

Pendii instabili

Modellizzazione dei meccanismi di crollo delle pareti rocciose e dei pendii

Cedimenti dei pendii per ribaltamento e scivolamento

Le rocce con stratificazione orizzontale tendono ad essere abbastanza stabili, ma quando presentano un'inclinazione sono meno stabili, in particolare se presentano fratture verticali o giunti. Il tipo di cedimento dipende solitamente dal tipo di roccia e dallo spessore degli strati.

Le rupi e i pendii costituiti da rocce sedimentarie possono crollare in diversi modi, ma due dei più comuni sono il cedimento per ribaltamento (Figg. 1 e 2) e lo scivolamento lungo il piano di stratificazione (Fig. 3).



Figura 1. Crollo di blocchi di roccia calcarea caduti dalla sommità della parete rocciosa, Hunstanton, Norfolk, Regno Unito.



Figura 2. Sequenza alternata di arenaria e argillite, in cui grandi e piccoli blocchi di arenaria si staccano e cadono. Gli strati immergono verso la fotocamera. Mam Tor, Derbyshire, Regno Unito.

Il Mam Tor è costituito da una sequenza rocciosa di arenaria e argillite risalente al Carbonifero ed è talvolta chiamato "Shivering Mountain" (la montagna che trema) a causa dei blocchi di arenaria che regolarmente si ribaltano e cadono sui pendii ghiaiosi ai piedi della parete. L'effetto dello scorrimento lungo il piano di stratificazione è evidente nella Fig. 3, dove un massiccio blocco di arenaria torridoniana è scivolato lungo il piano di stratificazione, probabilmente su un sottile strato di argillite.



Figura 3. Scorrimento lungo il piano di stratificazione. La roccia a forma di pinna di squalo è scivolata lungo il piano di stratificazione finendo in mare. Clachtoll, Sutherland, Scozia.

Il processo di scorrimento lungo il piano di stratificazione può essere osservato "in azione" nei punti in cui gli scavi stradali attraversano rocce inclinate (Fig. 4). Spesso è necessario fissare le rocce in posizione (stabilizzarle) utilizzando bulloni da roccia o reti di sostegno (Fig. 5).



Figura 4. Una strada che attraversa rocce inclinate da destra a sinistra. Le rocce sulla destra potrebbero facilmente scivolare lungo il piano di stratificazione, mentre quelle sulla sinistra sono relativamente stabili poiché sono inclinate verso il versante della collina.



Figura 5. Bulloni da roccia e reti utilizzate per stabilizzare le rocce su un pendio nel taglio di Ty Nant lungo la A5, nel Galles del Nord.

Modellizzazione del cedimento del versante – materiali competenti

Le rocce si comportano in modo competente quando si muovono come un'unica massa.



Figura 6a. Modellizzazione del cedimento nelle rocce competenti – scivolamento.

- Costruite un clinometro come quello mostrato nella Figura 6a oppure utilizzate un clinometro che avete a disposizione.
- Fissate il clinometro a una tavola, ad esempio utilizzando una molletta da carta.
- Posizionate la scatola di carte in piano e su un lato della tavola.
- Sollevate delicatamente questa estremità della tavola e registrate l'angolo al quale la scatola inizia a scivolare, come in Figura 6b. Effettuate almeno quattro misurazioni e utilizzatele per calcolare l'angolo medio di scivolamento. Registrare i risultati nella Tabella 1.
- Ripetete l'operazione, posizionando la scatola di carte in diversi orientamenti, ad esempio sui lati lunghi e corti, sia perpendicolarmente che parallelamente alla direzione della pendenza. Annotare i risultati nella tabella.
- Fissate un pezzo di carta vetrata sulla tavola e ripetete le osservazioni.



Figura 6b. Modellizzazione del cedimento nelle rocce competenti – scivolamento.

Modellizzare il cedimento dei pendii – materiali incompetenti

Le rocce si comportano in modo "incompetente" quando si frammentano e/o scorrono durante il movimento.



Figura 7a. Modellizzazione del cedimento nelle rocce incompetenti – scivolamento.

Estraete il mazzo di carte dalla scatola e ripetete l'esperimento per simulare il modo in cui le rocce incompetenti presentano cedimenti. Ripetete l'esperimento utilizzando il mazzo di carte con la scatola vuota sopra. Fissate un pezzo di carta vetrata sulla tavola e ripetete gli esperimenti.



Figura 7b. Modellizzazione del cedimento nelle rocce incompetenti – scivolamento.

Domande chiave

Chiedete ai vostri alunni di rispondere a queste domande utilizzando i risultati riportati nella tabella.

- Quali sono le differenze tra l'angolo di cedimento del pendio nelle diverse situazioni?
- C'è qualche differenza nell'angolo di cedimento del pendio quando si utilizza la carta vetrata?
- A cosa potrebbe essere dovuto? (*La carta vetrata ha aumentato la forza di attrito tra la tavola e gli oggetti*)
- In una situazione reale, quale effetto potrebbe avere l'acqua? (*Potrebbe ridurre l'attrito e favorire il cedimento*)
- Quali altri fattori possono influenzare il cedimento dei pendii nel mondo reale? (*Frequenza dei piani di stratificazione, dei giunti e di altre fratture; rugosità dei piani di stratificazione e delle superfici dei giunti; direzione di un taglio in relazione alla direzione e all'entità dell'inclinazione degli strati*).

Esperimento	Tavola liscia		Tavola con carta vetrata	
	Angolo di cedimento °	Tipo di cedimento	Angolo di cedimento °	Tipo di cedimento
Scatola di carte di piatto				
Scatola di carte con il lato lungo perpendicolare al pendio				
Scatola di carte con il lato corto perpendicolare al pendio				
Scatola di carte con il lato lungo parallelo al pendio				
Scatola di carte con il lato corto parallelo al pendio				
Mazzo di carte				
Mazzo di carte con la scatola sopra				

Tavola 1. Tabella in bianco per registrare i risultati dei diversi esperimenti

Guida per l'insegnante**Titolo:** Pendii instabili**Sottotitolo:** Modellizzazione dei meccanismi di crollo delle pareti rocciose e dei pendii**Argomento:** Indagine sui fattori che influenzano l'angolo di pendenza al quale i materiali cedono e scivolano.**Adatto per studenti di:** 11-18 anni**Tempo necessario per completare l'attività:** 30 minuti**Abilità in uscita:** Gli studenti saranno in grado di:

- effettuare una serie di misurazioni utilizzando un clinometro;
- individuare eventuali regolarità nelle misurazioni effettuate;
- comprendere alcune delle modalità con cui i pendii rocciosi stabili e instabili possono cedere;
- spiegare in che modo l'attrito possa influenzare l'angolo al quale si verifica il cedimento delle masse rocciose.

Esperimento	Tavola liscia		Tavola con carta vetrata	
	Angolo di cedimento °	Tipo di cedimento	Angolo di cedimento °	Tipo di cedimento
Scatola di carte posizionate di piatto	20	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti	52	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti
Scatola di carte con il lato lungo perpendicolare al pendio	14	Cedimento per ribaltamento: strati competenti	10	Cedimento per ribaltamento: strati competenti
Scatola di carte con il lato corto perpendicolare al pendio	5	Cedimento per ribaltamento: strati competenti	5	Cedimento per ribaltamento: strati competenti
Scatola di carte con il lato lungo parallelo al pendio	25	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti	45	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti
Scatola di carte con il lato corto parallelo al pendio	17	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti	28	Cedimento per ribaltamento: strati competenti
Mazzo di carte	6	Scivolamento del piano di stratificazione: strati incompetenti	8	Scivolamento del piano di stratificazione: strati incompetenti
Mazzo di carte con la scatola sopra	5	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti e incompetenti	8	Scivolamento del piano di stratificazione: strati competenti e incompetenti

Contesto:

L'attività può essere utilizzata nell'ambito di una lezione dedicata al fenomeno delle frane, oppure

come applicazione dei principi fisici dell' attrito. I risultati ottenuti da un'indagine reale sono riportati nella Tabella 2.

Attività successive:

Provate altre attività correlate di Earthlearningidea, ad esempio Castelli di sabbia e pendii:

https://www.earthlearningidea.com/PDF/66_Italian.pdf, “Una frana dalla finestra”

(https://www.earthlearningidea.com/PDF/Una_frana_dalla_finestra.pdf) e “Dam burst danger”

(https://www.earthlearningidea.com/PDF/62_Dam_burst.pdf)

Cercate esempi reali di potenziali cedimenti rocciosi o misure preventive nella vostra zona.

Principi fondamentali:

- Gli strati rocciosi sono definiti “competenti” quando i piani di stratificazione sono ampiamente distanziati, ad esempio >30 cm, e la roccia è relativamente resistente, come nel caso di molte arenarie.
- Gli strati “incompetenti” presentano una stratificazione molto più sottili e tendono a scivolare facilmente gli uni sugli altri, oppure perdono consistenza quando si saturano d’acqua, come nel caso dell’argillite.

Sviluppo delle abilità cognitive:

Indagare il movimento degli oggetti richiede capacità di pensiero costruttivo. Il conflitto cognitivo sorge quando gli alunni scoprono che gli angoli di frattura non sono quelli che si aspettavano. L’applicazione dell’indagine a pendii reali richiede capacità di collegamento e può avere un impatto sulla loro vita quotidiana.

Elenco dei materiali:

- clinometro – vedi nota qui sotto
- una tavola abbastanza grande (preferibilmente di legno liscio o plastica)
- un mazzo di carte da gioco
- un foglio di carta vetrata

- mollette grandi (o altro mezzo, ad es. Velcro®, nastro biadesivo ...) per fissare il clinometro e la carta vetrata alla tavola

Nota: si può realizzare un clinometro utilizzando il coperchio di una scatola per fotocopie (o simile). Disegnare un semicerchio sul coperchio, come mostrato nelle figure. Praticare un foro molto piccolo al centro della linea orizzontale. Aggiungete gli angoli in gradi (notate che il clinometro mostrato nelle foto è diverso dalla maggior parte dei goniometri scolastici, che hanno 90° nel punto centrale – qui il punto centrale presenta un’inclinazione di 0°). Potete trovare un goniometro stampabile con lo 0° al centro in siti come:

<https://www.typecalendar.com/protractor.html?gallery=gg-986-43087> Il filo a piombo è costituito da

uno spago sottile e da un dado/rondella. Fate passare lo spago attraverso il foro da davanti a dietro. Legate il filo a una graffetta sul retro della scatola per impedire che il nodo fuoriesca dal foro e fissatela in posizione con del nastro adesivo.

Link utili:

<http://www.bgs.ac.uk/landslides/>

<http://landslides.usgs.gov/>

<https://ingvambiente.com/2025/12/18/quando-la-montagna-si-muove/>

Fonte

Questa attività è stata concepita da Hazel Clark, Liverpool John Moores University. Le foto delle figure 1-5 sono di H.E. Clark, quelle delle figure 6a, 6b, 7a e 7b sono di Peter Kennett.

Traduzione: è stata realizzata da Giulia Realdon, PhD, in collaborazione con il gruppo di ricerca sulla didattica delle scienze della Terra UNICAMearth dell’Università di Camerino.

Revisione a cura della prof.ssa Maria Chiara Invernizzi - Università di Camerino (<https://geologia.unicam.it/it>).

© **Team Earthlearningidea.** Il team Earthlearningidea (idee per insegnare le scienze della Terra) cerca di produrre ogni settimana un’idea per insegnare, con costi e materiali minimi, per formatori di insegnanti e insegnanti di Scienze della Terra, in un curriculum di geografia o scienze ai vari livelli scolastici, con una discussione online su ogni idea che ha la finalità di sviluppare un network di supporto globale. “Earthlearningidea” ha risorse limitate ed il lavoro realizzato è basato principalmente sul contributo di volontari. Il materiale originale contenuto in questa attività è soggetto a copyright ma è consentito il suo libero utilizzo per attività didattiche in classe ed in laboratorio. Il materiale contenuto in questa attività appartenente ad altri è soggetto a copyright resta in capo a questi ultimi. Qualsiasi organizzazione che desideri utilizzare questo materiale deve contattare il team Earthlearningidea. Ogni sforzo è stato fatto per localizzare e contattare i detentori di copyright del materiale incluso nelle attività per ottenere il loro permesso. Per cortesia, contattateci se, comunque, ritenete che il vostro copyright non sia stato rispettato: saranno gradite tutte le informazioni che ci potranno aiutare ad aggiornare i nostri dati. Se avete difficoltà con la leggibilità di questi documenti, per cortesia contattate il team Earthlearningidea per ulteriore aiuto. Per contattare il team Earthlearningidea: info@earthlearningidea.com

