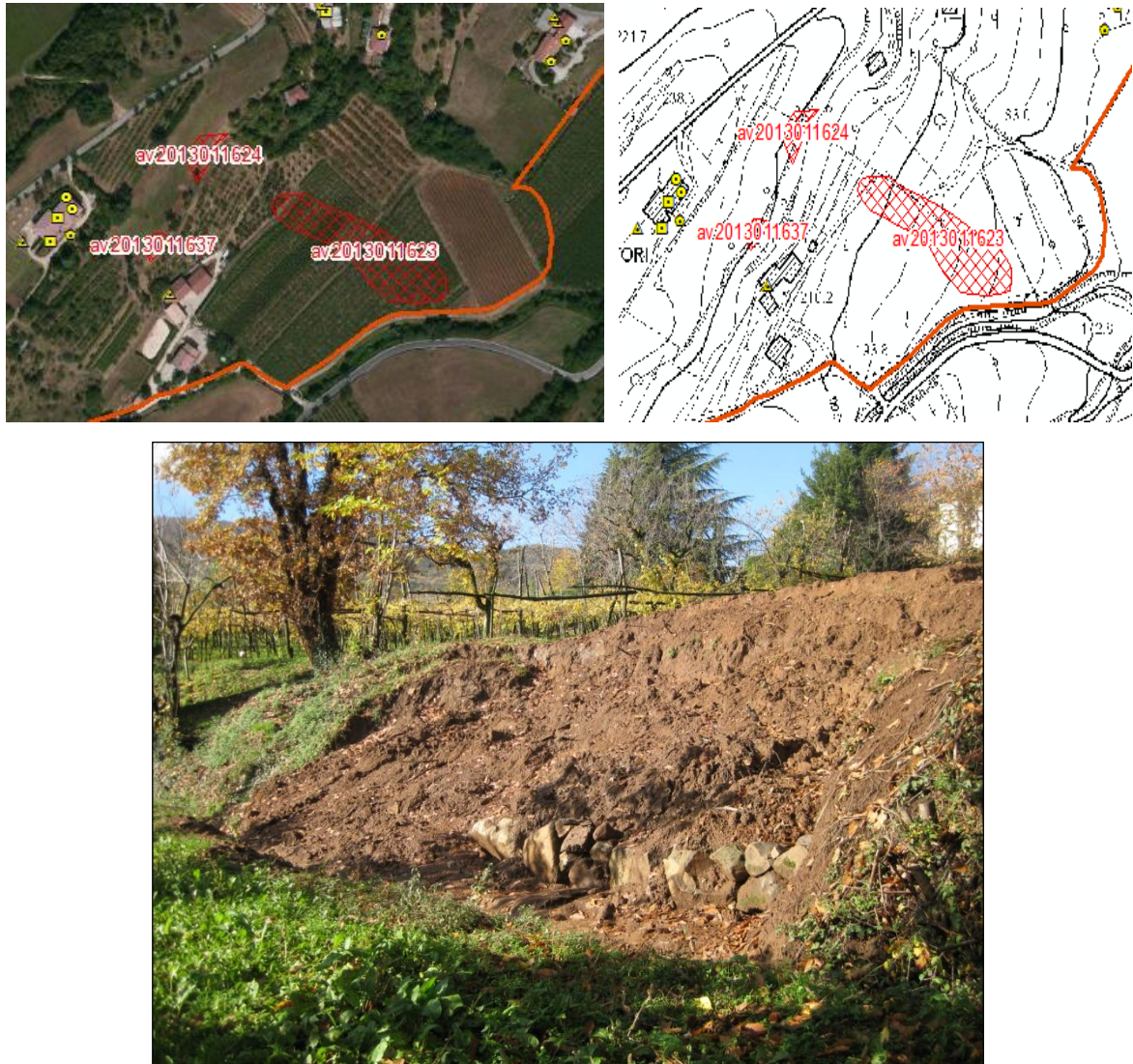
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 1400 m<sup>2</sup> e non presenta PS al suo interno.



ID Frana av2013011637

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116937	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.44** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130137 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 100 m<sup>2</sup> e non ha PS al suo interno.

ID Frana av2013011638

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116938	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:

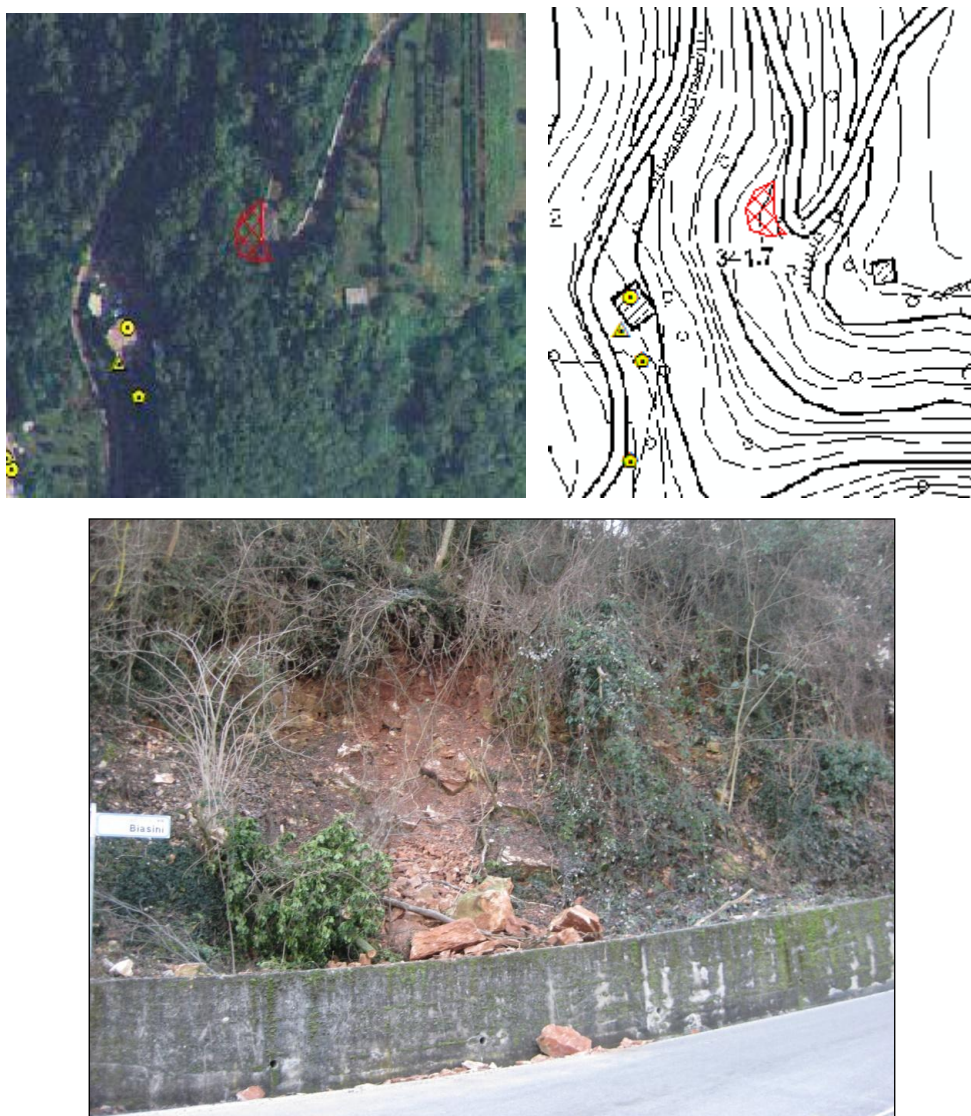


Figura 6.45 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av20130138 (Progetto di tesi).

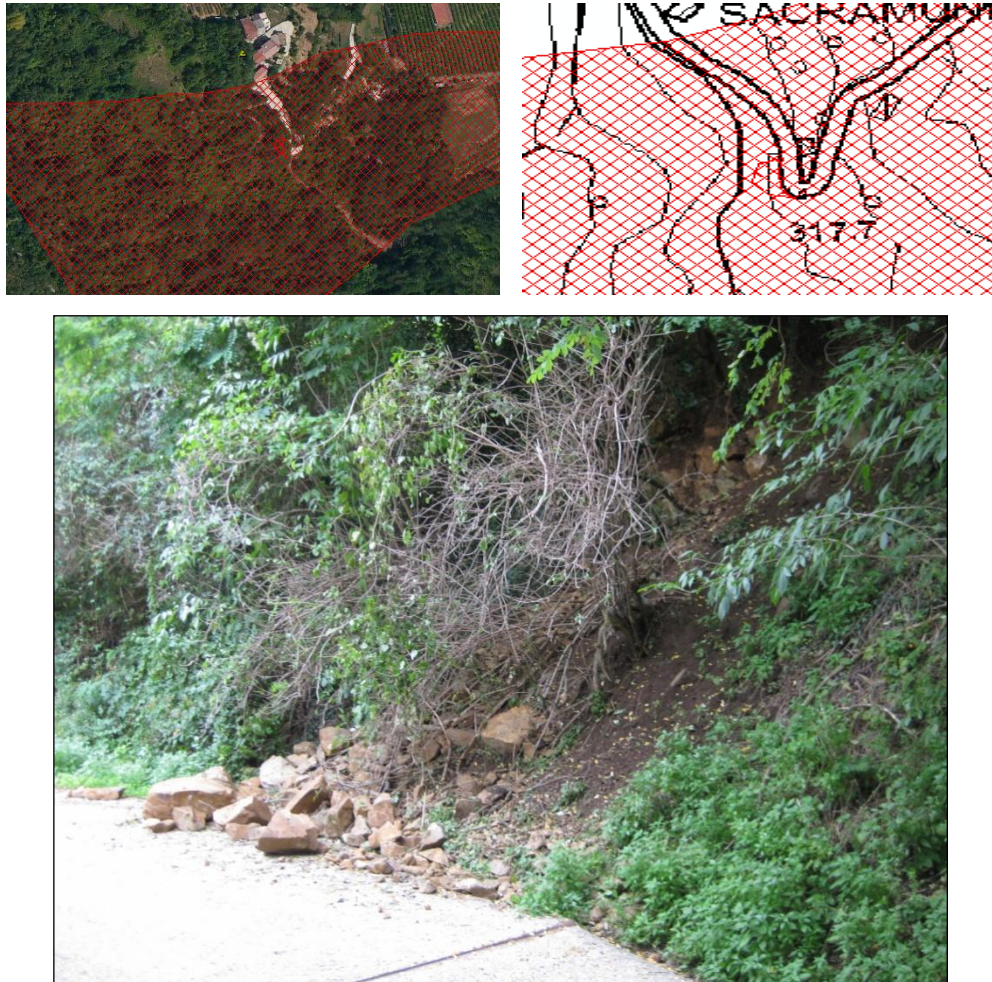
Si tratta di un fenomeno di crollo di massi che si sono staccati dalla parete costituita da rocce calcaree cretacee molto fratturate e che ha coinvolto la sede stradale. È un fenomeno di piccole dimensioni valutabile su una superficie di circa  $85 \text{ m}^2$  e dato il tipo di movimento non sono presenti PS.



ID. Frana av2013011639

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av2013011639	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



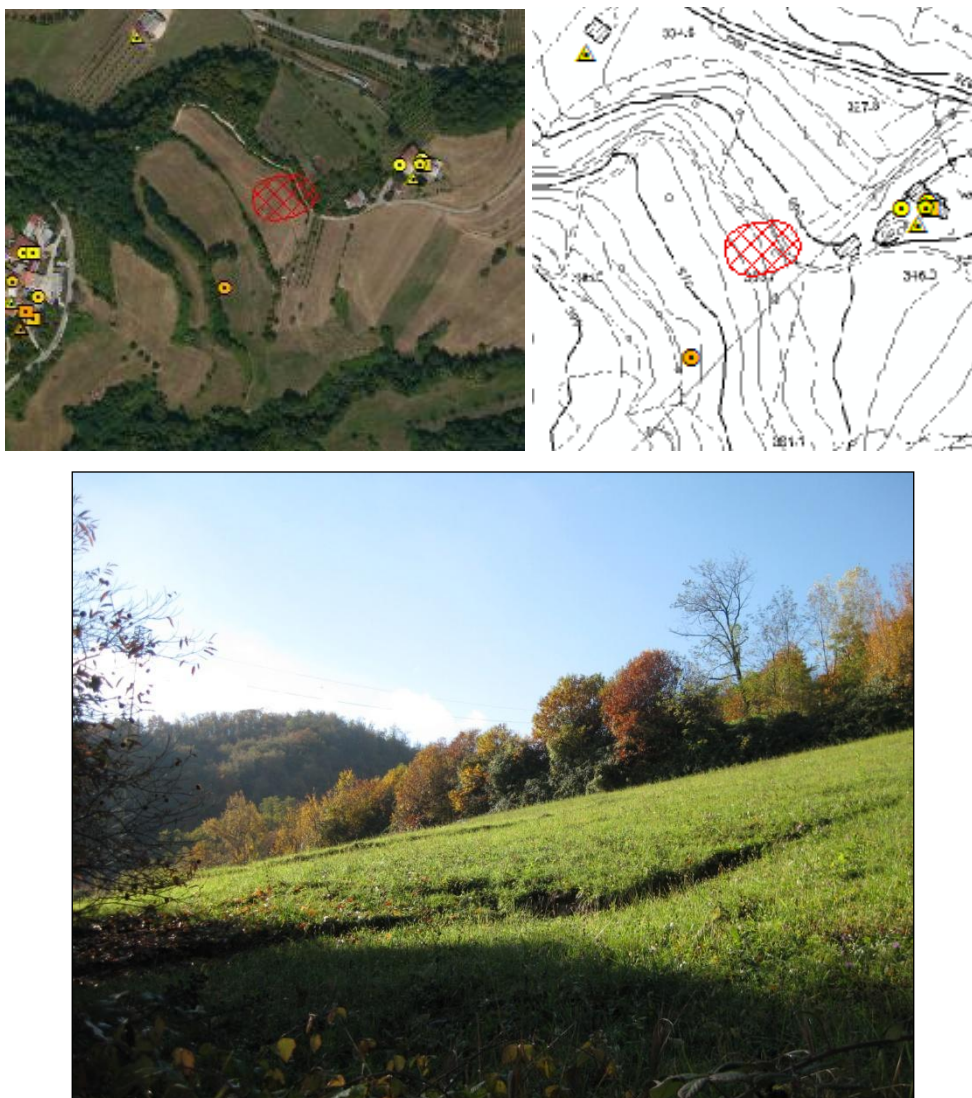
**Figura 6.46** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011639 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di crollo di massi, interno alla frana Lovara (ID: av2013011620), che si sono staccati dalla parete costituita da vulcanoclastiti fratturate e che ha coinvolto la sede stradale. Possiede una piccola superficie di circa 65 m<sup>2</sup> e non ci sono PS dato il tipo di movimento.

ID Frana av2013011640

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116940	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.46** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011640 (Progetto di tesi).

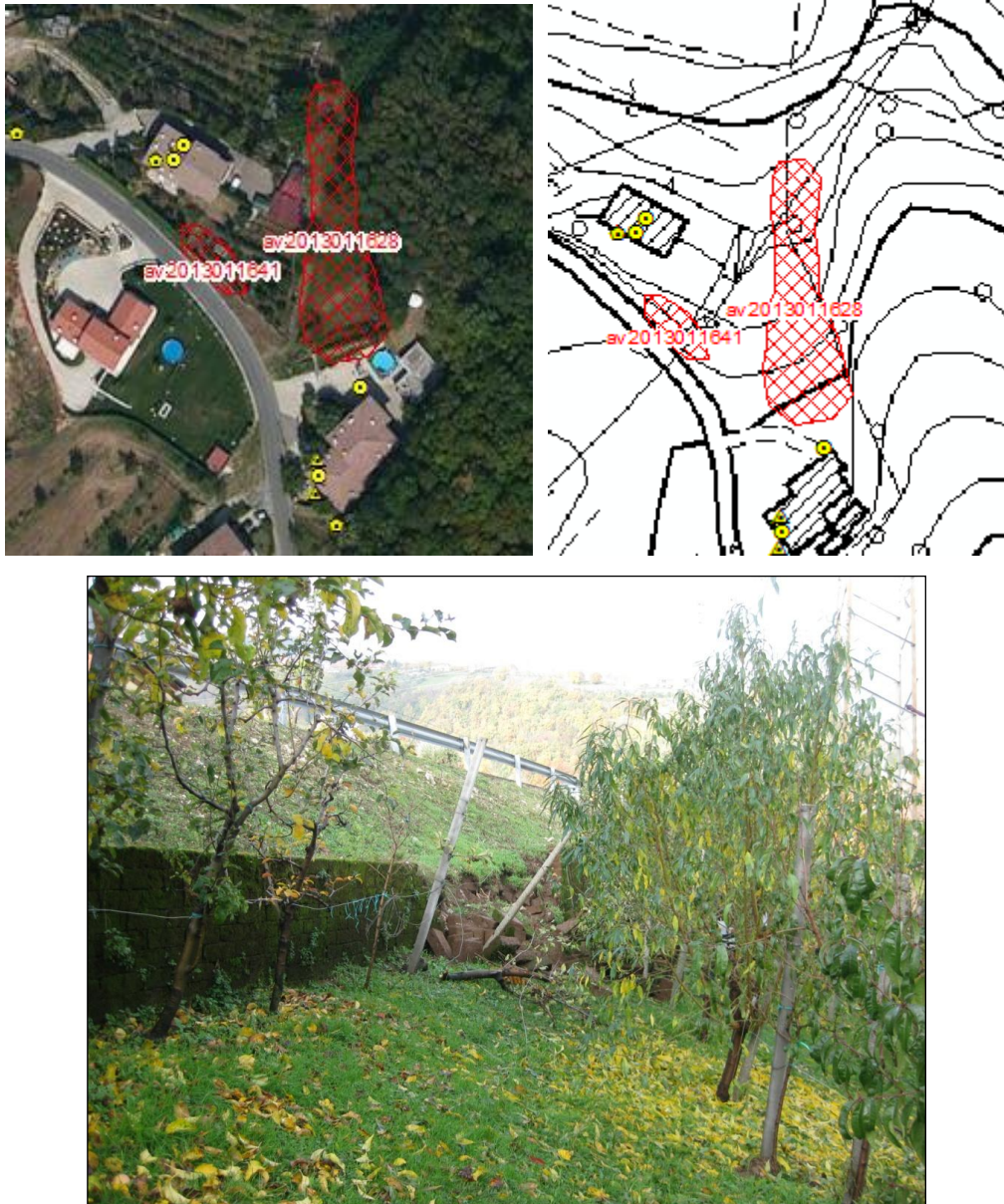
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 1200 m<sup>2</sup> e non ci sono PS interni.



ID Frana av2013011641

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116941	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.47** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011641 (Progetto di tesi).

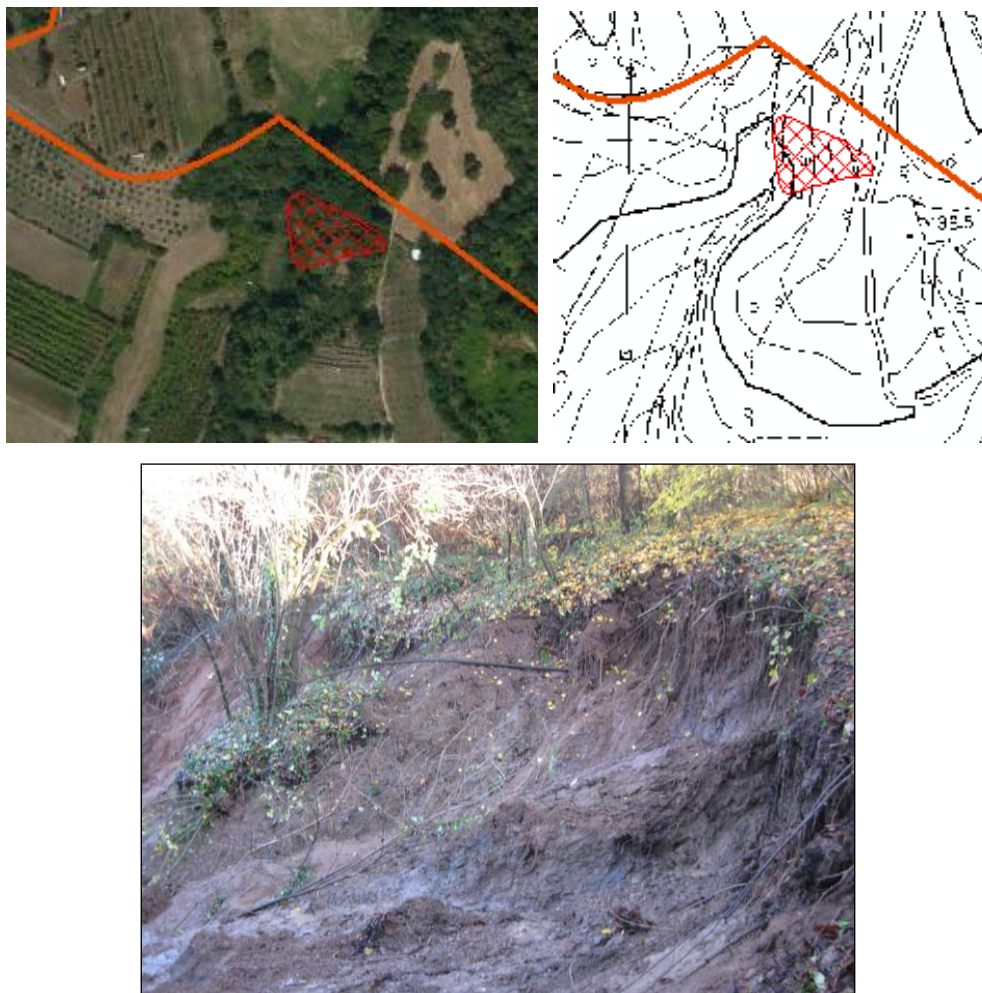
Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. Ha un'estensione di circa 30 m<sup>2</sup> e non ci sono PS interni.



ID Frana av2013011642

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116942	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.48 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011642 (Progetto di tesi).**

Si tratta di una frana di tipo complesso, caratterizzata dalla combinazione nello spazio e nel tempo di due tipi di movimento:

- scorrimento rotazionale che coinvolge la parte alta del movimento e che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico;
- colata che ha coinvolto la parte bassa e si è innescata a seguito delle intense precipitazioni dei primi di novembre.

Ha un'estensione di circa 800 m<sup>2</sup> e non ci sono PS al suo interno.

ID Frana av2013011643

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116943	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:

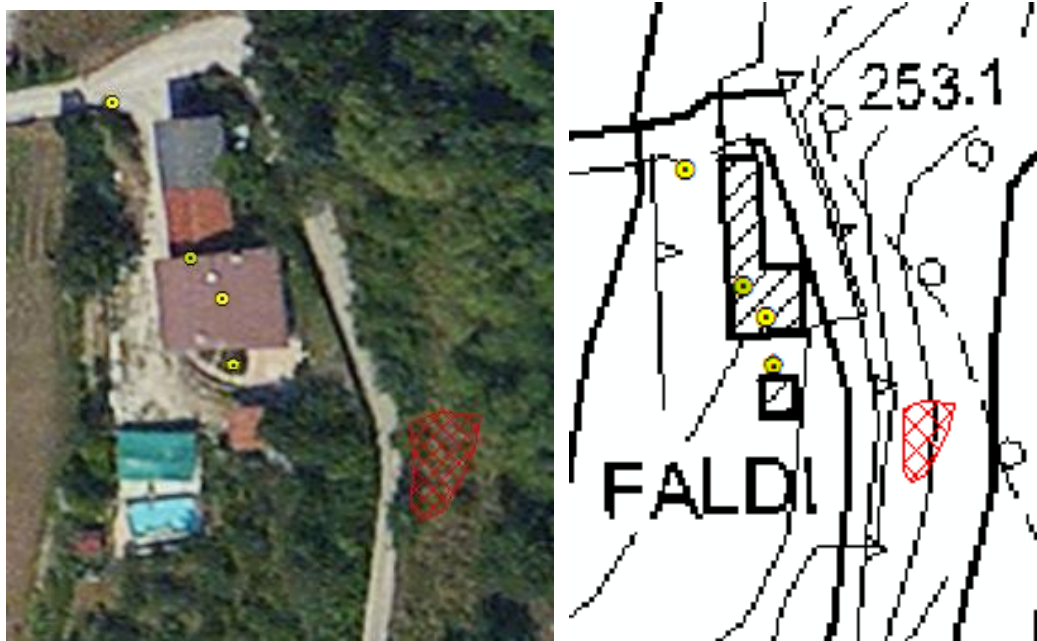


Figura 6.49 Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011643 (Progetto di tesi).

Si tratta di un fenomeno di scorrimento rotazionale che si sviluppa nella coltre argillosa di alterazione del substrato vulcanoclastico. È molto piccolo come dimensioni, circa 25 m<sup>2</sup> di superficie e non ci sono PS interni.

ID Frana av2013011644

Cod. Frana	PS Esterni	PS Interni	Attendibilità Grafico
av20130116944	/	/	/

Localizzazione e perimetrazione:



**Figura 6.50** Ortofoto, CTR, fotografia della frana av2013011644 (Progetto di tesi).

Si è riscontrato il franamento traslativo a partire dal ciglio stradale per un tratto di circa 30 m. Tale fenomeno si era già verificato nel dicembre 2008 a seguito delle abbondanti precipitazioni. Ha un'estensione di circa 430 m<sup>2</sup> e non ci sono PS.

## 6.7 Risultati

Il censimento delle frane del Comune di Chiampo conta 43 eventi franosi, di cui 9 presentano dei PS interni o limitrofi ai perimetri dove è stato possibile determinare lo stato di attività e dove l'andamento degli spostamenti nel tempo lo consente, è stato definito il tempo di ritorno. La prima frana censita con codice av2013011601 presenta 1 PS esterno (Grafico 6.1) dove è stato possibile stimare il tempo di ritorno, dato che l'andamento degli spostamenti è decrescente nel tempo. Presenta 5 movimenti significativi con un tempo di ritorno di 1,6 anni, con una velocità media di 10.75 mm /anno risulta essere un fenomeno attivo o riattivato, questo stato di attività è ricavato dalla matrice di figura 4.18. La frana con codice av2013011603 ha 8 PS esterni (Grafico 6.2) che presentano un andamento oscillante dove non è possibile definire un tempo di ritorno, la velocità media in questi 8 PS risulta inferiore a 2 mm/anno quindi risultano essere valori indicanti assenza di movimento. La frana con codice av2013011606 ha 9 PS esterni con andamento oscillante, quindi il tempo di ritorno non è definibile, guardando la velocità media dei satelliti Ers 1/2 ed Envisat di questi nove grafici (Grafico 6.3), possiamo definire uno stato di attività stabilizzato. La frana con codice av2013011610 presenta 6 PS interni al perimetro (Grafico 6.4), con un tempo di ritorno di 4 anni ed il suo stato di attività è stabilizzato. La frana con codice av2013011613 ha 1 PS esterno (Grafico 6.5) indicante una velocità di -0,31 mm/anno, valore che esprime uno stato di attività stabilizzato o quiescente, quale dei due non è possibile chiarirlo dato che PS Ers 1/2 sono assenti. La frana con codice av2013011619 (Grafico 6.6) presenta 1 PS esterno con velocità media di -0,38 mm/anno quindi indicante un'attività stabilizzata o riattivata, ed essendo assenti altri PS non è possibile stabilire quale dei stati in modo preciso si tratti. La frana con codice av2013011620 possiede 1 PS interno (Grafico 6.7) dove è possibile vedere un andamento costante fino al 6 febbraio 2010 poi c'è una tendenza decrescente corrispondente ad uno spostamento significativo, in questo caso è assegnato un tempo di ritorno di 8 anni dato che abbiamo un solo spostamento, presenta poi una velocità media di -1,44 mm/anno relativo all'Envisat perciò indicante attività stabilizzata o quiescente. La frana con codice av2013011628 presenta 1 PS esterno (Grafico 6.8) caratterizzato da una velocità dell'Ers 1/2 di 0,12 mm/anno indicante uno stato di attività stabilizzato o riattivato ed anche qui non è possibile determinare quale dei due in modo univoco. La frana con codice av2013011629 ha 1 PS esterno (Grafico 6.9) con un tempo di ritorno di circa 8 anni dato il suo unico movimento significativo che inizia il 23 gennaio 2010, e avendo una velocità media Envisat di -0,93 mm/anno risulta stabilizzato o quiescente.

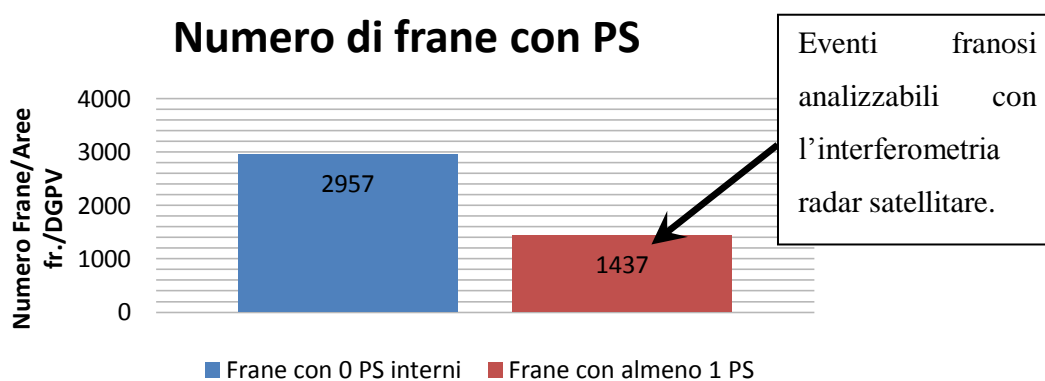
## 7. Conclusioni

Il Veneto come l'Italia è un territorio dove l'esposizione al rischio da frana è particolarmente elevato, in quanto si è avuto dagli anni '60 ad oggi un notevole incremento delle aree urbanizzate con un aumento della pressione antropica sul territorio, il caso analizzato sul territorio del comune di Chiampo ne è un chiaro esempio. Il progetto IFFI ha rappresentato l'occasione per la Regione del Veneto, di creare un archivio unico, omogeneo dove far confluire le informazioni riguardanti i fenomeni franosi fino ad ora disperse presso vari enti e soggetti operanti in materia di difesa del suolo. L'archivio unico si è rivelato di fondamentale importanza nell'ambito della gestione del rischio geologico in quanto è stato già assunto o è in via di assunzione da parte di molteplici enti (Autorità di Bacino, Province ecc.) come livello informativo descrittivo dello stato di fatto dei dissesti nel Veneto. Come applicazione più significativa dell'archivio vi è stata, in particolare, la sua assunzione come elemento fondamentale nel processo di definizione delle aree di pericolosità geologica da inserire nei Piani di Assetto Idrogeologico da parte delle varie Autorità di Bacino (nazionali e regionali). Tale sviluppo, per il quale è stata utilizzata una specifica metodologia di assegnazione della pericolosità geologica, descritta in questa elaborazione, ha rappresentato un'importante e innovativo processo di standardizzazione di procedure in ambito regionale. Considerato l'attuale livello di copertura del territorio veneto e la necessità di una continua revisione e aggiornamento dei dati inseriti appare che il Progetto IFFI sia meritevole di essere costantemente aggiornato. Le statistiche e le elaborazioni effettuate sulla banca dati del Progetto IFFI (Tabelle 5.6 a-f e 5.7 a-f) offrono un quadro sulla distribuzione dei fenomeni franosi sul territorio veneto (riferito alle province coinvolte da fenomeni franosi) e sui più importanti parametri ad essi associati, per quanto riguarda le frane singole, la provincia di Belluno può contarne 2794 con una superficie di 140,69 Km<sup>2</sup> (poligono bufferizzato), con una percentuale in frana del 3,8 % rispetto a tutta la provincia. Nella provincia di Treviso si contano 113 frane che coinvolgono una superficie di 6,04 Km<sup>2</sup> (poligono bufferizzato), con una percentuale dello 0,243 % rispetto a tutta la provincia. Nella provincia di Vicenza si contano 295 frane che coinvolgono una superficie di 17,5 Km<sup>2</sup> (poligono bufferizzato), con una percentuale dello 0,64 % rispetto a tutta la provincia. Nella provincia di Verona si contano 189 frane che coinvolgono una superficie di 4,6 Km<sup>2</sup> (poligono bufferizzato), con una percentuale dello 0,15 % rispetto a tutta la provincia. Nei Colli Euganei si contano 211 frane che coinvolgono una superficie di 6,4 Km<sup>2</sup> (poligono bufferizzato), con una percentuale dello 1,86 %. Per quanto riguarda le statistiche IFFI dei



poligoni bufferizzati nell'intera Regione Veneto si possono individuare 3602 frane avente complessivamente una superficie di 131,77 Km<sup>2</sup> e con una percentuale in frana di 0,94 %.

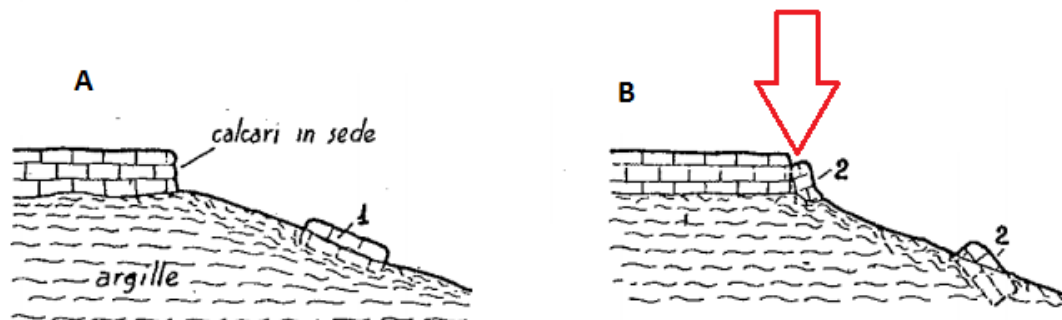
Quello che si è voluto creare con le statistiche esposte nel capitolo 5 è di dispensare una linea guida su cosa possono rilevare i dati PS nel territorio Veneto e poi a livello provinciale (intendendo sempre le provincie con zone montano-collinari). Si è rilevato il numero di PS che sono già interni a poligoni censiti, i quali rappresentano una dimostrazione del movimento franoso. Dal grafico 5.22, riportato anche in figura 7.1, è stato evidenziato che in Veneto ci sono 1437 movimenti franosi analizzabili con l'interferometria radar satellitare, dato che contengono almeno 1 PS interno.



**Figura 7.1** È riportato il grafico 5.22 dove si evidenziano il numero di movimenti franosi analizzabili con l'interferometria radar satellitare.

Per la valutazione sullo stato di attività, è possibile applicare la matrice di figura 4.8 per i movimenti franosi che contengono almeno 1 PS (1437 in Veneto), e dove gli andamenti degli spostamenti nel periodo di attività del satellite lo consentono è possibile stimare il tempo di ritorno. Una volta analizzato un territorio si rende necessario un sopralluogo di verifica, andando a eseguire un'accurata analisi geomorfologica di campagna ed eventualmente appoggiarsi ad altri sistemi di monitoraggio come il sistema GPS o le tecniche tradizionali utilizzando estensimetri e inclinometri oppure l'interferometria SAR terrestre che ha gli stessi principi descritti in questa tesi con la differenza che la strumentazione contenente le antenne trasmettenti e riceventi sono montate su un binario ancorato alla superficie terrestre. La tecnica di interferometria SAR satellitare può essere usata per i cinematismi lenti, le statistiche prodotte per i movimenti più veloci sono state inserite ugualmente anche se non studiabili direttamente tramite questa metodologia. Nell'area in studio (comune di Chiampo), è presente una copertura eluvio-colluviale costituita da materiale di varie dimensioni contenuti in una matrice sabbioso-argillosa, questo tipo di materiale associato ai periodi di maggior piovosità (come l'alluvione del 31 ottobre 2010) rende la coltre superficiale oggetto di scivolamenti verso valle. I risultati dei

dati PS in questa zona sono da considerarsi di buona attendibilità, come si può vedere dai vari grafici del capitolo 6 per quanto riguarda la velocità media del periodo di attività del PS, invece gli andamenti sono spesso non linearmente decrescenti ma oscillanti, fatto che complica la stima del tempo di ritorno, di fatto non rendendo possibile la sua stima. Nel grafico 6.1 relativo alla frana con codice av2013011601 è stato possibile calcolare il suo tempo di ritorno dato che l'andamento degli spostamenti nel tempo lo ha reso possibile, evidenziando i cedimenti in modo piuttosto netto. Questo tipo di andamento non è stato riscontrato in tutte le altre 42 frane censite, 34 frane non presentano neanche 1 PS, 9 eventi franosi presentano almeno 1 PS interno o esterno analizzabile con l'interferometria. Nonostante un PS sia esterno a un movimento franoso oppure sia limitrofo (anche interno) a un fenomeno veloce come un crollo può comunque essere analizzato dato che probabilmente si è manifestato a causa di quel fenomeno localizzato subito a monte o dovuto al crollo stesso, come si può vedere un esempio generalizzato dalla figura 7.2, i calcari hanno subito un movimento di crollo/ribaltamento nella situazione A, successivamente l'elemento a monte di quello staccatosi presenta un abbassamento, in questo caso dovuto alla plasticità dell'argilla, come evidenziato nella situazione B.



**Figura 7.2 Cedimenti dovuti a fenomeni di crollo. (F. Penta, 1956 - Frane e cedimenti dovuti a plasticità del sottosuolo).**

Come detto nel paragrafo 6.4 i fenomeni franosi più importanti della Valle del Chiampo sono associati alla presenza delle discariche delle vecchie cave, ormai consolidate, che vanno a gravare sugli strati di terreno argilloso vulcanico, favorendo eventuali cedimenti subcentimetrici rilevati dall'interferometria radar satellitare.

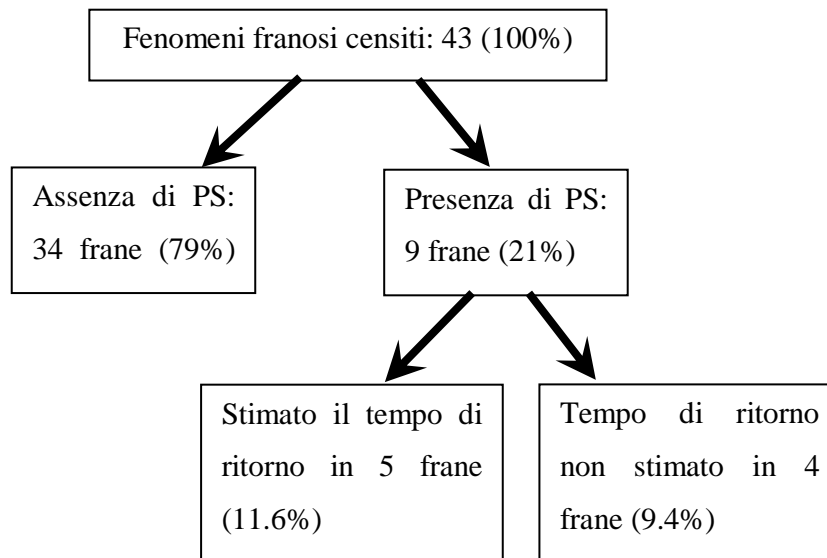
Dei 9 eventi che presentano almeno 1 PS è stato possibile calcolare il tempo di ritorno di 5 eventi come riportato in tabella 7.1.



Cod.Frana	PS interni	PS esterni	Stato attività	Tempo di ritorno
av2013011601	1	/	Riattivato/attivo continuo	1.6 anni
av2013011602	/	/	/	/
av2013011603	8	/	Stabilizzato	/
av2013011604	/	/	/	/
av2013011605	/	/	/	/
av2013011606	/	9	Stabilizzato	8 anni
av2013011608	/	/	/	/
av2013011609	/	/	/	/
av2013011610	/	6	Stabilizzato	4 anni
av2013011611	/	/	/	/
av2013011612	/	/	/	/
av2013011613	1		Stabilizzato/quiescente	/
av2013011614	/	/	/	/
av2013011615	/	/	/	/
av2013011616	/	/	/	/
av2013011617	/	/	/	/
av2013011618	/	/	/	/
av2013011619	1	/	Stabilizzato/riattivato	/
av2013011620	/	1	Stabilizzato/quiescente	8 anni
av2013011621	/	/	/	/
av2013011622	/	/	/	/
av2013011623	/	/	/	/
av2013011624	/	/	/	/
av2013011625	/	/	/	/
av2013011626	/	/	/	/
av2013011627	/	/	/	/
av2013011628	1	/	Stabilizzato/riattivato	/
av2013011629	1	/	Stabilizzato/quiescente	8 anni
av2013011630	/	/	/	/
av2013011631	/	/	/	/
av2013011632	/	/	/	/
av2013011633	/	/	/	/
av2013011634	/	/	/	/
av2013011635	/	/	/	/
av2013011636	/	/	/	/
av2013011637	/	/	/	/
av2013011638	/	/	/	/
av2013011639	/	/	/	/
av2013011640	/	/	/	/
av2013011641	/	/	/	/
av2013011642	/	/	/	/
av2013011643	/	/	/	/
av2013011644	/	/	/	/

**Tabella 7.1** Tabella riassuntiva dell'analisi dei fenomeni franosi di Chiampo (Progetto di tesi).

Delle 43 frane censite, è stato possibile determinare lo stato di attività di 9 frane, di questi 9 eventi franosi è stato possibile stimare il tempo di ritorno di 5 movimenti, nella figura 7.3 è presente un quadro riassuntivo per gli eventi di Chiampo.



**Figura 7.3** Quadro riassuntivo relativo alle frane censite nel comune di Chiampo, sia in termini numerici assoluti che in valori percentuali.

Si è contribuito per il 21 % rispetto alle frane totali, nella valutazione dello stato di attività dei fenomeni franosi censiti a Chiampo. Dal lavoro svolto in questa sede è possibile affermare che la tecnica interferometrica svolge una funzione di notevole supporto sullo studio dell'attività delle frane e può essere considerata come punto di partenza, dato il suo veloce e comodo utilizzo, ma è necessario integrare tramite l'utilizzo di altre metodologie per avere una completa ed esauriente determinazione dell'attività dei movimenti franosi. Tale tecnica di valutazione dello stato di attività non può ne deve prescindere opportuni dati di monitoraggio in situ e controlli di campagna. Per avere una copertura omogenea dei PS, bisognerebbe installare in tutto il territorio dei bersagli artificiali (pali ad alta riflettività) che fungono da Permanent Scatterers, così da consentire al segnale inviato dal satellite una buona possibilità di essere intercettato. Tale ipotesi è di difficile realizzazione logistica ed economica, inoltre andrebbe a contribuire negativamente sui paesaggi storico culturali che caratterizza il territorio veneto.





## Bibliografia

Colesanti C., Ferretti A., Novali F., Prati C., Rocca F. (2003a). *SAR monitoring of progressive and seasonal ground deformation using the Permanent Scatterers Technique*. IEEE Trans. Geosci. and Remote Sens., 41 (7). pp. 1685-1701.

Colesanti, C., Wasowski, J., 2004. *Satellite SAR interferometry for wide-area slope hazard detection and site-specific monitoring of slow landslides*. Proceedings of the ninth International Symposium on Landslides, Rio de Janeiro (Brazil), 28 June– 2 July 2004, vol. 1, pp. 795–802.

Costantini M., S. Falco, F. Malvarosa, F. Minati, (2005). *A new method for identification and analysis of persistent scatterers in series of SAR images*. In Proc. Int. Geosci. Remote Sensing Symp. (IGARSS), Boston MA, 7-11 July 2008, pp. 449-452.

Cruden, D. M. and D. J. Varnes (1996). *Landslide types and Processes. Landslides: Investigation and Mitigation*. A. K. Turner and R. L. Schuster. Washington, D.C, Transportation Research Board National Research Council. Special Report 247: 36 - 75.

Farina P., Colombo D., Fumagalli A., Marks F., Moretti S. (2006). *Permanent Scatterers for landslide investigations: outcomes from the ESA-SLAM project*. Engineering Geology, v. 88, p.200-217.

Fell R., 1994. *Landslide risk assessment and acceptable risk*. Canadian Geotechnical Journal, 31 (2), 261-272.

Ferretti A., Ferrucci F., Prati C., Rocca F. (2000). *SAR analysis of building collapse by means of the permanent scatterers technique*. Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2000. Proceedings. IGARSS 2000. IEEE 2000 International. Vol.7, Issue 2000, pp 3219 – 3221.

Heinimann H.R., Holtenstein K., Kienholz H., Krummenhacher B., Mani P., 1998. *Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren*. Umwelt-Materialien, 85, Naturgefahren, BUWAL, Bern, 248.

Hungr O. (1981). *Dynamics of rock avalanches and other types of mass movements*. PhD Thesis. University of Alberta.

IUGS/WGL (1995). *A suggested method for describing the rate of movement of a landslide*. IAEG Bull., 52: 75-78.

Massonnet D. & Feigl K.L. (1998). *Radar interferometry and its application to changes in the Earth's surface*. Rev.Geophys., 36. 441-500.

Meisina C., Zucca F., Conconi F., Verri F., Fossati D., Ceriani M., Allievi J. (2007). *Use of Permanent Scatterers technique for large-scale mass movement investigation*. Quaternary International 171–172, pp.90-107

Regione del Veneto (1987). *Carta delle unità geomorfologiche. Documento predisposto per la pianificazione regionale, nell'ambito dei lavori di redazione del Piano Territoriale di Coordinamento*.

Rosen P.A., Hensley S., Joughin I.R., Li F.K., Madsen S.N., Rodriguez E., Goldstein R.M. (2000). *Synthetic aperture radar interferometry*. Proc. I.E.E.E. 88 (3). 333-382.

Rizzo V. & Tesauro M. (2000). *SAR Interferometry and Field Data of Randazzo Landslide (Eastern Sicily, Italy)*. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, Volume 25, Issue 9.

*Piano di Assetto del Territorio Comunale – Valutazione Ambientale strategica (VAS) – Rapporto Ambientale Preliminare* (art. 13, comma 4 . del D. Lgs. n. 152/2006 come modificato dal D. Lgs. n. 4/2008 e D.G.R.V. n. 791 del 31.03.2009 – allegato B1) Comuni di Altissimo, Chiampo, Crespadoro, Nogarole Vicentino, San Pietro Mussolino

Penta F. (1956). *Appunti delle lezioni di Geologia Tecnica: frane e movimenti franosi*. Ed. Siderea, Roma

Squarzoni C., Allemand P., Delacourt C. (2003). *Nine years of spatial and temporal evolution of the La Valette landslide observed by SAR Interferometry*. Engineering Geology 68, 2003.



Strozzi T., Farina P., Corsini A., Ambrosi C., Thüring M., Zilger J., Wiesmann A., egmüller U., Werner C. (2005). *Survey and monitoring of landslide displacements by means of L-band satellite SAR interferometry*. Landslides 2005 vol.2, n.3, pp 193-201.

Varnes D.J., 1978. *Slope movements, type and process*. In: Schuster R.L., Krizel R.J., eds., *Landslides analysis and control*. Transp. Res. Board., Special report 176, Nat. Acad. Press., Washington, D.C., 11-33.

VENETO FERITO- *Alluvione del 31 ottobre 2010*, (8 novembre 2010) Regione del Veneto

WP/WLI, "International Geotechnical Societies" UNESCO Working Party on World Landslide Inventory, 1993. *A suggested method for describing the activity of a landslide*. IAEG Bull., 47, 53-57.

## **Sitografia**

[cartanetiffi.dev.planetek.it](http://cartanetiffi.dev.planetek.it) - dizionario/classificazione

[earth.esa.it](http://earth.esa.it)

[myportal.regione.veneto.it](http://myportal.regione.veneto.it)

[idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/](http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/)

[www.afs.enea.it](http://www.afs.enea.it)

[www.eoearth.org](http://www.eoearth.org)

[www.sinanet.apat.it/progettoiffi](http://www.sinanet.apat.it/progettoiffi)

[www.regione.veneto.it/difesadelsuolo](http://www.regione.veneto.it/difesadelsuolo)

[www.rischioidrogeologico.it](http://www.rischioidrogeologico.it)

[www.pcn.miniambiente.it](http://www.pcn.miniambiente.it)

[www.provincia.bz.it](http://www.provincia.bz.it)

[www.treuropa.com](http://www.treuropa.com)

[www.vicenzanatura.org](http://www.vicenzanatura.org)

## **Allegato**

Allegato riportato:

- Ubicazione dei fenomeni franosi censiti nel Comune di Chiampo.