

Geologi di Sicilia

Bollettino dell'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia

Spedizione in abbonamento postale 70% - Filiale Palermo / ISSN 2038-2863



Anno XIX
Settembre-Dicembre 2011

3

Anno XIX - n. 3
Settembre-Dicembre 2011

Direttore editoriale
Pietro Todaro

Direttore responsabile
Nicola Lo Bue

Redazione
Pietro Todaro, Carlo Cassaniti,
Emanuele Doria, Antonio Gallitto.

Segreteria
Giusy Lo Presti

Comitato dei Garanti
Rosa Silvia Cannavò, Carlo Cassaniti,
Francesco Criscenti, Saro Di Raimondo,
Emanuele Doria, Antonio Gallitto,
Corrado Ingallina, Giovanni Noto,
Salvatore Palillo, Antonella Parrinello,
Vincenzo Pinizzotto, Biagio Privitera,
Pietro Todaro, Roberto Torre,
Fabio Tortorici.

Referenti Scientifici ed Esperti
Valerio Agnesi, Eros Aiello,
Aurelio Aureli, Giovanni Bruno,
Fabio Cafiso, Mario Cosentino,
Pietro Cosentino, Sebastiano Imposa,
Fabio Lentini, Vincenzo Liguori,
Giuseppe Montana, Giuseppe Patanè,
Giovanni Randazzo, Attilio Sulli,
Francesco Schilirò.

**Direzione, Redazione,
Amministrazione e Pubblicità**
Ordine Regionale dei Geologi
90144 Palermo - Via Lazio, 2/A
Tel. 091.6269470 - Fax 091.6269471
www.geologidisicilia.it
info@geologidisicilia.it

Editore
Scientific Books di G. Cafaro
90127 Palermo - Via L. Giuffrè, 52
Tel./Fax 091.6512048
E-mail: info@medicalbooks.it

Progetto grafico e fotocomposizione
Aldo Priulla - Palermo

Stampa
Euroservice Punto Grafica p.soc.coop.

Concessionaria Pubblicità
Scientific Books di G. Cafaro
90127 Palermo - Via L. Giuffrè, 52
Tel./Fax 091.6512048
E-mail: info@medicalbooks.it

SOMMARIO

- 2-3** **Editoriale / Professioni liberali e liberi professionisti, quale futuro?**
di Emanuele Doria
- 4-14** **Fenomeni erosivi lungo il litorale di Marina di Butera (CL), Sicilia Centro-Meridionale**
di C. Martino - E. Curcuruto - A. Di Stefano - C. Monaco - A. Zanini
- 15** **Embricitura automobilistica**
di G. Randazzo
- 16-27** **Un approccio integrato allo studio delle "argille ceramiche" della Sicilia Centrale e Occidentale**
di G. Montana - A. Sulli - A.M. Polito - A. Caruso - E.M. Azzaro
- 28-46** **Stima della pericolosità potenziale al dissesto idrogeologico nella provincia di Messina: valutazione preliminare**
di F. Nigro - A. Pisciotta - M. Perricone - R. Favara
P. Renda - G. Cusimano - F. Torre
- 47** **Recensioni / Abbiamo letto per voi**
a cura di P. Todaro
- Inserto speciale**
Glossario sintetico geologico, sismico, geotecnico e strutturale, di riferimento alle NTC 2008
a cura di Pietro Todaro



La copertina:

I monoliti granitici delle Torri del Paine (3050 m), modellati dall'erosione glaciale, Regione Magellana e Antartide cilena.
(Foto di Pietro Todaro)



PROFESSIONI LIBERALI E LIBERI PROFESSIONISTI, QUALE FUTURO?

Si fa un gran parlare in questi giorni di liberalizzazione delle professioni, con interventi autorevoli e scontri dialettici tra esponenti del governo passato e presente e rappresentanti delle professioni liberali, cioè quelle definite ai sensi della Direttiva 2005/36/CE del 7 settembre 2005: *le professioni liberali sono quelle praticate sulla base di pertinenti qualifiche professionali in modo personale, responsabile e professionalmente indipendente da parte di coloro che forniscono servizi intellettuali e di concetto nell'interesse dei clienti e del pubblico.*

La definizione europea è perfettamente calzante con l'art. 1 del nostro Codice Deontologico, ed in Italia le professioni liberali hanno da sempre rappresentato il fulcro di una società fondata sulla specializzazione della conoscenza, la competenza che si rafforza con l'esperienza, articolazione di un sapere, stratificato nel tempo, teso alla realizzazione dei desideri ed alla copertura dei bisogni dell'intera collettività.

È indubbio che lo spirito delle liberalizzazioni miri a sviluppare regimi concorrenziali a favore dei consumatori e facilità di accesso ai giovani, e sui principi generali, come cittadini dell'Unione Europea concordiamo, ma quello che non è possibile accettare sono le affermazioni di tutti i recenti governi, compreso quello attuale, che uno dei principali problemi della crisi dell'Italia e della recessione siano i professionisti e le tariffe professionali, già demolite da Bersani ma adesso additate come freno dello sviluppo, certo se pensiamo che quella dei geologi risale al '96, altro che freno...

Occorre inoltre sottolineare, evidenziare e gridare a gran voce, che la concorrenza tra professionisti a favore del consumatore, soprattutto nel ramo tecnico, deve essere condotta sulla qualità della prestazione, che ha una logica ripercussione sul prezzo, perché è ovvio che nessun consumatore di servizi tecnici intellettuali, possa essere alla fine soddisfatto di aver pagato poco per la progettazione quando la villetta cominci a presentare cedimenti e difetti progettuali dopo pochi anni o venga coinvolta da una frana, abbia la fossa Imhoff sottodimensionata e via dicendo; fermo restando la possibilità di rivalsa sui tecnici, la cui responsabilità civile e penale permane a vita e potrebbe non bastare l'assicurazione professionale obbligatoria.

Ma vediamo di analizzare fatti concreti: nel 2003, uno studio commissionato dalla Commissione Europea dal titolo "L'impatto economico della regolamentazione nel settore delle professioni liberali in diversi Stati membri - La regolamentazione dei servizi professionali", poneva l'attenzione sulle differenze delle professioni relative ai servizi legali, contabili, tecnici e delle farmacie nei vari paesi dell'Unione, ma per stessa ammissione degli autori con pochi dati riguardanti i redditi, i costi ed i prezzi. Ovviamente la professione di geologo non era compresa in questo studio, vista anche la nostra esigua consistenza a livello europeo. Le conclusioni cui giungeva lo studio affermavano che *"Non ci sono pertanto motivi per mettere in dubbio l'elevata qualità e il valore sostanziale degli attuali servizi professionali, a prescindere dal livello di regolamentazione, sia esso basso o elevato"*. Tuttavia *"le strategie miranti ad introdurre un minore livello di regolamentazione che funzionano in uno Stato membro possono ugualmente funzionare in un altro, senza compromettere la qualità dei servizi professionali e apportando benefici per i consumatori"*.

L'approccio demagogico con cui si vuole giustificare una volontà europea di liberalizzazione, trovava così scarso fondamento sin dall'inizio. L'Europa sulle liberalizzazioni ha diversi principi ispiratori come già confermava l'obbligo dell'aggiornamento professionale sancito dal Consiglio Europeo a Lisbona nel 2002 ed immediatamente applicato dal Consiglio Nazionale dei Geologi, cui si aggiungono ulteriori evidenze come la decisione della Corte di Lussemburgo che ha stabilito che ai Paesi membri è consentito di dotarsi delle tariffe che vogliono, il fatto che in Germania le tariffe professionali siano state reintrodotte, o il pronunciamento della medesima corte europea sul caso specifico degli avvocati nel quale ad avviso dei giudici Ue *"la disciplina italiana sugli onorari presenta una flessibilità che sembra permettere il corretto compenso per qualsiasi tipo di prestazione"*, e la Commissione *"non ha dimostrato che le norme italiane sulle tariffe massime degli avvocati ostacolano l'accesso dei legali di altri Stati membri nel mercato italiano"*.

Il mondo professionale svolge nel sistema economico e sociale del nostro Paese un ruolo fondamentale non solo sul piano culturale ma anche su quello economico, rappresentando circa il 15% del P.I.L. nazionale. Su questa fetta di mercato, ormai da alcuni anni, prima in sordina, poi in maniera sempre più evidente fino alle attuali esplicitazioni, si sono concentrati i forti appetiti del settore imprenditoriale, senza mezzi termini Confindustria, che, come dichiarato più volte dai suoi massimi esponenti, mira alla capitalizzazione dei servizi intellettuali ed in particolar modo di quelli attinenti l'ingegneria e l'architettura e che ha già ottenuto un grosso successo con l'ingresso del socio di capitali nelle società di professionisti (senza limitazioni al possesso di quote) varato dal precedente governo.

Ma alla realizzazione completa di questo progetto c'è un ostacolo, gli Ordini Professionali, non semplici associazioni di categoria o *lobbies* ma istituzioni dello Stato che per finalità istituzionale tutelano il libero professionista così come il consumatore (anche se noi preferiamo chiamarlo cittadino), ostacoli quindi non facilmente eliminabili, come si è finalmente capito dopo qualche patetico e confuso tentativo legislativo. La direzione verso cui sta andando la bozza di decreto legge sulle liberalizzazioni, stante l'ultima versione divulgata, è quindi quella di svuotare di ogni significato l'attività degli Ordini, così come si evince chiaramente dalla segnalazione dell'antitrust al Governo in cui l'Autorità ritiene *"al fine di completare il processo di modernizzazione già avviato e consentire ad esso di svolgere un ruolo adeguato di sostegno alla crescita nel Paese, risulta necessario introdurre le seguenti misure"*: 1) abolizione espressa di qualsiasi forma di tariffario; 2) esclusione della funzione disciplinare in capo agli Ordini; 3) limitazione dei poteri dei Consigli degli Ordini alla fissazione di requisiti minimi dei corsi

di formazione, senza alcuna necessità di autorizzazioni o riconoscimenti preventivi, prevedendo forme di auto-dichiarazione da parte degli organizzatori con meri controlli a campione; 4) revisione della pianta organica dei notai in modo da aumentare significativamente il numero dei posti di notaio ivi previsti; 5) abrogazione del controllo, da parte degli ordini professionali, sulla trasparenza e veridicità dei messaggi pubblicitari veicolati dai professionisti.

Comprendiamo tutti la necessità di sviluppare un regime maggiormente concorrenziale e che non sia limitante nelle possibilità di accesso, ma ribadiamo che questo processo debba mirare ad elevare la qualità delle prestazioni intellettuali, non incentivare ulteriormente la concorrenza sleale, i rapporti economici in nero e lo scadimento dei contenuti, abbiamo già i casi di 3x2 nelle prestazioni geologiche e francamente lo riteniamo lesivo della dignità di tutti i colleghi.

Ritengo che la funzione sociale e la dimensione economica delle libere professioni rendano ineludibile una concertazione con le stesse di ogni possibile ipotesi di riforma.

Una faziosa concezione delle professioni liberali, dietro il paravento illusorio delle liberalizzazioni, tende solo alla industrializzazione dei professionisti italiani, riservando loro la stessa fine che i grandi centri commerciali hanno riservato alle botteghe ed ai piccoli negozi.

Finchè esisteranno gli Ordini, continueremo nella battaglia di salvaguardare non privilegi di corporazione (noi geologi vorremmo anche chiederci quali), ma le giuste aspettative professionali ed economiche di chi ha investito in anni di studio per la realizzazione del proprio personale sogno.

Con un cordiale augurio di buon lavoro a tutti Voi.

Emanuele Doria

Presidente Ordine regionale Geologi di Sicilia



FENOMENI EROSIVI LUNGO IL LITORALE DI MARINA DI BUTERA (CL), SICILIA CENTRO-MERIDIONALE

C. Martino*, E. Curcuruto°, A. Di Stefano*, C. Monaco*, A. Zanini*

* Dipartimento di Scienze Biologiche Geologiche e Ambientali (Sezione di Scienze della Terra) - Università di Catania

° Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Modena e Reggio Emilia - Sede di Modena

RIASSUNTO Il presente lavoro riguarda lo studio geomorfologico e l'analisi del *trend* evolutivo della fascia costiera ricadente nel territorio comunale di Butera (provincia di Caltanissetta), per la definizione dei processi erosivi localmente rilevanti e la proposizione di una efficace protezione del litorale, da inserire nel contesto di una gestione consapevole e sostenibile della fascia costiera. Il litorale di Marina di Butera, orlato dall'alternanza di coste alte a falesia, da spiagge sabbioso-ghiaiose e da cordoni dunali mostra chiari segni di erosione, la cui risposta è stata analizzata tenendo conto delle cause scatenanti. Tale erosione, chiaramente constatabile lungo le spiagge, non è compensata né dalla deriva litorale, né dall'apporto dei materiali derivanti dai franamenti e sgretolamenti delle falesie adiacenti. Tra le cause è da segnalare la diminuzione degli apporti solidi da parte del Fiume Salso e la realizzazione di opere antropiche che hanno alterato la dinamica litorale. In particolare, l'eccessivo allungamento delle dighe del porto di Licata ha bloccato la deriva litorale privando le spiagge sottoflutto dell'apporto sedimentario, mentre lo spianamento di tratti del cordone dunale per la realizzazione di strutture turistiche e seconde case ha privato la spiaggia del suo naturale serbatoio di sedimenti, aumentando lo stress costiero.

PAROLE CHIAVE: Sicilia centro-meridionale, dinamica litorale, erosione costiera.

ABSTRACT This paper presents the geomorphological study and the evolutionary trend analysis of the coastal area falling within the Butera territory (province of Caltanissetta), carried out with the aim of highlighting the most relevant erosional processes and in the attempt to propose efficient tools for protecting the littoral area in the framework of a conscious and sustainable administration of the coastal areas. The littoral of Marina di Butera, characterized by alternating cliffs, sandy-gravelly beaches and dunal sand bars, is clearly undergoing erosional processes. These have been analysed paying particular attention to the motivating factors. The erosion is particularly evident along the beaches and it is not compensated neither by littoral drift, nor by sediment supply deriving from landslides or eroded fragments from the cliffs. Among the causes is to report the reduction of solid contribution by the Salso River and the building of manufactures that have modified the littoral dynamics. In particular, the extreme lengthening of the docks of the Licata harbour blocked the sediments supplies to the breakwater beach; moreover, the building of tourist facilities and holiday houses destroyed portions of the dunal sand bars, a natural reserve of sediments for the beach, increasing the coastal stress.

KEYWORDS: Central-southern Sicily, littoral dynamics, coastal erosion.

INTRODUZIONE

L'erosione costiera si può definire come l'avanzamento del mare rispetto alla linea di costa, rilevata su un periodo di tempo sufficientemente lungo da tenere nel giusto conto la dinamica sedimentaria, risultato di fattori sia naturali (venti, mareggiate, correnti costiere, variazioni relative del livello del mare e processi di versante) che antropici (opere di ingegneria costiera, regimazione dei bacini fluviali, dragaggi, rimozione della vegetazione).

Le zone costiere sono di particolare importanza per l'intero territorio, sia dal punto di vista sociale, poiché sede delle principali attività economiche, fonte di ricchezza per le realtà locali, che ambientale per la presenza di *habitat* naturali, spesso utilizzati come indicatori dello stato di salute della costa stessa.

La Sicilia possiede oltre 1000 km di costa, che nel corso degli anni, ha subito sostanziali cambiamenti poiché soggetta ad una eccessiva antropizzazione e sfruttamento delle risorse. La gestione della fascia costiera, intesa come approccio programmato e sostenibile dello sfruttamento delle coste, trova nell'erosione una seria problematica da fronteggiare e pertanto

mira a ricercare un punto di equilibrio sostenibile tra i fattori insediativi e produttivi locali, marittimi e terrestri di forte pressione e i fattori naturali presenti. Di certo l'approccio a tale problematica non può prescindere da un'analisi iniziale che tenga in considerazione il contesto geologico e l'assetto geomorfologico, principali induttori delle trasformazioni territoriali.

L'area in esame (fig. 1) è ubicata lungo la fascia costiera della Sicilia centro-meridionale, nel settore occidentale del Golfo di Gela, tra Punta delle Due Rocche, al confine tra le province di Agrigento e Caltanissetta, e la foce del Torrente Comunelli, limite comunale tra i territori di Butera e Gela (provincia di Caltanissetta). Essa ricade in area sottoposta a vincolo paesaggistico per l'art. 142 D.L. 42/04 e per l'art. 157/06 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio della Regione Siciliana: i sopra citati articoli pongono a vincolo di tutela le aree fino a 300 m dalla linea di battigia. Inoltre l'art. 78 L.R. del 12/06/1976 dichiara le aree entro i 150 m dalla linea di battigia inedificabili. In aggiunta, il tratto costiero compreso tra le zone di "Falconara" (Butera) e "Manfria" (Gela) risulta essere un S.I.C. (Sito di Interesse Comunitario), in quanto occupato dagli ultimi cordoni dunali della Sicilia meridionale



Fig. 1 - Ortofoto con ubicazione dell'area investigata

(Macconi di Desusino); inoltre sono state dichiarate zone di notevole interesse pubblico il tratto presso la località di Manfria, con decreto n° 15 del 21 Gennaio 1987, e il Castello di Falconara e le adiacenze in territorio di Butera con Decreto n° 1431 del 9 Luglio 1988. Questo tratto costiero, esteso per circa 20 Km, ricade nell'Unità Fisiografica Punta Braccetto-Licata (PAI, 2004) caratterizzata da coste basse e sabbiose, soggette ad arretramento a causa della forte esposizione al moto ondoso e della presenza di insediamenti urbani e agricoli che hanno occupato gli spazi degli antichi cordoni dunali, un tempo presenti lungo quasi tutto il litorale (PAI, 2004). A partire dagli anni '60, l'area è stata soggetta ad un aumento dei tassi di erosione (Brambati et al., 1992), correlabile con l'inizio degli interventi di regimazione del Fiume Salso, il completamento del porto di Licata e il boom edilizio.

Il presente articolo illustra i risultati dei rilievi effettuati nell'Ottobre 2010, corredati da analisi sedimentologiche, nonché la ricostruzione storica del trend evolutivo della linea di costa, a partire dagli anni '60. È stata inoltre valutata l'incidenza di strutture antropiche sulla dinamica litorale e la loro influenza sullo stress costiero.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico il settore occidentale del Golfo di Gela, tra Licata e Manfria (fig. 1), è caratterizzato da coste basse e sabbiose, esposte prevalentemente a sud, interrotte dagli spuntoni rocciosi di Punta delle Due Rocche e Falconara. Lungo questo

tratto di costa sfociano diversi corsi d'acqua, quali il Fiume Salso o Imera meridionale e i Torrenti Falconara, Cantigaglione e Comunelli, i cui apporti solidi al litorale, ad eccezione dei periodi di piena, sono attualmente modesti. Gli apporti maggiori sono da parte del fiume Salso, il cui apparato fociale è ubicato poco ad est del porto di Licata.

Il bacino idrografico del Fiume Salso, esteso in direzione N-S, copre una superficie di circa 2000 km² (Regione Siciliana, 2006a); la lunghezza dell'asta principale è di 132 km e la parte bassa, caratterizzata da meandri, scorre entro alluvioni terrazzate alte più di 10 m rispetto all'attuale letto, livello di base di un ciclo morfogenetico più antico. Le stazioni idrometriche nel bacino del Fiume Salso, funzionanti a partire dal 1922, sono tre, la più importante delle quali è ubicata in località Drasi. La stazione, posta a 56 m s.l.m. a circa 34 Km dalla foce del Fiume Salso, sottende un bacino di circa 178,2 Km² con altitudine media di 586 m s.l.m. Nella medesima località ha inoltre funzionato, dal 1964, una stazione torbidometrica per la misura delle portate solide. Dodici anni di osservazioni (1964-1975) rivelano una portata solida media di 885 T/Km² e una portata massima di 3.380 T/Km². Le piene si registrano tra i mesi di Novembre e Aprile, con oltre il 90% dei deflussi, ai quali si accompagnano le più elevate portate torbide (Regione Siciliana, 2006b). Dai valori del trasporto solido registrati nei pressi della foce del Salso e dalle caratteristiche tessiturali dei sedimenti, risulta che il carico solido in sospensione è prevalentemente pelitico, e si disperde verso il largo sotto forma di *plume*, ad opera delle correnti sia litoranee che trasversali. Solo il 10% del materiale depositato

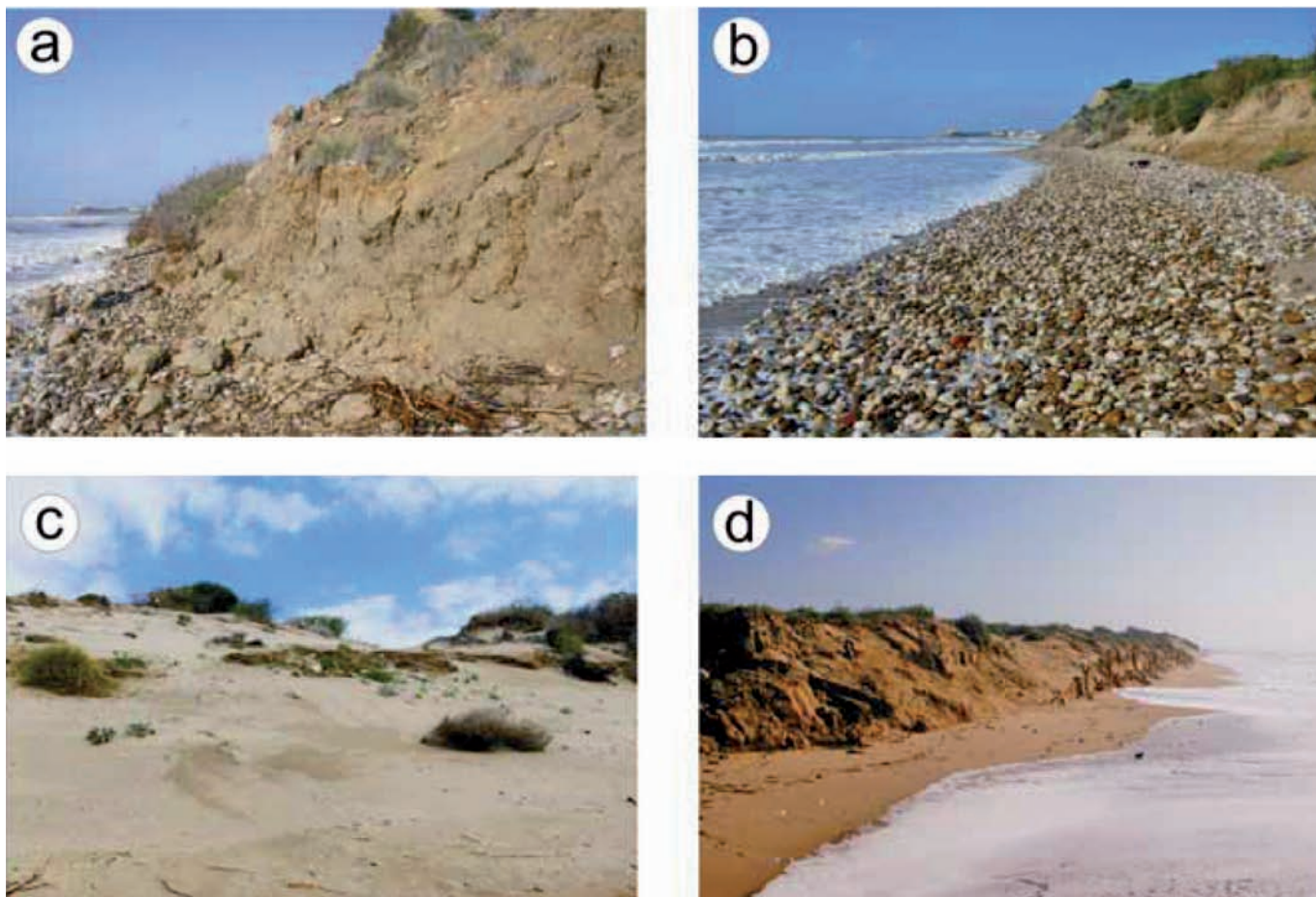


Fig. 2 - Habitat geomorfologici caratterizzanti il litorale di Marina di Butera: a) falesia in erosione tra il Castello di Falconara e Desusino; b) spiaggia ciottolosa poco ad ovest di Desusino; c) spiaggia sabbiosa con dune embrionali ad est di Desusino; d) particolare del duneto soggetto ad erosione costiera.

alla foce è costituito da sabbie, che possono contribuire al bilancio sedimentario del litorale; inoltre negli ultimi decenni la diminuzione del trasporto solido fluviale è stato dell'ordine del 5% (ENEA, 2006). Ciò a causa della costruzione nel bacino dell'Imera Meridionale di invasi per uso irriguo o idropotabile che trattengono parte del trasporto solido (dighe di Villarosa in funzione dal 1972, di Olivo e Gibbesi in funzione dalla fine degli anni ottanta), di interventi di bonifica lungo il corso d'acqua e la costruzione di numerosissimi imbrigliamenti lungo i torrenti-affluenti del Salso e, infine, del prelievo di materiali inerti lungo l'alveo.

Oltre alle foci fluviali, gli *habitat* geomorfologici più frequenti sono rappresentati dalle falesie (Fig. 2a), soggette per la loro natura litologica a intensi processi erosivi, le spiagge sabbioso ghiaioso-ciottolose (fig. 2b) con frequenti *mud balls* costituiti da argilla e litoclasti inglobati e, infine, le dune con vegetazione costiera (fig. 2c), localmente degradate dall'erosione marina (fig. 2d). Le falesie, ad alto valore ecologico e presenti nel tratto di costa alta compreso tra il Castello di Falconara e Desusino (fig. 1), si trovano in una condizione di diffuso disequilibrio, legato alla direzione dei venti rispetto alla linea di costa, alla litologia pre-

valentemente pelitica e alla giacitura degli strati. Esse presentano vistosi fenomeni di arretramento, con estesi e ricorrenti fenomeni di crollo per scalzamento al piede. La spiaggia di Marina di Butera, tra Desusino e il Torrente Comunelli, è costituita da sedimenti prevalentemente sabbiosi e presenta al suo interno un cordone dunale di rara bellezza e in buone condizioni di naturalità. In alcuni tratti esso è stato spianato per far posto a seconde case, parcheggi, complessi turistici e impianti di serricoltura, senza tener conto dell'importante contributo delle dune al bilancio sedimentario delle spiagge.

Dal punto di vista anemometrico (Stazione dell'Aeronautica Militare di Gela), il tratto costiero è caratterizzato da venti regnanti, che spirano da NW e da SE, e da venti dominanti, da SSW, SW e W. Anche alla loro azione si deve il profilo costiero e la morfologia della spiaggia emersa, con dune longitudinali con il fianco sopravento meno inclinato rivolto ad ovest, e *ripples* da corrente orientati secondo i venti di ponente. I venti di libeccio trasportano modeste quantità di sedimenti eolici, costituiti da sabbie fini di provenienza africana, depositandoli sulla spiaggia sommersa caratterizzata da barre e truogoli (Brambati et al., 1992).

La corrente sotto-costa (*drift*) è orientata da ovest verso est, con un moto ondoso prevalente da SW (Amore et al., 1998). I fondali antistanti l'intero tratto costiero sono fondali roccioso-sabbiosi fino ad una distanza di 200 m dalla costa; la spiaggia sommersa presenta una morfologia a barre, con strutture fino al secondo ordine e un'ampiezza massima di 400 m. Le pendenze medie dei profili, tra la battigia e l'isobata - 5 m, sono comprese tra 0,45% e 0,76%.

Dal punto di vista geologico, l'area in esame ricade nel cosiddetto "Bacino di Caltanissetta" (Decima e Wezel, 1971), ampia area subsidente formatasi a partire dal Miocene, che occupa granparte del settore centro-meridionale della Sicilia. Il bacino è caratterizzato da estesi affioramenti di rocce terrigene ed evaporitiche che influenzano la morfologia costiera e condizionano i fattori di dissesto idrogeologico dell'area. I litotipi presenti nell'area in esame fanno parte infatti della successione sedimentaria, prevalentemente terrigena, compresa tra il Cretaceo e l'Attuale (fig. 3); Servizio Geologico d'Italia, 1955), intramezzata dalle evaporiti della ben nota crisi di salinità del Messiniano (Hsu et al., 1977). Tali depositi sono stati coinvolti nelle fasi tardive dell'orogenesi e deformati da un sistema di pieghe e ricoprimenti che hanno prodotto, durante il Plio-Pleistocene, la cosiddetta Falda di Gela (Grasso et al., 1997; 1998), lembo più esterno della Catena Appenninico-Maghrebide (*Auct.*), affiorante lungo l'allineamento Gela-Catania.

METODOLOGIA

Le variazioni della linea di costa dipendono principalmente da fattori naturali a medio e breve termine, in parte condizionati dall'antropizzazione della fascia costiera. La mobilità della spiaggia è valutabile su lassi di tempo relativamente brevi ed è legata a fattori quali le caratteristiche geologiche e geomorfologiche delle aree circostanti, le condizioni meteomarine, le portate dei corsi d'acqua ed il trasporto dei sedimenti lungo la costa.

Le condizioni del litorale in esame sono state rilevate nel mese di Ottobre 2010, conseguentemente alle prime mareggiate, mediante rilievo geomorfologico e strumentale tra Punta delle due Rocche e Marina di Butera; ciò ha consentito l'acquisizione di nuovi dati cartografici relativi all'attuale linea di costa, rilevata con GPS (*map datum* WGS84 e posizione UTM, Fuso 33) con tolleranza x,y +/- 0,50 m, e la realizzazione di profili morfologici trasversali, perpendicolari alla linea di riva, corredati da campioni di sedimento.

Al fine di fornire un quadro più completo del fenomeno erosivo del settore studiato, è stato ricostruito il *trend* evolutivo della linea di costa tra il porto di Licata e Manfria, attraverso l'esame di ortofoto, immagini da satellite e carte topografiche disponibili a partire dall'800, completando con l'inserimento della nuova linea di costa per l'anno 2010.

Per quanto riguarda il di campionamento, sono stati realizzati 7 transetti, denominati con i numeri progres-

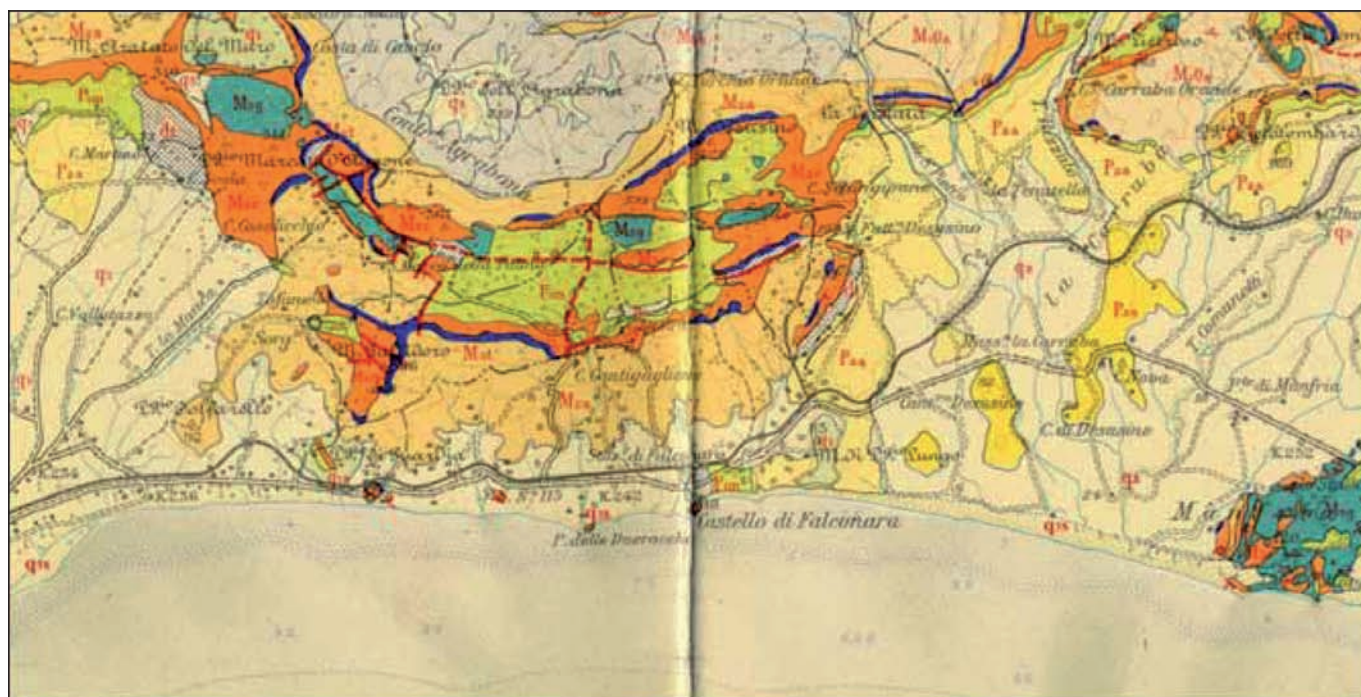


Fig. 3 - Carta geologica dell'area costiera compresa tra la foce del Fiume Salso e Manfria (da Servizio Geologico d'Italia, 1955). Sigle delle unità litologiche: Mab, argille brecciate e argille scagliose e varicolori, Cretaceo-Miocene inferiore; M2a, Formazione Licata, Miocene medio-superiore; M3t, Tripoli, Messiniano; M3c, Calcari di base, Messiniano; M3g, Gessi, Messiniano; P1m, Trubi, Pliocene inferiore; P2a, P3s, argille marnose grigio-azzurre con livelli sabbiosi, Pliocene medio-superiore; Q1, Depositi fluvio-costieri terrazzati, Pleistocene; Q3, Depositi alluvionali recenti ed attuali, Olocene; Q1e, Q3s, dune, dt, detrito.

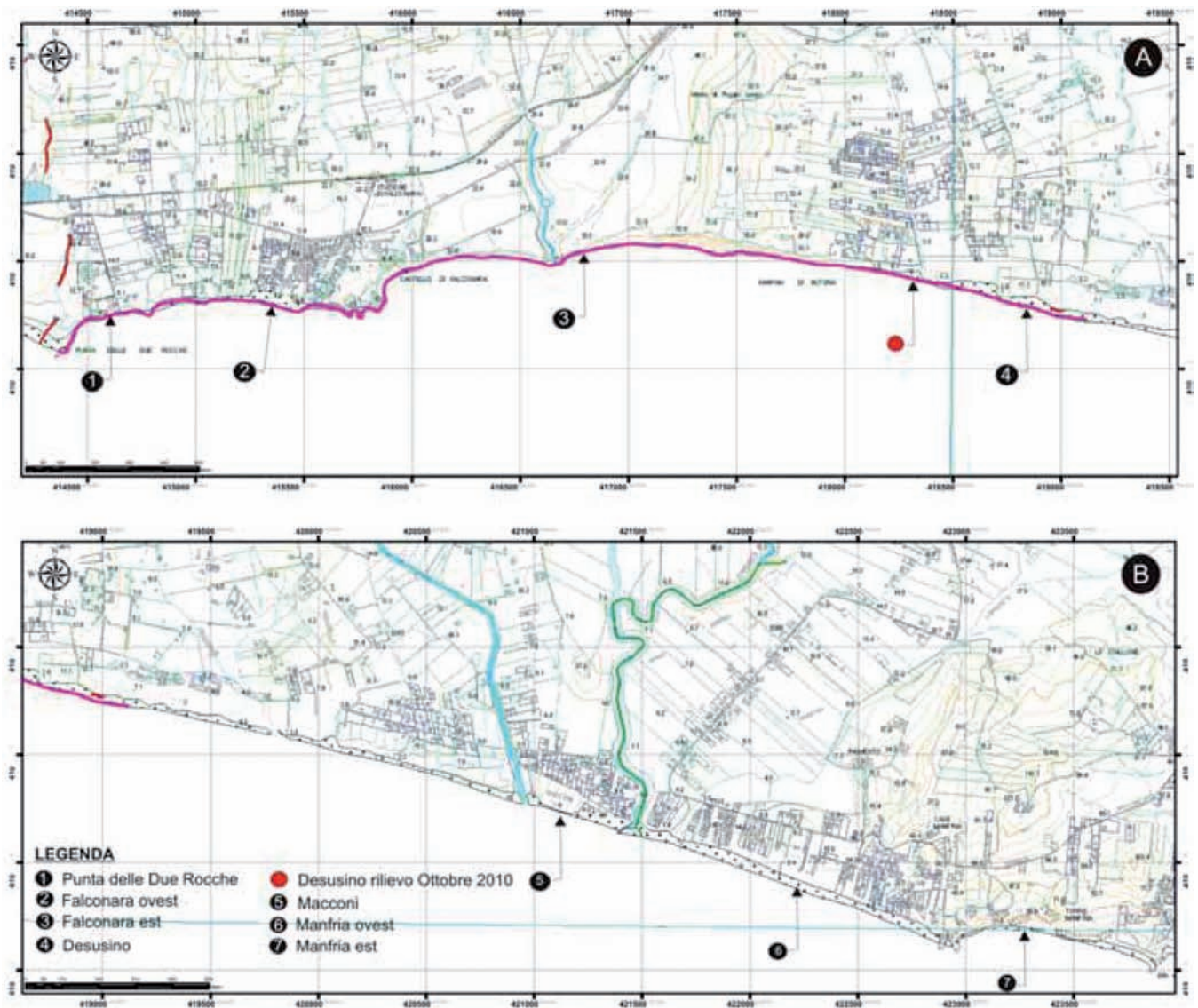


Fig. 4 - Ubicazione dei transetti e dei siti di campionamento eseguiti nell'area costiera analizzata (ubicazione in fig. 1).

sivi da 1 a 7 (fig. 4a, b), lungo i quali sono state posizionate le stazioni di campionamento, corrispondenti ai differenti elementi morfologici caratterizzanti la spiaggia emersa: battigia, gradino di battigia, berme e piede della duna. I transetti sono ubicati, da NW a SE, presso i seguenti siti: Punta delle Due Rocche (1), Falconara (2-3), Desusino (4), Macconi (5), Manfria, (6-7). I campioni prelevati sono stati trattati, secondo metodologie standard, con soluzione di perossido di idrogeno ed acqua distillata per 48 ore a temperatura ambiente, per eliminare la sostanza organica e facilitare la separazione dei granuli (ICRAM, 2003). La frazione $> 63 \mu\text{m}$ è stata vagliata tramite metodo diretto del setacciamento in pile di setacci in acciaio inox (serie ASTM USA), scelti in modo da costruire una serie da -1 a 4ϕ con un intervallo di 0.5ϕ ($\phi = -\log_2$ del valore in mm). Le frazioni raccolte in ogni setaccio sono state pesate ed i risultati espressi come % del peso recuperato in ogni setaccio. La frazione $< 63 \mu\text{m}$ è stata raccolta ad umido dentro contenitori in polietilene ed analizzata

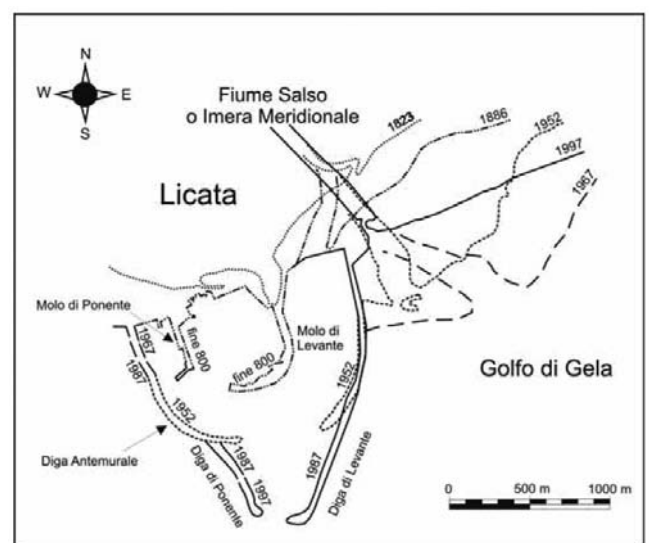


Fig. 5 - Ricostruzione temporale degli interventi di sistemazione e allungamento del Porto di Licata (ubicazione in fig. 1) e correlazione con la migrazione della linea di costa in prossimità della foce del Fiume Salso (mod. da Brambati et al., 1992).

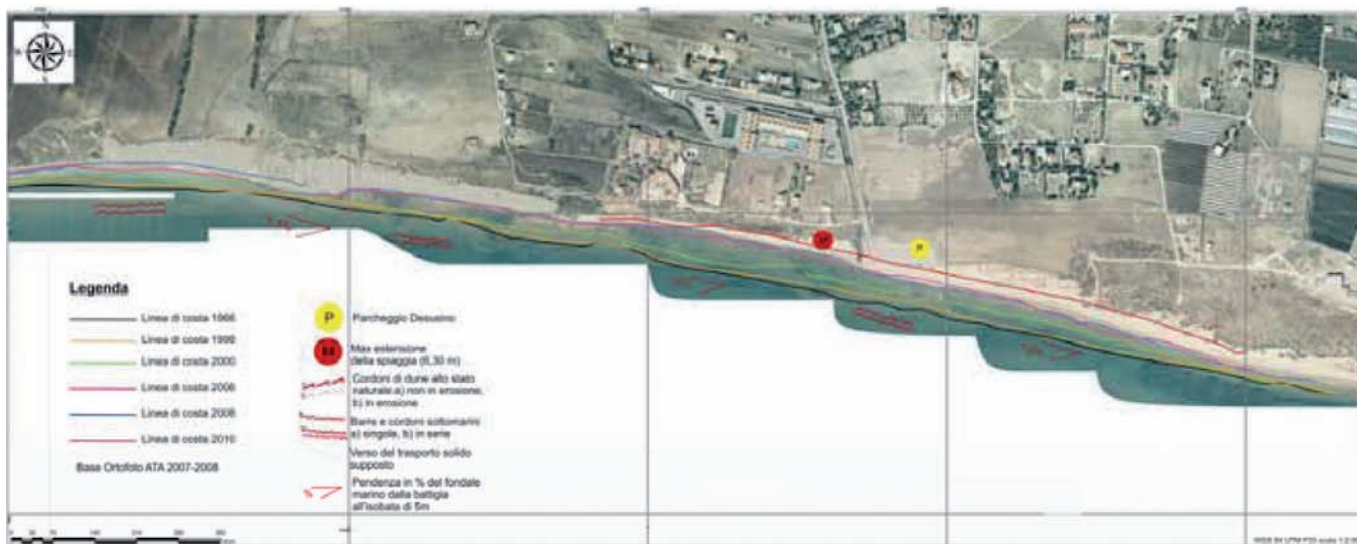


Fig. 6 - Ricostruzione del trend evolutivo della linea di costa nel tratto compreso tra Punta delle Due Rocche e Contrada Desusino (ubicazione in Fig. 1).

mediante l'utilizzo del granulometro ELZONE 282 PC. Dalle curve cumulative di ciascun campione, considerato in tutta la sua distribuzione granulometrica (Folk, 1954) sono stati ricavati i parametri statistici calcolati secondo il metodo grafico (Folk e Ward, 1957): diametro medio ($Mz \phi$), deviazione standard ($\sigma_{\phi 1}$), asimmetria (SK_1) curtosi ($KG \phi$).

Analisi del trend evolutivo della linea di costa tra il porto di Licata e Manfria

Il trend evolutivo del litorale in oggetto nel periodo compreso tra il 1823 e il 1960 è caratterizzato da un avanzamento della linea di costa, con velocità pari a 3 m/anno, nel periodo 1823-1886, e a 10 m/anno tra il 1886 e il 1952 (Brambati et al., 1992). A partire dagli anni '60 si osserva un inasprimento dei processi erosivi, con un arretramento della linea di costa di circa 300 m in prossimità della foce del Fiume Salso (fig. 5, mod. da Brambati et al., 1992) e di circa 60 m in prossimità della località Punta delle Due Rocche. L'erosione di questo tratto di litorale subisce un ulteriore incremento a partire dagli anni '90, quantificato attraverso l'elaborazione dei dati cartografici e delle immagini satellitari risalenti agli anni 1998, 2000, 2006-2007, 2007-2008, 2009, 2010 (fig. 6). In generale, si rileva che il trend erosivo che caratterizza il periodo 1966-1998 si accentua a partire dal 2000, in concomitanza dell'allungamento del molo di levante del porto di Licata, realizzato alla fine degli anni '90 (v. sotto), con conseguente deviazione delle correnti litoranee e della distribuzione dei sedimenti lungo la spiaggia.

Evoluzione nel periodo 1966-1998. Il confronto dei dati ottenuti dalle elaborazioni dei rilievi cartografici del 1966 e del 1998 e l'analisi delle ortofoto relative

agli anni 1988 e 1994, ha permesso di definire, nel tratto compreso tra Le Due Rocche e la foce del T. Comunnelli, un'ampiezza iniziale massima di circa 83 m, per poi passare, nel 1998, a circa 65 m, con un arretramento medio della linea di riva di 18,50 m.



Fig. 7 - Immagini satellitari, relative all'intervallo temporale 2001-2010, illustranti l'impatto del parcheggio Desusino sul tratto di spiaggia antistante (ubicazione in Fig. 6).

Evoluzione nel periodo 1998-2000. Si nota la prosecuzione dell'azione erosiva, con un ulteriore arretramento di circa 27 m, uniforme in tutto il tratto analizzato, fatta eccezione per un tratto costiero di circa 300 m, a est del parcheggio Desusino, dove è possibile notare una limitata azione di equilibrio della linea di costa rispetto a quelle del 1966 e 1998, imputabile probabilmente alla presenza di un esteso duneto.

Evoluzione nel periodo 2000-2006. Nel tratto di costa analizzato si osserva un arretramento nell'ordine di 43 m. Questa tendenza all'arretramento mostra che il *trend* erosivo, evidenziato per gli anni precedenti, continua con ritmo incalzante, ad eccezione del tratto interessato dal duneto, dove si registra un arretramento pari a circa 20 m.

Evoluzione nel periodo 2006-2008. In questo periodo il tasso di erosione sembra subire un rallentamento; infatti, il tratto costiero analizzato perde solo circa 8 m rispetto ai precedenti rilievi.

Evoluzione nel periodo 2008-2010. Il rilievo della linea di costa effettuato nell'Ottobre 2010, indica la prosecuzione dell'attività erosiva sul litorale in esame; in prossimità del parcheggio Desusino, costruito all'inizio del decennio. Tali fenomeni risultano accentuati, come testimoniato dal crollo, seppur parziale, della parte della struttura prospiciente la spiaggia, conseguentemente ad una mareggiata ordinaria. La ricostruzione storica delle immagini relative al parcheggio (fig. 7) mostra come il processo erosivo, già in atto durante la sua realizzazione, ne abbia causato la parziale distruzione a partire dall'autunno 2008. Poco ad ovest del parcheggio è stata misurata l'ampiezza massima della spiaggia, dal piede della duna alla battigia, che è risultata pari a 6,30 m. Essa presenta un arretramento di circa 20 m rispetto alla linea di costa rilevata nel 2008 e addirittura di oltre 76 m rispetto agli anni '60 (fig. 6).

Analisi granulometriche e statistiche dei campioni

Le analisi sedimentologiche, condotte su 25 campioni di sedimento (tab. 1), hanno consentito la caratterizzazione tessiturale del tratto analizzato, necessaria per la determinazione dello stato del litorale stesso. Il presupposto da cui si parte è che un tratto di litorale sottoposto a depauperamento subisce l'allontanamento delle frazioni granulometriche dimensionalmente meno stabili e conseguentemente il fuso granulometrico andrà ad assumere una elevata classazione e valori dell'asimmetria negativi, indice di arricchimento della componente più grossolana (Carobene e Brambati, 1975; Ferrari et al., 2004).

Le analisi granulometriche e dei principali parametri statistici (diametro medio, classazione, asimmetria e curtosi, Folk e Ward, 1957) indicano che i campioni esaminati hanno un diametro medio ricadente nel campo della sabbia da molto grossolana a fine (0-3 ϕ) e risultano ben classati, indice di una buona capacità selettiva del mezzo di trasporto (tab. 1). Inoltre, parallelamente al litorale, procedendo da Licata verso Manfreda (da NW a SE), il valore della classazione aumenta, perché si risente sempre meno dell'influenza di apporti solidi.

Riassumendo, è possibile stabilire le seguenti correlazioni tra i sedimenti e i vari elementi morfologici della spiaggia emersa:

- il gradino di battigia è costituito da sabbie medie e sabbie grossolane limitatamente ai siti di Punta delle Due Rocche e Falconara; l'asimmetria è negativa;
- la battigia è costituita da sabbie medie; l'asimmetria è negativa;
- lungo le berme si hanno sabbie comprese tra le medie e le fini; asimmetria pressoché negativa;
- le dune, dove presenti, sono costituite da sabbie fini; asimmetria positiva.

Le differenze granulometriche e di asimmetria nei diversi elementi della spiaggia ben si sposano con un modello di spiaggia in erosione (Dal Cin, 1968); infatti nel caso in esame battigia e berme sono prevalentemente costituite dalle frazioni sabbiose medie e grossolane, mentre le frazioni fini vengono facilmente asportate a causa dei fenomeni erosivi intensi.

I valori dell'asimmetria, non possono essere uniformati, poiché molto diversi tra loro, ma riescono a fornire un ulteriore dato: infatti i campioni che presentano un'asimmetria negativa, che indica la presenza di una coda di materiale grossolano, sono quelli prelevati lungo la battigia e le berme, più soggette all'opera selettiva del moto ondoso che allontana e disperde le frazioni più sottili.

I dati sedimentologici disponibili dalla letteratura per il litorale in studio (Amore et al., 1988), non presentano differenze di rilievo rispetto a quanto ottenuto nel presente lavoro. Durante i rilievi dell'Ottobre 2010 sono state individuate solo leggere variazioni tessiturali dei sedimenti, nel tratto compreso tra Punta delle Due Rocche e il parcheggio Desusino, localmente costituiti da sedimenti più grossolani, compresi nelle classi granulometriche da ciottoli piccoli a ciottoli grandi (Folk e Ward, 1957), affioranti dalla battigia fino al piede della falesia retrostante. Tale segnalazione può essere interpretata come un fenomeno strettamente temporale, dovuto alle violente mareggiate che hanno deposto frammenti grossolani eterometrici e asportato e disperso le frazioni fini.

Tab. 1 - Risultati delle analisi sedimentologiche condotte sui campioni prelevati lungo il tratto di costa tra Punta delle Due Rocche e Manfredia (ubicazione in Fig. 4a,b).

LOCALITA'	N° Profilo	Elementi Morfologici spiaggia emersa	PARAMETRI STATISTICI				Folk & Ward (1957)	Setacciamento (Wentworth,1922)
			Diametro medio	Classazione	Asimmetria	Curtosi		
PUNTA DELLE DUE ROCHE	1	Gradino di Battigia	0,95	0,53	-0,21	1,6	Sabbia grossolana	Sabbia fine
		Battigia	1,38	0,51	0,32	1,27	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	1,35	0,4	0,19	1,27	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 2	1,03	0,28	0	0,91	Sabbia media	Sabbia fine
FALCONARA	2	Gradino di Battigia	0,76	0,47	-0,08	0,76	Sabbia grossolana	Sabbia fine
		Battigia	1,35	0,41	0,2	1,53	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	1,46	0,39	0,22	1,18	Sabbia media	Sabbia fine
FALCONARA	3	Gradino di Battigia	1,5	0,66	0,1	1,02	Sabbia media	Sabbia fine
		Battigia	1,3	0,5	0,02	1,16	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	1,31	0,46	0,07	1,35	Sabbia media	Sabbia fine
DESUSINO	4	Gradino di Battigia	0,99	0,54	-0,19	0,92	Sabbia grossolana	Sabbia fine
		Battigia	1,93	0,46	0	1	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	2,16	0,34	-0,11	1	Sabbia fine	Sabbia fine
MACCONI	5	Gradino di Battigia	1,76	0,64	-0,11	1,21	Sabbia media	Sabbia fine
		Battigia	1,85	0,4	0,17	1,11	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	2,01	0,32	0,08	0,9	Sabbia fine	Sabbia fine
		Piede della Duna	1,9	0,35	0,19	1,3	Sabbia media	Sabbia fine
MANFRIA	6	Gradino di Battigia	1,53	0,65	-0,12	0,83	Sabbia media	Sabbia fine
		Battigia	1,83	0,36	0,13	1,7	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	2,01	0,31	0	0,97	Sabbia fine	Sabbia fine
		Piede della Duna	1,83	0,29	0,23	1,5	Sabbia media	Sabbia fine
MANFRIA	7	Gradino di Battigia	1,4	0,56	-0,01	0,89	Sabbia media	Sabbia fine
		Battigia	1,73	0,45	0,08	1,02	Sabbia media	Sabbia fine
		Berma 1	2,03	0,28	-0,09	0,92	Sabbia fine	Sabbia fine
		Berma 2	1,8	0,36	-0,004	1	Sabbia media	Sabbia fine

Il porto di Licata e l'interferenza sul settore costiero

Il porto di Licata (fig. 5) è una struttura artificiale commerciale e da pesca, a servizio del settore centro-meridionale della Sicilia. Il porto si trova sulla costa prospiciente la città di Licata, poco ad ovest della foce del Fiume Salso, alle coordinate 37°05' 17 N-13°56' 53 E. La struttura è stata costruita per escavazione dei fondali mediamente intorno ai 7 m e con un massimo di 9 m in prossimità dell'imboccatura, ampia circa 250 m. Essa risulta composta da due dighe, la Diga di Ponente e la Diga di Levante, all'interno delle quali due moli intermedi (il Molo di Ponente e il Molo di Levante) delimitano l'area portuale peschereccia ad ovest, l'area centrale commerciale e una terza area, ad est, comprendente una spiaggia con basso fondale inadatto all'ancoraggio.

Si hanno notizie di un sistema portuale a Licata sin dall'antichità, a partire dalla fondazione della città nel 282 a.C. ad opera di Phintia, antico tiranno di Agrigento. A quel tempo il sistema portuale, di tipo naturale, doveva occupare una piccola baia, larga circa 80 m, ubicata tra Monte San Michele e l'antico promontorio del Castello San Giacomo, protetto dagli agenti marini ad ovest grazie ad un piccolo molo attestato sul Monte San Michele e orientato E-W (Amore et al., 2002). La conformazione naturale di questa prima struttura portuale non disturbava il trasporto di sedimenti lungo costa (prevalentemente verso est) e assicurava la protezione da parte degli apporti solidi del vicino Fiume Salso. Nel corso del tempo, nonostante le piccole dimensioni, costituì un importante scalo per i traffici di prodotti agricoli e di zolfo, e subì numerosi lavori di ampliamento e allungamento. Tra il 1940 e il 1952, il sistema portuale fu modificato profondamente ed ampliato con la costruzione della Diga di Levante, in corrispondenza della foce del Fiume Salso (in destra del fiume). Verso ovest fu costruita la Diga Antemurale a protezione dell'imboccatura del vecchio porto. I lavori continuarono negli anni '60 quando fu costruito un piccolo molo ad ovest del Molo di Ponente, in linea con la diga antemurale. Questa struttura è chiaramente rappresentata anche nella Tavoletta Licata dell'Istituto Geografico Militare del 1968. Il varco esistente risultava spesso insabbiato a causa delle mareggiate dei quadranti occidentali e meridionali e provocava rifrazioni del moto ondoso da ponente con vortici all'imboccatura del porto, pericolosi per i natanti. Questa conformazione, consentendo ancora in parte le correnti litorali, non ebbe però effetti negativi sulla linea di costa in corrispondenza della foce del Fiume Salso che alla fine degli anni '60 raggiunse il suo massimo avanzamento (fig. 5).

Tra il 1977 e il 1987 la struttura del porto di Licata fu quasi completata con il collegamento della diga

antemurale con il piccolo molo ad ovest del Molo di Ponente a formare la Diga di Ponente che racchiuse, insieme con il precedente, la darsena per pescherecci. Inoltre fu allungata ulteriormente la Diga di Levante che raggiunse la lunghezza di circa 2 km. Nella Carta Tecnica Regionale del 1992 si nota un ulteriore allungamento anche della Diga di Ponente, che raggiunse la sua lunghezza attuale, di circa 2 km, nel 1997. Negli anni successivi furono effettuati solo piccoli lavori all'interno del bacino portuale, ma l'impatto negativo dell'opera sugli equilibri costieri diventò man mano più evidente (v. anche Brambati et al., 1992) con l'arretramento della linea di costa in corrispondenza della foce del Fiume Salso di circa 500 m.

In generale, il porto di Licata, nella sua conformazione attuale, ha modificato fortemente il modello di trasporto dei sedimenti dell'unità fisiografica studiata. Esso infatti intercetta i sedimenti trasportati dalle correnti lungo costa, ne ostacola il flusso naturale, impedendo che entrino così nel bilancio sedimentario. La continua sottrazione di sedimenti ad opera della struttura portuale, pur non essendo l'unica causa dell'erosione del litorale, ha determinato un marcato arretramento della linea di costa e una riduzione della spiaggia sottoflutto (v. sopra). I tratti costieri in cui il processo erosivo è più evidente, corrispondono a quelli posti in prossimità della foce fluviale del Fiume Salso che, può essere definita come *wave dominated river mouth* (Wright, 1977), con una morfologia direttamente esposta all'azione del moto ondoso e alla redistribuzione dei sedimenti ad opera delle correnti *longshore*, in questo caso fortemente influenzate dall'azione schermante della struttura portuale di Licata.

Analisi di dati e conclusioni

È stato condotto uno studio della dinamica costiera tra Licata e Manfria, con particolare approfondimento dell'area compresa tra Punta delle Due Rocche e Marina di Butera; tale settore, caratterizzato da coste alte a falesia, spiagge sabbioso-ghiaiose e cordoni dunali, mostra chiari segni di erosione costiera. Le falesie subiscono abrasione marina, tuttavia l'apporto dei materiali dovuto a franamenti e sgretolamenti non riesce a compensare l'erosione, constatabile anche nelle spiagge a est del porto di Licata e della foce del Fiume Salso, a ridotta portata solida a causa di opere idrauliche a monte.

L'analisi del *trend* evolutivo della linea di costa ha evidenziato che il processo erosivo innescatosi già negli anni '60, quando la spiaggia emersa aveva un'ampiezza di circa 83 m, ha subito un incremento nel corso degli anni. Il dato significativo è emerso dall'analisi del decennio 1998-2008, periodo in cui si assiste all'arretramento dell'arenile di oltre 50 m,

fatta eccezione per l'area coperta dal duneto, dove il processo ha subito un lieve rallentamento. I rilievi del settore costiero, effettuato nell'Ottobre 2010, evidenziano il proseguire del processo erosivo, testimoniato dall'ulteriore riduzione dell'ampiezza della spiaggia emersa, attualmente ampia solo 6,30 m. Le analisi sedimentologiche eseguite su sedimenti caratterizzanti tutti gli elementi della spiaggia emersa, indicano un sostanziale accordo con il modello di una spiaggia in erosione.

Di notevole importanza, ai fini dell'erosione, è la presenza di opere antropiche, come il porto di Licata. In particolare, l'operazione di allungamento dei moli, avvenuta alla fine degli anni '90, ha di fatto bloccato la deriva litorale, privando dell'apporto sedimentario le spiagge sottoflutto, con conseguente incremento del processo erosivo. Altro elemento perturbante è costituito dal parziale spianamento del cordone dunale, che ha privato la spiaggia di un importante contributo di sabbia al bilancio sedimentario.

I processi naturali includono l'utilizzo di un approccio più flessibile della gestione costiera che consideri: i) il mantenimento delle zone umide rimaste che offrono un elevato livello di protezione nello smorzamento dell'energia delle onde durante le mareggiate; ii) il ripascimento delle spiagge in forte erosione e la protezione e la risistemazione dei cordoni dunali, serbatoi naturali di sabbia per i tratti costieri in arretramento; iii) il ripristino di vegetazione spontanea con la piantumazione di piante alofile e psammofile e con il mantenimento di quelle già esistenti. In particolare, per contrastare il fenomeno dell'erosione costiera nel tratto di costa tra Punta delle Due Rocche e Marina di Butera si suggeriscono nell'immediato la realizzazione di interventi limitati, assecondando le tecniche di difesa morbida che tengano in debito conto sia i tempi brevi che il costo economico contenuto. Sarebbe quindi opportuno ricollocare la struttura del parcheggio Desusino più all'interno, secondo un progetto di riallineamento gestito che, pur permettendo una sostenibile fruizione di tale parte del litorale, non privi quel tratto di spiaggia dei sedimenti che potrebbero entrare nel bilancio sedimentario costiero.

L'obiettivo è quello di prevenire l'attacco dei processi erosivi sul bene ambientale primario, che è la spiaggia, e di conservare la morfologia dunale, altro bene ambientale, di straordinaria e oggi quasi rara bellezza paesaggistica. Le spiagge potrebbero diventare un sito turistico di grande attrattiva, se si riuscisse a rallentare l'arretramento della linea di costa fino al raggiungimento dell'equilibrio. Qualora non ci fossero beni ambientali da proteggere o opere di difesa da mantenere, si consiglia di non intervenire e lasciare ai processi naturali il compito di riequilibrare la spiaggia.

I dati ottenuti sono da includere e interpretare nel contesto delle variazioni periodiche del profilo della spiaggia. Pertanto, nel contesto di una pianificazione e gestione controllata e sostenibile, è auspicabile ripetere tale monitoraggio stagionalmente nell'arco di due/tre anni, così da valutare il naturale ripascimento e verificare il *trend* evolutivo del tratto costiero oggetto dello studio. In particolare, ai fini della pianificazione di un intervento di ripristino del tratto di litorale in studio appare fondamentale approfondire le ricerche sull'influenza dell'attuale struttura portuale di Licata sul trasporto solido costiero e la conseguente verifica della validità degli studi d'impatto ambientale che hanno accompagnato il prolungamento delle due dighe.

Questo studio preliminare va comunque integrato con l'analisi morfologica della spiaggia sommersa, fino alla piattaforma costiera, mediante l'acquisizione di profili batimetrici. È da verificare, in particolare, la posizione e la geometria delle barre sabbiose che, come documentato dalla Cartografia dell'Atlante delle Coste, un tempo esercitavano un'azione di protezione, provocando il frangimento delle onde lontano dalla riva.

Ringraziamenti

Gli autori sono particolarmente grati al Sindaco di Butera (CL) Luigi Casisi per aver consentito la pubblicazione dei presenti dati. Il lavoro è stato svolto nell'ambito della convenzione tra Comune di Butera e Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Catania *Studio geomorfologico del litorale ricadente nel territorio comunale di Butera (provincia di Caltanissetta)*, responsabile scientifico Prof. Carmelo Monaco.

Bibliografia

- Amore C., Brambati A., Di Geronimo S., Finocchiaro F., Giuffrida E., Randazzo G., 1988, *Atlante delle spiagge italiane, Foglio 272 (Gela)*. CNR P.F. Conserv. Suolo, Dinam. Litorali. Roma.
- Amore C., Geremia F., Randazzo G., 2002, *Historical evolution of the Salso River mouth with respect to the Licata harbor system (Southern Sicily, Italy)*, in: Gomes, F.V. et al. (Ed.) Littoral 2002: 6th International Symposium Proceedings: a multi-disciplinary Symposium on Coastal Zone Research, Management and Planning, Porto, 22-26 September 2002: (2), 253-260.
- Brambati A., Amore C., Giuffrida E., Randazzo G., 1992, *Relationship between the port structures and coastal dynamics in the Gulf of Gela (Sicily-Italy)*.
- Carobene L., Brambati A., 1975, *Metodo per l'analisi morfologica quantitative delle spiagge*. Boll. Soc. Geol. It. (94), 479-493.
- Dal Cin R., 1968, *Distinzione tra spiagge in erosione ed in avanzamento mediante metodo granulometrico*. Ann. Univ. Ferrara, Sez. IX, (14), 213-236.
- Decima A., Wezel F.C., 1971, *Osservazioni sulle evaporiti messiniane della Sicilia centro-meridionale*. Riv. Min. Sicil., XII, 130-132.
- ENEA (2006) - *Salinizzazione e qualità delle acque: impatti e ipotesi di mitigazione*. Relazione a cura di Nicola Colonna, Massimo Iannetta, Antonio Palucci. Roma.

- Ferrari M., Balduzzi I., Bozzano A., Artone C., 2004, *Valutazione dello stato erosivo delle spiagge liguri: applicazione di un sistema informativo geografico*. Atti Conf. Naz. ASITA, L'Aquila.
- Folk, R.L., 1954, *The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature*. Journal of Geology, (62), 344-359.
- Folk, R.L., Ward, W.C., 1957, *Brazos river bar: a study in the significant of grain size parameters*, Journal Sedimentology Petrology Tusla, (27), 3-26.
- Grasso M., Licorish W. H., Diliberto S. E., Geremia F., Maniscalco R., Maugeri S., Pappalardo G., Rapisarda F., Scamarda G., 1998, *Geological Map of the Licata Fold Belt (South Central Sicily): Explanatory Notes*. Annales Tectonicae, Firenze, XII, (1-2), 51-58
- Grasso M., Licorish W. H., Diliberto S.E., Geremia F., Maniscalco R., Maugeri S., Pappalardo G., Rapisarda F., Scamarda G., 1997, *Carta geologica della struttura a pieghe di Licata (Sicilia centro-meridionale)*. Scala 1:50.000, SELCA, Firenze.
- Hsü, K.J., Montadert, L., Bernoulli, D., Cita, M.B., Erickson, A., Garrison, R.E., Kidd, R.B., Melieres, F., Muller, C., Wright, R., 1977, *History of the Mediterranean salinity crisis*. Nature (267) 399-403.
- ICRAM, 2003, *Metodologie analitiche di riferimento*, Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio – Servizio Difesa Mare, Scheda 3, Programma di monitoraggio e di controllo dell'ambiente marino costiero.
- Krumbein, W.C., 1934, *Size frequency distributions of sediment*. Journal of Sedimentary Petrology, (4), 65-77.
- PAI, 2004, *Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana*. Assessorato Territorio e Ambiente, Regione Sicilia pp. 1-176.PAI
- Regione Siciliana, 2006a, *Piano di tutela delle acque della Sicilia-Bacino Idrografico Imera Meridionale (R19072)*, Palermo, 1-150.
- Regione Siciliana, 2006b, *Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia*, Palermo.
- Servizio Geologico d'Italia, 1955, Foglio 272 "Gela", scala 1:100.000.
- Wentworth, C.K., 1922, *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Journal of Geology, (30), 377-392.
- Wright L. D., 1977, *Sediment transport and deposition at river mouths*. Bull. Geol. Soc. Am. (88), 857-868.

Geologi di Sicilia

QUOTE PER INSERZIONI PUBBLICITARIE 2012

Pagine interne	Copertina	Costo Euro	
		Colori (+IVA 21%)	B/N (+IVA 21%)
Banner (1/4 pagina)		100	80
1/2 pagina		250	200
1 pagina		400	350
	II di copertina	550	-
	III di copertina	550	-
	IV di copertina	650	-
Inserimento allegato		500	-

Sconto del 15% per abbonamento a 2 numeri, sconto 20% per abbonamento a 3 numeri. I progetti grafici delle inserzioni pubblicitarie devono essere inviati nel formato e veste definitivi (in formato jpeg o pdf). Qualsiasi modifica o integrazione dovrà essere fatturata sulla base di un costo preventivamente richiesto all'editore.

Spazi su www.geologidiscilia.it

Banner fisso web	€ 1200	1 anno
Banner animato web	€ 1500	1 anno
Banner fisso web	€ 750	6 mesi
Banner animato web	€ 850	6 mesi
Sconto 25% con l'acquisto del banner web sul totale		
N.B. I prezzi sopra indicati sono IVA esclusa		

EMBRICIATURA AUTOMOBILISTICA

Giovanni Randazzo - Docente, Università di Messina

(Foto da "La Repubblica", Cronaca di Palermo del 25 novembre 2011)

L'embriciamento è una struttura sedimentaria a piccola scala che descrive la disposizione parzialmente sovrapposta dei granuli, in modo che offrano la minore resistenza possibile al moto della corrente (chiaramente permette di individuare la direzione e il verso della corrente stessa). Le figure dei testis su cui abbiamo studiato ci rimandavano l'immagine di ciottoli (*sensu lato*) variamente inclinati e parzialmente appoggiati gli uni sugli altri, ma solo in pochi casi fortunati abbiamo avuto occasione di osservare l'embriciamento in campagna, su un affioramento, o magari più frequentemente, effimero e limitato nel tempo e nello spazio, lungo il corso di un torrente.

La tragicità degli eventi che hanno interessato il messinese tirrenico lo scorso 22 Novembre ci restituiscono l'immagine di cui alla foto, dove tre macchine varicolori (geologi datati rimangono!) si ritrovano embriciate lungo una stretta stradina di Saponara all'indomani del passaggio della "onda di piena".

Il punto di osservazione più interessante, piuttosto che quello meramente geologico o sedimentologico, considero sia quello URBANISTICO, infatti appare eclatante che un flusso d'acqua carico di fango, comunemente noto come colata, attraversi una strada, nel senso in cui le auto erano evidentemente parcheggiate, le prenda in carico e le depositi embriciandole, così come farebbe un qualsiasi torrente che si rispetti nell'ambito del proprio alveo.

L'importanza dell'osservazione urbanistica ovviamente non risiede nella eccezionalità della struttura sedimentaria, bensì nel fatto che queste colate che una volta nascevano e morivano nell'ambito spaziale di un terreno agricolo, oggi interessano parti periferiche, e non solo, dei nostri centri abitati, i quali si sono espansi a scapito proprio di quei terreni agricoli o comunque "verdi" naturali che fungevano da cintura di sicurezza intorno ad essi.

Questa espansione, assolutamente legale, è stata possibile sia grazie a piani regolatori accondiscendenti a cui, come aggravante, sono state comunque apposte centinaia di eccezioni, certo non nell'interesse dall'ambiente ma di quello di privati, sia a causa di inopinati condoni che miravano a far cassa senza alcuna cura per il territorio.

Poi la scarsa manutenzione dei servizi urbani e la ancestrale mancanza di cura per gli spazi comuni ha portato ad accentuare queste situazioni di rischio all'interno di aree urbane.

Le autovetture della foto, in fondo, non hanno causato ingenti danni, ma hanno permesso di esternare qualche considerazione; evidentemente più grave è la situazione che hanno provocato quelle decine di autovetture che frammiste a laterizi, a tronchi ed altro materiale si sono infrante contro le pile dei viadotti e ne hanno occluso la luce, provocando la tracimazione del flusso e l'invasione dei centri abitati.

Considerato che lo studio delle colate è piuttosto recente e siamo ancora ben lungi dall'aver la possibilità di determinare in maniera univoca (nello spazio) e precisa (nel tempo), le uniche condizioni *sine qua non* per ricorrere ad un'evacuazione forzata e preventiva della popolazione, dove una colata si attiverà, dobbiamo agire nel modo più attento e deciso sull'esposizione del bene. Al di là della segnalazione che un'area è potenzialmente pericolosa, poco possiamo fare in termini di abbattimento del pericolo sia per ragioni economiche, perché probabilmente un intervento tale necessiterebbe costi enormi, sia per ragioni ambientali perché dal punto di vista territoriale, il rimedio potrebbe essere più pesante del danno stesso.



L'impossibilità di individuare in modo preciso il dove, il come e il quando dell'attivazione di una colata richiederebbe interventi diffusi sul territorio che ne cambierebbero la forma e la funzione.

È chiaro che, nel medio termine (prima lo faremo, meno lutti piangeremo), dovremo rivedere il concetto stesso di piano regolatore che grazie alla sinergia con la valutazione ambientale strategica (VAS) dovrà trasformarsi da mero piano di espansione edilizia a sistema di gestione integrata del territorio, prendendo in cura, con attenzione quasi esclusiva, la distribuzione e la stabilità (l'azione si sposerebbe con univocità di filosofia e di fini con la prevenzione del rischio sismico che non può essere fatto agendo sulle cause, ma solo migliorando la qualità del bene esposto: costruzioni realmente antisismiche e continua pratica delle esercitazioni) dell'esistente piuttosto che all'occupazione di nuove aree. Inoltre le eventuali nuove costruzioni oltre a soddisfare i parametri di stabilità imposti dalla sismicità dei diversi territori, dovranno avere un bilancio idrico pari a zero, con un eventuale smaltimento delle acque a rilascio lento.

Nel frattempo possiamo intraprendere delle iniziative, a livello locale, che potrebbero limitare i danni come per esempio proibire lo stazionamento, nelle aree potenzialmente inondabili o potenzialmente a rischio colate, di tutti quegli elementi mobili (auto, cassonetti, fioriere) che in caso di evento meteorico importante costituiscono il materiale grossolano che contribuisce alla componente solida del fluido che generalmente causa i maggiori danni ed innesca processi, conseguenti all'evento meteorologico stesso, spesso difficilmente prevedibili, ma certamente non contrastabili ad evento in atto.

Una buona regola sarebbe quella di lasciare le auto lontano dalle strade periferiche e in salita, evitando inoltre di adornare queste ultime, con cassonetti dei rifiuti e fioriere. Questa piccola attenzione gestionale che si potrebbe ottenere emettendo una semplice ordinanza sindacale, permetterebbe di introdurre una piccola norma a vantaggio della sicurezza.

Certo si potrà obiettare che, forse questo primo passo è oggettivamente piccolo, ma servirebbe a dare un segnale concreto alla popolazione (di attenzione delle istituzioni e di monito per la popolazione) e comunque costituirebbe "una piccola goccia" che con le altre, che saremo giocoforza costretti a considerare nell'immediato futuro, ci permetterà di costruire quel "mare di sicurezza" dove vorremo che almeno i nostri figli vivessero.

UN APPROCCIO INTEGRATO ALLO STUDIO DELLE “ARGILLE CERAMICHE” DELLA SICILIA CENTRALE E OCCIDENTALE

G. Montana, A. Sulli, A.M. Polito, A. Caruso, E.M. Azzaro

Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università degli Studi di Palermo

RIASSUNTO

Il presente studio affronta la caratterizzazione composizionale e tecnologica dei depositi argillosi ubicati nella Sicilia occidentale e centrale, impiegati nei secoli passati e tutt'oggi utilizzabili come materia prima nel processo di manifattura ceramica. I campionamenti sono stati programmati non solo alla luce delle evidenze geologiche, ma anche sulla base dei dati etnografici ed archeologici. Oltre 300 campioni di argilla sono stati prelevati da 9 differenti unità litostratigrafiche affioranti nell'area oggetto di interesse. Dopo un'attenta collocazione stratigrafica e la caratterizzazione del contenuto in microfossili, i campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometrica, mineralogica (XRD) e chimica (XRF). Inoltre, per ogni tipologia di argilla, è stato simulato in laboratorio un ciclo produttivo completo (impasto e cottura), con l'obiettivo di valutare in modo comparativo specifici parametri tecnologici: comportamento allo stato plastico, ritiro lineare e variazioni nel colore in seguito ad essiccamento e cottura.

ABSTRACT

This paper deals with the compositional and technological characterization of clayey materials, belonging to specific stratigraphic units, which were exploited in the past centuries for the traditional ceramic manufacture in north-western and central Sicily and today are still potentially accessible. The studied clays were selected on the basis of geological, archaeological and even ethnographic evidences testified, in several cases, by a long-established ceramic manufacture tradition. More than 300 representative samples were collected from 9 different litho-stratigraphic units cropping out in studied area. After a careful geological description with the description of microfossils, the collected clay samples were subjected to grain size distribution analysis as well as mineralogical (XRD) and chemical (XRF) characterization. Moreover, experimental mouldings and firings on all clay types were performed in order to simulate a production cycle and to recognize some specific parameters such as plastic behaviour, linear shrinkage and colour.

INTRODUZIONE

L'innata predisposizione geologica della Sicilia, terra molto ricca di terreni argillosi, ha certamente contribuito allo sviluppo di un'antichissima tradizione nel settore della manifattura ceramica. Questa affermazione risulta comprovata da tangibili testimonianze delle originarie attività produttive in diversi tra i più importanti siti archeologici dell'isola: fornaci, vasche per la decantazione, materie prime pronte all'uso, depositi con scarti di lavorazione. Attestazioni relativamente più recenti sono le manifatture di maiolica (recipienti di varia conformazione e funzione, figure e mattonelle da pavimentazione), caratterizzate da un rivestimento di smalto piombo-stannifero tipicamente decorato con vari pigmenti inorganici, in prevalenza prodotte nelle officine operanti a Caltagirone, Sciacca, Burgio, Patti, Santo Stefano di Camastra, Collesano, Polizzi Generosa, Palermo e Trapani.

Lo sviluppo della ricerca applicata, specie nell'ultimo ventennio, ha dimostrato che, ponendo in giusta relazione le peculiarità litologiche di un dato territorio con le composizioni mineralogiche e chimiche degli impasti ceramici portati alla luce dallo scavo archeologico, risulta possibile attestare con elevata attendibilità produzioni locali ed importazioni. Grazie ai dati tecnico-scientifici, quindi, gli archeologi sono riusciti ad individuare le antiche vie di circolazione delle merci, ottenendo notevoli ricadute nella ricostruzione storica e socio-economica delle antiche

comunità. Ancora più recentemente si è incominciata a sviluppare una linea di ricerca che intende affiancare le analisi dei reperti ceramici alla caratterizzazione completa delle materie prime argillose presenti nello stesso territorio dove si presume sia avvenuta una produzione (Montana et al., 2011). Si ritiene, infatti, che il confronto composizionale e tessiturale tra i reperti ceramici e le possibili materie prime possa contribuire ad indicare con oggettività scientifica il livello tecnologico raggiunto nell'ambito degli cicli produttivi tradizionali (individuando, tra l'altro, eventuali trattamenti preliminari, procedure di lavorazione dell'impasto, condizioni di cottura), oltre a semplificare la determinazione di provenienza di reperti di dubbia attribuzione anche in contesti territoriali e/o in orizzonti cronologici circoscritti. Inoltre, è stato recentemente dimostrato che un supporto assai importante nella ricerca di caratteristiche distintive tra argille o tra oggetti ceramici con esse realizzati può essere ottenuto mediante una accurata descrizione della microfauna fossile (Quinn et al., 2007). Infatti, nei manufatti ceramici di maggiori dimensioni, nonostante la cottura a temperature comprese tra 700 e 1000°C, i microfossili calcarei possono risultare in parte ancora ben preservati.

Lo studio proposto in questa sede, pertanto, intende fornire nuovi dati composizionali sulle argille che affiorano nella Sicilia centrale ed occidentale considerate di un qualche interesse ai fini della produzione ceramica, in antichità come al giorno d'oggi.

Formazioni/U.Ls.	Età Geologica	Punti di campionamento (n.)	Campioni (n.)
Argille Varicolori	Cretaceo superiore-Oligocene	5	21
Argille del Flysch Numidico	Oligocene superiore-Miocene medio	5	26
F.ne Castellana	Tortoniano inferiore	2	14
F.ne delle Marne di S. Cipirello	Serravalliano-Tortoniano inferiore	1	8
F.ne Terravecchia	Tortoniano superiore-Messiniano inferiore	23	159
F.ne Licata	Langhiano superiore-Messiniano inferiore	6	37
F.ne Marnoso-Arenacea del Belice (MAB)	Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore	8	48
Argille di Gela	Pleistocene inferiore	2	6
Argille di Ficarazzi	Pleistocene inferiore	3	9

Tabella 1 – Unità stratigrafiche campionate

CRITERI DI SELEZIONE DEI CAMPIONI E METODOLOGIE

Le argille analizzate sono state selezionate sulla base di accurate indagini preliminari, sia a carattere prettamente geologico che di tipo etnografico (concernenti il processo produttivo ceramico così come avveniva nei secoli passati), effettuate capillarmente nel territorio oggetto di interesse. Ben 328 campioni rappresentativi di 9 differenti unità litostratigrafiche (Tabella 1) sono stati prelevati in affioramento o da fronti di cava. La raccolta dei campioni è stata pianificata per cercare di mettere in evidenza eventuali *markers* composizionali tra differenti depositi argillosi affioranti nella stessa area. Il 48% circa dei campioni studiati proviene dalla Formazione Terravecchia (159 campioni su un totale di 328). Questa scelta, solo apparentemente atipica, è stata suggerita dall'estensione nell'area investigata degli affioramenti di questa unità oltre che da numerose testimonianze circa l'uso secolare nella pratica produttiva locale. Di contro, altre unità risultano rappresentate da un numero più basso di campioni, in seguito ad una estensione relativamente limitata dei depositi, al limitato utilizzo per produzione ceramica, ovvero, alla mera scarsità di punti di campionamento significativi.

I campioni di argilla sono stati analizzati in termini di distribuzione granulometrica, di composizione mineralogica e composizione chimica. L'analisi granulometrica, realizzata per via umida (cilindro di decantazione e cicli di centrifugazione), ha permesso di ottenere la percentuale in peso delle principali frazioni dimensionali. La composizione mineralogica del campione totale (*tout-venant*) è stata indagata attraverso analisi XRD su preparati disorientati per caricamento laterale preventivamente essiccati e macinati in un mortaio di agata. Le stime di abbondanza relativa delle fasi mineralogiche individuate sono state effettuate in base all'intensità dei picchi, a loro volta determinate in base alle aree dei riflessi specifici e moltiplicate per i

relativi fattori di correzione. Il riconoscimento e la stima semiquantitativa delle abbondanze dei fillosilicati nella frazione minore di 2 micron (caolinite, illite, clorite e smectite) è stata effettuata su preparati orientati. Per le analisi è stato utilizzato un diffrattometro Philips X'pert, (radiazione CuK 40 kV, 40 mA, monocromatore a grafite). La composizione chimica è stata determinata mediante analisi XRF (spettrometro Rigaku ZX). In tal modo sono state ricavate le concentrazioni degli elementi maggiori, minori ed in traccia (Si, Ti, Al, P, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Zr, Ba, La, Ce). I risultati grezzi sono stati elaborati con metodi di statistica multivariata (analisi discriminante) allo scopo di verificare quantitativamente la consistenza e la significatività dei "gruppi chimici" dandone opportuna rappresentazione grafica in uno spazio bidimensionale. Inoltre, è stata effettuata la simulazione dei cicli di produzione mediante impasti sperimentali. Sono stati determinati vari parametri empirici utili al confronto relativo delle caratteristiche prestazionali degli impasti ceramici, in accordo alla normativa italiana CNR-UNI 10014. Con l'argilla allo stato plastico sono stati modellati dei provini parallelepipedi che sono stati sottoposti a sequenze di riscaldamento controllato in muffola per la determinazione del ritiro lineare (RLC) e del colore in cottura.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO DELLE ARGILLE STUDIATE

In Sicilia le unità litostratigrafiche che sono costituite totalmente o in parte da depositi argillosi abbracciano praticamente tutto l'intervallo temporale nel quale si sviluppano le successioni sedimentarie siciliane, che va dal Trias superiore (con le argille della F.ne Mufara) all'Attuale.

Di seguito viene presentato un inquadramento geologico delle unità litostratigrafiche affioranti nella Sici-

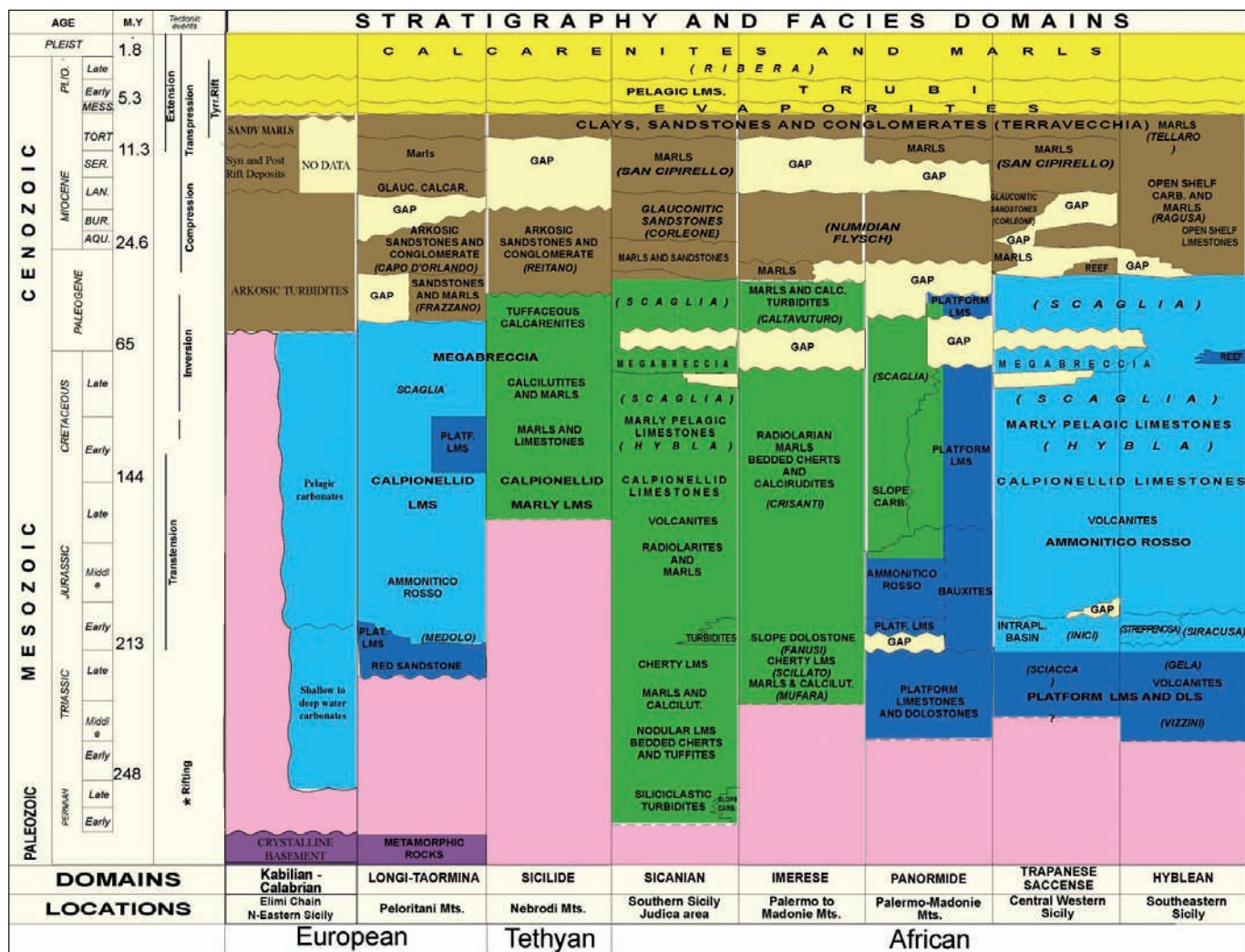


Figura 1. Stratigrafia e domini di facies della Sicilia.

lia nord-occidentale che costituiscono potenziali fonti di materie prime argillose utilizzabili per la produzione ceramica. In Figura 1 sono riportati i domini di facies in cui si collocano le unità campionate.

FORMAZIONE DELLE ARGILLE VARICOLORI

Le Argille Varicolori (Cretaceo superiore-Oligocene inferiore) sono costituite da argille e marne varicolori rosso-verdastre con intercalazioni centimetriche di livelli silicizzati verdi, fortemente scagliettate e tettonizzate. Questi depositi afferiscono al dominio paleogeografico Sicilide (Ogniben 1960), che si sviluppava presumibilmente su un originario basamento cristallino oceanico, dal quale attualmente risulta totalmente scollato. Gli eventi deformativi del Miocene inferiore-medio che portarono alla messa in posto dell'edificio tettonico siciliano deformarono per prime proprio le unità Sicilidi, che si trovano nelle posizioni più elevate della pila tettonica. Questi terreni, conosciuti anche con il nome di Argille Scagliose, sono diffusi in Sicilia orientale (Ogniben, 1960; Montanari, 1989), ma affiorano estesamente anche nella Sicilia centro-occidentale

le e all'interno dell'edificio tettonico della Sicilia centro-meridionale. In affioramento le Argille Varicolori sono spesso associate, con rapporti tettonici complessi, alle unità del Flysch Numidico.

Il contenuto micropaleontologico è mediamente caratterizzato dalla presenza di numerose specie di foraminiferi bentonici e planctonici che dal punto di vista stratigrafico ricoprono un intervallo che va dal Cretaceo superiore all'Oligocene inferiore. In alcuni livelli del Cretaceo superiore e dell'Oligocene inferiore sono presenti anche abbondanti radiolari. Nelle Argille Varicolori, a causa della forte tettonizzazione che hanno subito, è molto difficile ricostruire una stratigrafia continua ed infatti l'intervallo stratigrafico appare spesso lacunoso. Poiché questi sedimenti ricoprono un intervallo stratigrafico molto ampio è stato possibile riconoscere numerosissime specie di differenti età. In particolare nella parte stratigraficamente più antica del Cretaceo superiore le associazioni sono costituite da differenti specie di *Marginotruncana*, *Globotruncanites stuarti*, *Rosita contusa*, *Abatomphalus mayeroensis* che indicano la parte alta del Cretaceo. È molto difficile, invece, riconoscere o ritrovare l'intervallo del Paleocene, men-

tre sono presenti varie specie dell'Eocene inferiore-superiore, tra cui *Morozovella aragonensis*, *Morozovella formosa*, *Truncarotaloides rorhi*, *Acarinina bulbroski*, *Turborotalia cerroazulensis*. L'Oligocene inferiore è caratterizzato dalla presenza di *Pseudohastigerina micra* e *Cassigerinella chipolensis* che permettono di riconoscere l'omonima biozona.

FORMAZIONE DEL FLYSCH NUMIDICO

Al Flysch Numidico (Oligocene superiore-Miocene inferiore) appartengono le successioni clastico-terrigene, per lo più torbiditiche, che costituiscono le coperture, in gran parte scollate dal loro substrato mesozoico-terziario, dei domini Imerese e Panormide e di domini più interni (Sicilidi). Diverse ipotesi sono state avanzate sulla provenienza dei materiali terrigeni, in particolare dei granuli di quarzo. Affiora estesamente in Sicilia centro-settentrionale, ma si riconosce in lembi, con tipologie in parte differenti, anche nella Sicilia occidentale (Catalano & D'Argenio, 1982; Catalano et al., 2000; 2002) e centro-meridionale. In sottosuolo raggiunge gli spessori più elevati, per imbricazioni tettoniche, nella Sicilia centro-orientale (Bianchi et al., 1989; Bello et al., 2000). Su base litologica e biostratigrafica si distinguono tre unità litostratigrafiche (Catalano et al., 2005): Formazione Portella Colla (Oligocene superiore-Aquitano), Formazione Geraci (Aquitano-Burdigaliano) e Formazione Tavernola (Burdigaliano-Langhiano), generalmente eteropiche tra di loro. La Formazione Portella Colla è costituita da argilliti di colore bruno o color tabacco, talora manganesifere, a laminazione parallela, a cui si intercalano siltiti ed arenarie fini, prevalentemente quarzose, a matrice pelitico-arenacea, e megabrecce carbonatiche con cemento siliceo. Nella parte inferiore sono presenti lenti bioclastiche con Nummuliti. Lo spessore è di circa 500 m. La Formazione Geraci Siculo è rappresentata da potenti banchi di quarzareniti con intercalazioni argillitiche. La Formazione Tavernola (Marchetti, 1956) è costituita da marne e argilliti grigio-verdi o biancastre, intercalate a livelli arenacei quarzosi e ricchi di granuli glauconitici, con elevata percentuale carbonatica. Lo spessore supera i 200 m. Questi depositi sono stati descritti nei Monti Nebrodi (Accordi, 1958; Colacicchi, 1958), nelle Madonie (Ogniben, 1960; Broquet, 1968) e nei Monti di Palermo (Caflich, 1966). Il contenuto paleontologico degli intervalli marnoso-argillosi è dato da radiolari, spicole di spugna, foraminiferi planctonici e bentonici, rari nanofossili calcarei. L'associazione della F.ne di Portella Colla è essenzialmente dominata da foraminiferi bentonici agglutinanti tra cui *Ammodiscus* e *Glomospira*, specie che meglio si adattano ai sedimenti torbiditici poiché tollerano acque con elevata torbidità e

costruiscono i loro gusci utilizzando i minerali, essenzialmente quarzo, feldspati ed ossidi di ferro, che provengono dallo smantellamento dei corpi rocciosi in sollevamento tettonico. L'associazione della Formazione Tavernola è caratterizzata dalla discreta presenza di foraminiferi planctonici che permettono una buona datazione stratigrafica di questi sedimenti. Nella porzione inferiore la preservazione dei gusci dei foraminiferi è generalmente cattiva mentre l'associazione è dominata dalla presenza di *Paragloborotalia opima nana*, *Cataspdrax dissimilis*, *Globoquadrina dehiscens* che indicano un'età riferibile all'Aquitano (Iaccarino, 1985). I sedimenti più abbondanti sono però rappresentati da quelli del Burdigaliano inferiore con rari individui di *Globigerinoides altiapertura*, *Cataspdrax dissimilis* (biozona *Cataspdrax dissimilis*, (Iaccarino, 1985), inoltre sono abbondanti gli individui di *Paragloborotalia acrostoma* nei livelli del Burdigaliano. La porzione più alta di questi sedimenti è caratterizzata dalla presenza di *Globigerinoides trilobus* (biozona a *Globigerinoides trilobus*) che indica il Burdigaliano superiore (Iaccarino, 1985). In rari campioni della Formazione Tavernola si ritrova *Praeorbulina glomerata*, la cui presenza permette di attribuire i sedimenti al Langhiano inferiore (biozona *Praeorbulina glomerata*).

FORMAZIONE DELLE MARNE DI SAN CIPIRELLO

Le Marne di San Cipirello (Serravalliano parte alta-Tortoniano parte inferiore) sono marne di colore grigio-azzurrognolo con rare intercalazioni arenacee e ricca fauna di plancton calcareo, di ambiente profondo. Questa unità litostratigrafica è stata descritta da Ruggieri (1966) e formalizzata da Ruggieri & Sprovieri (1970). Costituiscono la copertura terrigena, spesso concordante, ma talora discontinua, dei domini trapanese e sicano, ed affiorano diffusamente nella Sicilia centro-occidentale, soprattutto nei Monti Sicani e nel settore trapanese. Non è raro trovarle in discordanza su terreni molto più antichi, compresi quelli mesozoici (Di Stefano & Vitale, 1993). Ruggieri & Sprovieri (1970) attribuiscono a queste argille profondità superiori a 500 m, sulla base della presenza di ostracodi psicosferici.

Le Marne di San Cipirello ricoprono le Calcareniti glauconitiche di Corleone e sono considerate il segnale stratigrafico dell'inizio della deformazione compressiva che coinvolse queste unità trapanesi e sicane a partire dal Miocene superiore.

Al di sopra delle Marne di San Cipirello si trovano in discordanza terreni di varia litologia ed età, mentre esse spesso delineano il confine tettonico tra le differenti unità tettoniche.

Le associazioni bentoniche, sono caratterizzate dalla presenza di *Cibicides pachyderma*; *C. ungeria-*

nus, *C. italicus*, *Parrelloides robertsonianus*, *Siphonina reticulata*, e da varie specie di *Bulimina*, *Bolivina* ed *Uvigerina*, specie che sono tipiche di un ambiente batiale con una paleobatimetria di sedimentazione compresa tra 400 e 700 metri, raramente sono state ritrovate specie di acque meno profonde specie come *Ammonia beccarii* ed *Elphidium crispum*. Tra i foraminiferi planctonici sono state riconosciute circa 25 specie, tra queste sono comuni gli esemplari di *Orbulina suturalis*, *O. universa*, *Globorotalia peripheroronda*, *Paragloborotalia siakensis*, *P. partimlabiata*, *Globigerinoides trilobus*, *Globigerinoides subquadratus*, *G. obliquus*, mentre sono rare e presenti solo nei livelli stratigraficamente più recenti le specie di *Neogloboquadrina acoastensis*, *N. praeatlantica* e *Globigerinoides obliquus*. Le associazioni microfaunistiche hanno permesso di riconoscere diverse biozone che vanno dalla MMi6 sino alla MMi8 (Sprovieri et al., 2002; Iaccarino et al., 2007). Queste biozone ricoprono un intervallo stratigrafico che dalla parte bassa del Serravalliano arriva sino alla parte bassa del Tortoniano.

FORMAZIONE CASTELLANA

La Formazione Castellana Sicula (Ruggieri & Torre, 1987) è rappresentata da un'alternanza di arenarie e sabbie quarzoso-micacee con peliti sabbiose grigio-azzurre e giallastre talvolta ben cementate, che contengono rari foraminiferi bentonici e planctonici. Lo spessore varia tra 0 e 250 m. L'unità litostratigrafica (non ancora formalizzata) prende il nome dall'affioramento nei pressi di Castellana Sicula, nelle Madonie (Catalano et al., 2000). La formazione sigilla le sottostanti unità tettoniche ed è limitata superiormente da una superficie di discordanza, spesso di troncatura erosiva. Il significato stratigrafico-strutturale di questo litotipo, che si rinviene spesso in discordanza sul Flysch Numidico e sulle Marne di San Cipirello (che limitano al tetto le unità trapanesi e sicane) ed alla base della F.ne Terravecchia, è messo in relazione ai caratteri sintettonici riconosciuti (Catalano et al., 2009). Affiora nella Sicilia centro-occidentale, nelle Madonie e nella Sicilia centrale.

La loro attribuzione litostratigrafica appare piuttosto difficile, poiché i rari fossili presenti non hanno sempre una risoluzione biostratigrafica sufficiente, né consentono di differenziarla rispetto ad unità coeve, come le Marne di San Cipirello, a parte la maggiore ricchezza di forme bentoniche rispetto a quelle planctoniche. Per questo motivo generalmente la loro distinzione avviene sulla base dell'osservazione della loro posizione all'interno del multilayer stratigrafico e/o della posizione nell'edificio tettonico.

Infatti da un punto di vista micropaleontologico, nei livelli stratigraficamente più antichi i sedimenti sono

caratterizzati dalla presenza di alcuni taxa di foraminiferi planctonici come *Globigerina bulloides*, *Orbulina universa*, *Paragloborotalia siakensis*, *Neogloboquadrina acostaensis* e *Globigerinoides obliquus* s.l.. Queste forme sono tipiche delle biozone MMi9-MMi10 (Sprovieri et al., 2002; Iaccarino et al., 2007, Di Stefano et al., 2008), mentre nei livelli stratigraficamente più recenti *Neogloboquadrina acostaensis* è più abbondante che indica la parte bassa della biozona MMi11 (Sprovieri et al., 2002; Iaccarino et al., 2007, Di Stefano et al., 2008).

FORMAZIONE TERRAVECCHIA

La Formazione Terravecchia (Tortoniano superiore-Messiniano inferiore), istituita da Schmidt di Friedberg (1964; 1965) sulla base di quanto descritto da Flores (1959), è costituita da una successione terrigena e terrigeno-carbonatica, caratterizzata da brusche variazioni laterali di facies e differenti granulometrie, che permettono di separare la formazione in unità omogenee di rango inferiore: 1) conglomerati rossi e giallastri ad elementi arenacei e litici di granulometria variabile, con matrice sabbiosa rossa o gialla, stratificati in grossi banchi o massivi, e sabbie quarzose con intercalazioni di conglomerati, con spessori massimi di 150 m; 2) sabbie ed arenarie quarzose grigio-giallastre che passano verso l'alto ad 3) argille, siltiti argillose e argille sabbiose (250 m di spessore), con clasti arenitici, in cui il quarzo è in genere dominante, con mica e feldspato comuni. La formazione Terravecchia affiora prevalentemente in Sicilia centrale ed occidentale, ed estesamente anche in Sicilia centrale e centro-meridionale (Bacino di Caltanissetta). La formazione assume spesso un carattere sin- e tardo-orogeno, per cui presenta spessori variabili, compresi tra alcune centinaia di metri e quasi 2000 m (nell'offshore della Sicilia sud-occidentale). L'attribuzione stratigrafica è spesso problematica, poiché infatti i livelli contenenti una associazione significativa a plancton calcareo sono rari. Spesso si tratta infatti di depositi di mare basso (ambiente deltizio), con abbondanti foraminiferi bentonici e abbondante contenuto clastico.

L'associazione a foraminiferi è qualitativamente mediocre ed a volte pessima, con cattiva preservazione. Frequenti sono i foraminiferi rimaneggiati di sedimenti più antichi. L'associazione a foraminiferi planctonici in posto anche se scarsa è tipica delle biozone a *Globigerinoides obliquus extremis*, *Globorotalia suterae* e *Globorotalia conomiozea* che secondo lo schema biostratigrafico proposto da Sprovieri et al., (1996), ricoprono la parte medio-alta del Tortoniano e la parte bassa del Messiniano. Nell'associazione sono frequenti *Orbulina universa*, *Neogloboquadrina acostaensis*, *Globorotalia menardii*. I foraminiferi bentonici sono

dominanti rispetto ai planctonici con un'associazione simile a quella riconosciuta nella F.ne Castellana e con un rapporto P/B che oscilla tra 10÷30% in cui *Ammonia beccarii*, *Ammonia punctatogranosa* sono dominanti seguiti, in percentuale di frequenza da *Florilus boueanum* e *Elphidium crispum*.

FORMAZIONE LICATA

La Formazione Licata è costituita da argille e argille marnose grigio-azzurre passanti ad alternanze ritmiche di marne e depositi sapropelitici di ambiente emipelagico e pelagico. La Formazione Licata, di età Langhiano superiore-Messiniano inferiore, costituisce l'equivalente laterale esterno di una parte delle Formazioni Terravecchia, Castellana e San Cipirello ed affiora soprattutto nella Sicilia meridionale. Lo spessore è estremamente variabile e va da poche decine a diverse centinaia di metri. La parte inferiore del Langhiano superiore-Serravalliano è caratterizzata da un'alternanza ciclica di marne grigie e marne scure, mentre nella parte basale del Tortoniano l'alternanza è costituita da marne grigie e marne laminitiche scure. I livelli laminitici, conosciuti come sapropels, sono ricchi di sostanza organica, ossidi di ferro e manganese. Le laminiti, alternate alle marne grigie, indicano che le condizioni ambientali nel bacino di sedimentazione cambiavano ciclicamente per effetto dei cicli milankoviani (Krijgsman et al., 1995; Sprovieri et al., 1996; Hilgen et al., 2000). Questi terreni sono spesso ricoperti in discordanza dai terreni evaporitici del Messiniano.

I gusci dei foraminiferi contenuti in questa unità litologica hanno un ottimo stato di preservazione. Il rapporto Plancton/(Plancton+Benthos) è superiore al 90%, con varie specie di foraminiferi bentonici tipici di acque batiali, tra cui *Cibicides italicus*, *Cibicides ungerianus*, *C. pachyderma*, *Siphonina reticolata*, *Parrelloides robertsonianus* e varie specie di *Bulimina*, *Bolivina* ed *Uvigerina*. Queste forme indicano un paleobatimetria compresa tra 700 e 1000 metri (Sprovieri et al., 1996). Tra le forme planctoniche sono stati riconosciute oltre 25 specie, tra queste nei livelli più antichi le forme più abbondanti sono *Orbulina universa*, *Globorotalia peripheroronda*, *Paragloborotalia siakensis*, *P. mayeri* e *Globigerinoides trilobus*, *G. subquadratus*. Nei livelli più recenti le forme più abbondanti sono *Neogloboquadrina acostaensis*, *N.atlantica praeatlantica*, *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides obliquus extremis*, *Globigerinoides quadrilobatus*, *G. sacculifer*, *Globorotalia suterae* e *G. conomiozea*. In particolare in questa formazione sono state riconosciute le biozone che vanno dalla MMi5 sino alla MMi12 (Sprovieri et al., 2002; Iaccarino et al., 2007; Di Stefano et al., 2008); queste biozone coprono l'intervallo cronostatigrafico che dal Langhiano superiore arriva sino al Messiniano basale.

FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA DEL BELICE (MAB)

La Formazione Marnoso Arenacea del Belice (Pliocene inferiore-superiore) è costituita da argille, argille marnose e sabbiose grigio-azzurre, con foraminiferi planctonici, passanti lateralmente e verso l'alto a calcareniti e arenarie quarzose con matrice calcarea, contenenti abbondanti bivalvi, alghe rosse, echinodermi. La formazione (Ruggieri & Torre, 1974; Vitale 1990) si può suddividere in due membri: un membro argilloso che poggia in discordanza sui Trubi e un membro calcarenitico discordante sul primo. Affiora nella Sicilia occidentale, nel bacino idrografico del Fiume Belice, dove colma bacini sintettonici. Studi recenti (Vitale, 1990; Catalano et al., 1996) hanno messo in luce il suo coinvolgimento nelle fasi tardive della deformazione. Queste argille sono in facies eteropica con le argille e argille marnose della Formazione di Monte Narbone che affiora nella Sicilia meridionale.

L'ambiente di deposizione varia da quello costiero a quello di offshore, fino in alcuni casi a quello di scarpata. Poiché si deposita all'interno di bacini di piggy-back nelle fasi tardive della deformazione, presenta geometrie sigmoidali e cuneiformi, in relazione sia alla peculiarità dell'ambiente sedimentario che all'estrema variabilità stratale dovuta alla cinematica degli eventi tettonici contemporanei. In relazione a ciò il suo spessore è estremamente variabile, da poche decine di metri a circa 800 metri nel settore centrale della Valle del Belice. Poggia in discordanza su terreni di varia litologia ed età (spesso i terreni evaporitici del Messiniano) e quasi sempre è limitata verso l'alto da una superficie di troncatura erosiva, su cui giacciono terreni anche molto recenti e spesso continentali.

L'analisi del residuo analizzato al microscopio ha evidenziato l'associazione a foraminiferi bentonici è ricca di *Melonis padanum*, *Bulimina* spp., *Lenticulina*, spp., *Sphaeroidina bulloides*, *Hanzawaia boueana*, con rare forme di *Ammonia beccarii*. Questo tipo di associazione insieme al rapporto Plancton/(Plancton+Benthos) indica una paleobatimetria compresa tra 150 e 300 m. Tra i foraminiferi planctonici le forme più abbondanti sono *Globorotalia margaritae*, *G. punctulata*, *Globigerinodes obliquus*, mentre sono molto rari gli esemplari di *Sphaeroidinellopsis* spp. e gli esemplari di *Globorotalia bononiensis* e *Neogloboquadrina atlantica*.

ARGILLE DI GELA

Le Argille di Gela sono costituite da depositi argillosi passanti verso l'alto ad argille sabbiose e sabbie. Questi sedimenti, di Età pleistocene inferiore, sono ricchi di una microfauna a foraminiferi in discreto stato di conservazione, con clasti di quarzo e feldspati. L'am-

biente di formazione è quello di offshore con variazioni legate anche alle oscillazioni relative del livello del mare. La deposizione avviene in uno dei pochi esempi affioranti di bacino di avanfossa attuale della catena siciliana, che si sviluppa nell'attuale offshore sud-siciliano (Bacino di Gela).

Tra i microfossili i bentonici sono le forme dominanti con un rapporto Plancton/(Plancton+Benthos) inferiore al 20-30%. I taxa più abbondanti sono *Bulimina marginata*, *Hanzawaia bouenana*, *Sphaeroidinea bulloides*, varie specie di *Uvigerina* e *Bulimina*, oltre frequenti *Ammonia* ed *Elphidium*. *Hyalinea baltica* è molto rara e presente solo nei livelli più recenti. La paleobatimetria stimata per questi sedimenti dovrebbe essere compresa tra 50 e 100 m. Tra i foraminiferi planctonici le forme più comuni sono *Globorotalia inflata*, *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina pachyderma*, *Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinoides ruber*. L'associazione a foraminiferi consente di riconoscere la biozona a *Globigerina cariacensis* che permette di attribuire cronostratigraficamente questi sedimenti al Calabriano nel Pleistocene inferiore (ex sottopiani Santerniano-Emiliano, secondo la vecchia scala).

ARGILLE DI FICARAZZI

L'area di affioramento di questa formazione è collocata nel settore costiero a SE di Palermo. Il campionamento delle Argille di Ficarazzi è stato effettuato in C.da Olivella, nelle immediate vicinanze del sito archeologico di Solunto (prima insediamento fenicio-punico e poi romano), a Ficarazzi presso la foce dell'E-leuterio e in C.da Acqua dei Corsari a Palermo. Nel sottosuolo essa si estende quasi uniformemente nel settore meridionale ed orientale della Piana di Palermo.

Le Argille di Ficarazzi (Seguenza, 1873; Brugnone, 1877) sono argille sabbiose, silt e sabbie fini, di colore azzurro-grigio se inalterate, con rare intercalazioni di calcisiltiti e calcareniti. Questi depositi sono noti all'interno della cava Puleo (Ficarazzi) e in perforazione nel sottosuolo dell'abitato, dove hanno permesso di definire nel dettaglio la biostratigrafia delle argille del Siciliano (Ruggeri, 1979; Ruggieri & Sprovieri, 1977; Di Stefano & Rio, 1981; Buccheri, 1984) e di attribuire a questa unità una batimetria inferiore ai 100 m. Lo spessore è di qualche decina di metri con un massimo, in perforazione, di circa 80 metri. La macrofauna ad ospiti nordici della parte sommitale di queste argille è data dai molluschi *Arctica islandica*, *Mya truncata*, *Panopea norvegica*, *Buccinum undatum*. L'associazione a foraminiferi è generalmente buona anche se in molti livelli è meno ricca dal punto di vista fossilifero con aumento delle concentrazioni di granuli detritici di natura silicatica come quarzo monocristallino, selce e feldspati. I foraminiferi bentonici sono nettamente dominanti con rapporto P/B compreso tra 5÷15%.

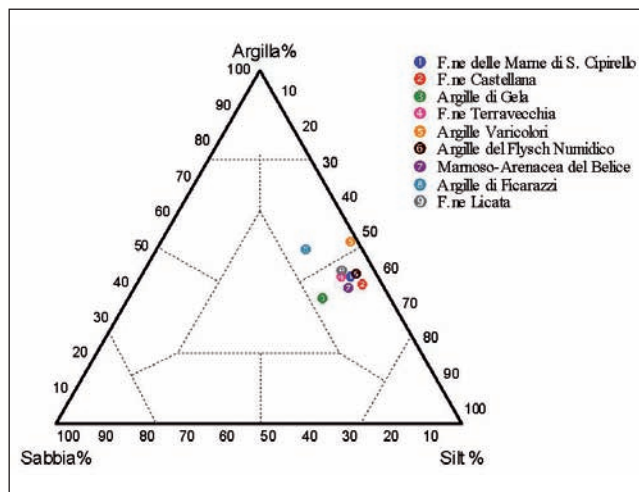


Figura 2. Proiezione dei materiali argillosi studiati nel diagramma di Shepard.

L'associazione a foraminiferi planctonici è caratterizzata dalla presenza di *Globorotalia inflata*, *Globorotalia truncatulinoidea excelsa*, *Globigerinoides ruber*, *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina pachyderma*, *Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*. Tra i foraminiferi bentonici sono frequenti *Uvigerina peregrina*, *Bolivina dilatata*, *Melonis padanum*, *Hyalinea baltica*. Quest'ultima specie insieme a *Globorotalia truncatulinoidea excelsa* permettono di "datare" questi sedimenti attribuendoli all'intervallo Siciliano.

RISULTATI E DISCUSSIONE

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA

Dall'esame della proiezione dei valori medi delle tre frazioni granulometriche nel diagramma ternario di Shepard (Figura 2) è possibile affermare che la maggior parte dei materiali studiati possano essere classificati come silt-argillosi.

Solo le Argille Varicolori e le Argille di Ficarazzi possono essere definite argille-siltose. Per ciò che concerne il contenuto di sabbia, i valori medi risultano, nella maggior parte dei casi, inferiori al 10% in peso. Si distinguono, in tal senso, i materiali delle Argille di Gela e delle Argille di Ficarazzi che possiedono contenuti di sabbia decisamente più alti (valori medi rispettivamente uguali a 17 e 14% in peso) e piuttosto variabili anche nell'ambito del singolo affioramento. Una ragguardevole variabilità del contenuto in sabbia lungo lo spessore della successione è una caratteristica anche dei depositi della Formazione Terravecchia.

I sedimenti depositi prima dell'orogenesi appenninico-magrebide, ovvero i materiali appartenenti alle Argille Varicolori e al Flysch Numidico, possiedono abbondanze nelle componenti granulometriche più fini (silt ed argilla) abbastanza confrontabili. La frazione

sabbiosa è in entrambi i casi poco rappresentata e possiede un campo di variazione estremamente ristretto (1-3% in peso per le Argille Varicolori e 4-6% in peso per il Flysch Numidico).

Tra le unità stratigrafico-strutturali sinorogeniche (sedimentate quindi tra il Miocene e Pliocene Inferiore), le argille della Formazione delle Marne di San Cipirello, ricche in microfossili calcarei, sono caratterizzate dai valori medi di silt abbastanza elevati (52% in peso) e da un contenuto in sabbia relativamente modesto (7% in peso). La Formazione Castellana risulta essere il materiale con il contenuto in silt più alto (56% in peso) e, contemporaneamente, con il tenore di sabbia mediamente più basso tra quelli studiati. Per ciò che riguarda la Formazione Terravecchia i materiali campionati, nel complesso, possiedono un contenuto medio di sabbia non elevato (9% in peso). Lungo lo spessore degli affioramenti sono evidenti orizzonti (di ampiezza per lo più contenuta) decisamente più ricchi in granuli sabbiosi che testimoniano episodiche diversificazioni degli apporti detritici. Da sottolineare infine che, in grande prevalenza si tratta di sabbia composta da granuli con diametro compreso tra 0.25 e 0.06 mm. La Formazione Licata, relativamente poco fossilifera, mostra un contenuto in sabbia mediamente pari 8% in peso.

Tra i materiali post-orogenici di età plio-pleistocenica, le argille appartenenti alla Formazione Marnoso-Arenacea del Belice (MAB) sono contraddistinti da una ricca microfauna fossile e da un'abbondante componente siltosa. La frazione sabbiosa non è particolarmente consistente, tuttavia, risulta quantitativamente costante negli affioramenti studiati (in media pari al 9% in peso). Al contrario, le Argille di Gela e le Argille di Ficarazzi sono entrambe caratterizzate da una considerevole percentuale di sabbia in maggior parte fine (contenuto medio rispettivamente 17% e 14% in peso).

I risultati delle analisi XRD (valori medi) sono riassunti in Tabella 2.

Per ciò che concerne i materiali nel loro stato naturale (*tout-venant*) i fillosilicati delle argille, come logico aspettarsi, rappresentano sempre la fase più abbondante. Fanno eccezione i materiali appartenenti alla Formazione delle Marne di San Cipirello dove, invece, è stata rilevata una leggera prevalenza della calcite. Quest'ultima fase risulta essere abbondante anche nei materiali della Formazione Marnoso-Arenacea del Belice (MAB) e, subordinatamente, anche nelle Argille di Gela, nelle Argille di Ficarazzi, nella Formazione Terravecchia e nella Formazione Licata. La Formazione Castellana è caratterizzata da tenori medi in calcite ancora più bassi, e quantità molto modeste dello stesso minerale contraddistinguono sia le Argille Varicolori che il Flysch Numidico. Il quarzo (SiO_2), altra fase mineralogica presente in tutti i materiali studiati, abbonda in modo particolare nelle argille del Flysch Numidico. Tra i minerali accessori, i feldspati sono quasi sempre presenti in quantità molto modeste, mentre tracce di dolomite caratterizzano le sole Argille di Ficarazzi. Il gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) è stato rilevato in buona parte dei materiali ascrivibili alla Formazione Terravecchia.

L'abbondanza relativa dei diversi fillosilicati delle argille è stata stimata attraverso l'analisi XRD delle frazioni minori di 0.002 mm dei preparati orientati (Tabella 3). I risultati analitici consentono di affermare che le smectiti sono prevalenti nelle Argille di Gela ed abbondanti anche nelle Argille di Ficarazzi, ovvero nei depositi argillosi geologicamente più giovani tra quelli studiati. La caolinite prevale solo nelle argille del Flysch Numidico, mentre, in tutti gli altri casi, l'illite

Formazioni/U.Ls.	M. A.	Gesso	Dolomite	Feldspato	Calcite	Quarzo
Argille Varicolori	85	–	–	1	4	10
Argille del Flysch Numidico	80	–	–	1	3	16
F.ne delle Marne di S. Cipirello	45	–	–	–	50	5
F.ne Castellana	74	–	–	1	13	12
F.ne Terravecchia	70	1	1	1	17	10
F.ne Licata	63	1	1	1	21	13
F.ne Marnoso-Arenacea del Belice	53	–	–	1	39	7
Argille di Gela	66	–	–	1	21	12
Argille di Ficarazzi	66	–	4	1	16	13

Tabella 2 – Abbondanza relativa percentuale, ottenuta mediante analisi XRD, valori medi delle fasi mineralogiche presenti nei materiali studiati (M.A = minerali argillosi; – = fase non rilevata).

Formazioni/U.Ls.	Caolinite	Clorite	Illite	Smectite
Argille Varicolori	19	7	46	28
Argille del Flysch Numidico	37	5	33	25
F.ne delle Marne di S. Cipirello	20	5	58	17
F.ne Castellana	26	11	40	23
F.ne Terravecchia	27	8	40	25
F.ne Licata	24	5	48	23
F.ne Marnoso-Arenacea del Belice	27	5	37	31
Argille di Gela	35	5	12	48
Argille di Ficarazzi	37	4	21	38

Tabella 3 – Abbondanza relativa percentuale dei minerali presenti nella frazione <0.002 mm.

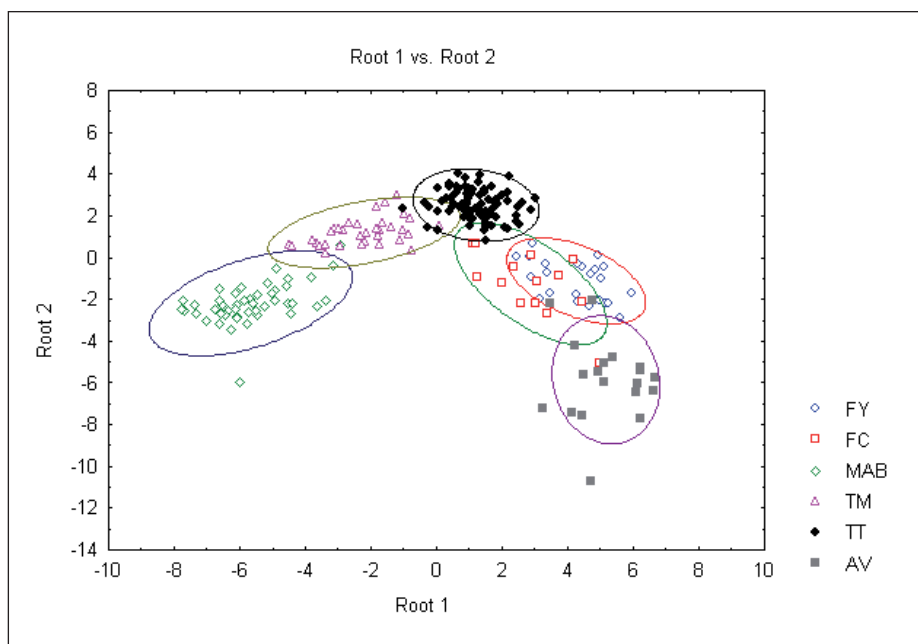
risulta essere la fase più abbondante. Minori quantità di clorite sono presenti in tutti i materiali indagati, con un'abbondanza leggermente più evidente nelle Formazioni Castellana, nella Formazione Terravecchia e nelle Argille Varicolori.

Attraverso le analisi chimiche sono state messe in evidenza alcune sostanziali differenze nei materiali argillosi oggetto di studio. I materiali prelevati dalla Formazione delle Marne di San Cipirello e dalla MAB, sono contraddistinte da tenori molto alti in CaO (certamente da correlare al contenuto di microfossili calcarei), persino superiori al 25% in peso. Al contrario, le Argille Varicolori ed il Flysch Numidico mostrano concentrazioni di CaO molto basse, mediamente inferiori al 2% in peso. I restanti materiali sono caratterizzati da quantità di CaO intermedie, comprese tra circa il 7% in peso (Formazione Castellana: contenuto medio-basso) ed il 16% (Argille di Gela e For-

mazione Licata: contenuto medio-alto). Nelle Argille Varicolori, nel Flysch Numidico e nella Formazione Castellana, i valori relativamente più alti di SiO₂ ed Al₂O₃ sono chiaramente da correlare alla prevalenza della matrice fine fillosilicatica rispetto allo scheletro sabbioso. Nel caso della Formazione Terravecchia, il tenore particolarmente elevato di Al₂O₃ (sino ad oltre il 19 % in peso) associato ad un'alta concentrazione di K₂O (in media circa 2.7 % in peso), riflette la peculiare abbondanza di mica. Le Argille di Ficarazzi si distinguono per un contenuto in MgO relativamente più alto e prossimo al 3% in peso, da correlare alla presenza di dolomite tra i costituenti minerali accessori. Le Argille Varicolori ed il Flysch Numidico mostrano, rispetto agli altri materiali, un contenuto decisamente maggiore in ossidi di ferro e manganese. Anche la Formazione Castellana e la Formazione Terravecchia si distinguono per tenori medi in Fe₂O₃ abbastan-

Figura 3. Diagramma risultante dalla applicazione della Analisi Discriminante Lineare (LDA) ai dati chimici.

Legenda: MAB = Formazione Marnoso-Arenacea della Valle del Belice; TM = Formazione Terravecchia - livello Messiniano; TT = Formazione Terravecchia - livello Tortoniano; FY = Flysch Numidico; VA = Argille Varicolori; FC = Formazione Castellana.



za alti, prossimi all'8% in peso. Le concentrazioni di Na_2O sono molto variabili: dai valori minimi che caratterizzano la MAB pari circa allo 0.3% in peso allo 1.1 % in peso mostrato dalla Formazione Licata. Al contrario, i tenori in P_2O_5 risultano molto simili in tutti i materiali studiati e, quindi, poco significativi al fine di una loro diversificazione su base chimica. Da notare, infine, la peculiare concentrazione media di TiO_2 del Flysch Numidico (circa 1.3% in peso) che può, verosimilmente, essere correlata alla nota presenza di leucoxeno e rutilo (ossidi di titanio) tra i minerali accessori di questa formazione.

Quindi, dopo aver verificato che le materie prime indagate in buona parte rappresentano dei gruppi chimici accettabilmente consistenti si è ritenuto opportuno fare un'elaborazione statistica dei dati chimici grezzi attraverso l'analisi discriminante lineare (LDA), escludendo dal calcolo le Argille di Ficarazzi, le Argille di Gela e i materiali della Formazione delle Marne di San Cipirello, e della Formazione Licata perché rappresentate da un numero di campioni poco significativo ai fini statistici.

In Figura 3 sono mostrati i risultati ottenuti applicando la LDA al set di campioni di argilla rappresentativi di 5 formazioni argillose. La Formazione Terravecchia è stata ulteriormente suddivisa in due sottogruppi, rappresentati dai materiali del Messiniano e da quelli del Tortonianiano. Questi due sottogruppi composizionalmente risultano sufficientemente separati, dato che le corrispondenti ellissi di confidenza (al 95%) si sovrappongono solo in modo marginale. Ancora più netta è la separazione tra le argille della Formazione Terravecchia (considerate nel loro complesso) e la MAB da un lato ovvero il Flysch Numidico e le Argille Varicolori dall'altro. Una sovrapposizione potenziale sussiste soltanto tra i campioni della Formazione Castellana e quelli del Flysch Numidico. Tuttavia, occorre considerare che l'incidenza della F.ne Castellana, come potenziale materia prima ceramica, è limitata ad un'area molto circoscritta. Al contrario è molto importante sottolineare che le materie prime che, come risulta dagli studi archeometrici ed etnoarcheologici, sono state maggiormente usate in tal senso (Formazione Terravecchia, MAB, e, solo per la fattura di laterizi, anche Flysch Numidico e Argille Varicolori) possono agevolmente essere identificate anche attraverso l'analisi chimica di un singolo frammento ceramico (reperto) con una probabilità di errore limitata al 5%.

PROPRIETÀ TECNOLOGICHE

Come "proprietà tecnologiche" di una materia prima ceramica in questa sede si intendono alcuni parametri prestazionali, come comportamento plastico, entità del ritiro lineare e variazione del colore assunto

in seguito ad essiccamento e cottura. Questi parametri sono correlabili alle caratteristiche composizionali (mineralogia e chimismo) e tessuturali (distribuzione granulometrica) delle materie prime a cui si riferiscono. Essi consentono di valutare in modo empirico e legato al processo produttivo la reale attitudine del materiale all'utilizzo in ambito ceramico.

La plasticità dei materiali argillosi consiste nella capacità di assumere una deformazione permanente senza perdita di coesione e conseguente formazione di fessure. Questa proprietà è controllata da numerosi fattori e, in modo particolare, dalla ripartizione delle varie frazioni granulometriche, dall'abbondanza relativa di smectiti e dalla presenza di materia organica.

Una procedura semplice ed attendibile comunemente usata per la determinazione della plasticità dei materiali argillosi, oggi utilizzata di routine per valutare le potenzialità della argilla stessa nel campo della produzione industriale dei laterizi (Marsigli & Dondi, 1997), si basa sulla misura degli indici di Atterberg. Non tutte le argille sono utilizzabili tal quali per la produzione di manufatti, ma spesso necessitano di additivi di vario tipo che rendono l'impasto più adatto alla foggatura. La possibilità di manipolare un impasto in modo agevole e plasmarlo per tutto il tempo necessario alla realizzazione di un manufatto, dipende dal valore di I_p (*indice di plasticità*, ottenuto dalla differenza tra il limite liquido e quello plastico, ossia contenuto di acqua per cui il materiale permane allo stato plastico). Più è elevato il valore dell'indice di plasticità maggiore è il tempo di permanenza dello stato plastico dell'impasto, da cui deriva una migliore lavorabilità. I parametri di plasticità sono i fattori che principalmente influenzano il comportamento in foggatura dei materiali argillosi.

Dai risultati ottenuti emerge che tutti i materiali argillosi esaminati sono caratterizzati da campo di permanenza allo stato plastico adeguato. Fanno eccezione i materiali delle Argille Varicolori e, in misura minore, quelli della Formazione Castellana che risultano leggermente troppo plastici e, per un utilizzo ceramico ottimale, dovrebbero essere dimagriti. È interessante notare che il comportamento plastico sembrerebbe essere condizionato più dal contenuto relativo di scheletro sabbioso naturale (e dalla sua distribuzione granulometrica) che non dalla natura specifica dei minerali argillosi presenti o dal chimismo (Figura 4).

Il ritiro lineare è un utile parametro empirico, che, al pari della plasticità rappresenta un mezzo per stimare in modo molto realistico la probabilità di riuscita di una manifattura la materia prima tal quale, ovvero su impasti depurati e dimagriti. In linea di massima più è contenuto il ritiro lineare, sia in fase di essiccamento

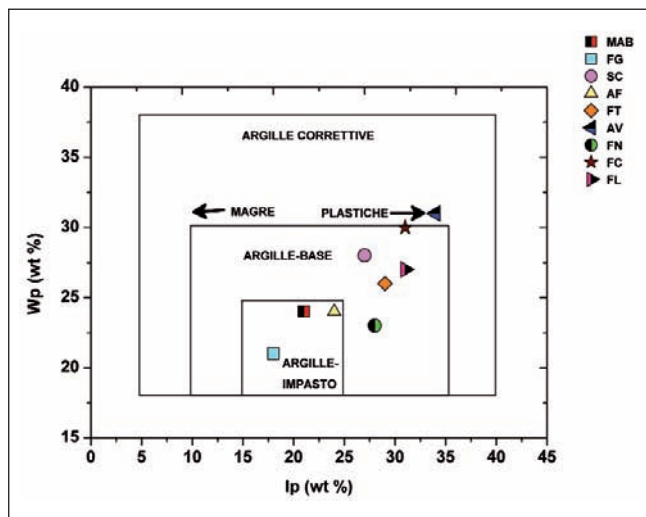


Figura 4. Schema di previsione del comportamento in foggatura in base alle caratteristiche di plasticità (in accordo a Marsigli e Dondi, 1997). Legenda: MAB = Formazione Marnoso-Arenacea del Belice; FG = Argille di Gela; SC = Formazione delle Marne di San Cipirello; AF = Argille di Ficarazzi; FT = Formazione Terravecchia; AV = Argille Varicolori; FN = Argille del Flysch Numidico; FC = Formazione Castellana; FL = Formazione Licata.

che di cottura, più una materia prima è teoricamente idonea alla produzione di ceramica.

Innanzitutto, da un primo esame dei dati, è possibile apprezzare un comportamento marcatamente diverso delle tipologie di materiale argilloso oggetto di studio a cominciare dalla fase di essiccamento a partire dal contenuto d'acqua corrispondente al limite liquido. Alcuni materiali mostrano valori di ritiro, piuttosto elevati, ben superiori al 10% (come ad esempio le Argille Varicolori). Altre materiali possie-

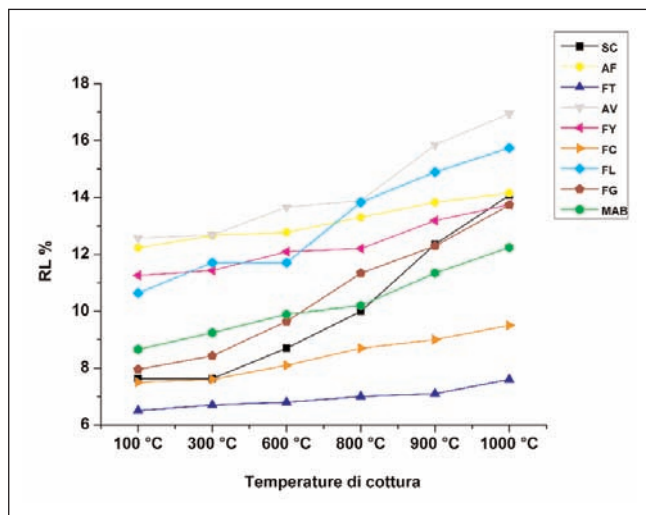


Figura 5. Valori medi del ritiro lineare in seguito ad essiccamento e cottura. Legenda: SC = Formazione delle Marne di San Cipirello; AF = Argille di Ficarazzi; FT = Formazione Terravecchia; AV = Argille Varicolori; FY = Argille del Flysch Numidico; FC = Formazione Castellana; FL = Formazione Licata; FG = Argille di Gela; MAB = Formazione Marnoso-Arenacea del Belice.

dono valori di ritiro lineare ad essiccamento intermedi compresi tra 7,5 e circa 8,5% e le sole argille della Formazione Terravecchia possiedono un ritiro contenuto, ben al disotto del 7% (Figura 5). L'evoluzione del ritiro lineare al progressivo aumento della temperatura, sino ai 1000 °C dei materiali argillosi studiati risulta ulteriormente diversificato. Infatti oltre a diversi valori assoluti di ritiro alla massima temperatura di cottura vi sono anche importanti differenze nella progressione, che risulta abbastanza regolare per alcuni materiali (caratterizzati da andamenti con debole pendenza) e, al contrario, brusca e irregolare per altri. Inoltre, considerando l'incremento medio percentuale del ritiro lineare nell'intervallo termico considerato è interessante notare quattro tipologie di comportamento: incrementi bassi, intorno al 16% (Argille di Ficarazzi e Formazione Terravecchia); incrementi medi intorno al 25% (Formazione Castellana e Flysch Numidico); incrementi alti 35-50% (Argille Varicolori e Formazione Licata) incrementi molto alti >70% (Argille di Gela e Formazione delle Marne di San Cipirello).

La lettura del parametro del colore è stata condotta utilizzando le tavole comparative di Munsell. L'utilizzo di tali tavole benché abbia ovvi limiti legati a un non trascurabile residuo di soggettività ed errore, rimane a tutt'oggi l'approccio più usato per la definizione del colore sulle argille cotte e sui manufatti antichi (Cuomo di Caprio, 1985). Com'è noto lo sviluppo del colore nella ceramica è essenzialmente legato a processi di trasformazione e neoformazione di fasi mineralogiche, la cui entità dipende per lo più dalla composizione chimica del materiale di partenza, dalle temperature massime raggiunte nel processo di cottura, dei tempi di permanenza alla massima temperatura e dall'atmosfera di fornace. In particolare è noto l'aspetto che in modo prevalente condiziona il colore di un manufatto ceramico è legato alla presenza del ferro nei suoi diversi stadi di ossidazione, ospitato nelle fasi silicatiche che si sviluppano in cottura, ovvero, gehlenite, pirosseno, mullite. Inoltre un ruolo altrettanto importante, a parità delle condizioni sopra descritte, è svolto dalla presenza di CaO e dal rapporto Fe_2O_3 / CaO (Fabbri & Dondi, 1995).

Un altro fattore condizionante, come accennato, è rappresentato dalla temperatura di cottura dei mattoncini. È interessante notare, infatti, come la luminosità e la saturazione della tinta vari in progressione, all'aumentare della temperatura. Già a 300 °C, la maggior parte dei provini assume colorazione beige con una componente gialla (2.5Y; 7.5YR). Soltanto i provini ottenuti impastando i materiali delle Marne di San Cipirello e della MAB presentano ancora dominante sul grigio (10YR). La colorazione assunta dagli impasti relativi a tutte le formazioni diventa

significativa nell'intervallo finale di cottura compreso tra i 900°C e 1000°C, in cui si manifesta sempre una tinta sul rosso-marrone chiaro (2.5YR 5/7-5/6). La prevalenza del ferro sul calcio ha favorito un maggior sviluppo di ematite e, solo in maniera trascurabile, di alluminosilicati calcici determinando, nei provini delle Argille Varicolori e del Flysch Numidico una colorazione con la tinta dominante sul rosso-bruno (10R).

Bibliografia

- Accordi, 1958, *Relazione sui rilevamenti geologici del 1956 nei Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. It., 79 (3-5), 929-949.
- Bello M., Franchino A., Merlini S., 2000, *Structural model of Eastern Sicily*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 61-70.
- Bianchi F., Carbone S., Grasso M., Invernizzi G., Lentini F., Longaretti G., Merlini S., Mostardini F., 1989, *Sicilia orientate: profilo geologico Nebrodi-Iblei*. Mem. Soc. Geol. It., 38, 429-458.
- Broquet P., 1968, *Étude géologique de la région des Madonies (Sicile)*. Thèse Fac. Sc. Lille 797 pp.
- Brugnone A., 1877, *Osservazioni critiche sul catalogo delle conchiglie fossili di Monte Pellegrino e Ficarazzi del Marchese di Monterosato*. Boll. Soc. Malacologia Ital., 3, 17-46.
- Caflich L., 1966, *La geologia dei Monti di Palermo*. Riv. It. Paleont. e Strat., mem. XII, 108 pp., Milano.
- Catalano R., Avellone G., Basilone L., Sulli A., 2009, Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 607 "Corleone". APAT – Dipartimento Difesa del Suolo.
- Catalano R., D'Argenio B., 1982, *Schema geologico della Sicilia occidentale*. In: R. Catalano & B. D'Argenio (Ed.): Guida alla geologia della Sicilia occidentale. Guide geologiche regionali, Mem. Soc. Geol. It., suppl. A, 24, 9-41, Palermo.
- Catalano R., Di Stefano P., Sulli A., Vitale, F.P., 1996, *Paleogeography and structure of the Central Mediterranean: Sicily and its offshore area*. Tectonophysics, 260, 291-323.
- Catalano R., Franchino A., Merlini S., Sulli A., 2000, *Central western Sicily structural setting interpreted from seismic reflection profiles*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 5-16.
- Catalano R., Avellone G., Basilone L. & Sulli A. 2009. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 607 "Corleone". APAT – Dipartimento Difesa del Suolo.
- Colacicchi R., 1958, *Relazione sul rilevamento geologico delle Tavole Troina, Cerami e Capizzi. Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale)*. Boll. Serv. Geol. It., LXXIX, fasc. 3-4-5, pp. 881-912, tav. 4, Roma.
- Cuomo Di Caprio N., 1985, *La ceramica in archeologia. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, Roma.
- Di Stefano E., Rio D., 1981, *Biostratigrafia a nannofossili e bio-cronologia del Siciliano nella località tipo di Ficarazzi*. Acta Naturalia dell'Ateneo Parmense, 17, 97-111.
- Di Stefano A., Foresi L.M., Lirer F., Iaccarino S.M., Turco E. Amore O., Mazzei R., Morabito S., Salvatorini G. & Abdul Aziz H., 2008. *Calcareous plankton high resolution biomagnetostratigraphy for the Langhian of the Mediterranean area*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia. Vol. 114 (2008) n. 1.
- Fabbi B. & Dondi M., 1995. *Caratteristiche e difetti del laterizio*. Faenza Editrice, p. 39-54.
- Flores G. (1959) – *Evidence of slump phenomena (Olistostromes) in areas of hydrocarbons explorations in Sicily*. Proc. 5th. World Petr. Congr., sect. 1/13, pp. 259-255. New York.
- Hilgen F. J., Iaccarino S., Krijgsman W., Villa G., Langereis C. G., Zachariasse W. J., 2000, *The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Messinian Stage (uppermost Miocene)*. Episodes, 23/3, 172 – 178.
- Iaccarino S., 1985. *Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera*. In: Bolli, J.B., Saunders, K. & Perch-Nielsen, H.M. (eds.), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1, 283-314.
- Iaccarino S.M., Premoli Silva I., Biolzi M., Foresi L.M., Lirer F., Turco E. & Petrizzo M.R., 2007. *Practical manual of Neogene Planktonic foraminifera*. International school on Planktonic foraminifera. 122 pp., 39 plates.
- Krijgsman W., Hilgen F.J., Langereis C.G., Santarelli A., Zachariasse, W.J., 1995, *Late Miocene magnetostratigraphy, biostratigraphy and cyclostratigraphy in the Mediterranean*. Earth and Planetary science Letters, 136, 475-494.
- Laviano R., 1987. *Analisi mineralogica di argille mediante diffrattometria dei Raggi X*. In: Atti del Workshop Procedure di Analisi di Materiali Argillosi. ENEA. Collana di Studi Ambientali. Pp. 215-232.
- Marsigli M. & Dondi M., 1997. *Plasticità delle argille italiane per laterizi e previsione del loro comportamento in foggatura*. L'Industria dei laterizi, 46, 214-222.
- Montana G., Cau Ontiveros M. A., Polito A. M., Azzaro E. (2011). *Characterisation of clayey raw materials for ceramic manufacture in ancient Sicily*. Applied Clay Science, 53 (3), pp. 476-488.
- Montanari L., 1989, *Lineamenti stratigrafico-paleogeografici della Sicilia durante il ciclo alpino*. Mem. Soc. Geol. It., 38:361-406, Roma.
- Ogniben L., 1960, *Note illustrative dello schema geologico della Sicilia Nord-Orientale*. Riv. Min. Sic., 64-65: 183-212, 2 tav. di sez. geol. 1:200.000.
- Quinn P. S., Day P. M., 2007, *Calcareous microfossils in Bronze Age Aegean Ceramics: Illuminating Technology and Provenance*. Archaeometry 49, 775-793.
- Ruggieri G., 1966, *Appunti sul Miocene della Sicilia occidentale*, Riv. Min. Sic., 97-99, 18-24.
- Ruggieri G., 1979, *A "new stratigraphy" for the marine Quaternary of Italy*. Litoralia 9-10.
- Ruggieri G., Sprovieri R., 1970, *Marne di San Cipirello*. Studi illust. della Carta Geologica d'Italia. Formazioni geologiche, 4, 12 pp.
- Ruggieri G., Sprovieri R., 1977, *A revision of Pleistocene stratigraphy*. Geologica Romana, 16, 131-139.
- Ruggieri G., Torre G., 1974, *Geologia delle zone investite dal terremoto della Valle del Belice*. Riv. Min. Sicil., 139-141: 27-48.
- Ruggieri G., Torre G., 1987, *Geologia del lembo neoaotoceno di Ciminna (Palermo) - Il Naturalista Siciliano*, 21 (1-2): 109-127.
- Schmidt Di Friedberg P., 1964-65, *Litostratigrafia petrolifera della Sicilia*. Riv. Min. Sic., 88-90, 91-93, 80 pp., Palermo.
- Shepard F.P., 1954. *Nomenclature based on sand-silt-clay ratio*. Journal of Sedimentary Petrography, 24, 3, p. 131-158.
- Sprovieri R., Di Stefano E., Sprovieri M., 1996, *High resolution chronology for Late Miocene Mediterranean stratigraphic events*. Riv. It. Paleont. Strat., 102 : 77-104.
- Sprovieri R., Bonomo S., Cacruso A., Di Stefano A., Di Stefano E., Foresi L., Iaccarino S.M., Lirer F., Mazzei R., & Salvatorini G., 2002 – *An integrated calcareous plankton biostratigraphic scheme and biochronology for the Mediterranean middle Miocene*. Rivista Italiana Paleontologia e Stratigrafia, 108, 2, 337-353.
- Vitale F. P., 1990, *Studi sulla Valle del Medio Belice (Sicilia centro-occidentale). L'avanfossa Plio-Pleistocenica nel quadro dell'evoluzione paleotettonica dell'area*. Tesi di dottorato 201 pp., consorzio Università di Napoli e Palermo.

STIMA DELLA PERICOLOSITÀ POTENZIALE AL DISSESTO IDROGEOLOGICO NELLA PROVINCIA DI MESSINA: VALUTAZIONE PRELIMINARE

F. Nigro*, A. Pisciotta*, M. Perricone*, R. Favara*, P. Renda**, G. Cusimano**, F. Torre°

* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sez. di Palermo, via U. La Malfa 153, 90146 Palermo, Italia

** Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, INGV sez. di Palermo

° Libero professionista, Petralia Sottana

° Autore di riferimento (pietro.renda@unipa.it)

RIASSUNTO I recenti eventi calamitosi occorsi nella Provincia di Messina in particolare lungo il versante ionico ripropongono ancora una volta il tema della fragilità idrogeologica del territorio, relativo al rischio connesso ai danni alle infrastrutture, ai centri abitati e alle attività produttive, ma soprattutto in relazione alla perdita di vite umane. Nel territorio della Provincia di Messina il rischio idrogeologico elevato caratterizza una porzione arealmente rilevante, con parecchi centri abitati in dissesto o soggetti a rischio di esondazione, alluvionamento e rischio geomorfologico. Circa l'80% del territorio provinciale è soggetto a vincolo idrogeologico, con oltre 40 comuni nei quali sono necessari e indispensabili interventi di consolidamento e di difesa territoriale. Le aree franose censite nell'ambito del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Fransi Italiani) sono oltre 1.000, che pongono la Provincia di Messina in vetta alla graduatoria provinciale siciliana. Peraltro, l'analisi della serie storica dei dati AVI (aree vulnerate da calamità idrogeologiche), relativamente ai fenomeni di dissesto verificatisi nel periodo 1958-1997, indica un incremento generalizzato nel territorio regionale e una stessa tendenza di crescita per la provincia di Messina, soprattutto a partire dal 1978 (CNR-GNDICI, 2000), con 209 eventi franosi in 118 siti e 61 eventi di piena in 46 siti. I Comuni della provincia di Messina con aree a rischio idrogeologico "elevato" (R3) e "molto elevato" (R4), secondo i dati della Regione Siciliana-Assessorato Territorio e Ambiente, sono oltre 40. Le cause, legate ai processi morfodinamici di versante di tipo franoso, sono principalmente da ricercarsi nelle caratteristiche litotecniche dei terreni, che in affioramento sono sovente costituite da formazioni argillose e da prodotti di alterazione e degradazione degli ammassi rocciosi metamorfici, i quali hanno subito intense fratturazioni durante l'evoluzione geologica dell'area, nell'assetto morfologico (elevata acclività dei versanti), nella morfo-neotettonica (tendenza continua al sollevamento della catena nebroidea-peloritana in tempi plio-pleistocenici) e nell'elevata aggressività degli eventi piovosi. Tutti questi fattori, anche se con diverso peso, contribuiscono allo stato del dissesto, così come incide anche l'elevata sismicità regionale e l'azione antropica (dalle politiche di gestione territoriale lungo i versanti, le aste fluviali e le coste, all'abusivismo edilizio) con effetti sempre più rilevanti prodotti negli ultimi decenni. Inoltre, la presenza nel territorio provinciale di paleofrane, anche di notevoli estensioni, attivatesi sotto condizioni climatiche diverse da quelle attuali, e la sismicità storica ($I > 8$ MCS) osservata su gran parte del territorio, rappresentano condizioni di forte predisposizione al dissesto, specialmente per quei centri abitati posizionati lungo i versanti caratterizzati da accumuli di paleofrane, che pertanto sono potenzialmente soggetti a rischio di riattivazione. Nell'ambito della pianificazione PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) realizzato dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, gli eventi franosi a *cinematica rapida* non sono contemplati, se non quelli relativi ai fenomeni di crollo. In particolare, non si possiedono informazioni relative alle tipologie cinematiche legate soprattutto alle colate in ammassi a rilevante componente terrigena (tipo *falls, toppe, slides, lateral spreads, flow*, così come propone la classificazione di CARRARA et al. (1985), che enfatizza il tipo di movimento tenendo conto anche del tipo di materiale coinvolto, cioè *bed rock, debris, earth*), ma anche del meccanismo di avvio o tipo di sollecitazione al taglio e del tipo di movimento, così come proposto da SASSA (1989), che fa riferimento a frane con massima sollecitazione da taglio (*first time landslide* o frana di nuova formazione) o a frane in condizioni residuali (*residual strength landslide*). Relativamente agli eventi franosi, la pericolosità ambientale generalizzata della Provincia di Messina (probabilità che un certo fenomeno, naturale o indotto dall'antropizzazione, in un determinato intervallo di tempo) si traduce sovente in un altrettanto generalizzato rischio elevato (probabilità che le conseguenze economiche e sociali di un certo fenomeno di pericolosità superino una determinata soglia) a causa anche dell'articolazione urbanistica del territorio, nonché dall'assenza di piani di difese idrogeologica. Tale rischio è amplificato dal fattore *perdita di vite umane*, come dimostrano i recenti eventi calamitosi, peraltro ultimi di una lunga serie. In questo quadro, risulta fondamentale dotare l'Amministrazione provinciale di Messina di uno strumento di conoscenza degli eventi franosi a cinematica rapida che possono determinare la perdita di vite umane e che sottende ad una più generale politica di prevenzione e pianificazione territoriale. Nell'ambito delle attività svolte dalla sezione di Palermo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, è stato effettuato un primo censimento delle aree a *rischio potenziale di cinematica rapida*, di cui si riportano di seguito i risultati preliminari salienti.

Questa nota è una sintesi dell'intervento effettuato da F. Nigro al Convegno di Licata organizzato dall'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia.

PREMESSA

A seguito degli eventi luttuosi di Giampileri dell'ottobre scorso, la sezione di Palermo dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha censito su base provinciale i potenziali dissesti a cinematica rapida che avrebbero potuto determinare condizioni di rischio per la vita della popolazione residente.

Il lavoro si è articolato in più fasi, per ciascuna delle quali erano previste attività di raccolta informazioni per gradi di approfondimento successivi che potevano condurre alla determinazione di un quadro territoriale provinciale di pericolosità idrogeologica.

Relativamente agli eventi franosi, la pericolosità ambientale generalizzata della Provincia di Messina (probabilità che un certo fenomeno, naturale o indotto dall'antropizzazione, avvenga in un determinato intervallo di tempo) si traduce sovente in un altrettanto generalizzato rischio elevato (probabilità che le conseguenze economiche e sociali di un certo fenomeno di

pericolosità superino una determinata soglia) a causa anche dell'articolazione urbanistica del territorio, nonché dall'assenza di piani di difese idrogeologica.

Il censimento delle aree a potenziale rischio di coinvolgimento in eventi franosi a cinematica rapida corrispondono quindi ai centri abitati e alle loro frazioni, nonché ai relativi segmenti viari che ne rappresentano le uniche vie di fuga. Tale censimento, che prevede zone di rischio "potenziale", tiene conto anche della sismicità, con modelli di innesco di frane sismoindotte e degli eventi meteorici estremi, entrambi in termini di relazione *magnitudo evento-tempo di ritorno*.

CRITERI ADOTTATI PER IL CENSIMENTO

Per dissesti potenziali a cinematica rapida si intendono i crolli e le "colate detritiche" (*debris flow*). In relazione all'obiettivo, nella prima fase di censimento sono state raccolte informazioni relative solo a quei dissesti potenziali incombenti sui principali agglomerati urbani (centri, frazioni, principali infrastrutture) e i potenziali dissesti a cinematica rapida siti anche a distanze maggiori, ma le cui caratteristiche di attivazio-


ne e potere distruttivo potrebbero determinare la perdita di vite umane. Sono stati altresì censiti quei dissesti potenziali a cinematica rapida che avrebbero potuto danneggiare le vie di fuga degli agglomerati urbani.

Il censimento preliminare dei dissesti potenziali a cinematica rapida della Provincia di Messina è stato effettuato adottando alcuni criteri, di seguito descritti, con i quali sono state successivamente elaborate e compilate delle schede descrittive (Figg. 1 e 2).

Tali schede contengono un insieme di campi informativi che permettono di fornire un quadro sufficientemente completo di ciascun dissesto potenziale riconosciuto.

Le schede sono composte da informazioni relative a:


1. inquadramento geografico del dissesto (comune, località, bacino idrografico, coordinate, altitudine, eventuale codice PAI);
2. copertura vegetale e tipologia di *habitat*;
3. eventuali vincoli esistenti;
4. acclività media dei luoghi in potenziale dissesto;
5. tipologia del dissesto;
6. eventuale presenza di falda e relativo rischio liquefazione;



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
via Ugo La Malfa 153, 90146, Palermo (Italia), tel. (39)091 6809402, fax: (39) 091 6809449
web: www.pa.ingv.it

titolo del progetto _____ cod. PAI _____
 committente _____ comune _____ provincia _____
 località _____ data del rilievo _____ ID ISTAT _____ ID _____
 bacino idrografico _____ altitudine (m s.l.m.) _____ tasso di sollevamento (mm/anno) _____
 coordinate: LONGITUDINE _____ LATITUDINE _____
 copertura vegetale: ARBOREO PRATO
 ARBUSTO ROCCIA
 vincoli esistenti: FIUMI _____ COSTA _____ ARCHEO _____ BOSCHI _____ PARCHI _____ RISERVE _____ ART.5 _____ ALTRO _____
 acclività paraggio (media): 0%-3% _____ 3,1%-10% _____ 10,1%-25% _____ 25,1%-35% _____ >35% _____
 tipologia frana potenziale a cinematica rapida: CROLLO _____ DEBRIS _____ ALTRO _____
 rischio liquefazione: NULLO _____ BASSO _____ MEDIO _____ ELEVATO _____ MOLTO ELEVATO _____
 distanza media (in pianta) movimento potenziale-manufatti (debris=km, crollo/altro=km/10): 0-1 _____ 1-2 _____ 2-3 _____ 3-4 _____ 4-5 _____ >5 _____
 pendenza media movimento potenziale manufatti: 0-3% _____ 3,1-10% _____ 10,1-25% _____ 25,1-35% _____
 tipologia di insediamento urbano/infrastruttura: CENTRO URBANO _____ FRAZIONE _____ CASE SPARSE _____ VIA DI FUGA _____ AUTOSTRADA _____ ALTRO _____
 curve di probabilità pluviometrica/tempo di ritorno (2-5-10-25-50 anni) _____
 curve di portata di piena/tempo di ritorno (2-5-10-50-100-300-1000 anni) _____

pag. 1



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
via Ugo La Malfa 153, 90146, Palermo (Italia), tel. (39)091 6809402, fax: (39) 091 6809449
web: www.pa.ingv.it

pericolosità sismica locale

ZONE STABILI	ZONE INSTABILI	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI PER EFFETTO LITOLOGICO	ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI PER EFFETTO MORFOLOGICO	ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'
--------------	----------------	---	--	-----------------------------------

tipologia vie di fuga

categoria sismica: MAXI	AUTOSTRADA STATALE	PROVINCIALE	TRAZZERA	SENTIERO	ALTRO
1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

tipologia litologica della roccia madre

LAPIDEO				COESIVO	ALTRO
CARBONATI MARNE	METAMORFITI DI BASSO GRADO	METAMORFITI DI ALTO GRADO	ARENARIE CONGLOMERATI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

esposizione versante

tra E e O	tra N e NO	tra NO e N	tra N e NE	tra NE e E
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

stato di alterazione

BASSO	MEDIO	ALTO	CRITICO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

pericolosità

MOLTO BASSA	BASSA	MEDIA	ALTA	MOLTO ALTA
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

caratteristiche geotecniche

γ	ϕ	c
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

caratteristiche climatiche (medie annue)

P media (mm)	<input type="checkbox"/>
T media (°C)	<input type="checkbox"/>

tipologia indagini da eseguire

GEOGNOSTICA	<input type="checkbox"/>
GEOFISICA	<input type="checkbox"/>
GEOTECNICA	<input type="checkbox"/>

intensità piogge brevi (TCEV)/tempo di ritorno (2-5-10-25-50 anni)

note

pag. 2

Fig. 1 - Struttura delle schede per il censimento dei dissesti a cinematica rapida della provincia di Messina (parte A).

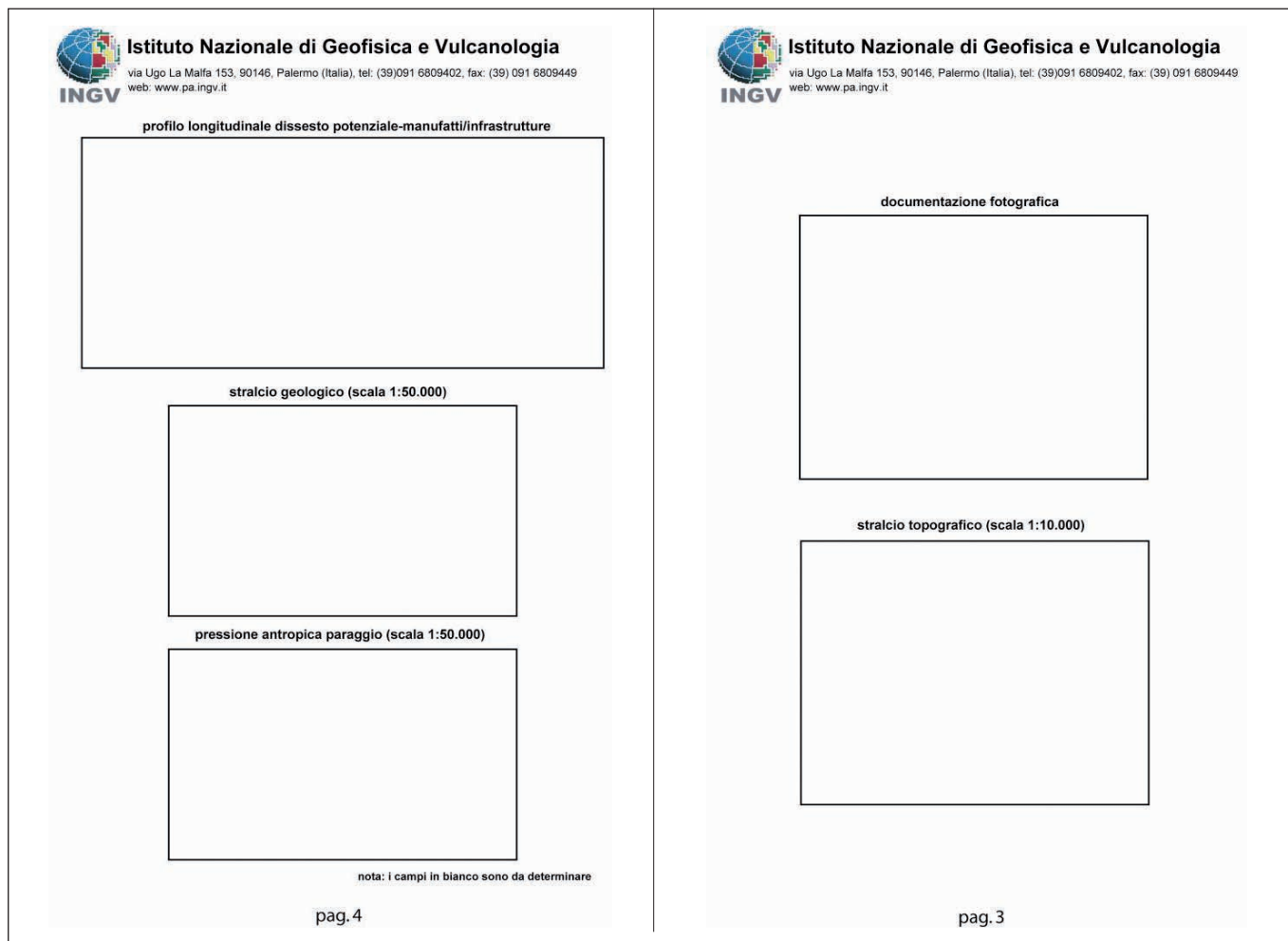


Fig. 2 - Struttura delle schede per il censimento dei dissesti a cinematica rapida della provincia di Messina (parte B).

7. distanza e pendenza media tra il potenziale dissesto e i manufatti/infrastrutture a rischio;
8. informazioni relative ai processi di erosione;
9. volumi del potenziale dissesto
10. tipologia degli insediamenti/infrastrutture e/o vie di fuga;
11. caratteristiche sismiche e pericolosità;
12. tipologia litologica e del suo stato di alterazione;
13. caratteristiche climatiche e informazioni idrologiche su basi statistiche in relazione alle quantità di piogge entro la prima ora e le successive ventitrè ore di precipitazioni per assegnati tempi di ritorno;
14. esposizioni dei versanti;
15. tipologia di indagini da eseguire per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei volumi rocciosi in dissesto potenziale;
16. documentazione fotografica dei dissesti potenziali e loro ubicazione su stralci topografici in scala 1:10.000, oltrechè stralcio geologico, distribuzione della pressione antropica (in termini di percentuale di aree edificate) e profili topografici dei percorsi tra i volumi potenzialmente in dissesto e le opere antropiche a rischio.

Data la peculiare tipologia di agglomerazione urbana della Provincia di Messina, caratterizzata sia da centri urbani principali, frazioni che da gruppi di case variamente sparse nel territorio, nella fase preliminare di censimento sono stati considerati solo quegli insediamenti la cui densità di urbanizzazione è risultata maggiore del 40% in termini di area edificato/area territoriale (Fig. 3).

Altresì, le informazioni contenute nei diversi campi delle schede sono stati preliminarmente sintetizzate e/o raggruppate in classi, tenendo conto che:

- ✓ per *dissesti potenziali* si sono intesi sia quei corpi rocciosi in incipiente stato di disequilibrio meccanico che tutte quelle situazioni in cui le coltri di alterazione e/o le porzioni più superficiali -metastabili- delle successioni rocciose potevano mobilitarsi per repentino aumento delle pressioni neutre in occasione di eventi meteorici eccezionali;
- ✓ la tipologia di potenziale dissesto ha previsto le classi “crollo”, “debris” e “altro”, poiché si è ritenuto che oltre i crolli-debris, che rappresentano gli eventi a cinematica rapida significativi, anche altre tipologie di dissesto (scorrimenti di vario tipo), incombenti su agglomerati urbani, potevano, in fase

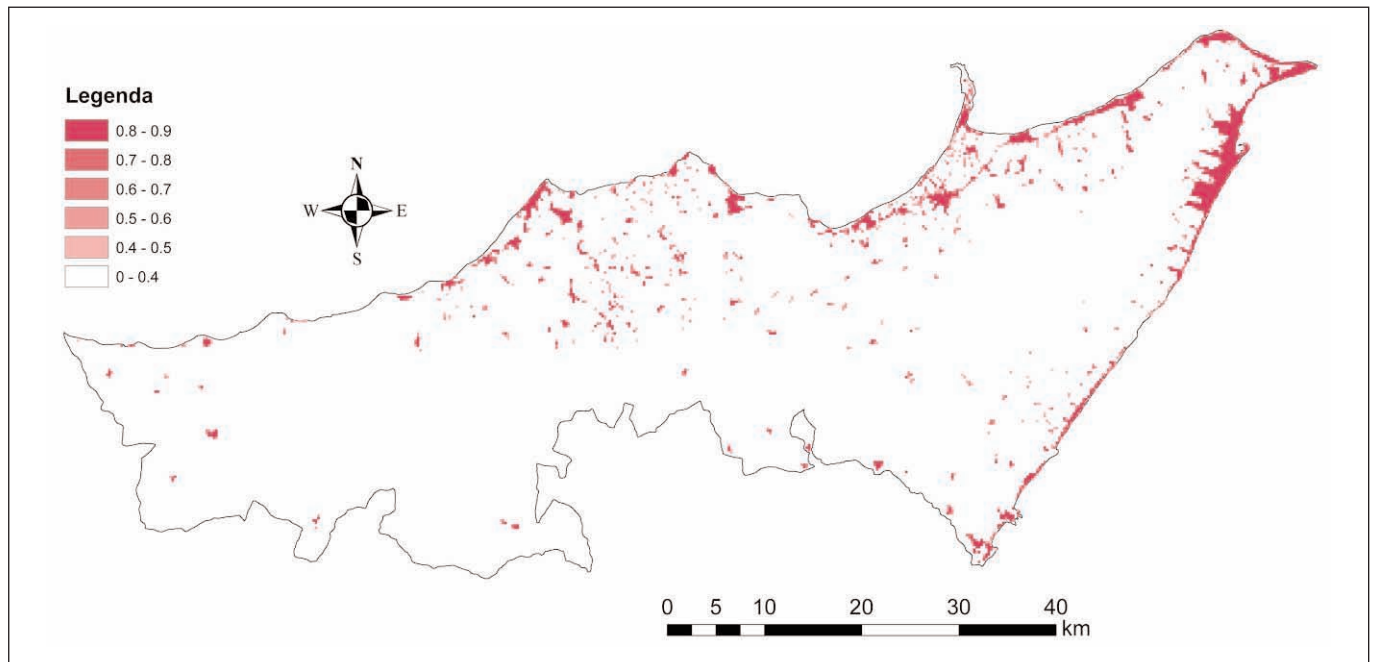


Fig. 3 - Densità di urbanizzazione in Provincia di Messina considerata per il censimento preliminare dei dissesti potenziali a cinematica rapida.

di eventuale attivazione, determinare la perdita di vite umane;

- ✓ le aree rilevate non sono state solo quelle limitrofe agli agglomerati urbani ma anche i settori più lontani (es. aree di testa dei bacini idrografici), laddove il verificarsi di dissesti di coltri di alterazione significativamente estese potevano determinare la formazione di cinematiche di *debris* che avrebbero potuto coinvolgere manufatti edificati anche in settori mediani o di foce. In relazione ad una stima qualitativa delle lunghezze delle aste principali delle/dei fiumare/torrenti, nonché dell'ampiezza dei loro alvei nei tratti mediani e di foce e dell'ubicazione degli agglomerati urbani selezionati per il censimento preliminare, taluni settori di testa sono stati scartati anche se caratterizzati da dissesti potenziali, in quanto si è ritenuto che una loro eventuale attivazione non avrebbe determinato conseguenze per l'incolumità fisica della popolazione locale;
- ✓ non si è proceduto alla perimetrazione dei potenziali dissesti e la loro ubicazione è stata effettuata indicando in pianta solamente il loro punto baricentrico;
- ✓ i dissesti di tipo crollo-altro incombenti sugli agglomerati urbani sono stati segnalati sia a quote superiori che inferiori, laddove sono state riconosciute condizioni di scalzamento;
- ✓ il censimento dei potenziali dissesti è stato effettuato anche nell'ottica della loro eventuale attivazione in relazione a eventi meteorici eccezionali, le cui altezze di pioggia potevano non corrispondere ai tempi di ritorno determinabili su basi statistiche;

- ✓ l'acclività dell'intorno di versante su cui insiste il potenziale dissesto è stata suddivisa in cinque classi (0%-3%, 3,1%-10%, 10,1%-25%, 25,1%-35% e > 35%). Tale suddivisione si è ritenuta utile sia per la determinazione successiva del livello di pericolosità (in relazione al grado di alterazione), ma anche in relazione alla distanza tra la sorgente (dissesto) e la destinazione finale (manufatti) dei volumi potenzialmente instabili. Difatti, l'informazione relativa alla pericolosità deriva anche dall'incrocio delle informazioni relative all'acclività del paraggio potenzialmente instabile, alla sua distanza dai manufatti e alla variazione di acclività del tratto "sorgente-destinazione";
- ✓ la distanza media tra il movimento potenziale e i manufatti (preliminarmente rilevata in pianta) è stata suddivisa in sei classi, che però differiscono per un ordine di grandezza in relazione alla tipologia di dissesto potenziale. In particolare, è stata adottata la scala dei chilometri (0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5 e > 5) per quanto riguarda i dissesti di tipo *debris*, mentre per le altre tipologie di dissesto è stata adottata la scala del centinaio di metri con i medesimi intervalli. La scelta di intervalli di distanze di diverso ordine di grandezza in relazione alla cinematica del dissesto potenziale si è resa necessaria poiché i danni determinabili dalle tipologie di crollo generalmente diminuiscono rapidamente all'aumentare della distanza dalla sorgente, mentre, al contrario, i danni determinabili dalle tipologie di tipo *debris* si incrementano con la distanza dalla sorgente. In entrambi i casi il potere distruttivo delle due fenomenologie è anche legato alla confor-

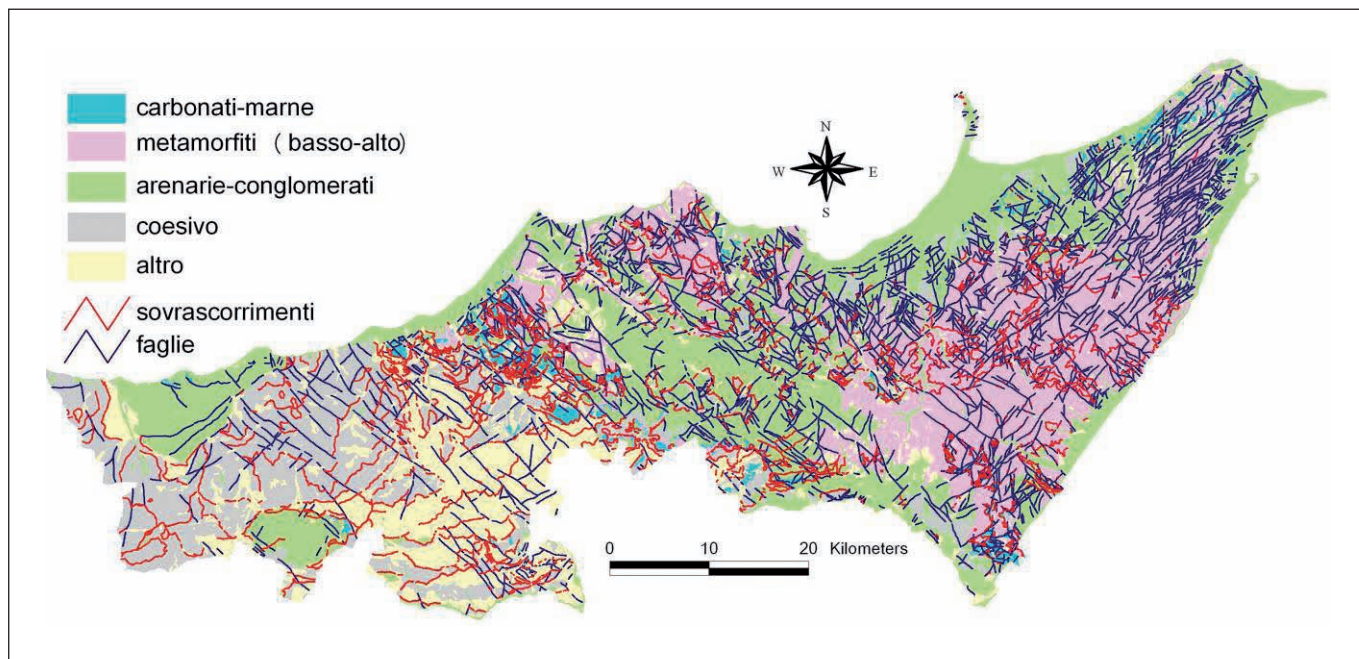


Fig. 4 - Tipologie litologiche utilizzate per la suddivisione in classi del territorio della Provincia di Messina.

- mazione orografica del territorio compreso tra sorgente e destinazione finale, che è prerogativa del campo n. 16 delle schede (profilo longitudinale dissesto potenziale-manufatti/infrastrutture) e che verrà compilato in una successiva fase di lavoro;
- ✓ durante la fase di censimento preliminare sono state osservate parecchie situazioni territoriali in cui i versanti prossimi ad agglomerati urbani sono caratterizzati da numerosi dissesti in atto o potenziali. In questi casi sono stati preliminarmente censiti solo i dissesti significativi e più incombenti sui manufatti/infrastrutture, mentre un più approfondito dettaglio si è rimandato ad una successiva fase di approfondimento;
 - ✓ altresì, anche le vie di fuga sono caratterizzate da dissesti in atto o potenziali, i quali determinano condizioni di elevata pericolosità per tratti anche dell'ordine dei chilometri. Anche in questo caso sono stati segnalate solo situazioni puntiformi che pregiudicano la possibilità di fuga nelle immediate vicinanze dell'agglomerato urbano considerato;
 - ✓ la tipologia litologica è stata anch'essa sintetizzata in sei classi (Fig. 4), poiché si è ritenuto che successioni litostratigrafiche/litodemiche diverse rispondano similmente ai processi di alterazione/degradazione meteorica e che pertanto potevano, nella fase preliminare, essere raggruppate per classi di suscettività ai dissesti. Sono state così distinte le seguenti classi litologiche: 1) carbonati-marne, 2) arenarie-conglomerati, 3) metamorfiti di alto grado, 4) metamorfiti di basso grado; 5) coesivo e 6) altro. Le classi 1, 2 e 3 sono prevalentemente soggette a crollo-altro, mentre le classi 4 e 5 sono più sogget-

te a fenomeni che possono determinare condizioni di tipo *debris*. Nella classe 6 sono state inserite altre tipologie litologiche, quali le evaporiti e le successioni flyschoidi che negli intorno di affioramento rilevati non possiedono né una prevalenza arenacea né una prevalenza argillosa;

- ✓ infine, lo stato di alterazione delle tipologie litologiche è stato distinto in quattro classi (basso, medio, alto e critico). Nella prima fase di censimento per "stato di alterazione" si è inteso non solo il *grado di maturità del processo di trasformazione chimico-fisica della roccia madre* ma anche la "dimensione" della coltre stessa (spessore medio ed estensione). La valutazione delle due differenti informazioni è stata anche in questo caso fatta in termini qualitativi in quanto una sua caratterizzazione univoca non può prescindere dall'esecuzione di opportune indagini di campo e/o laboratorio.

QUADRO GEOLOGICO

Nel territorio della Provincia Regionale di Messina affiorano corpi rocciosi afferenti ai domini Maghrebide e Kabilo-Calabride.

Dominio Maghrebide

I corpi rocciosi deformati costituiscono un gruppo di unità tettoniche a vergenza meridionale, delle quali quelle peloritane risultano essere le più interne e geometricamente più elevate, mentre quelle numidiche le più esterne e geometricamente più profonde della catena siciliana settentrionale. Le successioni numidiche rappresentano inoltre le coperture terrigene sin-tettoni-

che dei domini Maghrebidi esterni Panormide ed Imereuse-Sicano.

Le successioni mesozoico-neogeniche si presentano ripetute per deformazioni tettoniche. Le successioni numidiche costituiscono le Unità Maragone (più profonda) e quella Monte Salici-Monte Castelli (più elevata). Le successioni sicilidi invece costituiscono tre unità tettoniche principali, che a partire dalla più profonda sono l'Unità Monte Soro, l'Unità di Nicosia e l'Unità di Troina.

Le unità tettoniche sono state messe in posto a partire dall'Oligocene, secondo una progressione in sequenza dai settori più interni verso quelli esterni. A partire dal Miocene sup.-Pliocene inf., le unità tettoniche sono state dislocate e riorientate da fasci di faglie a varia tipologia di rigetto ed orientazione. Sono stati riconosciuti tre sistemi principali ad andamento NO-SE, NE-SO ed O-E, ad alto angolo, che più delle vecchie strutture plicative controllano la recente evoluzione dei rilievi.

A partire dalle unità tettoniche geometricamente più elevate, affiorano:

UNITÀ SICILIDI:

- Flysch di Reitano. Arenarie arkosiche rosso-giallastre, gradate, con intercalazioni di peliti e marne verdi. Sparse canalizzazioni di conglomerati e livelli di *slumps*. Conglomerati poligenici in banchi plurimetri di colore rosso bruno ad elementi eterometrici arrotondati. Verso l'alto sono frequenti le canalizzazioni conglomeratiche ad elementi prevalentemente carbonatici. Spessore variabile da pochi metri a più di 200 metri (Burdigaliano inf.-Langhiano).
- Flysch di Troina-Tusa. Marne grigie e calcari marnosi pluridecimetri, con livelli calcarenitici e calciruditi a macroforaminiferi. Arenarie micacee e siltiti. Spessore variabile da 200 metri a 300 metri (Miocene inf.).
- Argille Varicolori. Argilliti policrome, con intercalazioni di siltiti micacee, calcareniti, quarzareniti e microconglomerati. Inclusi di argille varicolori cretacee. Alla base sono presenti intercalazioni di marne, calcari marnosi, calcareniti e brecciole gradate a macroforaminiferi (Monte Pomiere). Spessore compreso tra 200 metri e 300 metri (Eocene-Oligocene).
- "Argille Scagliose superiori". Argille marnose e marne grigio-scure, a luoghi alternate a calcari marnosi grigi in strati centimetrici e calcareniti gradate. Verso l'alto sono presenti argilliti policrome ed arenarie arkosico-litiche. Spessore di circa 250-300 metri (Cretaceo sup.?).
- Flysch di Monte Soro. Argille e argille marnose alternate a calcari marnosi grigi, evolventi a torbidi-

ti argilloso-arenacee rappresentate da argilliti scure e quarzareniti feldspatiche grigio-verdastre. Lo spessore degli strati varia da 0.5 metri ad oltre un metro (Cretaceo inf.).

- Unità di Nicosia. Argille varicolori con intercalazioni di calcilutiti e calcari marnosi, arenarie tuffitiche, siltiti micacee e quarzareniti a grana fine, passanti verso l'alto ad argille brune con intercalazioni di quarzareniti sormontate da un intervallo di marne silicee, calcari marnosi ed arenarie con clasti andesitici (Burdigaliano).

UNITÀ NUMIDICHE:

- Flysch Numidico. Alternanza di argilliti e siltiti silicee marroni o nerastre e quarzareniti e quarzosiltiti grigie, talora in grossi banchi. Le porzioni argillitiche contengono a luoghi noduli limonitici e possiedono uno spessore variabile da qualche decimetro a qualche metro. Le quarzareniti possiedono uno spessore variabile da qualche decimetro a diverse decine di metri. La successione, suddivisibile nelle Unità di Monte Sambughetti e Monte Castelli, ha uno spessore di diverse centinaia di metri (Oligocene sup.-Miocene inf.).

DEPOSITI TARDOROGENI

- ✓ arenarie con intercalazioni di argille marnose (Flysch di Reitano, Burdigaliano-Serravalliano);
- ✓ calcareniti e calciruditi ("Calcareniti di Rocca D'Armi", Burdigaliano Superiore-Serravalliano);
- ✓ conglomerati poligenici ("Conglomerati di Caronia", Burdigaliano sup.-Tortoniano inf.).

Dominio Kabilo-Calabride

Nei Monti Peloritani affiorano diverse unità tettoniche che costituiscono la porzione più meridionale dell'Arco Calabro.

I rapporti geometrici con i terreni affioranti nei settori più esterni e meridionali della Catena Siciliana (aree dei Monti Nebrodi), dove affiorano le successioni terrigene sicilidi, sono espresse da un lineamento tettonico noto come "Linea di Taormina".

Il settore peloritano, secondo le ricostruzioni più recenti (GIUNTA *et al.*, 1998), corrisponde nel suo insieme ad una depressione della catena appennino-maghrebide, nella quale sono rappresentate le unità tettono-stratigrafiche più elevate a vergenza meridionale (dal basso verso l'alto):

- ✓ Unità Longi-Taormina: affiora nei settori frontali dell'elemento peloritano secondo un andamento NW-SE da S. Agata di Militello fino a Taormina; è costituita da un basamento epimetamorfico ricoperto da una successione sedimentaria meso-cenozoica

- ca, che mostra marcate differenze di facies correlabili con differenti storie tettono-sedimentarie;
- ✓ **Unità Fondachelli:** costituita da un basamento epimetamorfico pre-alpino dato da filladi, metareniti e rare metabasiti e metcalcarei;
 - ✓ **Unità Mandanici:** costituita da un basamento pre-alpino composto da filladi, quarziti, metabasiti, marmi e porfiroidi;
 - ✓ **Unità Mela:** costituita da un basamento pre-alpino polimetamorfico, rappresentato da paragneiss passanti a micascisti, con intercalazioni di metabasiti e marmi (unità di recente istituzione);
 - ✓ **Unità Aspromonte:** formata da un basamento varisico metamorfico di medio-alto grado, costituito da paragneiss e micascisti, gneiss occhiadini e metagraniti, anfiboliti, ultramafiti e marmi, intrusi da plutonici tardo-varisiche, e riequilibrato in età alpina.

In discordanza su queste unità tettoniche affiora estesamente la Formazione Stilo-Capo d'Orlando, di età Oligocene sup. (?) - Miocene inf., costituita essenzialmente da torbiditi silico-clastiche, il cui significato paleo-tettonico è di controversa interpretazione. La sedimentazione di questa formazione si interrompe durante il Langhiano, a seguito del ricoprimento tettonico da parte di una coltre di argille variegiate (Unità Antisicilidi), di dubbia provenienza. In discordanza sulle Unità Antisicilidi e sui terreni sottostanti, giace la formazione miocenica delle Calcareni di Floresta, costituita da arkosi a cemento carbonatico, ricche di briozoi.

I depositi tortoniano-messiniani sono presenti prevalentemente nella parte settentrionale dei Monti Peloritani e poggiano in discordanza su tutti i terreni più antichi. Le successioni plioceniche affiorano in modo discontinuo e realmente molto limitato nei settori settentrionali dei Monti Peloritani, mentre le successioni plio-pleistoceniche occupano le depressioni costiere a pronunciato controllo neotettonico.

Nel settore nebrodico-peloritano della Provincia di Messina sono riconoscibili strutture duttili e fragili riferibili alla deformazione Alpina, espressa dalla sovrapposizione di unità tettoniche a prevalente vergenza meridionale e costituite da un basamento cristallino ercinico e delle relative coperture sedimentarie meso-cenozoiche. Questi corpi tettonici hanno subito delle ulteriori deformazioni a partire dal Miocene superiore, fino a tempi recenti; la presenza di ulteriori momenti deformativi viene espressa dalla riorientazione, verticalizzazione e frammentazione delle originarie unità tettoniche oligo-mioceniche. La cronologia degli eventi deformativi può essere così ricostruita:

- ✓ **sovrascorrimenti** legati alla prima fase di deformazione dell'orogenesi Alpina, espressi da estesi *flat*. Altre estese superfici di sovrascorrimento limitano alla base le "Argille Varicolori Antisicilidi".

- ✓ **inviluppo di sovrascorrimenti**, che si impostano sulla precedente struttura a sovrascorrimenti; l'inviluppo delle vecchie superfici di sovrascorrimento determina l'ulteriore ripetizione della serie tettonica.
- ✓ **sovrascorrimento della coltre "Antisicilide"** durante il Langhiano, preceduto nei settori più interni da una fase di erosione, evidenziata localmente dal diretto contatto tra la coltre "Antisicilide" stessa e i corpi cristallini pre-triassici;
- ✓ **inviluppo di sovrascorrimenti** durante il Miocene medio, attraverso un sistema ancora una volta espresso da geometrie *ramp-flat* e da piegamenti a grande raggio di curvatura visibili soprattutto all'interno delle successioni della Formazione di Stilo-Capo d'Orlando. Questo sistema coinvolge nella deformazione le coltri "Antisicilidi", determinando nei settori più interni dei Monti Peloritani il sovrascorrimento su di esse delle successioni della Formazione Stilo-Capo d'Orlando;
- ✓ **faglie inverse ad alto angolo** che dislocano sia le unità di basamento che le relative coperture sedimentarie oligo-mioceniche. Questa fase di *breaching* avviene successivamente alla deposizione dei terreni evaporitici messiniani;
- ✓ **faglie ad alto angolo con componente trascorrente**, a cui sono associate faglie trascorrenti secondarie (cunei di *Riedel*), sia sintetiche che antitetiche. Spesso le faglie sintetiche presentano una componente compressiva che determina la formazione di strutture a fiore positive. Questa tettonica trascorrente sembra essere legata alle ultime fasi dell'orogenesi Alpina;
- ✓ **faglie dirette ad andamento listrico**, legate alla tettonica distensiva connessa con il *rifting* tirrenico, che interessa la porzione settentrionale dell'Arco.

CENNI DI IDROGEOLOGIA

Le unità idrogeologiche del territorio della Provincia di Messina mostrano differenti caratteristiche idrauliche e di potenziale, in relazione al grado e tipo di permeabilità dei mezzi rocciosi ed alle loro caratteristiche geometriche (idrostrutture). La permeabilità dei terreni affioranti risulta variabile in relazione sia delle caratteristiche primarie (porosità) che secondarie (fessurazione), queste ultime conseguenti al grado di tettonizzazione più o meno spinto raggiunto dai corpi rocciosi.

IL SETTORE NEBROIDEO

Sono distinguibili terreni a diversa permeabilità:

- ✓ molto elevata per porosità primaria. A questa categoria appartengono le alluvioni di fondovalle ed alcuni corpi detritici particolarmente spessi;

- ✓ variabile, in genere medio-elevata, sia per porosità primaria che per fessurazione. A questa categoria appartengono le Formazioni Stilo-Capo d'Orlando e Reitano;
- ✓ generalmente bassa per fessurazione. A questa categoria appartengono le successioni numidiche dove più spesse sono le intercalazioni quarzarenitiche, ed in misura minore le quarzareniti sicilidi;
- ✓ molto bassa o nulla. A questa categoria appartengono le successioni argillose numidiche e sicilidi.

IL SETTORE PELORITANO

La permeabilità della successioni rocciose dei Monti Peloritani possono essere così distinte:

- ✓ terreni a permeabilità molto elevata per porosità primaria. depositi alluvionali di fondovalle e delle pianure costiere, conoidi di deiezione;
- ✓ molto elevata per fessurazione e carsismo. A questa categoria appartengono le successioni carbonatiche dell'Unità Longi-Taormina;
- ✓ terreni a permeabilità medio-alta per porosità e/o fessurazione. sabbie e ghiaie di Messina, calcareniti e sabbie, depositi evaporitici;
- ✓ terreni a permeabilità media per fessurazione e/o per porosità. alternanza arenacea-argillosa, conglomerato Rosso, conglomerati della Fm. Stilo-Capo d'Orlando, metamorfiti di medio-alto grado;
- ✓ terreni a permeabilità medio-bassa per porosità e/o fessurazione. depositi fluvio-marini terrazzati, alternanza argilloso-arenacea della Fm. Stilo-Capo d'Orlando, metamorfiti di basso grado;
- ✓ terreni a permeabilità molto bassa. argille marnose azzurre, trubi, diatomiti e marne, argille variegate.

CENNI CLIMATOLOGICI E IDROLOGICI

Sono state preliminarmente acquisite informazioni relative alle caratteristiche climatiche del territorio della Provincia di Messina poiché esse, unitamente alle condizioni geologiche delle rocce affioranti, contribuiscono in modo preponderante alla potenzialità al dissesto idrogeologico.

Il clima del territorio messinese è fortemente influenzato dall'orografia, ed in particolare dalla catena montuosa a ridosso della costa, cui si collegano l'effetto barriera nei confronti delle masse di aria provenienti dal Tirreno e dallo Ionio, l'azione mitigatrice del mare relativamente alla temperatura, la variabilità dei caratteri pluviometrici e termometrici nelle diverse fasce altimetriche che decorrono parallelamente allo sviluppo della catena.

Le precipitazioni medie annue lungo il versante tirrenico della Provincia si attestano mediamente sugli

800-1.000 mm, ad eccezione dell'area metropolitana e del settore di Taormina, dove la media è di 700-800 mm. Lungo il versante tirrenico, la media è di 700-800 mm nei settori costieri e aumenta progressivamente fino a raggiungere i valori di 1.000-1.200 nei settori montani di cresta, per poi tornare a diminuire nel versante meridionale del massiccio montuoso.

Le temperature medie annue diminuiscono regolarmente con l'altitudine, con valori massimi di 18°C-19°C nei settori costieri e valori minimi di 10°C-11°C in quelli montani in entrambi i versanti della provincia.

Anche l'escursione media annua possiede le stesse variazioni della temperatura, con minimi di 13°C-14°C nei settori costieri e massimi di 19°C-20°C in quelli montani.

I valori dell'evapotraspirazione raggiungono dei massimi di 900-1.000 mm in entrambi i settori costieri ionico e tirrenico, per diminuire progressivamente verso quelli montani dove i valori medi sono compresi tra 600-700 mm.

L'indice bioclimatico è prevalentemente Termomediterraneo-subumido superiore, tendente al Mesomediterraneo-subumido superiore lungo il versante ionico, mentre a questa tipologia si aggiunge, lungo il versante tirrenico, la categoria Termomediterraneo-subumido inferiore (settori costieri) e Mesomediterraneo-umido inferiore/ Mesomediterraneo-subumido inferiore lungo i rilievi.

Riguardo l'indice di Thorntwaite, si osserva in entrambi i versanti della provincia una graduale variazione da Asciutto-subumido (settori costieri) a Umido (settori montani).

La stessa distribuzione caratterizza l'indice De Martonne, con caratteristiche climatiche di tipo Temperato caldo nei settori costieri fino ad Umido in quelli montani.

L'indice Emberger indica per gran parte condizioni climatiche di tipo Umido, con passaggi al Sub-umido nei settori collinari-costieri della costa tirrenica e nell'area di Capo Peloro.

Infine, l'indice di Lang indica prevalenti condizioni di tipo Semiarido lungo il versante ionico della provincia, mentre in quello tirrenico si hanno anche condizioni di tipo Steppico in alcuni settori costieri e di tipo Temperato caldo in quelli montani.

INTENSITÀ DELLE PIOGGE

Nell'ottica di definire le relazioni tra piovosità (in termini di intensità) e franosità in Provincia di Messina, sono state calcolate le altezze di pioggia giornaliere su base statistica per i principali agglomerati urbani secondo la metodologia di CANNAROZZO *et al.* (1990).

Con questo metodo sono state calcolate preliminarmente le altezze di pioggia (nell'arco delle 24 ore) per

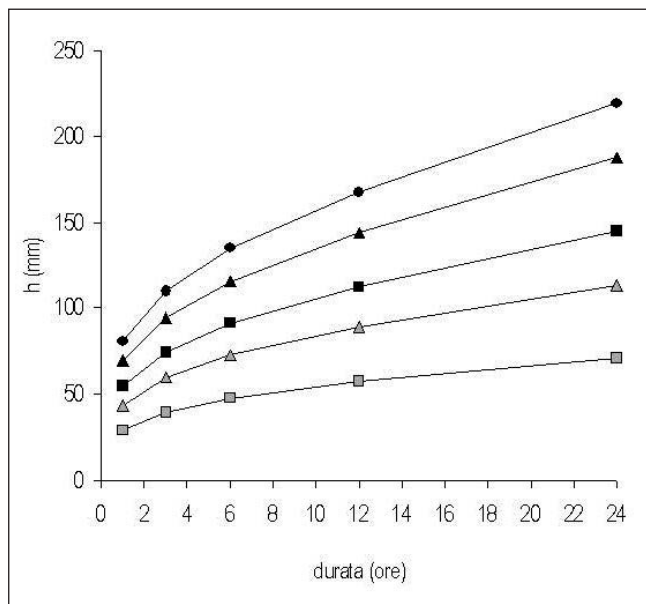


Grafico 1 - es: curva di probabilità pluviometrica (TR = 2, 5, 10, 25 e 50 anni) determinata per ciascun sito in potenziale dissesto (quella visualizzata è relativa alla città di Messina).

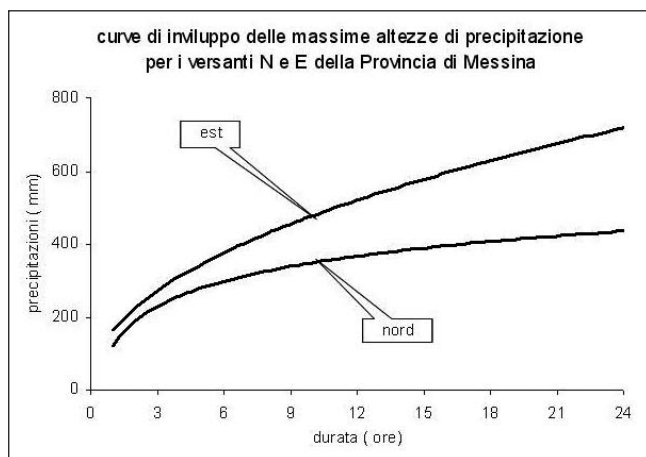


Grafico 2 - Curve di inviluppo delle massime altezze di precipitazione per i versanti N e E della Provincia di Messina.

tempi di ritorno variabili da 2 a 50 anni (curve di probabilità pluviometrica) per tutti i maggiori centri urbani della Provincia di Messina (cfr. grafico 1).

Il grafico 2 sintetizza le massime altezze di precipitazione osservate nell'arco di un giorno nei due versanti del territorio provinciale.

CORRELAZIONE PRECIPITAZIONI-DISSESTI

La definizione delle cosiddette "soglie pluviometriche" risulta particolarmente efficace nel caso di colate o scivolamenti superficiali in terreni a permeabilità medio-elevata (sabbia o detrito), caratterizzati da una rapida risposta delle pressioni interstiziali e influenzati da piogge brevi e intense; mentre nel caso di frane di scorrimento più profonde a carico di coltri "regolitiche", detritiche, colluviali o rocce molto fratturate, le relazioni tra precipitazioni e durata si rilevano inadeguate,

in quanto prevale l'influenza delle piogge antecedenti rispetto agli eventi intensi, su un periodo tra l'altro più o meno lungo, mensile o quanto meno plurigiornaliero (CANUTI E CASAGLI, 1994).

Un primo elemento particolarmente espressivo per definire le zone a rischio erosivo è rappresentato dall'indice di aggressività della pioggia (R), calcolabile secondo una relazione proposta da D'ASARO E SANTORO (1983) per le aree attrezzate solo con pluviometri:

$$R = 0.21 q^{-0.096} P^{2.3} \text{NGP}^{-2}$$

dove:

- q = quota della stazione in m s.l.m.;
- NGP = numero di giorni piovosi;
- P = precipitazione annue in mm.

Una valutazione finalizzata all'individuazione dei periodi con il maggiore rischio di innesco di fenomeni franosi, può essere anche eseguita sulla base dell'intensità delle piogge mensili di lungo periodo:

$$\text{Intensità} = \text{Precipitazione} / \text{Giorni piovosi}$$

dove le precipitazioni e i giorni piovosi possono essere anche attinti dalle serie storiche di GANDOLFO (1979), basati su un periodo di osservazione di 50 anni.

Sulla base di tali elaborazioni, incrociando le informazioni provenienti dall'elaborazione delle curve di soglia pluviometrica, è possibile definire campi di stabilità/instabilità idrogeologica (grafico 3), sulla base delle curve proposte da CANCELLI E NOVA (1985).

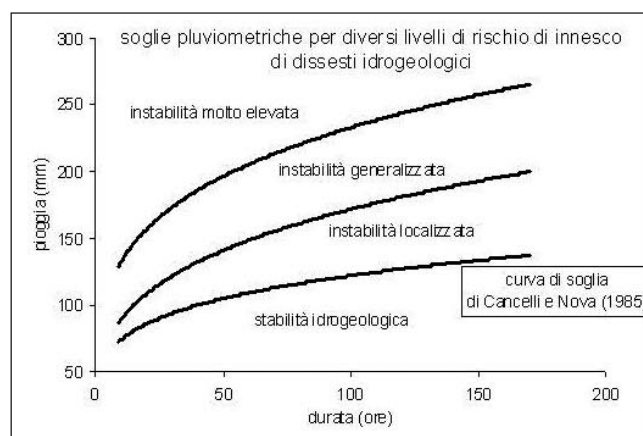


Grafico 3 - Soglie pluviometriche per diversi livelli di rischio di innesco di dissesti idrogeologici.

Gli effetti geomorfologici indotti nel campo dell'instabilità localizzata sono riconducibili a fenomeni tipo "soil slip" o a frane superficiali:

- ✓ con scorrimento semplice, che investono i terreni detritici con componente granulare prossima o equivalente a quella fine, limo-argillosa;
- ✓ con scorrimento associato ad uno o più flussi di colate che investono gli orizzonti detritico-argillosi e le coltri argillose, decomprese e sature.

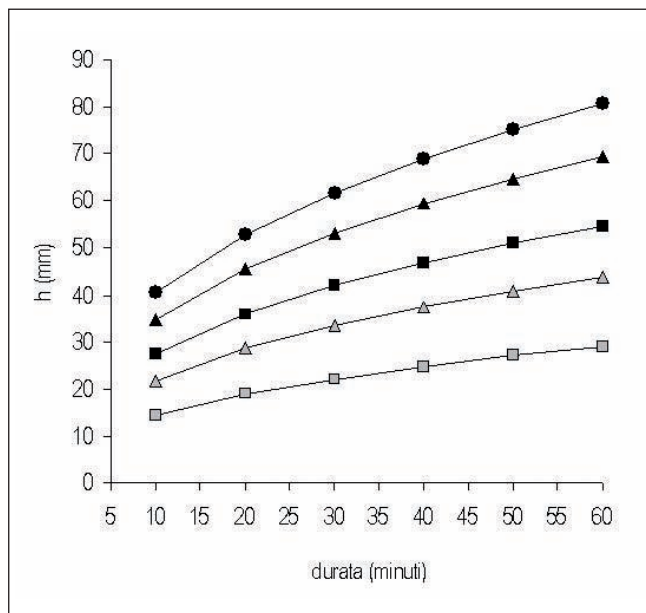


Grafico 4 - Esempio di curva di probabilità pluviometrica ($TR = 2, 5, 10, 25$ e 50 anni) relativa alla città di Messina.

Queste fenomenologie gravitative, nel campo dell'instabilità generalizzata è molto elevata, si sviluppano come veri e propri fenomeni complessi di scorrimento-colamento, che investono arealmente interi versanti, anche con la riattivazione di frane quiescenti e l'attivazione di frane di neoformazione.

Infine, riguardo le piogge intense con durata minore ad un'ora (eventi brevi), la relativa altezza per determinati tempi di ritorno può essere stimata utilizzando la relazione di FERRO (2002):

$$h_{t < 1 \text{ ora}, T} = h_{t=1, T} * (t/60)^{0,386}$$

Questa relazione è stata adottata per la determinazione delle altezze di piogge brevi e intense che incidono direttamente sui meccanismi di attivazione delle frane (cfr. grafico 4).

CENNI SULLE CARATTERISTICHE VEGETAZIONALI, DEL SUOLO E SUO USO

Sono state anche acquisite le informazioni preliminari riguardanti le caratteristiche vegetazionali del territorio messinese, poiché esse possono concorrere alla mitigazione della vulnerabilità al dissesto idrogeologico.

Un quadro riassuntivo delle associazioni e delle caratteristiche dei suoli ricadenti nell'area nebrodico-peloritana, è stata elaborata da FIEROTTI (1997), sulla base della "carta dei suoli della Sicilia" (FIEROTTI, 1988). I diversi tipi pedologici sono stati caratterizzati in base: allo spessore, alla tessitura, al contenuto di sostanza organica, al drenaggio, alla potenzialità e all'uso attuale prevalente (tabella 1).

Tabella 1 - Tipi e caratteristiche dei suoli della Provincia di Messina.

tipo podologico	spessore	profilo	tessitura	contenuto sostanza organica	drenaggio	uso prevalente	potenzialità
Suoli alluvionati	Elevato molto elevato	Ap - C	Sabbiosa Sabbioso-franca	scarso	elevato	Agrumeti e frutteti	elevata
Suoli antropici	Sottile-medio	Ap - C	Sabbiosa	scarso	elevato	Agrumeti e frutteti	elevata
Litosuoli	Sottile	A - R	Argillosa o argilloso-sabbiosa	scarso	elevato	Bosco-pascolo	bassa
Suoli bruni acidi	Medio	Ap-Bw-C A-Bw-C	Franca o franco-argillosa	discreto	buono	Bosco-pascoli	elevata
Rankers	Medio	A-Bw-C	Franca o franco-argillosa	elevato	elevato	Bosco	elevata
Protorankers	Sottile	A-Bw-C	Franca o franco-argillosa	elevato	elevato	Bosco	buona
Suoli bruni lisciviati	Elevato	A-Bt-C	Franco argillosa Franca	Discreto Elevato	buono	Pascoli bosco	elevata

Tabella 2 - Associazioni di suoli, uso e caratteristiche del paesaggio della Provincia di Messina.

zona morfologica	associazione di suoli	substrato	morfologia	pendenza	uso del suolo
versanti acclivi	suoli bruni leggermente acidi, suoli bruni, suoli bruni lisciviati	rocce metamorfiche	montana	elevata	pascolo, incolto macchia e cespuglietto
fascia costiera e collina litoranea p.p.	suoli alluvionali	depositi alluvionali	piana	pianeggiante, sub-pianeggiante	agrumeto, arboreto vigneto, orto
collina litoranea p.p.	suoli bruni, suoli bruni vertici,	argille, sequenze fliscioidi	bassa collina	poco inclinata	arboreto, seminativo

Nella tabella 2 è stato ricostruito il quadro di sintesi delle forme prevalenti del paesaggio con associate le caratteristiche dei suoli e del substrato, tenendo conto anche della classificazione dei suoli siciliani, proposta da FIEROTTI (1988-1997):

La degradazione e il consumo dei suoli, con conseguente riduzione della fertilità naturale e delle potenzialità produttive, rappresenta una vera e pro-

pria emergenza, che condiziona lo sviluppo socio-economico e le politiche territoriali, tenendo anche conto che gli interventi per fermare o ridurre questi processi di degradazione sono difficili e complicati e richiedono tempi lunghi e sforzi economici e tecnologici notevoli.

I fattori che intervengono nei processi di degradazione dei suoli sono naturali e antropici (tabella 3).

Tabella 3 - Fattori determinanti la degradazione dei suoli in Sicilia.

cause di degradazione dei suoli in Sicilia (FIEROTTI, 1997)	
antropiche	naturali
<ul style="list-style-type: none"> • continuo ed intenso sfruttamento • specializzazione delle colture • monocoltura • irrigazione con acque anomale • lavorazioni (scasso, spianamento, rittochino, ecc) • utilizzazione impropria • uso di pesticidi, erbicidi e prodotti inquinanti • abbandono delle terre e delle sistemazioni • taglio ed incendio dei boschi • incontrollato sviluppo urbanistico 	<ul style="list-style-type: none"> • tessitura argillosa • andamento climatico • difficoltà di drenaggio • acclività • caratteristiche litologiche • basso tenore in sostanza organica • presenza di falda superficiale • alluvionamenti • salinità • croste superficiali

Nelle zone di pianura e di fondovalle si concentrano i più gravi problemi di degradazione legati principalmente alla selvaggia urbanizzazione, all' inquina-

mento e all'utilizzo di acque improprie, che possono dare origine a gravi processi di salinizzazione o di sodicizzazione (tabella 4).

Tabella 4 - Fattori determinanti la degradazione dei suoli nelle pianure siciliane.

cause di degradazione dei suoli in pianura (FIEROTTI, 1997)	
antropiche	naturali
<ul style="list-style-type: none"> • supersfruttamento delle terre • irrigazione con acque saline o con acque reflue non depurate • uso di potenti mezzi meccanici per lavori di scasso, spianamento, ecc. • uso incontrollato di concimi minerali • uso di pesticidi e diserbanti • espansione urbanistica • costruzione di infrastrutture 	<ul style="list-style-type: none"> • falda superficiale • alluvionamenti • salinità • presenza di croste superficiali

Per quanto riguarda l'uso del suolo si è fatto riferimento alla carta tematica prodotta dalla REGIONE SICILIANA (1994). La legenda della carta organizza le classi di uso del suolo per livelli di progressivo approfondimento, con riferimento alla nomenclatura del progetto comunitario *CORINE Land Cover* e introducendo i necessari adattamenti alle caratteristiche specifiche del territorio isolano (tabella 5).

dimento, con riferimento alla nomenclatura del progetto comunitario *CORINE Land Cover* e introducendo i necessari adattamenti alle caratteristiche specifiche del territorio isolano (tabella 5).

Tabella 5 - Uso del suolo in Provincia di Messina.

uso del suolo	superficie	
	ha	%
territori modellati artificialmente	15.204	4.68
seminativo	18.730	5.77
legnose agrarie	79.272	24.41
zone agricole eterogenee	16.433	5.06
boschi	79.937	24.62
aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea	106.453	32.78
zone aperte con vegetazione rada o assente	8.551	2.63
corpi idrici (acque continentali+acque marittime e di transizione)	85	0.03
totale	324.722	100

In funzione dell'elaborazione della carta della pericolosità potenziale al dissesto, le classi di uso del suolo sono state raggruppate, secondo quanto riportato in Fig. 5.

È interessante segnalare come la superficie boschiva rappresenti circa il 24% del territorio provinciale, percentuale di gran lunga superiore a quelle

delle altre province siciliane e che rappresenta circa il 40% dell'intera superficie boscata dell'Isola. Anche le aree a vegetazione arbustiva ed erbacea (32% circa) hanno la maggiore estensione nella provincia di Messina, dove predomina generalmente il pascolo e l'incolto rispetto alla macchia ed al cespuglietto (tabelle 6 e 7).

Tabella 6 - Superficie forestale nella provincia di Messina per forma di governo e tipo di bosco.

Tipo bosco	fustaie di pini	fustaie di altre resinose	fustaie resinose miste	fustaie di latifoglie pure	fustaie di latifoglie miste	fustaie di resinose e latifoglie	cedui semplici	cedui composti	macchia mediterranea
S (ha)	3.593	162	979	7.233	2.544	15.542	33.352	2.334	4.046

Tabella 7 - Vegetazione naturale potenziale in Provincia di Messina.

vegetazione naturale potenziale	superficie	
	ha	%
macchia sempreverde a olivastro	1.305.211	51.30
macchia e foreste di leccio	679.120	26.69
formazioni forestali di roverella	446.090	17.53
formazioni forestali di cerro	54.130	2.13
formazioni forestali di faggio	54.427	2.14
aggruppamenti altomontani	5.090	0.20

La vegetazione potenziale è quella di una zona costiera che si presenta organizzata in fasce parallele alla linea di costa che, procedendo verso l'entroterra, risentono sempre meno dell'azione perturbatrice del mare.

La prima fascia è costituita da specie annuali alo-nitrofile che prediligono i tratti dove si accumula il materiale spiaggiato dal moto ondoso, ed è costituita da *Salsola kali*, *Euphorbia peplis*, *Xanthium italicum*, *Cakile maritima*, ecc.

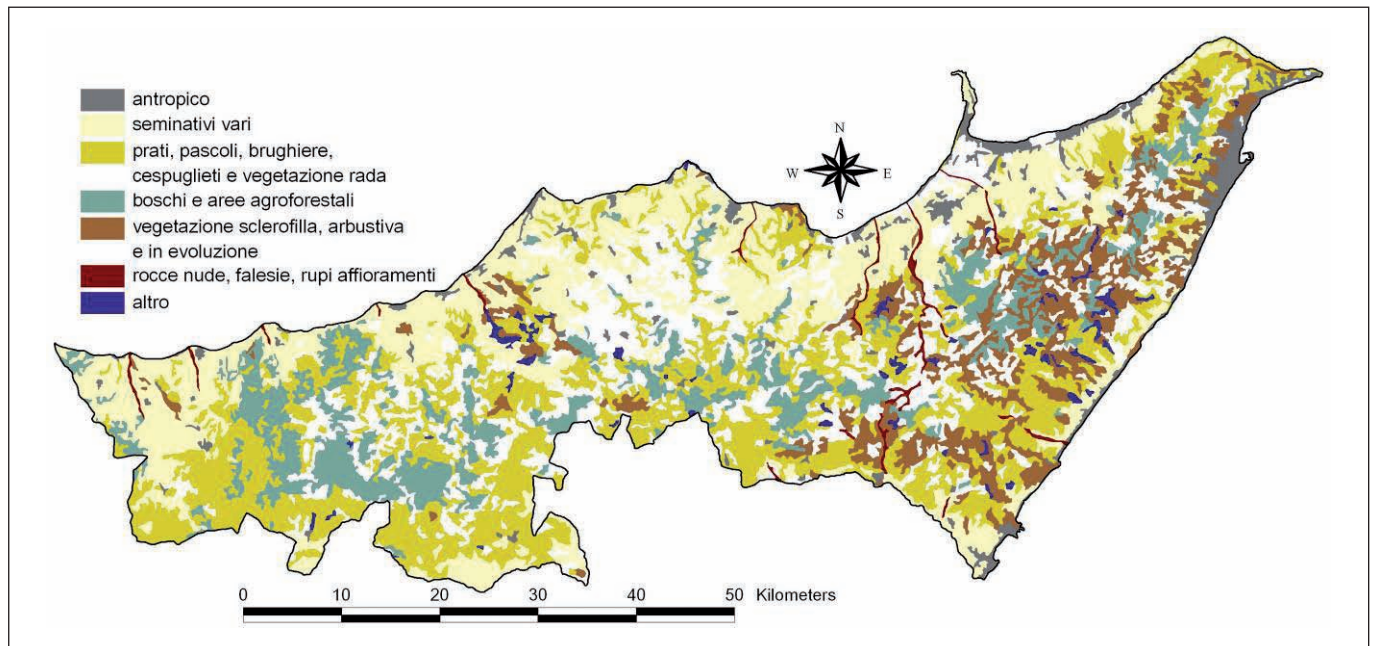


Fig. 5 - Carta dell'uso del suolo del territorio della Provincia di Messina.

Segue la fascia che colonizza ed edifica le dune "embrionali" che risulta fisionomicamente dominata da *Agropyron junceum*, graminacea stolonifera che, con il suo apparato radicale, contribuisce a trattenere la sabbia e a consolidare le dune. Frequenti sono inoltre *Otanthus maritimus*, *Matthiola sinuata*, *Sporobolus arenarius*, *Eryngium maritimum*, *Cyperus kalli*, ecc.

La fascia successiva si trova sulle dune più interne, ormai abbastanza stabili, ed è caratterizzata dalla dominanza di *Ammophila littoralis*, grossa graminacea cespitosa che, trattenendo la sabbia trasportata dal vento, svolge un ruolo fondamentale nell'edificazione delle dune. Si rinvencono inoltre altre psammofite come *Echinophora spinosa*, *Medicago marina*, *Pan-cratiun maritimum*, ecc.

Ancora più internamente è possibile osservare una quarta fascia che occupa le dune ormai stabili, dove è stato avviato il processo di pedogenesi delle sabbie. Questa fascia di vegetazione risulta caratterizzata da *Ononis diffusa* e *Centaurea sphaerocephala*.

La vegetazione psammofila, nel suo insieme, è molto disturbata e danneggiata in conseguenza dell'uso balneare delle spiagge, dello spianamento delle dune, dei rimboschimenti a pini ed eucalipti nel retroduna.

Le formazioni boschive naturali più o meno degradate sono costituite da rovere, roverella, leccio e qualche volta castagno, ontano e agrifoglio. Nelle vallate vi è insediato il pioppo (*Populus alba*), l'ontano (*Alnus glutinosa*) ed è presente anche la noce (*Juglans regia*).

La vegetazione spontanea è rappresentata dalla macchia mediterranea, in cui sono presenti il cisto (*Cistus salviefolius*), la ginestra (*Spartium junceum*), la calicotome, il corbezzolo ed in qualche caso l'erica arborea. La macchia mediterranea assume significato di vegeta-

zione arbustiva secondaria, formatasi per degradazione dei boschi, nelle aree soggette da tempo ad abbandono culturale o nelle aree percorse da incendi.

Lungo il corso delle fiumare e dei valloni si notano frammenti di vegetazione da riferire ad aggruppamenti propri delle ripe fluviali. Tra gli elementi più rappresentativi si citano specie del genere *Tamarix*, *Salix* e *Populus*, essenze dei boschi ripariali dell'area mediterranea ormai quasi ovunque scomparsi. Lungo le ripe delle zone a valle si può osservare isolato o in gruppi l'oleandro (*Nerium oleander*), che rappresenta la testimonianza di una vegetazione tipicamente mediterranea. Il letto dei torrenti e delle fiumare, costituito da materiale alluvionale grossolano, viene colonizzato nel periodo di secca da vari esempi di vegetazione, fra cui l'aggruppamento a *Helichrysum italicum*, che ove dominante imprime una nota caratteristica al paesaggio dei greti durante il periodo estivo.

Una descrizione di maggiore dettaglio merita la vegetazione della fascia costiera, caratterizzata da piante adatte a vivere in ambienti con elevate concentrazioni di sali minerali sia nel substrato sia nell'ambiente subaereo (piante "alofite"). Queste piante, lungo il litorale tirrenico, sono rappresentate generalmente da associazioni floristiche povere con distribuzione frammentaria per la presenza di spiagge sabbiose brevi, spesso sottoposte a forte pressione antropica, e per l'assenza di ampie distese dunali. Fra l'altro gli adattamenti sviluppati da queste piante per vivere in ambienti così severi ne impediscono l'attecchimento altrove, dove vengono velocemente sopraffatte da specie più competitive.

La macchia mediterranea, distinguibile dalla gariga (area occupata da arbusti cespugliosi di altezza inferio-

re a 50 cm) e dall'*Oleo-ceratonion*, noto anche come climax dell'oleastro e del carrubo, si caratterizza come un'associazione floristica complessa stratificata su tre livelli: un livello superiore formato dalle chiome di piante a portamento arboreo, uno intermedio formato da vegetazione di piante a portamento arbustivo o cespuglioso e uno basale formato dalla vegetazione erbacea.

Con il termine gariga si intendono due differenti associazioni fitoclimatiche caratteristiche e molto diffuse nell'ambiente mediterraneo: montana e costiera (o gariga propriamente detta). Generalmente, comunque, la gariga è una formazione di arbusti bassi che rappresenta uno stadio floristico involutivo, che si colloca tra la macchia xerofila dell'*Oleo-ceratonion* e la prateria steppica mediterranea, derivato dalla degradazione delle macchie in seguito ad erosione del suolo, pascolo con carichi eccessivi, incendi, disboscamento. La prateria mediterranea è una formazione vegetale tipica dei pendii soleggiati, caratterizzata in prevalenza da essenze erbacee xerofile, soprattutto graminacee cespitose.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il gruppo montuoso dei Nebrodi, essendo costituito per gran parte da successioni terrigene flyschoidi, possiede dei lineamenti morfologici dati da forme generalmente arrotondate. Tuttavia, l'erosione selettiva e le linee di dislocazione neotettoniche contribuiscono localmente alla formazione di versanti ad accentuata pendenza e di pareti scoscese, con valli fortemente incise e con corsi d'acqua aventi regimi torrentizi.

Il paesaggio peloritano è caratterizzato da una morfologia aspra, espressione del complesso assetto geostrutturale, cui si aggiunge il forte sollevamento dell'intera area, a partire dal Miocene sup., che hanno determinato fenomeni di intensa erosione lungo i versanti.

Nei settori vallivi, per la netta diminuzione delle pendenze, prevalgono i processi di deposizione dei detriti provenienti dai settori in quota che, trasportati dalle acque di deflusso superficiale, si accompagnano spesso a fenomeni di esondazione degli alvei dei torrenti in occasione di eventi di piena stagionali. Questi sono favoriti dalle accentuate pendenze dei *thalwegs*, dovute alle forti differenze di quota che si hanno in spazi ridotti, con rilievi di notevole altezza molto prossimi alla costa (soprattutto nel versante ionico).

Anche il reticolo idrografico presenta caratteristiche tipiche delle aree di recente sollevamento, con presenza di corsi d'acqua a regime torrentizio (COLTRO *et al.*, 1989).

Lungo il versante tirrenico i corsi d'acqua sono in genere di breve lunghezza, poco ramificati e di notevole pendenza, data la vicinanza della catena settentrionale dell'isola con il mare. I fiumi che scendono dalla

catena settentrionale, sia verso nord riversandosi sul Tirreno, che verso sud nel centro dell'isola, assumono spesso la fisionomia di fiumare, con ampi greti solo in parte occupati dal corso d'acqua, colmi da spesse coltri di materiali alluvionali, trasportati dalle impetuose piene invernali.

In relazione alla morfologia, le incisioni torrentizie presentano andamento quasi rettilinei e all'incirca ortogonale alla linea di costa orlandina, *thalwegs* ad elevata pendenza per la maggior parte del loro sviluppo, alvei stretti ed incassati fra alti pareti rocciose nei tratti montani, che diventano ampi e sovralluvionati nei tratti terminali. I bacini imbriferi sono generalmente di estensione limitata, con ampiezza maggiore nella parte medio-alta e più ristretti in quella terminale.

Nel territorio provinciale i versanti presentano sovente ripide scarpate, alternate a zone a morfologia più blanda, in relazione alle caratteristiche litologiche dei corpi rocciosi. Lungo la base dei versanti, si accumulano notevoli quantità di detrito, costituito da blocchi spigolosi, mentre sui versanti dove si ha presenza di rocce argillose, impermeabili, si assiste allo sviluppo di una fitta rete di linee d'impluvio il cui decorso è talora controllato da strutture tettoniche recenti. Verso i settori costieri sono sempre più evidenti le spianate morfologiche, a tratti ricoperte da depositi ciottolosi alluvionali.

Le deformazioni neotettoniche stanno alla base dell'evoluzione morfodinamica del territorio. Questo coincide con un'area in predominante erosione, costituita da blocchi basculati in sollevamento ed in abbassamento.

I rilievi sono contrassegnati da una varietà di forme dovute essenzialmente all'erosione selettiva (versanti e scarpate di linea di faglia e versanti complessi a controllo strutturale), anche se non mancano esempi di morfologie originatesi direttamente o in parte da movimenti tettonici (scarpate e gradini di faglia) o, al contrario, che sono state scarsamente influenzate dal controllo strutturale (superfici sub-orizzontali e superfici di abrasione marina).

L'erosione selettiva e i fenomeni morfodinamici superficiali, peraltro molto recenti, sembrano essersi innescati successivamente alle aumentate energie dei rilievi, conseguenza dell'abbassamento del livello di base dell'erosione. Le modificazioni geomorfologiche indotte dalle variazioni dello stesso livello di base sembrano essere dovute a un graduale e lento sollevamento generalizzato che ha interessato in maniera pressoché uniforme questo settore di catena nebrodico-peloritana.

Le caratteristiche morfotettoniche sono rappresentate da vari indizi, quali tipologie di discontinuità dei crinali, da allineamenti di vette e dal decorso rettilineo di talune incisioni costituenti il locale reticolato idrografico, scarpate mono- e policicliche, ecc.

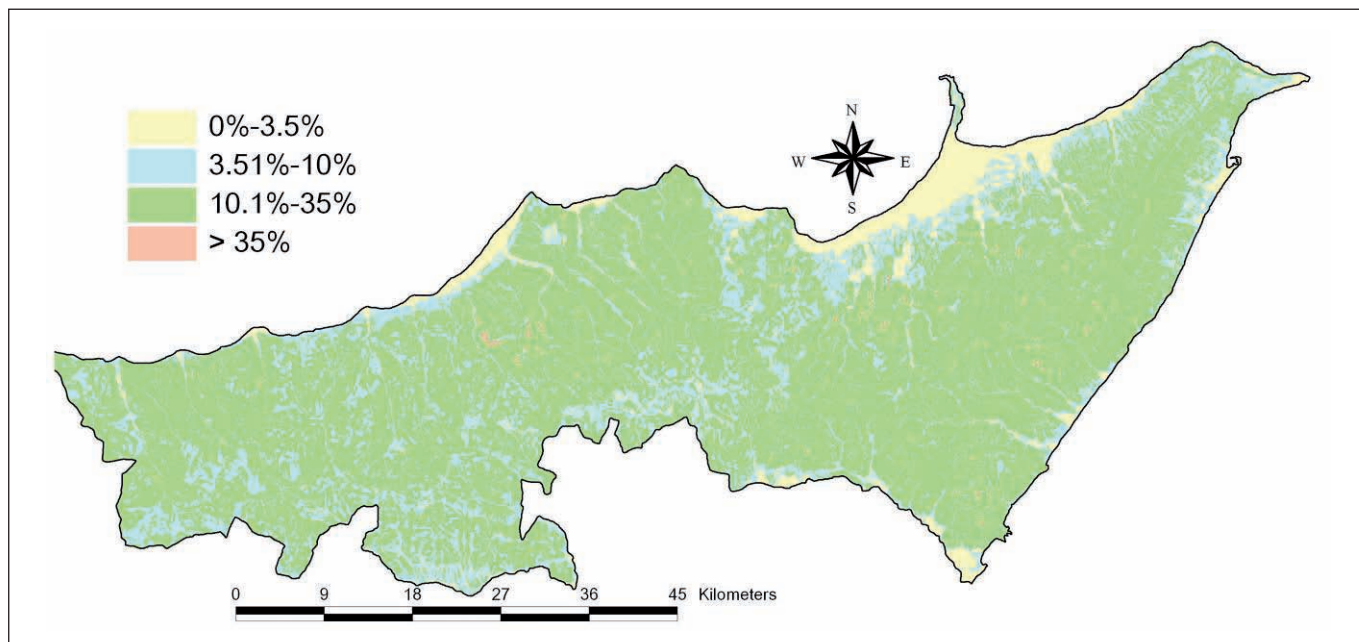


Fig. 6 - Distribuzione dell'acclività nel territorio della Provincia di Messina.

Sono diffusi i versanti di faglia mono- e policiclici, talvolta caratterizzati nelle loro porzioni medio-alte da scarpate e gradini, mentre alla base sono presenti scarpate determinatesi in parte per movimenti tettonici e in parte per erosione selettiva e, a tratti, scarpate e gradini di linea di faglia, o a controllo strutturale e generalmente molto degradati, originatesi per erosione selettiva al contatto fra litologie con caratteristiche litotecniche differenti.

Le geometrie dei versanti, quali acclività (Fig. 6), altezza (energia del rilievo), lunghezza e forma del pendio, controllano anch'essi, in modo ed in misura diverse, l'instabilità del territorio. Anche se l'instabilità cresce in generale con l'aumentare della pendenza dei versanti, vi sono localmente intervalli clivometrici dati da valori relativamente elevati dove non si osserva una maggiore frequenza di corpi franosi. Ciò è funzione dei caratteri composizionali dei materiali costituenti il pendio. Viceversa, la frequenza di dissesti in settori non particolarmente acclivi e non costituiti in affioramento da terreni prettamente argillosi, implica l'esistenza di un marcato controllo tettonico. In altri termini, non sempre si verifica una relazione diretta ad esempio tra altezza del pendio/inclinazione del pendio e grado di instabilità dello stesso.

ANALISI PRELIMINARE DEI DISSESTI SULLA BASE DEI DATI CONTENUTI NEL PAI

Le informazioni relative a tutte le tipologie di dissesto contenute nel PAI sono state trattate statisticamente, al fine di fornire una valutazione preliminare del livello di pericolosità potenziale al dissesto geomorfologico della Provincia di Messina. Queste tipo-

logie e la loro distribuzione sono visibili nella figura successiva.

Le informazioni relative ai dissesti censiti dal PAI (Fig. 7) sono state incrociate sia con la tipologia litologica che con le fasce altimetriche entro le quali esse si sviluppano.

È stata inoltre effettuata un'elaborazione statistica relativa alla distribuzione dell'acclività con le fasce altimetriche.

Il grafico 5 mostra la distribuzione su base provinciale dei dissesti PAI per le diverse classi litologiche distinte nelle schede.

Il grafico 6 mostra invece la distribuzione su base provinciale dei dissesti PAI con le fasce altimetriche.

Il grafico 7 mostra la distribuzione dell'acclività su base provinciale con le fasce altimetriche.

Infine, il grafico 8 mostra la distribuzione su base provinciale delle classi litologiche per fasce altimetriche.

Alla scala di bacino, sono state elaborate informazioni PAI volte alla determinazione della densità delle aree in dissesto, visualizzate nei grafici 9 e 10.

Considerando che la suddivisione in fasce altimetriche è stata effettuata per passi di 100 m dal l.m. (fino a 1.000m) e, successivamente, per passi di 200m, tutti i grafici presentati mostrano distribuzioni di fattori di tipo pseudo-gaussiana.

Si è cioè osservato che:

- ✓ le classi litologiche maggiormente soggette a dissesto sono le metamorfiche di alto grado e il "coesivo";
- ✓ le fasce altimetriche entro le quali si concentrano i dissesti sono comprese tra 300m e 800m;
- ✓ le classi di acclività entro le quali si attivano maggiormente i dissesti sono comprese tra 15% e 30%.

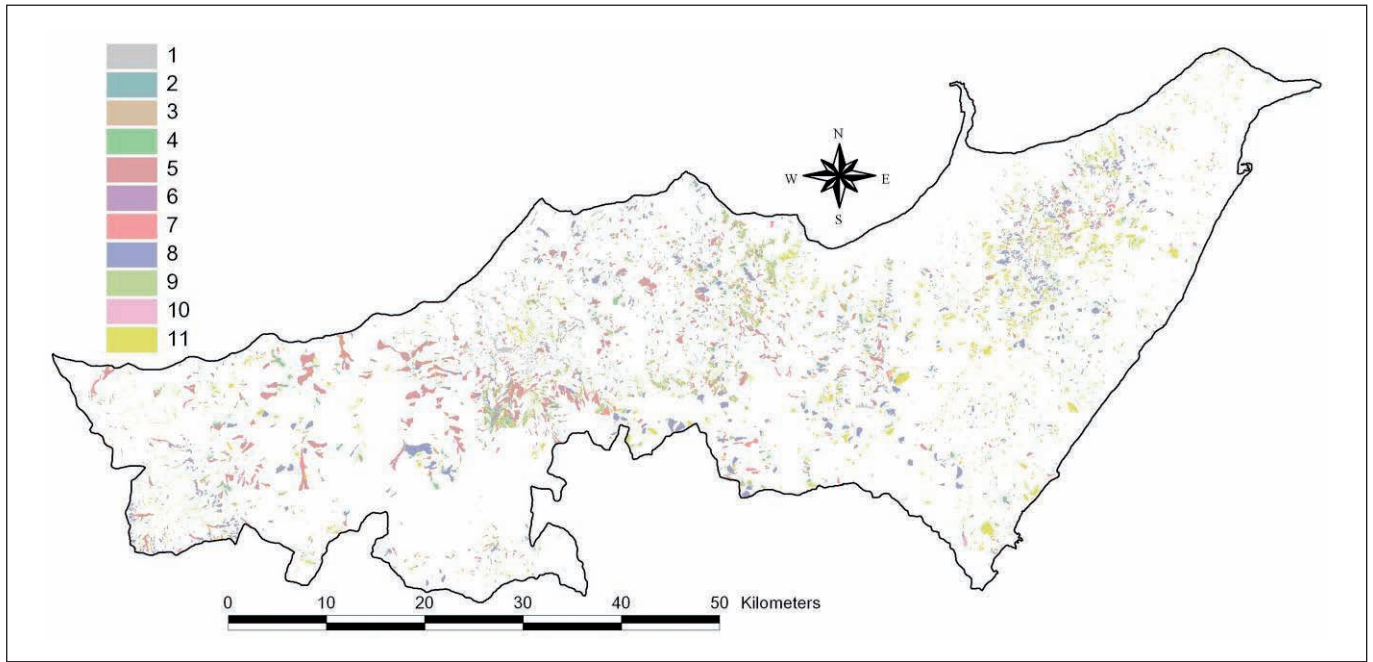


Fig. 7 - Distribuzione dei dissesti in Provincia di Messina censiti nel PAI. 1) crolli; 2) colamenti rapidi; 3) sprofondamenti; 4) scorrimenti; 5) frane complesse; 6) espansioni laterali; 7) colamenti lenti; 8) franosità diffusa; 9) creep; 10) calanchi) 11) erosioni accelerate.

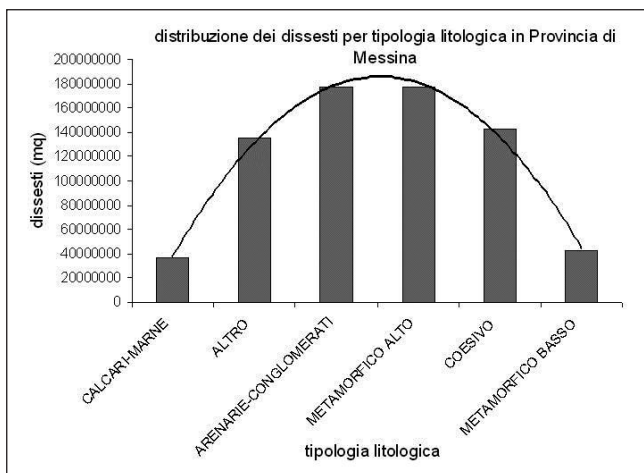


Grafico 5 - Distribuzione dei dissesti per tipologia litologica in Provincia di Messina.

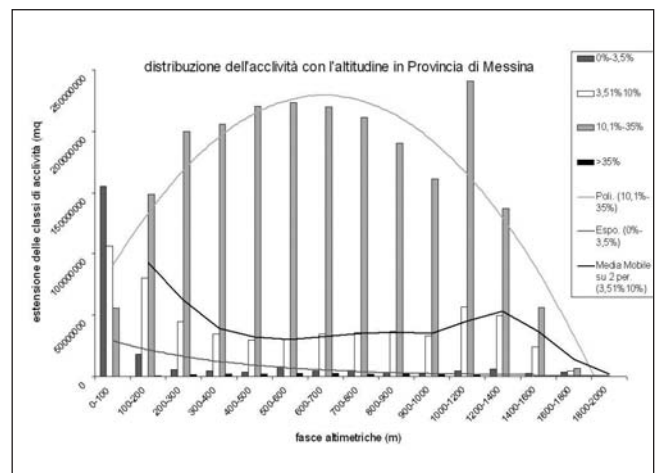


Grafico 7 - Distribuzione dell'acclività con l'altitudine in Provincia di Messina.

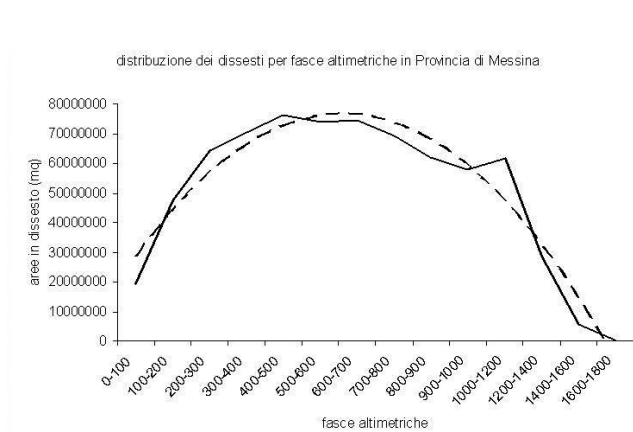


Grafico 6 - Distribuzione dei dissesti per fasce altimetriche in Provincia di Messina.

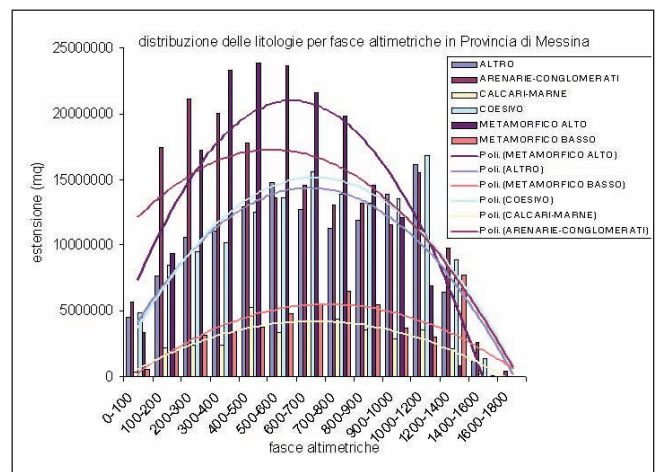


Grafico 8 - Distribuzione delle litologie per fasce altimetriche in Provincia di Messina.

Grafico 9 - Densità di dissesti per i bacini idrografici della Provincia di Messina.

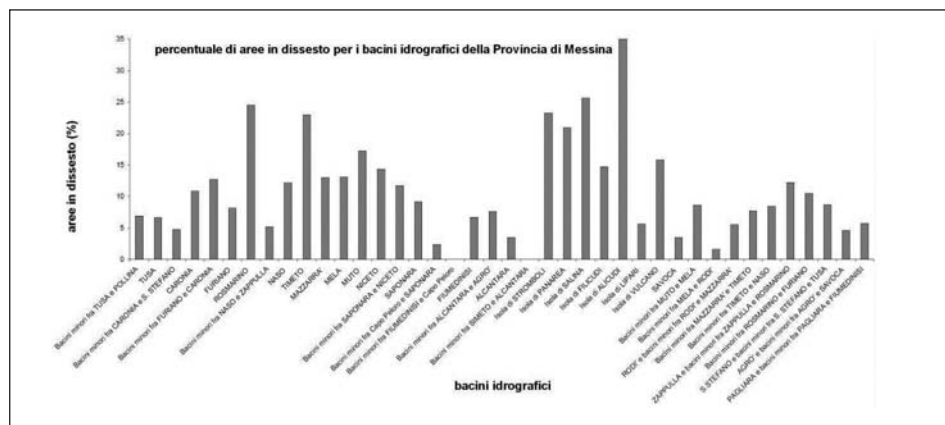
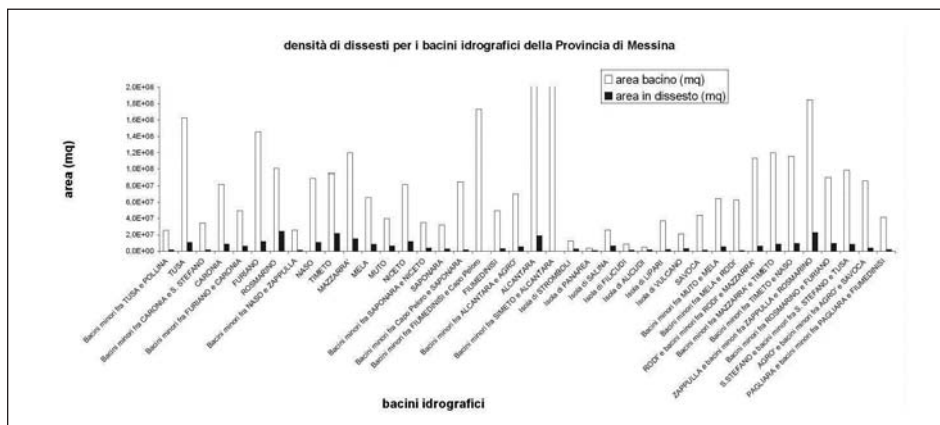


Grafico 10 - Percentuale di aree in dissesto per i bacini idrografici della Provincia di Messina.

Alla scala di bacino, sono stati osservati dei leggeri scostamenti delle massime ampiezze dei picchi gaussiani relativi alla distribuzione dei dissesti con le fasce altimetriche, i quali non sono stati considerati in questa fase di lavoro ma che vanno considerati nelle fasi successive di approfondimento al fine di procedere ad un'elaborazione più dettagliata della pericolosità potenziale al dissesto del territorio provinciale di Messina.

Tuttavia, le costanti caratteristiche statistiche generali considerate hanno permesso di elaborare una carta provinciale della pericolosità potenziale al dissesto (tutte le tipologie PAI). In particolare, questa carta è stata elaborata sulla base di tecniche informatiche (GIS) basate sulla somma di pesi assegnati a ciascun

fattore. In questo caso i fattori sono: altimetria, acclività e litologia.

I suddetti fattori non incidono con la stessa intensità nei processi di attivazione dei dissesti geomorfologici, per cui il loro peso è stato determinato in relazione alla presenza reciproca degli altri fattori.

Nel caso particolare, sulla base delle informazioni geologiche, geomorfologiche e morfometriche disponibili, i pesi dei tre fattori sono stati così determinati:

- ✓ pesi fattori altimetria = unità
- ✓ pesi fattori acclività = pesi fattori altimetria x 2
- ✓ pesi fattori litologia = pesi fattori altimetria x 3

Su questa base, a ciascun fattore sono stati assegnati dei pesi, secondo la tabella 8:

Tabella 8 - Indici assegnati ai diversi fattori principali determinanti il dissesto idrogeologico potenziale in Provincia di Messina.

altimetria	0-100	100-200	200-300	300-400	400-500	500-600	600-700	700-800	800-900	900-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800	
peso	1	2	4	3	4	5	5	4	3	2	2	2	1	0	
litologia	calcari-marne		altro			arenarie-conglomerati		metamorfico alto		coesivo		metamorfico basso			
peso	3		6			9		9		6		3			
acclività	0%-5%		5.1%-10%		10.1%-15%		15.1%-20%		20.1%-25%		25.1%-30%		>30%		
peso	0		2		4		6		8		10		12		

A questi tre fattori principali ne sono stati aggiunti altri due, di mitigazione o esaltazione, relativi alla copertura vegetale/uso suolo e all'aggressività delle piogge, in termini di fattori statistici (iso-A) di CANNA-ROZZO *et al.* (1990).

In particolare, entrambi i fattori sono stati considerati come "influenti" il doppio rispetto al *fattore altimetria*.

La tabella 9 mostra i pesi assegnati alle classi dei due fattori *vegetazione* e *piogge*:

Tabella 9 - Indici assegnati ai diversi fattori di mitigazione/esaltazione del dissesto idrogeologico potenziale in Provincia di Messina.

vegetazione	roccia nuda		pascoli-altro		seminativo		boschi		urbanizzato
peso	0		-2		-4		-6		-8
piogge (iso-a)	19-25	25.1-27	27.1-29	29.1-31	31.1-33	33.1-35	35.1-37	37.1-39	39.1-42
peso	1	2	4	6	8	10	12	14	16

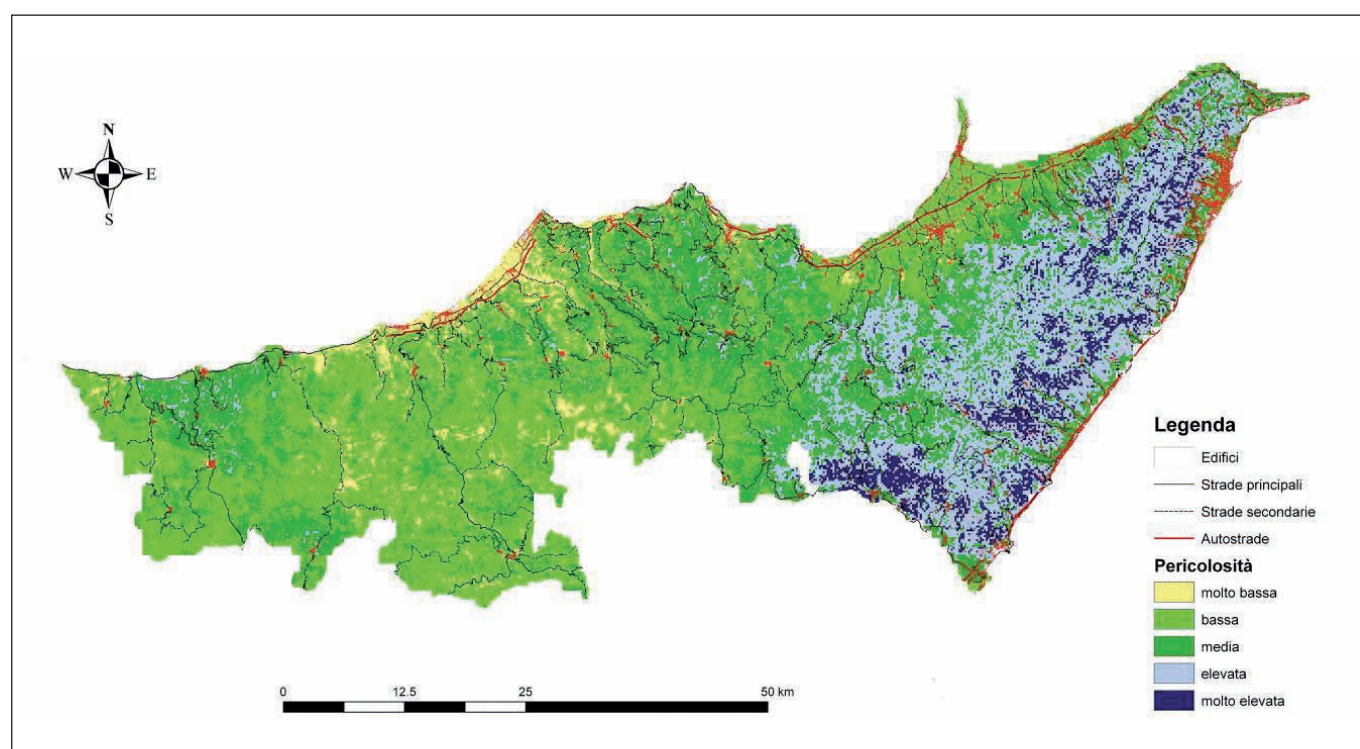


Fig. 8 - Valutazione preliminare della pericolosità potenziale al dissesto idrogeologico in Provincia di Messina sulla base di tutte le tipologie cinematiche contenute nel PAI.

Per cui, la somma algebrica dei coefficienti dei cinque fattori ha condotto all'elaborazione della carta della pericolosità potenziale al dissesto geomorfologico (sulla base dei dati PAI) per il territorio provinciale di Messina.

Pertanto, la pericolosità potenziale su base dati PAI (somma pesi dei cinque fattori), risulta:

molto bassa	bassa	media	elevata	molto elevata
0-8	8.1-16	16.1-24	24.1-32	32.1-40

Il tematismo di Fig. 8 è stato realizzato con il software GIS ARCVIEW, immettendo informazioni *strati-*

ficcate quali: acclività, litologia, fasce altimetriche, con l'aggiunta dei fattori relativi alla componente vegetazionale e all'aggressività delle piogge.

Dall'elaborazione di queste informazioni si è rilevato che: i livelli più elevati di pericolosità potenziale al dissesto caratterizzano la dorsale peloritana (versante ionico), mentre una pericolosità media, tendente ad elevata, caratterizza i settori collinari e montani compresi tra Capo Calavà e Capo Tindari. Lungo il versante tirrenico della dorsale peloritana, i livelli di pericolosità più elevati si registrano nelle zone di testa dei bacini imbriferi e decrescono fino a livelli di pericolosità medio-alta nei settori di foce.

CONCLUSIONI

Lo studio condotto nella provincia di Messina ha consentito di fornire alcune considerazioni:

- ✓ la gran parte degli agglomerati urbani del territorio provinciale sono a rischio potenziale in relazione al verificarsi di eventi meteorici intensi;
- ✓ anche laddove esistono più vie di fuga, esse sono sovente contemporaneamente soggette a dissesti potenziali;
- ✓ questi dissesti potenziali sono rappresentati sia da crolli, colate detritiche, ma anche da altre tipologie cinematiche che tuttavia possono concorrere alla perdita di vite umane;
- ✓ per le caratteristiche fisiografiche dei bacini imbriferi della Provincia di Messina, le colate detritiche possono attivarsi con una maggiore frequenza statistica lungo il versante ionico, mentre le altre tipologie sono distribuite più omogeneamente nel territorio;
- ✓ nel complesso, la densità dei dissesti potenziali caratterizza il versante ionico e il settore centrale di quello tirrenico;
- ✓ sulla base delle informazioni acquisite durante la presente fase di lavoro, si stima che nel settore occidentale del territorio provinciale il livello di pericolosità potenziale risulta mediamente basso e tende ad aumentare procedendo verso i settori orientali;
- ✓ l'elaborazione delle informazioni contenute nel PAI ha enfatizzato una distribuzione pseudo-gaussiana dei dissesti in relazione ad alcuni fattori;
- ✓ su questa base è stata elaborata una carta preliminare della pericolosità potenziale al dissesto del territorio provinciale;
- ✓ la coerenza di questo tematismo con i dati acquisiti nella prima fase di lavoro è in corso di analisi e le valutazioni di merito verranno fornite in una successiva fase di lavoro.

Sono state acquisite e analizzate preliminarmente alcune informazioni territoriali-ambientali, le quali concorrono, con pesi diversi, all'assetto geomorfologico e che sottendono ai processi morfodinamici e quindi alle condizioni di equilibrio dei volumi rocciosi affioranti. Tra queste, risultano determinanti i parametri climatici e vegetazionali/uso del suolo.

Riguardo il trattamento statistico dei dati idrologici, sono state elaborate curve di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno ed intervalli di precipitazione fino a 24 ore. Altresì, sono state anche elaborate preliminarmente le altezze di pioggia per eventi brevi ed intensi (inferiori ad un'ora).

Nella successiva fase di lavoro quest'analisi verrà affinata, così come si procederà alla valutazione della

pericolosità al dissesto basata anche sulla sismicità della regione, secondo le metodologie proposte in precedenza.

Il dettaglio successivo consisterà anche nel censimento ulteriore dei versanti incombenti sugli agglomerati urbani, così come sulle altre tipologie urbane del territorio provinciale, e nella quantificazione lineare dei tratti di vie di fuga a rischio.

Verranno inoltre stimate le tipologie e quantità di indagini di campo e/o laboratorio necessarie per la caratterizzazione geotecnica dei corpi rocciosi metastabili, che risulta fondamentale per una stima sufficientemente realistica della pericolosità al dissesto (sia per fattori scatenanti climatici che sismici).

Bibliografia

- Cancelli A. e Nova R. (1985) - Landslides in soli debris cover triggered by rainstorms in Valtellina (Central Alps - Italy). Proc. IV Int. Conf. and Fiel Workshop on Landslides, Tokyo, 267-272.
- Cannarozzo M., D'Asaro F. e Ferro V. (1990) - Analisi regionale dei massimi annuali delle piogge di breve durata per il territorio siciliano. *Idrotecnica*, 6, 251-266.
- Canuti P. e Casagli N. (1994) - Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana. *Atti Conv. "Fenomeni franosi e centri abitati"*, Bologna, 27 Maggio 1994. CNR-GNDICI e Regione Emilia Romagna.
- Carrara A. *et al.* (1985) - Classificazione e nomenclatura dei fenomeni franosi. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, 20, II, 223-243.
- Coltro R., Ferrara V. e Roda C. (1989) - Relazioni tra acque superficiali e falde sub-alvee nelle fiumare. *Atti 4° Conv. Int. Acque Sotterranee*, Acireale 17-21 feb. 1980, 3, 211-237.
- D'Asaro F. e Santoro M. (1983) - Aggressività della pioggia nello studio dell'erosione idrica del territorio siciliano. *Pubbl. Ist. Idraul. Univ. Palermo, Arti Grafiche Siciliane*, 164, 28 pp.
- Ferro V. (2002) - La sistemazione dei bacini idrografici. McGraw-Hill, Milano, 676 pp.
- Ferro V., Giordano G. e Iovino M. (1991) - La carta delle isoerodenti e del rischio erosivo nello studio dell'erosione idrica del territorio siciliano. *Idrotecnica*, 4, 283-295.
- Fierotti G. (1988) - Carta dei suoli della Sicilia. *Ist. Agronomia Generale- Università di Palermo*.
- FIEROTTI G. (1997) - I suoli della Sicilia. D. Flaccovio Ed., Palermo.
- Gandolfo S. (1979) - La pioggia in Sicilia (1921-1970). *Atti I Conv. Meteorologia Appenninica*, Reggio Emilia, 7-10 aprile 1979.
- Giunta G., Messina A., Bonardi G., Nigro F., Somma R. e Cutrupia D., Giorgianni A., Sparacino V. (1998) - *Geologia dei Monti Peloritani (Sicilia NE)*. Guida all'escursione, 77° Riunione estiva, Palermo, Settembre 1998.
- Regione Siciliana (1994) - *Carta dell'uso del suolo*. Ass. Territorio e Ambiente, S.E.L.C.A., Firenze.
- Sassa K. (1989) - Geotechnical classification of landslides. Traduz. R. Lesmo da "Lanslide News", n. 3, June 1989. *Geol. Tecnica*, 4, 39-43.

Abbiamo letto per voi

La fine del mondo secondo Confucio:

Ciò che il bruco chiama "la fine del mondo" per il resto del mondo è una bellissima farfalla.



G. Montana, A.M. Polito, A. Sulli, A. Caruso, E. Azzaro

LE "ARGILLE CERAMICHE" DELLA SICILIA OCCIDENTALE E CENTRALE

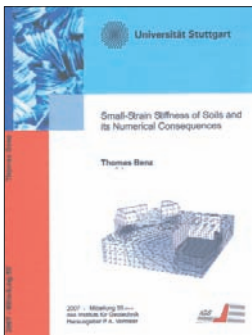
pagg. 204 - Euro 30,00 – Ilion Books

Il testo affronta per la prima volta lo studio multidisciplinare delle formazioni argillose siciliane, soprattutto in riferimento al loro utilizzo nel settore ceramico nell'antichità, con ricadute spesso rilevanti in svariati ambiti geologici applicativi. Esso infatti integra i dati derivati dalla geologia stratigrafica, dalla chimica, dalla mineralogia e dalla paleontologia fornendo conoscenze di base e informazioni utili sia al geologo professionista, ma anche all'archeologo, agli storici d'arte, agli ingegneri e architetti, agli studenti universitari ed a tutti gli appassionati in genere di beni culturali, di natura e archeologia. Il testo offre uno studio dettagliato di 9 formazioni argillose affioranti nella Sicilia occidentale e centrale di centri noti per la produzione di ceramica e di manufatti per l'edilizia. Nel testo vengono commentati i risultati di indagini di laboratorio (analisi granulometriche, mineralogiche – XRD, chimiche – XRF, e tecnologiche, oltre che paleontologiche.

Thomas Benz

SMALL-STRAIN STIFFNESS OF SOILS AND ITS NUMERICAL CONSEQUENCES

Institut für Geotechnik der Universität Stuttgart

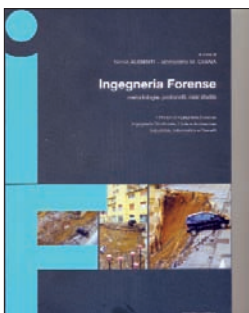


Si tratta di una interessante ricerca di dottorato, scaricabile da internet, dedicata alle problematiche inerenti la misura del modulo di rigidità al taglio G a piccole deformazioni che costituisce un innovativo argomento professionale soprattutto con l'introduzione delle verifiche di sicurezza agli stati limite (SLU, SLE) stabilite dalle NTC2008. L'autore nell'evidenziare che il modulo G si conserva a piccole deformazioni mentre il suo valore diminuisce con l'aumentare degli sforzi deformativi esamina tutti i parametri che influenzano la sua variabilità quali la plasticità del terreno, il grado di sovraconsolidazione OCR, la diagenesi, la storia geologica, l'indice dei vuoti etc. Nel testo si analizzano e si commentano tutti i metodi utilizzati per la determinazione di questo modulo dalle prove di laboratorio (colonna di risonanza e taglio torsionale) alle prove in-situ geotecniche e sismiche, con le relative formule di correlazione, fornendo una analisi su modelli matematici verificati in campo geotecnico con formule, tabelle e abachi molto teorici. In ultimo è presentato un interessante caso di studio relativo alla ricostruzione di una chiusa sull'importante via d'acqua "MittellandKanal" (MLK) che collega il Reno e l'Elba.

Nicola Augenti, Bernardino M. Chiaia

INGEGNERIA FORENSE

pagg. 504 - Euro 55,00 – Dario Flaccovio Editore, Palermo



Un libro nuovo nel panorama della consulenza tecnica civile, penale ed amministrativa nel campo dell'ingegneria forense. Il testo indaga ed esplora casi d'ingegneria risolti in sede forense, proponendosi come un manuale da utilizzare dai professionisti del settore quali, in particolare, magistrati, ingegneri ed architetti. Il capitolo 5 (unico) con il contributo di Giovanni Barla, docente emerito di Geomeccanica del Politecnico di Torino, analizza le problematiche dei collassi in ambito geologico e geotecnico dove il CTU incaricato dal giudice (o dal pubblico ministero) deve accertare le responsabilità dei danni causati. Per tali aspetti il testo interessa anche quei geologi che si occupano dei meccanismi di collasso e di dissesto franoso dei sistemi geotecnici e geologici e si trovano a collaborare nelle perizie con ingegneri e architetti. Vengono messi in evidenza sinteticamente gli errori comuni e difetti nella progettazione civile per gli aspetti geotecnici (geomateriali e componente strutturale), spesso banali, come l'errata individuazione del modello geologico, leggerezza nella pianificazione delle indagini nell'ottica del risparmio ed errata individuazione del modello geotecnico etc.

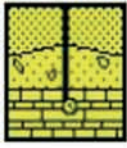
Rosario Alaimo, Renato Giarrusso, Giuseppe Montana

I MATERIALI LAPIDEI DELL'EDILIZIA STORICA DI PALERMO

pagg. 160 - Euro 25,00 - Ilion Books



Nel campo del restauro dei geomateriali utilizzati nell'edilizia dei centri storici il contributo interdisciplinare dei geologi è divenuto negli ultimi anni sempre più richiesto, accanto agli architetti ed ingegneri, nella progettazione di interventi pubblici e privati. Questo avviene soprattutto nel recupero dei beni architettonici, dove è fondamentale la conoscenza dei materiali lapidei, siano essi pietre naturali o aggregati artificiali quali ad esempio le malte, nella loro composizione geochimica, petrografica e geotecnica. Questi aspetti sono prevalentemente pertinenti alle Scienze della terra e vanno studiati con specifiche indagini e metodologie analitiche che in queste discipline trovano la base scientifica della ricerca. Il volume è stato redatto da tre esperti dell'archeometria, geologi di estrazione e docenti universitari, Rosario Alaimo, Giuseppe Montana e Renato Giarrusso, che possono essere considerati "avanguardie" nel campo della geologia applicata ai Beni culturali in Sicilia. Il volume è diviso in tre capitoli che trattano del restauro della calcarenite palermitana, nell'uso di materiale da costruzione e di intaglio, delle pietre pregiate quali marmi e diaspri ed infine delle malte. Il testo è un prezioso piccolo manuale ricco di tabelle e grafici, corredato e ben illustrato da immagini, macrofoto e microfoto in sezione sottile. In appendice il volume riporta le procedure di laboratorio e i metodi classici di analisi per determinare le caratteristiche dei materiali studiati.



CON.GEO s.r.l.

Laboratorio Geotecnico Ufficiale

Decreto di concessione n°56579 del 04.07.2007 del
Ministero delle Infrastrutture e trasporti (settore A)

Laboratorio geotecnico

- Prove di riconoscimento e classificazione: contenuto d'acqua, peso specifico, analisi granulometrica, limiti di Atterberg, ecc
- Prove di deformabilità e di resistenza meccanica: prove di taglio diretto, prove triassiali, prove edometriche, prove E.L.L., ecc
- Prove di permeabilità a carico costante e variabile
- Prove di compattazione (A.A.S.H.T.O. standard o modificato)
- Prove sugli aggregati di calcestruzzo UNI EN12620:2003
- Prove "CBR"
- Prove sui conglomerati bituminosi

Prove geotecniche e geofisiche in sito

- Prove di carico su piastra
- Densità in sito
- Prove di permeabilità in sito
- Prospezioni geoelettriche
- Prospezioni Down-hole e sismiche a rifrazione
- Prove Masw

Indagini non distruttive sui materiali da costruzione

- Prove di carico su pali, micropali, tiranti, solai, impalcati di ponte, ecc
- Carotaggi e prelievi di calcestruzzo e muratura
- Rilievi pacometrici
- Rilievi con ultrasuoni
- Misure del potenziale di corrosione sui ferri di armatura
- Prove con martinetti piatti singoli e doppi



ISO 9001:2008

Esecuzione

prove geotecniche

sui terreni e sulle rocce



Con.Geo s.r.l. Via Andrea Cirrincione n°63 90146 Palermo
Tel./Fax 091 548356 - info@congeosrl.it - www.congeosrl.it



GLOSSARIO SINTETICO GEOLOGICO, SISMICO, GEOTECNICO E STRUTTURALE, DI RIFERIMENTO ALLE NTC2008

INSERTO SPECIALE

a cura di Pietro Todaro; rivisto ed integrato da Eros Aiello

A

Abbattimento di falda. Abbassamento del livello idrostatico della falda libera sotto la quota di lavoro, in genere solo in corso d'opera.

Accelerogramma. Grafico dell'andamento dell'accelerazione del suolo nel tempo dovuta al passaggio delle onde sismiche.

Acque di prima pioggia. Sono quelle relative ad ogni evento meteorico di una precipitazione di 5mm di altezza distribuita sull'intera superficie scolante servita dalla rete di drenaggio.

Acquifugo. (v. *aquifugo*).

Aderenza. La resistenza di attrito tra il terreno e la fondazione dovuta alla coesione.

Adesione. Resistenza al taglio tra la roccia ed un altro materiale sotto pressione esterna nulla.

Adsorbimento. Fenomeno di ritenzione di acqua sulla superficie delle particelle fini del terreno, per effetto di polarizzazione dell'elemento bipolare H₂O.

Affidabilità geologica (o attendibilità). Una delle significative novità delle NTC. Eventuali incertezze nella ricostruzione del modello geologico di riferimento, significative per il progetto, devono essere dichiarate nella relazione geologica. I risultati delle indagini e studi devono essere trattati esaurientemente e commentati (C.6.2.1-comma 8).

Aggregati. Elementi granulari miscelati. Gli aggregati per la produzione del calcestruzzo vengono sottoposti a una frantumazione primaria, a cui segue generalmente una vagliatura a secco e/o una frantumazione secondaria. Successivamente si procede alla *sfangatura* del materiale, che separa le frazioni più fini (limi) indesiderate. La vagliatura permette la classificazione degli aggregati secondo le classi granulometriche per consentire una corretta composizione delle miscele per calcestruzzo. In geotecnica stradale si adoperano i termini "granulati" e "misto granulometrico".

Altezza critica. La massima altezza alla quale una scarpata verticale o inclinata è stabile senza sostegni per un dato insieme di condizioni. In condizioni non drenate questa altezza è data da $H_c = 2 c_u / \gamma$. Dove c_u è la coesione non drenata, γ il peso di volume. In condizioni drenate $H_c = N_s c' / \gamma$ dove N_s un coefficiente di stabilità funzione dell'angolo della scarpata e dell'angolo di attrito interno. Va applicato l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) con $R2 = 1,1$.

Altezza piezometrica (o carico piezometrico). Differenza d'altezza tra un punto della falda idrica libera e la superficie piezometrica.

Ammollimento (*softening, rammollimento*). Processo per cui le rocce poco resistenti perdono resistenza diventando molli, per deformazioni che superano quella cor-

rispondente al valore massimo (resistenza di picco) e tendendo ad un valore di resistenza minimo (residuo). Il fattore tempo è molto importante.

Amplificazione locale. Modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni litostratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.

Amplificazione sismica. Incremento dell'ampiezza del segnale sismico rispetto a una ipotetica roccia di base (bedrock), all'interno di alcuni intervalli di frequenza, al propagarsi delle onde attraverso differenti terreni. In realtà il segnale può venire sia amplificato che deamplificato in uno stesso sito in un modo dipendente dalla banda di frequenze. Il grado di amplificazione è anche una complessa funzione del livello di scuotimento così che, al crescere dello scuotimento, l'amplificazione complessiva può decrescere. I livelli di scuotimento in un sito possono essere anche incrementati dalla focalizzazione dell'energia sismica causata particolari condizioni stratigrafiche del sottosuolo o geomorfologiche (forma di un bacino sedimentario, cresta, etc.)

Analisi geomorfologica quantitativa. L'interazione tra la morfologia e la tettonica attiva viene studiata attraverso gli strumenti della geomorfologia quantitativa con il riconoscimento delle geometrie tipiche di elementi di modellazione del territorio: terrazzi marini e fluviali, depositi lacustri, paleosuperfici, il reticolo idrografico, etc. Si analizza la distribuzione spaziale e temporale dei processi geomorfologici in ambienti tettonicamente attivi sia a piccola che a grande scala spaziale e le interazioni complesse tra i fattori che la determinano. Applicazione di metodi per la stima di pericolosità geomorfologiche d'influenza progettuale. Utilizzo di GIS, telerilevamento e modellazione numerica per analisi quantitativa che qualitativa dei sistemi geomorfologici semplici e complessi.

Ancoraggio. Dispositivo di fondazione in trazione che consente di assicurare la stabilità di una struttura alla quale è vincolata ad una sua estremità, l'altra è impiantata nel terreno o roccia. Es. tirante d'ancoraggio, placca di ancoraggio.

Angolo di attrito esterno. Angolo tra l'ascissa e la tangente alla curva rappresentante la relazione tra resistenza al taglio e sforzi normali tra il terreno e la superficie di altro materiale (δ , gradi).

Angolo di attrito interno (o angolo di resistenza al taglio). Angolo tra l'ascissa e la tangente alla curva rappresentante la relazione tra resistenza al taglio e

sforzi normali agenti all'interno del terreno (φ , gradi). Misura la resistenza che si manifesta tra i granuli dovuta allo scivolamento reciproco e agli effetti d'incastro; indicato dal termine $\sigma \tan \varphi$ dell'equazione di Coulomb $T = c + \sigma \tan \varphi$.

Angolo di riposo, α (o di scarpa, di natural declivio). Angolo tra l'orizzontale e la massima inclinazione che un terreno assume attraverso processi naturali. Per terre granulari asciutte l'effetto dell'altezza del pendio è nullo o trascurabile; per terre coesive, l'influenza dell'altezza del pendio è così forte che α è privo di significato.

Anisotropia. Dipendenza delle proprietà fisiche e meccaniche in un mezzo; per esempio la velocità delle **onde sismiche** o la resistenza delle rocce dipendono dalla direzione considerata.

Anisotropia idrogeologica di permeabilità. Varia il coefficiente di permeabilità K nei terreni stratificati nel senso orizzontale e verticale (k_h e k_v).

Anisotropia litologica. La maggior parte dei terreni sono anisotropi: le loro proprietà mineralogiche e fisiche sono diverse nelle varie direzioni 3D. Tra i parametri più sensibili: le proprietà fisico-meccaniche e la permeabilità.

Aquiclude. Terreno (roccia, terra) relativamente impermeabile che è in grado di assorbire acqua lentamente, ma che funziona come limite di acquifero e che non è in grado di trasmettere l'acqua lentamente, ma sufficiente ad alimentare una sorgente o un pozzo.

Aquifugo o acquifugo. Rocca compatta (es. granito non alterato) che non contiene acqua, se non presente in qualche minerale, e non può consentirne la trasmissione poiché gli eventuali interstizi non sono intercomunicanti.

Aquitard. Strato orizzontale o livello che ritarda ma che non impedisce il movimento dell'acqua da o verso un adiacente acquifero.

Argine. Sbarramento per limitare una zona a valle dove si desidera realizzare un'opera a secco. (es. argini cellulari, gabbioni etc.).

Array (antenna sismica). Disposizione ordinata, secondo opportune geometrie, di sismometri o geofoni, i cui dati confluiscono in modo sincrono in un'unità centrale di acquisizione dati.

Asseverare. Si ha una *perizia asseverata* se il perito ne conferma la certezza dei contenuti "sotto la propria personale responsabilità", attestandone, con un'ulteriore dichiarazione apposta nella perizia stessa, la veridicità e rispondendo così penalmente per eventuali falsi ideologici e materiali in essa contenuti. Si ha, invece, una *perizia giurata* (o *asseverata e giurata*) quando la stessa, oltre alla dichiarazione che assevera la veridicità del contenuto, riporta in calce il verbale del giuramento di "aver bene e fedelmente adempiuto alle funzioni affidategli al solo scopo di far conoscere la verità", reso dal perito dinnanzi al cancelliere di un qualsiasi ufficio giudiziario, compreso quello del giudice di pace, ai sensi dell'art. 5 del r.d. 9 ottobre 1922, n. 1366,^[2] o dinnanzi ad un notaio, ai sensi dell'art. 1, n. 4, del r.d.l. 14 luglio 1937, n. 1666. *Perizia semplice* è quella che non è né asseverata né giurata.

Attività. (v. indice di attività)

Attrito negativo. Nelle aree in cui la sedimentazione è recente vi sono terreni in via di consolidazione (sedimenti olocenici, aree costiere, materiali di riporto etc.). In questi terreni si può verificare l'effetto dell'attrito negativo, cioè il terreno non offre resistenza per attrito laterale lungo il fusto di un palo di fondazione, ma è il terreno che trascina il palo in basso, cioè funge da carico.

B

Barbacani. Fori di scolo alla base dei muri di sostegno.

Bedrock (substrato). Rocca di spessore ed estensione relativamente elevati, presente nella sua posizione originaria al di sotto di una copertura (terra, suolo o altri materiali superficiali sciolti). Usato comunemente dai geologi per riferirsi a qualsiasi roccia/terreno diagenizzata/consolidato che non ha subito i processi meteorici di alterazione e degrado o deformazioni tettoniche pervasive.

Bedrock sismico. Sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio V_s maggiore o uguale a 800 m/s. (> 700m/s nella Circolare n.617/09 sulle Istruzioni per l'applicazione delle NTC - CSLP)

BPT (Becker Penetration Test). La prova di penetrazione del Becker è usata in sabbie grossolane e ghiaie in cui la resistenza alla penetrazione fornita dalle particelle di grandi dimensioni invalida le correlazioni di resistenza alla penetrazione con la densità del terreno. Nel BPT un tubo d'acciaio con un'estremità aperta o chiusa di diametro pari a circa 140 mm è guidato attraverso le ghiaie grossolane e i ciottoli con un martello battipalo diesel.

Il metodo fornisce una registrazione continua della resistenza alla penetrazione con la profondità che può essere correlata con le proprietà geotecniche della stratigrafia del terreno. È una prova utilizzata in depositi di terreni a grana grossa (sabbie grossolane, ghiaie e ciottoli) nei quali la prova **SPT** non fornisce risultati attendibili. La prova consiste nell'infingere nel terreno per 300 mm un tubo di rivestimento con punta chiusa, di diametro pari a circa 140 millimetri, utilizzando un martello battipalo diesel, e nel contare il numero di colpi necessari per la penetrazione.

La prova fornisce una registrazione continua della resistenza alla penetrazione con la profondità che può essere correlata con le proprietà geotecniche dei terreni.

BST (prove). Borehole Shear Test, prove di resistenza al taglio in foro.

Bullone di ancoraggio. Barra metallica di lunghezza finita (1,50-10m) che arma il terreno come tirante passivo. Nelle rocce il bullone realizza un ancoraggio puntuale che può essere meccanico, o con conchiglia d'espansione, oppure per iniezione di malta o resina su una porzione della sua lunghezza. Nei terreni il bullone è ad ancoraggi multipli o iniettato con malta per tutta la sua lunghezza, o avvitato o affondato direttamente.

C

Capacità portante limite di una fondazione. Il massimo carico sopportabile da un terreno di fondazione rispetto ad una data fondazione, senza che si verifichino rotture per taglio.

Carbonatazione. Processo chimico, naturale o artificiale, per cui una sostanza, in presenza di anidride carbonica, dà luogo alla formazione di carbonati. Tale fenomeno è frequente nei materiali edili come i leganti (cemento, calce, ecc.) dove l'idrossido di calcio, naturalmente presente in essi, reagisce con l'anidride carbonica con conseguente formazione di carbonato di calcio secondo la seguente reazione: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. La carbonatazione può avere effetti positivi o negativi.

Cava di prestito. Scavo a cielo aperto generalmente lontano dal cantiere, dove vengono estratti i geomateriali utilizzati per la costruzione dell'opera di progetto.

Cedimento ammissibile. Valore massimo del cedimento di un'opera in modo che non risultino deformazioni nella struttura superiori alle tolleranze previste in progetto. L'ammissibilità è legata alla tipologia dell'opera, alla sua funzione e prestazione e alla presenza di dispositivi e strutture sensibili appartenenti all'opera o situate nelle sue vicinanze.

Cedimento differenziale. Differenza di cedimento tra i punti della stessa fondazione. L'entità del cedimento differenziale dipende dalla eterogeneità 3D del terreno (anisotropia litologica per diagenesi, struttura, tessitura, stratificazioni, tettonica etc.), dall'entità e dissimmetria dei carichi agenti, dalla rigidità della struttura).

Cerchio critico di scorrimento (o superficie di rottura, scivolamento). Tra tutti i cerchi d'involuppo che possono verificarsi, il cerchio critico è quello al quale corrisponde il coefficiente di sicurezza minimo nei confronti della verifica di stabilità.

Cerchio di scorrimento (o superficie di rottura, scivolamento). Quando si produce in un pendio una rottura per scorrimento la superficie presenta spesso una forma arrotondata. L'intersezione di questa superficie con il piano verticale, secondo il profilo del pendio, è una curva che si preferisce approssimare ad un cerchio per facilitare non poco i calcoli di stabilità.

Cerniere plastiche. Zone di una struttura in cemento armato in cui è assicurata un'alta duttilità per avere meccanismi di collasso ad elevata dissipazione di energia del sistema senza compromettere la stabilità dell'edificio per il tempo necessario all'evacuazione delle persone. Nelle strutture geologiche e geomateriali la capacità di dissipare energia sismica in deformazione è minima trattandosi di materiali fragili (rocce) caratterizzati da un modestissimo campo elastico ed altrettanto plastico, andando a rottura o collasso bruscamente. La difficoltà di verifiche geotecniche di sicurezza e stabilità agli SLU, in discordanza a quanto avviene per le strutture in c.a., sono notevoli. Nel caso delle rocce le conoscenze hanno difficoltà a progredire per la natura anisotropa e litologicamente disuniforme dei geomateriali. Gli spostamenti massimi ammessi (deformazioni) sono certamente minori degli spostamenti ultimi disponibili delle strutture in c.a.

Coefficiente d'attrito. Valore massimo del rapporto tra tensione di taglio e tensione normale del punto di contatto tra due corpi solidi.

Coefficiente di permeabilità (K). Definito dalla legge di Darcy a regime laminare: $V=Ki$. Esso rappresenta la velocità fittizia con la quale una quantità d'acqua in condizioni di flusso laminare attraversa la sezione retta di un mezzo poroso, sotto gradiente idraulico (i) unitario, alla temperatura di 20°C (unità dimensionale: L.T⁻¹).

Coefficiente di Poisson. Un geomateriale è sottoposto ad una sollecitazione che lo deforma elasticamente; il coefficiente di Poisson (\hat{O}) è il rapporto tra la deformazione nella direzione perpendicolare allo sforzo e quella nel senso dello sforzo stesso. Si determina in Laboratorio (medio-alte deformazioni), con prove in sito (medie deformazioni), con prove geofisiche (sismiche) per bassi lavori deformazionali (vedi rigidità).

Coefficiente di reazione del suolo (K). Vedi Modulo di Winkler.

Coefficiente di uniformità granulometrica (C_u). $C_u = D_{60} / D_{10}$. Dove D_{60} è il diametro che lascia passare il 60% del campione esaminato e D_{10} quello che ne lascia passare il 10%. Una sabbia è uniforme se $C_u < 2$.

Coefficienti sismici (orizzontali e verticali). Nelle analisi pseudo-statiche l'azione sismica è definita da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico K_h (orizzontale) e K_v (verticale (7.11)). Il K_{hi} è il coefficiente d'inerzia della struttura (accelerazione nella struttura) desumibile dallo Spettro di progetto, componente orizzontale SLV, K_{hk} ($= kh$) è il coefficiente cinematico del terreno (accelerazione nel sottosuolo) pari a: $K_{hk} = \alpha \cdot \beta^* \cdot S_s^* \cdot S_T^* \cdot a_g$. ($\alpha = 1$ per pendii e fondazioni; per paratie α da grafico fig. 7.11.2 NTC; $\beta = \beta_s$ per pendii e fondazioni; $\beta = \beta_m$ per opere di sostegno, β , per paratie da fig. 7.11.3 NTC).

Coesione apparente. Pseudo-coesione fornita a terreni granulari non saturi dalla tensione di contatto del film d'acqua che tende a tenere uniti i granuli.

Coesione residua. Coesione minima di un terreno che ha subito delle notevoli deformazioni per scorrimento.

Classi d'uso. Suddivisione delle costruzioni sotto azione sismica in riferimento alle conseguenze di un eventuale collasso della struttura o di interruzione dell'operatività. Le NTC prevedono quattro classi: I,II,III,IV. I relativi coefficienti d'uso C_u variano da 0,7 a 2,0 (Tab. 2.4.II).

Collasso geotecnico. Rilevante è l'introduzione delle NTC (ignorato dalle norme precedenti) della valutazione della stabilità e sicurezza geotecnico-sismica del sito di costruzione e del suolo di fondazione (Cap.6) a differenza delle precedenti verifiche limitate alle strutture (**Collasso strutturale**).

Colonna risonante. (prova di). Mediante questa prova si ottengono i parametri di comportamento dinamico G_0 e D_0 . Si sottopone un provino cilindrico a una risonanza e ad un carico torsionale armonico mediante un dispositivo in grado di variare l'ampiezza e la frequenza del carico. Alla fine della procedura vengono forniti i grafici accelerazione-frequenza, G-log deformazione taglio ciclica e D-log deformazione taglio ciclica.

Compattazione. Miglioramento della densità di un terreno tramite mezzo meccanico (rulli, massa vibrante, etc.) o stabilizzato a calce.

Comportamento non lineare (dei terreni). Il legame tensione-deformazione tangenziale, per effetto della sollecitazione sismica, in prima approssimazione non è descrivibile da una funzione lineare, non è reversibile (dissipazione di energia meccanica) ed è fortemente dipendente dalla storia delle sollecitazioni applicate. In particolare i parametri più importanti che rispondono in maniera non lineare alle sollecitazioni sono G (Modulo di taglio) e D (Coefficiente di smorzamento).

Comportamento visco-elastico. Tipo di deformazione in cui un materiale si comporta come un solido elastico quando è sollecitato velocemente su scale temporali variabili da secondi a ore, ma si deforma per scorrimento viscoso su lunghi periodi di tempo geologico.

Condizioni di drenaggio impedito. In un terreno coesivo saturo sotto una variazione della tensione totale costante nel tempo si possono verificare tre condizioni successive di drenaggio: 1) Drenaggio impedito per un tempo $t=0$ con cedimento iniziale immediato w_0 ; 2) Consolidazione per $t>0$ e cedimento di consolidazione w_c ; 3) Drenaggio libero per t_{∞} (tendente a infinito) $w_{\infty} = w_0 + w_c$. Nelle prove triassiali CU consolidate non drenate (drenaggio impedito) si determina la resistenza al taglio non drenata (si mantengono chiuse le valvole di drenaggio della cella triassiale). Nelle prove CD consolidate drenate la fase di rottura è condotta mantenendo aperte le valvole di drenaggio e si determina la resistenza al taglio drenata. Le prove penetrometriche sono assimilabili a prove rapide in condizioni di drenaggio impedito. Nei terreni argillosi saturi tali prove permettono pertanto la stima della resistenza al taglio in condizioni non drenate c_u .

Cono sismico. Tecnica di indagine analoga alla prova Down-Hole in cui un sensore triassiale è spinto direttamente nel terreno tramite un penetrometro, invece che calato in un sondaggio rivestito. Ha il vantaggio del contatto diretto sensore-terreno e l'assenza dei disturbi dovuti alla perforazione del sondaggio e al condizionamento dello stesso; gli svantaggi sono legati ai problemi di penetrazione del sensore analogamente alle prove penetrometriche.

Consolidazione. Processo di riduzione progressiva del volume di un terreno (cedimento) per lenta espulsione dell'acqua. È un fenomeno proprio dei terreni granulari coesivi (argille, limi) saturi, dalla bassissima permeabilità, sottoposti ad un carico esterno; consiste nel progressivo lento cedimento del mezzo caricato nel tempo, al contrario dei terreni granulari incoerenti (sabbie) che sotto l'azione di un carico manifestano cedimento immediato. La graduale riduzione di volume di una terra derivante da un incremento di sollecitazioni compressive. *Consolidazione primaria:* riduzione in volume di una t. causata dall'applicazione prolungata di un carico e dovuta principalmente all'espulsione dell'acqua dai vuoti e accompagnata da un trasferimento del carico dall'acqua interstiziale ai granuli; *consolidazione secondaria:* riduzione in volume di una t. causata dall'applicazione prolungata di un carico e dovuta principalmente al riassetto della struttura interna della t. (deformazione viscosa); *curva di consolidazione:* curva mostrante la relazione tra: 1) grado di consolidazione e 2) il tempo trascorso dopo l'applicazione di un dato incremento di carico.

Contenuto d'acqua, w . Rapporto percentuale tra peso dell'acqua di un dato volume di t. e il peso della parte solida: $(\gamma_{sat} - \gamma_d)/\gamma_d$.

Costruzioni di modesta rilevanza. Nelle NTC2008 vengono solamente richiamate "le costruzioni e gli interventi di modesta rilevanza" (6.2.2 – comma 7) senza produrre alcuna definizione. L'approfondimento e dettaglio delle analisi e delle indagini devono essere commisurati alla complessità geologica del sito, alle caratteristiche dello scenario territoriale ed ambientale in

cui si opera, e alle finalità progettuali" (C6.2.1). Nel caso di costruzioni di modesto rilievo in rapporto alla stabilità globale dell'insieme opera-terreno, che ricadano in zone già note, la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo può essere ottenuta per mezzo della raccolta di notizie e dati sui quali possa responsabilmente essere basata la progettazione. Al punto C.3, comma 4, si legge inoltre "Nel caso di *modesti manufatti* che ricadono in "zone note", le indagini in sito ed in laboratorio sui terreni di fondazione possono essere ridotte od omesse, sempreché sia possibile procedere alla caratterizzazione dei terreni sulla base di dati e di notizie raccolti mediante indagini precedenti, eseguite su terreni simili ed in aree adiacenti. In tal caso dovranno essere specificate le fonti dalle quali si è pervenuti alla caratterizzazione fisicomeccanica del sottosuolo". La necessità di individuare e determinare le caratteristiche di pericolosità di sito, geologica e sismica, per le verifiche di sicurezza comporta pertanto che anche il concetto di "costruzioni o interventi di modesta rilevanza" non può essere separato dal livello di conoscenza del sottosuolo, dalle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche dell'area in cui il sito è inserito, in relazione al possibile incremento di rischio per le persone. Si considera un'area "nota", in riferimento a modesti interventi in rapporto alla stabilità opera-terreno, quando l'insieme dei dati assunti è tale da consentire la formulazione di un attendibile modello geologico e geotecnico del sottosuolo e comunque commisurati alla complessità geologica del sito.

Costruzioni semplici. Le NTC introducono la definizione di "edifici o costruzioni semplici" (4.5.6 e 7.8.1.9) caratterizzati da strutture iperstatiche regolari sia in pianta che in elevazione (7.2.2). In particolare tra le altre caratteristiche il numero dei piani non deve essere superiore a 3 (entro e fuori terra) per la muratura ordinaria e non superiore a 4 per muratura armata. Per le costruzioni semplici ricadenti in zona sismica 2, 3, 4, è consentito eseguire verifiche in via semplificativa con analisi e verifiche di sicurezza che s'intendono automaticamente soddisfatte senza l'effettuazione di alcun calcolo esplicito (7.8.1.6 comma 4). L'accelerazione di picco attesa al suolo $A_g = a_g \times S_s \times S_T$ viene definita con l'acquisizione in campo dell'amplificazione stratigrafica S_s . Il coefficiente topografico S_T si applica solo nel caso di strutture di **classe d'uso III** (Costruzioni con affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti ferroviarie, dighe rilevanti) e **IV** (costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti etc. (Tab. 7.8.III)). Le costruzioni da edificarsi in siti ricadenti in zona 4 possono essere progettate applicando le sole regole valide per strutture non soggette ad azione sismica. In tal caso si può assumere l'accelerazione di picco sul terreno $a_g = 0,07g$.

CRR (Cyclic Resistance Ratio). Rapporto tra la resistenza a liquefazione di uno strato a una determinata profondità e la tensione verticale efficace litostatica a quella profondità.

CSR (Cyclic Stress Ratio). Rapporto tra lo sforzo di taglio indotto dal sisma a una determinata profondità e la tensione verticale efficace litostatica a quella profondità. Può essere determinato dal prodotto di: σ_v/σ_{v0} per α_{max}/g per rd , con rd fattore di riduzione della sollecitazione che diminuisce con l'aumento della profondità, g accelerazione di gravità, e a_{max} accelerazione massima attesa.

D

Deformabilità. Proprietà dei terreni nel cambiare forma e ceder sotto l'influenza prevalente dell'azione di un carico.

Deformazione (strain). Variazione percentuale in lunghezza, forma, o volume di un corpo sottoposto a sollecitazione.

Degradazione ciclica. Riduzione di rigidità di un terreno al crescere del numero di cicli di carico applicati in condizioni non drenate. È particolarmente significativa in terreni coesivi teneri.

Densità. Rapporto tra la massa volumetrica di un corpo e il suo volume.

Densità relativa. Esprime numericamente il grado di compattezza di un terreno sabbioso ed è definito dalla formula

$$D_r = \frac{e_0 - e}{e_0 - e_{\min}}$$

dove:

e_0 indice dei vuoti corrispondente alla compatezza minima

e_{\min} indice dei vuoti corrispondente alla compatezza massimale alizabile in laboratorio

e indice dei vuoti del terreno in sito

Densificazione. Fenomeno di addensamento di un terreno, più o meno repentino, a seguito di una sollecitazione sismica.

Deterministico (metodo).

Diaclisi. Discontinuità strutturale, frattura, di origine tettonica da qualche metro a centinaia di metri. Sottili fratture fessurative che a volte simulano la stratificazione.

Dilatanza. Espansione di suolo granulare soggetto a deformazione di taglio (lavoro dovuto alle variazioni di volume).

Discontinuità sismiche. Superfici o strati sottili posti all'interno del profilo stratigrafico in studio, attraverso i quali si verificano nette variazioni di velocità delle onde sismiche. Queste sono zone di brusca variazione delle proprietà elastiche delle rocce.

Drenaggio. È il complesso dei sistemi naturali o artificiali che permettono lo smaltimento in profondità dell'acqua in eccesso del terreno. Con lo stesso termine s'intende pertanto sia la proprietà intrinseca del terreno a lasciar percolare l'acqua gravitazionale, sia gli interventi di natura antropica atti ad emungere l'acqua in eccesso facendola defluire in un sistema di raccolta.

Drenaggio (condizioni di drenaggio impedito). In condizioni *non drenate* l'incremento di tensione totale si trasforma in un incremento di pressione neutra in quanto l'acqua è incompressibile, mentre lo scheletro solido è deformabile. *La tensione efficace e il volume non variano.*

Drift (δ). Rapporto tra lo spostamento relativo e l'altezza dell'elemento strutturale.

Durabilità. Si definisce la conservazione delle caratteristiche fisico-meccaniche e delle strutture necessaria per il mantenimento dei livelli di sicurezza durante la classe di vita nominale definita per dell'opera.

Duttilità. La capacità di un corpo di deformarsi plasticamente e quindi è la capacità di resistere della struttura dopo il superamento della soglia elastica.

Duttilità della struttura. Capacità di una struttura intagliata in c.a. di dissipare l'energia, trasmessa dall'evento sismico, in deformazioni plastiche.

E

Effetto arco. Il trasferimento di sforzo da una parte cedevole di una massa di roccia o di terra a parti adiacenti meno cedevoli o meno compresse.

Elasticità. La capacità di un corpo di deformarsi elasticamente: cessata la causa deformante esso riprende esattamente le condizioni fisiche dello stato iniziale.

Elementi non strutturali. Sono gli elementi costruttivi che non hanno funzione strutturale portante (Tab. 7.2.1). Se il loro danneggiamento può provocare danni a persone devono essere verificati agli stati limite per la corrispondente azione sismica (7.2.3 comma 3). Si rende necessario pertanto procedere alla valutazione dell'effetto della risposta sismica locale mediante l'approccio semplificato delle categorie sismiche di sottosuolo.

Elementi strutturali "secondari". Si definiscono secondari gli elementi progettati per resistere ai soli carichi verticali. Sia la rigidità che la resistenza vengono ignorate nell'analisi della risposta sismica (7.2.3). Gli effetti dell'azione sismica F_a e l'accelerazione massima attesa al suolo S_a vengono determinati con le formule semplificate (7.2.1-7.2.2) e Tab. 7.2.1.

Eteropia di facies. Passaggio graduale da una formazione ad un'altra avente la stessa età in cui i caratteri dell'una vengono sostituiti gradualmente dall'altra.

F

Faglia. Superficie di discontinuità che si produce in seguito alla rottura di una massa rocciosa, con spostamento relativo dei due blocchi separati. La superficie lungo cui si è verificata la frattura si chiama *superficie di faglia* oppure *piano di faglia*, o anche *specchio di faglia*. Le rocce in prossimità di una faglia risultano spesso intensamente frantumate e si parla in questo caso di *rocce di faglia* quali le cataclasi o le miloniti. Dal punto di vista geologico, in prima approssimazione le rocce possono comportarsi in maniera fragile oppure in maniera duttile. Nel primo caso si ha la formazione di una faglia; nel secondo di una piega. Le faglie possono essere inverse o di compressione (reverse, compressive fault), normali (di trazione) o indirette (normal fault), di sovrascorrimento o trascorrenti (overthrust).

Faglia attiva. Faglia che presenta evidenze di scorrimento relativo tra due volumi di roccia/terreno avvenuto nel corso degli ultimi 10.000 anni, per cui si presume che lo scorrimento possa ancora verificarsi.

Faglia capace. Faglia attiva ritenuta in grado di produrre fagliazione in superficie cioè la dislocazione istantanea.

Fattore di sicurezza (o coefficiente di). Fattore o valore affermato dalla pratica ingegneristica corrente, riguardante il rapporto tra resistenze massime disponibili da parte di un materiale e le sollecitazioni agenti o quelle che si presume possano agire in una struttura o in un elemento o in una sua parte. Il suo scopo è fornire un margine per la resistenza e la durata di una struttura, o di una scarpata naturale od artificiale, o dei relativi elementi della struttura, che compensi le irregolarità che esistono nei materiali e nell'esecuzione o in altre condizioni non valutabili.

Flessura. Discontinuità strutturale passante a foglia.

Fondazione compensata. Fondazione poggianti su un terreno che ha subito forti sbancamenti, ossia f. di peso inferiore o uguale a quello del terreno asportato dallo scavo.

Forza efficace o effettiva (F). Forza trasmessa in una massa di terreno direttamente attraverso i contatti intergranulari.

Fragilità. Tendenza di alcuni materiali come le rocce lapidee a rompersi bruscamente senza che avvengano precedentemente deformazioni e snervamenti.

Frana (o movimento di massa). Fenomeni di caduta e movimenti di masse rocciose o di materiali sciolti come effetto prevalente della forza di gravità vero il basso e verso l'esterno di un versante. Secondo la classifica di Varnes le frane vengono distinte in crolli (in ammassi rocciosi), ribaltamenti, scorrimenti, rotazionali e scorrimenti traslativi, espansioni laterali, colamenti, frane complesse.

Frana di colamento. Colate di fango (mud flows) e colate di detrito (debris flows) in terreni poco coerenti in rapida erosione dove l'acqua di ruscellamento si mescola a fango e pietre. Ripetendosi i fenomeni e continuando l'accumulazione a valle possono formarsi i **coni di deiezione** con superfici assai inclinate.

Frequenza naturale (o fondamentale). Frequenza discreta a cui un particolare sistema elastico vibra quando è regolato nel movimento da un singolo impulso e non è influenzato da altre forze esterne o da smorzamento. Il reciproco del periodo fondamentale.

Full scale test areas. Campo di prova in vera grandezza.

G

Geotessili (non tessuti, tessuti). Il "Geotessile" è un prodotto dell'industria tessile caratterizzato da proprietà fisiche, meccaniche e idrauliche tali da poter essere impiegato in opere di ingegneria civile, a contatto con il terreno.

I "tessuti non tessuti" sono costituiti da fibre artificiali legate tra di loro ed in tutti i sensi tramite un processo meccanico denominato agugliatura. Sono prodotti assolutamente privi di leganti chimici e di conseguenza possono essere considerati atossici e non inquinanti.

I "tessuti" sono geosintetici a struttura regolare costituiti dall'intreccio di due serie di fili (trama e ordito). Si utilizzano per applicazioni di rinforzo, filtrazione, separazione e controllo dell'erosione.

GSI. Indice di Resistenza Geologica (Geological Strength Index) di Hoek. Indice geologico in funzione dell'assetto strutturale dell'ammasso, delle caratteristiche di discontinuità che valuta i parametri di resistenza e di deformabilità dell'ammasso.

Giunto di stratificazione. Discontinuità litologica tra strati sedimentari successivi

Gradiente idraulico. Perdita di carico idraulico per lunghezza unitaria di flusso: $i = dH / dl$.

H

Hardpan. Strato di terreno estremamente addensato.

I

Impedenza sismica. Prodotto della densità del terreno per la velocità delle onde sismiche, che varia tra strati differenti di terreno, comunemente indicata con Z. Il contrasto di impedenza sismica fra strati di roccia adiacenti influisce sul coefficiente di riflessione.

Indice di attività (coefficiente di attività colloidale) A. Rapporto tra indice di plasticità e % in peso di frazione inferiore a 0,002 mm. Terre attive: $A > 1,25$

Indice dei vuoti, e. Rapporto tra 1) volume dei vuoti e 2) volume della parte solida di un dato campione.

Indice di consistenza, I_c . Rapporto tra 1) differenza tra limite di liquidità e contenuto naturale d'acqua e 2) indice di plasticità. $I_c = (w_l - w_n) / I_p$.

Indice di liquidità, I_l . Rapporto tra 1) differenza tra contenuto naturale d'acqua e limite di plasticità e 2) indice di plasticità. $I_l = (w_n - w_p) / I_p$.

Indice di plasticità, I_p . Differenza numerica tra i limiti di liquidità e di plasticità.

Indice di qualità (Rock Quality Designation o R.Q.D.). Parametro che designa il grado di continuità di una roccia dalla misura della lunghezza delle carote di diametro intorno a 100mm, valutandone la % di carotaggio nei vari tratti, accettando solamente le carote di lunghezza ≥ 10 cm.

Indice di rigonfiamento, C_r . Pendenza del tratto di scarico della curva pressione-indice dei vuoti su grafico semilogaritmico.

Indice di rimaneggiamento (remolding index) I_r . Rapporto tra 1) modulo di deformazione (v.) di un terreno indisturbato e 2) quello di un terreno rimaneggiato.

Indice di ritiro S_I . Differenza numerica tra i limiti di plasticità e di ritiro.

Inelasticità. Deformazione nel campo della duttilità.

Input sismico. Moto sismico ipotizzato alla base della struttura geologico-morfologica di un sito e del quale si intendono valutare i possibili effetti di amplificazione sismica.

Intensità macrosismica. Valore numerico ordinale assegnato in base alla descrizione degli effetti del **terremoto** sulle persone, sugli oggetti, sulle costruzioni e sull'ambiente. In pratica corrisponde alla scelta di uno scenario di effetti rappresentativo della situazione osservata. La scelta riguarda un numero finito di possibili scenari (12 nelle scale moderne) caratterizzati da un livello crescente di severità. Non si tratta quindi di una misura in senso stretto, ma di una classificazione fatta secondo una scala empirica qualitativa. Esistono diverse collezioni di scenari ciascuna delle quali rappresenta una diversa scala macrosismica (Mercalli-Cancani-Sieberg o MCS, Mercalli Modificata o MM, Medvedev-Karnik-Sponheuer o MS K, European Macroseismic Scale o EMS, ecc.). Poiché nella sua definizione si prende in esame la percentuale di edifici danneggiati o distrutti e il comportamento di gruppi di persone, essa è sempre rappresentativa di un'area più o meno estesa (un paese, una cittadina, un quartiere) e quindi non può essere un dato puntuale (ad esempio relativo a una singola struttura). In alcune scale moderne (MS K, EMS) sono stati introdotti elementi informativi che hanno lo scopo di rendere la stima di intensità macrosismica indipendente dal livello di

esposizione e dalla vulnerabilità delle strutture nell'area colpita.

Iperstatica (struttura). Indica che un generico corpo nello spazio possiede un numero di gradi di libertà inferiori al numero di gradi di vincoli.

Ipocentro. È il punto in cui si immagina che la rottura che genera un **terremoto** abbia origine. Più verosimilmente l'ipocentro non è un punto ma una regione dello spazio di dimensioni finite. La sua posizione è determinata dai tempi di arrivo delle prime onde P e S.

Isobare. Linee di uguale pressione, bulbi di pressione.

Isostatica (struttura). Indica che un generico corpo nello spazio possiede un numero di gradi di vincoli pari al suo numero di gradi di libertà.

Isotropia litologica. Costanza delle stesse caratteristiche litologiche in tutte le direzioni.

L

Leptoclasti (joints). Fratture di piccole dimensioni (dal cm a metro). La roccia risulta suddivisa in frammenti, al minimo urto va in frantumi. Si distinguono le **sinclasi** (per contrazioni e dilatazioni termiche) e **piezoclasti** (da azione meccanica).

Limite di fatica. Punto sulla curva sforzo-deformazione sotto cui non può essere ottenuta fatica indipendentemente dal numero di cicli di carico.

Limite di liquidità, w_L . Contenuto d'acqua corrispondente al limite arbitrario tra gli stati di consistenza liquido e plastico di una terra; ossia contenuto d'acqua al quale un solco di dimensioni standard inciso un campione di suolo si chiude per la lunghezza di 0,5 in (12,7 mm) dopo 25 colpi dell'apparecchiatura standard del limite di liquidità (cucchiaia di Casagrande).

Limite di plasticità, w_P . Contenuto d'acqua corrispondente al limite arbitrario tra gli stati di consistenza plastico e semisolido di una terra; ossia contenuto d'acqua al quale un cilindretto di terra del diametro di circa 3,2 mm inizia a screpolarsi se piegato.

Limite di ritiro w_S . Contenuto d'acqua al disotto del quale una riduzione del contenuto d'acqua non causa alcuna riduzione di volume.

Linea di flusso: traiettoria teorica seguita da una particella d'acqua in un flusso laminare.

Linea di rottura (involuppo di rottura, involuppo di Mohr). L'involuppo di una serie di cerchi di Mohr (v.), rappresentanti condizioni di sollecitazioni a rottura di un dato materiale. Luogo dei punti le cui coordinate rappresentano la combinazione di sforzi normali e di taglio che causano rottura di un dato materiale.

Linea equipotenziale. Linea di eguale potenziale idraulico, assimilata ad una l. di uguale livello piezometrico (linea idroisoipsa).

Liquefazione. Improvviso forte decremento di resistenza al taglio di un terreno granulare incoerente causato dal collasso della struttura per vibrazione (sismica) o altro tipo di deformazione e associato ad un improvviso e temporaneo aumento delle pressioni interstiziali.

Lisciviazione. Rimozione, ad opera dell'acqua di percolazione, di colloidali e di materiale solubile del suolo. Cfr. dilavamento, asporto meccanico di particelle.

Livello piezometrico H . Quota, o elevazione al di sopra della quota 0, del livello dell'acqua nel sottosuolo.

M

Magnitudo. Misura l'energia liberata sotto forma di onde sismiche durante un terremoto. Viene calcolata a partire dall'ampiezza o dalla durata del sismogramma. La magnitudo è un valore logaritmico che venne definito originariamente da Richter nel 1935. Un incremento di una unità di magnitudo (ad es. da 4,6 a 5,6) corrisponde ad un incremento dell'ampiezza sul sismogramma di 10 volte ed a circa un aumento di 30 volte dell'energia rilasciata. Non esiste né un limite inferiore, né un limite superiore del valore calcolato. Tranne che in casi particolari, i terremoti di magnitudo inferiore a 2,5 non sono avvertiti dalla popolazione.

Metodo osservazionale. Sistema di monitoraggio in corso d'opera basato su piani di controllo inseriti nella relazione geotecnica, al fine di consentire l'adozione di una delle soluzioni progettuali alternative previste, qualora siano raggiunti i limiti di non ammissibilità di grandezze rappresentative. Il metodo si applica quando per la particolare complessità geologica e geotecnica e importanza dell'opera di progetto permangono documentate indeterminazioni e incertezze risolvibili solamente in fase costruttiva, malgrado approfondite indagini svolte (v. **Relazione geologica**).

Microtremeri. Rumore sismico ambientale, caratterizzato da oscillazioni di piccola ampiezza, provocate da sorgenti naturali o antropiche (onde di mare, vento, piccoli movimenti terrestri, traffico etc.). La maggior parte degli autori ritiene che i microtremeri siano costituiti da onde di Rayleigh.

Microzonazione. Complesso di studi che prevede quale prodotto finale di sintesi una mappa del territorio nella quale sono indicate: le zone dove il moto sismico viene amplificato (e come) a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio; le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione dissesti del suolo indotti dal sisma (frane, assestamenti, liquefazioni, fagliazioni superficiali).

Modello geologico concettuale. Il primo livello di interpretazione e di ricostruzione schematica fuori scala delle caratteristiche litostratigrafiche e strutturali di un sito.

Modello geotecnico bidimensionale (2-D). Definita da strati inclinati, litologia disuniforme e anisotropa, superficie del substrato $\neq T_1$, suolo a pendio, oppure substrato non orizzontale e suolo orizzontale.

Modello geotecnico monodimensionale (1-D). Definita dalla presenza di strati orizzontali e/o litologia uniforme e superficie del terreno orizzontale, substrato T_1 .

Modello matematico. Rappresentazione di un sistema fisico mediante espressioni matematiche dal quale può essere dedotta, con accuratezza conosciuta, il comportamento del sistema.

Modulo di Bulk. Modulo di elasticità cubica o modulo di compressibilità. Esprime il rapporto tra la pressione isotropa agente su un campione e la relativa diminuzione di volume.

Modulo di rigidità al taglio (o di taglio) – (G). Rapporto tra la tensione tangenziale e la relativa deformazione di un geomateriale elastico, legato al modulo di Young dalla relazione $G = E / 2(1 + \nu)$. Dal punto di vista dinamico $G = V_s^2 \cdot \rho$, dove V_s velocità di taglio e ρ densità pari a γ/g (peso di volume / accelerazione di gravità).

Modulo di Young (o modulo elastico o di elasticità) – (E). Rappresenta il rapporto degli sforzi rispetto alle deformazioni sotto determinate condizioni di carico; Pendenza della tangente alla curva sforzi-deformazioni (modulo tangente) o della secante (modulo secante). L'impiego del termine *modulo di elasticità* è da usare per i geomateriali che si deformano in accordo alla legge di Hooke. Il termine *modulo di deformazione* è da usare per i corpi che si deformano secondo altri modelli. $F \cdot L^{-2}$).

Modulo di Winkler (coefficiente di reazione del terreno, costante di sottofondo o coefficiente di Winkler). È normalmente indicato come **K1** [daN/cm²]. La costante di sottofondo rappresenta una forza esercitata sul suolo elastico alla Winkler, su un'area di 1 cm² che provoca l'abbassamento di 1 cm. Il *Suolo alla Winkler* è un suolo ideale, paragonabile ad un letto di molle, un terreno perfettamente elastico, che facilita i calcoli e presenta sufficienti attinenze alla maggioranza dei casi reali. Tale metodologia consente un primo approccio al problema o una soluzione rapida e sbrigativa a casi che con altri approcci si rivelerebbero molto complessi ed onerosi. Detta costante non è una proprietà intrinseca del terreno, ma dipende da forma e dimensioni della fondazione, dalla distribuzione dei carichi agenti, dalla stratigrafia e dalle proprietà fisico-meccaniche del terreno.

Monitoraggio. Controllo di un fenomeno con misure sistematiche nel tempo. Il monitoraggio opera-terreno consiste nell'installazione di una adeguata strumentazione e nella misura delle grandezze fisiche rappresentative (spostamenti, cedimenti tensioni, forze, pressioni neutre, etc.) prima, durante e/o dopo la costruzione dell'opera. Nelle NTC il monitoraggio ha lo scopo di verificare la corrispondenza delle previsioni progettuali e i comportamenti reali osservati e di controllare la funzionalità del manufatto nel tempo, e apportare così le necessarie modifiche e miglioramenti. Applicando il Metodo Osservazionale con i Piani di controllo il monitoraggio consente di scegliere tempestivamente in corso d'opera la soluzione progettuale alternativa prevista entro i limiti di accettabilità. Un'altra importante finalità del monitoraggio è la gestione del rischio geologico-geotecnico ai fini della Protezione civile.

Morfogenesi. L'insieme dei processi di modellamento del paesaggio (ciclo morfogenetico)

Morfometriche (caratteristiche). Le caratteristiche morfometriche vengono definite dal punto di vista quantitativo per mezzo di opportuni parametri, che esprimono le dimensioni planimetriche, la forma, il rilievo, le pendenze di un bacino, la struttura della rete idrografica e i tempi di percorrenza delle diverse aste fluviali di cui la rete è composta.

Morfostrutture. Assetto litostratigrafico-strutturale dovuto all'interazione di eventi paleo tettonici e neotettonici e dall'insieme dei processi morfoevolutivi, considerati nell'ambito di un contesto geologico regionale.

Moto di risonanza (di uno strato di terreno superficiale). Il massimo del trasferimento di energia sismica all'ultimo strato. Affinché si verifichi la condizione di risonanza del deposito in cui esso oscilla nel proprio modo fondamentale di vibrazione (periodo proprio) occorre che la lunghezza dell'onda $\lambda = V_s^t/f$ sia pari a 4 volte lo spessore H del deposito. Si dimostra che l'ampiezza

del moto in superficie cresce all'aumentare del contrasto di impedenza tra il substrato e il deposito di copertura. In sintesi: aumento nell'ampiezza della vibrazione di un corpo quando la frequenza dell'impulso è vicina alla frequenza naturale del corpo.

Moto non in risonanza. Effetto di variazione graduale dell'impedenza sismica. Vale per profili stratigrafici di terreno in cui l'impedenza sismica $I = \rho V_s$ non subisce variazioni brusche, ma diminuisce gradualmente da un valore alla base ad uno in superficie. In questo caso non si produce moto di risonanza, ma si registra una amplificazione superficiale indipendente dalla frequenza che può essere espressa dall'algoritmo: $A = \sqrt{\rho_r V_r^r / \rho_t V_t^r}$.

N

Neotettonica. L'insieme delle deformazioni nella struttura delle rocce di origine tettonica del terziario recente e del Pleistocene, talora ancora attive in alcune regioni..

Normalconsolidato. Terreno o sedimento che non è mai stato soggetto a tensioni efficaci superiori a quelle esistenti o attuali.

Neutra (pressione). Vedi Pressione interstiziale.

O

Olistolito. Porzione di terreno alloctono trasportato in conseguenza di cause tettoniche o per franamento sub-marino.

Olistostroma. Accumulo caotico di materiali rocciosi per scivolamento gravitativo sottomarino.

Omogeneità litologica. Costanza delle proprietà mineralogiche in tutti i punti di un geomateriale.

Onde di Love. (vedi Onde di Rayleigh)

Onde di Rayleigh. Onde sismiche superficiali (come le onde di Love) che si propagano più lentamente delle altre e il loro campo di vibrazione è la superficie della crosta. La loro energia si disperde meno rapidamente e quindi il loro effetto si risente su lunghe distanze

Onde di volume (onde di compressione, longitudinali, primarie $-V_p$ - e onde di taglio trasversali, seconde $-V_s$).

Opere minori. S'intendono "opere minori" tutte quelle che, per dimensioni e funzioni non comportano pericolo per la pubblica incolumità ai fini statici e sismici, ovvero che interessano la pubblica incolumità in maniera non rilevante. Le cosiddette opere minori in quanto tali possono essere in generale esonerate dall'obbligo di deposito del progetto e del collaudo statico presso gli uffici del Genio Civile o uffici competenti, salvo l'obbligo da parte dei proprietari di far redigere e conservare il progetto, o possono usufruire di una procedura semplificata, ad esempio sono soggetti al solo deposito, non dall'adempimento del collaudo statico. Viene da se che per le tipologie riportate nei regolamenti ed elenchi regionali, validati da apposite deliberazioni, esonerate dal deposito del progetto si potranno omettere le verifiche geologiche, sismiche e geotecniche. Per le opere minori invece per le quali è prevista la procedura semplificata di deposito potranno essere richieste caso per caso verifiche di fattibilità geologica e/o sismica o pareri (ad es. semplici opere di stabilizzazione o consolidamento dei versan-

ti con iniezioni, drenaggi oppure opere minori che comportano incrementi di carico sul terreno >20% su edifici esistenti).

Opere modeste. Si definiscono opere di modesta rilevanza strutturale (o opere modeste) quelle da cui possono derivare ridotti pericoli per la vita delle persone e limitati danni alle cose.

Opere provvisorie e provvisionali. Per opera provvisoria (e provvisoria) in edilizia s'intende la realizzazione di una struttura che ha una durata temporanea e che non fa parte dell'opera compiuta, perché verrà successivamente rimossa: impalcature, ponteggi, plinti di basamento per gru a torre, passerelle mobili, ragni, containers per uffici tecnici, per mense e servizi igienici, soppalchi, opere di sostegno provvisorie, ponticelli provvisori, palacolate provvisorie etc. Per le stesse **opere provvisorie, provvisionali** e strutture in fase costruttiva le NTC08 specificano che le verifiche sismiche possono omettersi quando le relative durate di vita nominale previste in progetto siano inferiori ai 2 anni ($V_N < 2$).

P

Pendio critico. Massimo angolo (rispetto all'orizzontale) al quale un pendio artificiale è stabile senza sostegni.

Pericolosità sismica. Stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato **terremoto di riferimento**, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del **terremoto** sono esplicitamente considerati. Tale stima include le analisi di **pericolosità sismica di base** e di **pericolosità sismica locale**.

Pericolosità sismica di base. Componente della **pericolosità sismica** dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei **terremoti**). La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza. Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (**terremoto di riferimento**). La scala di studio è solitamente regionale. Una delle finalità di questi studi è la classificazione sismica a vasta scala del territorio, finalizzata alla programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza. Costituisce una base per la definizione del **terremoto di riferimento** per studi di **microzonazione sismica**.

Pericolosità sismica locale. Componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali (litostratigrafiche e morfologiche, v. anche effetti locali). Lo studio della pericolosità sismica locale è condotto a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici geotecnici e geofisici del sito; permette di definire le amplificazioni locali e la possibilità di accadimento di fenomeni di instabilità del terreno. Il prodotto più

importante di questo genere di studi è la carta di microzonazione sismica.

Periodo (o vita) di riferimento V_R . Grandezza delle NTC08 che si ricava dal prodotto della vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . $V_R = V_N \times C_U$

Periodo. È la durata di una oscillazione di un sistema sottoposto a un moto periodico. È il reciproco della **frequenza**.

Periodo fondamentale. Inverso della **Frequenza fondamentale**.

Periodo proprio di vibrazione (o periodo naturale, o fondamentale).

Peso di volume (peso specifico apparente, peso dell'unità di volume totale), γ (F.L.⁻³). Peso dell'unità di volume della massa composta dai granuli o particelle, dal liquido e dal gas eventualmente contenuti. W/V o P/V .

Peso dell'unità di volume della parte solida, γ_s . Rapporto tra il peso del terreno essiccato (P_s) ed il volume della parte solida o dei granuli (P_s/V_s).

Peso di volume secco, γ_d . Rapporto tra il peso del terreno essiccato e il suo volume allo stato naturale di umidità. P_s/V .

Peso di volume del terreno immerso (o alleggerito) γ' . Peso dell'unità di volume saturo diminuito del peso specifico dell'acqua: $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$.

Peso specifico dei granuli, G_s . Rapporto tra peso di volume della parte solida e peso di un uguale volume di acqua distillata a t° stabilita. $G_s = \gamma_s / \gamma_w$.

Peso specifico totale, G . Rapporto tra peso dell'unità di volume totale e peso di un uguale volume di acqua distillata a t. stabilita. $G_s = \gamma / \gamma_w$.

PGA (Peak Ground Acceleration). Ampiezza massima di accelerazione misurata (o prevista) per il moto del terreno in seguito ad un evento sismico.

Piezometro. Strumento di misura della quota piezometrica o altezza del livello idrostatico della falda idrica libera.

Pittorico (schema). Rappresentazione grafica speditiva di una roccia con la sua struttura intercettata durante gli scavi.

Plasticità: Proprietà di una terra di deformarsi oltre il limite di elasticità, senza rotture o apprezzabile cambiamento di volume.

Pocket penetrometer. Il penetrometro tascabile è uno strumento utilizzato per misurare approssimativamente, ma in modo semplice e rapido, la resistenza alla rottura di un terreno coesivo e semicoesivo. I valori della resistenza misurati con il penetrometro tascabile costituiscono un valido ausilio per la classificazione e la descrizione di una terra e forniscono anche utili indicazioni preliminari sulla sua resistenza al taglio.

Poisson. v. Coefficiente di (modulo di).

Porosità, n . Rapporto, di frequente espresso in percentuale, tra volume dei vuoti di una massa di terreno e il volume totale. $n = (V_v/V)\%$.

Porosità efficace, n_e . Rapporto tra il volume dei pori interconnessi e il volume totale.

Preconsolidazione. v. *Pressione di preconsolidazione*.

Pressione, p (F.L⁻²). Peso diviso per l'area sulla quale agisce.

Pressione della terra (earth pressure). v. *Spinta delle terre*.

Pressione di contatto. v. *Capacità portante*.

Pressione di filtrazione. Incremento della pressione efficace dovuta alla filtrazione dell'acqua.

Pressione di preconsolidazione (prestress) σ'_p (F.L⁻²). Massima tensione efficace alla quale una terra è stata sottoposta. Preconsolidazione dovuta a deformazioni differite nel tempo: deformazione per in condizioni drenate e a carico costante.

Pressione idrostatica, u_0 (F.L⁻²). Pressione in un liquido in condizioni statiche; prodotto del peso specifico del liquido e della differenza di elevazione tra un dato punto e la superficie piezometrica. *Pressione idrostatica in eccesso, u ,* pressione interstiziale in eccesso rispetto alla pressione idrostatica.

Pressione geostatica (o litostatica). È la pressione esercitata su ogni granulo di roccia in profondità dal carico di rocce sovrastanti. Essa si trasmette in ogni direzione e si misura con il peso della colonna di roccia che grava sull'unità di superficie (sinonimi: pressione litostatica, di seppellimento o di confine).

Pressione idrostatica. Pressione in un liquido in condizioni statiche. Per la *legge di Stevino* è il prodotto $\gamma \cdot H$ del peso specifico del liquido per la differenza di quota tra un dato punto e la superficie piezometrica.

Pressione limite marginale critica, ultima. v. *Capacità portante*.

Pressione neutra o interstiziale, u (F.L⁻²). Pressione dell'acqua nei pori: sforzo trasmesso attraverso l'acqua dei pori.

Probabilistico (metodo). Con il metodo probabilistico la pronuncia della sicurezza viene fatta verificando che "la probabilità di collasso" cui è soggetta la struttura è minore di un certo numero ε (fissato dal legislatore) $P_c < \varepsilon$ dove P_c è un funzionale che dipende da un certo numero (discreto e/o elevato) di funzioni che sono *variabili aleatorie*. La differenza tra il metodo deterministico e quello probabilistico nasce dal fatto che gli "ingredienti" che concorrono alla formazione del giudizio sulla sicurezza nel metodo deterministico sono delle grandezze che hanno degli espressi valori numerici, mentre nel m. probabilistico sono delle funzioni. Attualmente sono noti tre livelli di analisi probabilistica:

- Livello 1 (o livello Europeo) detto anche *semiprobabilistico*
- Livello 2 (o livello Americano)
- Livello 3 (o livello Completo).

Nel livello 1 gli aspetti probabilistici vengono messi in conto mediante l'introduzione dei *Valori caratteristici* delle Azioni e delle resistenze dei materiali.

Probabilità di superamento nella vita V_R di riferimento (PV_R). Parametro necessario per il calcolo del periodo di ritorno dell'azione sismica T_R (cfr. Allegato A).

Prova consolidata-drenata (prova lenta) (CD). Prova in cui una consolidazione sostanzialmente completa alla pressione di confinamento è seguita da uno sforzo assiale (o di taglio) addizionale, applicato in modo tale che anche un suolo saturo a bassa permeabilità può

adattarsi completamente (interamente consolidato) alle sollecitazioni dovute agli sforzi addizionali, assiali o di taglio.

Prova di compattazione (prova umidità-densità). Prova di laboratorio, nella quale un materiale (naturale o miscela artificiale di terre), a contenuto d'acqua noto, è posto secondo date procedure entro un cilindro di dimensioni specificate, è sottoposto ad un'azione di compattamento di intensità controllata ed alla successiva determinazione del peso di volume (γ) risultante. La procedura è ripetuta per diversi contenuti d'acqua (w) in numero sufficiente da stabilire una relazione tra w e γ .

Prova di compressione semplice (o a espansione laterale libera, ELL). Prova nella quale un campione cilindrico o prismatico di terreno è sottoposto a compressione assiale, senza confinamento, per la determinazione della resistenza alla compressione semplice (o non confinata, $q_{un,v.}$).

Prova di consolidazione. Prova in cui un campione di terra, lateralmente confinato, viene compresso tra due piastre porose che consentono l'espulsione dell'acqua interstiziale; la prova misura l'entità e la velocità della consolidazione.

Prova di taglio diretto. Prova per la misura della resistenza al taglio, in cui un campione sottoposto a carico normale è sollecitato sino a rottura mediante il movimento relativo di una delle due sezioni della che contiene il campione.

Prova di taglio torsionale. Prova in cui un campione cilindrico di terreno, generalmente confinato tra anelli, è sottoposto a carico assiale e a un taglio torsionale (shear ring). (v. anche *scissometro*).

Prova di taglio triassiale. Prova in cui un campione cilindrico di terreno, racchiuso in una membrana impermeabile, è sottoposto a tensione di confinamento e quindi a tensione assiale, sino a rottura.

Prova non consolidata non drenata (prova rapida) U.U. Prova in cui il contenuto d'acqua del campione rimane praticamente immutato, ossia non si ha dissipazione della pressione neutra, durante l'applicazione della pressione di confinamento e della forza addizionale, assiale o di taglio.

Q

qu Resistenza alla compressione semplice. Carico per unità di superficie che provoca la rottura di un campione cilindrico o prismatico di terreno in una prova di compressione semplice.

Quick condition. Condizione in cui l'acqua fluisce verso l'alto con velocità sufficiente (gradiente idraulico critico, v.) da ridurre in modo significativo la capacità portante di un terreno incoerente, per la riduzione delle tensioni intergranulari o efficaci.

Quiescente (frana). Frana attualmente non soggetta a movimento di rimobilizzazione totale negli ultimi cicli stagionali.

R

Raggio di influenza (di un pozzo). Distanza dal centro del pozzo del più vicino punto in cui la superficie piezometrica non viene abbassata quando il pompaggio

ha prodotto la massima portata costante; raggio del cono di depressione corrispondente alla massima portata costante del pozzo.

Regola dei filtri (o regola di Terzaghi). Il materiale inerte di riempimento di una trincea drenante deve drenare l'acqua senza trasportare il solido rispettando la cosiddetta "regola dei filtri" per evitare l'intasamento progressivo del materiale drenante. Deve essere soddisfatta la disequazione: $5d_{15} \leq D_{15} \leq 5d_{85}$. Con D (materiale drenante), d (terreno in sito).

Regolite (eluvium). Terra residuale di copertura prodotta dalla degradazione chimico-fisica della roccia. Il colore indica diversi gradi di degradazione.

Relazione geologica. La relazione geologica di progetto deve riportare i metodi e i risultati dell'indagine, esaurientemente esposti e commentati, finalizzati alla ricostruzione del modello geologico di riferimento progettuale e dovrà essere corredata da adeguati elaborati grafici (carte, mappe, sezioni geologiche, planimetrie, profili, logs, grafici, etc) per rappresentare nel maggior dettaglio gli specifici tematismi con gli aspetti significativi di pericolosità geologica di sito e territoriale emersi. I metodi e le tecniche di studio, l'approfondimento e il dettaglio delle analisi e delle indagini devono essere commisurati alla complessità geologica del sito, alle finalità progettuali e alle peculiarità dello scenario territoriale ed ambientale in cui si opera. Il tutto finalizzato all'analisi qualitativo-quantitativa delle fasi progettuali. Gli elaborati grafici saranno rappresentati in scala grafica conforme al dettaglio degli studi eseguiti e al livello del progetto (preliminare, definitivo, esecutivo). Allo stesso modo la relazione sarà accompagnata dalla documentazione delle indagini appositamente effettuate e di quelle derivate dalla letteratura tecnico-scientifica e/o da precedenti lavori, programmati e calibrati in funzione della complessità geologica e del tipo dell'opera o intervento. Il capoverso 8 del paragrafo C6.2 introduce il nuovo concetto di "affidabilità" del modello geologico di riferimento, sottolineando la necessità di evidenziare eventuali incertezze e indeterminazioni che possono risultare significative ai fini delle scelte progettuali. In funzione del livello di attendibilità raggiunto, congruamente con le risultanze della modellazione geotecnica, potrà essere necessario prevedere un sistema di misure e controlli - *Piano di monitoraggio* - del complesso opera-terreno durante e dopo la costruzione al fine di verificare le previsioni e definire eventuali varianti progettuali sulla base dei nuovi riscontri. Il Piano dovrà essere definito e illustrato nella relazione geotecnica. Quando malgrado l'adeguatezza della campagna delle indagini geognostiche, il livello di affidabilità geologica e geotecnica emersa dai corrispondenti modelli comporta notevoli incertezze sul comportamento di resistenza meccanica e deformazionale per la definitiva scelta delle soluzioni progettuali, il "pool" dei progettisti (e il Committente) potranno prevedere in ultima "ratio" l'applicazione del "metodo osservazionale" (Observational Method) o di dimensionamento interattivo. Questo prevede ancora più severi e specialistici sistemi di controllo e monitoraggio, soprattutto nella fase costruttiva iniziale (lavori di scavo) dalle cui risultanze dovrà emergere l'adozione di una delle soluzioni progettuali alternative previste dai progettisti, qualora vengano raggiunti i fissati limiti di accettabilità delle grandezze geotecniche rappresentative.

Relazione geotecnica. La relazione geotecnica deve riportare in funzione del tipo di opera e/o d'intervento il programma delle indagini di secondo livello che devono riguardare il volume significativo di terreno influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso (3.2.2-comma 2) e che devono permettere la definizione del modello geotecnico del sottosuolo necessario alla progettazione. Con tale modello s'intende la ricostruzione di uno schema rappresentativo della stratigrafia, del regime delle pressioni neutre e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e/o rocce che costituiscono il volume significativo.

Resistenza alla compressione semplice. (v. qu).

Resistenza al taglio, T (F.L.⁻²). La massima resistenza di un suolo a sforzi di taglio (v.); *R. di picco*: valore massimo di resistenza al t. ottenuto nel grafico sforzi-deformazioni per piccole deformazioni del campione; *R. residua o ultima*: valore di resistenza al taglio relativo a grandi deformazioni del campione.

Rete di flusso (o di deflusso). Rappresentazione grafica di linee di flusso e linee equipotenziali (v.), utilizzata nello studio di fenomeni di filtrazione.

Rigidezza del terreno (o rigidità). Rapporto tra sollecitazione e deformazione. La **rigidezza** è la resistenza che oppone un corpo alla deformazione elastica provocata da una forza applicata. Essa è una proprietà estensiva del materiale, e cioè dipende dalla quantità di materiale. In generale si dovrebbe usare il termine rigidezza quando si parla di una struttura, di rigidità quando si parla di un materiale. Altra definizione che deriva dalla progettazione delle pavimentazioni: Resistenza che si oppone all'affondamento di una piastra o di una fondazione. Sin.: rigidità, incompressibilità. Per la determinazione della rigidezza di un terreno per il dimensionamento delle fondazioni superficiali e pavimentazioni per l'interazione struttura-terreno si può far riferimento alla determinazione del modulo di reazione di sottofondo (coefficiente di Winkler) $K = \Delta P / \Delta \delta$ o al del modulo di deformazione del sottofondo M_d che fa riferimento ad una prova su piastra di diametro $D=300\text{mm}$: $M_d = \Delta P / \Delta \delta \times D$. La rigidezza a bassi livelli deformativi si può caratterizzare con prove sismiche. La rigidezza a medi livelli deformativi a mezzo di prove in situ statiche (es. CPT, dilatometriche etc). La rigidezza ad alti livelli deformativi in laboratorio.

Rigidezza a bassi livelli deformativi. Si considerano quelli provenienti da metodi dinamici geofisici, a bassi livelli di energia, che implicano conseguentemente bassi livelli di deformazione $\gamma < 5 \times 10^{-3}\%$.

Rigidezza a medi livelli deformativi. Si considerano quelli provenienti da prove in situ, a medi livelli di energia, che implicano medi livelli di deformazione $10^{-3} < \gamma < 10^{-1}\%$.

Rigidezza ad alti livelli deformativi. Si considerano normalmente quelli provenienti da prove di laboratorio, a vari livelli di energia, che implicano più ampi livelli di deformazione $10^{-2} < \gamma < 10^{+1}\%$. Si ricorda che i terremoti hanno livelli deformativi $\gamma(\%)$ compresi nel campo $10^{-3} \div 10^{-0.5}$.

Rigidità di una fondazione. Caratteristica di una fondazione superficiale la cui base rimane piana quando si abbassa, cede.

Rigonfiamento (heave). Movimento prevalentemente diretto verso l'alto del suolo, causato da espansione, o spostamento risultante da fenomeni come assorbimento d'acqua, rimozione di carico, infissione di pali, gelo ecc.

Rilievi di geologia strutturale. I rilievi di geologia strutturale, guidati nelle fasi iniziali dai risultati del telerilevamento e dalla consultazione della bibliografia, sono finalizzati alla ricostruzione della struttura e della attività tettonica dei terreni esaminati. Il rilievo si propone quindi di riconoscere e studiare tutti gli elementi costitutivi della struttura (pieghe, lineazioni, clivaggio, diaclasi, faglie etc) giungendo fino all'analisi geometrica delle deformazioni duttili e non, riconoscendo le associazioni di elementi strutturali e definendo la successione cronologica, relativa e/o assoluta dei vari processi tettonici, con la produzione di una apposita cartografia tematica che si esamina in sovrapposizione a quella derivata dai rilievi litostratigrafici. Tale rilievo si applica nelle zone montuose ed eventualmente collinari, dove comunque esistano affioramenti rocciosi rappresentativi ed è particolarmente necessario nel caso il progetto includa corpi sotterranei quali gallerie, ambienti commerciali, parcheggi sotterranei etc, sia agli effetti della previsione dei problemi e dei metodi di scavo in avanzamento che per la valutazione degli aspetti idrogeologici negli ammassi rocciosi. Il rilievo è inoltre indispensabile per definire sulla base della cronologia dei vari eventi tettonici quali possano risultare maggiormente pericolosi agli effetti sismici, nell'ambito di una valutazione delle caratteristiche del grado di sismicità locale o di costruzione di una carta di zonazione sismica. Agli effetti della previsione del comportamento sismico di una zona, assume particolare importanza il fatto che i rilievi di geologia strutturale considerino con attenzione gli aspetti di neotettonica.

Rilievi geologici di superficie (o rilevamento geologico). I rilievi geologici di superficie (rilevamento geologico) rappresentano una delle primarie, peculiari e specifiche caratteristiche della formazione professionale del geologo, essi devono supportare e precedere le operazioni di campagna geognostiche e geotecniche e, nei lavori di staff progettuale essere pianificati dal geologo responsabile del coordinamento tecnico dopo avere esaminato i risultati della consultazione bibliografica, d'archivio, di database, del telerilevamento e delle foto aeree. I rilievi devono comprendere un areale significativamente esteso ai fini della pericolosità e instabilità di versante (sito geologico di progetto), di ampiezza tale da includere tutti i fenomeni di tipo geologico in senso lato che possano condizionare la sicurezza della progettazione e dovranno in ogni caso essere integrati e completati da indagini in situ. I rilievi possono essere schematicamente suddivisi nelle seguenti categorie geologiche: rilievi geologici s.s., rilievi geomorfologici, rilievi di geologia strutturale, rilievi idrogeologici, rilievi geomeccanici, rilievo delle problematiche ambientali (eventuali cave abbandonate, individuazione siti di discarica, e valutazione della contaminazione ai fini del reimpiego del materiale di scavo, dello stoccaggio provvisorio dei materiali destinati ad essere riutilizzati.

Rilievi geologici s.s. I rilievi geologici e stratimetrici consentono il riconoscimento e la verifica diretta dei terreni affioranti attraverso l'esame del campionamento e la

successiva rappresentazione cartografica delle formazioni litostratigrafiche con la definizione dei rapporti stratigrafici esistenti (successione stratigrafica) tra i vari corpi geologici, rilevamento e misura di spessori (apparenti e reali), direzione, immersione e pendenza degli strati sedimentari), individuazione, classificazione dei confini (limiti) tra le formazioni presenti e loro rappresentazione in pianta. Seguono le operazioni di laboratorio di interpolazione o estrapolazione geometrica dei confini, misura e verifica delle costanti geometriche dei confini stessi riconducibili a superfici piane, sezioni geologiche, ricostruzione strutturale, rappresentazione 3D di situazioni schematizzate in pianta, ricerche specialistiche e rappresentazione informatizzata con l'uso di software dedicati. Rilevamento di rocce magmatiche e metamorfiche.

Rilievi geomeccanici. I rilievi geomeccanici, vengono ubicati in corrispondenza di zone con specifici problemi di progettazione, come di stabilità di versanti o di fronti di scavo in roccia, o comunque dove interessi definire le caratteristiche dell'ammasso roccioso con criteri tali da permettere l'ingresso in sistemi di classificazione geomeccanica (RMR, SMR, RMQ, "Q-System" SGI etc.). Il rilievo descrive le caratteristiche dell'ammasso roccioso come somma dei contributi delle proprietà della roccia costituente e dei piani di divisibilità, alla scala dell'affioramento, valutando in termini semiquantitativi i parametri dei giunti (frequenza, spaziatura, apertura, riempimenti, rugosità, persistenza, forma, resistenza delle pareti etc) e intermini quantitativi quelli della roccia (resistenza a compressione, direttamente o indirettamente), considerando anche la presenza o meno di acqua. Sarà inoltre prodotta apposita cartografia con caratterizzazione litologico-tecnica delle formazioni affioranti, suddivise in: rocce rigide suddivise in Massicce litiche (R1), stratificate (R2) e fissili (R3); complessi a comportamento composito (S) a loro volta suddivisi in rocce semicoerenti (SS), alternanze di litotipi a differente comportamento meccanico (St) e complessi strutturalmente caotici (SC); terreni a comportamento granulare (G) a loro volta suddivisi in depositi marini (GP), depositi alluvionali (GA), depositi morenici (GM) e depositi eterogenei di varia origine (GV); terreni coesivi, a comportamento plastico, (P); terreni organici (T).

Rilievi geomorfologici. I rilievi geomorfologici da eseguirsi contestualmente a quelli geologici, richiedono un approfondito esame della superficie del terreno per il riconoscimento e la rappresentazione cartografica di tutti gli elementi. Con particolare attenzione all'analisi dei processi geomorfologici che per entità, velocità di sviluppo, evoluzione e pericolosità, possono essere classificati come dissesti. Il rilievo geomorfologico al pari di quello geologico di base è da considerarsi fondamentale anche nelle zone diverse dalle collinari e montuose, in quanto anche zone pianeggianti possono essere interessate da processi geomorfologici che abbiano la capacità di influire sulle opere da progettare (ad es. problemi di erosione fluviale, di alluvionamento, di esondazione, erosione sotterranea da carsismo e/o antropica etc. Principi e metodi di fotointerpretazione per il riconoscimento e misura delle grandezze geomorfologiche..

Rilievi idrogeologici. I rilievi idrogeologici integrano i dati dei rilievi litostratigrafici e, di geologia strutturale con la

raccolta di tutte le informazioni relative ai punti di acqua, quali pozzi, sorgenti, fontanili e simili. I rilievi idrogeologici permettono anche di raccogliere informazioni traducibili in elaborati che rappresentino la distribuzione areale dei terreni in funzione delle loro caratteristiche di permeabilità superficiale ed hanno lo scopo di definire la presenza e le modalità della circolazione idrica sotterranea, anche in rapporto all'idrografia superficiale. Il rilievo idrogeologico assume particolare importanza nel caso delle trincee profonde, delle gallerie, che hanno maggiori capacità d'interferenza potenziale con l'idrologia sotterranea.

Risalita capillare (h_c). Altezza al di sopra della superficie piezometrica, a cui l'acqua risale per l'azione della capillarità.

Risonanza. Fenomeno caratteristico della dinamica che si verifica quando la frequenza fondamentale di un corpo è prossima alle frequenze caratteristiche dell'eccitazione a cui esso è sottoposto. In tali condizioni e in assenza di smorzamento l'ampiezza del moto tende a crescere indefinitamente.

Risposta sismica locale (RSL). Vedi **amplificazione locale**.

Ritiro lineare, L_s . Diminuzione in una direzione di una massa di terreno, espressa come percentuale della dimensione originale, quando il contenuto d'acqua è ridotto da un dato valore al limite di ritiro. *Ritiro volumetrico* V_s : diminuzione in volume, in percentuale del volume secco, di un campione di terreno quando il contenuto d'acqua è ridotto da una data percentuale sino al limite di ritiro.

Roccia (roccia in posto o ammasso roccioso). Aggregato naturale di granuli o minerali legati da elevata coesione, che non viene perduta anche dopo essiccamento e prolungata immersione in acqua; caratterizzata da valori elevati delle resistenze meccaniche e dei moduli elastici.

Rottura progressiva. Rottura che si propaga gradualmente in una zona localizzata sull'intera superficie di rottura (scorrimento) a seguito di una ridistribuzione delle tensioni.

S

Scalzamento (delle fondazioni). Effetti di erosione su fondazioni superficiali da parte di acque di scorrimento superficiale (6.4.2 NTC).

S.C.I.A... Segnalazione Certificata Inizio Attività.

Scorrimento. Superamento della resistenza al taglio dei terreni (granulari e coesivi) lungo una o più superfici di neoformazione o preesistenti.

Sforzo (*Sollecitazione, tensione, stress*). Forza per unità di superficie che agisce su una superficie all'interno di un corpo. Per caratterizzare completamente lo stato di sollecitazione in un punto sono richiesti sei valori: tre componenti normali e tre componenti di taglio.

Sforzo di taglio (shear stress). Componente di sollecitazione parallela ad una data superficie risultante dalle forze applicate parallelamente alla superficie o da forze remote trasmesse attraverso le rocce circostanti.

Sifonamento. Instabilità idrodinamica in terre granulari, generalmente sabbie e limi, prodotta da pressione di filtrazione.

Silt (limo). Materiale passante al vaglio n. 200 U.S. Standard (0,075 mm) e con dimensioni superiori a 0,002 mm, non plastico o a moderata plasticità, con resistenza alla compressione semplice ridotta o nulla se allo stato secco (essiccazione all'aria).

Siting (studio di). Processo per la scelta di un posto per uno specifico uso.

Snervamento plastico. Perdita di resistenza ultima tipica dei materiali duttili come il cemento armato.

Softening (Rammollimento). v. Ammollimento.

Soil creep (o reptazione). Minuti spostamenti delle particelle di suolo in direzioni varie che in definitiva si ritrovano unificati secondo la pendenza e gravità. Dovuti alle cicliche escursioni termiche, all'imbibizione e disseccamento, alla circolazione dell'acqua nel terreno corticale, al gelo e disgelo, a bioturbazioni.

Soliflusso. Movimento lento e discontinuo di porzioni superficiali di versante rese plastiche o molto viscosi; il fenomeno si verifica anche con pendenze modeste del versante per spessori dell'ordine del metro.

Sollecitazione. Sforzo (forza normale, di taglio, momento) che si esercita per effetto di *azioni* su una sezione del terreno.

Sovraconsolidato. Terreno che è stato sottoposto ad una pressione efficace maggiore del carico litostatico attuale.

Spettro. Curva che mostra la risposta massima di un insieme di **oscillatori** semplici armonici, smorzati di frequenze naturali differenti a una particolare registrazione dell'accelerazione al suolo di un **terremoto**. Gli spettri di risposta possono mostrare l'accelerazione, la pseudovelocità o lo spostamento relativo dell'**oscillatore** in funzione della **frequenza** (dell'**oscillatore**) propria per vari livelli di **smorzamento**. Nelle applicazioni ingegneristiche frequentemente si rappresenta lo spettro di pseudo accelerazione, che è abbastanza vicino a quello di accelerazione e consente di stimare correttamente gli spostamenti relativi della struttura rispetto alla base, quindi le sollecitazioni.

Spinta della terra. Pressione o forza esercitata da una terra su ogni piano che la delimita; *spinta attiva*, p_A : il valore minimo della spinta della terra; questa condizione esiste quando si lascia dilatare la terra in modo che la resistenza al taglio lungo una superficie di rottura potenziale sia interamente mobilitata (v. *coefficiente di spinta attiva*); *spinta a riposo*, p_0 : il valore della spinta della terra quando la massa di terreno è nel suo stato naturale, cioè senza dilatazione o compressione; *spinta (resistenza) passiva*, p_p : il valore massimo della spinta della terra; questa condizione esiste quando si comprime una massa di terra in modo che la resistenza al taglio lungo una superficie di rottura potenziale sia interamente mobilitata (v. *coefficiente di spinta passiva*). Dimensione fisica: (F.L⁻²).

Spostamento orizzontale (d_g). Il massimo valore dello spostamento previsto in progetto in funzione della categoria di sottosuolo, delle condizioni topografiche (soil factor) e dei periodi T_C e T_D (3.2.3.3).

Standard Penetration Test (SPT). Numero di colpi di una massa battente di peso standard, cadente da una prefissata altezza, necessari per produrre una data penetrazione nel terreno di un'asta con punta o di un campionatore di dimensioni date.

Stato limite di esercizio (SLE). Un qualsiasi stato, anche di danneggiamento locale (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo), di eccessive deformazioni o di stato limite tensionale, che possa compromettere l'utilizzo della struttura, al di là del quale non sono più soddisfatte le prestazioni necessarie per il corretto funzionamento in esercizio della struttura, anche in termini di durabilità o aspetto.

Stato limite ultimo (SLU). Raggiungimento del meccanismo di collasso nelle strutture.

Strato. Struttura primaria fondamentale delle rocce sedimentarie compresa tra due superfici approssimativamente parallele che corrispondono a discontinuità sedimentarie o a bruschi cambiamenti delle condizioni ambientali locali.

Studio geologico. Viene definito nel capitolo 6.3 sulla stabilità dei pendii naturali (NTC08). Si descrive l'origine e la natura dei terreni e delle rocce, il loro assetto stratigrafico e tettonico-strutturale, i caratteri e i fenomeni geomorfologici e la loro prevedibile evoluzione nel tempo, lo schema della circolazione idrica nel sottosuolo. Tecniche di studio, rilievi e indagini devono essere commisurate all'estensione dell'area, alle finalità progettuali e alle caratteristiche dello scenario territoriale ed ambientale in cui si realizza il progetto.

Substrato geologico (v. anche bedrock). Roccia generalmente compatta, non alterata, che costituisce la base di rocce meno compatte o alterate o di sedimenti sciolti (**terreni di copertura**). Le rocce che formano la superficie terrestre sono continuamente sottoposte a degradazione atmosferica, con modalità e rapidità diverse in funzione del clima, del tipo di roccia, dell'acclività del terreno e così via. I prodotti dell'alterazione possono essere asportati dall'erosione per accumularsi altrove, cosicché la roccia affiora praticamente "allo stato originale", ma spesso rimangono in posto e danno origine a una copertura (che, in condizioni opportune, si trasforma in suolo). Tale copertura è ancora più rilevante dove si accumulano detriti e materiali di **frana** e di alluvioni, o anche prodotti dell'attività antropica (agricola, edilizia, di smaltimento). I materiali di copertura sono in genere poco consolidati ("sciolti") e rispetto a essi le rocce non alterate, più o meno in profondità, sono indicate come substrato geologico. Nel caso di problemi legati alla **risposta sismica locale**, si tratta di una roccia competente (solitamente del Meso-cenozoico, più raramente del Quaternario) che si sviluppa in profondità per molti metri. Caratterizzazioni geotecniche e geofisiche possono verificare se un substrato geologico sia anche un **bedrock sismico**.

Suffosione. (piping). Asporto di particelle granulari da parte di acqua di percolazione, che porta alla formazione di canali in ampliamento progressivo.

Superficie di faglia (o piano di faglia). Superficie di taglio che delimita ognuno dei due blocchi separati dal manifestarsi di una faglia. Può essere totalmente levigata dall'attrito tra i due blocchi in movimento, tanto da essere chiamata "specchio di faglia".

Può conservare strie o solchi tra loro paralleli, in genere con profondità millimetrica, prodotti dal trascinarsi di minuscole particelle rocciose o di sporgenze e irregolarità sulle superfici dei due blocchi in movimento; la loro direzione geografica permette di risalire alla direzione del movimento relativo dei due blocchi

(che può essere stato orizzontale oppure più o meno obliquo, fino a coincidere con la massima pendenza del piano di taglio), per cui strie e solchi vengono annoverati tra gli "indicatori cinematici".

A partire dal **piano di faglia** e per spessori da centimetri a plurimetri il blocco roccioso può risultare intensamente e minutamente fratturato, fino ad assumere le caratteristiche di una cataclasite o **breccia di frizione**.

Superficie di rottura. Superficie di taglio che si genera in un ammasso roccioso sottoposto a **sforzo**, quando si superi l'intervallo di deformazione elastica-plastica e si raggiunga il punto di rottura delle rocce coinvolte. Nel caso di sforzi tettonici, si può avere frattura di terreni senza spostamento delle due parti in precedenza a contatto (diaciasi), o con spostamento delle due parti (**faglia**). La superficie di rottura può arrivare ad affiorare in superficie e manifestarsi come una **scarpata morfologica**.

Superficie di rottura di una frana. Superficie lungo la quale si muove il corpo di una **frana**. La superficie può essere un piano inclinato preesistente, quale per esempio una superficie di strato, o un piano neoformato.

Superficie di scorrimento (o di rottura). Luogo dei punti del terreno nel quale il valore della risultante degli sforzi tangenziali agenti supera quello delle resistenze al taglio del terreno stesso.

Superficie piezometrica. Superficie dell'acqua di falda in corrispondenza della quale la pressione idrostatica è uguale a zero (o alla pressione atmosferica).

T

Taglio torsionale ciclico (prova di). In questa prova si realizzano condizioni di taglio semplice su provini cilindrici imponendo, dopo una fase di consolidazione in condizioni isotrope o non isotrope, una coppia torcente variabile nel tempo con legge periodica.

Tempo di ritorno. In statistica il **tempo di ritorno** (T_R) di un evento è il tempo medio di attesa tra il verificarsi di due eventi successivi. Il termine è utilizzato in ingegneria idraulica, idrologia, geologia, in vulcanologia e in sismologia per valutare il grado di rarità di un evento, quindi la sua probabilità di verificarsi. Un tempo di ritorno più lungo indica un evento più raro, meno probabile. Utilizzare una finestra temporale molto ampia significa una maggiore severità e sicurezza di calcolo, ma anche costi maggiori per le costruzioni. L'allegato B delle NTC prevede per l'azione sismica la scelta, in funzione della verifica allo Stato limite considerato, tra nove periodi di ritorno in anni (30, 50, 72, 101, 140, 201, **475**, 975, 2475) ed a ogni periodo di ritorno corrisponde una accelerazione orizzontale di riferimento a_g .

Tensione. Sforzo esercitato su un elemento unitario di superficie per effetto di una *sollecitazione* (v. anche *pressione*). *Tensione efficace* (*pressione efficace*, p , *intergranulare*), σ' , f : forza normale media per unità di superficie, trasmessa da granulo a granulo; è lo sforzo che è nella mobilitazione dell'attrito interno. *Tensione neutra*: v. *pressione neutra*. *Tensione normale*, σ , p : componente (dello sforzo) normale ad un dato piano. *Tensione principale*, σ_1 , σ_2 , σ_3 : sforzo agente normalmente ai tre piani principali (v.); *t. principale maggiore*, *intermedia*, *minore*: rispettivamente la più grande, l'in-

termedia e la più piccola, riguardo al segno, delle tensioni principali. *Tensione di taglio, tangenziale, τ* : componente della tensione, tangenziale ad un dato piano. *Tensione totale, σ* : forza totale agente su un elemento unitario di superficie, somma della tensione efficace e neutrale ($\sigma + \sigma' + u$). *Tensione di preconsolidazione*: massima tensione efficace alla quale una terra è stata sottoposta (v. *pressione di preconsolidazione*). Dimensione fisica: (FL⁻²).

Terremoto di riferimento. In uno studio di **microzonazione sismica** è il moto rispetto al quale si calcolano i fattori di amplificazione.

Terreni di copertura. Coltre costituita da sedimenti sciolti o roccia alterata, di spessore in genere da pochi metri a decine di metri, che ricopre una roccia compatta non alterata (substrato).

Terreni sismicamente instabili. Quando gli sforzi ciclici generati da un sisma superano la resistenza al taglio del terreno, si deformano permanentemente producendo superfici di rottura e scorrimenti al suo interno.

Terreni sismicamente stabili. Quando gli sforzi ciclici indotti da un sisma restano inferiori alla resistenza al taglio del terreno.

Terreno di fondazione. Vedi "volume geotecnico significativo". Nella precedente normativa (DM.11.03.88) veniva definito come: "Porzione del sottosuolo in cui si risentono significativamente gli incrementi di tensione indotti dalla fondazione".

Tissotropia. La capacità di un materiale di liquefazione sotto scuotimento e di ricostituzione in quiete. Proprietà di un materiale di divenire relativamente consistente in tempo breve se indisturbato, e di assumere una consistenza molle o di fluido ad alta viscosità se agitato o manipolato; tale processo è reversibile.

U

Unità geologica. È un volume roccioso s.l. che viene definito mediante le caratteristiche petrografiche, litologiche e/o paleontologiche distintive e dominanti (facies) che lo caratterizzano.

Unità geotecnica. Insieme di rocce con le stesse caratteristiche fisiche e meccaniche e/o che si comporta omogeneamente rispetto ad un determinato problema geotecnico.

Unità idrogeologiche. Come definizione l'unità idrogeologica riferisce solo sulla presenza di acque sotterranee. Per unità idrogeologica si intende una porzione di territorio delimitabile per caratteristiche morfologiche nella quale sono presenti uno o più (normalmente sovrapposti) acquiferi che possono anche essere idraulicamente interconnessi.

Unità litologica. Corpo geologico (insieme di roccia a caratteri litologici abbastanza costanti) a litologia costante.

Unità litotecniche. Possono identificarsi con una formazione o comprenderne più di una, ovvero parte di una o parti di più formazioni. Vengono raggruppate in base ai differenti parametri di natura tecnica che maggiormente condizionano il comportamento dei terreni (ad es. rapporto sabbia/argilla, stratificazione, intercalazione, origine dei frammenti, frazione granulometrica, compattazione, etc.).

V

Validazione (dei codici). Nel caso di calcoli di particolare importanza essi devono essere eseguiti nuovamente da un soggetto diverso con un altro programma di calcolo. Bisogna eseguire comunque un controllo dei calcoli elaborati al computer con i risultati di semplici calcoli anche di larga massima, con metodi tradizionali (*Giudizio motivato di accettabilità dei risultati* - 10.2).

Validazione (di un progetto). Consiste nell'attestare la conformità del progetto al documento preliminare della progettazione e alla normativa vigente a seguito delle verifiche effettuate e delle eventuali correzioni ed integrazioni ritenute necessarie dal RUP (Responsabile Unico del Progetto).

Valore geotecnico caratteristico. Si definisce valore caratteristico di un'azione variabile Q_k il valore corrispondente ad un frattile pari al 95% della popolazione in relazione al periodo di riferimento.

Verifiche agli Stati limite (SL). Tale metodo viene indicato come semiprobabilistico perché consente di effettuare una verifica che abbia valenza probabilistica ma sia eseguita seguendo la metodologia utilizzata nei metodi deterministici come quello delle tensioni ammissibili. Indichiamo con: S il valore della sollecitazione agente R il valore della sollecitazione resistente. Sia S che R sono da considerarsi delle variabili aleatorie a cui si può associare una densità di probabilità. Di queste distribuzioni assumono particolare importanza, più che i valori medi, che rappresentano il frattile inferiore 50% delle due funzioni di densità di probabilità, i seguenti valori che vengono indicati come **valori caratteristici** e contrassegnati con il pedice k: per S un valore che abbia una bassa probabilità di essere superato, in particolare il frattile inferiore 95% (valore al disotto del quale ricade il 95% dei valori aleatori): S_k per R un valore che abbia un'alta probabilità di essere superato: in particolare il frattile inferiore 5% (valore al disotto del quale ricade il 5% dei valori aleatori): R_k . I valori caratteristici possono essere determinati esclusivamente utilizzando il valore medio x_m e la varianza δ delle distribuzioni di S e R secondo la relazione: $x_k = x_m - k\delta$ dove k è un valore funzione della probabilità assunta per il frattile e della legge di distribuzione ipotizzata per R e S. Solitamente si fa riferimento alla distribuzione normale Gaussiana e in questo caso $k = 1,64$. Nei valori caratteristici si tiene conto della valenza probabilistica del metodo. I valori caratteristici così ottenuti vengono sostituiti dai valori di calcolo, indicati con il pedice d (d per design) definiti come segue: S_d : valore di calcolo che si ottiene amplificando il valore caratteristico moltiplicandolo per il coefficiente $\gamma_f R_d$: valore di calcolo che si ottiene riducendo il valore caratteristico moltiplicandolo per il coefficiente $1/\gamma_m$. Coefficienti γ_f e γ_m vengono chiamati coefficienti parziali di sicurezza e tengono in conto di tutte le aleatorietà ed incertezze non riprese dai valori caratteristici (es. incertezze del modello e della geometria), e sono calibrati dalle normative in relazione al tipo di rischio ed al tipo di materiale utilizzato. Successivamente si procede alla verifica di sicurezza espressa dalla equazione formale: $S_d \leq R_d$. La suddetta verifica di sicurezza è nei riguardi degli stati limite ultimi; le verifiche di sicurezza nei riguardi degli stati limite di esercizio si esprimono controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

Pertanto per uno studio di una struttura con il metodo degli stati limiti per prima cosa si deve definire il modello per lo schema geometrico e per i carichi. Dopo aver effettuato il predimensionamento degli elementi strutturali, mediante l'utilizzo di modelli estremamente semplificati, si procede ad esaminare il comportamento della struttura mediante l'analisi strutturale, considerando le varie combinazioni di carico previste dalla normativa vigente per lo stato limite in esame. I metodi di analisi consentiti dalla normativa sono l'analisi lineare (anche con eventuale ridistribuzione) e quello non lineare enormemente più oneroso nei calcoli. I risultati dell'analisi sono le sollecitazioni caratteristiche S_k che vanno moltiplicate per il relativo coefficiente per avere il valore di calcolo o di progetto. Separatamente, noto il legame costitutivo dei materiali, si calcola il valore caratteristico della sollecitazione resistente della sezione R_k che successivamente va moltiplicato per il coefficiente $1/\gamma_m$. Noti i due valori di calcolo si può procedere alla verifica come sopra descritto. Detta verifica deve essere soddisfatta in ogni sezione della struttura. In merito al legame costitutivo ε - σ del calcestruzzo, la normativa vigente considera un andamento non lineare (non linearità meccanica) discostandosi così da quello lineare elastico utilizzato dalla normativa precedente per il metodo delle tensioni ammissibili.

Verifiche alle Tensioni Ammissibili (TA). Il metodo di calcolo alle tensioni ammissibili è un metodo di verifica strutturale di tipo deterministico. Poiché si utilizza una legge costitutiva σ - ε del materiale lineare, la verifica di una sezione viene eseguita sulle tensioni (più immediata) e non sulle deformazioni. Fissato il valore caratteristico del materiale (R_{ck} per il calcestruzzo e f_{yk} per l'acciaio), il D.M. 16 gennaio 1996 permette di calcolare le tensioni ammissibili del materiale: $\sigma_{c,amm}$, $T_{c,0}$ e $T_{c,1}$ per il calcestruzzo; $\sigma_{s,amm}$ per l'acciaio. Da un'analisi strutturale di tipo lineare (ad es. utilizzando il metodo degli elementi finiti) si calcolano le forze agenti sulla struttura, da cui è possibile individuare le sezioni più sollecitate e, di conseguenza, le massime tensioni agenti su di esse. Il passo finale consiste nel verificare che la tensione massima agente sulla sezione più sollecitata sia inferiore alla tensione ammissibile prestabilita, secondo le seguenti disequazioni: $\sigma_{max} < \sigma_{amm}$; $T_{max} < T_{amm}$. Nel metodo delle tensioni ammissibili il coefficiente di sicurezza è applicato tutto alla resistenza. **C2.7 VERIFICHE ALLE TENSIONI AMMISSIBILI.** In generale le NTC impongono di adottare, per le verifiche, il metodo agli Stati limite **SL** di cui al § 2.6; a tale imposizione sono ammesse alcune eccezioni finalizzate a consentire, nel caso di ridotta pericolosità sismica del sito e di costruzioni di minore importanza sia in termini di progettazione che in termini di destinazione d'uso, la tradizionale verifica alle tensioni ammissibili. Fanno dunque eccezione all'imposizione citata le costruzioni di tipo 1 ($VN \leq 10$ anni) e tipo 2 (50 anni $< VN < 100$ anni) e Classe d'uso I e II, purché localizzate in siti ricadenti in Zona 4; per esse è ammesso il metodo di verifica alle tensioni ammissibili, da applicare utilizzando i riferimenti normativi riportati nelle NTC. Per l'identificazione della zona sismica in cui ricade ciascun comune o porzione di esso, occorre fare riferimento alle disposizioni emanate ai sensi dell'art. 83, comma 3, del DPR 6.6.2001, n. 380".

Dalla lettura sia del contenuto § 2.7 delle NTC sopra riportate, sia della relativa circolare esplicativa, più in generale **si ammette** la possibilità di operare con il metodo delle "**Tensioni ammissibili**" quando si verificano **contemporaneamente** le seguenti condizioni: 1) Opera di Tipo 1 oppure 2; 2) Classe d'Uso I oppure II; 3) Ricade in Zona sismica S4; Il § 2.7 stabilisce, inoltre, che per le verifiche con il metodo delle tensioni ammissibili occorrerà fare riferimento al D.M. LL. PP. 14.02.92 per le strutture in calcestruzzo e in acciaio, al D.M. LL. PP. 20.11.87 per le strutture in muratura e al D.M. LL. PP. 11.03.88 per le opere e i sistemi geotecnici. Ai fini pertanto dell'applicazione del metodo delle tensioni ammissibili va dichiarato nei documenti del progetto la Vita Nominale.

Vita nominale (o utile). Per vita nominale di un'opera strutturale VN s'intende il numero di anni durante il quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata (Tab. 2.4.I NTC 2008 (D.M. 14/01/2008) e deve essere precisata nei documenti di progetto. Le verifiche sismiche si omettono quando la durata della Vita nominale è < 2 anni.

Volume geologico significativo (o modello geologico di riferimento, o sito geologico di progetto). È una porzione di terreno di estensione e profondità variabile tali da accludere le caratteristiche geologiche intrinseche e le condizioni evolutive di pericolosità, mirate e rappresentative del sito al contorno in rapporto al progetto. Esso rappresenta una basilare ricostruzione 3D di tipo concettuale dalla cui conoscenza e affidabilità dipendono in buona parte le scelte progettuali e i livelli di sicurezza da raggiungere in base alle prestazioni attese dall'opera e da cui dipendono inoltre la corretta programmazione delle indagini di secondo livello, quelle geotecniche di verifica strutturale e di sito.

Volume geotecnico significativo. S'intende "la porzione di sottosuolo influenzata direttamente e indirettamente dalla costruzione del manufatto e che influenza a sua volta il manufatto stesso". Questa definizione introdotta dalle NTC08 innova e sostituisce la precedente citata dal vecchio DM88 come "il terreno di fondazione" rappresentato dalla "porzione del sottosuolo in cui l'incremento delle pressioni indotte dall'intervento è $>$ del 10% della pressione litostatica efficace". L'estensione ad un volume più ampio di terreno deriva dalla necessità di verifiche allo stato limite che comprendono oltre la sicurezza delle strutture, la sicurezza del sito geologico d'influenza progettuale.

Volume sismico significativo. È fissato a 30 metri sotto il piano di posa di un edificio (o dalla testa di un muro di sostegno di terreni naturali) e rappresenta il percorso delle onde sismiche dove si produce il maggior incremento dell'energia elastica. Se il substrato rigido ($v_s > 800$ m/s) è posto ad una profondità < 30 m allora il volume significativo sismico è limitato al suo raggiungimento.

W

Weathering. Lenti processi di alterazione e degradazione meteorica.