

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

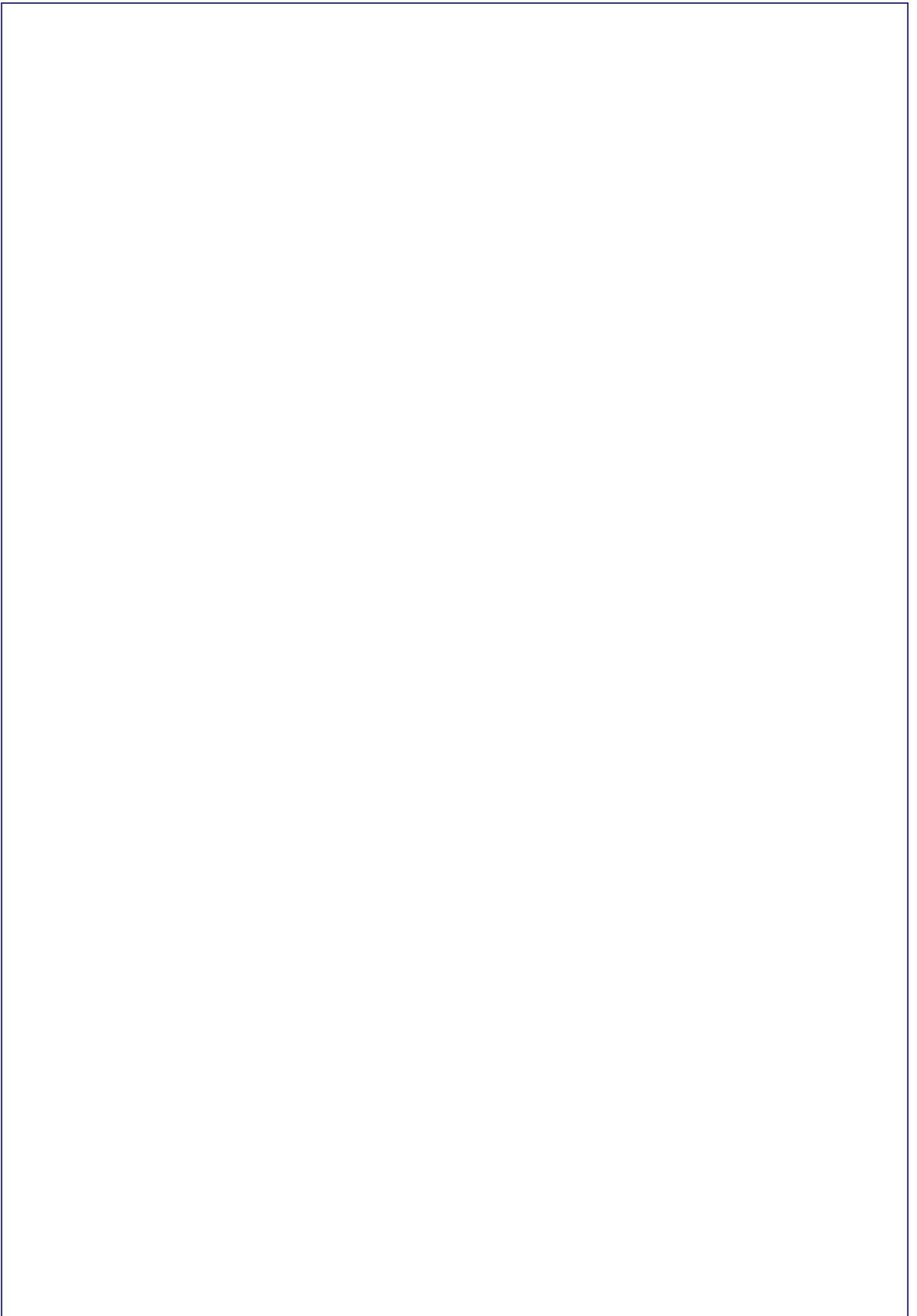
IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>IL PROGETTISTA Dott. Geol. F. Bozzano Ordine Geologi Lazio Sez. A elenco speciale n° 270 Dip. Scienze della Terra Università La Sapienza – Roma</p>  <p>S.p.A. CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA nel campo della GEOINGEGNERIA (Dott.Ing.G. Cassani)</p> | <p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p> | <p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p> |
|--|---|--|---|

| | | |
|--|---|-----------|
| Unità Funzionale | COLLEGAMENTI CALABRIA | CB0080_F0 |
| Tipo di sistema | STUDI DI BASE | |
| Raggruppamento di opere/attività | CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA | |
| Opera - tratto d'opera - parte d'opera | GENERALE | |
| Titolo del documento | CARTA DEI DISSESTI - RELAZIONE GENERALE | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CODICE | C | G | 0 | 8 | 0 | 0 | P | R | G | D | C | S | B | C | 6 | G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | F | 0 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| REV | DATA | DESCRIZIONE | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |
|-----|------------|------------------|------------|------------|-----------|
| F0 | 20/06/2011 | EMISSIONE FINALE | F. BOZZANO | F. PENNINO | E.PAGANI |
| | | | | | |
| | | | | | |



| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

INDICE

| | |
|--|----|
| INDICE | 3 |
| 1 Premessa..... | 5 |
| 2 Inquadramento generale..... | 8 |
| 3 Principali forme,processi e depositi individuati nell'area..... | 10 |
| 3.1 Forme, processi e depositi gravitativi di versante | 10 |
| 3.1.1 Orlo di scarpata di degradazione | 10 |
| 3.1.2 Orlo di scarpata di frana | 12 |
| 3.1.3 Falda e cono di detrito..... | 13 |
| 3.1.4 Detrito di versante | 15 |
| 3.1.5 Corpo di frana per crollo e/o ribaltamento | 15 |
| 3.1.6 Corpo di frana per scorrimento..... | 17 |
| 3.1.7 Corpo di frana di genesi complessa | 19 |
| 3.1.8 Piccola frana non fedelmente cartografabile | 19 |
| 3.1.9 Contropendenza significativa nel corpo di frana | 20 |
| 3.2 Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali | 20 |
| 3.2.1 Solco di erosione concentrata | 20 |
| 3.2.2 Cono alluvionale..... | 21 |
| 3.2.3 Cono di origine mista..... | 21 |
| 3.2.4 Deposito colluviale | 22 |
| 3.3 Forme, processi e depositi antropici..... | 22 |
| 3.3.1 Area di cava | 22 |
| 4 Considerazioni generali | 23 |
| 5 Riferimenti bibliografici..... | 31 |

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|------------------------------------|
|  |  | <p align="center">Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO</p> | | |
| <p>CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE</p> | <p><i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc</p> | | <p><i>Rev</i> F0</p> | <p><i>Data</i> 20/06/2011</p> |

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

1 Premessa

Nella presente relazione vengono descritti i criteri, metodi e risultati dell'attività di rilevamento geomorfologico finalizzato al censimento dei fenomeni franosi, condotto presso l'area di Villa San Giovanni (RC) nell'area in cui è prevista la realizzazione del Ponte sullo Stretto di Messina e delle opere accessorie, sia stradali che ferroviarie. L'area di rilevamento è di circa 15 km² (fig. 1). Il rilevamento è stato condotto alla scala 1:5.000 e la relativa cartografia è stata redatta alla stessa scala in AutoCAD.

Per quanto riguarda il metodo di rilevamento, sono state eseguite sia attività di campagna sia di interpretazione foto aeree. In particolare, è stato condotto un primo rilevamento di campagna che ha consentito di delineare il quadro geomorfologico generale dell'area; successivamente è stato condotto uno studio di foto interpretazione a partire dalle foto aeree dell'area fornite da Rocksoil, grazie al quale è stato possibile riportare sulla cartografia di riferimento la maggior parte degli elementi geomorfologici; infine, è stato condotto un ulteriore rilevamento di campagna finalizzato al controllo ed alla verifica di quanto osservato tramite fotointerpretazione ed all'integrazione della cartografia. I risultati ottenuti sono stati inoltre confrontati con la cartografia geomorfologica allegata al progetto preliminare e con i documenti allegati al Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria.

Parte principale del lavoro è consistita nel riconoscimento e caratterizzazione di forme e depositi che testimoniano processi di dissesto (gravitativo ed idrogeologico in senso lato), cercando di distinguere lo stato di attività. Per quanto riguarda quest'ultimo, dal momento che le varie proposte per la sua definizione reperibili nella bibliografia specifica (in gran parte recepite nel documento predisposto del WP/WLI del 1993 per quanto riguarda le frane) sono talora contrastanti e, a nostro avviso, possono essere applicate rigorosamente solo nei casi di versanti monitorati su base quantomeno stagionale, in questo lavoro è stata data un'accezione generale – e per certi aspetti semplificata – ai termini attivo, quiescente ed inattivo, che meglio si adatta ad un rilevamento condotto su base morfologica, coadiuvato dall'analisi di foto aeree relative ad un'unica sequenza temporale. In tal senso, sono state considerate attive le forme/processi/depositi che mostrano chiari indizi di attività in corso o recente tale da preservare un apprezzabile grado di "freschezza" delle forme o dei depositi stessi. L'accezione dell'attributo "quiescente" è da interpretare invece come caratteristico di forme/processi/depositi per i quali è ipotizzabile una fase di attività relativamente recente, ma con la sovrapposizione di ulteriori forme/depositi di altra origine che implicano una fase attuale di stasi che potrebbe però essere soggetta a riattivazioni nell'attuale

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

contesto morfo-climatico anche e soprattutto per effetto di “perturbazioni” comunque indotte sullo stato tensionale al contorno. Sono state infine considerate inattive le forme ed i depositi per i quali è possibile ritenere, su base morfologica e di giudizio esperto, che siano esauriti i processi che li hanno generati.

In altre parole, con specifico riferimento alle frane, la definizione di “frana attiva” adottata in questa relazione è riferita alle categorie active, reactivated e suspended secondo la nomenclatura proposta nel documento dal WP/WLI (1993), mentre l’attributo “quiescente” ed “inattivo” riprendono rispettivamente le definizioni di dormant e stabilized/relict della proposta sopra menzionata.

Per la cartografia sono stati utilizzati in larga parte i criteri suggeriti nella “Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo”, con tuttavia l’adozione di una simbologia parzialmente modificata per rispondere ad esigenze di tipo interpretativo (vista la peculiarità dell’assetto geomorfologico locale) e di tipo meramente grafico.



Fig. 1. Immagine da satellite, tratta da Google Earth, della zona rilevata.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Di seguito sono riportate le caratteristiche le informazioni relative a rilievi di superficie eseguiti, non ci sono specifiche indicazioni sugli spessori e profondità dei dissesti segnalati. Tale approfondimento, puntuale, sarà oggetto nei successivi studi previsti per la fase di PE.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

2 Inquadramento generale

Nelle sue linee generali, il quadro morfologico dell'area di studio è principalmente legato alle forme marine ed in particolare ai terrazzamenti legati all'interazione tra gli intensi processi di sollevamento dell'area e la dinamica erosivo-deposizionale dell'ambiente marino costiero. La caratteristica morfologica distintiva del territorio è quindi la presenza di ampie superfici a bassi gradienti topografici disposte a varie quote e, quindi, in vari ordini e scarpate di raccordo talora anche molto acclivi ed elevate (fino a circa 50 m), con andamento sub-parallelo alla costa attuale (fig. 2).



Fig. 2. Panoramica da mare della zona tra S. Trada e Villa S. Giovanni, dove si possono riconoscere le forme di terrazzamento marino.

A questa impronta principale si sovrappongono successivamente le forme ed i depositi legati all'azione delle acque incanalate che, soprattutto nel settore nord, danno luogo ad importanti incisioni che smembrano i terrazzi, li incidono profondamente dando luogo a versanti ripidi (fig. 1), soggetti a processi di frana e degradazione di dimensioni talora considerevoli. L'attività erosiva delle acque incanalate ha seguito anch'essa gli "impulsi" delle oscillazioni eustatiche, come dimostrano i lembi residui di alcuni orli di incisione fluviale che bordano superfici terrazzate.

Di considerevole importanza risulta la "guida" strutturale delle forme terrazzate marine nonché degli alvei fluvio-torrentizi, la cui direzione è spesso vincolata dalle numerose linee di faglia che interessano l'area.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Altro aspetto rilevante è l'influenza del substrato geologico che consente di distinguere una zona settentrionale costituita in affioramento essenzialmente da basamento cristallino e litotipi conglomeratici molto competenti (Conglomerato di Pezzo) ed una zona meridionale dove prevalgono invece le ghiaie e sabbie di Messina. Nella prima zona, con litologie più competenti, prevalgono forme erosive lineari ben distinte, profondamente incise, sviluppate lungo un reticolo poco evoluto e che per certi aspetti preservano l'originaria morfologia terrazzata. Nella zona sud, invece, la più marcata erodibilità delle sabbie e ghiaie di Messina ha portato allo sviluppo di un reticolo idrografico più diffuso ed evoluto, i cui bordi sono intensamente evoluti per effetto dei processi erosivi che hanno accompagnato la formazione delle incisioni vallive. In questa zona, infatti, la morfologia "primaria" dei terrazzi marini è molto meno preservata.

In ultimo, ma non di minore importanza, un importante agente modellatore del territorio risiede nella presenza dell'uomo e delle attività ad essa connesse. In particolare, se da un lato l'intensa urbanizzazione di alcune aree ha significativamente rimodellato e parzialmente obliterato le forme "naturali", l'attività antropica si è esplicita molto intensamente anche nei terreni agricoli (sviluppati in prevalenza sulla superfici terrazzate marine) comportando un modellamento molto intenso tramite la realizzazione di un numero considerevole di terrazzi agricoli che talora, pur riprendendone l'andamento, hanno anche rimodellato le scarpate naturali da cui sono in alcuni casi difficilmente distinguibili. Altro fattore di modellamento legato all'attività antropica è costituito dall'attività estrattiva che ha particolarmente condizionato la morfologia di alcuni settori della zona meridionale.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

3 Principali forme, processi e depositi individuati nell'area

Si elencano di seguito, tenendo conto dell'ordine riportato nella "Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo", le forme ed i depositi principali connessi con i processi di dissesto che sono stati individuati nell'area di studio.

3.1 Forme, processi e depositi gravitativi di versante

3.1.1 Orlo di scarpata di degradazione

In questo lavoro si è ritenuto opportuno operare una distinzione tra scarpate di degradazione e scarpate di frana. In molti casi, infatti, è possibile osservare numerose scarpate che bordano i fianchi e le testate dei fossi, così come la parte alta dei versanti di raccordo tra le diverse superfici terrazzate. Nella maggior parte dei casi si tratta del risultato dell'arretramento di scarpate di formazione "primaria" legate all'azione fluviale e marina. In altre parole, gli elementi morfologici annotati sulla cartografia come scarpate di degradazione rappresentano il risultato dell'arretramento di alcune porzioni delle parti alte dei versanti che bordano le incisioni vallive (talora anche molto alte ed acclivi) ed alcune parti degli orli dei terrazzi marini, ad opera della concomitanza e successione di processi erosivi e di denudazione che interessano la parte esposta – e quindi più degradata – delle litologie affioranti in tali settori.

A questa categoria vengono attribuite tutte le forme alle quali non è possibile associare con certezza la produzione di importanti movimenti di massa, ma che piuttosto possono essere messe in relazione al susseguirsi di processi di alterazione chimica delle rocce affioranti (particolarmente spinta nei settori di affioramento del cristallino) e di disgregazione fisico-meccanica dei materiali esposti ad opera della gravità e dell'acqua. Il risultato deposizionale di questo tipo di processi consiste nell'accumulo di coltri detritiche composte da blocchi immersi in matrice, talora anche abbondante, che in molti casi sono state classificate come "depositi colluviali", frutto dell'accumulo di un breve trasporto in prossimità della base della scarpata ad opera dell'azione combinata della gravità e delle acque dilavanti (figg. 3 e 4).

| | | | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <table border="1"> <tr> <td data-bbox="1267 302 1321 331"><i>Rev</i></td> <td data-bbox="1342 302 1398 331"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1267 342 1294 367">F0</td> <td data-bbox="1342 342 1442 367">20/06/2011</td> </tr> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |



Fig. 3. Orlo di scarpata di degradazione con deposito colluviale alla base.



Fig. 4. Orlo di scarpata di degradazione con falda di detrito che sfuma in deposito colluviale alla base.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Per quanto riguarda lo stato di attività, l'attribuzione è stata operata sulla base della freschezza delle forme erosive e dei relativi accumuli (grado di sviluppo della vegetazione e/o dell'inerbimento). Con riferimento alle dimensioni è invece possibile affermare che esiste un ampio range che varia da pochi metri sia di estensione lineare che di sviluppo verticale fino alle decine di metri. Le forme più evidenti, in termini di sviluppo lineare e di altezza sono concentrate nel settore nord, sebbene anche quelle del settore meridionale sono molto diffuse e per lo più attive.

Si rileva infine che le scarpate di degradazione da un lato possono rappresentare l'evoluzione nel tempo di zone interessate in precedenza da frane e d'altro canto rimangono elementi morfologici che possono potenzialmente evolvere con fasi parossistiche, cioè movimenti di massa di tipo franoso.

3.1.2 Orlo di scarpata di frana

Analogamente a quanto detto in precedenza in merito alle scarpate di degradazione, nell'area rilevata sono presenti molte scarpate di frana, concentrate essenzialmente in corrispondenza degli orli delle scarpate di erosione fluviale e dei terrazzi marini (fig. 4). Molto spesso, infatti, i fenomeni franosi riscontrati sono da mettere in relazione all'arretramento e, quindi, all'assestamento dei ripidi versanti venutisi a creare per azione dell'erosione marina e fluviale. Sebbene molto simili per forma e dimensione alle scarpate di degradazione, nella cartografia sono state distinte le scarpate di frana in base essenzialmente a due criteri: in primo luogo, ovviamente, quando è presente un accumulo detritico riferibile ad uno o più eventi gravitativi di massa a valle della scarpata; in secondo luogo, quando è possibile osservare/ipotizzare una prevalente evoluzione per distacchi gravitativi rispetto all'azione erosiva e di trasporto delle acque dilavanti, anche in assenza di un accumulo chiaramente riconoscibile. Va precisato infatti che, come si può osservare dalla cartografia, non sempre è possibile individuare un accumulo relativo ad una scarpata, sia essa di degradazione o di frana, soprattutto quando non si riscontrano segni di attività recente.

|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |



Fig. 4. Vista panoramica della valle del torrente Zagarella dove si distinguono chiaramente due scarpate di frana attive.

Questo perché molto di frequente, soprattutto nel settore nord, l'elevata acclività dei versanti favorisce l'attività erosiva e di trasporto delle acque sia di dilavamento che incanalate, che tendono a "ripulire" i versanti ed i canali entro cui i depositi si accumulano, andando infine a confluire nelle aste fluvio-torrentizie principali, di cui infine alimentano il trasporto solido ed i relativi depositi alluvionali.

3.1.3 Falda e cono di detrito

Sono depositi che risultano dai processi di denudazione, secondo soprattutto meccanismi più o meno continui di crollo di singole porzioni di ammasso roccioso, di alcuni settori di versante (fig. 5): le falde derivano dal distacco più o meno continuo di frammenti di roccia dalle scarpate e si appoggiano con angoli anche molto elevate sui sottostanti versanti; i coni derivano dalla stessa tipologia di processo di distacco ma differiscono per il meccanismo di messa in posto, che in questo caso avviene allo sbocco di canali più o meno grandi, solitamente al raccordo con il

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

fondovalle principale.

Questa tipologia di deposito, sia con chiari indizi di attività che con evidenze di quiescenza od inattività, si rileva principalmente lungo i versanti del sistema dei grandi valloni del settore nord (Piria, Laticogna, ecc...), e sono tra gli elementi che testimoniano l'intensa evoluzione geomorfologica di tipo gravitativo che interessa tale area.



Fig. 5. Falda di detrito attiva.



Fig. 5. Falda di detrito attiva.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

3.1.4 Detrito di versante

Benché molto simili dal punto di vista genetico alle falde di detrito sopra descritte, in questa categoria sono state raggruppate quelle coltri di elevata estensione areale e di spessore nell'ordine di qualche metro che tipicamente si depongono nelle zone di raccordo tra i versanti che delimitano gli ordini principali di terrazzi marini e le superfici sub orizzontali dei terrazzi stessi (fig. 6). La differenziazione tra le falde di detrito ed il detrito di versante deriva dall'impossibilità di definire in modo univoco per quest' ultimo il meccanismo che comporta il distacco delle porzioni di terreno e/o roccia che lo alimenta. Si tratta in altre parole del risultato della degradazione meteorica e della rideposizione del relativo detrito di settori di versante linearmente ed arealmente estesi, nei quali non è individuabile una ben precisa zona di distacco/alimentazione.



Fig. 6. Nella figura viene evidenziato l'appoggio del detrito di versante sulla roccia in posto

3.1.5 Corpo di frana per crollo e/o ribaltamento

Accumuli detritici di questo tipo sono piuttosto frequenti nel settore settentrionale, dove affiorano ammassi rocciosi fratturati, suscettibili di distacchi di prismi rocciosi e/o di intere porzioni di ammasso (fig. 7). Sempre nella zona settentrionale, i cinematismi di crollo/ribaltamento interessano localmente anche i depositi di terrazzo marino laddove si presentano in facies fortemente addensata e/o coesiva. In generale, come detto in precedenza, le rotture per crollo/ribaltamento sono tra le più diffuse soprattutto lungo le pareti alte ed acclivi dei valloni del

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

settore nord; pertanto il detrito prodotto dai crolli/ribaltamenti è estremamente diffuso nei depositi sia alla base dei versanti che nelle testate di molti fossi bordati da scarpate di frana e di degradazione e costituiscono, quindi, una componente talora anche preponderante delle varie tipologie di depositi detritici individuati nell'area (falde e coni di detrito, detrito di versante, depositi colluviali). In questa categoria, tuttavia, sono stati distinti gli accumuli contraddistinti da caratteristiche morfologiche e granulometriche che, unitamente alle caratteristiche delle sovrastanti aree di svuotamento/alimentazione) ne suggeriscono un'origine essenzialmente gravitativa tramite processi di massa (cioè eventi franosi che coinvolgono ampie porzioni di ammasso) (fig. 8).



Fig. 7. Fratture da trazione a tergo della scarpata principale di una frana per crollo/ribaltamento.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |



Fig. 8. Zona di distacco ed accumulo di una frana per crollo/ribaltamento.

3.1.6 Corpo di frana per scorrimento

Tra i depositi di frana chiaramente identificabili nell'area investigata, quelli ascrivibili a scorrimenti traslativi e/o rotazionali sono sicuramente i più diffusi. Gli esempi più evidenti sono anche in questo caso concentrati nel settore settentrionale, che del resto è quello dove si osservano le pendenze ed i dislivelli più marcati. Le frane per scorrimento individuate sono nella quasi totalità di tipo roto-traslattivo, con la componente traslattiva decisamente più marcata e talvolta quasi esclusiva. Caratteristica comune rimane comunque l'assoluta preponderanza della componente verticale del movimento che ha determinato la messa in posto dei relativi accumuli. Inoltre, è possibile osservare un ampio range di dimensioni di tali corpi di frana che variano da qualche decina a diverse migliaia di metri cubi. Le frane di minore estensione areale mostrano evidenze di movimento limitato ai primi metri di spessore delle litologie affioranti, delle quali coinvolgono la parte più superficiale ed alterata comportandone la mobilitazione lungo l'interfaccia bedrock inalterato – coltre di alterazione con andamento sub-parallelo a quello del versante. Per quanto riguarda invece le frane più rilevanti in termini di dimensioni, meritano particolare attenzione le frane quasi francamente traslative presenti soprattutto in destra idrografica del fosso di Santa Trada (fig. 9) e quelle più marcatamente roto-traslative presenti sul versante con andamento circa WSW-ENE che borda a monte l'attuale tracciato autostradale (fig. 10). Le prime mostrano chiari

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

segni di attività in corso in grado di coinvolgere settori di versante di estensione e profondità massima rilevanti (nell'ordine di qualche decina di metri). Il coronamento di queste frane suggerisce inoltre una guida strutturale per quanto riguarda gli svincoli e tergo e laterali di questi movimenti, che sembrano essere condizionati da linee di debolezza preesistenti e connesse con il pattern tettonico-strutturale dell'area. Per quanto riguarda le frane con componente rotazionale più apprezzabile e sempre con riferimento a quelle di maggiori dimensioni, si osserva come anch'esse coinvolgono l'ammasso roccioso anche nella parte non fortemente alterata, determinando il distacco e la mobilitazione di ingenti volumi di ammasso, pur non mostrando chiari segni di attività recente.

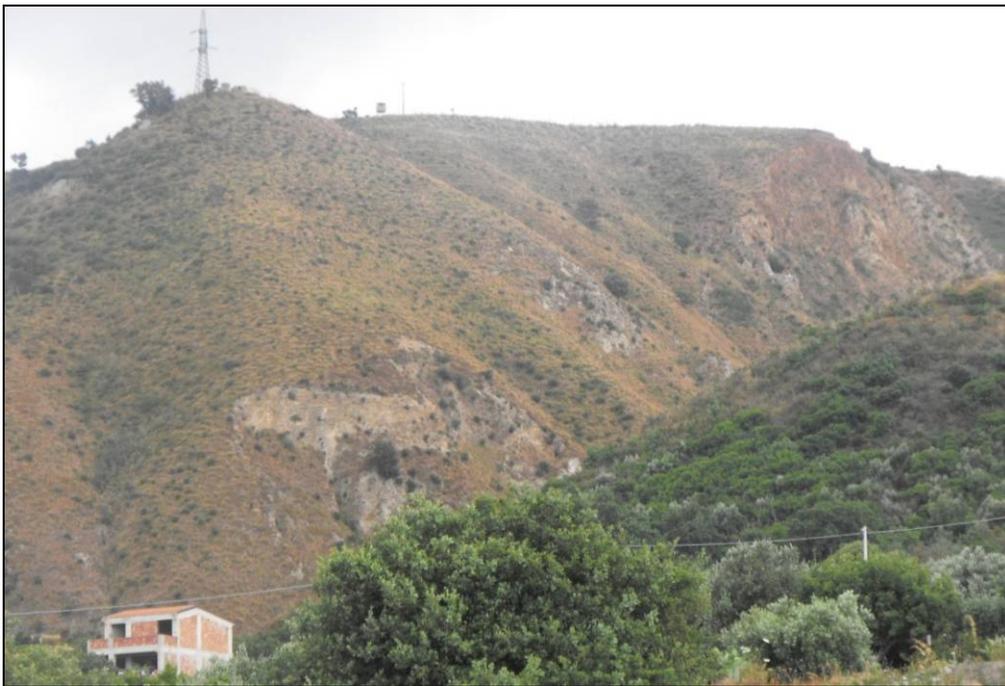


Fig. 9. Frane per scorrimento lungo il versante in destra idrografica del fiume S. Trada.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |



Fig. 10. Corona di frana per scorrimento roto-traslativo, considerata quiescente in quanto solo parzialmente stabilizzata dai terrazzamenti agricoli.

3.1.7 **Corpo di frana di genesi complessa**

In questa categoria è stata riconosciuta una frana attiva presente nel settore centro-meridionale dell'area, per la quale è stato possibile individuare una zona di distacco legata ad un cinematismo di tipo roto-traslativo ed un accumulo il cui assetto deriva dalla ripresa del corpo di frana principale ed una rideposizione secondo processi di flusso-colata.

3.1.8 **Piccola frana non fedelmente cartografabile**

Con questa simbologia è stata indicata sulla carta la posizione di alcuni fenomeni di frana attivi, solitamente di tipo roto-traslativo, di estensione e profondità tali da non poter essere cartografati con adeguata accuratezza sulla base topografica di riferimento. Tuttavia il loro riconoscimento e posizionamento in carta risulta particolarmente efficace per porre in evidenza l'intensa attività gravitativa e – più in generale – erosiva che contraddistingue alcune porzioni dei versanti

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

analizzati.

3.1.9 Contropendenza significativa nel corpo di frana

Il riconoscimento di tali morfologie è risultato di primaria importanza per due motivi fondamentali. Da un lato perché ha consentito di individuare con maggior dettaglio i corpi di frana, che spesso – soprattutto nel caso di cinematismi roto-traslativi – non sono facilmente distinguibili dalla roccia o terreno in posto sia per le dislocazioni talora esigue sia per il fabric altamente caotico che contraddistingue anche i materiali che alimentano le frane stesse (si pensi ad esempio al Conglomerato di Pezzo od ai graniti e gneiss nella loro facies alterata osservabile in affioramento). D’altro canto la presenza di tali forme costituisce un elemento di valutazione, seppure qualitativa, del grado di pericolosità di un determinato movimento franoso, dal momento che la sua preservazione è indice quantomeno di una recente attività anche di quelle frane classificate come quiescenti.

3.2 Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

3.2.1 Solco di erosione concentrata

I solchi di erosione concentrata sono molto frequenti e di notevole importanza soprattutto nel settore settentrionale. Essi, sviluppati in prevalenza lungo la linea di massima pendenza dei versanti impostati su materiali del basamento e/o di Conglomerato di Pezzo, rivestono un ruolo molto significativo in quanto, oltre ad essere un ulteriore elemento che testimonia l’intensa attività geomorfologica in atto, contribuisce in modo significativo alla morfogenesi dell’area. L’azione dei solchi di erosione concentrata si sviluppa principalmente a partire dalle testate delle zone in frana e/o degradazione che, essendo zone di svuotamento e quindi di concavità nell’ambito dei versanti, rappresentano zone che favoriscono la concentrazione e, quindi, l’incanalamento delle acque di precipitazione diretta e di run-off. Di notevole importanza è proprio la relazione che intercorre tra tali solchi e le scarpate di degradazione e/o di frana: da un lato i solchi rappresentano il processo di rimozione e trasporto del detrito prodotto dalle suddette scarpate fino alle sottostanti rotture di pendio dove contribuiscono alla formazione di depositi quali i coni alluvionali, colluviali o di origine mista, d’altro canto l’azione erosiva stessa delle acque incanalate nei solchi favorisce, tramite lo scalzamento che ne consegue, l’attività e la produzione di detrito dalle scarpate. In altre parole, i solchi di erosione concentrata possono rappresentare, in concomitanza di eventi parossistici della

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

loro attività e laddove sono sottesi alle scarpate di degradazione e/o di frana, i canali entro cui si esplica il trasporto del materiale secondo processi di flusso detritico incanalato, dotati anche di elevato potenziale erosivo lungo il percorso su pendenze significative.

3.2.2 Cono alluvionale

Diversi coni alluvionali sono presenti soprattutto lungo la costa settentrionale in corrispondenza della foce dei degli alvei che drenano i bacini idrografici di dimensioni più rilevanti: i coni più significativi in termini di dimensioni sono infatti presenti alla foce dei bacini compresi tra la fiumara S. Trada a est ed il torrente Zagarella a ovest. Altri due coni alluvionali sono stati individuati, sebbene mascherati dall'intensa urbanizzazione, nel settore ovest alla foce dei torrenti Campanella e Villa S. Giovanni. Per quanto riguarda lo stato di attività di tali depositi è stata attribuita la classe "quiescente/inattivo" dal momento che non si rilevano indizi geomorfologici che indicano eventi alluvionali recenti, anche in virtù delle opere di canalizzazione e regimazione realizzate nella parte bassa degli alvei stessi. Tuttavia, l'assetto geomorfologico dei bacini più importanti è tale da non poter fare escludere l'occorrenza di fenomeni in grado di assumere le caratteristiche di *debris flood*. Eventi meteorici particolarmente intensi potrebbero attivare portate liquide notevoli che, assumendo alte velocità anche in virtù dell'elevata pendenza media dei bacini stessi, potrebbero prendere in carico parte delle coltri detritiche (di frana e colluviale, alimentate rispettivamente dalle scarpate di frana e di degradazione) diffuse sui versanti e che si riversano nei fondovalle, con conseguenti fenomeni di deiezione legati alla brusca rottura di pendio che si registra nel talweg dei fossi principali in prossimità della zona costiera, secondo uno schema tipico delle fiumare della zona.

3.2.3 Cono di origine mista

In tale categoria rientrano i depositi detritici di forma tronco-conica presenti alla base dei versanti più acclivi in corrispondenza del raccordo con i fondovalle o con le superfici blandamente inclinate di terrazzo marino. La formazione di tali depositi è quindi da mettere in relazione a fenomeni di deiezione del trasporto solido che trae origine dai detriti prodotti per frana o degradazione alla sommità o lungo i versanti stessi. Si parla in questo caso di coni di origine mista dal momento che l'accumulo detriti in questi corpi è dovuto all'alternanza di episodi più francamente legati al trasporto in acqua (tipo debris apron legati ai flussi detritici, cfr. il paragrafo relativo ai "solchi di erosione concentrata") ed episodi di messa in posto tramite alimentazione diretta (tipo coni di

| | | | | |
|---|---|---|---------------------------|--|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 | |

detrito) o mediata dalle acque di ruscellamento (tipo coni colluviali).

3.2.4 Deposito colluviale

I depositi colluviali, ampiamente diffusi nell'area esaminata, sono il risultato della deposizione di detriti di varia pezzatura derivanti dalle aree di alimentazione, quali scarpate di frana e di degradazione, e della loro redistribuzione ad opera delle acque che in essi si infiltrano.

3.3 Forme, processi e depositi antropici

3.3.1 Area di cava

Piuttosto diffuse e talora anche di estensione significativa sono le aree dove si svolge o si è svolta l'attività estrattiva delle sabbie e ghiaie di Messina. Tale attività ha comportato e tuttora localmente comporta modificazioni del paesaggio che possono essere più o meno significative a seconda dell'estensione dell'area di cava.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

4 Considerazioni generali

I principali fattori di dissesto nell'area possono essere sintetizzati come segue:

- 1) Possibile occorrenza di fenomeni alluvionali, con coinvolgimento dei tratti terminali dei principali torrenti, ove si possono avere esondazioni e/o la deiezione dell'elevato trasporto solido, di cui i coni alluvionali rappresentano la testimonianza.
- 2) Processi di instabilità diffusi sui versanti locali e che si esplicano sia tramite processi erosivi *lato sensu* (degradazione) sia tramite fenomeni franosi che abbracciano un'ampia tipologia di cinematismi. Tra questi meritano menzione, per dimensione e stato di attività, le frane traslative e rototraslative del settore nord; in particolare, le frane con componente traslativa prevalente e di crollo/ribaltamento sono concentrate sia in destra che in sinistra idrografica dei valloni compresi tra i torrenti S. Trada e Zagarella (fig. 11), mentre le frane con componente rotazionale più apprezzabile sono per lo più concentrate sul versante che borda a sud il tracciato della A3 tra lo svincolo di S. Trada e l'area di servizio "Villa San Giovanni" (fig. 12). In quest'ultimo settore sono inoltre diffuse alla base del versante anche accumuli tipo coni di origine mista, a testimoniare la possibile attivazione di fenomeni di erosione, trasporto e deposizione delle coltri detritiche prodotte dalla sommità e lungo il versante stesso, secondo meccanismi di flusso detritico incanalato lungo i solchi di erosione concentrata.

Fenomeni di dissesto legati sia a frane (seppure mediamente di dimensioni minori) che a processi di degradazione sono presenti anche nei settori meridionale ed occidentale dell'area, dove si osservano in particolare diffusi fenomeni franosi alla tesata e lungo i fianchi delle valli più incise e ampie coltri colluviali che registrano gli intensi processi erosivo-deposizionali che coinvolgono soprattutto le Sabbie e Ghiaie di Messina (figg. 13 e 14).

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |



Fig. 11



Fig. 12

|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | | | | |
|---|---|---|--|------------|-------------|----|------------|
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1260 297 1327 331"><i>Rev</i></th> <th data-bbox="1327 297 1439 331"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1260 338 1327 369">F0</td> <td data-bbox="1327 338 1439 369">20/06/2011</td> </tr> </tbody> </table> | <i>Rev</i> | <i>Data</i> | F0 | 20/06/2011 |
| <i>Rev</i> | <i>Data</i> | | | | | | |
| F0 | 20/06/2011 | | | | | | |

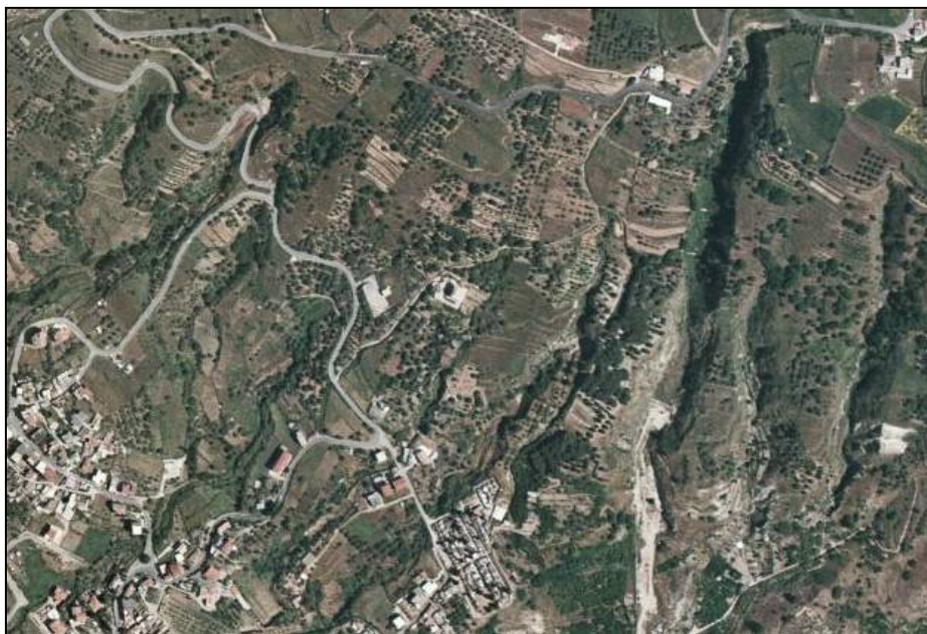


Fig. 13



Fig. 14

Con specifico riferimento alle opere in sotterraneo, le condizioni di pericolosità più significative in relazione alle opere da realizzare sono comunque concentrate lungo tutta la scarpata compresa tra il fiume S. Trada e la zona di imposta dell'opera principale; in particolare, gli imbocchi lato nord delle rampe C e A ed i relativi tracciati sono previsti in tratti di versante caratterizzati dalla

| | | | |
|---|---|---|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

presenza di diversi fenomeni franosi e – più in generale – da dissesti legati a processi di degradazione ed erosione/trasporto ad opera delle acque incanalate.

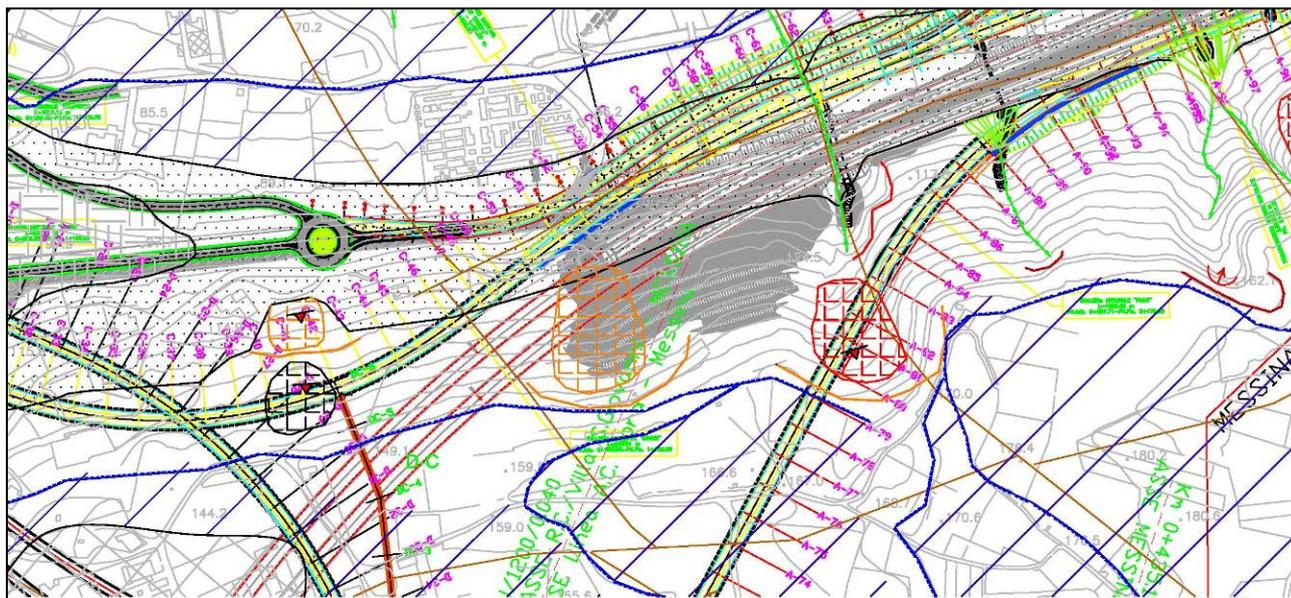


Fig. 15. Stralcio della Carta geomorfologica della Calabria, dove si evidenziano le interferenze tra movimenti franosi ed opere di progetto.

Infatti, sebbene come evidenziato dalla stessa fig. 15 i tracciati delle rampe sopra menzionate non interagiscono direttamente con i corpi di frana riconosciuti e cartografati (distanza planimetrica dagli imbocchi dei tratti in sotterraneo o passaggio sotto coperture relativamente alte), è da considerare che la realizzazione delle opere di progetto comporterà una variazione degli stati tensionali agenti sulla scarpata potenzialmente in grado di indurre deformazioni che si traducono in riattivazioni e/o attivazioni di fenomeni franosi. A tale proposito si segnala pertanto la necessità di prevedere un piano di monitoraggio per controllare la risposta deformativa del versante rispetto alla variazione degli stati tensionali indotta dalla realizzazione delle opere. In tal senso sarà possibile operare tramite l'installazione, ad esempio, di strumentazione di monitoraggio topografico e geotecnico da posizionare nei punti più significativi del versante. In particolare, a titolo di esecè possibile ipotizzare la costruzione di un sistema di monitoraggio integrato che prevede:

- l'installazione di tubi inclinometrici in corrispondenza delle opere di imbocco ed in prossimità delle frane già note e cartografate;
- il posizionamento di una rete di mire ottiche per il controllo periodico o continuo tramite stazione totale degli eventuali spostamenti.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

Infine, si segnala che per una corretta gestione ed interpretazione dei dati di monitoraggio è raccomandabile di prevedere un funzionamento della rete:

- in fase *ante operam* (monitoraggio conoscitivo) per valutare l'effettivo stato di attività dei principali movimenti franosi;
- in fase di esecuzione dei lavori per valutare entità e tassi degli eventuali spostamenti e comprendere le relazioni con la fessistica delle lavorazioni;
- in fase *post operam* per verificare l'evoluzione dei dissesti eventualmente attivati o riattivati e valutare l'idoneità delle contromisure messe in opera in fase di realizzazione.

Per quanto riguarda il confronto con i dati del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Calabria, si rileva che tra i dissesti ivi riportati se ne distinguono ben pochi potenzialmente interferenti con le opere di progetto e peraltro già riportati con maggiore dettaglio nella carta geomorfologica allegata al Progetto Definitivo (figg. 16, 17 e 18).

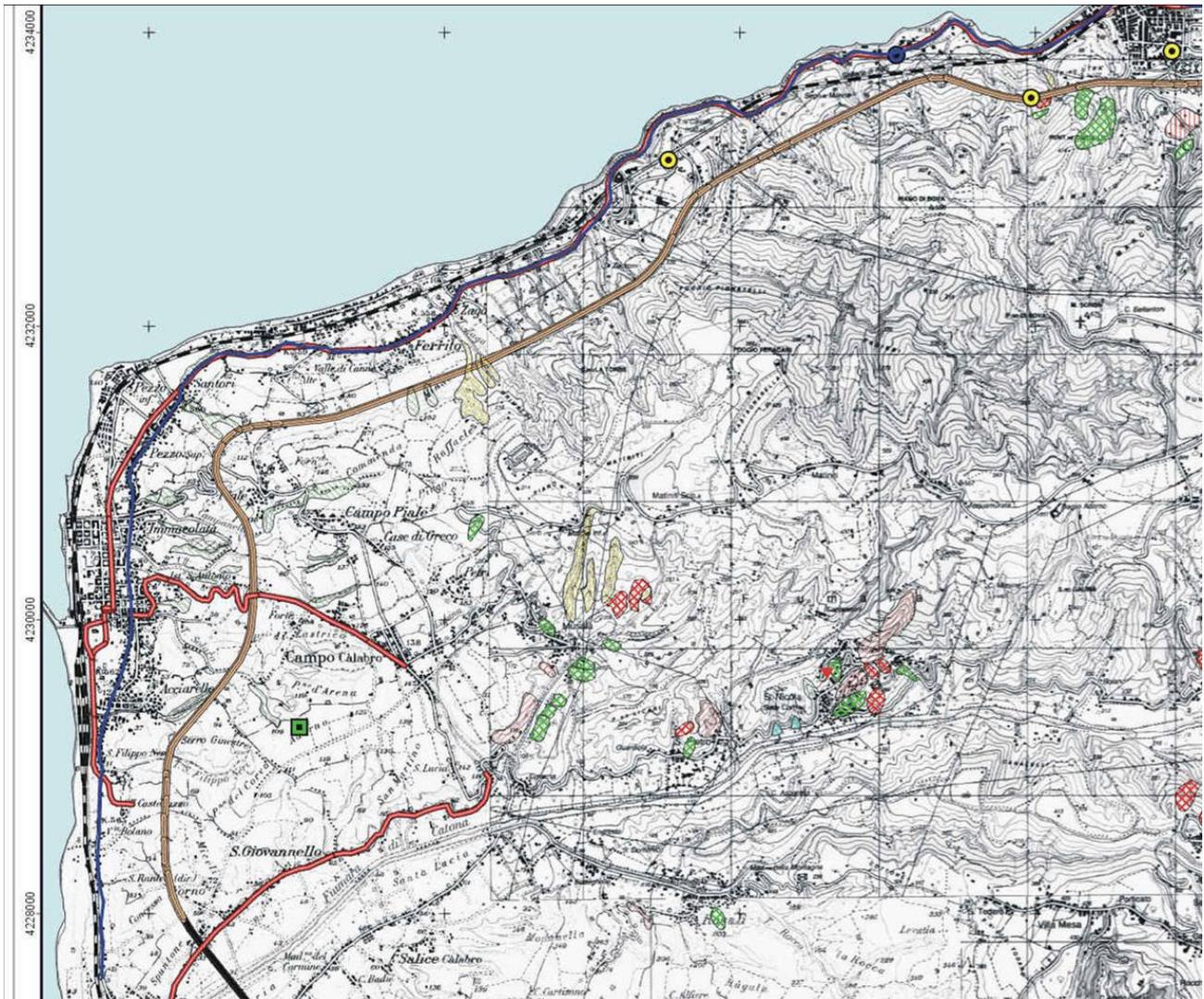


Fig. 16: Stralcio della Tavola 15.3-T47 della Carta Inventario delle frane relative alle infrastrutture ed ai beni culturali ed ambientali, allegata al P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

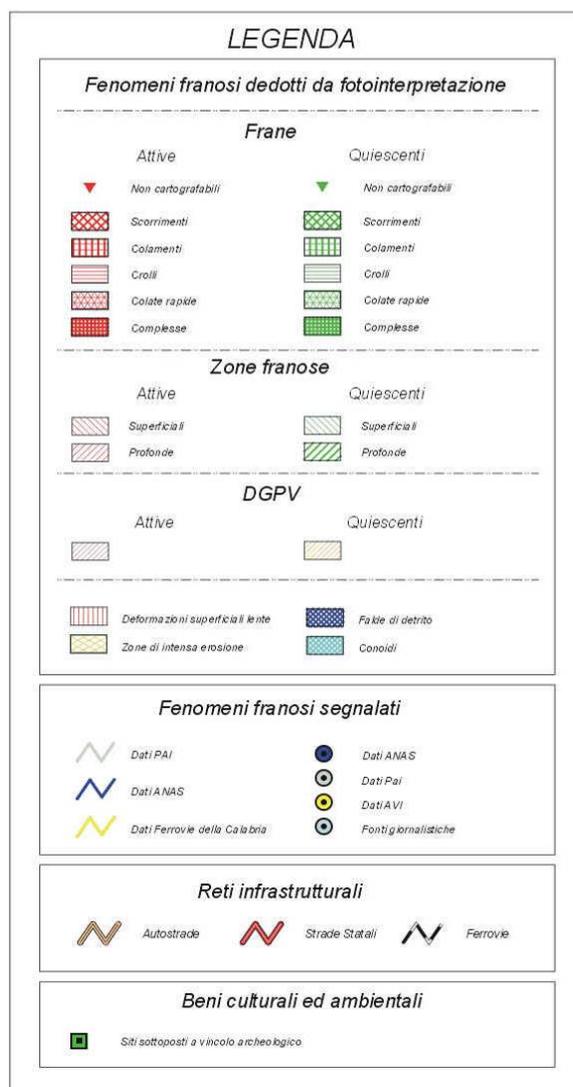


Fig. 17: Legenda della Tavola 15.3-T47 della Carta Inventario delle frane relative alle infrastrutture ed ai beni culturali ed ambientali, allegata al P.A.I. dell'Autorità di Bacino della Regione Calabria.

| | | | | |
|---|---|---|------------------|---------------------------|
|  |  | Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO | | |
| CARTA DEI DISSESTI – RELAZIONE GENERALE | <i>Codice documento</i> CB0080_F0.doc | | <i>Rev</i> F0 | <i>Data</i> 20/06/2011 |

5 Riferimenti bibliografici

- **Autorità di Bacino Regione Calabria (2001)**. Piano di Assetto Idrogeologico, disponibile online sul sito: http://88.41.139.87/PAI/Home/html/Pai_home.htm.
- **UNESCO Working party on Landslide Inventory (1993)**. A suggested method for describing the activity of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology 47, 53-58.