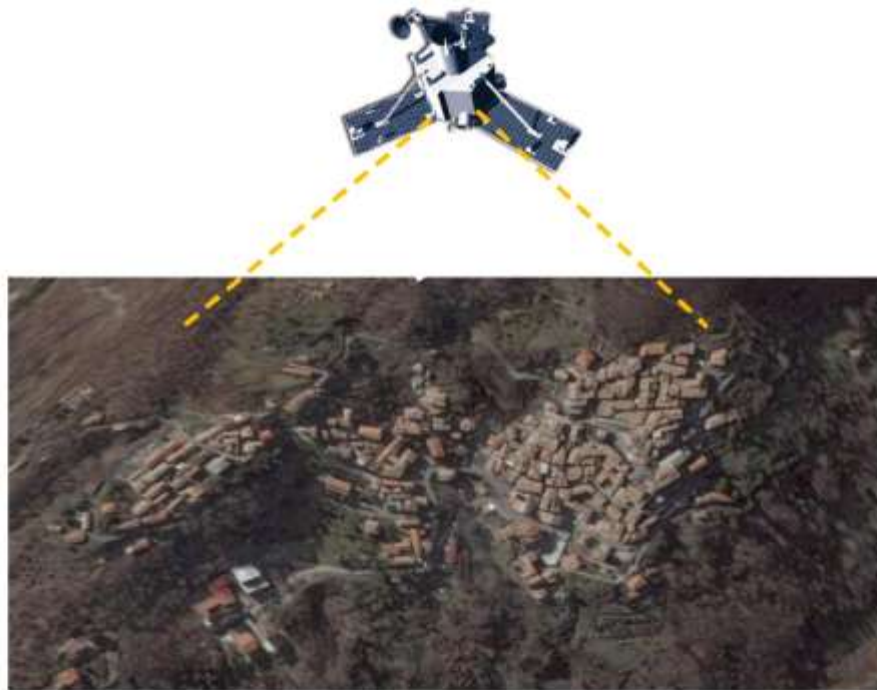




COMUNE DI  
SAN MARTINO DI FINITA

## Progetto A.M.A.Mi.R.

“Azioni di **M**onitoraggio **A**vanzato per la **M**itigazione del Rischio Idrogeologico nel Comune di San Martino di Finita”



## RELAZIONE SULL'ATTIVITÀ SVOLTA NEL PERIODO 28 MARZO -15 DICEMBRE 2007

Il Responsabile Scientifico: Prof. Geol. Carlo TANSI

Rende, dicembre 2007

*dott. geol. Carlo Tansi, Ricercatore CNR-IRPI Sede di Cosenza – Via Cassanese 6 – 87030 Rende (CS) Italia  
tel.: +39.0984.835513; fax: +39.0984.835528; mob.: +39.335.6499906; e-mail: [tansi@irpi.cnr.it](mailto:tansi@irpi.cnr.it)*



## Sommario

INTRODUZIONE.....	2
1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED OROGRAFICO.....	5
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	9
2.1 Lineamenti geologici regionali.....	9
2.2 Lineamenti geologico-strutturali dell'area di San Martino di Finita.....	14
2.2.1 Stratigrafia.....	15
2.2.2 Lineamenti tettonici.....	15
3. L'IMPORTANZA DELLA FAGLIA "S.FILI-CERZETO-S.MARCO ARGENTANO" NELLA DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO DA FRANA.....	16
4. MOVIMENTI FRANOSI ED ANALISI DEI DANNI AGLI EDIFICI E ALLE INFRASTRUTTURE VIARIE DI SAN MARTINO DI FINITA.....	19
4.1 Descrizione dei movimenti franosi.....	19
4.2 Analisi dei danni ad edifici e infrastrutture viarie originati dai dissesti.....	21
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	27
5.1 Cenni sul metodo della Tomografia Elettrica di Resistivita'.....	27
5.2 Configurazione elettrodica utilizzata e risultati della tomografia elettrica.....	28
6. RACCOLTA ED ANALISI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE.....	31
7. ATTIVITA' IN ITINERE: SVILUPPO DELLA RETE DI MONITORAGGIO E REALIZZAZIONE DI UN SONDAGGIO PROFONDO A PERFORAZIONE.....	33
8. INFORMAZIONI FORNITE AI TECNICI AI FINI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI CANALIZZAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI SULLA SCORTA DEI DATI OTTENUTI.....	33
9. DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI ALLA LUCE DELL'ATTIVITA' SVOLTA NELLA PRIMA FASE DI RICERCHE DEL PROGETTO AMAMIR.....	34
Bibliografia.....	38



## INTRODUZIONE

La presente relazione descrive l'attività svolta durante il periodo 28 marzo – 15 dicembre 2007, nell'ambito del Progetto A.M.A.Mi.R. (“Azioni di Monitoraggio Avanzato per la Mitigazione del Rischio Idrogeologico nel Comune di San Martino di Finita”) avviato alla luce della convenzione stipulata tra il Comune di San Martino di Finita ed il CNR-IRPI Istituto di Ricerca e Protezione Idrogeologica - Sede di Cosenza.

La complessa storia geologica della Calabria ha predisposto i terreni che la costituiscono al dissesto idrogeologico, generando una franosità diffusa e variegata tanto per tipologia quanto dimensione dei dissesti: situazioni geologiche particolari predispongono i versanti a dissesti che possono raggiungere notevoli dimensioni fino ad interessare l'intero sistema crinale-fondo valle e mettere in serie condizioni di rischio i centri abitati che vi ricadono (Sorriso & Tansi, 1996). È questo il caso del centro abitato di San Martino di Finita, il cui centro storico ricade interamente su un vasto fenomeno franoso del quale si hanno notizie già dai primi del '900: il dissesto si estende in superficie per circa 2 km<sup>2</sup> e si sviluppa nel sottosuolo fino a profondità che oltrepassano i 50 m (tavola 1).

Per dissesti di tali entità, gli interventi cosiddetti “strutturali” (consolidamenti, ecc.) non sempre assumono carattere risolutivo ai fini della mitigazione del rischio da frana, finendo per risultare inefficaci o, in alcuni casi, addirittura controproducenti. In tal caso l'unica via percorribile per la riduzione del rischio, è rappresentata dal monitoraggio indirizzata sia al controllo dell'evoluzione nel tempo della frana e sia all'acquisizione di informazioni utili per la verifica dell'efficacia e la calibratura degli interventi di difesa idraulica.

In tal senso, il Progetto A.M.A.Mi.R. prevedendo l'allestimento di una fitta rete di monitoraggio che si estende sull'intero centro abitato di San Martino di Finita nonché la realizzazione di indagini geognostiche, consentirà di:

- a) definire i volumi mobilizzati dal dissesto attraverso l'individuazione della superficie di scorrimento utile per la determinazione della profondità del fenomeno franoso;



- b) comprendere i cinematismi del dissesto e la loro evoluzione;
- c) verificare il grado di influenza delle variazioni delle condizioni meteorologiche sul dissesto;
- d) verificare il grado di influenza della circolazione idrica superficiale e sotterranea sul dissesto;
- e) verificare il grado di influenza di altri possibili fattori scatenanti (es. sismi) sul dissesto.
- f) verificare l'efficacia delle opere di difesa idraulica previste e consentire un loro controllo strumentale nel tempo;

Proprio in questa ottica, le ricerche previste dal Progetto AMAMIR si sono sviluppate attraverso ricerche mirate a definire il grado di dettaglio adeguato alla scala, alla tipologia ed ai cinematismi di ai singoli fenomeni franosi. Questo tipo di approccio consente di delimitare, in superficie e nel sottosuolo, i volumi mobilizzati da ogni dissesto: sulla scorta di queste informazioni è stato possibile ottimizzare il posizionamento dei sensori della rete di monitoraggio e fornire utili indicazioni ai Tecnici per una adeguata adeguatamente progettazione delle opere di difesa idraulica.

Nella presente relazione sono esposti i risultati di una prima fase di lavoro del Progetto AMAMIR, desunti

- da rilievi di superficie di tipo geologico-strutturale, geomorfologici ed idrogeologici alla scala 1:2000 del territorio su cui sorge l'abitato di San Martino di Finita e
- dal confronto di tali dati con le informazioni di sottosuolo ottenute alla luce di una tomografia elettrica ad alta definizione (realizzata, nel luglio 2007, dall'Istituto di Metodologie per l'Analisi Ambientale di Potenza del Consiglio Nazionale delle Ricerche) spinta a profondità di 120 metri circa dal piano campagna.

I risultati degli studi illustrati nella presente relazione, vengono restituiti nei seguenti elaborati cartografici (in scala variabile tra 1:1000 e 1:2000) allegati,:

- **Tavola 1:** "Carta di sintesi dei dati geologico-geomorfologici, idrogeologici, geognostici e della rete di monitoraggio",
- **Tavola 2:** "Carta geologico-strutturale",



- **Tavola 3:** “Carta geomorfologica”,
- **Tavola 4:** “Carta delle fratture al suolo”,
- **Tavola 5:** “Carta geologico-strutturale con ubicazione delle indagini geognostiche, colonne stratigrafiche e tomografia elettrica”,
- **Tavola 6:** “Carta della rete di monitoraggio”,
- **Tavola 7:** “Carta del drenaggio urbano”.
- **Allegato 1:** Relazione “E-Guide documents”,
- **Allegato 2:** “Relazione idrologica-idraulica”.

## 1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED OROGRAFICO

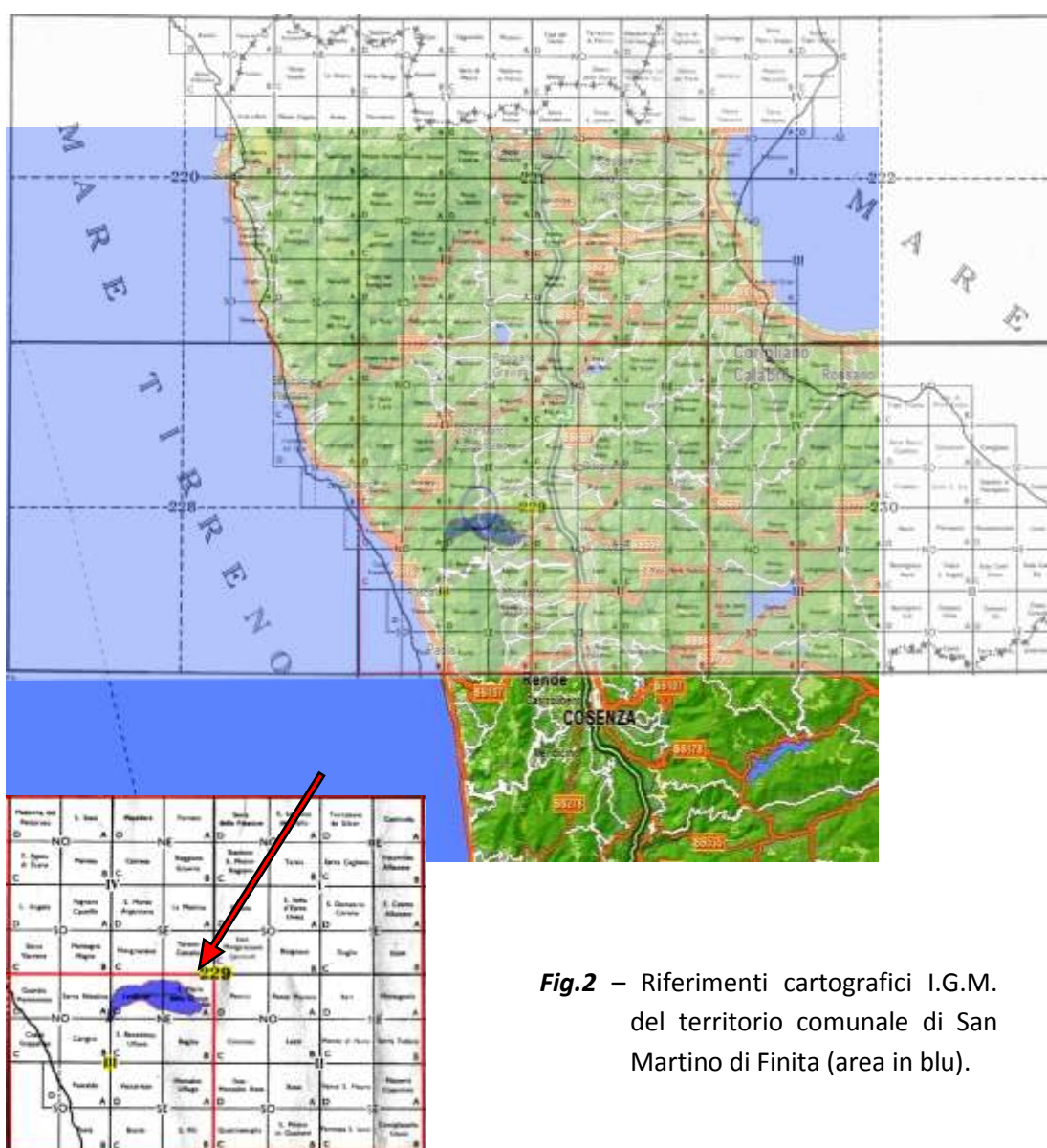
Il territorio comunale di San Martino di Finita ricade lungo il bordo orientale della Catena Costiera Calabra. Si sviluppa, in direzione E-W, su una superficie di 23,74 km<sup>2</sup> dalla forma tipicamente allungata e delimitata a nord dal Torrente Finita e a sud dal Torrente Coscinello (fig.1).



**Fig.1** – Immagine satellitare del tratto della Catena Costiera su cui sorge l'abitato di San Martino di Finita (zoomata nel riquadro rosso).  
Fonte: *Google Earth* ©.

Le quote altimetriche variano dai 110 m s.l.m. a 1328 m s.l.m. L'orografia risulta profondamente condizionata dalle incisioni dei Torrenti Finita e Coscinello.

In riferimento alla cartografia I.G.M. (fig. 2), il territorio comunale di San Martino di Finita ricade nel foglio n° 229 (scala 1:100.000, denominato "Paola"), nel quadrante III (scala 1:50.000), nelle tavolette NE e NO (scala 1:25000), e si estende su cinque sezioni (scala 1:10.000): S. Maria delle Grotte, S. Benedetto Ullano, Lattarico, Serra Nicolino e Cariglio.



**Fig.2** – Riferimenti cartografici I.G.M. del territorio comunale di San Martino di Finita (area in blu).

La porzione di territorio comunale oggetto delle ricerche del Progetto AMAMIR comprende il centro storico di San Martino di Finita (fig. 3), il quale si sviluppa a quote comprese tra 650 e 380 m s.l.m.



**Fig.3** – Area di studio del Progetto AMAMIR.

Le peculiari condizioni geologiche, la particolare morfologia e la sensibile presenza d'acqua sotterranea, rendono le condizioni di stabilità di quasi tutto l'abitato assai precarie, al punto che gran parte di esso è compreso in aree PAI a rischio R4 (possibili "danni funzionali e strutturali agli edifici ed alle infrastrutture" e possibili "vittime, feriti, sfollati e/o senza-tetto e danni alle attività socio-economiche"<sup>1</sup>) e, in minore misura, a rischio R3 (possibili "danni funzionali e strutturali agli

---

<sup>1</sup> estratto dall'allegato tecnico del PAI Calabria

edifici ed alle infrastrutture” e possibili “sfollati e/o senza-tetto e danni alle attività socio-economiche”<sup>2</sup>).

L’abitato di San Martino di finita è suddiviso in cinque quartieri: Baracche, Borgo, Rajhio, Piazza e Maglicat. Come è possibile notare dalla figura 4, tutti i quartieri sono coinvolti in fenomeni di dissesto, ad eccezione del quartiere Baracche.



**Fig. 4** – I limiti delle aree a rischio R4 ed R3 secondo il PAI Calabria e i cinque quartieri dell’abitato di San Martino di Finita (Fonte: Comitato San Mattino di Finita).

I visibili danni alle infrastrutture ed edifici sono la chiara testimonianza delle condizioni del dissesto idrogeologico.

A

B

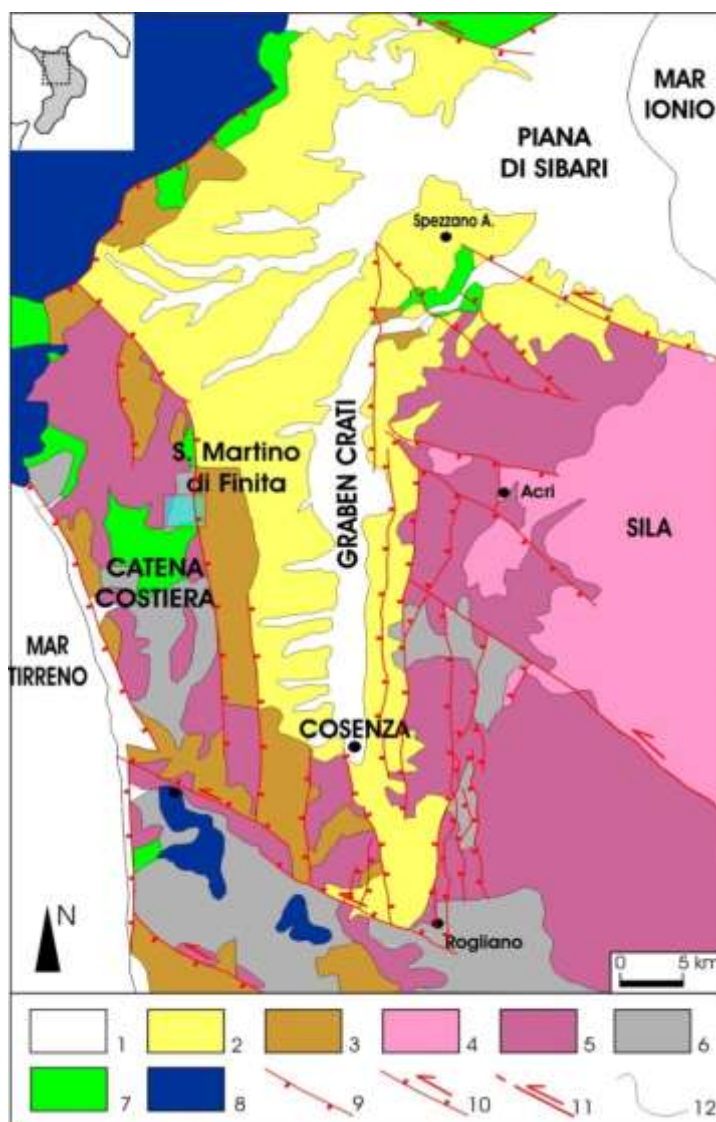
<sup>2</sup> estratto dall’allegato tecnico del PAI Calabria



## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 Lineamenti geologici regionali

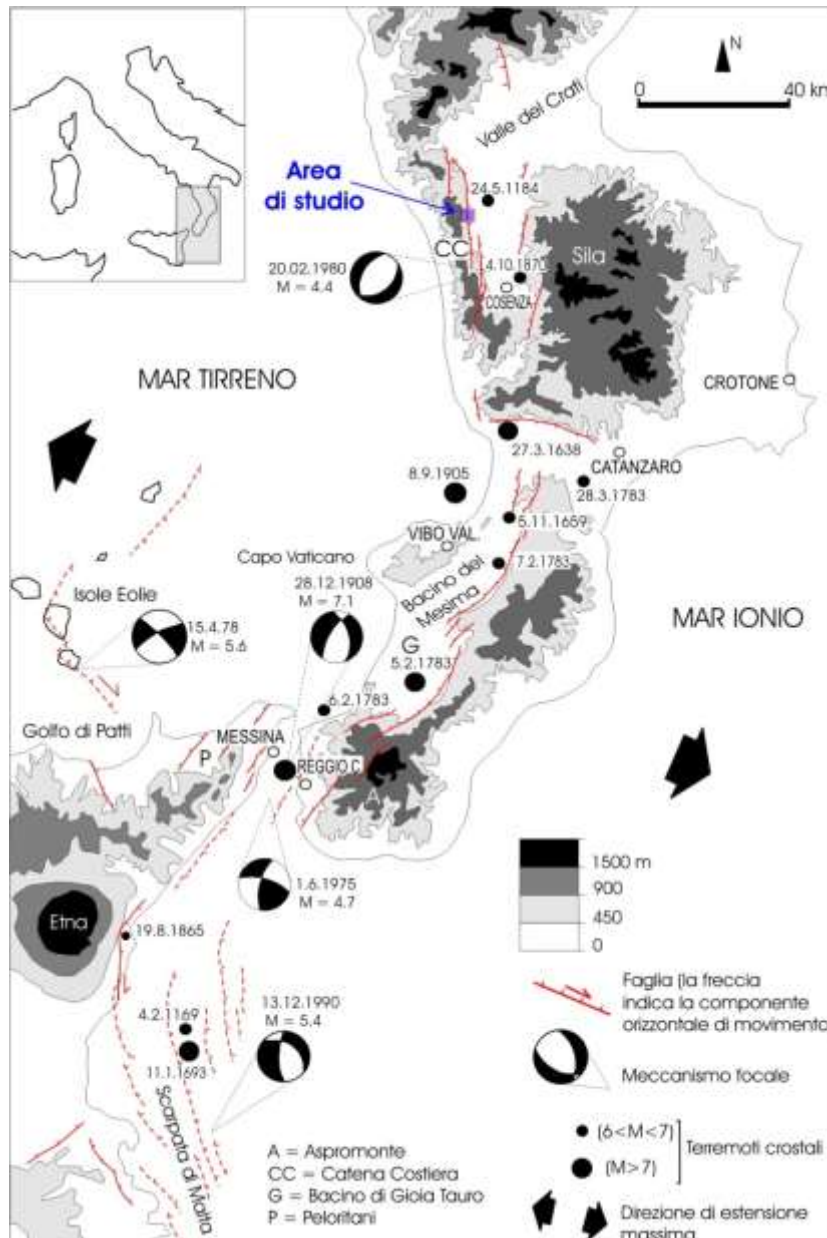
L'area di San Martino di Finita ricade lungo il bordo occidentale del *graben* del Crati, una depressione tettonica d'età plio-quadernaria (LANZAFAME & TORTORICI, 1981; SORRISO-VALVO & TANSI, 1996), strutturata da faglie normali attive ad andamento N-S che ne definiscono la forma tipicamente stretta ed allungata. Tali faglie delimitano i depositi clastici di riempimento del *graben* (COLELLA *et alii*, 1987) dalle rocce cristallino-metamorfiche paleozoico-cretaciche che costituiscono gli *horst* della Catena Costiera e della Sila (fig. 5). Le faglie, che evidenziano movimenti da normali a normal-trascorrenti destri e presentano piani ad andamento sub-verticale, sono connesse ad una fase tettonica distensiva perdurata dal Pliocene sup. (LANZAFAME & TORTORICI, 1981), particolarmente intensa dal Pleistocene medio, e tuttora attiva (GASPARINI *et alii*, 1982; GUERRA, 1986; TORTORICI *et alii*, 1995).



**Fig.5**—Schema neotettonico della Calabria settentrionale (tratto da TORTORICI, 1982 e da VAN DJIK *et al.*, 2000, mod.).  
 Legenda: 1) depositi olocenici; 2) sedimenti del Pliocene sup.-Pleistocene; 3) sedimenti alto-miocenici; 4) Unità di Longobucco (Paleozoico-Oligocene?); 5) Unità Calabridi (Unità di Polia-Copanella e Unità di Monte Gariglione; Paleozoico); 6) Unità di Bagni (Paleozoico); 7) Unità Liguridi (Unità del Frido ed Unità Ofiolitiche; Giurassico-Cretaceo inferiore); 8) Unità carbonatiche appenniniche (Triassico medio-Miocene inferiore); 9) faglie dirette; 10) faglia normale con componente trascorrente; 11) faglia trascorrente. 12) limite stratigrafico.



Le stesse faglie rappresentano la porzione più settentrionale della "rift-zone siculo-calabra" (MONACO & TORTORICI, 2000), un sistema di faglie attive di rilevanza regionale, con direzioni variabili tra N-S e NE-SO, che si estende dalla costa orientale della Sicilia, attraverso lo Stretto di Messina, fino al settore nord-occidentale della Calabria, dove si identifica con il *graben* del Crati (fig.6).



**Fig.6**—Schema sismotettonico dell'Arco Calabro e della Sicilia orientale (da: MONACO & TORTORICI, 2000, modificato). Sono riportati i terremoti crostali (profondità < 35 km) a partire dal 1000 d.C. (dati tratti da: POSTPISCHL, 1985; BOSCHI *et alii*, 1995).

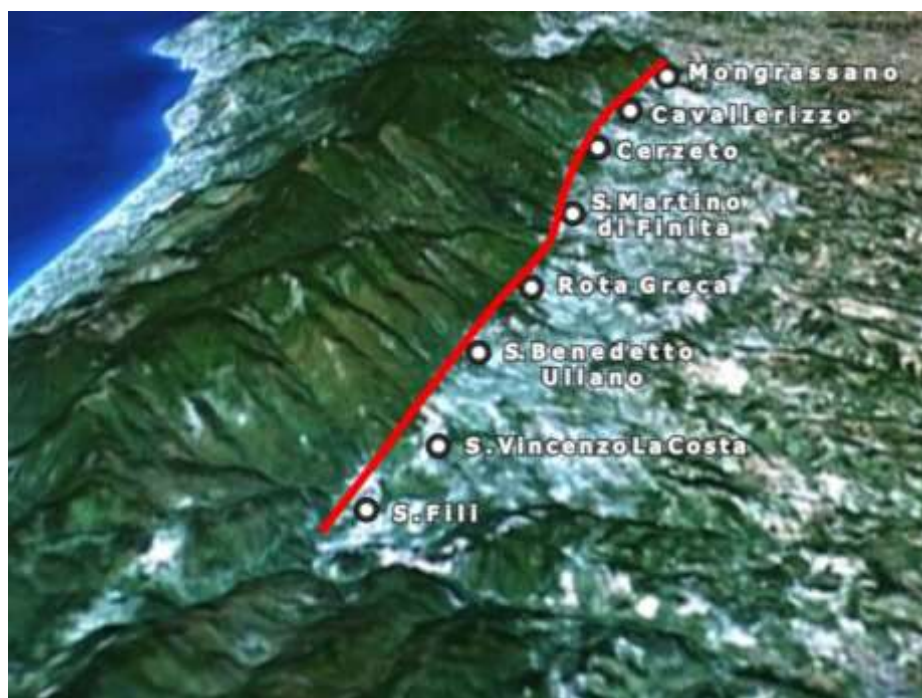
La natura sismogenetica di questa fascia è testimoniata sia dai caratteri della sismicità storica che da quelli della sismicità strumentale; infatti sia le aree macrosismiche dei più forti

terremoti che hanno interessato la Calabria, sia gli epicentri strumentali degli ultimi trenta anni ricadono al suo interno.

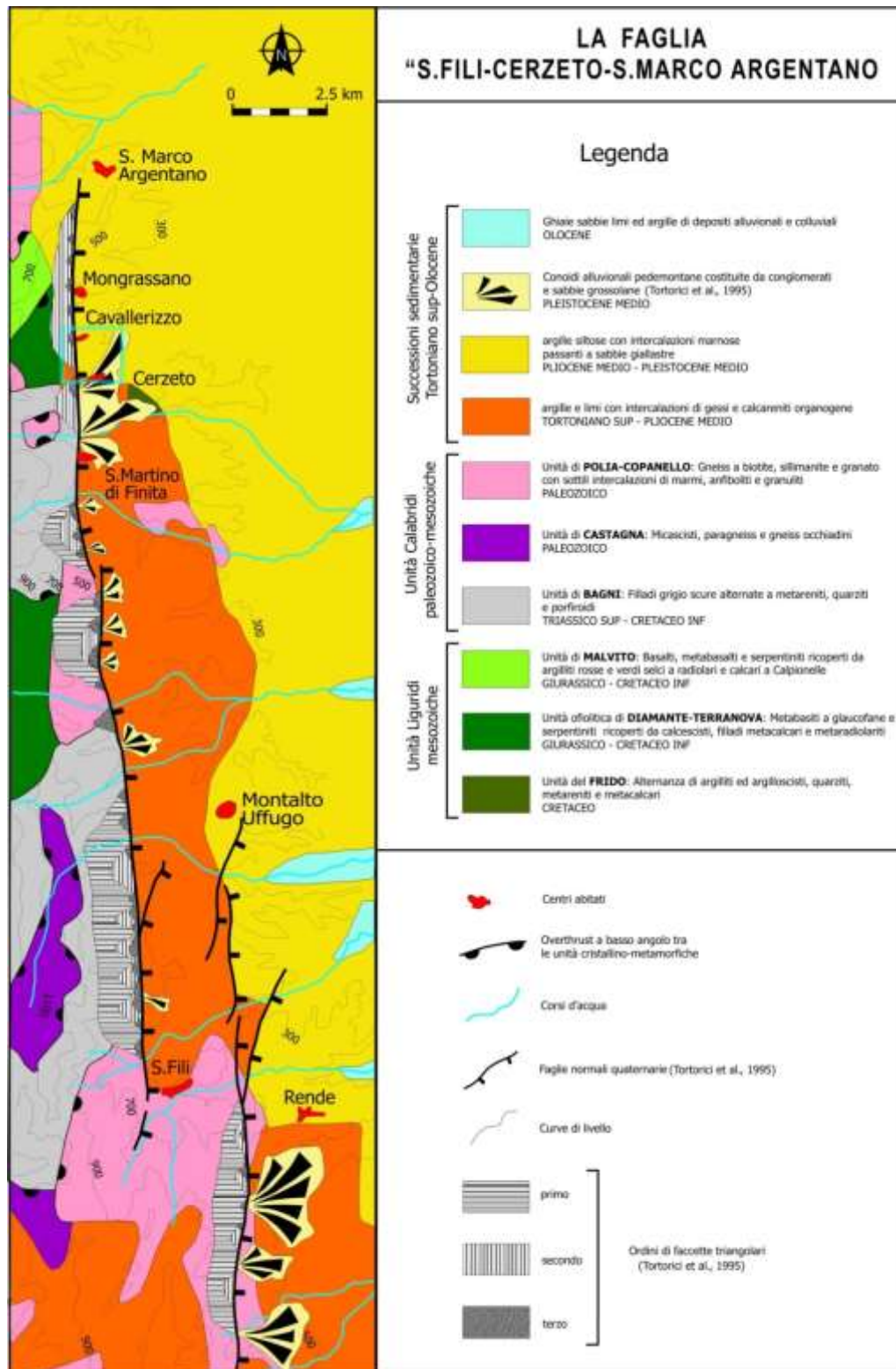
## 2.2 Lineamenti geologico-strutturali dell'area di San Martino di Finita

L'area di San Martino di Finita è attraversata dalla nota faglia di rilevanza regionale "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano" che si sviluppa per oltre 30 km in superficie e circa 10 km in profondità. La faglia è marcata da una scarpata che raggiunge i 600-700 m d'altezza corrispondente, da un punto di vista morfologico, ad una netta variazione della pendenza del versanti (figg.7 e 8). Essa è inoltre caratterizzata, in affioramento, da piani sub verticali, immergenti verso E, incisi da strie con inclinazioni comprese tra 60° e 90° che indicano una debole componente di trascorrenza destra (TANSI *et al.*, 2005).

La faglia, delimita il bordo occidentale del *graben* del Crati, sollevando i litotipi cristallino-metamorfici dell'*horst* della Catena Costiera rispetto ai depositi sedimentari tortoniano-quadernari di riempimento del *graben* (fig. 8).



**Fig. 7** – Espressione superficiale della faglia di rilevanza regionale "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano".



**Fig. 8** – Caratteri geologico-strutturali e morfoneotettonici dell'area della faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano" (da TORTORICI *et alii*, 1995, modificato).



Al fine di valutare il grado d'influenza delle strutture tettoniche associate alla faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano" sulla franosità dell'area di San Martino di Finita, è stata effettuata un'analisi integrata dei caratteri macro e meso-strutturali.

Tale analisi ha consentito di definire i cinematismi delle faglie recenti e di produrre modelli lito-strutturali che caratterizzano adeguatamente la complessità geologica del sito, con grado di dettaglio spinto opportunamente alla scala dei singoli fenomeni gravitativi. Gli studi macrostrutturali delle faglie recenti sono stati eseguiti attraverso l'interpretazione di immagini da satellite e di foto aeree, e successivi itinerari di controllo sul terreno. Una volta individuate, le strutture e le morfostrutture tettoniche sono fatte oggetto di studi mesostrutturali (analisi di indicatori cinematici, quali piani di faglia striati, superfici R-R', ecc.) atti a comprovare la natura tettonica dei lineamenti individuati alla macroscale, valutare le direzioni di spostamento tra i differenti blocchi, definire la cronologia e le direzioni degli sforzi principali medi e classificare così in dettaglio la tipologia di struttura. Gli stili strutturali di superficie sono stati confrontati ed affinati con dati di sottosuolo ed in particolare con le indagini geofisiche di ultima generazione (tomografia elettrica ad alta definizione) per l'altissima capacità risolutiva, anche in 3D, in situazioni di estrema complessità strutturale, come . Al fine di verificare i cinematismi del campo di stress tardivo e di meglio definire i limiti tra deformazioni tettoniche e gravitative, si pensa che un notevole contributo sarà fornito dall'uso delle misure degli spostamenti che verranno desunti dalla rete GPS in via di allestimento. Queste consentiranno di

- discriminare le strutture d'origine tettonica (cinematicamente compatibili con il campo di *stress* regionale) da quelle d'origine tettono-gravitativa o gravitativa profonda (settori di "disuniformità" delle giaciture degli indicatori cinematici rispetto al campo di stress regionale),
- discretizzare quelle zone che, per motivi tettonici e/o gravitativi, risultano maggiormente attive e quindi rappresentano settori a più elevato rischio.

I caratteri stratigrafici e strutturali dell'area dell'abitato di San Martino di Finita sono derivati da un rilievo di campagna eseguito in scala 1:2000, rappresentato nella tavola 2.



## 2.2.1 Stratigrafia

### *Substrato cristallino-metamorfico*

Affiora diffusamente nel settore occidentale e centrale dell'area in esame, ed è costituito da rocce cristallino-metamorfiche paleozoico-cretaciche, appartenenti all'Arco Calabro e riferibili a tre unità tettoniche (AMODIO-MORELLI *et alii*, 1976), rappresentate, dalla più bassa alla più elevata strutturalmente, da scisti filladici cretacei (*Unità del Frido*, AMODIO-MORELLI *et alii*, 1976); da metabasiti, calcari cristallini e metaradiolariti cretaciche (*Unità Ofiolitica di Diamante-Terranova*, TORTORICI, 1982) e da gneiss e scisti biotitico-granatiferi paleozoici (*Unità di Polia Copanello*, AMODIO-MORELLI *et alii*, 1976).

### *Depositi plio-quadernari*

Sono costituiti dai depositi di riempimento della *graben* del Crati ed affiorano nel settore orientale dell'area di studio. Tali depositi sono rappresentati, dal basso, da (TANSI, 2005, CASMEZ, 1967):

- una successione evaporitica del Tortoniano-Messiniano costituita da argille e limi di colore grigio-chiaro con tipiche intercalazioni di gessi biancastri e di calcareniti organogene bianco-giallastre generalmente massicce;
- una successione marina del Pliocene superiore-Pleistocene medio rappresentata da argille siltose dal tipico colore grigio-azzurro con intercalazioni marnose, passanti verso l'alto a sabbie giallastre;
- tale successione è ricoperta in *uncomformity* da depositi di conoide conglomeratico-sabbiosi del Pleistocene medio che marciano la base della scarpata della faglia "S. Fili-Cerzeto-S. Marco Argentano";
- depositi olocenici rappresentati dalle alluvioni dei tributari del Crati e da depositi colluviali dal tipico color tabacco.



## 2.2.2 Lineamenti tettonici

Le strutture tettoniche riconosciute nell'area di studio (tavola 2), vengono nel seguito descritte a partire dalle più antiche.

### *Sovrascorrimenti*

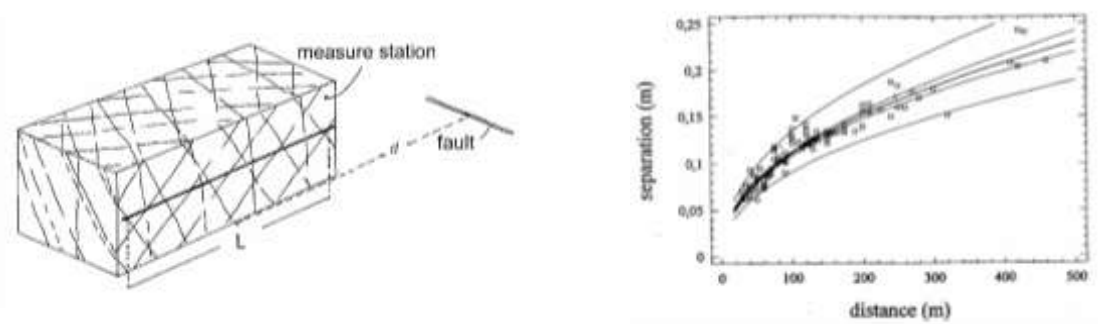
Queste strutture, connesse alla strutturazione dell'orogene, hanno età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Miocene e, pertanto, si rinvencono esclusivamente all'interno del substrato cristallino-metamorfico. I sovrascorrimenti determinano la sovrapposizione tra le unità tettoniche della Catena Costiera e, in particolare, nell'area di studio, dell'*Unità di Polia Copanello* sulle *Unità del Frido e di Diamante-Terranova*. Essendo legate a fasi tettoniche molto antiche, non hanno alcun significato morfologico e si rinvencono soltanto alla scala dell'affioramento, dove evidenziano piani sub-orizzontali a vergenza orientale, con direzioni medie N-S, accompagnati localmente da fasce milonitiche.

### *Faglie normali*

Presentano direzioni medie N-S ed immersione media verso E e, nel complesso, costituiscono un sistema a gradinata che culmina con la faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano". Quest'ultima è marcata da indicatori morfoneotettonici (faccette triangolari e/o trapezoidali, discontinuità altimetriche di crinale) che evidenziano un elevato grado di "freschezza morfologica" e condiziona profondamente il reticolo di drenaggio, costituito da valli profondamente incise o piatte, presenti, rispettivamente, sul blocco sollevato o ribassato della faglia. La continuità morfologica degli indicatori morfoneotettonici legati alla faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano", si interrompe vistosamente in corrispondenza del centro abitato di San Martino di Finita a causa dei vasti movimenti gravitativi presenti. Alla mesoscala le faglie normali hanno evidenziato piani sub-verticali (inclinazioni comprese tra 60 e 90°) ad orientamento variabile tra N170E e N25E, immergenti in prevalenza verso E. Gli indicatori cinematici documentano una componente di movimento che passa gradualmente da debolmente sinistrorsa (*pitch* inclinati fino a 70° verso sud) a *dip-slip* (*pitch* di 90°). I dati mesostrutturali indicano, nel complesso, una direzione di estensione media tardiva orientata WNW-ESE.

### 3. L'IMPORTANZA DELLA FAGLIA "S.FILI-CERZETO-S.MARCO ARGENTANO" NELLA DEFINIZIONE DELLE AREE A RISCHIO DA FRANA

Una faglia non può essere considerata soltanto una singola discontinuità nella roccia, ma viene spesso accompagnata, al suo intorno, da una fascia di deformazione, più o meno spessa, caratterizzata da repentini aumenti negli indici di fratturazione (fig. 9).



**Fig. 9** - Analisi quantitativa degli spessori delle fasce di fratturazione tettonica (TANSI *et alii*, 2000)

Le fasce di debolezza strutturale assumono un ruolo preminente nel definire le proprietà lito-tecniche dei materiali e guidano lo sviluppo dei processi di degradazione fisico-chimica delle rocce (CARRARA *et alii*, 1982; MATANO & TANSI, 1994). Inoltre esse sono caratterizzate da incrementi della trasmissività, richiamando cospicui quantitativi di acqua di circolazione sotterranea. Per i suddetti motivi tali fasce predispongono i versanti al franamento.

La *master fault* "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano" è accompagnata da una fascia cataclastica che



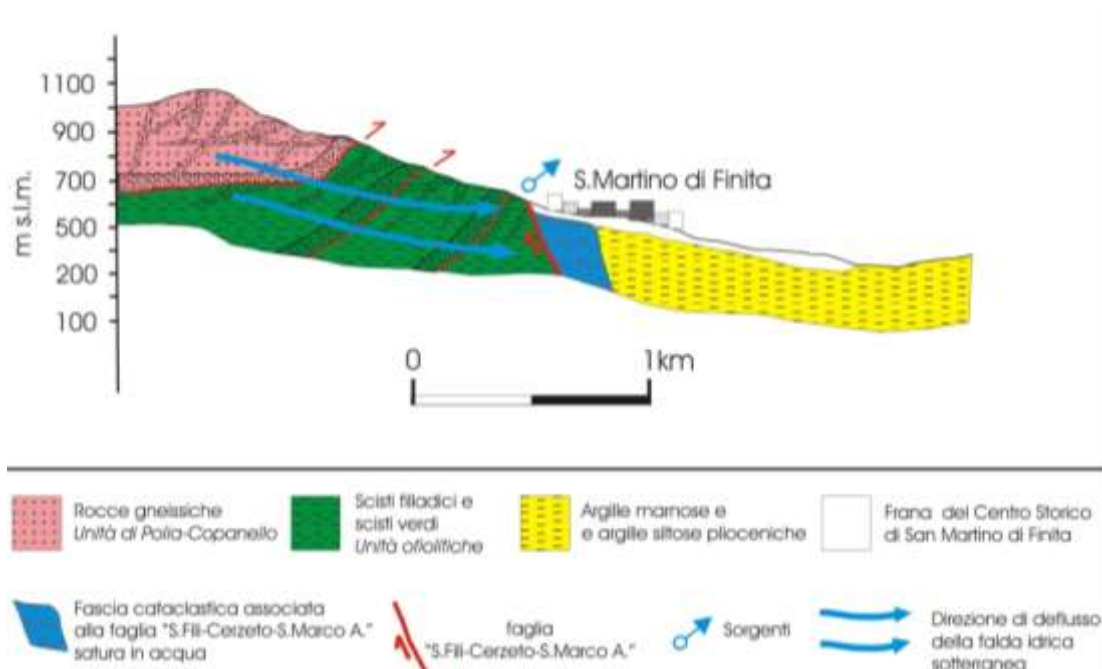
**Fig.10** – La fascia cataclastica connessa alla faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano".

raggiunge spessori fino a 400-500, lungo la quale le rocce tendono a ridursi in breccia e, talora, in farina di faglia. Tale fascia rappresenta un importante limite idrogeologico poiché tende a richiamare l'acqua di circolazione sotterranea dell'imponente falda idrica contenuta all'interno delle rocce permeabili per fratturazione della Catena Costiera.

La falda, trovando nel suo percorso sotterraneo l'impedimento costituito dall'enorme "diga" rappresentata dalle argille (impermeabili) che ne bloccano il deflusso (fig.11), sfoga la sua enorme pressione in corrispondenza della fascia di fratturazione riversando cospicui quantitativi d'acqua in superficie: questo è testimoniato dal gran numero di sorgenti che marciano l'intera fascia pedemontana della Catena Costiera proprio in corrispondenza dell'emergenza in superficie della faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano" (fig.12).



**Fig. 11** – Influenza sulla circolazione idrica sotterranea dalla fascia di fratturazione legata alla faglia "S.Fili-Cerzeto-S.Marco Argentano".



**Fig. 12** – Sezione idrogeologica ad andamento E-W dell'area di San Martino di Finita.



L'abbondante presenza di acqua unitamente alle precarie caratteristiche geotecniche dei materiali che costituiscono la fascia cataclastica, determinano una franosità particolarmente diffusa, con dissesti sia superficiali che profondi che caratterizzano l'intera area pedemontana della Catena Costiera calabra coinvolgendo gran parte dei territori comunali di S. Fili, San Vincenzo la Costa, Montalto Uffugo, Lattarico, San Benedetto Ullano, Rota Greca, San Martino di Finita, Cerzeto, Mongrassano e San Marco Argentano (figg. 7 e 8): non è un caso che proprio lungo tale fascia si sia originata l'enorme frana che il 7 marzo 2005 ha raso al suolo l'abitato di Cavallerizzo di Cerzeto (lunghezza = 500m, lunghezza = 1000m, profondità = 40 m, area interessata = 350.000 m<sup>2</sup>, metri cubi di materiale mobilizzato = 5 milioni).

L'abitato di San Martino di Finita sorge esattamente lungo la faglia "S. Fili-Cerzeto-S. Marco Argentano". Quanto sopra argomentato spiega il motivo per cui l'abitato è sede di numerose sorgenti e di diffuse zone di trapelazione d'acqua che riversandosi in un versante predisposto a franare essendo costituito dalle rocce scadenti che caratterizzano la fascia di fatturazione, determinano le peculiari condizioni di instabilità dell'abitato di San Martino di Finita.

Su queste condizioni predisponenti già di per sé critiche, precipitazioni intense e prolungate nel tempo, possono determinare l'innalzamento generalizzato del livello piezometrico e l'innescio di fenomeni franosi anche di vaste dimensioni.



## 4 MOVIMENTI FRANOSI ED ANALISI DEI DANNI AGLI EDIFICI E ALLE INFRASTRUTTURE VIARIE DI SAN MARTINO DI FINITA

### 4.1 Descrizione dei movimenti franosi

Nella tavola 3 sono rappresentati i fenomeni franosi che interessano il centro abitato di San Martino di Finita. Nell'elaborato cartografico sono rappresentati i dissesti riconosciuti alla luce di un'analisi aerofotointerpretativa dai ricercatori del CNR-IRPI (Sede di Perugia)<sup>3</sup> e di successivi controlli sul terreno compiuti dallo scrivente e da due collaboratori assegnisti di ricerca nell'ambito del Progetto AMAMIR<sup>4</sup>, nel periodo aprile-ottobre 2007. Dall'analisi fotointerpretativa e dal rilevamento geologico sul terreno, sono stati riconosciuti due fenomeni gravitativi principali, che evidenziano chiari segni di attività, ascrivibili al tipo "scorrimento-rotazionale" che evolvono in fenomeni di tipo "colata" verso valle (classificazione di CRUDEN & VARNES, 1996).

- a) Il primo fenomeno presenta dimensioni complessive considerevoli (lunghezza = 500 m circa, larghezza = 380 m circa) e coinvolge quasi interamente l'abitato di San Martino di Finita. La scarpata principale del fenomeno si origina in corrispondenza della fascia cataclastica associata alla faglia "S. Fili – Cerzeto – S. Marco", a quote intorno ai 560-580 m s.l.m. Verso valle il fenomeno si differenzia in movimenti composti ed articolati rappresentati da corpi di frana delimitati da scarpate secondarie che tendono a sovrapporsi. Tra tali corpi, quello di maggiori dimensioni (lunghezza = 350 m, larghezza = 200 m), coinvolge interamente il rione Borgo e lambisce ad est i rioni Piazza e Maglicat. Sul suddetto fenomeno si sovrappone un dissesto di minore estensione dalla forma tipicamente allungata (lunghezza = 360 m, larghezza = 140 m) che coinvolge quasi interamente i rioni Rahjio, Piazza e Maglicat. Infine si riconosce un terzo fenomeno franoso di minore importanza che lambisce ad ovest i tre suddetti rioni (lunghezza = 240 m,

---

<sup>3</sup> Il contributo è stato fornito dal Dott. Geol. Mauro Cardinali e dal Dott. Geol. Fausto Guzzetti (luglio 2007).

<sup>4</sup> Il Dott. Geol. Michele Folino Gallo ed il Dott. Geol. Massimo Micieli.



larghezza = 80 m). Altri fenomeni di minore importanza si rinvennero all'interno del corpo di frana principale. Le masse instabili descritte, nel complesso evidenziano chiari indizi di attività. L'evoluzione morfologica risulta particolarmente critica in corrispondenza del piede del fenomeno franoso principale, a ridosso del torrente Finita, dove copiosi quantitativi di acqua scaturiscono nel settore di contatto tra il detrito di versante coinvolto nei fenomeni gravitativi e le sottostanti argille: tali condizioni rappresentano un elemento fortemente destabilizzante nella porzione più vulnerabile del dissesto, il piede. Per tali motivi, particolare attenzione è stata posta proprio su questa zona attraverso rilievi di campagna indirizzati a caratterizzarne con il massimo dettaglio le peculiarità geologico-geomorfologiche, idrogeologiche, nonché l'andamento della rete di drenaggio urbano (tavole 1 e 7). Le informazioni di superficie sono state integrate da informazioni di sottosuolo ottenute alla luce della tomografia elettrica (§ 5) che ha attraversato interamente il corpo di frana principale, spingendosi fino al suo piede.

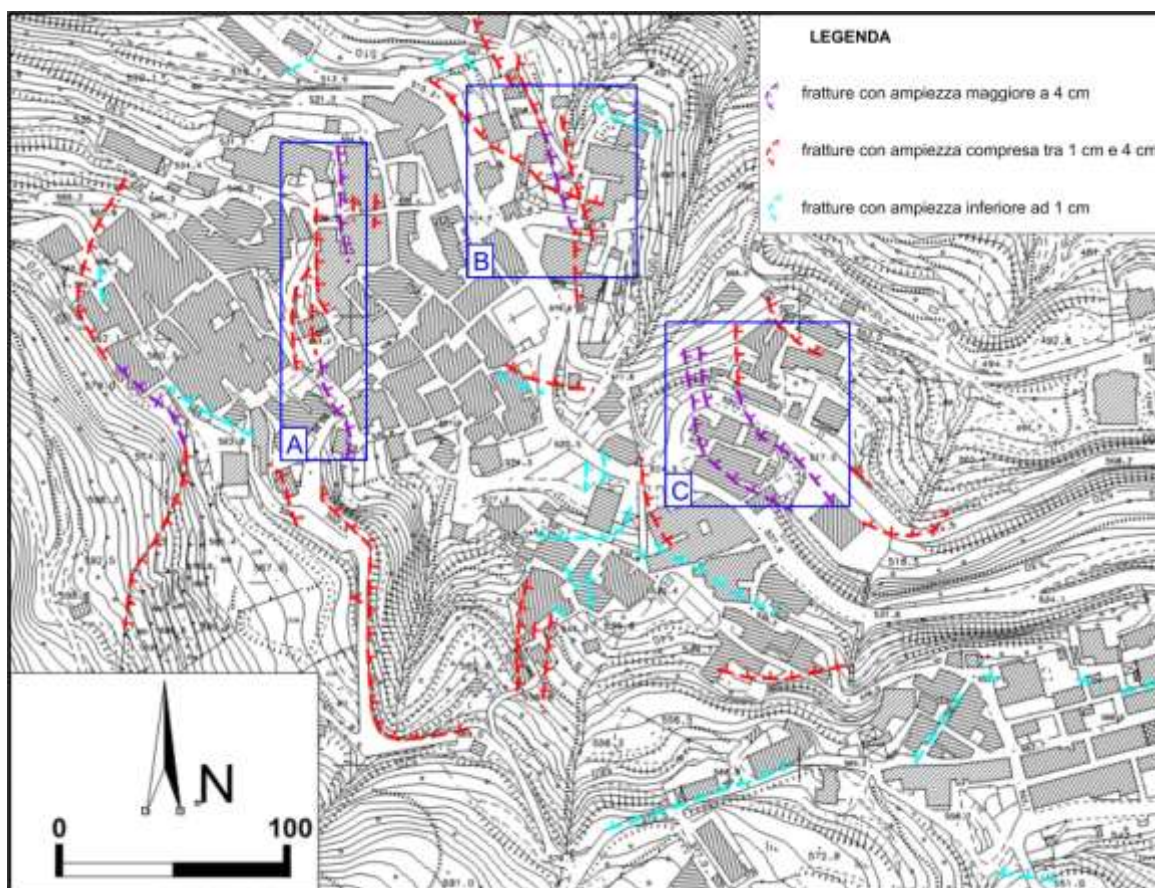
- b) Il secondo fenomeno presenta una forma tipicamente sub-rettangolare (lunghezza = 350 m, larghezza 160 m) e coinvolge la porzione più orientale dell'abitato di San Martino, interessata da edifici di recente costruzione, compresa tra il rione Baracche e la loc. Fonte delle Donne. La scarpata principale del dissesto si sviluppa a quote intorno a 525 m s.l.m.; poco più a valle, immediatamente al di sotto della strada provinciale, è riconoscibile la scarpata secondaria. Infine ancora più a valle, sul corpo di frana principale si sovrappongono due fenomeni secondari più superficiali dalla forma tipicamente allungata (240 x 70 m, 160 x 50 m): questi si sviluppano dalla porzione mediana fino all'area di piede del fenomeno principale e risultano particolarmente attivi.

Oltre ai due fenomeni principali sopra descritti, il versante settentrionale che borda l'abitato di San Martino di Finita, è interessato da una frana minore, anch'essa attiva, che lambisce il rione Maglicat: essa presenta un contorno tipicamente sub-quadrato (140 x 140 m) ed è caratterizzata da movimenti superficiali - di tipo "scorrimento" - di materiale detritico e metamorfico degradato al di sopra substrato più integro. Il settore di distacco è reso evidente da deformazioni e fratture sugli edifici e sui muri di contenimento che costeggiano la strada provinciale.

## 4.2 Analisi dei danni ad edifici e infrastrutture viarie originati dai dissesti

I rilievi sul terreno hanno avuto altresì lo scopo di rilevare e cartografare i danni subiti dalle strutture antropiche connessi ai movimenti franosi in atto che coinvolgono il centro abitato di San Martino di Finita. Dall'analisi degli effetti di tali fenomeni, particolarmente visibili sugli edifici, sui muri di contenimento e sul manto stradale – quali fratture d'estensione localmente interessate da scorrimenti – si è giunti all'elaborazione di una “Carta delle fratture al suolo” in scala 1:2.000 (Tavola 4) sulla quale le fratture sono state classificate in base alla loro ampiezza e rappresentate con colori diversi (fig.13). In particolare:

- in **viola** sono state rappresentate le fratture con apertura maggiore di 4 cm;
- in **rosso**, le fratture con apertura compresa tra 4 e 1cm;
- in **celeste**, le fratture con apertura inferiore di 1 cm.



**Fig.13** – Stralcio della “Carta delle fratture al suolo” (tavola 4).

Dalla carta si osserva come gran parte del centro abitato evidenzi un quadro fessurativo critico, dal momento che poche zone possono considerarsi esenti dagli effetti del dissesto idrogeologico in atto. La maggior parte delle fratture presentano una discreta continuità spaziale e, sviluppandosi sul terreno per diverse decine di metri, testimoniano gli effetti superficiali di un dissesto profondo di vaste proporzioni. L'ampiezza delle fratture è proporzionale al loro sviluppo areale. Alcune aree dell'abitato di San Martino di Finita hanno evidenziato un quadro fessurativo superficiale particolarmente critico:

- A. in primo luogo, l'area situata subito a monte dell'edificio comunale (riquadro "A" in fig.13), diffusamente caratterizzata da fratture con apertura maggiore di 4 cm, che interessano opere di contenimento antiche ed alcune abitazioni (figg. 14 e 15). Tali fratture rimarcano la scarpata del corpo principale della frana di San Martino di Finita.



**Fig.14**–Frattura su un'opera di contenimento situata a monte dell'edificio comunale di San Martino di Finita



**Fig.15**–frattura sub-orizzontale che interessa la base di un edificio privato.

- B. Nella zona sottostante il municipio (riquadro "B" in fig.13), nei pressi dell'anfiteatro di recentissima costruzione, sono evidenti altre importanti fratture (apertura maggiore di 4 cm) che evidenziano una certa continuità spaziale, attraversando l'anfiteatro e propagandosi alle abitazioni limitrofe (figg. 16 e 17).



**Fig.16**—Lesioni al muretto di recinzione di abitazione privata adiacente ad anfiteatro.



**Fig.17** – Fratture nei muri di sostegno realizzati a protezione dell'anfiteatro.

- C. Una terza zona particolarmente critica è stata riconosciuta intorno alla ex scuola media (riquadro "C" in fig.13).
- D. Essa è caratterizzata da diffuse fratture di diametro ben più ampio di quattro centimetri che rimarcano il settore di distacco del corpo di frana che costituisce la porzione SE del dissesto principale. Le fratture sono ben visibili sul manto stradale, sui muri di sostegno e su quasi tutti gli edifici presenti (figg.18 e 19).



**Fig.18**–Particolare di frattura con apertura maggiore di 10 cm su edificio adiacente la ex-scuola media.



**Fig.19**–Diffuse fratture che evidenziano apertura fino a 50 cm su pilastro di edificio adiacente la ex-scuola media.

Altre fratture di minore entità (ampiezze inferiori ai 4 cm) caratterizzano gran parte degli edifici delle restanti aree del centro storico: le abitazioni sono soggette a frequenti e ripetute ristrutturazioni ed interventi di risanamento (intonacatura, opere di consolidamento, ecc.), a testimonianza dello stato di attività del dissesto (figg. 20 e 21).



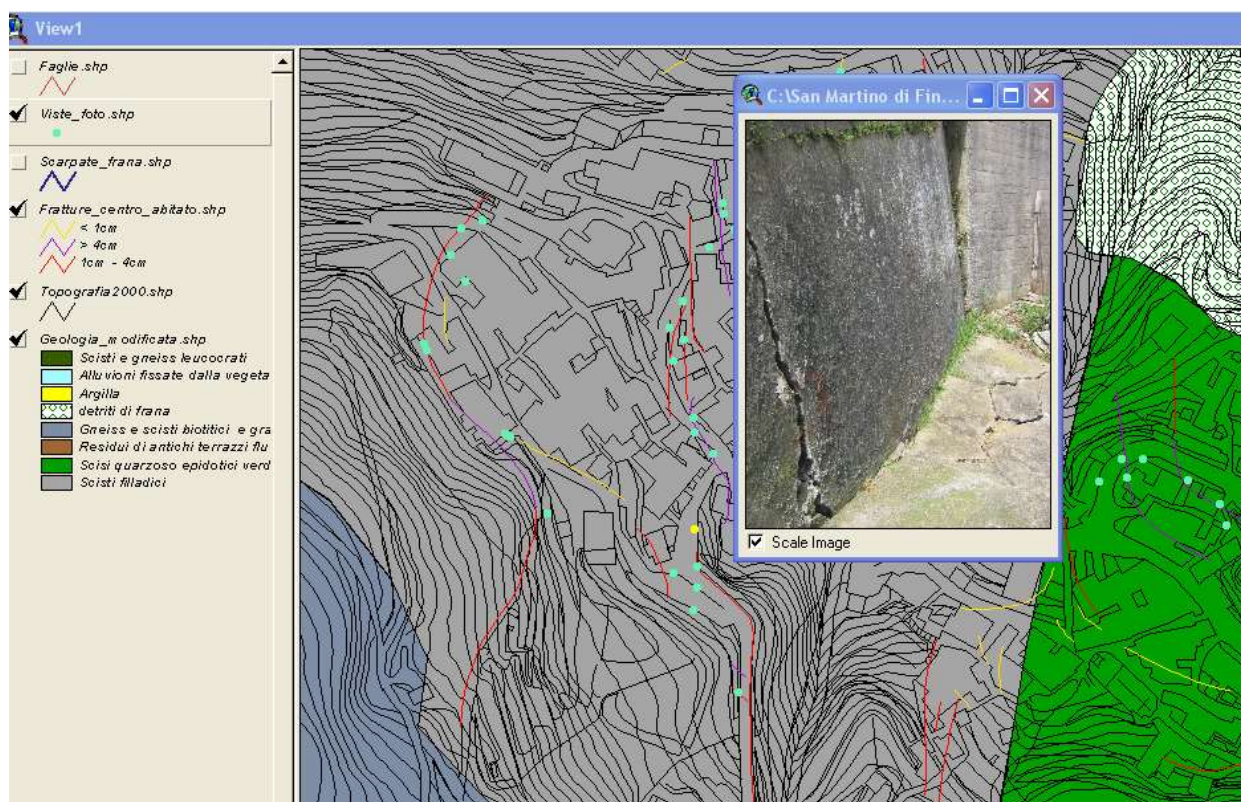
**Fig.20**– Esempio di frattura di neoformazione che attraversa l’intonaco di recente fattura di un antico manufatto adibito a magazzino.



**Fig.21**–Fratture presenti sulle mura degli edifici e sulle opere di contenimento del centro storico di San Martino di Finita.

I dati relativi ai danni subiti dagli edifici, dalle opere di contenimento e dalle infrastrutture viarie del Comune di San Martino di Finita, sono stati digitalizzati e georeferenziati utilizzando il *WGS84* (come *datum*), e l'*Universale Transversa di Mercatore* (come sistema di proiezione). Per la restituzione dei dati è stato adottato il formato *shape*.

Le informazioni hanno così consentito di realizzare un *database* delle fratture e del materiale fotografico acquisito che ne rende più facile la gestione e la visualizzazione: “cliccando” su ogni singola frattura è possibile visualizzare informazioni particolareggiate sulla stessa (località, ampiezza, verso di spostamento, note varie), nonché un ampio repertorio fotografico (Fig. 7.2).



**Fig.22**–Videata su PC del sistema informativo relativo ai danni subiti dagli edifici, dalle opere di contenimento e dalle infrastrutture viarie del Comune di San Martino di Finita, in fase di realizzazione nell’ambito del Progetto AMAMIR.



## 5 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di definire l'estensione in profondità del dissesto principale che interessa il centro storico di San Martino di Finita è stata eseguita una tomografia elettrica ad alta definizione lungo l'asse longitudinale della corpo di frana più settentrionale (Tavola 1 e 5). La tomografia è stata realizzata da ricercatori geofisici del CNR-IMAA di Potenza.

La strumentazione utilizzata, un georesistivimetro Syscal R2 (*Iris Company*) connesso ad un cavo multielettrodo a 39 canali con spaziatura di 20 m sviluppatosi su una lunghezza complessiva di 780 m, ha consentito di spingere la profondità di indagine utile fino a 120 m dal piano campagna con buone caratteristiche risolutive.

Le misure di resistività acquisite sono state analizzate ed elaborate utilizzando metodi di inversione dedicati.

### 5.1 Cenni sul metodo della Tomografia Elettrica di Resistività'

La prospezione geoelettrica fornisce informazioni circa l'andamento di eventuali discontinuità orizzontali, verticali o inclinate, al di sotto della superficie terrestre, dal momento che il parametro misurato, la "resistività apparente" ( $\text{Ohm} \cdot \text{m}$ ), è legato in modo più o meno complesso, alla resistività elettrica dei tipi litologici presenti nel sottosuolo.

La metodologia geoelettrica consiste, essenzialmente, nell'immettere una corrente continua nel terreno tramite due elettrodi generalmente in alluminio (A e B), detti di corrente, misurando ad altri due elettrodi in rame (M e N), detti di potenziale, la caduta di potenziale dovuta alla resistenza del terreno al passaggio della corrente elettrica che permetterà di risalire alla resistività apparente dello stesso.

La corrente immessa nel terreno è di intensità nota, essendo adeguatamente misurata tramite l'uso di un amperometro; alla coppia elettronica MN è, invece, collegato un voltmetro.

In passato sono state usate diverse combinazioni di disposizione degli elettrodi per l'esecuzione dei sondaggi (determinazione della variazione verticale della resistività escludendo



variazioni laterali), o di profili di resistività (determinazione delle variazioni laterali della resistività estesa fino ad una profondità di indagine prefissata).

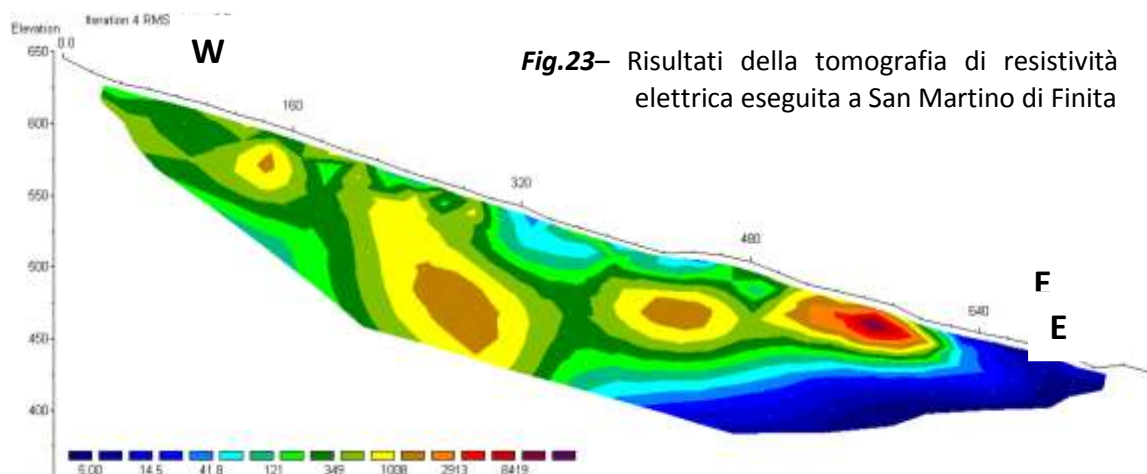
Recentemente è stata realizzata una tecnica di sondaggio, la tomografia di resistività elettrica, per l'investigazione di aree a geologia complessa che contempla ambedue le modalità operative.

In particolare questa tecnica permette di realizzare un'immagine di estremo dettaglio dei contrasti di resistività esistenti nel sottosuolo, fornendo così informazioni più attendibili sulle condizioni fisiche delle rocce, sulla presenza di superfici di discontinuità strutturali, sulla presenza ed andamento nel sottosuolo delle falde idriche.

Nello specifico vengono utilizzati sistemi multi elettrodo che permettono acquisizioni automatiche utilizzando un numero elevato di elettrodi e profili che possono raggiungere notevoli dimensioni. Una volta infissi nel terreno tutti gli elettrodi supportati, il sistema realizza le misure in modo da utilizzare sequenzialmente tutti gli elettrodi come dipoli di corrente e di potenziale. L'ulteriore elaborazione, per mezzo di appositi software di inversione, permette la ricostruzione dell'effettiva distribuzione di resistività presente nel sottosuolo.

## **5.2 Configurazione elettrodica utilizzata e risultati della tomografia elettrica**

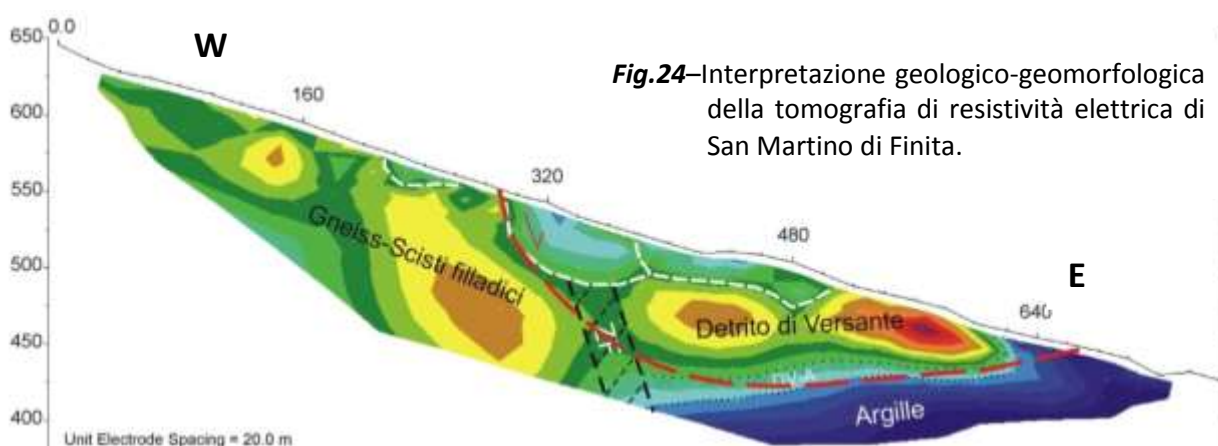
Le indagini sono state eseguite utilizzando diverse disposizioni elettrodiche al fine di definire, in fase di elaborazione, quella che meglio evidenzia le caratteristiche del sottosuolo garantendo, al tempo stesso, il miglior rapporto segnale/rumore. Per la tomografia è stata utilizzata una distanza elettrodica di 20 m, ottenendo una tomografia lunga 780 m (39 canali), ed una profondità di investigazione di circa 120 m.



**Fig.23**– Risultati della tomografia di resistività elettrica eseguita a San Martino di Finita

I risultati della tomografia (fig.23) hanno evidenziato, procedendo da W verso E, un primo settore caratterizzato da terreni con elevati valori di resistività (tonalità del verde e del rosso). Continuando verso E, in corrispondenza del centro abitato di San Martino di Finita, si riconosce distintamente uno strato superficiale più conduttivo (tonalità dell'azzurro in fig.23) ed alquanto disomogeneo, che poggia su uno spessore di materiale contraddistinto da valori di resistività elevati. Infine, nella porzione più orientale della sezione compare uno strato composto da materiale ad elevata conduttività (aree in blu scuro in fig.23).

Considerati i caratteri superficiali dell'area investigata dalla tomografia, è stato possibile fornire un'interpretazione geologico-geomorfologica dei corpi a diversa resistività (fig. 24). Il materiale con alti valori di resistività può essere interpretato come il substrato cristallino metamorfico, costituito prevalentemente da gneiss e scisti filladici, mentre i



**Fig.24**– Interpretazione geologico-geomorfologica della tomografia di resistività elettrica di San Martino di Finita.

materiali molto conduttivi presenti nella parte orientale della sezione, possono rappresentare le argille plio-pleistoceniche affioranti nel fondovalle del torrente Finita. Anomala, anche se di



notevole interesse ai fini delle ricerche, è la presenza di uno strato di materiale più resistivo sovrapposto al suddetto strato argilloso: tale strato, che tende assottigliarsi chiaramente procedendo verso est (passa da 100 a 0 m), considerati i dati di superficie, ed in particolare le stratigrafie dei sondaggi meccanici realizzati per vari scopi nell'abitato di San Martino di Finita, è ragionevolmente interpretabile come un orizzonte costituito da detrito di versante, rimobilizzato da processi gravitativi che scivola per gravità sull'orizzonte argilloso: esso rappresenterebbe quindi il corpo del vasto e profondo fenomeno franoso (la cui superficie di scorrimento profondo è ipotizzato con il tratteggio in rosso nella fig. 24) su cui sorge San Martino di Finita. Dalla tomografia risulta visibile anche l'andamento profondo della fascia di fatturazione associata alla faglia "San Fili – Cerzeto – San Marco Argentano" (*fault zone*, "FZ" in figura), caratterizzata da un settore di decremento di resistività nel substrato, che separa il substrato roccioso dal detrito di versante.

La tomografia elettrica fornisce alcune interessanti indicazioni anche sulla circolazione idrica sotterranea: i cospicui quantitativi di acqua provenienti dall'importante acquifero cristallino-metamorfico della Catena Costiera che vengono richiamati dalla fascia cataclastica, essendo confinati verso il basso nel loro percorso sotterraneo dalle argille plio-pleistoceniche, tendono ad essere trattenuti all'interno del corpo di frana e defluiscono lungo l'interfaccia detrito di versante/argille, come testimoniano le emergenze di acqua diffuse lungo il versante sottostante l'abitato di San Martino. In occasione di periodi prolungati di pioggia le acque sotterranee richiamate dalla fascia di fatturazione e quelle superficiali che si infiltrano nel sottosuolo saturano il corpo di frana, con effetti destabilizzanti sulle già precarie condizioni di equilibrio in cui versa il pendio su cui ricade San Martino di Finita.



## 6. RACCOLTA ED ANALISI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Ad integrazione degli studi e dei rilievi eseguiti, sono state raccolte ed analizzate le indagini geognostiche realizzate, per vari scopi, nell'abitato di San Martino di Finita. In particolare sono state reperite le seguenti stratigrafie di sondaggio:

- ✓ n.2 sondaggi realizzati da Italgas S.p.A. nell'ambito degli interventi di bonifica della rete di distribuzione del metano (profondità, rispettivamente, di 17,00 e 18,00 m dal p.c.)
- ✓ n.2 sondaggi realizzati dall'amministrazione comunale di San Martino di Finita nell'ambito degli interventi di consolidamento alla Chiesa Parrocchiale (profondità, rispettivamente, di 12,20 e 20,00 m dal p.c.);
- ✓ n.4 sondaggi realizzati dall'Amministrazione Provinciale di Cosenza lungo la S.P. Bivio San Martino di Finita – Santa Maria Le Grotte (fino a profondità di 20,00 m dal p.c.).

Alcuni di questi sondaggi sono attrezzati di tubi piezometrici all'interno dei quali sono stati installati sensori (piezometri) che verranno utilizzati, nell'ambito del progetto AMAMIR, per la misurazione del livello idrico sotterraneo.

Le stratigrafie di sintesi di tali sondaggi geognostici sono riportati nelle Tavole 1 e 5.

## 7. ATTIVITA' IN ITINERE: SVILUPPO DELLA RETE DI MONITORAGGIO E REALIZZAZIONE DI UN SONDAGGIO PROFONDO A PERFORAZIONE

Nella fase di progettazione ed implementazione dell'infrastruttura tecnologica della rete di monitoraggio, il CNR-IRPI ha ritenuto opportuno di avvalersi del supporto di E-Guide S.r.l. La società in un primo tempo ha condotto una serie di studi preliminari con lo scopo di individuare i requisiti globali del sistema di monitoraggio. Riguardo alla descrizione del funzionamento del sistema complessivo e dei requisiti individuati si rimanda alla dettagliata ed esaustiva documentazione fornita da E-Guide S.r.l., allegata alla presente relazione.



Qui nel seguito verranno sintetizzati i requisiti essenziali della rete di monitoraggio del Progetto AMAMIR che verrà resa operativa, presumibilmente, entro gennaio 2008.

La rete di monitoraggio collega una serie di sensori d'elevata precisione disseminati omogeneamente all'interno dell'abitato di San Martino di Finita, molti dei quali notevole importanza per accertare i movimenti gravitativi in atto e, ove possibile, misurarne l'entità. Tali sensori (tavole 1 e 6) sono rappresentati da:

- ✓ n.8 inclinometri da parete, utili per la determinazione di possibili basculamenti degli edifici causati dal dissesto.
- ✓ N. 12 estensimetri da parete, posizionati lungo le lesioni che attraversano gli edifici in condizioni di instabilità particolarmente precarie; gli estensimetri sono stati quasi sempre accoppiati agli inclinometri da parete, poichè, dal confronto delle informazioni derivanti dai due sistemi, si ritiene di potere ottenere indicazioni più univoche sul cinematismo in atto del dissesto.
- ✓ N. 5 piezometri al fine di ottenere in tempo reale informazioni sulle oscillazioni dei livelli di falda, utili per desumere l'entità delle pressioni idriche nel caso di precipitazioni particolarmente intense. I piezometri verranno installati nei fori di sondaggio già realizzati in passato, nonché all'interno del foro di sondaggio profondo che verrà realizzato, all'inizio del prossimo anno, nell'ambito del progetto AMAMIR.
- ✓ N.1 inclinometro in foro, da installare all'interno del foro di sondaggio profondo suddetto, con il fine di monitorare in tempo reale lo scorrimento profondo del corpo di frana.
- ✓ N.1 stazione-meteo, che verrà attrezzata di un pluviometro, un termometro ed un igrometro, soprattutto ai fini di valutare in tempo reale il contributo derivante dalle precipitazioni meteoriche alla falda idrica contenuta nel corpo di frana.
- ✓ N.1 misuratore di portata e delle caratteristiche fisiche dell'acqua, da posizionare in corrispondenza di una delle maggiori sorgenti presenti nel centro abitato. E' noto infatti, che prima del collasso dei fenomeni franosi (come è accaduto ad esempio nel caso di una sorgente prossima all'abitato di Cavallerizzo in occasione della frana del 7 marzo 2005), alcune sorgenti possono evidenziare comportamenti anomali come repentine variazioni di portata e intorbidimento delle acque.

E' infine prevista l'installazione di un nivometro, la cui collocazione è ancora in fase di valutazione, utile per valutare l'apporto idrico al versante derivante dall'aliquota nevosa.



Le indicazioni derivanti dalla tomografia elettrica realizzata dal CNR-IMAA di Potenza dovranno essere validate alla luce delle informazioni che deriveranno dalla realizzazione di un sondaggio profondo a carotaggio continuo che verrà realizzato nei pressi dell'anfiteatro sul corpo di frana principale (tavola 1). Il sondaggio verrà spinto fino a profondità stimate di 80-110 m dal piano di campagna ed avrà lo scopo di individuare la superficie di contatto tra il detrito di versante e le sottostanti argille, che dovrebbe rappresentare la superficie di scorrimento della frana principale.

Il foro di sondaggio verrà attrezzato di piezometro e di inclinometro da pozzo. Il primo per verificare gli spessori della falda acquifera che insistono nel corpo di frana. Il secondo per comprendere se lungo l'interfaccia di separazione detrito di versante/argilla si verificano spostamenti riferibili alla superficie di scorrimento profonda della frana. La strumentazione in foro trasmetterà tutte le informazioni alla centrale operativa in tempo reale.

## **8. INFORMAZIONI FORNITE AI TECNICI AI FINI DELLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE DI CANALIZZAZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI SULLA SCORTA DEI DATI OTTENUTI**

I risultati fin qui riportati, unitamente alla Relazione Idrologico-Idraulica (Allegato 2), redatta dall'Ing. Salvatore Gabriele, e ad una "Carta del drenaggio urbano" alla scala 1:2000 (Tavola 7, in cui è rappresentata la rete di drenaggio delle acque di percolazione superficiale unitamente alla tipologia dei sistemi di canalizzazione), sono stati utilizzati dagli Ingegneri Progettisti come ausilio alla progettazione delle opere di canalizzazione delle acque superficiali, indispensabili ai fini dall'abbattimento delle pressioni idriche all'interno del versante in frana su cui poggia l'abitato di San Martino di Finita



## 9. DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI ALLA LUCE DELL'ATTIVITÀ SVOLTA NELLA PRIMA FASE DI RICERCHE DEL PROGETTO AMAMIR

L'abitato di San Martino di Finita ricade quasi interamente all'interno di un vasto e profondo fenomeno franoso che ha origine nella fascia di fratturazione associata alla *master fault* "S. Fili – Cerzeto – S. Marco Argentano": tale fascia rappresenta un elemento predisponente al dissesto di peculiare importanza

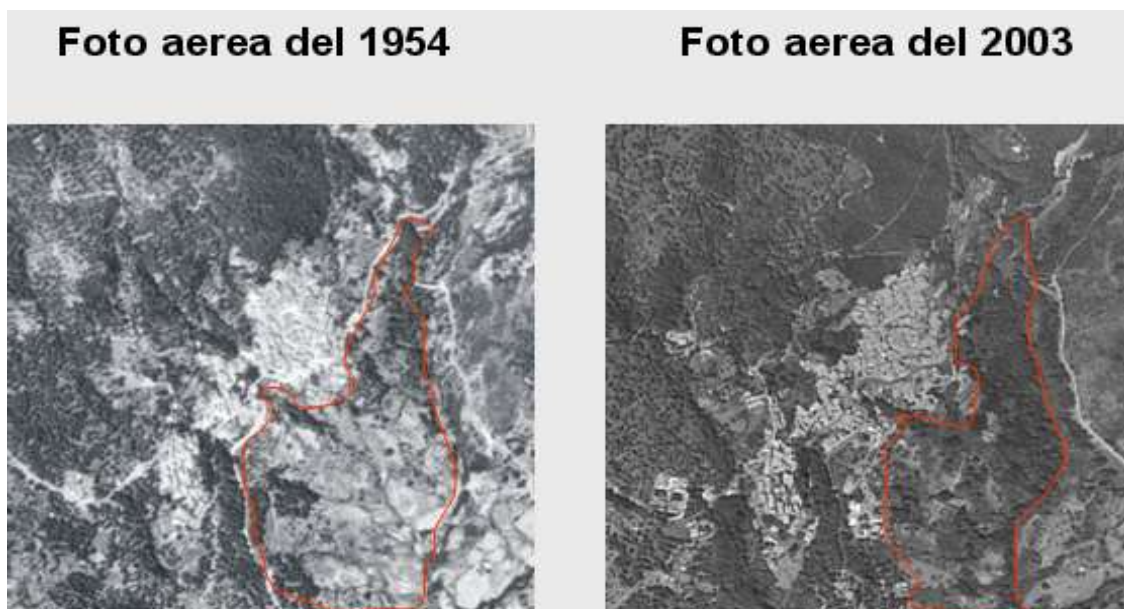
- sia perchè i terreni che la costituiscono sono caratterizzati da sensibili decadimenti delle caratteristiche litologico-tecniche e
- sia perchè rappresenta una zona di drenaggio preferenziale per le acque sotterranee che "richiama" l'imponente acquifero contenuto nella Catena Costiera determinando sensibili incrementi delle pressioni neutre soprattutto in concomitanza di eventi meteorologici particolarmente intensi.

Dettagliati rilievi di campagna eseguiti in scala 1:2000, unitamente ad analisi aerofotogrammetriche multi-temporali, hanno consentito di definire in superficie i principali corpi di frana che caratterizzano l'area di San Martino di Finita. Contestualmente è stato eseguito un rilevamento geologico-strutturale alla stessa scala, al fine di definire il grado d'influenza delle strutture tettoniche associate alla importante faglia regionale "San Fili-Cerzeto-San Marco Argentano" sulla franosità a varia scala.

Attraverso il rilevamento di campagna è stato possibile altresì acquisire informazioni più dettagliate sulla distribuzione spaziale e l'entità dei danni prodotti dai dissesti gravitativi sulle strutture antropiche. Il quadro fessurativo odierno emerso dai rilievi è abbastanza critico: solo pochi edifici sono risultati completamente esenti dagli effetti del dissesto. Particolarmente compromessi sono apparsi il nucleo abitativo che si sviluppa intorno all'edificio municipale, la zona circostante l'edificio delle ex-scuole medie e l'area intorno al bivio per Santa Maria Le Grotte. Questi settori sono contraddistinti da fessure con apertura maggiore di 4 centimetri che interessano diffusamente, la sede stradale, le opere di contenimento e gli edifici. Nel complesso, le fratture che evidenziano una discreta continuità spaziale identificano le zone più attive del fenomeno franoso e presentano generalmente uno sviluppo areale proporzionale all'entità dell'apertura.

La tomografia elettrica di resistività eseguita nel luglio 2007 ha evidenziato il possibile andamento in profondità del corpo di frana su cui sorge l'abitato di San Martino di Finita: tale corpo, che sembra avere origine in corrispondenza della fascia di fatturazione associata alla faglia "San Fili-Cerzeto-San Marco Argentano", ricopre un substrato costituito da argille plio-pleistoceniche che affiorano al piede del versante in frana.

Il fenomeno franoso che coinvolge l'abitato di San Martino di Finita, ha evidenziato negli ultimi anni inequivocabili segni di aumento dello stato d'attività: questa accelerazione è ragionevolmente imputabile, almeno in parte, allo stato di abbandono in cui versano le opere di regimazione idraulica e, più in generale, alla mancanza di interventi di manutenzione sul territorio: tali condizioni influiscono negativamente sul già precario stato d'equilibrio del versante su cui è edificato San Martino di Finita. Questa situazione è evidente dal confronto tra le foto aeree del 1954 e quelle del 2003 (fig.25): come si evince, negli anni '50 i terreni sottostanti l'abitato risultavano coltivati, assicurando la manutenzione del territorio e, conseguentemente, la regimazione delle acque superficiali. Come è evidente dall'immagine del 2003, allo stato attuale nella quale si osserva invece il totale stato di abbandono in cui versano gli stessi terreni.



**Fig.25**– Confronto tra le foto aeree del 1954 e del 2003. Nell'area circoscritta in rosso nell'immagine di sinistra si possono notare i campi coltivati ai piedi del paese, assenti nell'immagine di destra .



E a tal proposito, è opportuno segnalare come in occasione di uno degli ultimi sopralluoghi compiuti nell'ottobre u.s. dallo scrivente e dall'Ing. Salvatore Gabriele, nella zona a valle del centro abitato, era stato osservato come, le acque derivate dal fiume Finita mediante una precaria canalizzazione a cielo aperto, si disperdessero senza alcun controllo proprio in corrispondenza della parte più vulnerabile del fenomeno franoso di San Martino di Finita: il piede. Nel corso del sopralluogo era stata osservata anche una intensa attività franosa concentrata proprio lungo il percorso del canale: è possibile che alcuni movimenti, localizzati e di lieve entità, siano stati in parte favoriti dal canale e dalle opere di scavo effettuate per mantenere il canale nella stagione estiva. La zona attraversata dal canale rappresenta un settore particolarmente critico dal momento che delimita l'area di contatto delle argille con il materiale colluviale responsabile dell'instabilità del versante. Vista l'imminenza della stagione piovosa è stato ritenuto opportuno consigliare al Sindaco di San Martino di Finita di far rimuovere con sollecitudine le opere di convogliamento delle acque verso il canale.

Le suddette informazioni sono state trasmesse, oltre che al Sindaco, anche ai Progettisti, ai quali sono state altresì fornite indicazioni derivanti dal quadro idrogeologico di sottosuolo desunto sulla scorta della tomografia elettrica: nel complesso, le informazioni fornite hanno evidenziato la necessità di ripristinare le opere di canalizzazione pre-esistenti ed in pessimo stato di manutenzione, e di realizzare nuove opere di regimazione idraulica che intercettino ed allontanino le acque di ruscellamento a monte del corpo di frana. E' tuttavia opportuno evidenziare come questa tipologia di intervento potrà sottrarre al corpo di frana soltanto l'aliquota d'acqua che il versante riceve per ruscellamento, ma non quella aliquota che il versante riceve dall'acquifero della Catena Costiera attraverso i complessi percorsi sotterranei di cui si è trattato ampiamente nella presente relazione. Al fine di un intervento più incisivo, sarebbe opportuno realizzare una serie di opere di drenaggio in falda nel versante con l'obiettivo di intervenire direttamente sulla falda presente tramite (ad esempio) batterie di dreni sub-orizzontali e/o gallerie drenanti.

Si segnala infine che è in fase di realizzazione un sondaggio meccanico profondo che consentirà di "tarare" i risultati della tomografia elettrica di resistività. A tal proposito è opportuno



rimarcare come i sondaggi meccanici realizzati in passato nell'ambito del territorio comunale di San Martino di Finita, per vari scopi progettuali, non avendo mai superato i 20 metri di profondità di indagine, risultano inadeguati per la caratterizzazione e l'individuazione in profondità del piano di scorrimento del fenomeno franoso.

Il sondaggio permetterà altresì di stabilire se il substrato conduttivo evidenziato dalla tomografia, al di sotto del detrito di versante, corrisponda realmente ad argille, nonché l'esatta profondità del contatto tra le due litologie che dovrebbe coincidere con il piano di scivolamento del fenomeno franoso. Il perforo di sondaggio sarà, inoltre, attrezzato di piezometro ed inclinometro fisso, al fine di ottenere indicazioni in tempo reale sia sull'altezza della falda che di possibili movimenti del corpo di frana in profondità. Le informazioni che ne deriveranno permetteranno anche di valutare l'efficacia nel tempo delle opere di canalizzazione superficiale che verranno realizzate.

Sulla scorta di tutte le informazioni preliminari sin qui esposte, è stata progettata la rete di monitoraggio avanzato, attualmente in fase di ultimazione, che dovrebbe essere operativa entro la fine di gennaio 2008. Riguardo ai particolari sulla rete di monitoraggio, si rimanda alla dettagliata relazione trasmessa da E-Guide S.r.l., allegata alla presente relazione. Una volta operativa, la rete consentirà di conoscere in tempo reale (cioè istante per istante), collegandosi semplicemente ad un apposito sito internet in fase d'allestimento, di quanto si muove l'area in frana su cui è edificato San Martino di finita, quanta acqua piove e quanta di questa si infiltra nel sottosuolo provocando instabilità, ed infine, se la stessa acqua si intorbidisce o aumenta di portata nelle sorgenti che costellano l'abitato, preannunciando così possibili situazioni di rischio idrogeologico.

Rende, 18 dicembre 2007

 Prof. Carlo TANSI



## Bibliografia

- AMODIO-MORELLI L., BONARDI G., COLONNA V., DIETRICH D., GIUNTA G., IPPOLITO F., LIGUORI V., LORENZONI S., PAGLIONICO A., PERRONE V., PICCARRETA G., RUSSO M., SCANDONE P., ZANETTIN-LORENZONI E. & ZUPPETTA A. (1976) - *L'Arco Calabro-Peloritano nell'orogene appennino-maghrebide*. Mem. Soc. Geol. It., **17**, 1-60.
- BOSCHI E., FERRARI G., GASPERINI P., GUIDOBONI E., SMRIGLIO G. & VALENSISE G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*. Istituto Nazionale di Geofisica, S. G. A., Roma.
- CARRARA A., SORRISO-VALVO M. & REALI C. (1982) – *Analysis of landslide form and incidence by statistical techniques*. Catena, **9**, 35-62
- COLELLA A., DE BOER P.L. & NIO S.D. (1987) - *Sedimentology of a marine intermontane Pleistocene Gilbert-type fan-delta complex in the Crati Basin, Calabria, Southern Italy*. Sedimentology, **34**, 721-736.
- CRUDEN D.M. & VARNES D.J. (1996) - *Landslide Types and Processes*. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (Eds.), *Landslides: Investigation and Mitigation*. Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C., 36-75.
- GASPARINI C., IANNAcone G., SCANDONE P. & SCARPA R. (1982) – *Sismotectonics of the Calabrian Arc*. Tectonophysics, **84**, 267-286.
- GUERRA I. (1986) – *Osservazioni strumentali della sismicità della Calabria*. Atti 5° Conv. Ann. Gr. Naz. Geofis. Terra Solida, 525-536.
- LANZAFAME G. & TORTORICI L. (1980) – *Le successioni giurassico-eoceniche dell'area compresa tra Bocchigliero, Longobucco e Cropalati (Calabria)*. Riv. It Paleont. Strat., **86**, 31-54.
- MATANO F. & TANSI C. (1994) - *Influenza delle strutture tettoniche sul profilo d'alterazione e sulla franosità negli gneiss dell'area di San Pietro in Guarano (Calabria Settentrionale)*. Geol. Romana, **30**, 361-370.
- MONACO C. & TORTORICI L. (2000) - *Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily*. J. Geodynamics, **29**, 407-424.
- POSTPISCHL D. (1985) - *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, P.F. Geodinamica, Graficcop, Bologna.
- TANSI C., IOVINE G., FOLINO-GALLO M. (2005) – *Tettonica attiva e recente, e manifestazioni gravitative profonde, lungo il bordo orientale del graben del Fiume Crati (Calabria settentrionale)*. Boll. Soc. Geol. It., **124**, pp. 563-578.
- TANSI C. (2005). *Caratteri geologico-strutturali dell'area di Cavallerizzo-Cerzeto (Cosenza)*. Relazione tecnica per la Protezione Civile Nazionale.
- TANSI C., SORRISO-VALVO M. & GRECO R. (2000) – *Relationship between frequency and faulting: a first numerical appraisal*. Engineering Geology, **52**, 225-230.



- TANSI C., SORRISO-VALVO M. & GRECO R. (2000) – *Relationship between frequency and faulting: a first numerical appraisal*. Engineering Geology **52**, 225-230.
- TORTORICI L. (1981) – *Analisi delle deformazioni fragili dei sedimenti postorogeni della Calabria settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It. **100**, 291-308.
- TORTORICI L. (1982) – *Lineamenti geologico-strutturali dell'Arco Calabro-Peloritano*. Soc. It. Min. Petr. **38**, 927-940.
- TORTORICI L., MONACO C., TANSI C. & COCINA O. (1995) – *Recent and active tectonics in the Calabrian Arc (south Italy)*. Tectonophysics **243**, 37-55.
- VAN DIJK, J.P., BELLO, M., BRANCALEONI, G.P., CANTARELLA, G., COSTA, V., FRIXA, A., GOLFETTO, F., MERLINI, S., RIVA, M., TORRICELLI, S., TOSCANO, C., ZERILLI, A. (2000). *A regional structural model for the northern sector of the Calabrian Arc (southern Italy)*. Tectonophysics **324**, 267-320.