

3 - MODELLAMENTO DEI VERSANTI

3.1 - Non solo acqua

L'acqua (liquida o ghiaccio) è il principale agente del **disfacimento meteorico**, cioè l'insieme delle modificazioni fisiche (prevalentemente meccaniche) e chimiche che subisce una roccia al contatto con gli agenti atmosferici. L'insieme delle modificazioni fisiche costituisce la **disgregazione**, mentre l'insieme delle modificazioni chimiche costituisce l'**alterazione** (soluzione, processi aloclastici, idratazione, idrolisi,...), molto importante nelle zone con clima caldo, in quanto le elevate temperature favoriscono i processi di trasformazione chimica dei materiali. Gran parte dei processi di degradazione (erosione, esarazione, crioclastismo o gelivazione,...) sono dovuti alla presenza di acqua liquida o solida. Il disfacimento meteorico viene così detto perché dipende dalle condizioni climatiche. In ambienti con clima temperato prevale l'azione dell'acqua liquida; in quelli con clima freddo prevale il ghiaccio.

Nei climi secchi la maggior parte dei fenomeni di disgregazione e di alterazione legati alla presenza di acqua sono assenti o quasi. Nelle zone con clima arido si manifestano importanti fenomeni di disfacimento meteorico che non richiedono la presenza di acqua, ma che possono manifestarsi, più o meno intensamente, anche nei climi umidi. Nel modulo cinque sono considerati anche i **processi biologici**, che contribuiscono in modo importante alla demolizione dei materiali della crosta terrestre. Tutti questi processi (fisici, chimici e biologici) sono i cosiddetti **agenti esogeni** perché agenti dall'esterno (**epigeni**); essi pertanto vengono distinti dagli **agenti endogeni**, che agiscono dall'interno (**ipogeni**) della crosta terrestre.

3.2 - I processi termoclastici

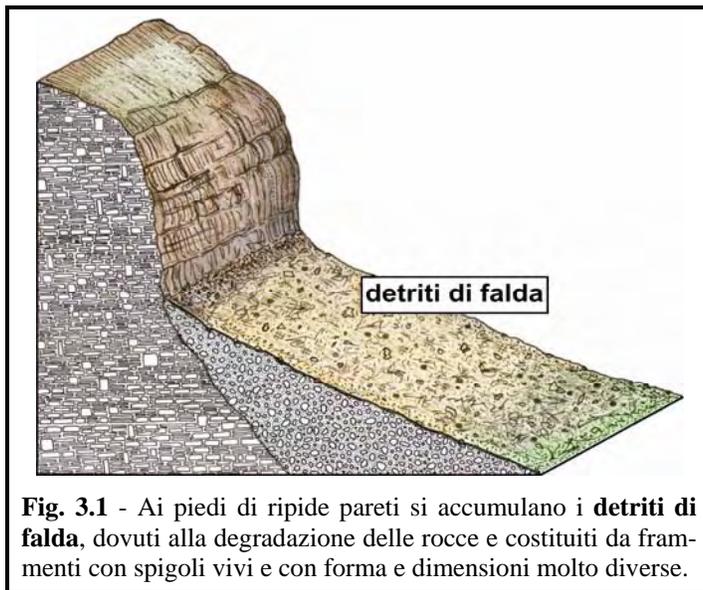


Fig. 3.1 - Ai piedi di ripide pareti si accumulano i **detriti di falda**, dovuti alla degradazione delle rocce e costituiti da frammenti con spigoli vivi e con forma e dimensioni molto diverse.

I processi termoplastici comportano il disfacimento delle rocce per dilatazione e contrazione dei materiali a causa delle escursioni termiche diurne. In questi processi non è compresa la formazione di fessure delle lave per contrazione delle masse effuse durante il raffreddamento, ma la dilatazione e contrazione delle rocce per le variazioni di temperatura dovute al riscaldamento per l'insolazione diurna (dilatazione) ed al raffreddamento per l'irradiazione notturna (contrazione). Tali fenomeni sono più accentuati nelle zone con climi secchi e sui versanti montani esposti a Sud, caratterizzati da forti escursioni termiche, dove la temperatura dell'aria diminuisce notevolmente durante le notti con cielo libero da nubi ed aumenta considerevolmente con la forte insolazione.

Le dilatazioni e le contrazioni comportano la formazione di fessure sempre più ampie e la riduzione dei materiali in frammenti più piccoli. Talora la fessurazione

si manifesta su superfici di minor resistenza, come nel caso di rocce stratificate o molto fratturate; in tali casi avviene una *sfogliazione*, cioè le rocce si disgregano con distacco di frammenti a forma di "squame", simili alle foglie della cipolla (*fessurazione cipollare* o *squamosa*). Un altro fenomeno termoclastico è l'*esfogliazione granulare*, che riduce la roccia a sabbia; essa agisce soprattutto su rocce composte da numerosi minerali caratterizzati da coefficienti di dilatazione anche molto diversi. Sulle pareti rocciose ripide, ben esposte al sole, il forte riscaldamento diurno ed il forte raffreddamento notturno (soprattutto in estate, anche nelle nostre zone alpine), i processi termoclastici sono molto accentuati. Nell'inverno possono essere molto efficaci il crioclastismo ed altri processi di disgregazione, come l'erosione della pioggia battente. Tutti contribuiscono alla produzione di materiali detritici che si accumulano ai piedi delle pareti, formando accumuli di **detriti di falda** (figg. 3.1 e 3.2), costituiti da frammenti irregolari come dimensioni e forma e con spigoli vivi (al contrario dei ciottoli fluviali che presentano invece spigoli arrotondati).



Fig. 3.2 - Ai piedi di ripidi pareti montuose, a causa dei processi di disfacimento (soprattutto *crioclastismo* e *termoclastismo*) si formano potenti accumuli di materiali (**detriti di falda**), talora con aspetto di conoidi molto evidenti.

3.3 - Paesaggi disegnati dal vento

La degradazione meteorica (nei climi asciutti, soprattutto il termoclastismo) è causa della frammentazione delle rocce in massi, ciottoli e grani fino alle dimensioni della sabbia; essi possono essere movimentati dal vento. La loro asportazione viene detta *deflazione*, molto efficace nelle zone dove è assente la vegetazione. Con il tempo questo processo può “abbassare” una intera superficie. In altri termini il vento può formare depressioni o *bacini di deflazione*. Molti di questi hanno scarsa profondità, ma alcuni (Qattara in Egitto) sono profondi diversi decimetri.

Il vento è un agente importante della trasformazione del paesaggio, soprattutto nelle zone aride (*azione eolica*). Molte superfici desertiche sono costituite da rocce denudate dal vento; in alcuni casi esse sono coperte di massi e ciottoli troppo grandi per essere trasportati; i deserti di questo tipo sono chiamati *reg*. Ai livelli più bassi, le particelle trasportate dal vento urtano contro le superfici esercitando nei confronti di esse una erosione per effetto degli urti delle particelle (**corrosione**) e determinando la formazione di superfici lisce e bordi taglienti. Le parti più basse delle pareti e delle colonne rocciose vengono logorate con formazione di nicchie e scanalature in corrispondenza dei materiali meno resistenti (**fig. 3.3**).

Il vento sposta i grani di sabbia facendoli avanzare sul terreno. Durante le tempeste vengono spostate grandi masse di sabbia. Questa si deposita formando piccole increspature o creste, oppure si accumula formando **dune**, con forma a mezzaluna (*barcana*; **fig. 3.4**), con le punte spostate in avanti dal vento. Le dune possono raggiungere altezze di una decina di metri, ma in alcuni casi, come in Arabia meridionale, superano i trenta metri. Dune in miniatura si formano nelle più ampie spiagge del Mediterraneo. La sabbia si accumula a ridosso di ostacoli; in tal modo si innesca il processo di formazione della duna che cresce man mano che il vento trasporta altra sabbia; questa viene prima

trasportata sul pendio per cadere, oltre il suo margine più elevato, lungo la porzione sottovento, dove i vortici mantengono una ripida parete. L'intera massa quindi si sposta lentamente in avanti.

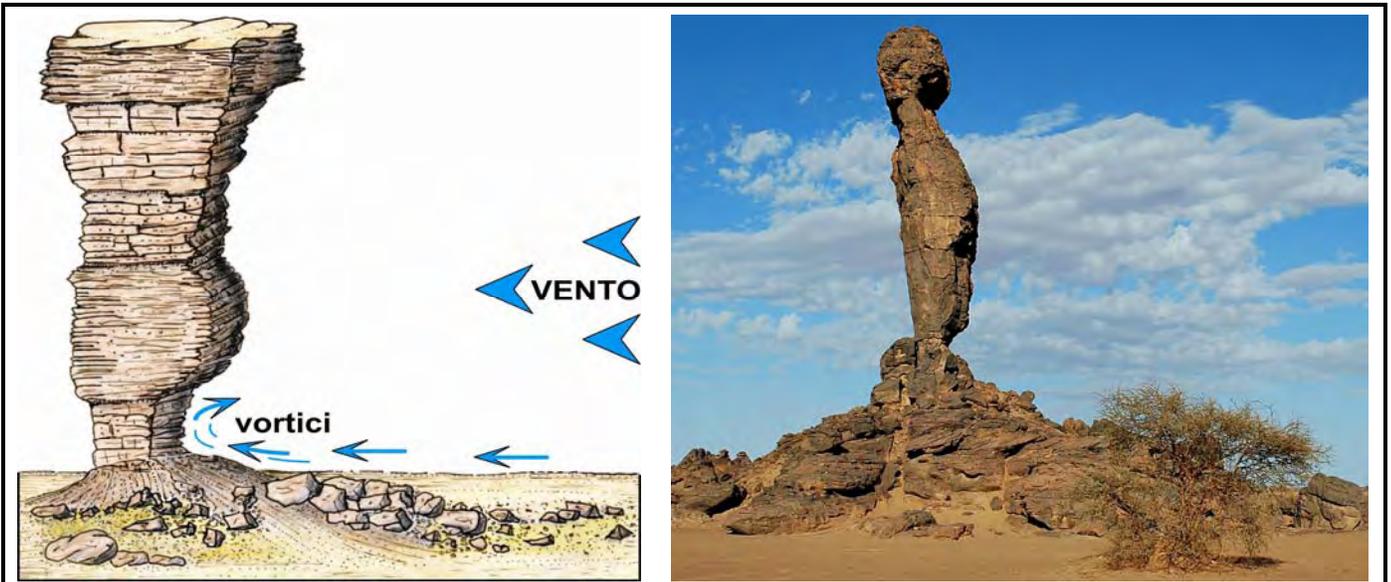


Fig. 3.3 - Nei deserti (nelle foto è rappresentato quello di Akalus, in Libia) l'azione eolica è il principale agente modellatore del paesaggio. Interessante e curiosa è la formazione di colonne rocciose. Alla base l'attrito del terreno riduce la velocità del vento con formazione di vortici. I grani di sabbia vengono scagliati in maggior numero nella parte inferiore, dove quindi la corrosione è maggiormente pronunciata. In alto il numero di urti dovuti alle particelle trasportate dal vento è minore.

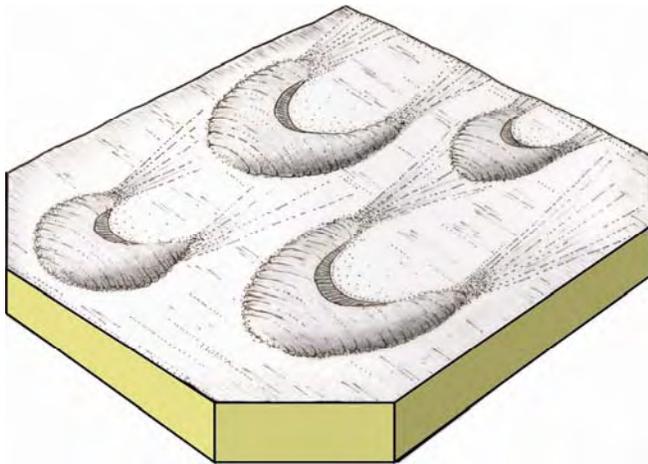


Fig. 3.4 - Formazione delle dune a forma di barcana.

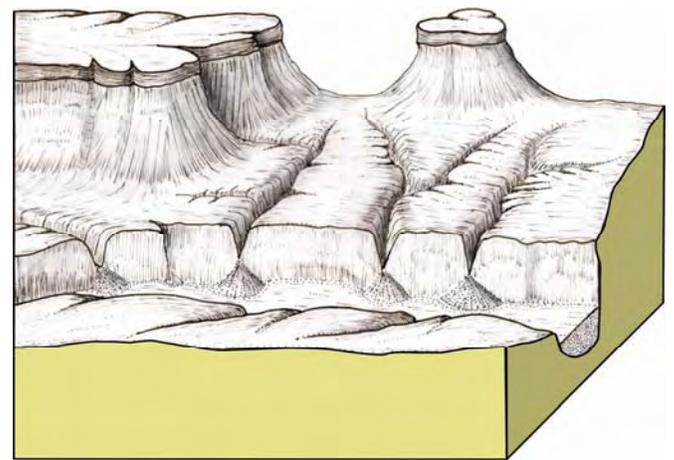


Fig. 3.5 - Paesaggio tipico di climi aridi in cui l'acqua rimane comunque ancora protagonista nel formare il rilievo.

Nelle zone con climi aridi, in cui la carenza o assenza di acqua non consente lo sviluppo di una copertura vegetale, le forme del paesaggio presentano caratteristiche spesso molto diverse rispetto alle aree con climi umidi. Tuttavia molti

di questi paesaggi sono anche il risultato dell'azione dell'acqua. In alcuni casi vi sono forme prodotte da torrenti che si formano in seguito a rari ma intensi acquazzoni. In altri casi tali forme (più antiche) sono dovute alle acque superficiali di un periodo precedente più umido.

La **fig. 3.5** mostra profonde incisioni dovute all'acqua che scorre soltanto in occasione di rovesci temporaleschi. Il materiale viene trasportato e depositato, sotto forma di coni detritici, sul fondo di un *canyon*, dai ripidi fianchi e nel quale l'acqua non è perenne. Nella maggior parte dei casi i *canyon* sono asciutti, ma saltuariamente con portate di piena molto elevate e con un notevole carico solido che viene trascinato a valle. In alto a sinistra è evidente un altipiano (*mesa*) caratterizzato da materiali più resistenti alla degradazione meteorica.

3.4 - La gravità

I processi di degradazione fisica e di alterazione chimica sono responsabili della frammentazione e trasformazione delle rocce affioranti. Il materiale alterato e disgregato (di copertura) può essere successivamente rimosso grazie ai *processi di denudazione*, tanto più efficaci quanto più ripide sono le superfici. Talvolta accade che in tali processi, oltre al materiale di copertura, vengano coinvolte anche le porzioni più superficiali della roccia sottostante non ancora sottoposta al disfacimento. Questi processi sono responsabili del *modellamento dei versanti* (cioè dei pendii dei rilievi). Essi sono causa dell'abbassamento delle alture (degradazione) e del colmamento delle bassure (*aggradazione* o *accumulo*). Molti processi della degradazione sono già trattati nei precedenti capitoli del presente modulo IV. Per quanto riguarda i processi di denudazione è utile la distinzione tra quelli in cui operano principalmente agenti di trasporto come l'acqua o il vento e quelli in cui opera soprattutto la gravità.

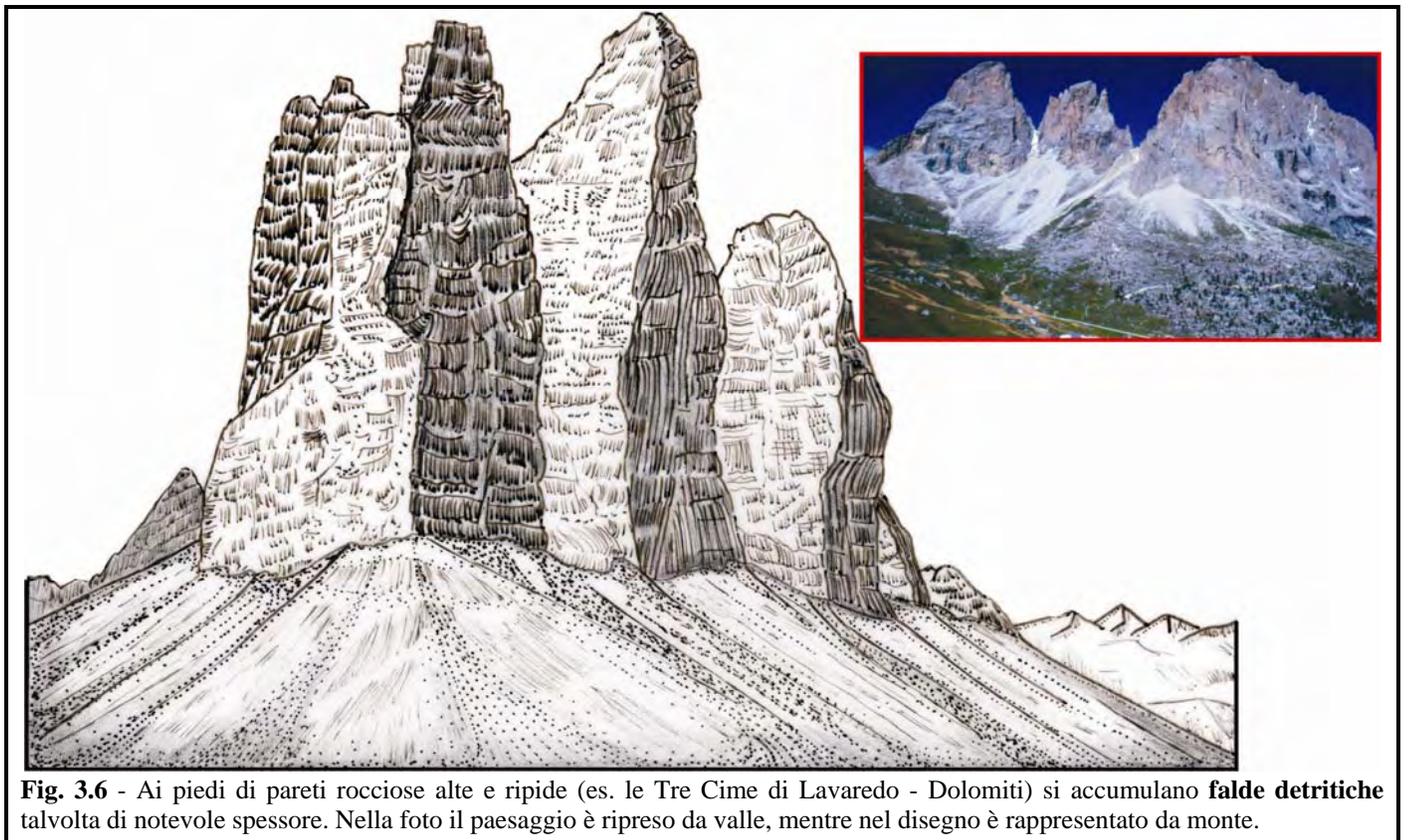


Fig. 3.6 - Ai piedi di pareti rocciose alte e ripide (es. le Tre Cime di Lavaredo - Dolomiti) si accumulano **falde detritiche** talvolta di notevole spessore. Nella foto il paesaggio è ripreso da valle, mentre nel disegno è rappresentato da monte.

I materiali prodotti dalla disgregazione di una parete rocciosa si staccano e, per gravità, precipitano accumulandosi al piede formando una **falda detritica** (**figg. 3.2 e 3.6**), una fascia di detrito con superficie inclinata. Su di essa i frammenti di roccia possono rotolare; in genere quelli di maggiori dimensioni arrivano più in basso. Le dimensioni della falda dipendono da numerosi fattori quali soprattutto l'inclinazione e le dimensioni e forma dei frammenti (**fig. 3.7**); questi a loro volta dipendono dalla struttura e composizione della roccia che costituisce la parete che, nella maggior parte dei casi, tende ad assumere una pendenza via via meno accentuata (**fig. 3.8**).

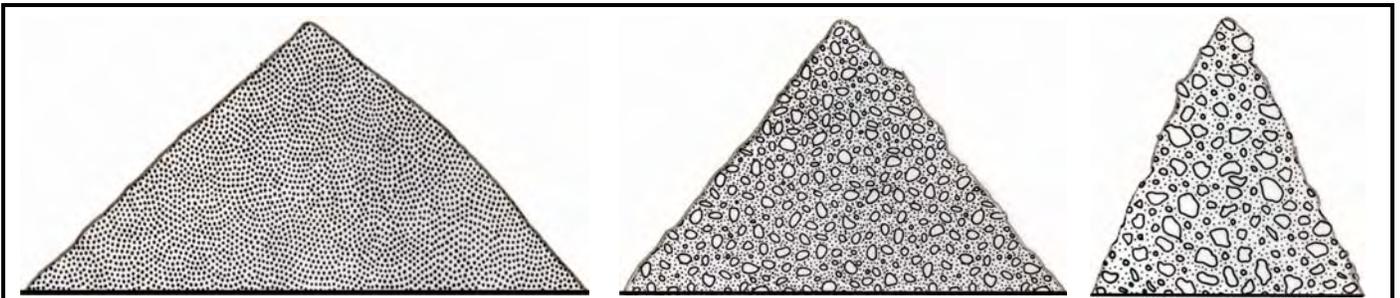


Fig. 3.7 - L'angolo di riposo dei detriti cresce all'aumentare delle dimensioni dei clasti.

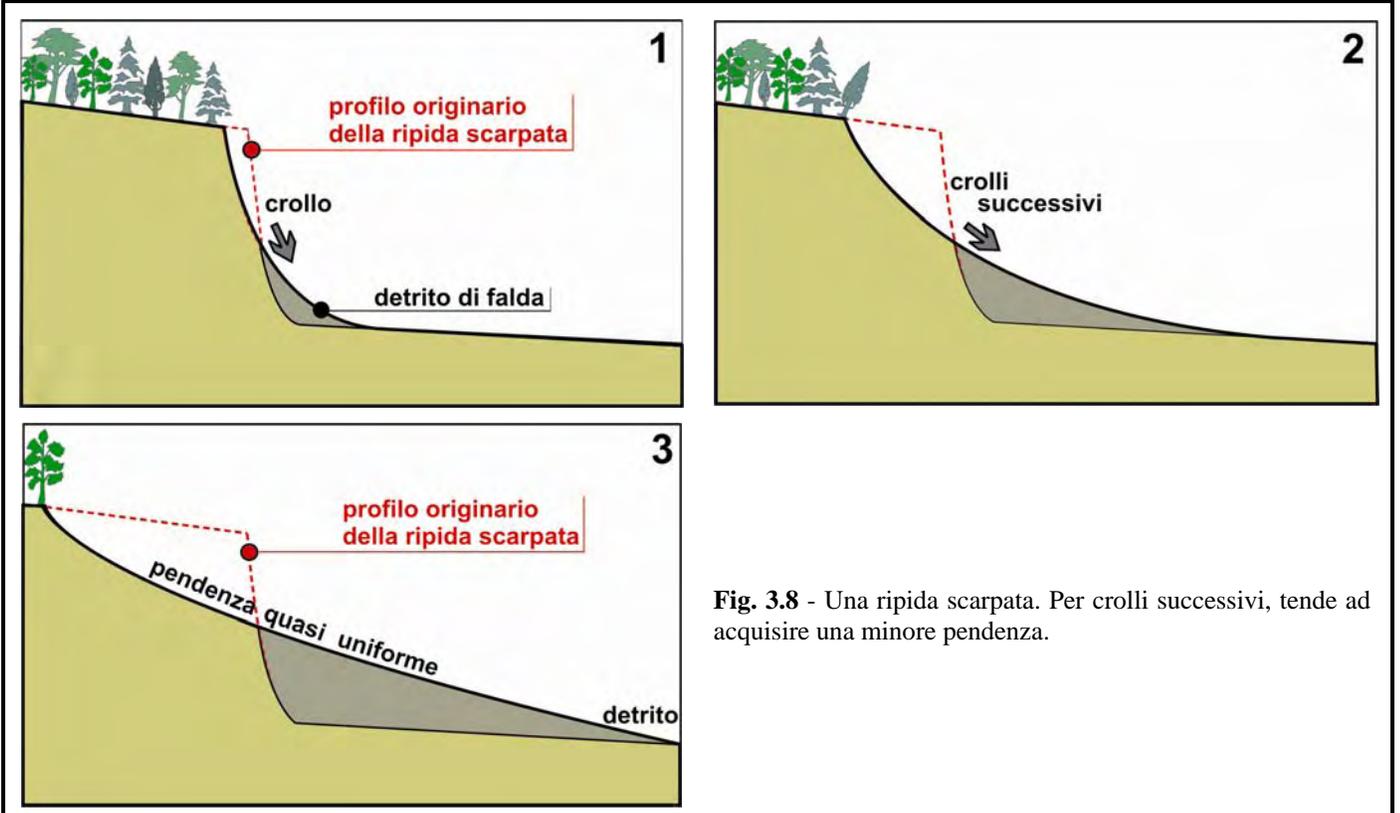


Fig. 3.8 - Una ripida scarpata. Per crolli successivi, tende ad acquisire una minore pendenza.

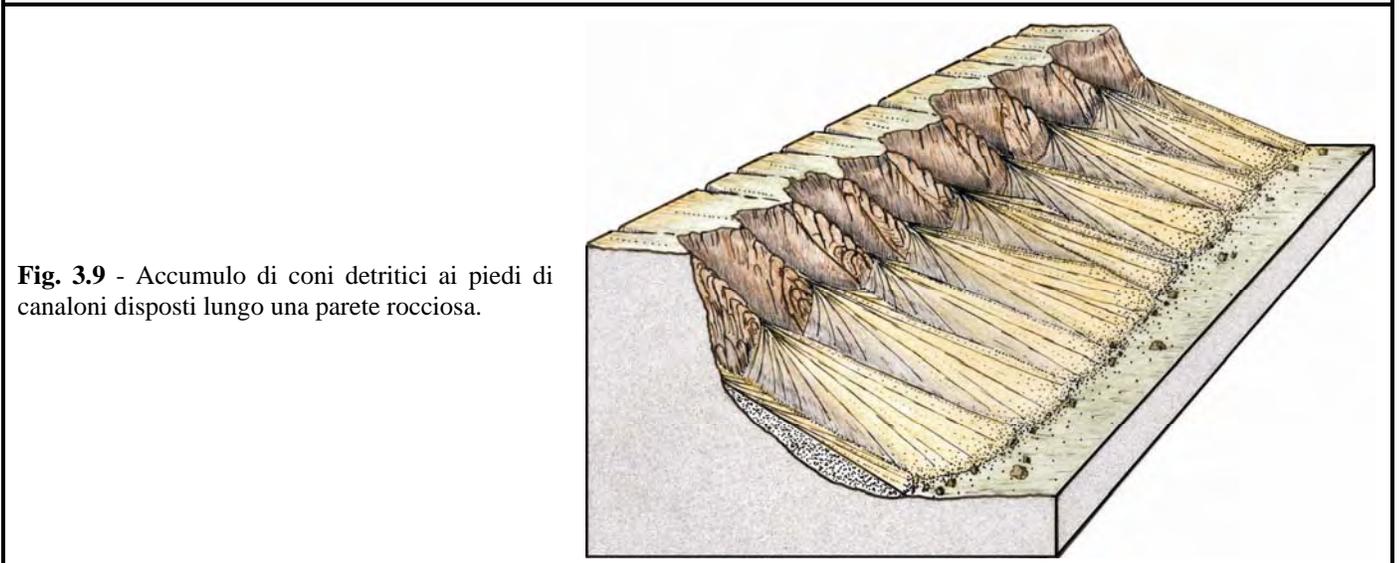


Fig. 3.9 - Accumulo di coni detritici ai piedi di canali disposti lungo una parete rocciosa.

Quando il detrito precipita dalle pareti lungo una rientranza o un canalone, si formano accumuli dalla forma particolare, detti **coni detritici**, simili, per certi aspetti, ai coni alluvionali. La **fig. 3.9** mostra una grande accumulazione detritica formata da un insieme di coni adiacenti e parzialmente sovrapposti, dovuti al materiale precipitato da una lunga parete rocciosa con superficie solcata da canaloni lungo i quali avvengono la maggior parte dei crolli.



Fig. 3.10 - Una parete ripida rocciosa (esposta a Sud), in alta montagna, presenta le condizioni adatte per intensi fenomeni di disfacimento meteorico (in particolare pioggia battente e ruscellamento, ma soprattutto per frammentazione causata dal crioclastismo e dal termoclastismo ed in parte per l'azione delle valanghe). I materiali, mossi per gravità verso il basso, si accumulano sotto forma di coni (in basso ed al centro) e falde (a destra) che, in questo caso, contribuiscono a riempire un lago alpino di origine glaciale (circo).

In montagna coni e falde detritiche possono essere coperti da neve e ghiaccio per buona parte dell'anno; in tali situazioni quando il detrito precipita al piede delle pareti, scivola e giunge in basso più facilmente (**fig. 3.10**). In estate i rovesci temporaleschi provocano scorrimenti d'acqua sulle pareti concentrandosi in corrispondenza dei canaloni; si formano così improvvisi e tumultuosi torrenti che, una volta giunti sul detrito, ne possono rimuovere una parte per trascinarlo e depositarlo più in basso, dove diminuisce la pendenza. Tali fenomeni complicano la morfologia delle falde e dei coni e contribuiscono a diminuire l'inclinazione delle loro superfici.

3.5 - Le frane

Le frane sono *tutti i fenomeni di caduta e di movimenti di masse rocciose e di materiali sciolti come effetto prevalente della gravità*. Esse comportano trasformazioni importanti del paesaggio e costituiscono rischi anche gravi per le persone e per le opere (**fig. 3.11**). Per tale ragione sono oggetto di studi approfonditi per evitare o limitare i danni da esse prodotti e soprattutto per prevenire, per quanto possibile, nuove frane.

La **fig. 3.12** mostra una frana in cui è possibile distinguere tre zone: *distacco, movimento, accumulo*. La zona di distacco, dopo il movimento, si presenta incavata nel versante e delimitata a monte da una scarpata (*nicchia di distacco*).

In molti casi non c'è una vera e propria zona di scivolamento, cioè non è sufficientemente estesa; essa quando è presente, si riconosce, analogamente a quella di distacco, come area incavata nel versante, sulla cui superficie è possibile individuare i segni dello scorrimento. Nella

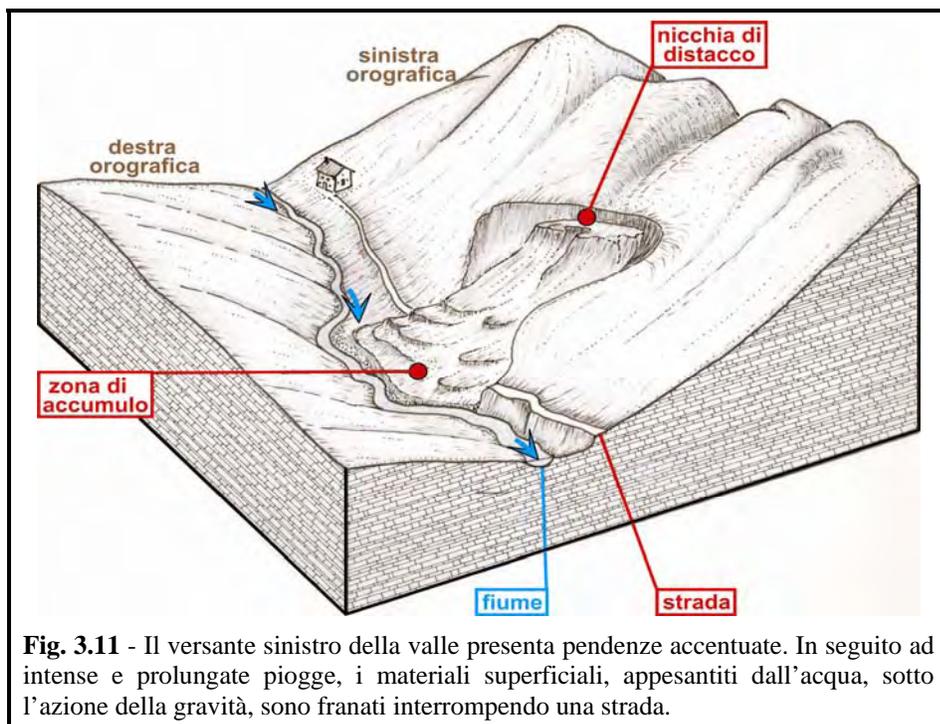


Fig. 3.11 - Il versante sinistro della valle presenta pendenze accentuate. In seguito ad intense e prolungate piogge, i materiali superficiali, appesantiti dall'acqua, sotto l'azione della gravità, sono franati interrompendo una strada.

zona d'accumulo il materiale si presenta in genere con una disposizione caotica e costituito da frammenti angolosi di forma e dimensioni assai variabili, oppure in grandi blocchi accatastati. L'accumulo può formarsi sul versante, poco a valle del distacco; talvolta il materiale, se possiede sufficiente energia, scende fino al piede del versante formando un

cono di frana. In certi casi l'accumulo si forma ancora più lontano dal distacco, in un'area di maggiori estensioni, che si presenta come una superficie irregolare con dossi e conche; in queste può accumularsi acqua formando *laghetti di frana*.

Una frana può staccarsi da un versante ed acquisire sufficiente energia cinetica (in rapido movimento) da consentire al materiale di giungere non solo ai piedi del versante stesso, ma di occupare la valle, formando una sorta di diga naturale che consente l'accumulo di acqua e conseguente formazione di un *lago di sbarramento per frana*. Se il materiale possiede ancora più energia, può superare il fondovalle, con formazione dell'accumulo addirittura sul versante opposto a quello in cui è avvenuto il distacco.

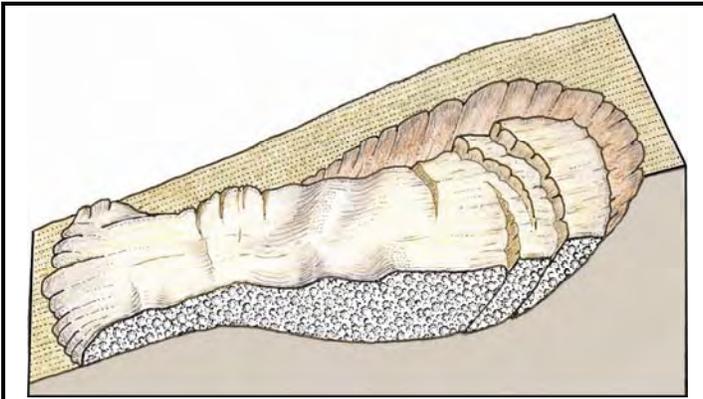


Fig. 3.12 - In una frana si possono osservare una *zona di distacco* (in alto a destra), una *zona di scivolamento* ed una *zona di accumulo* (in basso a sinistra).

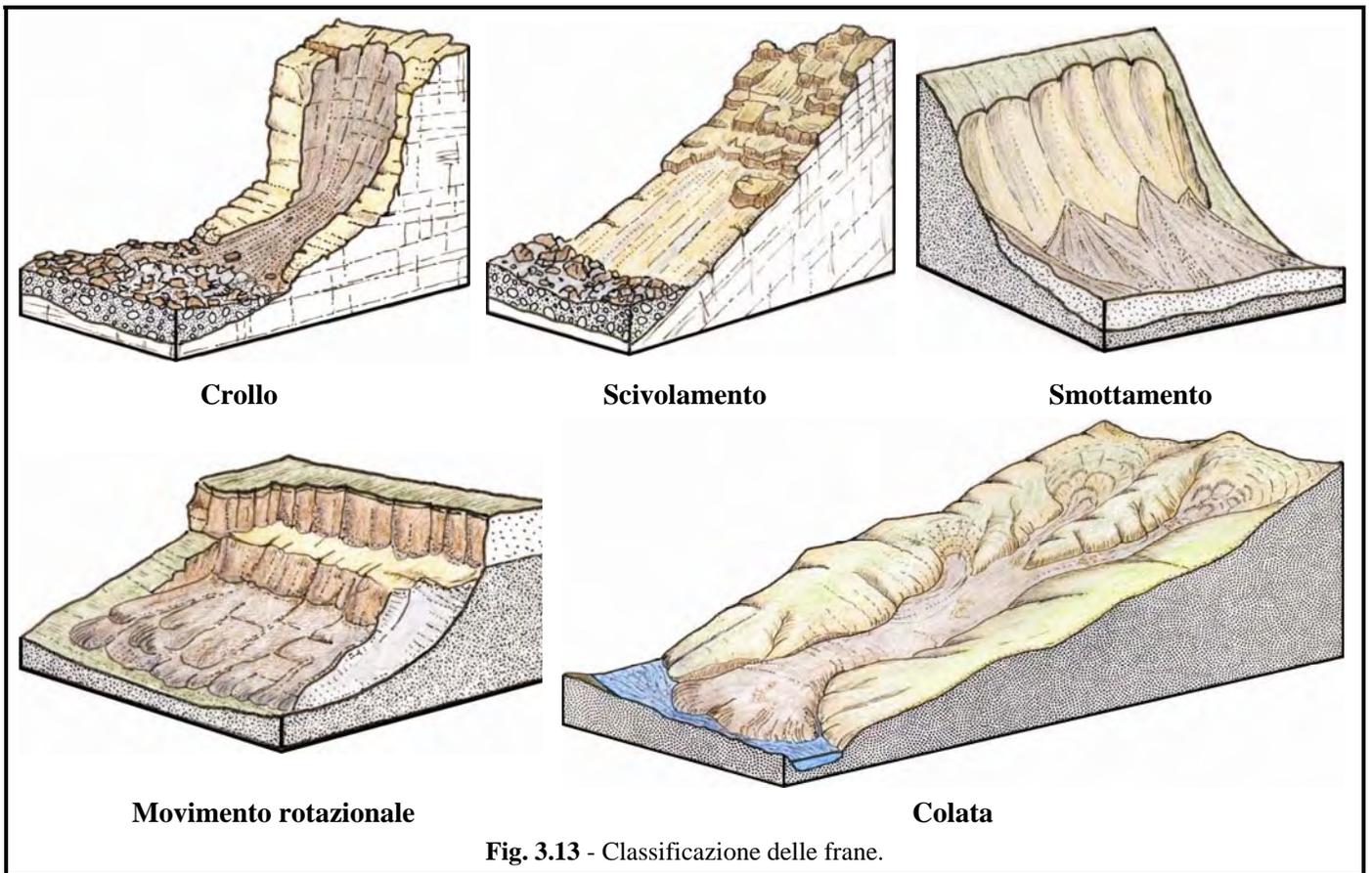


Fig. 3.13 - Classificazione delle frane.

Le frane possono si classificano in base a criteri diversi, fra i quali la natura dei materiali, il tipo e le modalità del movimento, frequenza e durata dei fenomeni, cause, ecc... La **fig. 3.13** propone una classificazione semplificata:

- **frane di crollo** (*rock falls*); si verificano a causa di un distacco improvviso di masse rocciose da pareti ripide; nel movimento iniziale prevale la componente verticale;
- **frane di scivolamento o di slittamento** (*rock slides*); si manifestano su una superficie di discontinuità più o meno inclinata. I movimenti sono favoriti dalla presenza di strati argillosi resi scivolosi dall'acqua penetrata in profondità (**fig. 3.14**);

- **Smottamenti**; piccole frane, in genere superficiali, in materiali incoerenti o resi tali per imbibizione di acqua;
- **frane con movimento rotazionale** (*slumps*); si verificano a causa della formazione di superfici di taglio curve entro materiali poco coerenti quando viene superata la resistenza al taglio dei materiali stessi;
- **frane per colamento** o **colate**; prodotte da ammolimento di masse argillose ad opera dell'acqua; il movimento è fluido/viscoso, con scarsa velocità; le grosse colate che interessano il terreno in profondità e che si presentano come lingue in piccole valli, contribuiscono in modo molto importante al modellamento del paesaggio; frane di questo tipo più superficiali, dal contorno poco definito, che mantengono i versanti instabili, sono dette "*lame*".

Fig. 3.14 - Il modellamento della superficie terrestre avviene anche e soprattutto per l'insieme di numerosi piccoli movimenti di terra, come nel caso di questo scivolamento di materiali dovuto all'incremento di peso della coltre detritica (suolo) a seguito di abbondanti precipitazioni.

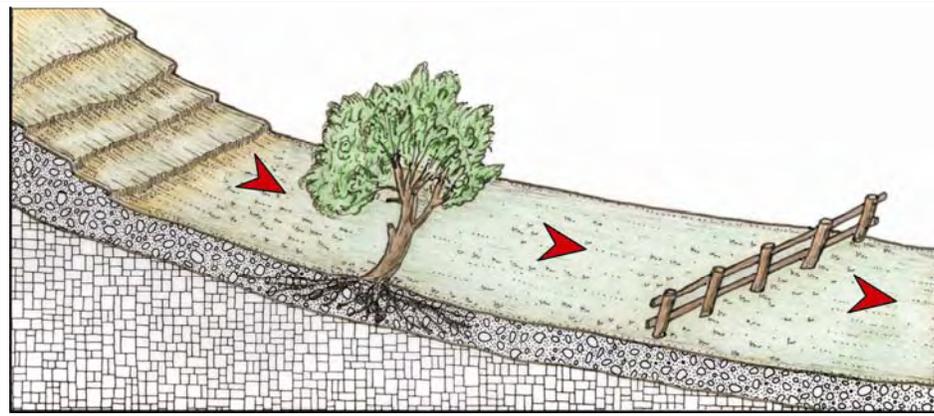


Fig. 3.15 - L'inclinazione di stacciate e di alberi è conseguenza di lenti movimenti che possono interessare una superficie lievemente inclinata.

Molte frane presentano caratteri che possono appartenere a più di un tipo fra quelli sopra descritti; esse vengono dette *frane di tipo misto*. Inoltre a questi movimenti bisogna aggiungere altre forme di modellamento dei versanti:

- **Soliflusso** (*creeping*). Colamento lento di una massa fluida molto viscosa in versanti anche poco ripidi. Il movimento è favorito da materiali argillosi e limosi imbevuti d'acqua a causa della pioggia o del disgelo. Interessa interi versanti argillosi collinari o ampie aree montane sopra il limite superiore degli alberi in ambiente periglaciale (il termine soliflusso viene infatti frequentemente sostituito da *geliflusso*).
- **Reptazione** (*soil creep*). Movimento "strisciante", molto lento, risultato complessivo di un insieme di movimenti parziali (dovuti a cause diverse) degli elementi costituenti il mantello detritico che si muove sulla roccia sottostante. Interessa uno strato superficiale, reso evidente dalla forma incurvata dei fusti arborei (**fig. 3.15**). Il movimento è dovuto all'imbibizione ed al disseccamento, al termoclastismo ed al crioclastismo, alle azioni degli animali (in particolare invertebrati e roditori che scavano gallerie nel suolo).
- **Valanghe**. Frammenti di neve su un pendio, per certi aspetti simili alle frane, con possibilità di distinzione delle zone di distacco, discesa ed accumulo. Contribuiscono, talora anche in modo importante, al modellamento dei versanti. Nelle *valanghe di roccia*, insieme alla neve, è presente un carico abbondante di materiali rocciosi; si verificano quando una frana rocciosa coinvolge nel movimento accumuli di neve che si trovano a valle. Le *frane di ghiaccio* sono crolli di masse gelate che coinvolgono anche materiali rocciosi; si manifestano su un ripido pendio

coperto da un ghiacciaio e possono dar luogo ad accumuli di ghiaccio e morena che precipitano verso valle. In alcuni casi dalla fronte sospesa di un ghiacciaio si staccano blocchi, anche di grandi dimensioni (*cadute di seracchi*), che si accumulano ai piedi delle pareti in mucchi caotici di massa gelata, più o meno ricca di frammenti di roccia. Le valanghe, quando il materiale che le costituisce è principalmente costituito da neve (*slavine*), sono causate da fattori diversi. Elevati spessori della neve (per precipitazioni abbondanti, oppure per concentrazione dalla neve che si accumula ai piedi di ripide pareti) comportano pesi eccessivi, diventando instabili. Tali fenomeni sono favoriti da elevate inclinazioni, tanto che spesso le slavine si verificano lungo ripidi canali nei quali vi sono le condizioni per accumuli di neve. Importanti sono le condizioni delle masse gelate; la neve bagnata e quella farinosa sono più valangose di quella gelata; inoltre il distacco è favorito dalla stratificazione di tipi di neve con caratteri diversi (per es. uno strato di neve farinosa “scivola” facilmente su neve ghiacciata). Infine i fenomeni valanghivi sono ampiamente favoriti dalla mancanza di vegetazione, soprattutto arbustiva ed arborea.

Sistema di valutazione del pericolo di slavine.		
Scala del pericolo	Stabilità del manto nevoso	Probabilità di distacco delle valanghe
1	Debole	Manto nevoso, in generale, ben consolidato, o a debole coesione, senza tensioni
2	Moderato	Manto nevoso moderatamente consolidato su alcuni pendii ripidi; per il resto è ben consolidato.
3	Marcato	Consolidamento del manto nevoso da moderato a debole su molti pendii ripidi.
4	Forte	Manto nevoso debolmente consolidato sulla maggior parte dei pendii ripidi.
5	Molto Forte	Manto nevoso, in generale, debolmente consolidato e per lo più instabile.



Il **bollettino nivometrico** è fornito da diversi servizi meteorologici. È lo strumento che fornisce un quadro sintetico dell’innnevamento e dello stato del manto nevoso. Indica il pericolo di valanghe in un determinato territorio e, sulla base delle previsioni meteorologiche, la possibile evoluzione del manto nevoso per l’immediato futuro al fine di prevenire incidenti derivanti dal distacco di valanghe.

La **scala del pericolo** è suddivisa in cinque gradi caratterizzati da un’aggettivazione e numerazione crescente da 1 a 5. La progressione della scala non è lineare; infatti il grado di pericolo 3, pur

trovandosi al centro della scala, non rappresenta un grado di pericolo medio ma una situazione già critica.

In generale le cadute ed i movimenti di materiali dovuti all’azione della gravità dipendono dall’equilibrio fra il peso dei materiali stessi e l’attrito sulla superficie di distacco e di scivolamento. Tale equilibrio dipende dall’angolo di inclinazione del pendio; a parità di attrito, maggiore è la pendenza, minore è il peso necessario a determinare il movimento. Importante è la coerenza dei materiali e la copertura vegetale (che contribuisce alla stabilità). I materiali possono essere distinti nelle seguenti categorie:

- *rocce coerenti*, quelle che rimangono tali indipendentemente dal fatto che siano o meno imbevute d’acqua (come le rocce compatte, prive di fratture);
- *rocce pseudocoerenti*, come per esempio argille e limi, che si comportano come coerenti quando sono asciutte e come incoerenti quando sono imbevute d’acqua;

- *rocce semicoerenti*, fornite di deboli leganti cementizi come le molasse (costituite da grani di sabbia poco cementati e piuttosto friabili), i tufi vulcanici (composti da frammenti di diverse dimensioni che possono più o meno facilmente staccarsi gli uni dagli altri), le masse fessurate (poco “solide” perché ricche di fratture),...
- *rocce incoerenti*, formate da elementi liberi come sabbie, ghiaie, cumuli detritici,...

In funzione delle caratteristiche dei materiali, del loro peso e dell'inclinazione del versante si può avere equilibrio per cui non si manifestano movimenti. Se l'equilibrio è di per se precario, diversi fattori possono innescare i fenomeni franosi.

Aumento del peso. Può essere determinato dall'acqua; per esempio una sabbia grossolana ha peso specifico pari a $1,3 \div 1,5 \text{ kg/dm}^3$ quando asciutta, ma arriva a valori intorno a $1,7 \text{ kg/dm}^3$ se bagnata. In seguito a piogge intense, si verifica un aumento del peso di un materiale inizialmente in riposo e di conseguenza, un movimento franoso. Un effetto analogo può essere provocato dalla costruzione di un edificio in grado di esercitare un notevole incremento di peso.

Aumento dell'inclinazione del versante. Può verificarsi a causa dell'erosione al piede per l'azione di acque correnti, delle onde del mare,... o per intervento dell'uomo (per es. con rischi elevati nella esecuzione di scavi o di rilevati senza controlli della stabilità dei versanti in funzione dell'inclinazione degli stessi).

Diminuzione della coesione (e di resistenza al taglio). È normalmente indotta dalle acque sotterranee che provocano la soluzione delle sostanze che fungono da cemento, soprattutto nelle rocce semicoerenti. Talora l'acqua causa l'ammollimento di strati argillosi e quindi la diminuzione della coesione con quelli su cui poggiano o che li sovrastano.

Importanti sono i processi termoclastici e crioclastici che provocano fessure e spaccature anche in rocce coerenti. Infine l'acqua di percolazione (che filtra nel terreno soprattutto in occasione di abbondanti piogge) agisce da lubrificante in corrispondenza delle superfici di contatto fra strati di composizione diversa; in questo caso vi è *diminuzione di attrito*, cioè diminuzione della superficie di aderenza tra materiali già in precario equilibrio ed il substrato roccioso. Il *sovraccarico naturale* è responsabile di un aumento del peso dei materiali a causa dell'accumulo su di essi di detriti dovuti a frane che si staccano da porzioni a monte dello stesso versante. Può accadere che in aree caratterizzate da antiche frane stabilizzate, l'equilibrio venga modificato per sovraccarico causato dal distacco di nuove frane.

La distruzione delle alture ed il colmamento delle bassure sono conseguenza di fenomeni naturali che caratterizzano normalmente la superficie terrestre, determinando un'evoluzione continua del paesaggio. Essi fanno parte della storia del nostro pianeta e con essi l'uomo ha sempre dovuto confrontarsi per evitare conseguenze, talvolta disastrose, sulle attività economiche e produttive e sulla sicurezza civile. L'uomo stesso, con il disboscamento e con la realizzazione di opere che, in molti casi, sono state causa di degradazione, ha contribuito notevolmente al *dissesto idrogeologico*; questo comprende una serie di fenomeni che, in natura, avverrebbero pur sempre, ma in tempi più lunghi.

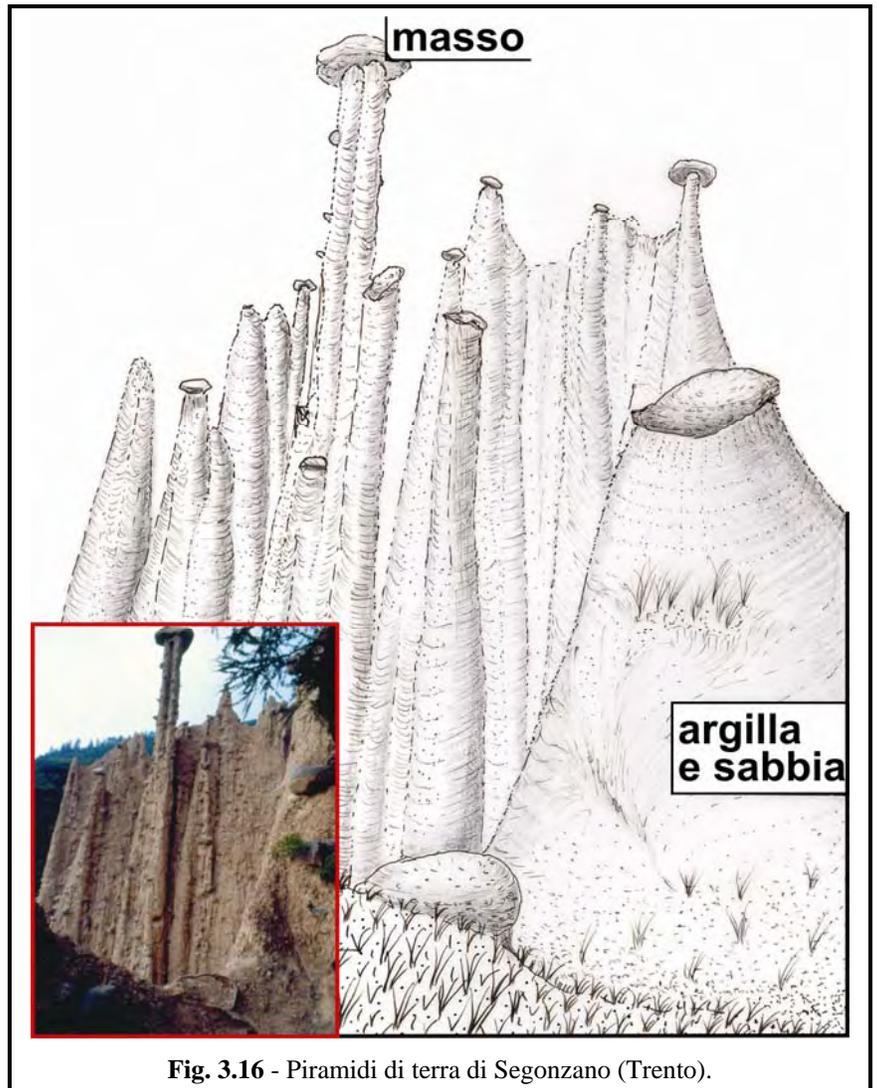


Fig. 3.16 - Piramidi di terra di Segonzano (Trento).

SCHEDA 3.1 - Le piramidi di terra

I fenomeni di disfacimento meteorico e gravitativi fin qui studiati sono responsabili della distruzione dei rilievi. Ma tale distruzione comporta anche un modellamento che talvolta assume aspetti particolari e spettacolari. Le **piramidi di terra** sono forme molto pittoresche dovute al dilavamento pluviale su materiali poco coerenti e molto eterogenei come, per esempio, i depositi morenici. Sui pendii costituiti da materiali fini (argilla e sabbia) e contemporaneamente di grosse dimensioni, le acque di pioggia asportano rapidamente la matrice argillosa, isolando in questo modo i massi; questi esercitano un'azione protettiva sul materiale sottostante, analogamente ai massi sulla superficie dei ghiacciai nei confronti dei raggi solari. Con il tempo si viene isolando una sorta di pilastro che rimane protetto dalla azione erosiva della pioggia battente dal masso che lo sormonta come un ombrello. L'erosione sui fianchi al piede del pilastro provoca un ulteriore abbassamento del terreno tutto intorno ed un assottigliamento del pilastro stesso. Il masso diventa successivamente instabile e crolla lasciando la colonna che lo sosteneva sotto l'azione degli agenti atmosferici che, in poco tempo, la distruggono. Esempi caratteristici di piramidi di erosione si trovano presso Rezzago in Valassina (Como), Zone (lago d'Iseo), Ritten (Bolzano), Segonzano (in valle Cembra; Trento; **fig. 3.16**), Villar S. Costanzo (presso Dronero; Cuneo; **fig. 3.17**).

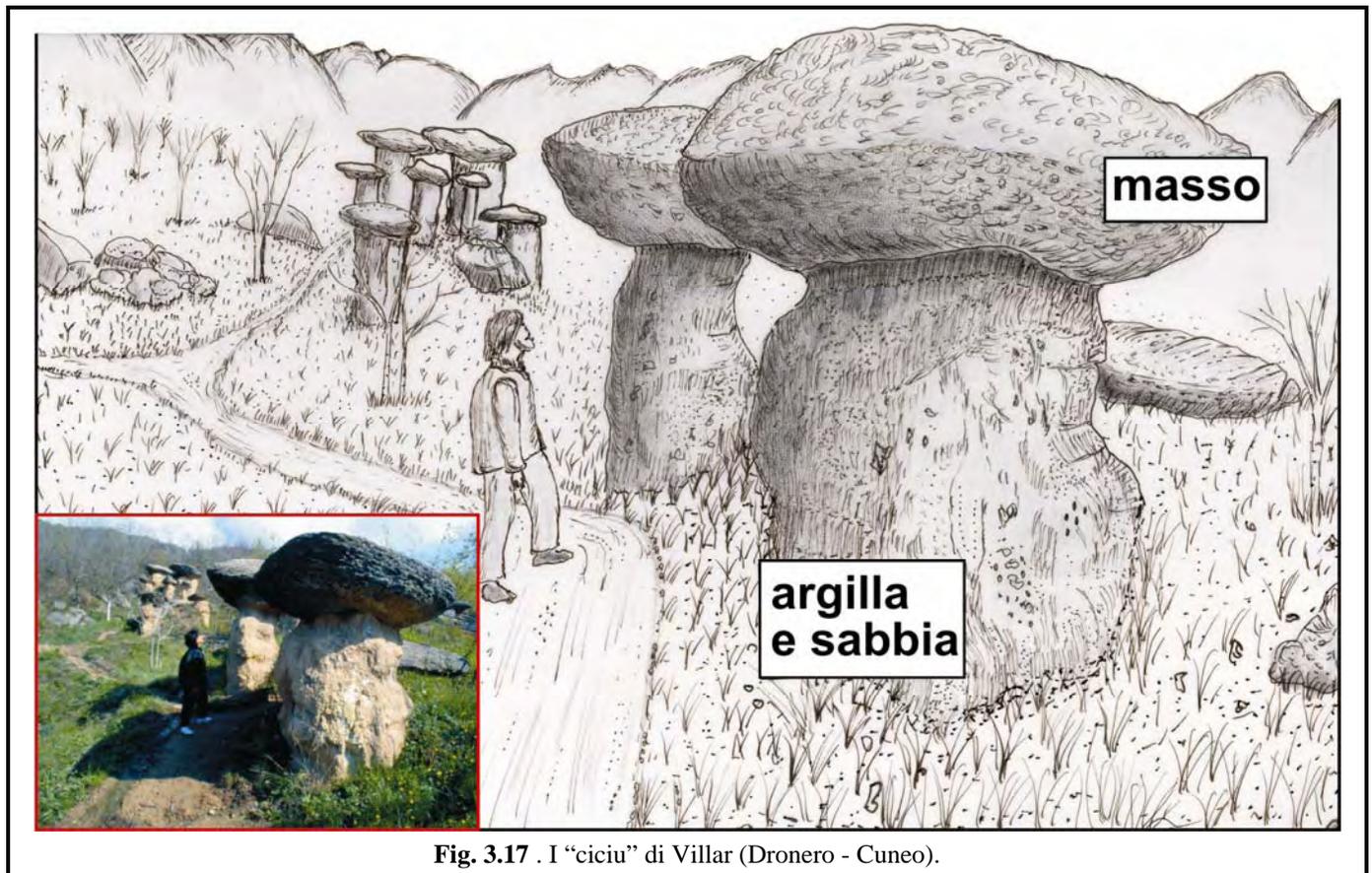


Fig. 3.17 . I "ciciu" di Villar (Dronero - Cuneo).