

*autostrade//per l'italia*

# **MANUALE SOR.GE. SORVEGLIANZA GEOTECNICA**

**Indicazioni per il controllo della stabilità  
del corpo autostradale**

(rev. maggio 2017)

**(DCOP/DMIE/OSF)**

|  |             |           |
|--|-------------|-----------|
| <i>Introduzione</i>  | <i>pag.</i> | <i>3</i>  |
| <i>Premessa</i>  | <i>pag.</i> | <i>5</i>  |
| - <i>I fenomeni franosi</i>  | <i>pag.</i> | <i>5</i>  |
| - <i>La rete autostradale e la franosità del territorio</i>  | <i>pag.</i> | <i>13</i> |
| <i>1. Cenni sulla definizione di stabilità</i>   | <i>pag.</i> | <i>16</i> |
| <i>1.1 Stabilità di un rilevato autostradale, dissesti e loro evidenze</i>                                   | <i>pag.</i> | <i>18</i> |
| <i>1.1.1. Instabilità locale delle banchine.</i>   | <i>pag.</i> | <i>19</i> |
| <i>1.1.2. Instabilità del solo corpo del rilevato con scoscendimenti laterali</i>                            | <i>pag.</i> | <i>24</i> |
| <i>1.1.3. Instabilità del rilevato con coinvolgimento del piano di posa</i>                                  | <i>pag.</i> | <i>28</i> |
| <i>1.1.4. Cedimenti del rilevato (uniformi o differenziali)</i>  | <i>pag.</i> | <i>33</i> |
| <i>1.1.5. Instabilità delle scarpate del rilevato e rotture diffuse nella pavimentazione</i>                 | <i>pag.</i> | <i>37</i> |
| <i>1.2. Stabilità di una trincea o di uno scavo, dissesti tipici e loro evidenze</i>                         | <i>pag.</i> | <i>40</i> |
| <i>1.2.1. Erosioni superficiali e colate di fango</i>  | <i>pag.</i> | <i>40</i> |
| <i>1.2.2. Frane rotazioni profonde</i>   | <i>pag.</i> | <i>43</i> |
| <i>1.2.3. Distacchi di materiale in presenza di rocce fratturate</i>   | <i>pag.</i> | <i>45</i> |
| <i>1.3. Dissesti tipici di strutture a sostegno del terreno</i>  | <i>pag.</i> | <i>48</i> |
| <i>1.4. Dissesti tipici nelle fondazioni di opere d'arte</i>   | <i>pag.</i> | <i>53</i> |
| <i>1.5 Stabilità di pendii adiacenti al corpo autostradale</i>   | <i>pag.</i> | <i>60</i> |
| <i>2. Valutazione visiva della stabilità</i>   | <i>pag.</i> | <i>66</i> |
| <i>2.1. Sorveglianza, rilevazione e interpretazione dei segnali della strada</i>                             | <i>pag.</i> | <i>66</i> |
| <i>2.1.1. In corrispondenza di una trincea o di uno scavo</i>  | <i>pag.</i> | <i>66</i> |
| <i>2.1.2. In corrispondenza di strutture profonde a sostegno del terreno e di fondazioni di opere d'arte</i> | <i>pag.</i> | <i>67</i> |
| <i>2.1.3. In corrispondenza di pendii adiacenti al corpo autostradale</i>                                    | <i>pag.</i> | <i>68</i> |

|      |  |             |    |
|------|--|-------------|----|
| 2.2. | <i>Documentazione dei fenomeni osservati e delle loro evidenze</i> | <i>pag.</i> | 70 |
| 2.3. | <i>Il progetto “ANIDRO”</i>  | <i>pag.</i> | 70 |
| 3.   | <i>Indagini geognostiche</i>                                       | <i>pag.</i> | 73 |
| 4.   | <i>Monitoraggio geotecnico e Programmazione</i>                    | <i>pag.</i> | 74 |
| 4.1. | <i>Monitoraggio continuo diretto e Presidio geotecnico</i>         | <i>pag.</i> | 75 |
| 4.2. | <i>Monitoraggio strumentale</i>                                    | <i>pag.</i> | 75 |
| 5.   | <i>Piccola manutenzione di grande efficacia</i>                    | <i>pag.</i> | 78 |
| 5.1. | <i>Regolazioni idrauliche</i>                                      | <i>pag.</i> | 78 |
| 5.2. | <i>Manutenzione delle aree a verde</i>                             | <i>pag.</i> | 80 |
| 5.3. | <i>Cura della strumentazione geotecnica</i>                        | <i>pag.</i> | 81 |
| 6.   | <i>Interventi di manutenzione geotecnica</i>                       | <i>pag.</i> | 82 |

*Glossario*

*Bibliografia*

*Appendice*

## **Introduzione.**

Una disciplina articolata e complessa come la geologia e l'ingegneria geotecnica non possono essere trattati dettagliatamente in questo "manuale". Occorrono ben altri testi e scuole.

Si ritiene però altrettanto utile e formativa l'attività che si fonda **sull'osservazione dei fenomeni**. L'osservazione costante di tutti i fenomeni, anche di quelli che a prima vista appaiono di nessuna importanza, è un'attitudine propria dell'uomo. Lo **"spirito di osservazione"**, molto prima della "sperimentazione scientifica", è stato il motore che ha spinto la mente umana ad intuire cose che, solo successivamente si è stati in grado di sperimentare scientificamente. Il metodo osservazionale (observational method) è correntemente applicato nella realizzazione e progettazione in corso d'opera delle opere geotecniche. La sua validità è universalmente riconosciuta. La sua applicazione allo scavo delle gallerie ha dato origine al NATM (New Austrian Tunneling Method). Il metodo osservazionale risulta anche di grande utilità nel monitoraggio delle paleofrane e di altri movimenti gravitazionali a lenta evoluzione che interessano i versanti naturali. La corretta e paziente applicazione del metodo porta ad individuare e scoprire fenomeni geotecnici in atto, di cui non se ne sarebbe valutato realisticamente l'entità. E' la corretta interpretazione dei dati osservati che porta ad individuare il fenomeno in atto e quindi le misure correttive da impiegare.

Questo documento vuole fare ancora affidamento su questa grande capacità dell'uomo ed è indirizzato a tutti gli addetti ai quali è affidato il quotidiano monitoraggio e presidio dell'autostrada con la finalità di contribuire a facilitare l'individuazione, la lettura ed una prima, alcune volte approssimativa, interpretazione dei fenomeni, con l'osservazione di quei segnali che, sia i terreni attraversati, sia le trincee ed i rilevati autostradali danno, quando si verificano dei dissesti.

La necessità di applicare conoscenze appartenenti a campi assai diversi, specialistici ed articolati come sono quelli del settore geologico-tecnico, ha imposto di limitare e semplificare i vari argomenti. In altre parole, questo "manuale" è diretto essenzialmente ai tecnici addetti al monitoraggio/presidio geotecnico che debbano, dinanzi ad un problema, richiamare o classificare in breve tempo metodi e informazioni tecniche ed attivarsi secondo le procedure aziendali.

Rispetto alla prima edizione (Edizione febbraio 2005) e alla successiva revisione (Edizione giugno 2011), l'attuale versione del Manuale SORGE (Edizione aprile 2015) è stata integrata con figure e foto rappresentative delle problematiche descritte.

Il Capitolo relativo a “Cenni sulla stabilità” a pag.16 è stato revisionato tenendo conto dell'entrata in vigore nel 2009 delle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni.

Alcune modifiche hanno riguardato il capitolo 2.2 nella parte relativa al software che gestisce la BD ANIDRO, attualmente su piattaforma web. Ne consegue che la “Scheda di valutazione sopralluogo per presidio geotecnico” riportata in appendice, è stata aggiornata con quella corrente nella BD ANIDRO (applicativo AAN).

Breve cenno ha riguardato anche il PAI (Piano Assetto Idrogeologico) che con l'entrata in vigore del Decreto Legge 180/1998, (D.L. 180/1998) riguardante le misure da attuare per la prevenzione del rischio idrogeologico dopo l'evento di Sarno, e successive modifiche, le Autorità di Bacino regionale o interregionale e le regioni per i restanti bacini, adottano le misure di prevenzione, tramite l'individuazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime.

## **Premessa.**

### **I fenomeni franosi.**

I distacchi di materiale roccioso dai versanti dei rilievi possono avvenire in condizioni particolari che danno luogo alla discesa, più o meno repentina e veloce, di masse di terreno cospicue: in tal caso si parla di **frana**.

Il franamento è preparato e favorito dalla degradazione operata dagli agenti atmosferici (precipitazioni, venti, fattori climatici, etc.) ed è dovuto alle condizioni di equilibrio instabile in cui si vengono a trovare i pendii con angolo d'inclinazione superiore a quello massimo normalmente tollerato dai materiali che li costituiscono. Esso può risolversi in diversi modi:

- in **crolli** improvvisi di masse rocciose a picco o sporgenti;
- spesso il movimento viene agevolato dalle acque di infiltrazione che, penetrando e circolando in terreni poco coerenti, possono far diminuire l'attrito e provocare il franamento delle masse sovrastanti; si originano così movimenti franosi che vengono detti **scivolamenti** e **scoscendimenti**: nel primo caso le masse in frana si muovono su di un piano inclinato a volte preesistente, quale, ad esempio, la superficie di contatto con uno strato più impermeabile; nel secondo caso invece, si assiste alla formazione di nuove superfici di distacco, che possono essere piane o curve.

Sebbene nel concetto di *frana* sia implicita una certa rapidità di discesa dei materiali, questo nome viene dato anche a fenomeni relativamente lenti, come sono, ad esempio, i **colamenti** e gli **smottamenti** (questi ultimi più piccoli e più superficiali) di materiali argillosi, che si formano dopo le piogge nei pendii di rocce argillose, in seguito al loro ammolimento ed appesantimento ad opera dell'acqua.

Nelle frane più tipiche si possono distinguere comunemente tre parti principali (**fig. A**):

- **la nicchia di distacco**, di forma assai varia secondo la causa particolare che provoca la frana e la natura del terreno in cui essa si sviluppa, è quella intaccatura del pendio che segna il limite tra la porzione di terreno rimasta in posto e quella franata;

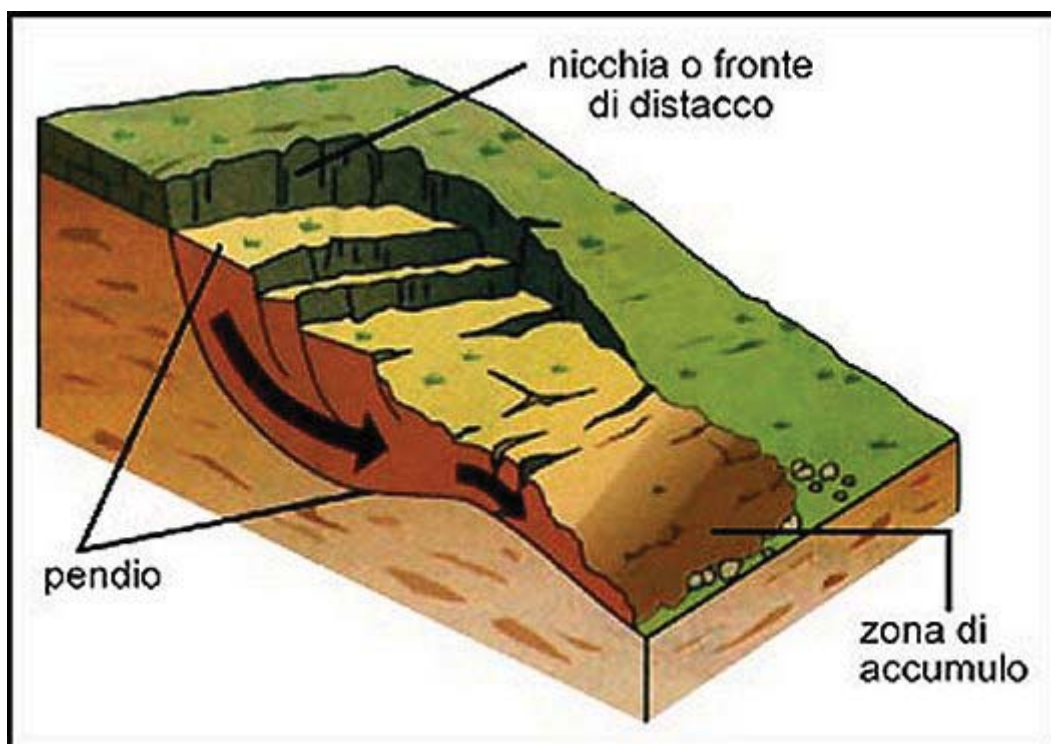


Figura A - Schematizzazione delle parti di una frana

- **l'alveo o pendio di frana**, che è il solco lungo il quale si sono spostati i materiali franati;
- **l'accumulo di frana**, che è quello formato dai materiali (detriti) che, dopo un tragitto più o meno lungo, si sono arrestati, accumulandosi in maniera spesso caotica.

Anche se comunemente si usa distinguere e classificare i vari tipi di frane (esempi in **fig. B**), occorre dire che i fenomeni franosi sono in genere piuttosto complessi e perciò difficilmente inquadrabili in uno schema rigido di classificazione: le modalità sopra descritte spesso si combinano fra di loro e presentano anche numerose varianti; nella realtà ogni frana ha un proprio comportamento, più o meno differente da quello delle altre, a seconda della propria estensione e della zona in cui si sviluppa.

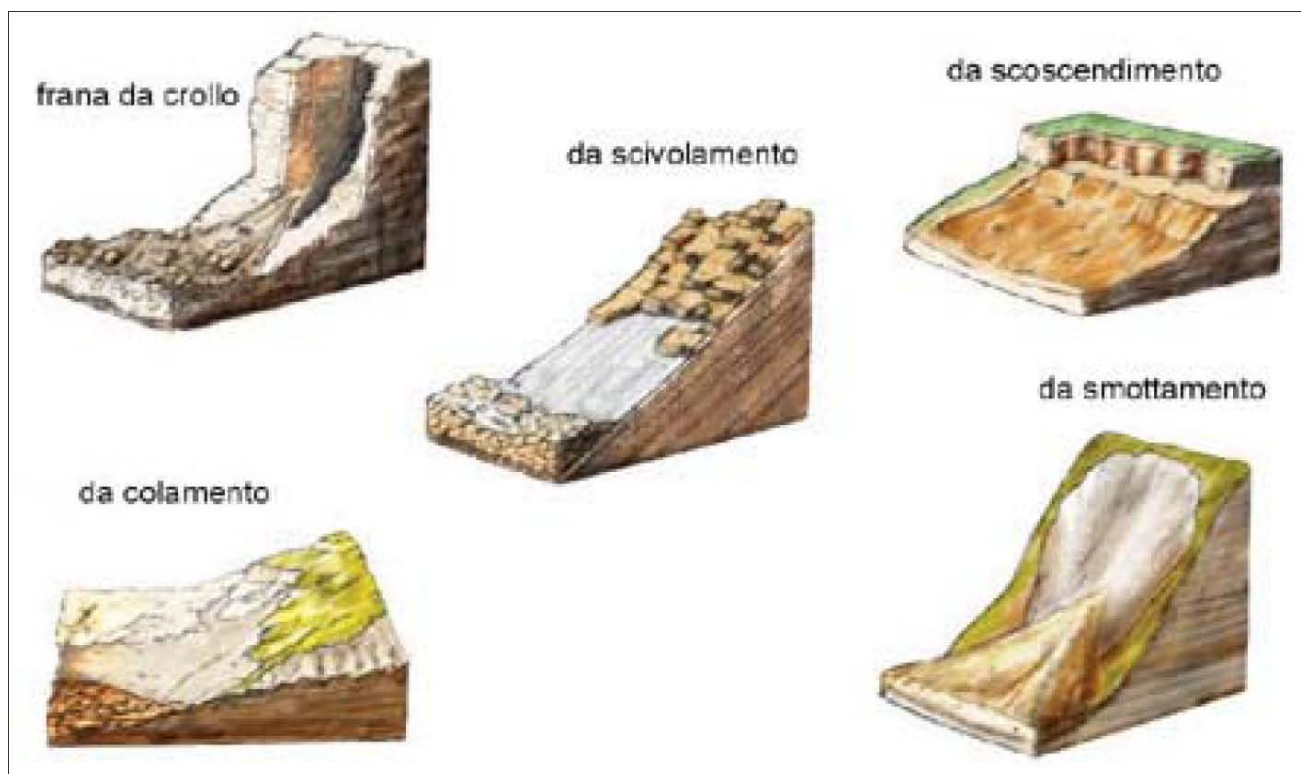
Più che le classificazioni, numerose ed a volte molto dissimili, basate su determinati parametri (tipo di movimento, natura del materiale coinvolto, etc.) e compilate con finalità diverse, è **importante arrivare a conoscere la meccanica dei singoli movimenti franosi e delle loro cause**, al fine di dedurre le tendenze evolutive dei rilievi e dei pendii che ne sono interessati e **per poter scegliere gli interventi di ripristino più adatti ed efficaci**.

Queste attività di studio e d'inquadramento delle cause e degli effetti delle frane e di progettazione degli interventi di consolidamento e ripristino, sono competenze caratteristiche, rispettivamente, del **Geologo** e **dell'Ingegnere Geotecnico**.

A questo proposito occorre dire che nell'innescare delle frane, oltre alle cause già segnalate, svolge un ruolo determinante **l'attività dell'uomo**. L'uomo, in alcuni casi, altera il naturale equilibrio dei versanti creando cave, vie di comunicazione, canali ed invasi artificiali; sovraccarica il terreno con le più varie costruzioni; modifica il corso dei fiumi con dighe ed altri interventi; distrugge la copertura vegetale che spesso svolge una funzione protettiva nei riguardi della degradazione degli strati di terreno superficiali.

E' questo uno dei motivi per cui le frane sono più diffuse nelle zone temperate, dove non soltanto le condizioni climatiche sono più favorevoli alla degradazione ad opera degli agenti meteorici ed all'attacco delle acque, ma è anche più intensa **l'antropizzazione**.





**Figura B – Alcuni tipi di frane**

Ne abbiamo numerose ed evidenti testimonianze proprio nel nostro Paese (**fig. C -F**).

Ai fini di questo manuale è importante individuare i potenziali movimenti franosi che possono essere:

- frane potenziali dette anche di primo distacco, il cui verificarsi comporta spesso elevate velocità di spostamento con conseguenze anche significative;
- vecchi movimenti franosi in quiete, detti anche paleofrane, la cui attivazione di norma comporta spostamenti caratterizzati da velocità modeste e perciò prive di effetti catastrofici.

Per ambedue le tipologie di frana è importante individuare:

- la probabile nicchia di distacco (coronamento);
- l'alveo (o pendio di frana) lungo il quale tende a muoversi il materiale della frana;
- la zona di accumulo (piede della frana), ovvero la distanza che il materiale franato potrebbe percorrere.

Con questi elementi si potrà valutare in che modo il fenomeno frana potrebbe coinvolgere le opere autostradali esprimendo un parere qualitativo sull'importanza del fenomeno in atto.

Tuttavia, è importante poter distinguere se la struttura autostradale è passiva o attiva nei confronti della franosità in atto.



Fig. C

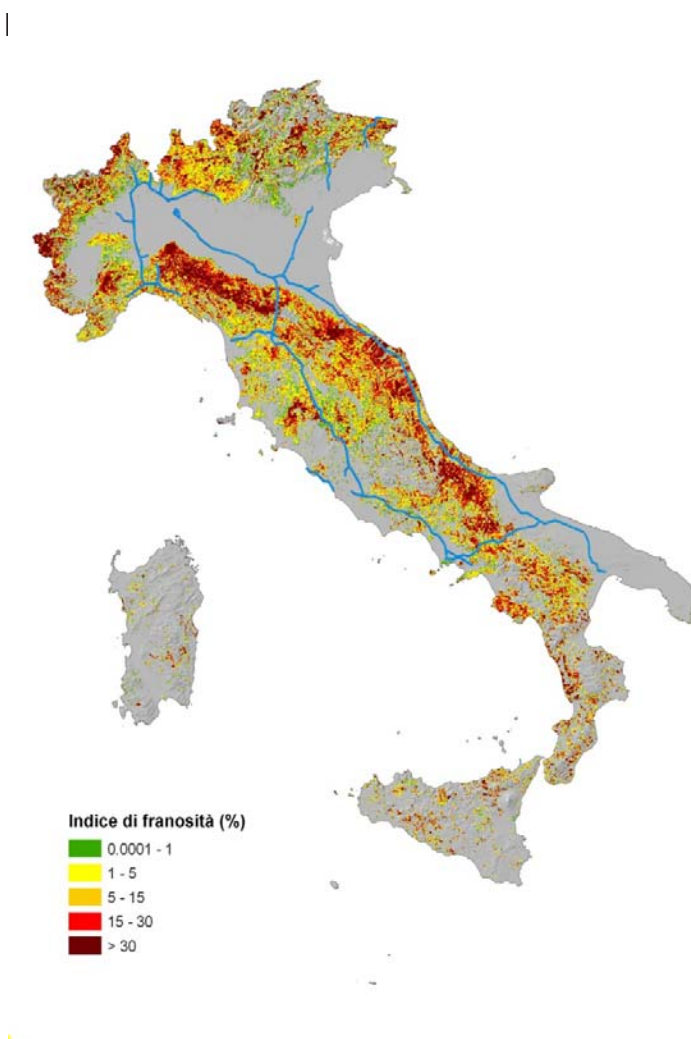


Fig. D (Frana di colamento)





**Fig. E (frana di tipo rotazionale in un centro abitato)**



Passiva = l'autostrada non ha influenza sul fenomeno in atto né in quanto causa né in quanto modifica della geometria

Attiva = l'autostrada ha influenza sulle cause che muovono la frana.

Ad esempio rispetto al crollo di un masso da una parete rocciosa fuori dalla sede autostradale, l'autostrada è passiva, ma è attiva rispetto ad un pendio in movimento a cui la sede autostradale ha tagliato il piede, accentuandone la instabilità.

La prevenzione, come parte della manutenzione, per simili problemi è diversa nei due casi, infatti:

Caso passivo = la prevenzione non può eliminare la causa di instabilità perché completamente al di fuori dei limiti e competenze autostradali

Caso attivo = la prevenzione tende sostanzialmente ad eliminare la causa di instabilità.

### **La rete autostradale e la franosità del territorio.**

Il territorio italiano è indubbiamente predisposto ai dissesti, sia per la sua natura prevalentemente montuosa, sia per la sua struttura geologica giovane e dinamica, costituita da rocce eterogenee tra le quali sono molto abbondanti quelle argillose, sia per il suo clima con piogge spesso violente e concentrate, sia, infine, per l'intensa e disordinata urbanizzazione e per l'industrializzazione di vaste aree, che ha avuto come conseguenza l'abbandono delle campagne.

In questo territorio, la graduale realizzazione della rete autostradale, che aveva come obiettivo primario il collegamento delle regioni meridionali della Penisola con il Nord e con il resto dell'Europa, ha dovuto superare notevoli difficoltà.

La rete autostradale in esercizio gestita dal Gruppo si estende per 2.964,7 km (pari a circa il 50% dell'intera rete autostradale italiana attraversa 15 regioni, 60 province e 11 grandi aree urbane (**fig.G**).



**Fig. G – Sviluppo della rete autostradale ASPI 2.854,6 km (44% rete autostradale italiana) (ASPI + Società collegate km 2.964,7)**

**La rete attraversa 15 Regioni italiane, 60 Province e 11 grandi centri urbani**

Dal punto di vista geomorfologico e geotecnico, la rete si sviluppa lungo pendici collinari e montuose, costituite da coltri instabili, da rocce argillose facilmente erodibili, oppure segue le valli, talvolta su suoli molto compressibili, o, infine, percorre terreni costieri di recente bonifica, dalle scarse capacità portanti.

In termini numerici, la rete autostradale gestita dal Gruppo, le zone a maggior “suscettibilità geotecnica” della rete si trovano sia lungo le tratte appenniniche della Milano-Napoli, della Napoli-Canosa, della Genova-Serravalle, sia sui tratti dell'autostrada “Adriatica”.

In questo contesto la manutenzione della rete autostradale è stata sempre impostata, anche per quanto attiene alla stabilità del corpo autostradale e dei siti attraversati, in un'ottica di “**prevenzione**”, più che di “riparazione” del degrado. I programmi di monitoraggio geotecnico, avviati gradualmente fin dal decennio 1970-1980 ed oggi in pieno sviluppo, consentono, grazie anche agli affinamenti suggeriti dalle esperienze man mano acquisite, di individuare per quanto possibile le situazioni per le quali è opportuno intervenire al fine di evitare eventuali peggioramenti.



# INDICAZIONI PER IL CONTROLLO DELLA STABILITA' DEL CORPO AUTOSTRADALE

## 1. Cenni sulla definizione di stabilità

La stabilità di un'opera geotecnica (nel nostro caso una struttura, un rilevato, una pendice, la scarpata di una trincea ecc.) dipende dal suo equilibrio con l'ambiente in cui si trova. Essa viene valutata attraverso un confronto tra le azioni agenti su di esso e le resistenze del corpo stesso.

Perché sia verificata la stabilità di un'opera deve essere soddisfatta la condizione

$$E \leq R$$

dove **E**, rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre **R** è il valore della resistenza dell'opera geotecnica. Nel confronto, l'effetto delle azioni e la resistenza sono funzione delle azioni di progetto, dei parametri di progetto e della geometria. La verifica indicata viene effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali definiti rispettivamente per le azioni, per i parametri geotecnici e per le resistenze. I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono definiti dalla normativa nell'ambito di approcci progettuali distinti ed alternativi.

L'equilibrio di un'opera può essere compromesso da due serie di ragioni:

- **incremento delle azioni (sforzi agenti sull'opera);**
- **riduzione delle resistenze** del terreno.

Tra i fattori della prima serie (incremento degli sforzi), ne citiamo alcuni:

- carichi esterni (edifici, riporti di terreno nelle parti più in quota, etc.);
- aumento del peso del terreno (per aumento del contenuto d'acqua);
- rimozione della parte bassa del pendio, per sbancamenti o trincee;
- scavi sotterranei (gallerie che possono causare abbassamenti delle falde);
- erosioni per infiltrazione (collasso di cavità che si formano nel sottosuolo);

- pressioni dell'acqua o del ghiaccio nelle fratture (strati rocciosi);
- fenomeni sismici, esplosioni, vibrazioni.

Tra i fattori (più numerosi) della seconda serie (riduzione delle resistenze) ne citiamo alcuni:

- innalzamento della falda idrica presente. Questa è una delle cause più frequenti dell'instabilità dei versanti: la falda, innalzandosi, può agire negativamente in due modi: lubrificando le discontinuità esistenti tra gli strati di terreno (piani di slittamento) e, soprattutto, diminuendo l'attrito fra gli strati stessi per la "spinta di galleggiamento" che imprime a quelli sovrastanti;
- rigonfiamento delle argille per assorbimento d'acqua;
- aumento della pressione dell'acqua nei pori del terreno (pressioni neutre);
- fessurazioni che si formano per l'alternanza di rigonfiamenti e ritiro delle argille o per decompressione (in caso di scavo di una trincea in un pendio);
- attività sismica, vibrazioni o impercettibili movimenti di versante;
- degrado superficiale del pendio prodotto dagli agenti atmosferici che favorisce l'assorbimento delle acque meteoriche.

Nell'applicazione del metodo osservazionale ad un manufatto, versante od opera in generale che denuncia tendenze alla instabilità, è molto importante stabilire a quale delle due serie succitate appartiene la causa agente.

L'intervento di ripristino potrà essere progettato in maniera ottimale agendo sulla causa, quando questa fosse nota.

In caso contrario il ripristino, in generale, sarà più complesso, perché per soddisfare la stabilità dell'opera si dovrà agire su entrambi gli aspetti.

Alcune esemplificazioni:

Supponiamo di progettare un muro di sostegno e di considerare la sua sicurezza al ribaltamento. In questo caso, il confronto tra le azioni e le resistenze potrà essere espresso come confronto tra il momento che tende a mantenere fermo il muro (stabilizzante) - dovuto al suo stesso peso ed a quello del terreno che grava sulla fondazione - e quello che tende a farlo ruotare (destabilizzante) - dovuto alla spinta del terreno a tergo.

Se il confronto è soddisfatto, il nostro muro non si dovrebbe ribaltare; però se alcune ipotesi di calcolo non risultassero corrette (per es. l'ottimale funzionamento del drenaggio a tergo) si potrebbero avere ugualmente dei dissesti. I coefficienti parziali previsti dalla normativa, "recuperano" piccole sottovalutazioni o imprevisti, garantendo una corretta progettazione o la sicurezza di un'opera esistente.

Conoscendo la causa, nell'esempio il mal funzionamento del dreno, basterà sbloccare il dreno per ridare stabilità all'opera.

Non conoscendo la causa, si potrebbe decidere di aumentare le forze stabilizzanti agenti sul muro per esempio con tiranti, che contrasteranno la spinta dell'opera a tergo del muro, incrementata però dalla spinta dell'acqua. Quindi un intervento di ripristino ben più oneroso del precedente.

### **1.1. Stabilità di un rilevato autostradale, dissesti tipici e loro evidenze.**

La stabilità di un rilevato deve essere valutata sia per quanto riguarda il solo corpo del rilevato che per l'intero sistema rilevato - piano di posa. I Capitolati Speciali d'Appalto adottati da Autostrade per l'Italia (ASPI) sono sempre stati un valido manuale per l'esecuzione a regola d'arte dei rilevati. I materiali da usare e le modalità della loro posa in opera sono tali da assicurare la piena stabilità delle opere in terra. In alcuni casi la circolazione idrica all'interno del rilevato è cambiata: chi si occupa di manutenzione si trova così a dover intervenire spesso sul corpo del rilevato per eliminare una serie di problemi.

I dissesti più frequentemente riscontrati nei rilevati della nostra rete sono:

- Instabilità locale delle banchine;
- Instabilità del solo corpo del rilevato con scoscendimenti laterali (instabilità laterale); Instabilità del corpo del rilevato con coinvolgimento del piano di posa (instabilità profonda);
- Cedimenti del rilevato e/o del suo piano di posa (uniformi o differenziali).

Questi dissesti possono essere dovuti a due cause che possono o non possono avere origine nei materiali costituenti il rilevato, ovvero il rilevato ha un ruolo passivo o attivo nel fenomeno di instabilità che si osserva.

Più specificamente:

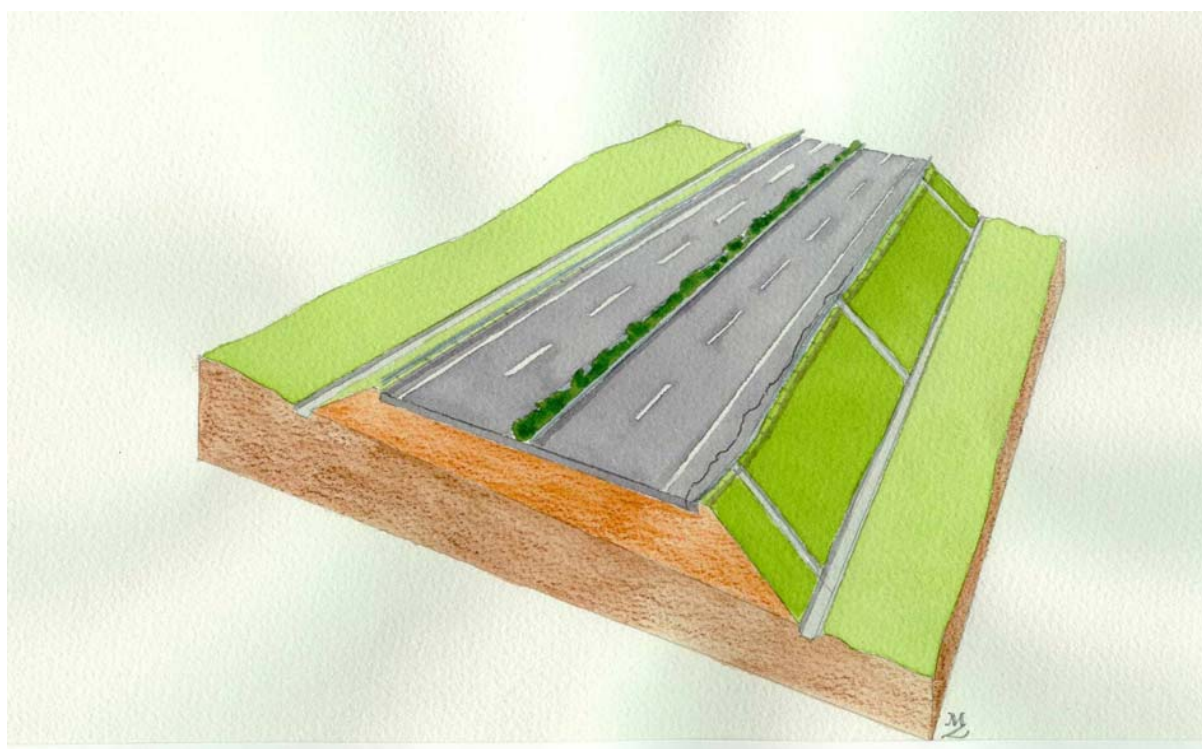
- passivo: il rilevato subisce l'azione di forze esterne, quali innalzamento della falda, carichi applicati, acqua non canalizzata dalla sede stradale;
- attivo: i materiali costituenti il rilevato ovvero anticapillare in fondazione, dreno sotto la pavimentazione e banchine, sottofondo stradale sono causa del dissesto, perché interagiscono con l'ambiente, falda, atmosfera e pioggia, in modo da creare instabilità, attraverso il meccanismo di rilascio o assorbimento di acqua in quantità incompatibile con la stabilità delle sovrastrutture stradali e del rilevato medesimo.

Il riconoscimento di quali dei due meccanismi è agente è fondamentale nello stabilire le azioni di rimedio da intraprendere.

#### **1.1.1. Instabilità locale delle banchine (fig. 1, foto 1-3).**

E' una forma di instabilità abbastanza diffusa nei rilevati della nostra rete ed è dovuta, il più delle volte, ad un costipamento non adeguato nelle parti laterali del rilevato. Si tratta di cedimenti, di solito modesti, del piano della corsia di emergenza.

Questa è la causa passiva in quanto il cedimento differenziale che provoca la lesione è causato dal carico del traffico che transita sulla corsia di emergenza.



**Fig. 1 – Instabilità locale delle banchine** (fessurazioni longitudinali che interessano in genere la sola corsia di emergenza).



**Foto 1 e 2: es. di instabilità banchine**



**Foto 3: es. d'instabilità banchine**



E' molto frequente anche una causa attiva, dovuta a cattivo funzionamento del dreno sotto la pavimentazione e/o imbibizione/disseccamento del terreno sotto la banchina attraverso il ciglio del rilevato.

Nel primo caso l'acqua di drenaggio si accumula temporaneamente sotto la banchina.

Nel secondo caso l'acqua di pioggia bagna e satura il ciglio del rilevato che smotta, su una altezza di poche decine di centimetri, producendo la fessura.

Ma l'acqua viene anche risucchiata per capillarità dal terreno del rilevato sotto la banchina durante la pioggia.

Successivamente l'acqua viene rilasciata all'esterno verso l'atmosfera dall'irraggiamento solare.

Questo alternarsi di imbibimento/essiccamento produce rigonfiamento e contrazione del terreno sotto la banchina. Se il terreno non è idoneo si possono produrre le fessure di cui alla Fig.1.

**Evidenze:** Fessurazioni longitudinali, più o meno aperte, che interessano la corsia di emergenza. Tali fessurazioni possono estendersi anche per centinaia di metri.

Piccoli rigonfiamenti nella parte superiore della scarpata del rilevato vicino al ciglio, accompagnati da dissesti diffusi e qualche fessura.

**Interventi di ripristino:** Al fine di preservare i tratti in rilevato da ulteriori ammaloramenti, particolare attenzione dovrà essere rivolta a modesti interventi di manutenzione ordinaria, quali ad esempio:

- sigillature con bitume, nel caso di modeste (apertura di circa 1cm) lesioni longitudinali che interessano solo gli strati di conglomerato bituminoso senza cedimenti o alterazione della banchina;
- interventi per il corretto smaltimento delle acque di piattaforma;
- mantenimento di adeguato inerbimento delle scarpate. Nei casi in cui le lesioni siano particolarmente evidenti (con abbassamenti della banchina) si potrà ricorrere ad interventi di risanamento della corsia di emergenza.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare le anomalie riscontrate (cedimento banchina). Si suggerisce inoltre di verificare l'esistenza e/o funzionalità degli "arginelli" (in conglomerato bituminoso) al bordo della pavimentazione e i relativi inviti in corrispondenza degli embrici.



### **1.1.2. Instabilità del solo corpo del rilevato con scoscendimenti laterali (instabilità laterale - fig. 2, foto 4-6).**

E' una forma di instabilità che coinvolge il solo corpo del rilevato, al cui interno si origina e si può sviluppare una superficie di scorrimento. Generalmente è dovuta alla scarsa qualità del materiale impiegato nella costruzione del rilevato e/o ad una posa in opera e costipamento non adeguati o all'inefficienza degli scarichi idrici nello spartitraffico nei tratti in curva. E' frequente nelle sezioni a mezza costa e nei rilevati costruiti su pendici ripide, in riferimento alla gradonatura esistente e/o alla bonifica del piano di posa con materiale anticapillare (drenante) che può rendere più difficoltosa la risalita della falda idrica all'interno del rilevato stesso.

La pressione dell'acqua drenata si accumula nel dreno destabilizzando il piede del rilevato.

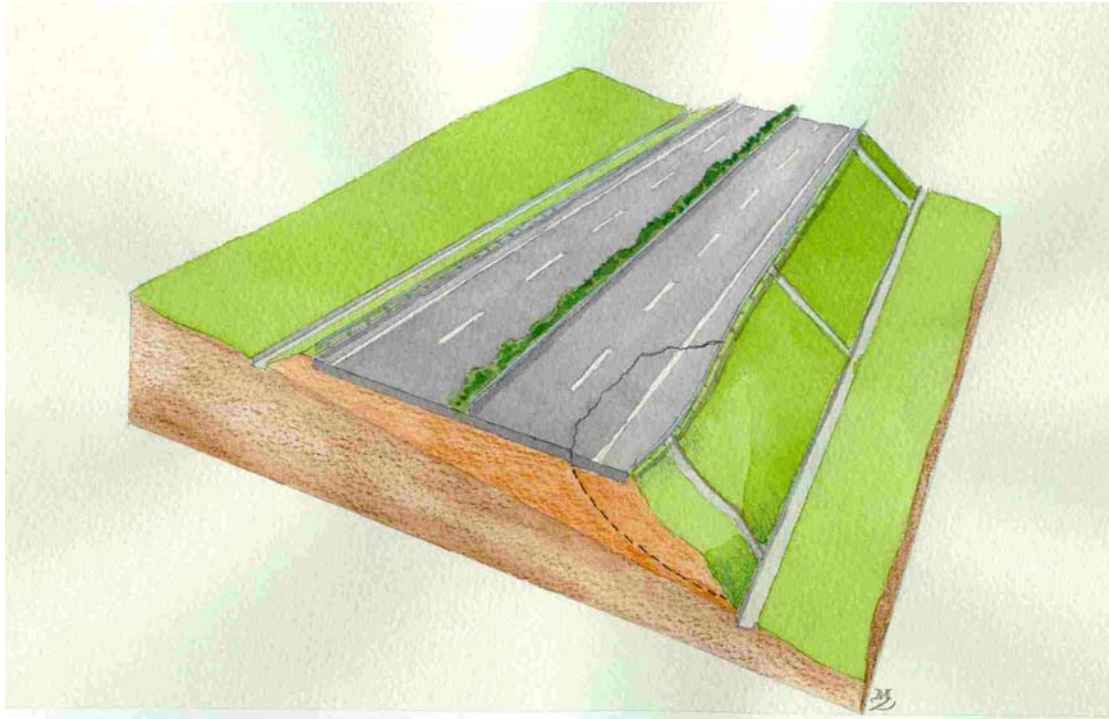
Può essere anche causato da una eccessiva risalita capillare nel corpo del rilevato per mancanza o cattivo funzionamento dello strato di bonifico anticapillare in fondazione, che ne favorisce il rammollimento del piede.

Nel primo caso è dovuto ad una causa passiva, nel secondo ad una causa attiva. In ambedue i casi si manifesta con un cedimento differenziale sulla pavimentazione con tendenza al rigonfiamento del piede del rilevato.

**Evidenze:** lesioni ad arco nella pavimentazione ("lunate") che, di solito, interessano la corsia di marcia della carreggiata di valle (raramente la corsia di sorpasso). Abbassamento del piano viabile all'interno della figura delimitata dalla "lunata" (gradino). Rigonfiamento nella parte bassa del rilevato solo quando si è verificato un notevole gradino. Sicurvia e canalette deformati.

**Interventi di ripristino:** Valgono le raccomandazioni riportate al precedente punto 1.1.1, sempre necessarie al fine di preservare il rilevato autostradale da ulteriori ammaloramenti.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare le anomalie riscontrate e, se la stessa si evolve sensibilmente, attivare specifica campagna indagini geognostiche e installazione di strumentazione di monitoraggio (inclinometri e piezometri) al fine di identificare eventuale superficie di scorrimento e nel caso pianificare l'intervento di sistemazione.



**Fig. 2 – Instabilità del solo corpo del rilevato, con scoscendimenti laterali** (lesioni ad arco sulla sede viabile del lato di valle del rilevato; possibile rigonfiamento della parte bassa del rilevato, quando si è verificato un notevole gradino).



**Foto 4: es. di anomalie che tipiche d'instabilità del corpo del rilevato con lesioni ad "arco" che si manifestano su tutta la carreggiata, dall'emergenza alla marcia.**



**Foto 5: es. di instabilità del corpo del rilevato con lesioni ed evidenti cedimenti in corsia di emergenza e rigonfiamenti al piede della scarpata del rilevato.**



**Foto 6: es. d'instabilità del corpo del rilevato - i lavori di fresatura hanno confermato la rottura del corpo del rilevato già evidenziato con lesioni sulla pavimentazione**

### **1.1.3. Instabilità del corpo del rilevato con coinvolgimento del piano di posa (instabilità profonda - fig. 3a, b e foto 7-10).**

E' una forma di instabilità che si sviluppa sia all'interno del corpo del rilevato sia nel terreno sottostante, su cui il rilevato poggia. La superficie di scorrimento è di solito piuttosto profonda (>10 m) e può chiudersi, a valle, anche lontano dal rilevato. Di solito è dovuta al peso del rilevato che, poggiato su di un terreno non adatto (o già soggetto in passato a movimenti franosi e quindi poco stabile), dà origine (o riattiva) ad un movimento verso valle del materiale del rilevato e del terreno in posto.

La quota della falda, quando è superficiale, aggrava questi fenomeni. Quando il terreno è asciutto infatti, il sistema è in equilibrio, ma quando la falda s'innalza, innesca il movimento della frana.

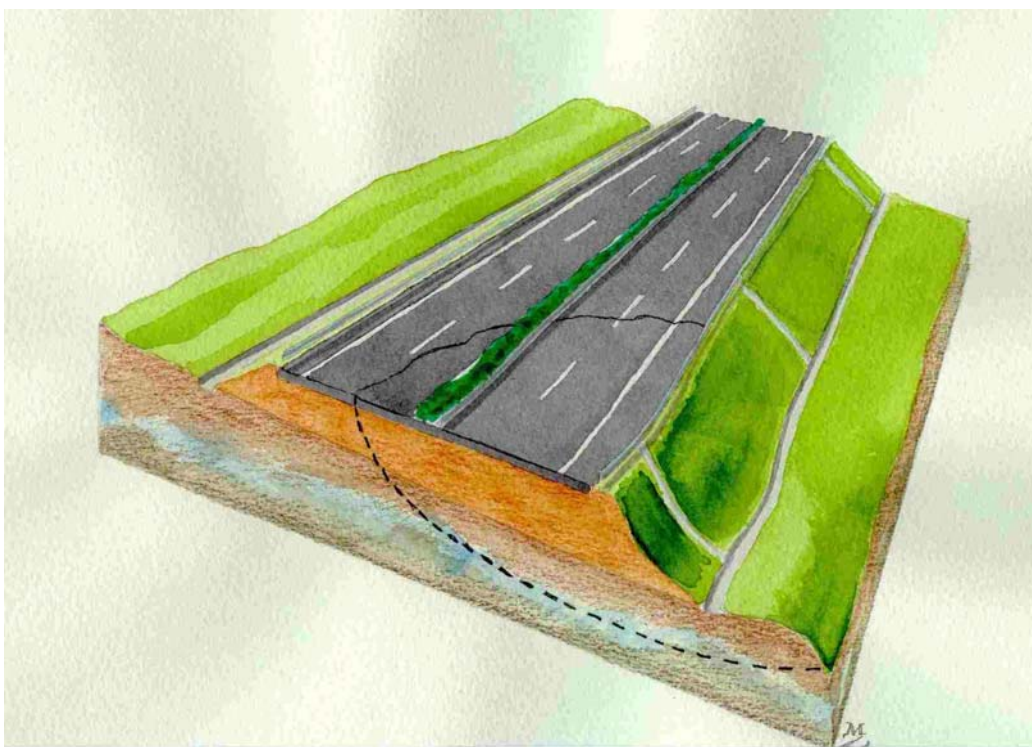
E' il caso in cui l'autostrada ha influenza su una frana o su un pendio al limite della stabilità. Il rilevato può anche contribuire ad innalzare il livello di falda accumulando acqua a monte che, infiltrandosi nel terreno, aumenta temporaneamente il livello della falda.

**Evidenze:** Lesioni della pavimentazione disposte a "lunata" (ad "arco") che individuano un ampio volume di terreno interno che è soggetto ad abbassamenti. Le lesioni possono spingersi alla carreggiata di monte ed anche oltre, nel qual caso il corpo autostradale risulterà tagliato da due lesioni grosso modo parallele. Svuotamenti nella parte alta del corpo di frana, rigonfiamenti a valle. Sicurvia e canalette deformati.

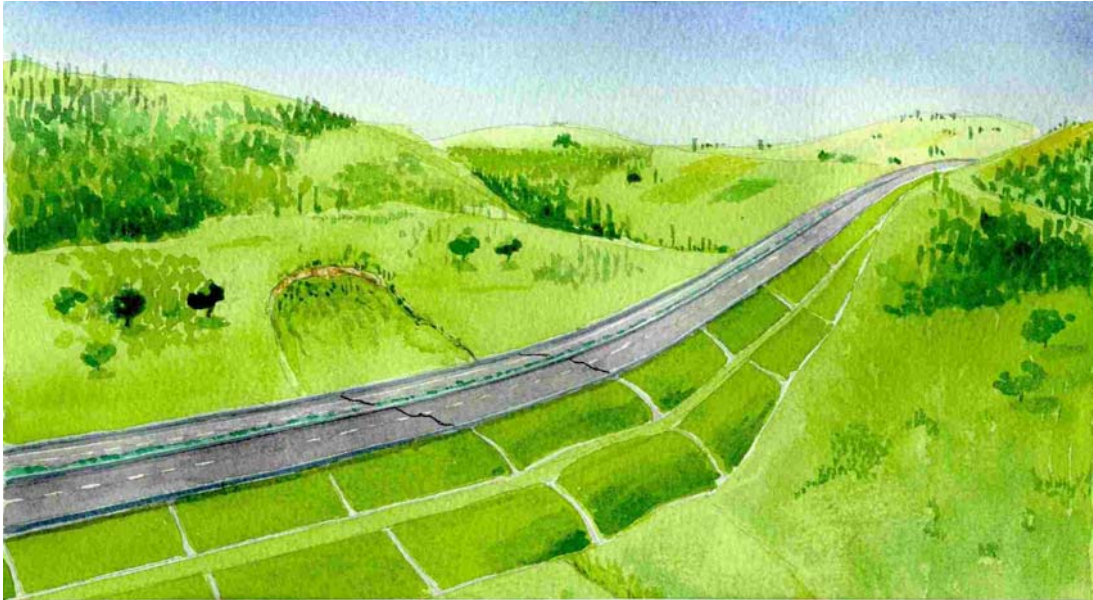
Possibili zone umide a monte tra il rilevato ed il pendio, eventuale ristagno di acqua.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare le anomalie riscontrate anche attraverso l'attivazione di specifica campagna indagini geognostiche e installazione di strumentazione di monitoraggio (inclinometri e piezometri) al fine di identificare l'eventuale superficie di scorrimento, generalmente profonda. In tal caso potrebbe risultare opportuno anche pianificare l'intervento di sistemazione avviando la fase progettuale.





**Fig. 3a – Instabilità del corpo del rilevato coinvolgente il piano di posa (frana rotazionale).** Nel caso illustrato le lesioni, sempre disposte ad arco (“lunate”), individuano un ampio volume interno che è soggetto a notevoli abbassamenti.



**Fig. 3b – Instabilità del corpo del rilevato coinvolgente il piano di posa (frana rotazionale).** In questo secondo caso illustrato, le lesioni si spingono alla carreggiata di monte ed oltre, poiché la parte sommitale del movimento franoso è ubicata sulla pendice a monte. Le lesioni sulla sede viabile sono decisamente trasversali all'asse dell'autostrada e quasi parallele fra loro.



**Foto 7: es.**

**di instabilità del corpo del rilevato con coinvolgimento del piano di posa; in questo primo es. le lesioni ad “arco” e cedimenti evidenziatesi sulla pavimentazione della carreggiata S, si spingono fino alla carreggiata N**



**Foto 8: es. di instabilità del corpo del rilevato con coinvolgimento del piano di posa; in questo caso la lesione è trasversale all’asse autostradale e coinvolge la pavimentazione e il muretto in pietrame in dx.**





**Foto 9 - 10: es. di instabilità del corpo del rilevato con coinvolgimento del piano di posa; in questo caso le deformazioni sulla pavimentazione della carr. Ovest (lato di valle), si spingono fino alla carreggiata di monte (carr.E), come evidenzia la rottura del rilevato.**

#### **1.1.4. Cedimenti del rilevato (uniformi o differenziali - fig. 4a, b e foto 11-12).**

Sono dovuti alla compressibilità dei terreni di fondazione ed agli assestamenti del corpo del rilevato sotto il proprio peso.

I cedimenti del primo tipo possono essere particolarmente rilevanti nei tratti autostradali di recente costruzione, ivi comprese le terze corsie.

Gli assestamenti del solo corpo del rilevato sono spesso dovuti ad infiltrazioni d'acqua nel rilevato stesso ed alla mancanza interventi di bonifica del piano di posa, per un duplice effetto:

- dilavamento della frazione fine che costituisce il legante naturale degli strati da parte di acqua percolante o dall'escursione della falda presente: comporta, con il tempo, il formarsi di vuoti fra gli elementi più grossi e la possibilità di assestamenti;
- assorbimento dell'acqua da parte dei materiali plastici presenti in quantità eccessiva: comportano ciclici aumenti e contrazioni di volume che generano nella sovrastruttura lesioni che tendono ad aggravare i problemi.

C'è anche da considerare la infiltrazione di acqua per risalita capillare (dal basso).

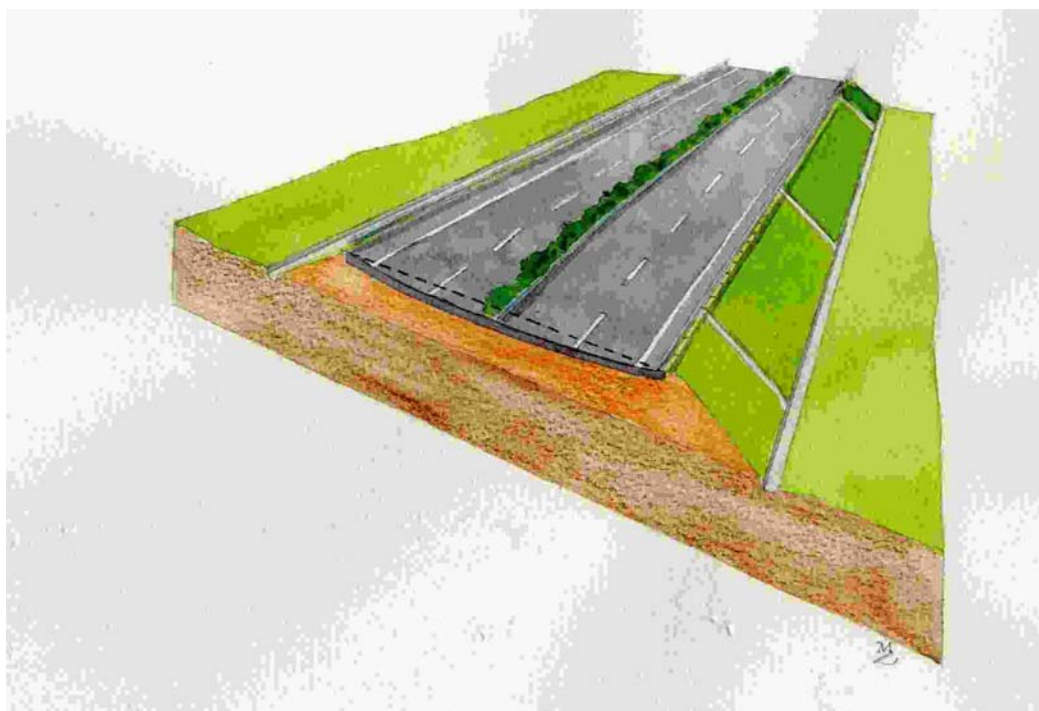
Se il rilevato attraversa una zona pianeggiante con falda freatica vicino al piano campagna e lo strato di bonifico anticapillare viene anche temporaneamente sommerso dalla falda, ne consegue che esso non può esplicare la sua funzione e nel corpo del rilevato si produce una eccessiva risalita capillare, che può anche raggiungere la pavimentazione, se il rilevato è basso.

**Evidenze:** Lesioni diffuse con evidente abbassamento della pavimentazione. Sicurvia e canalette deformati. Vanno controllati lo smaltimento delle acque superficiali, il funzionamento dei drenaggi e l'integrità delle condotte drenanti eventualmente presenti nel corpo del rilevato (tratti in curva).

Va controllata la quota di posa dell'anticapillare in fondazione e quella della falda freatica, verificando che l'anticapillare non venga sommerso dalla falda e che abbia sfogo verso l'atmosfera per poter svolgere il compito affidatogli di tagliare qualsiasi risalita di acqua dal terreno di fondazione verso il rilevato.

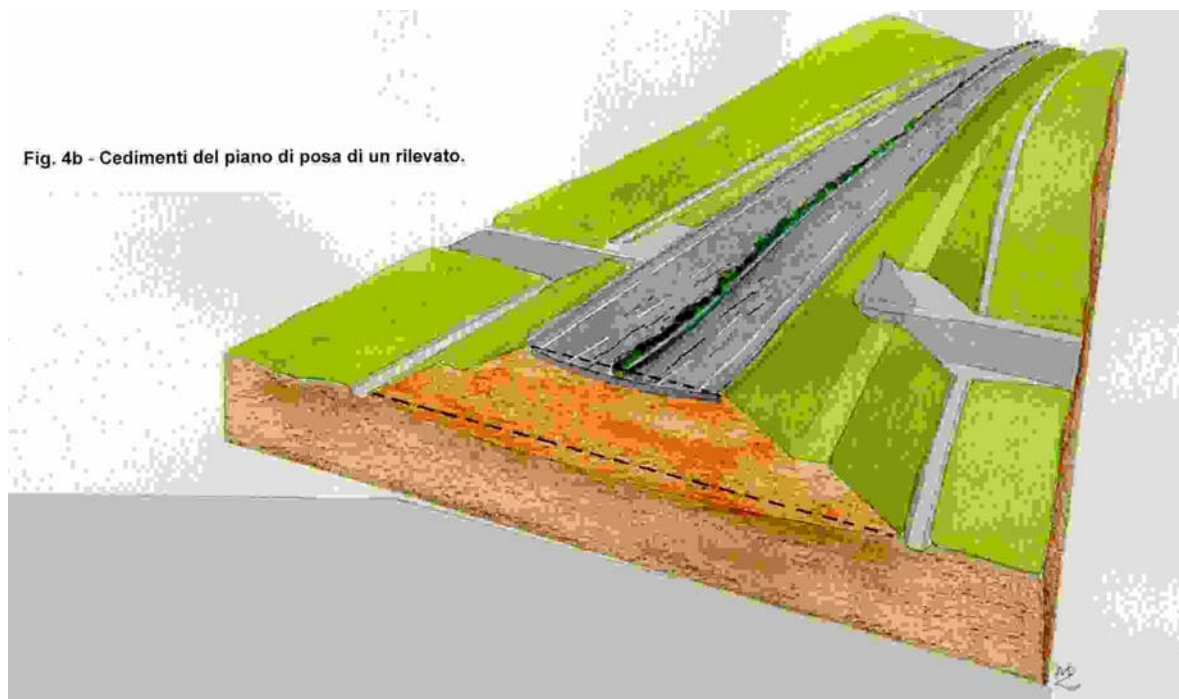
**Nota:** Si ritiene opportuno monitorare le anomalie riscontrate al fine di valutare nel tempo eventuali evoluzioni negative.

**Fig. 4a – Cedimenti del corpo di un rilevato.**



L'illustrazione vuol esemplificare l'assestamento del solo corpo del rilevato, non combinato con cedimenti del piano di posa. Le lesioni e gli abbassamenti che si possono verificare sulla pavimentazione sono molto vari ed avvengono per molteplici motivi, ed in particolare per lo scarso compattamento degli strati (più frequente, all'atto della costruzione, nelle zone di estremità, dove manca il contenimento laterale).

**Fig. 4b – Cedimenti del piano di posa di un rilevato.**



In questo secondo caso si è voluto evidenziare il cedimento del piano su cui poggia il rilevato stesso. Si verificano anche qui assestamenti differenziati, generalmente più evidenti al centro (dove i carichi unitari sono maggiori rispetto a quelli in corrispondenza delle scarpate) e presso i manufatti sottopassanti, come tombini e sottovia scatolari (che tendono a “galleggiare” sul piano di posa). In caso di opere “sotto rilevato”, anche queste possono subire assestamenti, più marcati in asse autostrada, dove in genere sono interrotte da un giunto. Dissesti di questo tipo sono frequenti in zone paludose bonificate, come la Val di Chiana (A1 – km 427) la Maremma laziale (A12 – km 0-3 – Fiumicino) o la piana del Biferno, (A14 km 477-478).





**Foto 11 e 12: es. di cedimenti del rilevato**

#### **1.1.5. Instabilità delle scarpate del rilevato e rotture diffuse nella pavimentazione (fig.4c e foto 13-14).**

Sono dovute alla pioggia, alla neve ed al gelo, che agiscono sulle scarpate di un rilevato e su una pavimentazione (vedi figura 4c) localmente ammalorata.

Si verificano quando il terreno del rilevato è inadeguato a contrastarne gli effetti.

Durante una prolungata pioggia l'acqua che si infiltra nella scarpata crea sottopressioni idrauliche diffuse, che fanno smottare, per rammollimento, i primi 10÷30 cm di terreno della scarpata. Si verificano tante rotture localizzate e poi il materiale smosso viene dilavato.

Durante una nevicata la scarpata coperta di neve richiama per capillarità acqua dal corpo del rilevato. Lo strato superficiale può imbibirsi a tal punto che al disgelo produce colate diffuse con nicchie di distacco di 10÷30 cm.

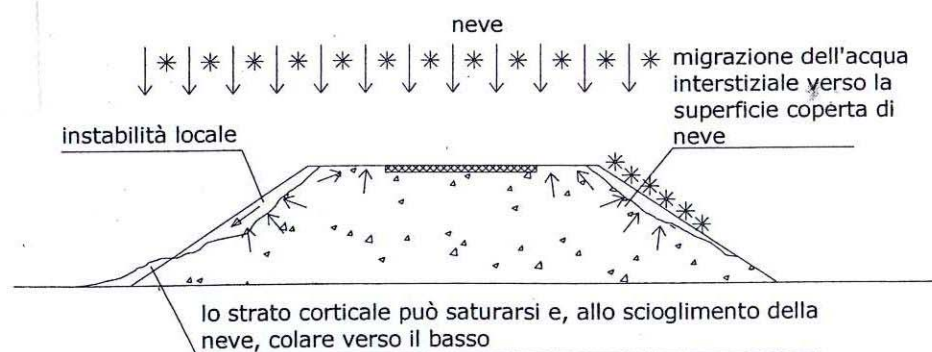
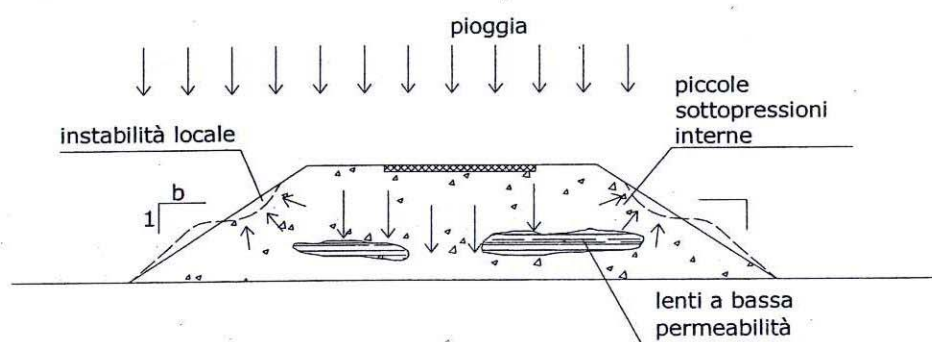
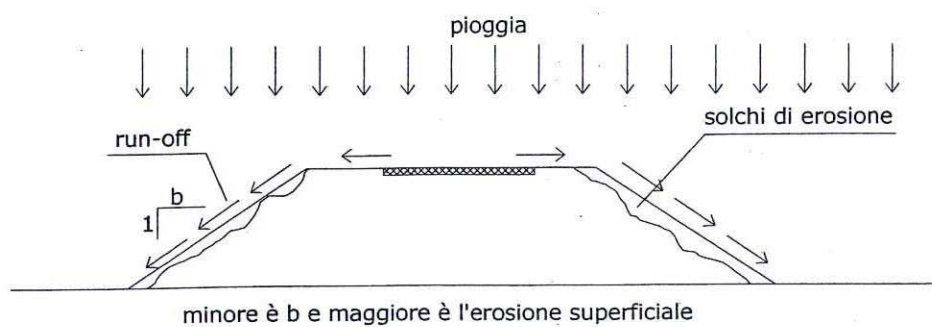
Il gelo sulla pavimentazione penetra in profondità e se la base della pavimentazione non è ben drenata gela l'acqua in essa contenuta, provocando un aumento di volume, che produce la fessurazione della pavimentazione. Al disgelo la zona diventa "molle" e sotto il carico stradale può ancora deformarsi.

Sono causa di queste instabilità l'inadeguatezza del terreno formante il corpo e le scarpate del rilevato a resistere alle sottopressioni, del drenaggio sotto la pavimentazione, che non si libera completamente dalle acque raccolte sulla pavimentazione medesima, il bonifico alla base del rilevato che non interrompe la risalita capillare in modo sufficiente.

**Evidenze:** superficie del rilevato segnata da numerosi solchi poco profondi, materiale rimosso accumulato lungo le scarpate e ai piedi delle medesime.

Lesioni concentrate a zone nella pavimentazione, con tendenza nell'area lesionata o al sollevamento o al cedimento.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare le anomalie riscontrate al fine di valutare nel tempo eventuali ulteriori peggioramenti. Pianificare interventi di ripristino delle scarpate ed attivare la fase progettuale.



**Fig. 4c – Instabilità delle scarpate del rilevato e rotture diffuse nella pavimentazione.**





**Foto 13 - 14: es. fenomeni d'instabilità che coinvolgono le scarpate dei rilevati; nella prima il fenomeno di dissesto è minimo, mentre la seconda evidenzia l'erosione della scarpata di un rilevato con asportazione di parte della corsia di emergenza per localizzata concentrazione delle acque di pioggia sulla pavimentazione**



## **1.2. Stabilità di una trincea o di uno scavo, dissesti tipici e loro evidenze.**

I principali ammaloramenti riscontrati nelle trincee della rete autostradale di ASPI sono:

- Erosioni superficiali e colate di fango;
- Frane rotazionali profonde
- Crolli e distacchi di materiale in presenza di rocce fratturate.

### **1.2.1 Erosioni superficiali e colate di fango (fig. 5 e foto 15-17).**

Sono forme di dissesto che evolvono molto rapidamente. Sono originate dal ruscellamento delle acque meteoriche lungo trincee scavate in rocce tenere, soggette ad erosione, o nelle argille, soggette a colate (con il termine “colata” si intende uno smottamento di terreno fangoso). Fenomeni erosivi significativi si sono verificati, ad esempio nelle trincee in materiale tufaceo dell'A1 (5° e 6° Tronco) mentre le colate sono tipiche della tratta appenninica dell'A16.

Fessure presenti lungo il ciglio della trincea o nelle sue immediate vicinanze possono favorire notevolmente la diffusione dell'acqua di pioggia in profondità, che poi emergendo lungo il pendio della trincea da luogo alla instabilità.

Anche il locale innalzamento della falda freatica fino ad interessare la trincea può produrre queste instabilità.

Pertanto è opportuna in tale situazione una costante sorveglianza, soprattutto durante e dopo temporali e violenti scrosci d'acqua.

L'erosione superficiale delle scarpate ad opera degli agenti atmosferici (vento, precipitazioni, cicli di gelo-disgelo, etc.) è tanto più dannosa ed insidiosa, quanto più acclive (pendenza) ed estesa (altezza) è la loro superficie e quanto meno consistenti sono i materiali che la costituiscono.

Inoltre l'azione di dilavamento/erosione della scarpata può essere conseguenza della limitata efficienza dei fossi di guardia presenti in sommità della trincea. Non va pertanto trascurato di esaminare la funzionalità di questi elementi da rapportare all'estensione del pendio naturale presente a monte.

**Evidenze:** Limitate alle sole trincee a rischio (trincee in materiale tufaceo o in rocce molto fratturate con evidenza di pedogenizzazione, cioè di trasformazione della roccia in terreno, trincee in materiale argilloso, ecc). Presenza in trincea di materiale trascinabile in strada.



**Fig. 5: Erosioni superficiali e colate di fango**

L'illustrazione vuole esemplificare lo scoscendimento del materiale superficiale di una scarpata in materiale argilloso



**Foto 15: es. di erosione sulla trincea**





**Foto 16 – 17: es. di erosione su trincea**

Segnali di fenomeni avvenuti negli anni precedenti. Fossi di guardia ostruiti, permeabili o con segni di dilavamento a valle per sezione ridotta rispetto alla superficie drenata.

Fessure presenti lungo il ciglio della trincea provocate da essiccamento del terreno o da fenomeni di trazione che si instaurano nella trincea medesima.

Impianti di irrigazioni nelle vicinanze della trincea, che possono produrre un locale innalzamento della falda freatica a tergo della trincea.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare nel tempo le anomalie riscontrate facendo attenzione in particolare anche alla condizione dei fossi di guardia come sopra descritto.

### **1.2.2. Frane rotazionali profonde (fig. 6 e foto 18).**

Possono interessare la sola trincea come anche il pendio a monte. Sono fenomeni molto complessi che possono coinvolgere trincee che sono state stabili per decenni ed evolversi, fino al completo collasso, nel giro di poche ore. E' raccomandata pertanto una sorveglianza assidua delle trincee maggiori, con particolare attenzione a quelle in materiali argillosi (affioranti e no).

**Evidenze:** deformazioni nelle strutture al piede della trincea (muri, cunette, etc.) con evidenti rigonfiamenti. Nei fenomeni lenti, questi processi deformativi si sviluppano nel tempo (giorni, mesi, anni) con periodi di quiescenza. Nei fenomeni rapidi, il processo è continuamente evolutivo ed il collasso può essere raggiunto in tempi brevi (ore).

Fenomeni di distacco a monte, dietro il ciglio della trincea o anche più a monte, con una tendenza all'avvallamento.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare nel tempo le anomalie riscontrate anche attraverso l'attivazione di specifica campagna indagini geognostiche e installazione di strumentazione di monitoraggio (inclinometri e piezometri) al fine di identificare l'eventuale superficie di scorrimento, generalmente profonda. In tal caso potrebbe risultare opportuno anche pianificare l'intervento di sistemazione e dare avvio alla fase progettuale.





**Fig. 6 – Frane rotazionali profonde.**

L'illustrazione esemplifica il verificarsi di un movimento franoso di questo tipo in una trincea. Nelle figure 3a e 3b, invece, sono stati illustrati gli effetti di frane rotazionali in corrispondenza di un rilevato e di un tratto "a mezza costa".



**Foto 18: es. di frana rotazionale profonda che coinvolge la carreggiata e il pendio a monte; nonostante il versante a monte della carr. E sia coltivato, si notano delle fratture e contropendenze.**

### **1.2.3. Distacchi di materiale in presenza di rocce fratturate (fig. 7 e foto 19-20).**

Le trincee in roccia o le pendici rocciose incombenti sulla carreggiata sono i siti maggiormente da monitorare in quanto, eventuali distacchi, avvengono con estrema rapidità e senza segnali premonitori. La caduta di una sola, semplice pietra sulla sede viabile può coinvolgere il transito dei veicoli: questo fatto impone scrupolosissime ispezioni nelle zone rocciose e/o con massi isolati.

**Evidenze:** Le pendici rocciose molto fratturate e/o con blocchi in precario equilibrio e quelle in materiale terroso con blocchi o strati rocciosi affioranti sono soggette a questa forma di dissesto. La presenza di vegetazione arborea o l'alternanza di fenomeni di gelo e disgelo può costituire, in questi casi, un aspetto negativo: oltre ad ostacolare l'ispezione visiva per individuare eventuali distacchi in corso, in certe situazioni la propagazione delle radici può favorire il distacco di blocchi in corrispondenza dei giunti e determinarne la caduta su strada. Inoltre, l'azione del clima, può aggravare ed accelerare i fenomeni.

Nota: Si ritiene opportuno monitorare assiduamente le pendici rocciose al fine di identificare eventuali blocchi di materiale in equilibrio precario in particolare in occasione di eventi meteo intensi; se presenti reti di protezione, effettuare interventi di svuotamento del materiale franato accumulato. In taluni casi potrebbe risultare opportuno anche pianificare l'intervento di presidio superficiale e avviare la fase progettuale.





**Fig. 7 – Crolli e distacchi di materiale in presenza di rocce fratturate.**

L'illustrazione esemplifica (a parte la non corrispondenza del paesaggio) fenomeni abbastanza frequenti sull'A23 tra Carnia e Tarvisio, dove le carreggiate autostradali incidono conoidi di detriti formatesi nel tempo dello sfaldamento di rupi rocciose sovrastanti la sede viabile.



**Foto 19: es. di frana di crollo a monte della carreggiata autostradale**



**Foto 20: esempio di frana di crollo**

### **1.3. Dissesti tipici di strutture a sostegno del terreno (fig. 8 e foto 21-24).**

Le strutture di sostegno possono essere superficiali o profonde. Al primo gruppo appartengono i muri propriamente detti (di “controripa” quando sostengono il piede di una scarpata in trincea, di “sottoscarpa” quando contengono il piede di un rilevato), al secondo quelle che si attestano in profondità nel terreno (paratie, diaframmi a volte intirantati).

Un muro di contenimento, è visivamente stabile quando non dà segni di ribaltamento, di scorrimento verso l'esterno o di cedimenti del piano di posa.

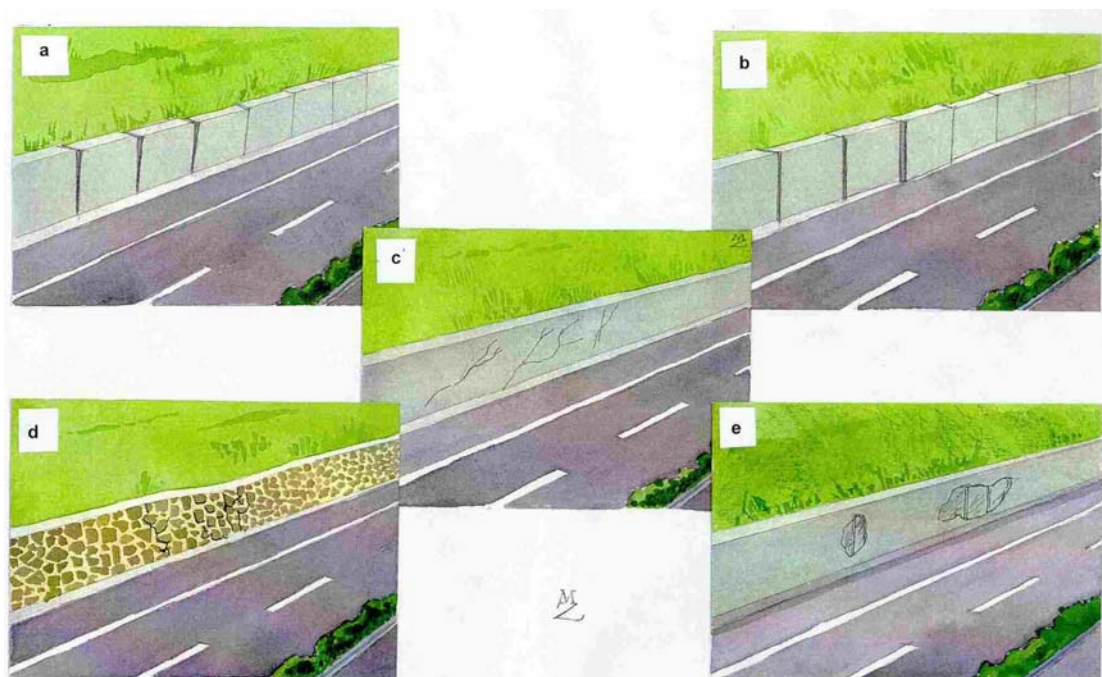
Le opere a sostegno del terreno sono dimensionate per resistere alle spinte di quest'ultimo e dei carichi su di esso gravanti, che sono variabili nel tempo. Non è detto quindi che, se il terreno di monte si rilascia, sollecitando maggiormente la struttura di sostegno, questa collassi. Un muro a gravità può resistere anche a nuove maggiori spinte senza accusare danni, e una paratia, pur fortemente sollecitata, può deformarsi leggermente, ma continuare a funzionare.

Le strutture possono essere soggette a forze transitorie di notevole intensità non previste causate dalla pioggia che crea una temporanea falda con notevole spinta idraulica sul muro.

Se le strutture non reggono a queste spinte applicate si deformano e, a tergo di esse, si crea un leggero abbassamento del terreno che indica la mobilitazione del cuneo di spinta.

Una iniziale deformazione della struttura (che non ne genera il crollo/collasso) può essere sufficiente a determinare una nuova condizione di equilibrio mediante riduzione delle pressioni esercitate dal cuneo di spinta attiva ed un eventuale incremento delle resistenze offerte dal cuneo di resistenza passiva (teoria dell'equilibrio limite). Il muro, infatti, può essere soggetto a spinta maggiore dell'attiva prevista. Inoltre, un piccolo movimento può aiutare a dissipare una parte della pressione neutra accumulata che non si rigenera in mancanza di pioggia. Questo, ovviamente, è valido per i terreni coesivi. Successivi eventi meteorici

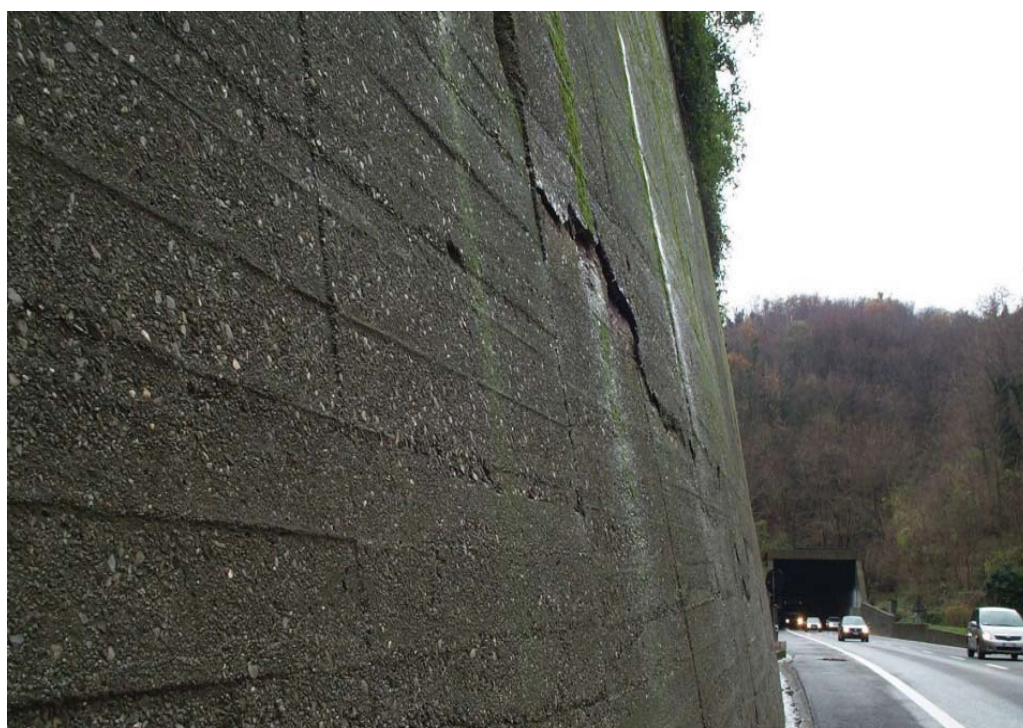




**Fig. 8 – Dissesti tipici di strutture di sostegno del terreno.**

L'illustrazione esemplifica dissesti tipici nei muri di controripa di una trincea. In un muro in calcestruzzo a conci separati da giunti, in caso di rotazione (a) o di traslazione (b); in un muro in calcestruzzo non dotato di giunti (c) in un muro in pietrame (d) ed in caso di ammaloramento dei paramenti esterni (e).

**Foto 21 - 22: es. di muri ammalorati**







**Foto 23: muro su cui sono visibili dislocazioni e rotazioni in corrispondenza dei giunti**



**Foto 24 : esempio di dissesto della struttura di un muro della tipologia “terra armata”**



potranno generare ulteriori aumenti di spinta esercitate sulla struttura con conseguenti nuovi spostamenti fino al possibile collasso della struttura stessa.

Bisogna quindi essere in grado di distinguere quei segnali che indicano l'inizio di una rottura, da quelli che ci dicono che la struttura, pur deformandosi, sta facendo per intero il suo dovere. Purtroppo, questo non è molto facile. L'entità delle anomalie in rapporto alle caratteristiche del manufatto e l'esperienza hanno, comunque, un ruolo molto importante. Grosse deformazioni (maggiori di 3-4 cm) costituiscono sempre e comunque un fatto da segnalare.

**Evidenze di dissesto nei muri:** I segnali di dissesti nei muri lungo la nostra rete sono di vario tipo. Sono di seguito riportati i più frequenti; le possibili spiegazioni (tra parentesi) devono essere intese come indicative.

Spostamenti relativi tra i conci di un muro in corrispondenza dei giunti (instabilità globale del concio), lesioni trasversali (cedimenti della fondazione), inclinazione verso l'esterno della sola parte in elevazione (collegamento, "incastro" insufficiente con la fondazione), lesioni longitudinali (varie possibili interpretazioni), ammaloramenti del calcestruzzo con espulsione del copriferro e corrosione delle armature (degrado conservativo correlabile a possibile instabilità se diffuso e profondo).

Sistema di drenaggio (dreni microfessurati e/o "barbacani") occluso ed inefficiente, avvallamento del terreno a tergo e fenditure. Ristagni di acqua a monte che testimoniano impreviste condizioni di spinta idraulica, prodotte anche da cause antropiche.

**Evidenze di dissesto nelle opere di sostegno profondo:** E' sicuramente difficile valutare lo "stato di servizio" di una struttura di contenimento interrata: bisogna sempre ricorrere all'ausilio di strumenti di indagine. Solo dove tali strutture non sono completamente interrate, si possono notare delle evidenze sulle parti visibili (di solito, travi di collegamento degli elementi verticali - pali o diaframmi - immersi nel terreno).

Deformazioni dell'asse di una trave di collegamento, lesioni sui calcestruzzi, anomalie nel dispositivo di ancoraggio dei tiranti indicano uno spostamento della struttura o comunque un incremento delle sollecitazioni. L'ispezione della zona può, comunque, fornire utili indicazioni sull'evoluzione delle spinte agenti sulla struttura di sostegno da parte del terreno contenuto (deformazione e/o presenza di fenditure nel terreno a monte, etc.).

Bisognerà verificare lo stato di drenaggio dell'opera e se è stata sottoposta ad una eccessiva pressione d'acqua, anche da cause antropiche, presenza di ristagni d'acqua e di avvallamento del terreno a tergo dell'opera.

Note: Si raccomanda di verificare l'evoluzione nel tempo di eventuali anomalie, lesioni e/o rotazioni del muro, riscontrate anche attraverso la posa in opera di fessurimetri. Qualora il monitoraggio metta in evidenza incrementi significativi si dovrà ricorrere a pianificare un eventuale intervento come ad es. di sistemazione/placcaggio strutturale.

Si consiglia di mantenere efficiente il sistema di drenaggio del muro, sia esso rappresentato da dreni microfessurati e/o "barbacani".

#### **1.4. Dissesti tipici nelle fondazioni di opere d'arte (fig. 9 e foto 25-32).**

Sono dissesti di rilievo in quanto in presenza di un piccolo cedimento della fondazione della pila di un ponte potrebbero verificarsi situazioni che richiedono condizionamenti/limitazioni dell'esercizio dell'intera opera d'arte. Lungo la nostra rete sono stati rilevati solo pochi dissesti di questo tipo e, principalmente, in tratti autostradali di non recente costruzione.

Nei viadotti che hanno avuto questo genere di problemi, la causa più frequente della crisi della fondazione di una pila o di una spalla è risultata essere un'imprevista spinta (frana) del terreno di monte. Questa spinta, inducendo sul plinto o sui pali di fondazione delle azioni orizzontali non previste in progetto, potrebbe compromettere parte della capacità portante inducendo deformazioni nell'intera struttura. Qualora la fondazione sia su pali, gli effetti di cui sopra possono essere preceduti dal tranciamento dei pali stessi.

Altra causa importante è un terremoto, che può colpire la struttura con effetto non sempre adeguatamente contemplato nella progettazione e la cui intensità dipende dalla morfologia e dalle caratteristiche stratigrafiche del sito. Possono di conseguenza prodursi disassamenti dell'impalcato, lesioni nelle pile e nei plinti di appoggio, rottura dei pali di fondazione in testa, quest'ultima non visibile ma deducibile dagli effetti osservati.

Il terremoto può avere effetti particolari sui terrapieni delle opere d'arte, provocandone la compattazione con un cedimento visibile sulla pavimentazione.

Il terremoto può provocare piccoli smottamenti nelle immediate vicinanze dell'opera che colpiscono le pile e le spalle, come sopra discusso.

**Evidenze.** Disassamenti delle pile, movimenti anomali dell'impalcato **riscontrabili dall'osservazione dei giunti e degli appoggi**, possibili lesioni nei punti della struttura dove si generano dei picchi di tensioni (nodi strutturali, attacco fondazione/elevazione), movimenti in corrispondenza delle spalle.

E' molto importante osservare i movimenti dell'impalcato (aperture o chiusure anomale dei giunti di dilatazione, disassamenti nelle pile, etc.) e le pendici a monte in quanto spinte impreviste sulle strutture di fondazione di un'opera possono creare dei problemi alla opera d'arte.



**Fig. 9 – Dissesti coinvolgenti le fondazioni di strutture in elevazione (ponti e viadotti)**



**Foto 25: area sotto un viadotto che è stato oggetto di lavori di rinforzo delle fondazioni e di consolidamento frana di versante**





**Foto 26 – 27: vista d'insieme di un'area in frana in cui ricade un importante viadotto e parte della strumentazione di monitoraggio installata per il controllo dell'opera**





**Foto 28 - 29:**

**opera oggetto su entrambe le spalle da fenomeni di crollo di materiale roccioso del versante**





**Foto 30: es. di apertura di un giunto per rotazione del muro in corrispondenza del portale**

Note: Si raccomanda di verificare l'evoluzione nel tempo di eventuali anomalie riscontrate come ad es. aperture anomale dei giunti, oppure monitorare eventuali lesioni attraverso la posa in opera di fessurimetri, misuratori di spostamento e/o inclinometri da parte (Foto 31-32) da installare ad es. sulle strutture di elevazione (pile/pulvini e/o impalcato/pila). Qualora il monitoraggio visivo e/o strumentale metta in evidenza incrementi significativi si dovrà ricorrere a pianificare sia eventuale campagna di indagini geognostiche e relativo sistema di monitoraggio strumentale (inclinometri e piezometri) nonché intervento di consolidamento.



**Foto 31: FESSURIMETRI (ad acquisizione continua)**

**Strumenti che consentono di misurare nel tempo gli spostamenti relativi tra diversi elementi strutturali di una stessa opera.**



**Foto 32: INCLINOMETRI DA PARETE:**

**Strumenti che consentono di misurare nel tempo l'inclinazione dell'elemento strutturale rispetto alla verticale.**

### 1.5 Stabilità di pendii adiacenti al corpo autostradale (fig. 10-11 e foto 33-38).

Si ritiene opportuno tenere conto anche delle problematiche che si generano in aree prossime alla sede autostradale.

Buona parte degli interventi di manutenzione geotecnica finora realizzati, sono stati progettati ed eseguiti per bloccare movimenti franosi originatisi in aree al di fuori delle nostre pertinenze e che di fatto avevano creato riflessi negativi per l'esercizio autostradale.

La Società ASPI, infatti, si occupa della manutenzione della rete in gestione, ma la sorveglianza e la valutazione della stabilità dei pendii **non può limitarsi alle sole aree di sua proprietà: qualora possibile è opportuno estenderla** anche a quelle che, pur essendo fuori proprietà, potrebbero costituire motivo di possibili riflessi negativi sull'esercizio di una tratta autostradale. Ad esempio, per le tratte lungo le quali la sede viabile è stata soggetta in passato ad invasioni di acque e di fango provenienti dall'esterno, è opportuno controllare che le lavorazioni agricole eseguite dai frontisti non abbiano sconvolto la normale regolazione idraulica delle pendici limitrofe alla sede autostradale. In proposito, esistono precise norme di legge.

Naturalmente, in questo come in tanti altri casi, bisogna coinvolgere i proprietari e, soprattutto, gli Enti preposti al controllo del territorio (Comuni, Province, Genio Civile. etc.), particolarmente quando hanno delle responsabilità.

Opere eseguite fuori dal perimetro autostradale possono essere causa di instabilità generale del territorio e quindi generare simili fenomeni di instabilità.

E' importante prevedere, laddove possibile, se la evoluzione del fenomeno può avere influenza negativa per la sede autostradale. Per esempio, una frana a valle della sede autostradale può creare una nicchia di distacco ripida e profonda, tale da essere la premessa di una successiva frana che coinvolgerà l'autostrada danneggiandola. Stabilizzare la frana è quindi opera preventiva per la sede autostradale.



**Fig. 10 - Dissesti che si verificano sulle pendici nei pressi delle pertinenze autostradali. E' essenziale conoscerle per valutare se la loro evoluzione possa creare riflessi negativi sulla sede viabile.**





**Foto 33-34: es. di evidenze di frana su un versante (lacerazioni, scarpate, contropendenze) a monte della sede autostradale e relativi effetti prodotti dal dissesto sul viadotto autostradale**



**Foto 35 – 36: es. di evidenze di dissesto sul versante a monte della carreggiata autostradale**



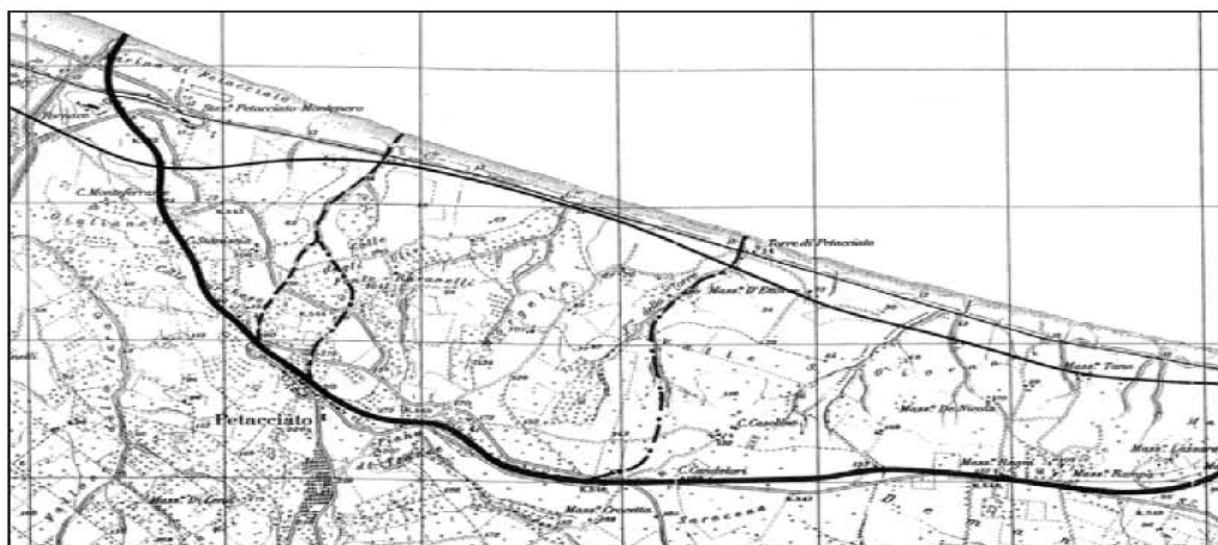


Foto 37 -39 e fig. 11: A14 km 461 – 462 “Petacciato”

Le foto rappresentative della “nicchia” di distacco evidenziatasi nell’evento franoso del 1991 (abitato di Petacciato – belvedere e strada comunale)

Sullo stralcio planimetrico è delineata l’area oggetto del movimento franoso in cui ricadono importanti infrastrutture quali l’A14, FS e SS16

Anche una frana a monte della sede autostradale potrebbe creare un accumulo di materiale al piede che potrebbe essere successivamente dilavato con notevole danno per la sede autostradale.

Ogni caso, quindi, deve essere considerato singolarmente, ma la prima domanda che ci dobbiamo porre è: il fenomeno può avere riflessi negativi per il traffico? Se la risposta è “**si**”, è necessario attivarsi subito.

**Evidenze:** Un pendio con un andamento ondulato può indicare che in passato esso è stato interessato da movimenti franosi e quindi la sua attuale stabilità è tutta da verificare. Fenditure nel terreno ed alberi stranamente inclinati, rappresentano generalmente segnali di instabilità.

Dopo un intenso periodo piovoso o dopo il disgelo si possono notare movimenti nel pendio, ondulazioni, interessanti un discreto volume di terreno, prima assenti.

Nota: Si raccomanda di identificare e monitorare nel tempo eventuali dissesti (nicchie di distacco, lacerazioni del terreno, colate, ecc,) nel versante prossimi alla sede autostradale ma anche eventuali anomalie riscontrabili sulle opere e/o sulla sede stessa in particolare dopo periodi meteo (piovosi e/o nevosi) intensi. Qualora il monitoraggio visivo e/o strumentale metta in evidenza evoluzioni significative si dovrà ricorrere a pianificare sia eventuale campagna di indagini geognostiche e relativo sistema di monitoraggio strumentale (inclinometri e piezometri) nonché eventuale intervento di consolidamento.

## **2. Valutazione visiva della stabilità.**

Chi lavora costantemente su strada ha una particolare sensibilità verso tutti quegli eventi che possono creare turbativa per il traffico. La conoscenza, almeno qualitativa, dei possibili schemi di dissesto di natura geotecnica, associata all'esperienza, sono elementi-guida nel lavoro degli addetti al monitoraggio territoriale geotecnico che devono essere in grado di percepire la criticità o meno di un fenomeno rilevato. Questo rilevamento su strada deve condurre alla prima decisione in merito ai fenomeni osservati (sono trascurabili o da segnalare?). Nessuna strumentazione, per quanto sofisticata e capillarmente ubicata, sarà mai efficace al punto di poter sostituire questa fase di orientamento.

E' evidente, quindi, l'importanza del monitoraggio quotidiano e/o periodico della tratta autostradale di competenza; infatti nel corso di un sopralluogo il tecnico responsabile di tale attività, dovrà essere in grado di fornire una prima valutazione della situazione riscontrata.

Resta comunque il fatto che ogni anomalia osservata, anche minima ma che non sembri facilmente spiegabile, deve essere immediatamente segnalata ai tecnici specialisti responsabili del presidio e della manutenzione, che dovranno prendere le necessarie decisioni.

### **2.1. Sorveglianza, rilevazione e interpretazione dei segnali della strada.**

Oltre alle "evidenze" caratteristiche dei dissesti che interessano i rilevati, descritte con un certo dettaglio in calce ad ogni capitolo e sottocapitolo, dal punto 1 al punto 1.5. (pagine 16 – 60), qui si vogliono dare ulteriori indicazioni per la sorveglianza che viene svolta tramite la semplice osservazione del corpo autostradale e senza l'ausilio di strumentazione, che non sia quella semplicemente reperibile.

#### **2.1.1 In corrispondenza di una trincea o di uno scavo.**

**Trincea con muro al piede:** una trincea con un muro di controripa è facilmente controllabile perché il muro ci dà preziose informazioni sulla stabilità del sistema. Prioritaria è quindi l'ispezione accurata del muro, che deve essere finalizzata ai seguenti aspetti: -rilevazione di spostamenti (globali o solamente di alcuni conci - traslazioni e/o rotazioni) e della loro entità (in cm o mm);

- rilevazione delle fessure sul paramento visibile con particolare attenzione al loro

sviluppo nel tempo;

- rilevazione di fessure o lesioni nelle cunette rivestite a quota strada;
- rilevazione di rigonfiamenti del piano viabile o del terreno davanti al muro di controripa;
- rilevazione di segni di dissesto sulla scarpata in trincea nella pendice naturale sovrastante.

Queste operazioni sono condotte con l'ausilio di:

- fessurimetri, se disponibili, o più semplicemente biffe in acciaio o vetrini (tra questi ultimi due sono preferibili le biffe in quanto continuano a dare informazioni sugli spostamenti, nel tempo) da porre in opera nei punti significativi (giunti, fessure, lesioni) e da controllare con frequenza variabile a seconda dei casi;
- fili a piombo per valutare eventuali rotazioni della parte in elevazione del muro.

**Trincea senza muro al piede:** le indicazioni di una condizione d'instabilità incipiente sono date soprattutto da:

- presenza di fenditure, rigonfiamenti e svuotamenti lungo il pendio; fessure nelle cunette rivestite a quota strada e sulla piattaforma autostradale con eventuale sollevamento della pavimentazione;
- deformazioni e lesioni di fossi di guardia rivestiti sia in sommità che al piede delle scarpate della trincea.

E' sicuramente molto importante, nelle trincee in generale, l'osservazione accurata della regolazione idraulica. Una regimazione delle acque insufficiente o inesistente e la presenza di zone di ristagno, sia al piede che in corrispondenza delle banche, sono fatti da segnalare sempre, potrebbero creare riflessi negativi per la stabilità.

**Scavi temporanei:** la Normativa Italiana richiede che siano sostenuti con armature di sostegno adeguate, quando la loro altezza è maggiore di m 2,00. Questo modo di procedere è garanzia di sicurezza e deve essere sempre seguito ricorrendo all'adeguato sostegno ed alla delimitazione degli scavi.

### **2.1.2. In corrispondenza di strutture profonde a sostegno del terreno e di fondazioni di opere d'arte.**

Una struttura profonda è di solito completamente interrata o ne è visibile solo la

parte sommitale. E' quindi piuttosto difficile tenerla sotto controllo con il solo ausilio di semplici strumenti. C'è inoltre da tener presente, come si è già accennato al punto 1.4 a pagina 53, che deformazioni (piccole, ovviamente) dell'opera o movimenti del terreno a monte possono rientrare nel normale comportamento dell'opera in esercizio e quindi, se vengono riscontrati fenomeni del genere, non è detto che sia l'inizio di un dissesto significativo. La semplice sorveglianza di una paratia (provvista o no di tiranti di ancoraggio) deve comunque essere condotta con riguardo a:

- allineamenti delle parti fuori terra, al fine di individuare eventuali deformazioni della struttura;
- presenza di lesioni o fessure nelle parti in c.a. visibili;
- movimenti, scoscendimenti, accumuli anomali del terreno a monte dell'opera di sostegno.

Per quanto riguarda una fondazione, la sorveglianza elementare può essere fatta rilevando eventuali spostamenti o lesioni su quanto di essa è visibile o accessibile al piano di campagna. Bisogna osservare bene, inoltre, eventuali spostamenti, fenditure o accumuli anomali nel terreno a monte o a ridosso delle pile e delle spalle. Analogamente vanno rilevate anche anomale scoperture di fondazioni per azioni erosive o dissesti a valle delle opere d'arte.

La fondazione di un'opera d'arte non ammette cedimenti se non di entità minima.

Riassumendo, quello che per una paratia o per un muro di sostegno del terreno può essere uno spostamento compatibile con il suo corretto funzionamento, non lo è per la fondazione di una struttura. **E' necessaria, quindi, la massima attenzione alle fondazioni delle opere d'arte e la segnalazione di ogni fenomeno, anche se apparentemente trascurabile.**

### **2.1.3. In corrispondenza di pendii naturali adiacenti al corpo autostradale.**

La sorveglianza dei pendii adiacenti all'autostrada presuppone innanzitutto ottimo spirito di osservazione ed agilità fisica, caratteristiche necessarie per ispezionare anche in zone densamente vegetate ed accidentate le aree che potrebbero influire negativamente sulla stabilità ed esercizio della sede autostradale. La morfologia di un pendio ci dice tante cose sulla sua stabilità ed è quindi necessario percorrere pendici e crinali. Chiaramente, non è richiesta, in questa fase (a chi si occupa del monitoraggio su strada) l'esecuzione di un accurato rilievo geomorfologico, ma è importante che l'ispezione sia finalizzata alla individuazione di quei fenomeni e di quelle evidenze che possono influire negativamente sulla stabilità di un pendio. Le evidenze più importanti, che devono essere ricercate ed



annotate durante l'ispezione di un pendio, sono le seguenti:

- andamento ondulato o evidenze (accumuli di materiale o fronti di rilascio) che fanno pensare ad una frana avvenuta in tempi passati;
- fenditure nel terreno (è importante rilevarne l'andamento, l'orientamento);
- alberi, pali, etc. in posizione inclinata e sicuramente diversa da quella di equilibrio;
- fessure e/o cedimenti di eventuali strutture presenti nel pendio;
- presenza di ristagni d'acqua e/o di vegetazione idrofila.

Al riscontro di tali evidenze, seguirà sempre una campagna d'indagine accurata, condotta con l'ausilio di strumentazione "ad hoc" e con il supporto di personale specialistico.

## 2.2. Documentazione dei fenomeni osservati e delle loro evidenze

Tutto ciò che viene osservato dal Personale cui è affidato il monitoraggio geotecnico di una tratta autostradale sui dissesti e sui fenomeni che fanno pensare che tali dissesti si stiano verificando (intendiamo parlare delle “evidenze” descritte per ogni punto dei capitoli 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 e 1.5) va riportato sulla “scheda di valutazione sopralluogo per presidio geotecnico” opportunamente predisposta (allegata in Appendice).

Queste informazioni, devono essere tempestivamente annotate per essere utilizzate per i primi interventi che si dovranno disporre (in caso di dissesti che richiedono restrizioni al traffico: ricariche del manto stradale, riprofilatura di scarpate, etc.), sono fondamentali per l'interpretazione dei dissesti e per la ricostruzione della loro storia. E' indispensabile che ne **rimangano sempre documentazioni cartacee** (schemi planimetrici con progressive d'inizio e fine delle lesioni, andamento delle lesioni e loro caratteristiche geometriche, osservazioni e note particolari, etc.) **e fotografiche**, complete della data e del nominativo di chi ha eseguito il rilievo.

## 2.3. Il progetto "ANIDRO".

Tenuto conto, dunque, dell'epoca di progettazione e realizzazione della nostra rete autostradale (anni '20, anni '30 e anni '50 per le tratte "ex ANAS" e dal 1956 in poi per le altre) e delle difficoltà dovute sia alla storia geologica sia alle qualità geotecniche dei terreni attraversati, si sta realizzando, da oltre un decennio, un progetto importante denominato (con l'acronimo) “ANIDRO” (ANalisi IDROgeologica).

Il progetto ANIDRO, nella sua concezione originaria, è una **banca dati** che utilizza supporti computerizzati e cartacei e che contiene le principali informazioni relative al territorio con particolare riferimento alla stabilità dei versanti e delle strutture in terra su cui insiste il sistema autostradale, con fini di **prevenzione** (sorveglianza) nei confronti dei fenomeni di dissesto e di **manutenzione** (ripristino). Attraverso la raccolta e in alcuni casi l'elaborazione dei parametri geotecnici, si arriva, lungo una tratta autostradale, alla definizione delle aree **a vulnerabilità geologico-geotecnica**.

Infatti oltre ad identificare ed ubicare le formazioni geologiche presenti lungo il tracciato, il Progetto ANIDRO ne valuta le caratteristiche geotecniche e soprattutto, grazie all'impiego di specifiche analisi di stabilità, consente di individuare le aree vulnerabili.

Si fa inoltre presente che attualmente circa 120 siti della rete in esercizio sono monitorati strumentalmente (essenzialmente con inclinometri e piezometri) con attività

periodica di rilevamento dati.

Nella B.D. ANIDRO vengono anche raccolti e classificati i parametri provenienti dalle campagne di indagini geognostiche eseguite sulla rete in esercizio (vedi capitolo 3. - Indagini geognostiche, a pagina 73); questi parametri, opportunamente interpretati ed elaborati, contribuiscono a costituire la “**relazione geotecnica di tracciato**” delle tratte autostradali che, a volte in rapporto all'epoca di progettazione e per le leggi allora vigenti, ne erano sprovviste in quanto non richieste. Per i siti strumentati, inoltre, ANIDRO consente, attraverso l'individuazione di “valori di soglia” degli spostamenti/velocità di spostamento del corpo di frana, di suddividere le aree monitorate in tre diversi livelli di attenzione. (v. **Tabella 1** alla conclusione del punto 4.2. Monitoraggio strumentale). ANIDRO inoltre, integra l'originaria documentazione di progetto di ciascuna tratta autostradale in esame, avvalendosi di tutte le esperienze maturate dall'epoca della costruzione in poi, riguardo a:

- tipologie dei dissesti e degli interventi di ripristino adottati fin dall'apertura della tratta all'esercizio;
- cartografia di base e carte tematiche;
- foto aeree;
- dati delle indagini geognostiche eseguite, completati dai risultati delle prove in sito ed in laboratorio;
- dati forniti dalle strumentazioni geotecniche;
- individuazione delle aree vulnerabili per la stabilità in campo statico e sismico;
- tipologie ritenute più funzionali ed efficaci per gli interventi di ripristino.

Per queste ragioni ANIDRO costituisce anche un utile strumento di orientamento e di verifica nel lavoro dei Progettisti sia delle manutenzioni che in alcuni casi degli investimenti come quelli delle terze corsie. ANIDRO contenente informazioni di dettaglio è stato realizzato per le seguenti tratte autostradali:

A1 tratto tra Riveggio e Pian del Voglio (1987, tratto sperimentale)

A16 Avellino – Candela (1988-'90)

A1 Attigliano – Fiano Romano (1994-'95)

A1 Fabri – Attigliano (1996-'97)

A14 Ortona -Termoli (1996-'97)

A1 Incisa – Arezzo (1997-'98)

A14 Pescara – Ortona (1998-'99)

A14 Pesaro – Ancona (1998-'99)

A7 Genova - Vignole (2002-'03)

A12 Genova - Sestri Levante (2004-'05)

A10 Genova – Savona (2006)

A16 Lacedonia – Candela (2006 – '09)

A16 Avellino – Lacedonia – integrazione (2008-'11)

ANIDRO di minor dettaglio (detto ANIDRO “speditivo”) è stato realizzato nel 2005 sulle tratte: Gemona – Tarvisio dell'A23, Conegliano – P. di Vedoia dell'A27 e Ghemme-Gravellona T. dell'A26

In particolare per le due tratte dell'A16, sulla base di criteri tecnici di valutazione elaborati e sviluppati negli anni si è ritenuto opportuno integrare nuovamente la metodologia di studio tenendo conto, per la redazione della Relazione Geologico – geotecnica di tracciato e relativi allegati (Carte tematiche, tabelle, documentazione fotografica), anche della documentazione PAI (Piani Assetto Idrogeologico) della Regione Puglia e Campania pubblicata “on-line” dei vari bacini attraversati, con particolare riguardo all'individuazione, lungo la tratta autostradale e aree limitrofe, delle aree a suscettibilità geotecnica classificate a Pericolosità Geomorfologica elevata e/o molto elevata.

Con l'entrata in vigore del Decreto Legge 180/1998, (D.L. 180/1998) riguardante le misure da attuare per la prevenzione del rischio idrogeologico dopo l'evento di Sarno, "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania" pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 134 dell'11 giugno 1998 (Rettifica G.U. n. 137 del 15 giugno 1998) e successive modifiche, le Autorità di Bacino regionale o interregionale e le regioni per i restanti bacini, adottano le misure di prevenzione, tramite l'individuazione delle aree a rischio idraulico e idrogeologico e la perimetrazione delle aree da sottoporre a misure di salvaguardia, nonché le misure medesime.



### 3. Indagini geognostiche.

Le indagini geotecniche corrispondono ad attività specialistiche che, per tale motivo, dovranno essere decise e programmate da tecnici esperti in materia. Il loro scopo è quello di definire la stratigrafia dei terreni interagenti con l'opera autostradale, il regime delle acque sotterranee, nonché determinare, attraverso prove in sito e prove di laboratorio, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni di interesse.

In molti casi, particolarmente in quelli relativi alle gallerie ed ai pendii naturali, le indagini geotecniche in generale devono essere accompagnate da uno studio geologico e geomorfologico dell'area. Le indagini e gli studi sopra menzionati sono essenziali per la predisposizione di un qualsiasi progetto di consolidamento e ripristino delle opere autostradali. Inoltre, esse vanno considerate come integrazione ed approfondimento delle conoscenze geologiche e geotecniche del tracciato autostradale finalizzato al progetto ANIDRO.

Le attività più comuni che concorrono all'espletamento di un'indagine geotecnica sono:

- Sondaggi con prelievo dei campioni indisturbati (terreni a grana fine e rocce tenere) e rimaneggiati (terreni a grana grossa).
- Installazione dei piezometri per il monitoraggio delle acque sotterranee.

Prove meccaniche<sup>1</sup> e geofisiche in sito<sup>2</sup>.

- Prove di laboratorio su campioni prelevati nei sondaggi.
- In presenza dei fenomeni di instabilità dei versanti naturali e delle scarpate delle trincee, tubazioni inclinometriche per la misura di spostamenti orizzontali.

---

<sup>1</sup> prove penetrometriche, prove scissometriche, etc.

<sup>2</sup> prove down-hole, dilatometro sismico, cono sismico, etc.

#### 4. Monitoraggio geotecnico e Programmazione.

“Monère” in latino significa “ammonire, avvisare”. Da questa parola ha origine il verbo inglese “to monitor” che si può tradurre letteralmente nell'italiano “avvistare, controllare da lontano”.

L'anglicismo “*monitoraggio*” definisce attività, sistemi volti al controllo dell'andamento, dell'evoluzione naturale di fenomeni fisici, chimici, biologici, fisiologici, senza interferenza alcuna in tale evoluzione. Le attività si possono esplicare con visite, ispezioni, misurazioni manuali; i sistemi sono costituiti da strumenti o gruppi di strumenti speciali.

Riteniamo, comunque, che la parola più appropriata per definire in maniera completa quello che in questo “manuale” e in questo capitolo in particolare si vuole brevemente illustrare, sia “**sorveglianza**”. Non è casuale che questa parola faccia parte dell'acronimo che ne costituisce il titolo.

La sorveglianza geotecnica è il complesso delle azioni gestionali e specialistiche volte ad assicurare, attraverso un efficace sistema di monitoraggio continuo e di valutazione, il mantenimento e/o la diminuzione della vulnerabilità idrogeologica-geotecnica al fine di ottenere un livello ritenuto accettabile ed ottimale secondo gli standard vigenti.

L'obiettivo primario è quindi l'attivazione tempestiva di interventi di manutenzione (ripristino) volti a garantire la stabilità geotecnica delle opere autostradali, ossia l'adozione dei provvedimenti destinati ad evitare fenomeni di dissesto.

Nel processo di sorveglianza geotecnica possiamo distinguere più attività:

- il monitoraggio geotecnico costante dell'infrastruttura (**diretto**), attività di responsabilità della DT competente per territorio, da svolgersi secondo gli standard e con gli strumenti definiti dalla Struttura Tecnica Centrale e che è già stato ben identificato e definito tra in questo “manuale” (capitolo 2- Valutazione visiva della stabilità).
- il monitoraggio strumentale, cioè quello che si realizza con l'ausilio di strumenti.

Il presidio geotecnico operato dalle Unità Tecnica delle DD.TT. che, se necessario, con le collaborazioni di specialisti della Struttura Tecnica Centrale e SPEA (UTSA) od eventualmente di altri specialisti, valutano in dettaglio i fenomeni in atto per promuovere e curare le attività di rispettiva competenza.

#### **4.1. Monitoraggio diretto e Presidio geotecnico**

Di queste fasi della sorveglianza, della loro valenza originale, si è parlato praticamente in tutti i capitoli di questo "manuale", sia al punto 2 già citato (Valutazione visiva della stabilità), sia in ogni capitolo o sottocapitolo, laddove di un dissesto si sono voluti esemplificare i sintomi principali o caratteristici e le “**evidenze**”.

Il tecnico responsabile del monitoraggio diretto dovrà essere in grado di fornire una prima valutazione della situazione riscontrata (in termini di livello di attenzione/stato di degrado), individuando la frequenza necessaria del monitoraggio diretto e richiedere, se necessario (direttamente e/o attraverso il responsabile del presidio), una ispezione straordinaria da parte della UTSA, o l’attivazione di interventi urgenti, segnalando eventualmente anche la necessità di variazioni al piano di monitoraggio strumentale stabilito, richiesta di dati strumentali aggiuntivi, etc.

L’acquisizione di tutti gli ulteriori elementi conoscitivi verrà eseguita dal personale dell’ufficio tecnico preposto al presidio, attraverso:

- consultazione dei dati dei monitoraggi e delle relazioni trimestrali curate da UTSA;
- acquisizione delle informazioni da enti esterni;
- acquisizione di tutti i dati rilevanti relativi all’avanzamento degli interventi in programmazione/ in corso.

#### **4.2. Monitoraggio strumentale**

Per ampliare le capacità di previsione e prevenzione dei fenomeni “avversi” che possono incidere sulla regolare funzionalità delle opere geotecniche è opportuno continuare ed integrare le attività di monitoraggio strumentale già intraprese dalla Società ASPI su un certo numero di tronchi della propria rete. Per rendere tale azione più razionale ed organica nei confronti del Progetto ANIDRO, lo svolgimento del monitoraggio strumentale è programmato ed attuato in base ai seguenti criteri:

- In base all’esame delle informazioni geologiche e geotecniche disponibili per ogni tratta autostradale, individuare le aree con fenomeni geotecnici avversi già in atto o quelle che comunque appaiono più vulnerabili.
- Utilizzo delle evidenze scaturite dal monitoraggio diretto per eventuali aggiornamenti del piano di monitoraggio strumentale che comprende anche le specifiche tecniche relative ai requisiti della strumentazione, alle modalità di installazione, lettura e restituzione delle misure dei vari tipi di strumenti.
- Installazione della strumentazione e relative letture degli strumenti, utilizzando successivamente i dati sia per l’integrazione della banca dati ANIDRO, sia per la

programmazione degli interventi di manutenzione non ricorrente, sia, nel caso di maggiore criticità, per consentire/indirizzare i provvedimenti necessari alla tutela della sicurezza a cura della DT.

Nel Progetto ANIDRO è quindi fondamentale il ruolo del monitoraggio strumentale la cui programmazione dovrà tenere conto dei criteri a suo tempo elaborati della Struttura Tecnica Centrale, dell'urgenza dell'intervento stesso in funzione della vulnerabilità dell'area e delle relative opere autostradali, nonché delle informazioni aggiornate provenienti dalle DD.TT.

Con riferimento ai problemi di instabilità dei versanti, la Struttura Tecnica Centrale ha infatti elaborato una serie di criteri empirico/pratici i quali, facendo riferimento alle sole misure inclinometriche, consentono di definire tre “classi di attenzione” che riflettono la vulnerabilità dell'area interessata dai fenomeni di instabilità che consentono unitamente agli altri elementi suddetti, una programmazione mirata degli interventi di manutenzione come meglio specificato al punto 4.3.

Una sintesi di tali criteri è riportata nella **Tabella 1**, mentre per il dettaglio della “metodologia” si rimanda all'articolo pubblicato nel 1992 sulla Rivista "Autostrade" (n. 1 gennaio-marzo).

In base alla velocità ed all'entità degli spostamenti di un movimento franoso, vengono individuate tre “classi” caratterizzate da un crescente livello di attenzione. Generalmente, in termini di programmazione degli interventi, per le aree che rientrano nell'ambito della “classe di attenzione 1” è prevista l'attivazione tempestiva degli interventi; per le aree caratterizzate dalla “classe 2” vengono attivate le fasi progettuali ed intensificato il monitoraggio; la “classe 3” comporta il mantenimento delle previste frequenze per il monitoraggio.



**CRITERI DI ATTENZIONE RELATIVI AL MONITORAGGIO STRUMENTALE INCLINOMETRICO SULLA RETE IN ESERCIZIO**

Nel monitoraggio inclinometrico dei movimenti franosi un parametro significativo è risultata la velocità di spostamento del corpo di frana calcolata attraverso le elaborazioni delle letture inclinometriche.

Una lettura inclinometrica risulta sicuramente significativa per l'interpretazione di un evento franoso, qualora vengano soddisfatte contemporaneamente le seguenti condizioni:

- ST > 10 - 15 mm
- SL > 4 - 6 mm
- SL/ST > 0.4
- la direzione dell'azimut sia "logica" rispetto alla morfologia del terreno. dove :

-ST è lo spostamento massimo in testa tubo (elaborazione per "sommatoria dal basso").

-SL è lo spostamento massimo in corrispondenza della superficie di scivolamento (variazione di inclinazione locale - elaborazione "per punti" ).

Al fine di evidenziare le "aree critiche" ed associare alle stesse diversi livelli di attenzione, relativamente alle attività di indagini e di progettazione, sono stati individuati "valori di soglia" delle velocità di spostamento ( $dST/dt$  e  $dSL/dt$  espresse in mm/gg). Più esattamente sono stati individuati tre valori di soglia:

$$dST/dt > 0.08 \text{ mm/g o } dSL/dt > 0.04 \text{ mm/g}$$

(ovvero  $dST/dt > 30 \text{ mm/anno}$  e  $dSL/dt > 15 \text{ mm/anno}$ )

**CLASSE DI ATTENZIONE 1**

$$0,03 < dST/dt < 0.08 \text{ mm/g e/o } 0.02 < dSL/dt < 0.04 \text{ mm/g}$$

(ovvero  $11 < dST/dt < 30 \text{ mm/anno}$  e/o  $7 < dSL/dt < 15 \text{ mm/anno}$ )

**CLASSE DI ATTENZIONE 2**

$$dST/dt < 0.03 \text{ mm/g o } dSL/dt < 0.02 \text{ mm/g}$$

(ovvero  $dST/dt < 11 \text{ mm/anno}$  e/o  $dSL/dt < 7 \text{ mm/anno}$ )

**CLASSE DI ATTENZIONE 3**

$$ST < 15 \text{ mm e/o } SL < 4 - 6 \text{ mm n/a dove}$$

-dt : intervallo di tempo rispetto alla lettura precedente

-dST : incremento dello spostamento in testa tubo (ST) rispetto alla lettura precedente.

-dSL : incremento dello spostamento SL rispetto alla lettura precedente.

-dST/dt : velocità tangente allo spostamento ST .

-dSL/dt : velocità tangente allo spostamento SL .

-n/a : non applicabile

Questo parametro e' necessario non solo per evidenziare eventuali criticità, ma anche per definire una corretta e mirata **pianificazione degli interventi**.

La classificazione di un sito sulla base di queste "classi", è comunque sempre oggetto di altre valutazioni che tengono conto ad esempio del tipo di strutture coinvolte dai dissesti e della entità degli eventuali danni al patrimonio autostradale.

## 5 Piccola manutenzione di grande efficacia

In questo capitolo si vogliono dare indicazioni sulla corretta esecuzione delle operazioni di manutenzione. Esse ci sono state insegnate e tramandate da una generazione di Tecnici di ASPI i quali, all'epoca delle aperture al traffico delle prime tratte autostradali della Società, le hanno, in pratica, *inventate, ed eseguite*. Altri le hanno razionalizzate migliorandole e codificandole.

Rischiando, in qualche caso, di dire cose ovvie, si vuole solo dare evidenza, tra le tante, ad alcune semplici attività che si ritengono molto utili per la conservazione geotecnica del patrimonio autostradale. Esse comportano piccole attività (manutenzione ricorrente) che se svolte correttamente ed assiduamente, ci fanno spesso evitare di ricorrere a manutenzioni di carattere straordinario, assai più impattanti.

La formulazione del preventivo annuale della manutenzione ricorrente da parte delle DD.TT. tiene conto delle reali necessità per contribuire a mantenere un buon livello di sicurezza delle tratte autostradali.

### 5.1. Regolazioni idrauliche.

Nella corretta progettazione di una tratta autostradale, l'aspetto idraulico è fondamentale. La capacità di smaltimento delle acque superficiali e sotterranee da parte delle opere (ponti, ponticelli, tombini, canalizzazioni superficiali e interrato, drenaggi profondi, etc.), dimensionata adeguatamente e con il minimo disturbo per l'ambiente, avrà un ruolo importante per la salvaguardia del corpo autostradale. Un ruolo pari, se non superiore, per i suoi effetti immediati, a quello della buona progettazione geotecnica. La sua conservazione è affidata principalmente agli interventi di manutenzione ricorrente.

**Eliminazione dei ristagni d'acqua:** Nell'ambito delle piccole manutenzioni è molto importante eliminare i ristagni d'acqua che vengono notati sia nei fossi di guardia sia sulla sede viabile.

Per i ristagni che possono interessare un fosso di guardia, occorrerà ripristinarne al più presto la pendenza o rimuovere a valle le eventuali ostruzioni che ne impediscono il buon funzionamento. Infatti, permanendo l'acqua:

- al piede di un rilevato, si possono verificare smottamenti nel rilevato stesso;
- in sommità delle scarpate di trincee scavate in terreni permeabili, l'acqua tenderà a percolare nel terreno e potrà venire "a giorno" sulla superficie della scarpata, non appena troverà uno strato meno permeabile sul quale scorrere. I conseguenti

fenomeni di erosione (sgrottamenti, ruscellamenti, etc.), nei punti in cui l'acqua fuoriesce dalla scarpata, potrebbero rendere instabili gli strati superiori, in alcuni casi anche con possibili effetti sulla sede viabile;

- in sommità delle scarpate di trincee scavate in terreni prevalentemente argillosi l'acqua potrà impregnare il terreno cambiandone ben presto le caratteristiche di resistenza: una scarpata in argilla asciutta può essere stabile con inclinazioni anche elevate, ma quando l'argilla s'impregna d'acqua, la stessa scarpata potrebbe assumere una pendenza inferiore, adeguata alla nuova condizione (bagnata) dell'argilla.

Il ristagno delle acque meteoriche sulla sede viabile può essere critico per due ordini di ragioni:

- per la circolazione del traffico;
- per la stabilità laterale di tratti in rilevato o a mezza costa (punti 1.1.1, 1.1.2): l'acqua che permane sulla pavimentazione tende ad infiltrarsi nel rilevato, sia per la normale porosità della pavimentazione bituminosa, sia attraverso eventuali fessurazioni e lesioni presenti, in alcuni casi, sulla corsia di emergenza che comunque debbono essere sigillate per evitare assestamenti o franamenti laterali del rilevato stesso.

E' utile, come già accennato, per ovviare a molti di questi inconvenienti, eseguire gli interventi di seguito elencati:

- sigillatura delle lesioni e delle fessurazioni che si formano sul piano viabile;
- controllo e ripristino degli imbocchi a quota strada delle canalette ad embrici disposti lungo le scarpate in rilevato, liberandoli dalle ostruzioni e correggendone eventualmente la quota per agevolare lo smaltimento dell'acqua, specie nei tratti di autostrada a pendenza longitudinale scarsa o nulla;
- verificare spesso la stabilità e la continuità delle canalette lungo le scarpate dei rilevati: il disallineamento di alcuni loro elementi (embrici) può essere il primo indizio di un dissesto in atto nel rilevato; se poi le canalette sono interrotte, l'acqua può disperdersi sulla superficie delle scarpate, causando erosioni e dissesti;
- realizzare a filo della banchina in terra, ogni qualvolta se ne presenti l'opportunità durante lavori di manutenzione ordinaria delle pavimentazioni, un cordolo ("riccio/arginello") in conglomerato bituminoso utilizzando lo stesso materiale di stesa. Esso faciliterà lo smaltimento dell'acqua verso gli inviti delle canalette e/o

embrici e costituirà una pur minima protezione della banchina contro l'erosione, limitando molto, inoltre, la naturale infiltrazione di acqua nel rilevato al limite della pavimentazione in conglomerato bituminoso, che è sempre dannosa;

- eliminare la gramigna dalla pavimentazione della corsia di emergenza anche con l'uso razionale di dissecanti non inquinanti e consentiti dalla legge. La presenza della gramigna rallenta ed ostacola il deflusso delle acque meteoriche verso gli imbocchi delle canalette, specialmente nei tratti a pendenza longitudinale bassa o nulla.

## **5.2. Manutenzione delle aree a verde.**

Il perfetto inserimento di un tracciato autostradale nell'ambiente e nel paesaggio che attraversa è, generalmente, merito di una moderna e saggia progettazione. Non possiamo sottovalutare, però, la funzione di armonizzazione con l'ambiente che le aree a verde svolgono sulle autostrade della nostra rete, e non soltanto sulle tratte più "datate".

Inoltre c'è da considerare l'altra funzione del verde, ben più importante: la protezione e la difesa del suolo, che è vitale per il corpo autostradale. Per un'infinità di ragioni, oltre che per l'estetica e per la sicurezza (visibilità della strada e della segnaletica, diminuzione dei rischi d'incendio, etc.) è quindi importante che le aree tenute a verde siano costantemente oggetto di periodiche cure colturali di manutenzione. Infatti, come potremo farci un'idea immediata dell'entità, dell'importanza di un fenomeno franoso che interessa la scarpata di un rilevato (punto 1.1. alla pagina 12 -"evidenze"), se riusciamo a vedere soltanto la lesione che segna il piano viabile, mentre la scarpata ed il piede del rilevato stesso non sono né visibili né accessibili? Come ci potremo accorgere in tempo di quanto sta avvenendo su una scarpata che sovrasta la sede viabile (punto 1.2.), se canne e roveti ostacolano la nostra visuale e ci impediscono di avvicinarci?

Pensiamo che, in questo come in altri campi, "assiduità" diviene presto sinonimo di contenimento dei costi. Sfalci e pulizie del verde miglioreranno comunque ed ovunque, in qualsiasi stagione, la visibilità e l'accessibilità delle scarpate e dei pendii, agevolando il monitoraggio diretto e l'individuazione dei fenomeni di cui si è parlato in tutti i capitoli di questo "manuale".



### 5.3. Cura della strumentazione geotecnica.

Tutto il personale che opera sulle tratte autostradali interessate dal monitoraggio strumentale (inclinometri, piezometri,...) menzionato al punto 4.2, dovrà prestare massima attenzione affinché il corretto funzionamento degli strumenti stessi sia assicurato nel tempo.

Infatti questi strumenti, ubicati spesso sulla corsia di emergenza, al piede dei rilevati, in sommità delle trincee ed anche fuori proprietà, nei terreni dei frontisti - forniscono dati molto utili per conoscere lo "stato di salute" geotecnico di quei tratti di autostrada e dei siti attraversati. Esse hanno purtroppo una vita utile non molto lunga, specie se il dissesto monitorato ha un movimento relativamente veloce. Per contro, sono costose e delicate e può bastare poco per renderle inutilizzabili. Le cause più frequenti della messa fuori servizio di inclinometri e piezometri sono:

- sulla sede viabile: le operazioni di fresatura e di stesa delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso, che possono ricoprire o distruggere i chiusini che li proteggono a quota strada o provocano l'entrata nei tubi di materiali estranei che li rendono inaccessibili dalle sonde di lettura;
- lungo le scarpate e nelle aree a verde in genere: le operazioni di sfalcio eseguite a macchina, che spesso li "decapitano" o li deformano in mezzo all'erba alta, nonostante i segnali, rendendoli inservibili;
- nei terreni di frontisti: l'incuria durante le lavorazioni agricole o le azioni volutamente distruttive da parte di proprietari, che non ritengono più adeguato l'indennizzo annuo corrisposto loro dalle Direzioni di Tronco per la loro salvaguardia e per consentire il periodico accesso per le letture.

Per limitare i casi di danneggiamento accidentale alle strumentazioni esterne alla sede viabile è utile segnalare la loro presenza nel modo sottoindicato.

Ciascun terminale dovrà essere protetto con un pozzetto metallico dotato di coperchio e lucchetto, cementato nel terreno (e quando sporgente dal piano di campagna opportunamente protetto da eventuali impatti) o dotato di chiusino carrabile se installato sulla sede autostradale.

La colonnina potrà, nei casi di ubicazioni fuori proprietà più vulnerabili, essere protetta esternamente da un tubo in cemento del diametro di circa 600 mm, interrato, e con fori di drenaggio nella parte sporgente dal piano di campagna, nonché da una recinzione di paletti alti, collegati con nastro bianco e rosso, a segnalare la presenza del manufatto (anch'essa naturalmente protetta da eventuali impatti).

## 6. Interventi di manutenzione geotecnica.

Dalle sequenze e dall'integrazione delle molte attività che abbiamo descritto in questo "manuale" nascono le decisioni sugli eventuali interventi necessari per il consolidamento del corpo autostradale quando è interessato da movimenti franosi o dissesti di altra natura. Il loro scopo sarà sia quello di ripristinare le condizioni di stabilità del corpo autostradale evitando gli eventuali dissesti al patrimonio autostradale.

Abbiamo visto (punto 1 - "Cenni sulla definizione di stabilità", pag. 16) che il verificarsi di un dissesto è il prevalere delle azioni destabilizzanti su quelle stabilizzanti. L'intervento di risanamento deve orientarsi ad aumentare il più possibile le azioni stabilizzanti diminuendo od annullando quelle destabilizzanti. Nella manutenzione geotecnica, quindi, la parola "ripristinare" implica sempre un contenuto di "miglioramento".

Anche l'argomento degli "interventi di manutenzione geotecnica" in modo dettagliato non può essere oggetto di questo manuale, specie per quanto riguarda la ricerca e l'adozione di soluzioni e di tecnologie che consentano di minimizzare i costi e le turbative al traffico.

---

Chiudono questo capitolo due serie di esempi di dissesti che possono coinvolgere la sede autostradale in terreni sciolti/coesivi o rocciosi (**fig. 13 e fig. 14**).

Successivamente si riporta uno schema grafico della terminologia (nomenclatura) usuale in ambito geotecnico un quadro esemplificativo delle principali anomalie e le relative attività di monitoraggio previste. Segue una descrizione sommaria (glossario) dei termini più ricorrenti.

Tra gli allegati si riporta la Scheda tipo relativa al presidio geotecnico.

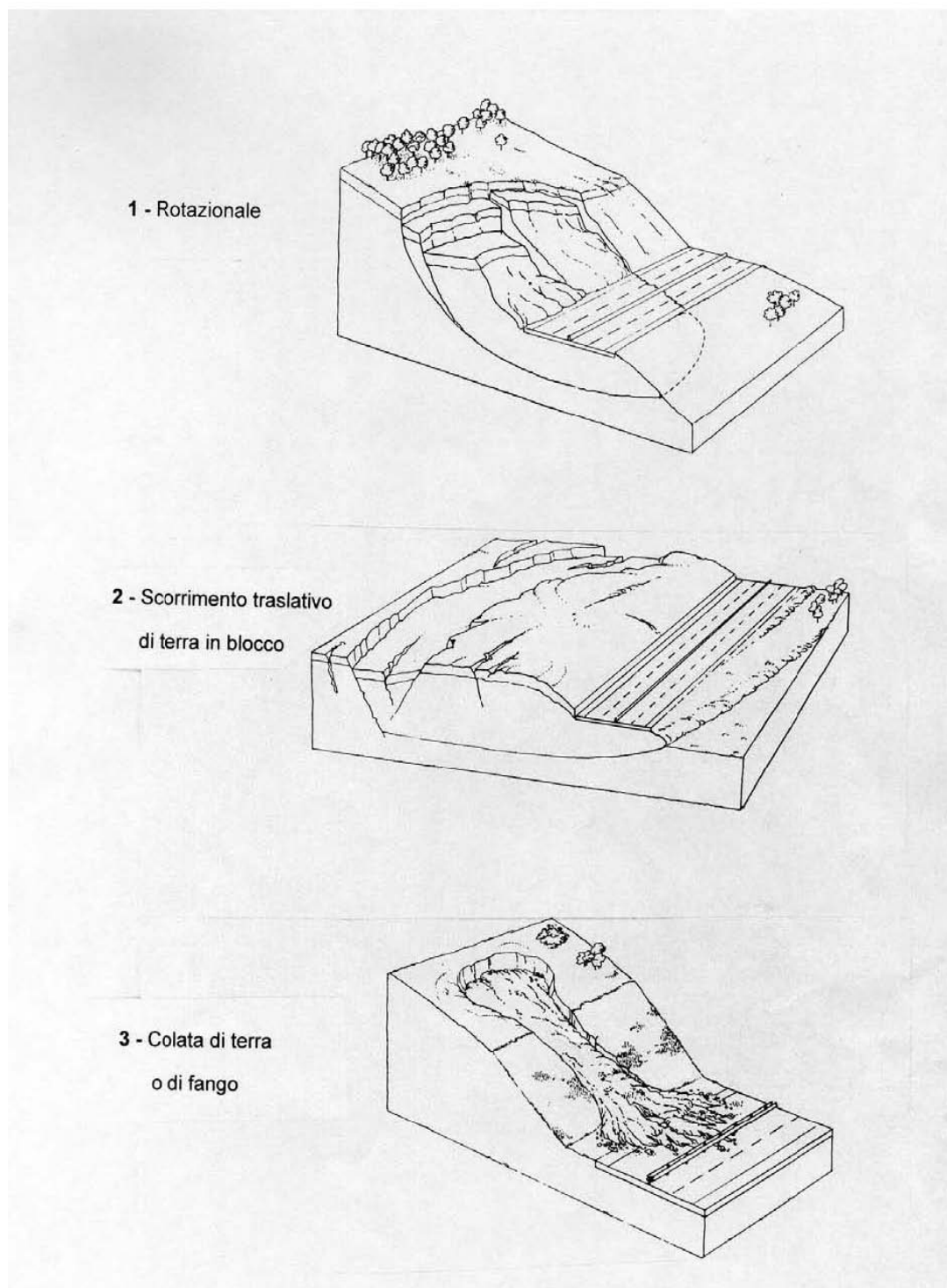
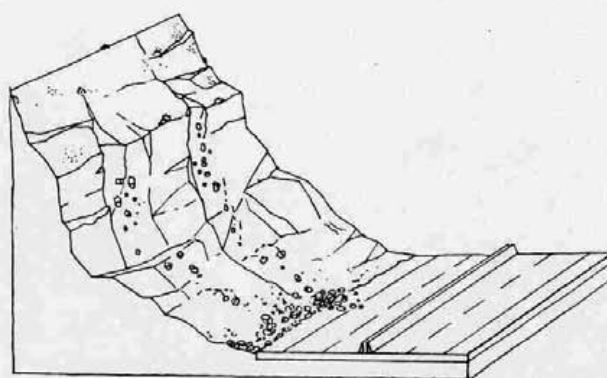
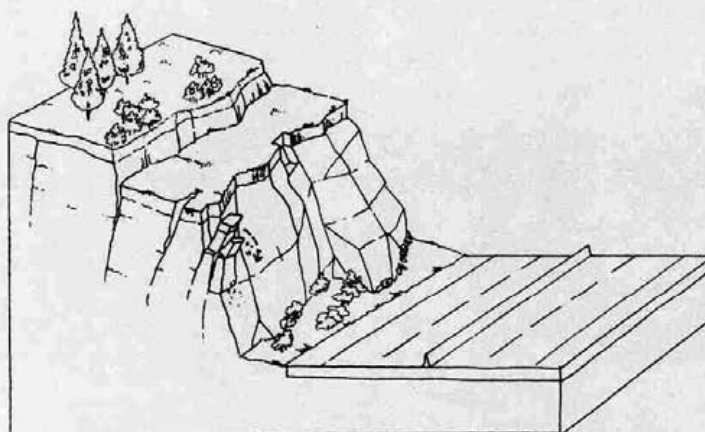


Fig. 13: Frane in terra (tipologia "A")

**1 - Caduta di massi  
di roccia**



**2 - Ribaltamento  
di prismi di roccia**



**3 - Rotazionale**

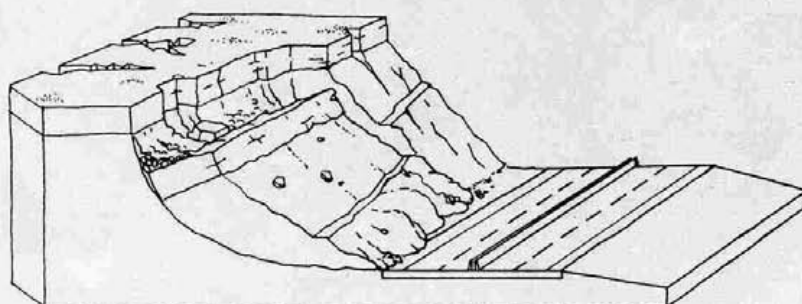














Fig. 14: Frane in roccia (tipologia "B")



Manuale SOR.GE. Quadro sinottico principali anomalie di natura geotecnica

| punto     | problematica   | tipo anomalia   | interventi minimi   | attività di monitoraggio  | interventi definitivi   | casistiche Norma Operativa |  | foto rappresentative  |
|-----------|--|---|---|---|---|----------------------------|--|---|
| 1.1.1     | Instabilità locale delle banchine                                    | lesioni in emergenza  | sigillatura lesioni;<br>verifica funzionalità arginelli                                 | monitoraggio visivo   | riprofilatura scarpata secondo sez. tipo 0 - 1  | AM (1.2)                   | eventuali interventi medio-lungo periodo     |    |
| 1.1.2     | Instabilità del corpo del rilevato                                   | lesioni ad "arco" marcia/sorpasso   | sigillatura lesioni;<br>verifica funzionalità arginelli                                 | monitoraggio visivo;<br>indagini geognostiche,<br>monitoraggio strumentale                | ripristino rilevato secondo sez. tipo 5-6;<br>interventi di consolidamento (es. nailing, deep mixing)                                   | AM (1.3)                   | RP (2)<br>eventuali interventi medio periodo |    |
| 1.1.3     | Instabilità del corpo del rilevato e piano di posa                   | lesioni ad "arco" marcia-sorpasso e/o trasversali asse autostradale                             | sigillatura lesioni;<br>verifica funzionalità arginelli                                 | monitoraggio visivo;<br>indagini geognostiche,<br>monitoraggio strumentale                | interventi di consolidamento profondo (paratia pali/micropali)  | AM (1.3)                   | RP (2)<br>interventi medio periodo           |    |
| 1.1.3 bis | Instabilità del corpo del rilevato e piano di posa/trama rotazionale | lesioni ad "arco" marcia-sorpasso e/o trasversali asse autostradale                             | sigillatura lesioni;<br>verifica funzionalità arginelli                                 | monitoraggio visivo;<br>indagini geognostiche,<br>monitoraggio strumentale                | interventi di consolidamento profondo (paratia pali/micropali/pozzi drenanti o strutturali a grande diametro)                           | AM (1.3)                   | RP (2)<br>interventi breve-medio periodo     |    |
| 1.1.4     | cedimenti del corpo del rilevato                                     | cedimenti piano di posa   | sigillatura lesioni;<br>verifica funzionalità arginelli                                 | monitoraggio visivo   | bonifica fondazione pavimentazione;<br>interventi tipo deep mixing, jet grouting  | AM (1.2)                   | eventuali interventi medio-lungo periodo     |    |
| 1.1.5     | erosione scarpate del rilevato                                       | smottamenti, erosioni   | verifica efficienza regolazione idraulica;<br>pulizia fossi di guardia                  | monitoraggio visivo   | riprofilatura scarpata secondo sez. tipo;<br>opere ingegneria naturalistica;<br>ripristino regolazione idraulica                        | AM (1.2)                   | RP (2)<br>interventi breve-medio periodo     |   |
| 1.2.1     | erosione superficiali, colate di fango                               | smottamenti, erosioni trincea   | pulizia fossi di guardia;<br>regolazione idraulica superficiale                         | monitoraggio visivo   | riprofilatura/adagiamento trincea;<br>opere ingegneria naturalistica  | AM (1.2)                   | RP (2)<br>interventi breve periodo           |  |
| 1.2.2     | Instabilità della trincea/pendio a monte                             | deformazione piede muro, fenomeni di distacco a monte   | pulizia fossi di guardia;<br>interventi ingegneria naturalistica (viminata, gabbionate) | monitoraggio visivo;<br>indagini geognostiche,<br>monitoraggio strumentale                | interventi di consolidamento profondo (paratia pali/micropali/pozzi drenanti o strutturali a grande diametro)                           | AM (1.3)                   | RP (2)<br>interventi breve-medio periodo     |  |
| 1.2.3     | Distacchi di materiale roccioso                                      | materiale roccioso in equilibrio precario   | disgaggio materiale in equilibrio precario;<br>svuotamento reti                         | monitoraggio visivo pendio e reti di protezione   | interventi di presidio con reti/bARRIERE di protezione  | AM (1.2)                   | RP (2)<br>interventi breve periodo           |  |
| 1.3       | Dissesti strutture di sostegno                                       | lesioni/rotazioni muri  | verifica drenaggi/barbacani   | monitoraggio visivo;<br>monitoraggio con fessurimetri/spie                                | drenaggi, placcaggi strutturali   | AM (1.3)                   | RP (2)<br>interventi breve-medio periodo     |  |
| 1.4       | Dissesti fondazioni opere  | aperture anomale giunti, disassamenti pile, movimenti anomali impalcato                         |   | fessurimetri, inclinometri da parete;<br>indagini geognostiche e monitoraggio strumentale | interventi di consolidamento profondo (paratia pali/micropali/pozzi drenanti o strutturali a grande diametro)                           | AM (1.3)                   | RP (2)<br>interventi breve-medio periodo     |  |
| 1.5       | Instabilità di versante  | deformazione piede muro, fenomeni di distacco a monte, nicchie di distacco, lacerazioni terreno | regolazione idraulica efficiente  | monitoraggio visivo;<br>indagini geognostiche,<br>monitoraggio strumentale                | interventi di consolidamento profondo (paratia pali/micropali/pozzi drenanti o strutturali a grande diametro);<br>varianti al tracciato | AM (1.3)                   | RP (2)<br>interventi medio-lungo periodo     |  |



## GLOSSARIO

(Le definizioni dei vari termini sono relative *all'uso che ne viene fatto nel testo*)

- Ancoraggio** (tirante, barra) = Elemento di collegamento che contrasta le spinte sopportate da una struttura verticale (muro, paratia, etc.) o da un elemento roccioso, trasmettendole a strati di terreno più profondi e stabili.
- Arenarie** = Rocce costituite da sabbia cementata da un legante naturale che ne tiene uniti i granuli.
- Argille** = Sedimenti a granulometria finissima derivanti dall'alterazione di rocce silicatiche. Le argille hanno la caratteristica di acquisire plasticità in presenza d'acqua. Un pendio costituito da argilla asciutta può essere stabile con inclinazioni anche elevate. Non appena l'argilla - che asciugandosi cala sensibilmente di volume, fessurandosi ed aprendo così vie di penetrazione alle acque piovane - s'impregna d'acqua, lo stesso pendio è soggetto a franare per assumere una pendenza inferiore, adeguata alla nuova condizione (bagnata) delle stesse argille.
- Assestimetro** = Strumento usato per misurare l'assestamento di strati di terreno naturale o di rilevati artificiali. Vari assestimetri possono essere montati sulla stessa verticale per misurare gli assestamenti del terreno a diverse profondità (colonna assestimetrica).

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Cedimento differenziale</b>  | = Abbassamento non uniforme di una struttura o di un rilevato.   |
| <b>Cella di pressione</b>       | = Strumento che rileva le pressioni esercitate su una superficie. Usata in geotecnica per diversi scopi, tra i quali quello di misurare le tensioni di lavoro di tiranti d'ancoraggio. |
| <b>Conoide</b>                  | = Accumulo di depositi o di detriti con superficie di forma conica.  |
| <b>Copriferro</b>               | = Nel c.a. e nel c.a.p.: spessore del getto che protegge le armature.  |
| <b>Diaframma</b>                | = Struttura sotterranea realizzata generalmente in calcestruzzo armato per il contenimento di spinte del terreno.  |
| <b>Disgaggio</b>                | = Operazione di rimozione di massi rocciosi fratturati e/o pericolanti.  |
| <b>Erosione =</b>               | = Azione distruttiva degli agenti atmosferici (del vento e, particolarmente, delle acque) sul terreno.   |
| <b>Evidenze</b>                 | = Effetti di fenomeni franosi, visibili sulle superfici del terreno, sulle strutture, sulla vegetazione etc..  |
| <b>Falda idrica</b>             | = Acque circolanti nel sottosuolo.   |
| <b>Fattore di sicurezza</b>     | = Rapporto tra le azioni stabilizzanti e quelle destabilizzanti che agiscono su un'opera d'arte, su un edificio, sul terreno di una pendice, etc..                                     |
| <b>Fessurimetro</b>             | = Strumento molto semplice che misura la larghezza di lesioni o di discontinuità in una costruzione in muratura o in calcestruzzo.   |
| <b>Fondazione (di un'opera)</b> | = Parte di una struttura che ne trasmette i carichi al terreno.  |

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Fondazione profonda</b>         | = Tipo di fondazione che trasferisce i carichi di una struttura a strati di terreno profondi, in grado di sopportarli (pali, pozzi di fondazione).   |
| <b>Fondazione superficiale</b>     | = Fondazione (plinto, trave rovescia, platea) che trasmette i carichi di una struttura direttamente a strati di terreno prossimi al piano di campagna.   |
| <b>Frana di roccia</b>             | = Movimento che interessa strati rocciosi, in genere estremamente rapido e pericoloso. Si distinguono i <u>crolli di roccia</u> , nei quali il movimento delle masse avviene in parte nell'aria (caduta libera) con salti, rimbalzi e rotolamenti. Si possono produrre colate di <u>detriti</u> . Questo tipo di frane può iniziare con il ribaltamento o il distacco di prismi di roccia lungo superfici di debolezza (fratture, giunti). Possono essere anche di tipo <u>rotazionale, traslativo o complesso</u> (combinazione di più tipi). |
| <b>Frana rotazionale</b>           | = Movimento nel terreno dovuto a forze che producono un momento di <u>rotazione</u> attorno ad un punto posto al di sopra del centro di gravità della massa in frana. La superficie di rottura si presenta concava verso l'alto.   |
| <b>Fratturazione (delle rocce)</b> | = Fenomeno di rottura che si verifica negli strati rocciosi a seguito di prolungate tensioni, fenomeni tettonici, variazioni di temperatura, etc.  |
| <b>Geologia</b>                    | = Branca delle scienze naturali che studia la storia e le modificazioni della Terra, mediante l'esame delle sue condizioni attuali e delle forze che tendono a modificarla. La preparazione del Geologo si fonda su <u>una cultura eminentemente naturalistica</u> .   |

- Geotecnica** = Branca dell'ingegneria civile che studia la meccanica dei terreni e la loro interazione con le strutture. La preparazione scientifica e tecnica di un Ingegnere geotecnico si fonda su una base essenzialmente fisico-matematica.
- Giunto** (in una roccia) = Discontinuità o piano di debolezza in un ammasso o in uno strato roccioso.
- Inclinometro** = Strumento geotecnico costituito da un tubo, generalmente di alluminio, dotato di quattro guide longitudinali. Inserito in una perforazione eseguita nel terreno ed opportunamente cementata, si deforma seguendo gli spostamenti di un eventuale movimento franoso. Tali spostamenti vengono rilevati periodicamente facendolo percorrere da un'apposita sonda (sonda inclinometrica) che cammina lungo le guide.
- Lunata** = Traccia, con andamento curvilineo, riscontrabile sul piano della pavimentazione, sulla superficie di una pendice o di una scarpata, che denota la sommità di uno smottamento o generalmente del movimento di una porzione di terreno.

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Micropali</b>             | = Pali trivellati di piccolo diametro ( $\leq 25$ cm) dalle elevate capacità portanti, armati con armatura in acciaio convenzionale o tubolare. Vengono adottati in geotecnica per costituire paratie nel terreno, per sottofondare strutture esistenti e comunque laddove per motivi tecnici o economici (presenza di roccia, spazi ridotti, presenza di traffico o di strutture vulnerabili dalle vibrazioni, etc.) non sia praticabile il ricorso a pali di medio o grande diametro o a diaframmi. Vengono usati anche per la cementazione di strati del sottosuolo. |
| <b>Muro di controripa</b>    | = Muro di sostegno posto al piede di una scarpata in trincea, con lo scopo di limitarne l'estensione.   |
| <b>Muro di sottoscarpa</b>   | = Idem, c.s. ma posto al piede di una scarpata in rilevato.   |
| <b>Nicchia (di distacco)</b> | = Intaccatura in un pendio, dal contorno spesso arcuato, che delimita, nella parte superiore di una frana, la porzione di terreno rimasta in sito dopo che una parte del terreno è franata.   |
| <b>Pedogenizzazione</b>      | = Effetto, dovuto ad una serie di fenomeni naturali, che tende a trasformare una roccia in terreno adatto alla crescita della vegetazione.  |
| <b>Piezometro</b>            | = Strumento geotecnico infisso nel terreno in una perforazione per rilevare la quota delle falde idriche presenti nel sottosuolo. Il rilievo dei livelli di falda viene eseguito per mezzo di una sonda elettrica.  |



|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Rilevato</b>       | = Riporto di terreno adeguatamente costipato, limitato lateralmente da scarpate naturali e/o da muri di contenimento. Viene realizzato quando, per necessità di tracciato, la piattaforma autostradale deve trovarsi al di sopra dell'esistente piano di campagna. |
| <b>Roccia</b>         | = Materiale naturale dotato di elevata coesione, che rimane tale anche dopo prolungato contatto con l'acqua.   |
| <b>Scarpata</b>       | = Superficie laterale di un terreno o di un terrapieno, a forte pendenza.  |
| <b>Scoscendimento</b> | = Movimento franoso di crollo rapido e improvviso, che coinvolge falde rocciose e si sviluppa lungo superfici spesso arcuate (frana rotazionale).  |
| <b>Smottamento</b>    | = Termine spesso usato per definire un movimento franoso che interessa masse di terreno superficiali e relativamente piccole.  |
| <b>Soliflusso</b>     | = Con questo termine si intende un movimento lentissimo di masse terroso-detritiche, soprattutto se imbevute da acque meteoriche e/o soggette al fenomeno di gelo-disgelo, che formano strati superficiali di pendii in terra e roccia.                            |
| <b>Sovrastruttura</b> | = Insieme degli strati, costituiti da vari materiali e realizzati al di sopra del piano di sommità di un rilevato o del fondo scavo di una trincea, costituenti la fondazione stradale e la pavimentazione.  |

|  |   |
|--|---|
| <b>Spalla</b>                            | = In un'opera d'arte (ponte, viadotto, etc.), elemento che fornisce l'appoggio di estremità di un implicato, con o senza funzione di contenimento del terreno. Originariamente, il termine veniva usato per i ponti ad arco.      |
| <b>Stabilità</b>                         | = Rapporto tra le azioni stabilizzanti e destabilizzanti agenti su di una qualsiasi struttura o terreno, rapporto nel quale le prime prevalgono sulle seconde.  |
| <b>Terra</b>                             | = Materiale naturale formato da granuli non legati fra loro o che possono essere separati con modeste sollecitazioni o per contatto con l'acqua.  |
| <b>Terreno</b>                           | = Terra o roccia nella sua sede naturale.   |
| <b>Terreno pedologico</b>                | = Terreno che ha subito processi di pedogenizzazione (vedi).  |
| <b>Trincea</b>                           | = Scavo nel terreno, limitato lateralmente da scarpate naturali e/o da muri di contenimento, eseguito quando, per necessità di tracciato, la piattaforma autostradale deve trovarsi al di sotto dell'esistente piano di campagna. |
| <b>Vegetazione idrofila</b>              | = Vegetazione caratteristica di terreni molto umidi o palustri. La sua presenza può denunciare l'esistenza di una falda idrica molto superficiale o, comunque, di ristagni d'acqua nel terreno.                                   |
| <b>Zona d'accumulo</b><br>(di una frana) | = Area, prossima al piede della frana, entro la quale il materiale spostato si trova a quota superiore di quella della superficie originaria del versante.  |

**Zona di distacco**

(di una frana)

= Area, generalmente nella parte medio-alta della frana, entro la quale il materiale spostato si trova a quota inferiore di quella della superficie originaria del versante.

ACCARDI B., LUPIA PALMIERI E.: *"il globo terrestre e la sua evoluzione"* Zanichelli, 3<sup>a</sup> ediz.(1987);

VARNES D.: *"Slope Movements Types and Processes"*, in: *Landslides: Analysis and Control. Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, Chapter 2*, (1978);

CIANCIOSI O., COLLOTTA T., ROCCHI G.F., SEVERONI A. *"Analisi e gestione dei dati inclinometrici per il controllo della stabilità dei pendii lungo la rete Autostrade S.p.A."* - *Rivista Autostrade*, n. 1, gennaio-marzo (1992);

C.N.R. - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.): *"Progetto A.V.I." (Censimento delle Aree Italiane Vulnerate da Calamità Idrogeologiche)*, Perugia (1994).

MALGARINI M., CIANCIOSI O. *"La sorveglianza geotecnica della rete Autostrade"* – *Rivista Autostrade* , n. 3, luglio-settembre (1995)

---

**Titolo:** Manuale "SOR.GE." (DCOP/DMIE/MSO – giugno 2015)

Sorveglianza Geotecnica

Indicazioni per il controllo della stabilità del corpo autostradale.

Revisione del documento: Dott.ssa Ornella Ciaciosi

La revisione tecnica del Manuale SOR.GE. è stata curata dal Professor Ing. Michele Jamiolkowski (Studio Geotecnico Italiano) (novembre '04)

## APPENDICE



**A) - ANAGRAFICA**

|                       |                        |                   |                                  |   |                               |
|-----------------------|------------------------|-------------------|----------------------------------|---|-------------------------------|
| 1: Autostrada         | 2: Progr. di rif. (hm) | 3: d/s/e          | 4: Id scheda                     | 5: Progressive di inizio / fine (effettive) |                               |
|                       |                        |                   | Pr. 1                            | Pr. 2                                       |                               |
| 6: Data creaz. scheda | 7: COMUNE              |                   |                                  | 8: LOCALITA'                                |                               |
| 9: Matr.RILEVATORE    |                        | 10: Matr.REVISORE | 11: Ev. scheda trincea associata |   | 12: Variazione dati esistenti |

**B) - CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA**

**1: Tipologia area osservata**

|   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Trincea                        | <input type="checkbox"/> Rilevato               |
| <input type="checkbox"/> Imbocco galleria               | <input type="checkbox"/> Rilevato a mezza costa |
| <input type="checkbox"/> Pendio naturale sopra sede str | <input type="checkbox"/> Pendio opera d'arte    |
| <input type="checkbox"/> Pendio naturale sotto sede str | <input type="checkbox"/> -----                  |
| <input type="checkbox"/> Pendice rocciosa               |   |

**2: Proprietà**

|                                  |
|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> ASPI    |
| <input type="checkbox"/> Esterna |

3: Quota media s.l.m.

4: Ev. istituzione / autorità competente

 SQ

5: Anno scavo / costr.  +/-

9: Lunghezza area osservata (m)

6: N. banche

10: Pendenza media (gr)

7: Altezza banche dal piano stradale min/max (m)

11: Altezza max dal p. strad. (m)

8: Presenza massi ☐

12: Esposizione fronte scavo/pendio  
☐ N ☐ NE ☐ E ☐ SE ☐ S ☐ SO ☐ O ☐ NO

13: Nota generale (descrizione area)

7: Altezza banche dal piano stradale min/max (m)

\_ descrizione dettagliata dell'area osservata;  
 \_ riferimenti ad opere d'arte (se presenti)

**C) - AMBIENTE**

**1: Superficie versante (scarpata)**

|   |
|---|
| <input type="checkbox"/> Versante nudo        |
| <input type="checkbox"/> Versante vegetato    |
| <input type="checkbox"/> Versante coltivato   |
| <input type="checkbox"/> Versante urbanizzato |
| <input type="checkbox"/> -----                |

**2: Vegetazione / coltivazione**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Arbusti        | <input type="checkbox"/> Frutteto   |
| <input type="checkbox"/> Boschivo       | <input type="checkbox"/> Oliveto    |
| <input type="checkbox"/> Alberi isolati | <input type="checkbox"/> Vigneto    |
| <input type="checkbox"/> Manto erboso   | <input type="checkbox"/> Seminativo |
| <input type="checkbox"/> -----          |                                     |

A) B) C) campi dati obbligatori







