

Zdeněk Máčka

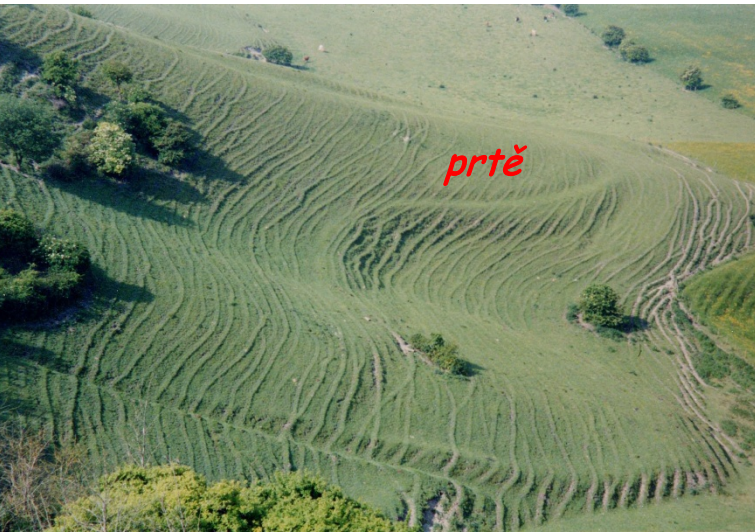
20051 *Geomorfologie (7)*

# Svahy



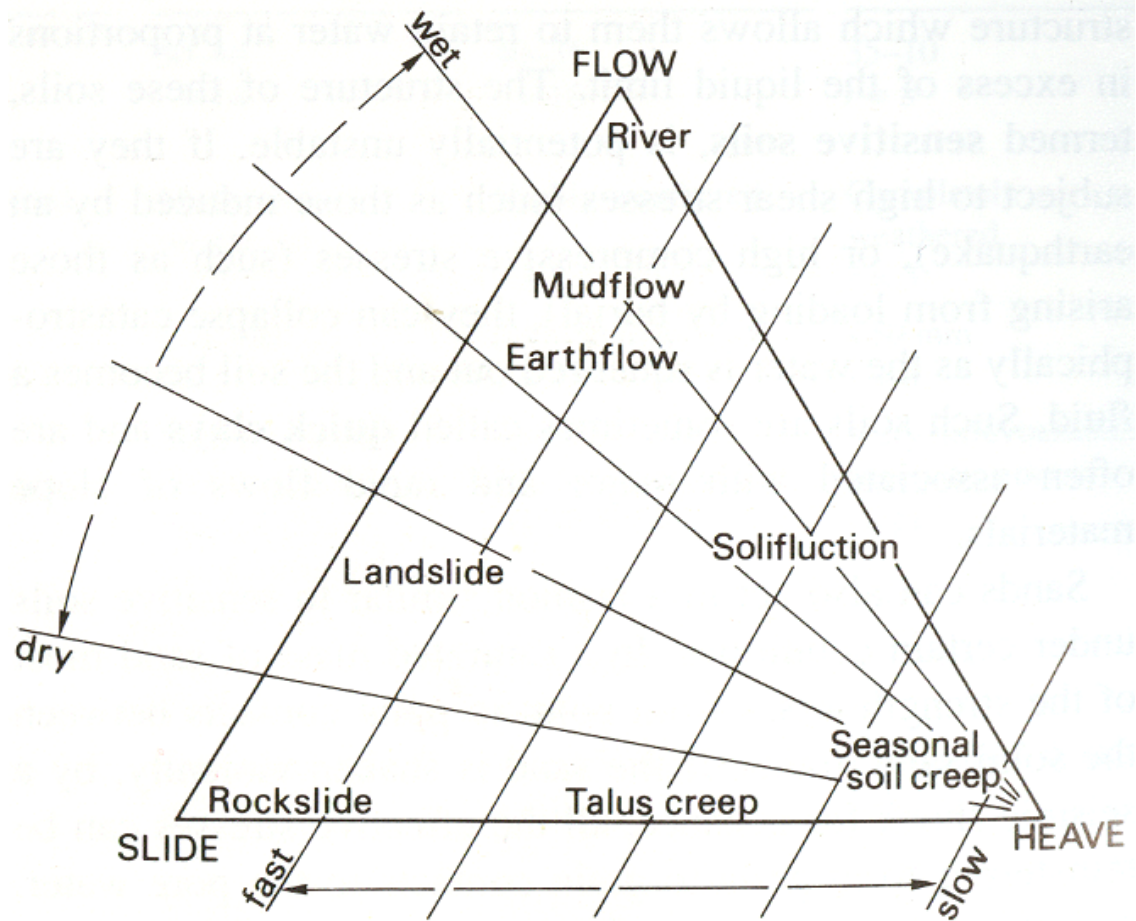
# Typy svahů podle horniny

- Skalní svahy
- Svahy tvořené zeminami  
zemina = zvětralina, sypký sediment, půda
  - jemnozrnné zeminy
  - hrubozrnné zeminy – osypy, suťové kužely
- Svahoviny (deluvium)



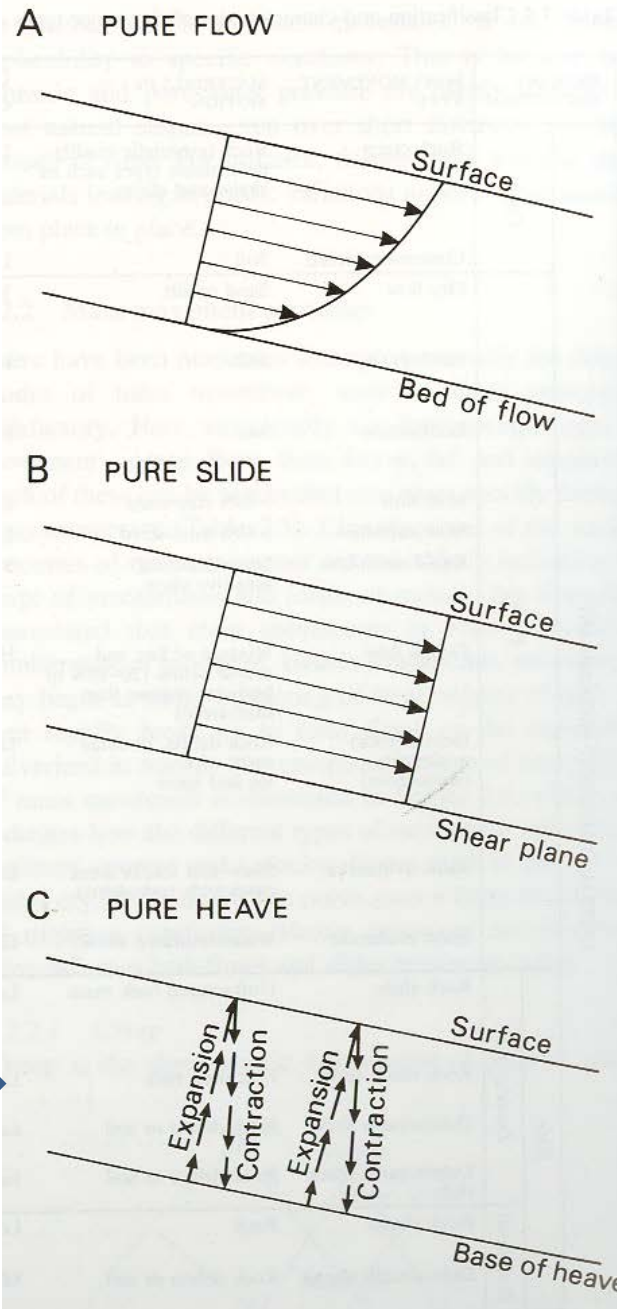
# Gravitační svahové procesy

- Ploužení (creep)
- Tečení
- Sesouvání
- Vzdouvání
- Řícení
- Sesedání



Mechanismus pohybu, rychlost pohybu a provlžčení svahovin

# Schéma tečení, sesouvání a vzdouvání



## Příčiny vzdouvání:

- regelace (cykly mrznutí/tání)
- bobtnání (zvlhčování/vysušování)
- teplotní expanze/kontrakce
- bioturbace



# Ploužení (creep)

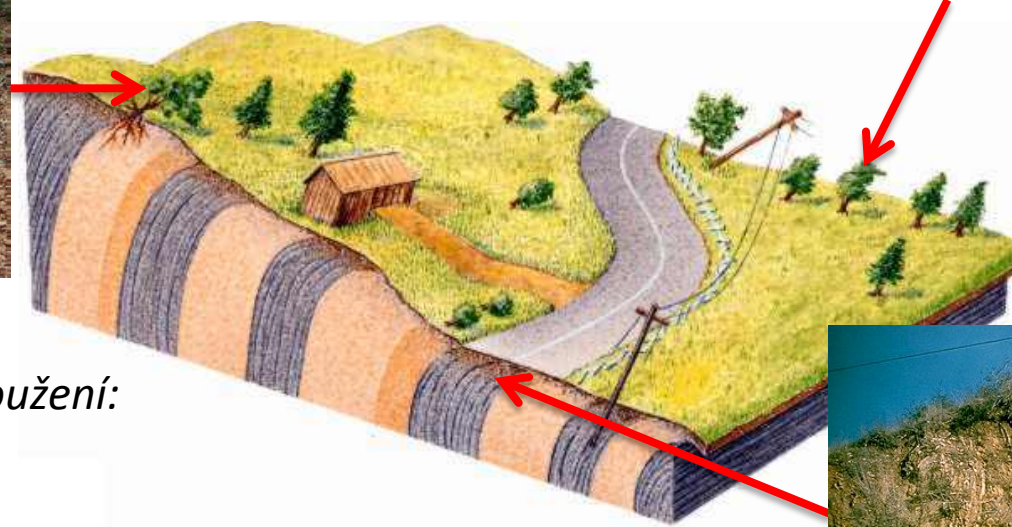
pomalý, neustálý pohyb skalních hornin n. zemin v důsledku zatížení (tlaku nadloží)

Rychlost: 1 mm – 10 m/rok

Typy: mělké, hlubinné

*Projevy mělkého ploužení:*

- šavlovitě zahnuté kmeny stromů
- hákování vrstev



*Projevy hlubinného ploužení:*

- rozvolňování svahů
- gravitační vrásnění
- blokové pohyby



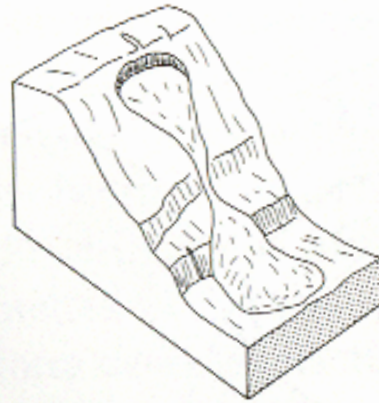
# Tečení

- Suché proudy, proudy s nasycením H<sub>2</sub>O
- Typy tečení:
  - debris flow
  - earth flow
  - mud flow
  - laviny (skalní, ledovo-sněhové)
- „české“ názvy: mura (blokovo-bahenní proud), bahnotok
- soliflukce, varianta: geliflukce

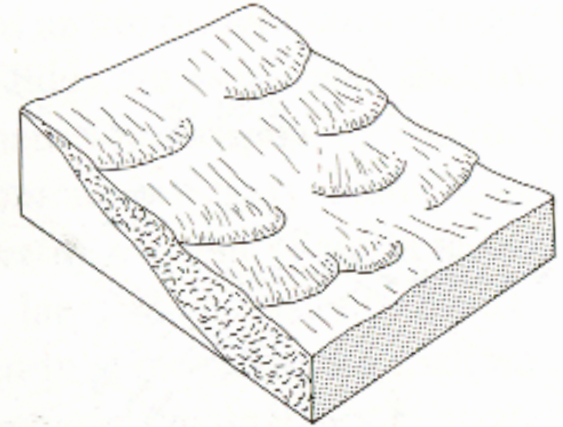
# Příklady různých typů tečení



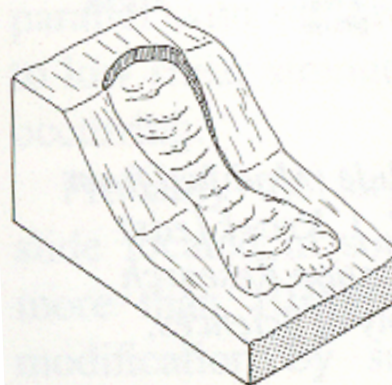
DRY FLOW



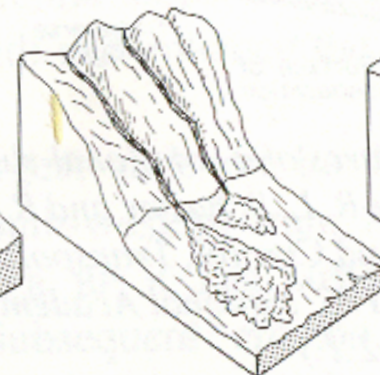
SOLIFLUCTION



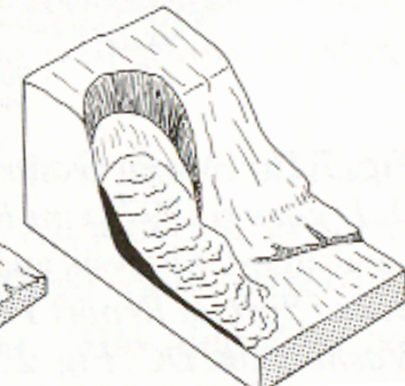
EARTHFLOW



DEBRIS FLOW



DEBRIS AVALANCHE

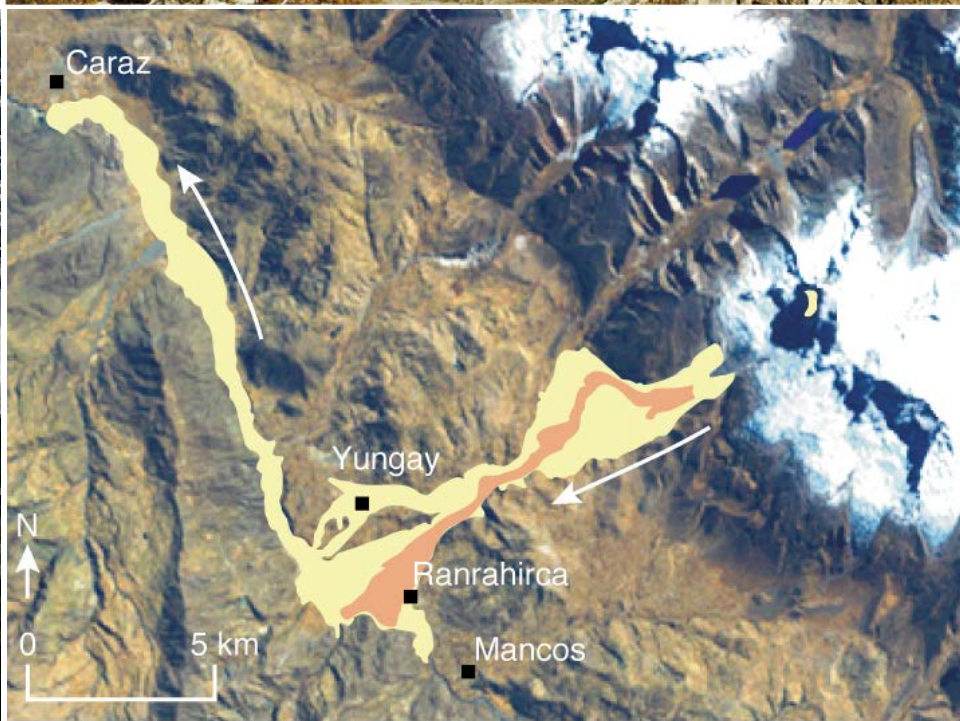






**HUASCARÁN, Peru**

**1962 a 1970**

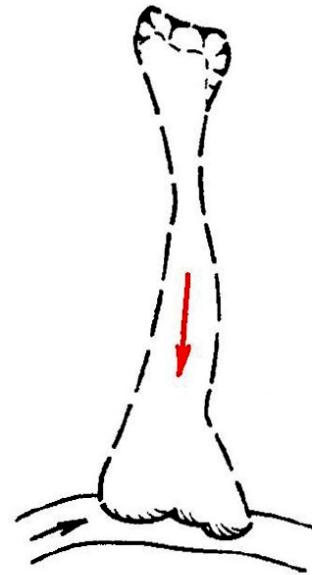


# Sesouvání

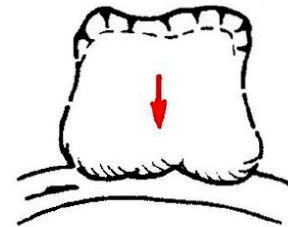
- Typy sesuvů podle půdorysu:
  - proudové
  - plošné
  - frontální
- Typy sesuvů podle odlučné plochy:
  - planární (translační)
  - rotační



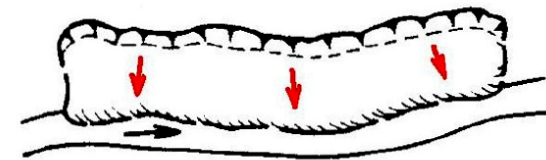
sesuv proudový



sesuv plošný (areální)

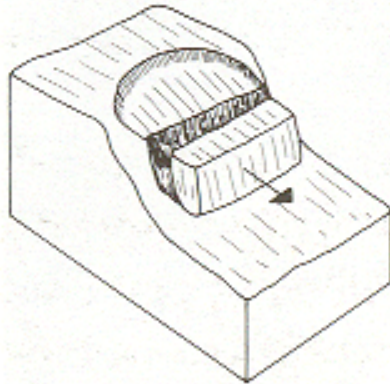


sesuv čelní (frontální)

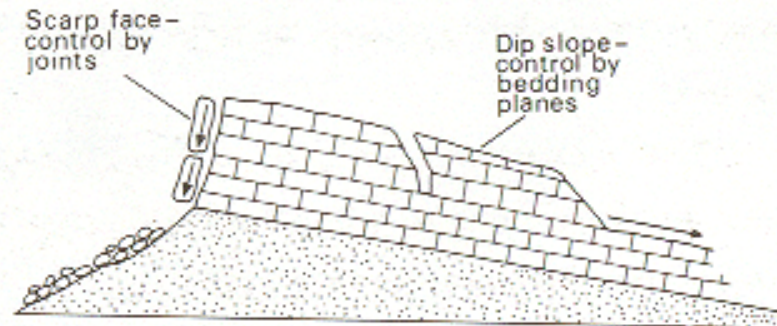


# Příklady různých typů sesouvání

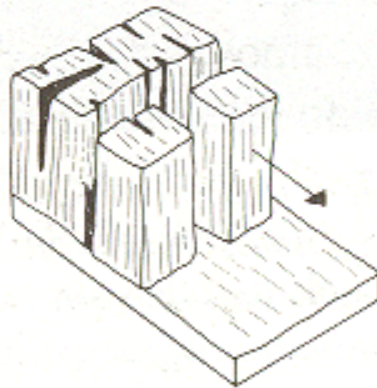
TRANSLATIONAL  
ROCK BLOCK SLIDE



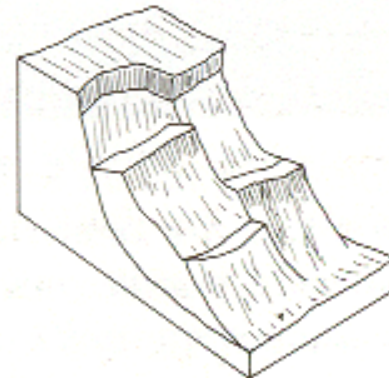
TRANSLATIONAL ROCK SLIDE



TRANSLATIONAL EARTH  
BLOCK SLIDE



ROTATIONAL SLUMP





Taiwan, duben 2010  
pohřben 300 m dlouhý úsek dálnice  
typ sesuvu: translační (dip-slope landslide)

© Reuters

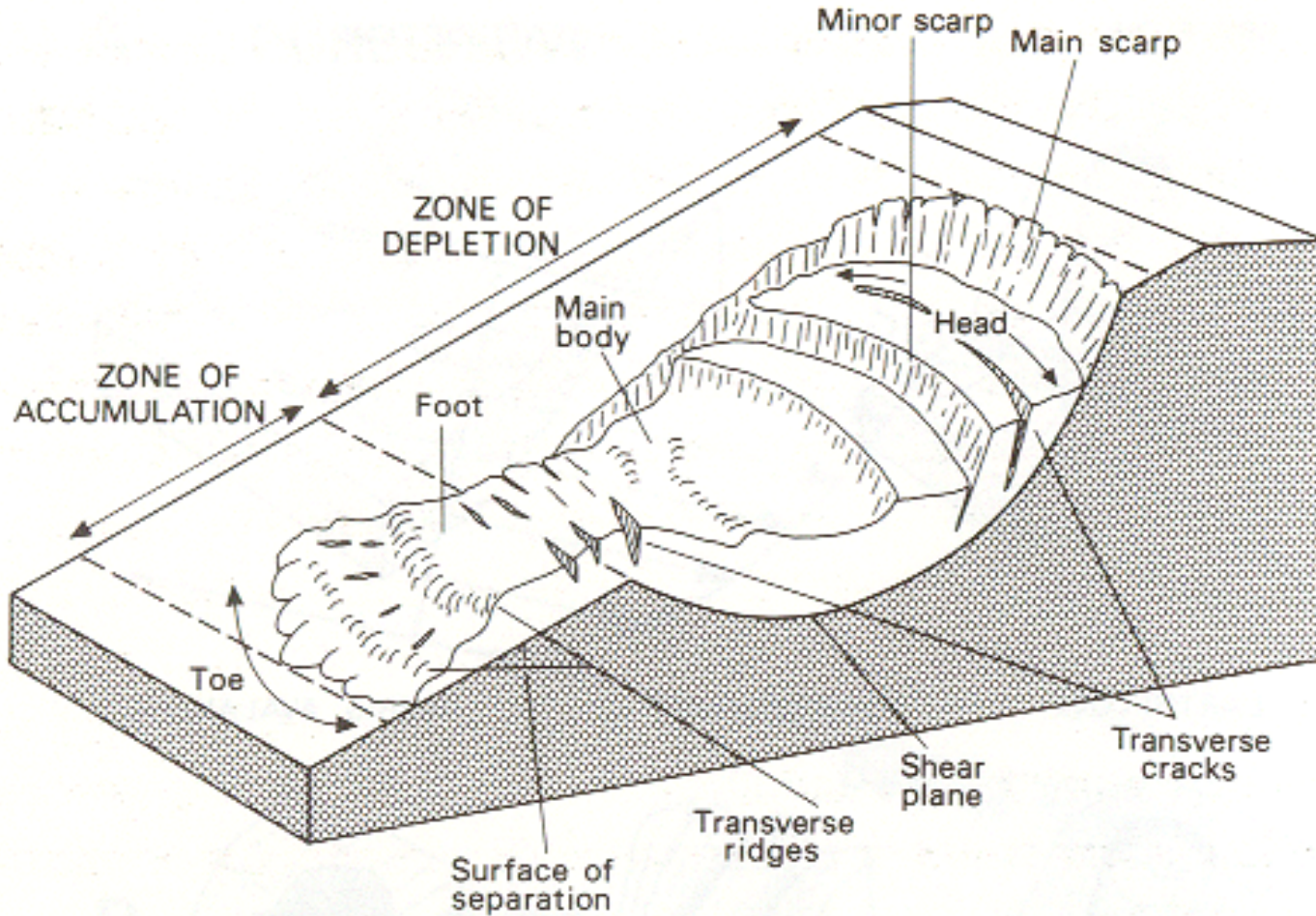


© Reuters

Mělký, proudový sesuv translačního charakteru –  
Bílé Karpaty, Popov

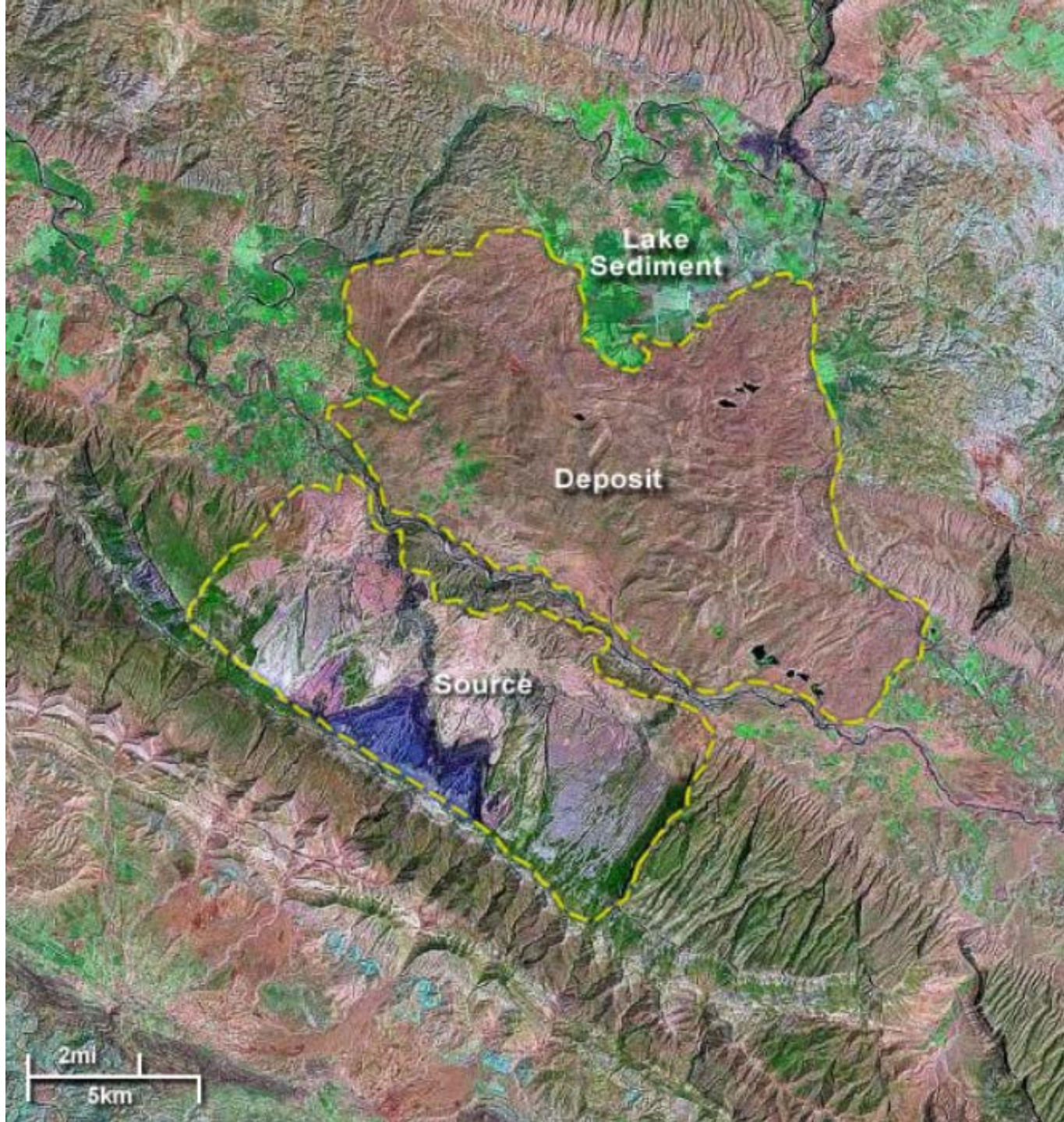


# Schéma rotačního sesuvu



## Rotační, kerný sesuv na pobřeží Dorsetu







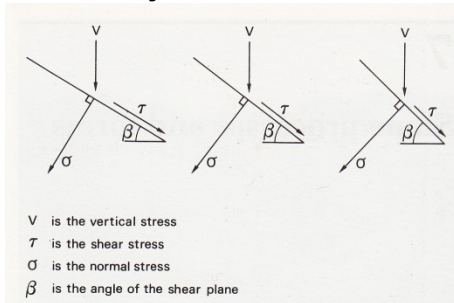
# Co se děje uvnitř svahu?

smyková pevnost = schopnost odolávat deformaci a porušení  
vlastnosti svahovin + normální napětí → *úhel vnitřního tření (SVAH DRŽÍ)*



velikost, tvar, uspořádání úlomků, odolnost vůči drcení, počet kontaktů na jednotkový objem

*kritický úhel stability svahu (SVAH SE PORUŠÍ)*



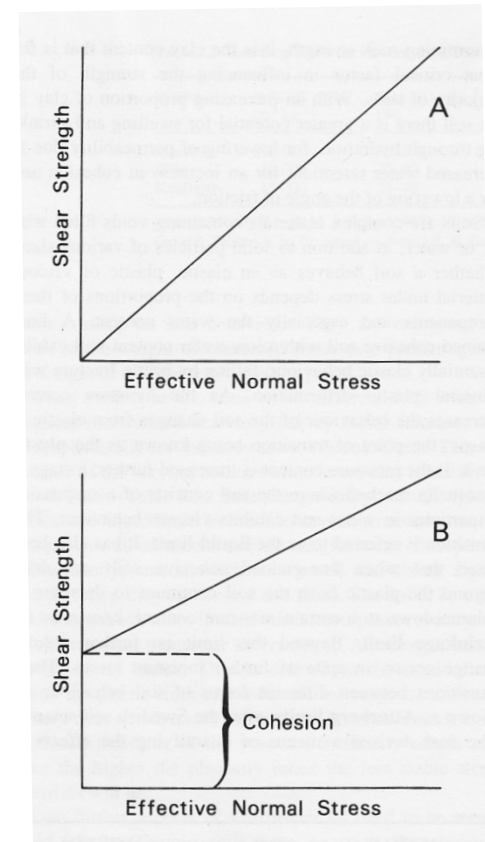
přítomnost H<sub>2</sub>O → pórový tlak



efektivní normální napětí ( $\sigma'$ )

přitažlivé síly mezi zrny → koheze (c)

smyková pevnost:  $s = c + \sigma' \tan \varphi$



Faktory ovlivňující smykovou pevnost

# Stabilita svahů

síly vyvolávající pohyb  $\leftrightarrow$  síly bránící pohybu (force  $\leftrightarrow$  resistance)

*safety factor:*  $F = \frac{S}{\tau}$

$s$  ... smyková pevnost na dané smykové ploše  
 $\tau$  ... smykové napětí vzniklé na této ploše

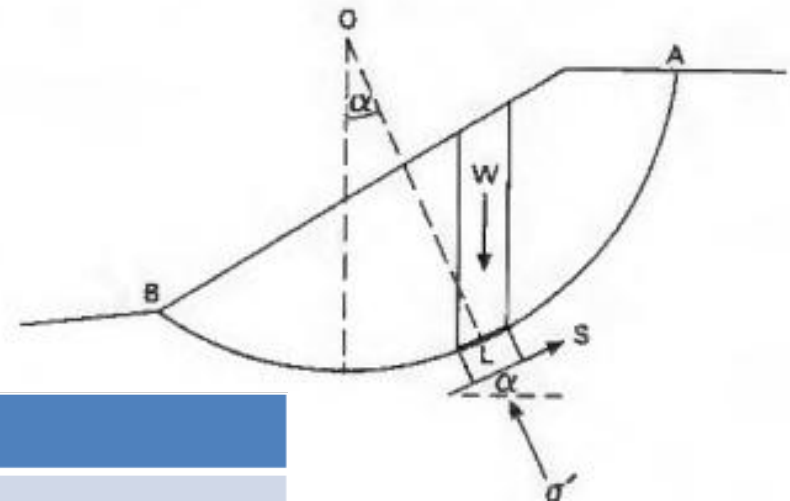
mělké, translační sesuvy:

$$F = c + \frac{(\gamma z \cos^2 \beta - u) \tan \varphi}{\gamma z \sin \beta \cos \beta}$$

rotační sesuvy:

$$F = \frac{\sum_B^A [cL + (W \cos \alpha - uL) \tan \varphi]}{\sum_B^A W \sin \alpha}$$

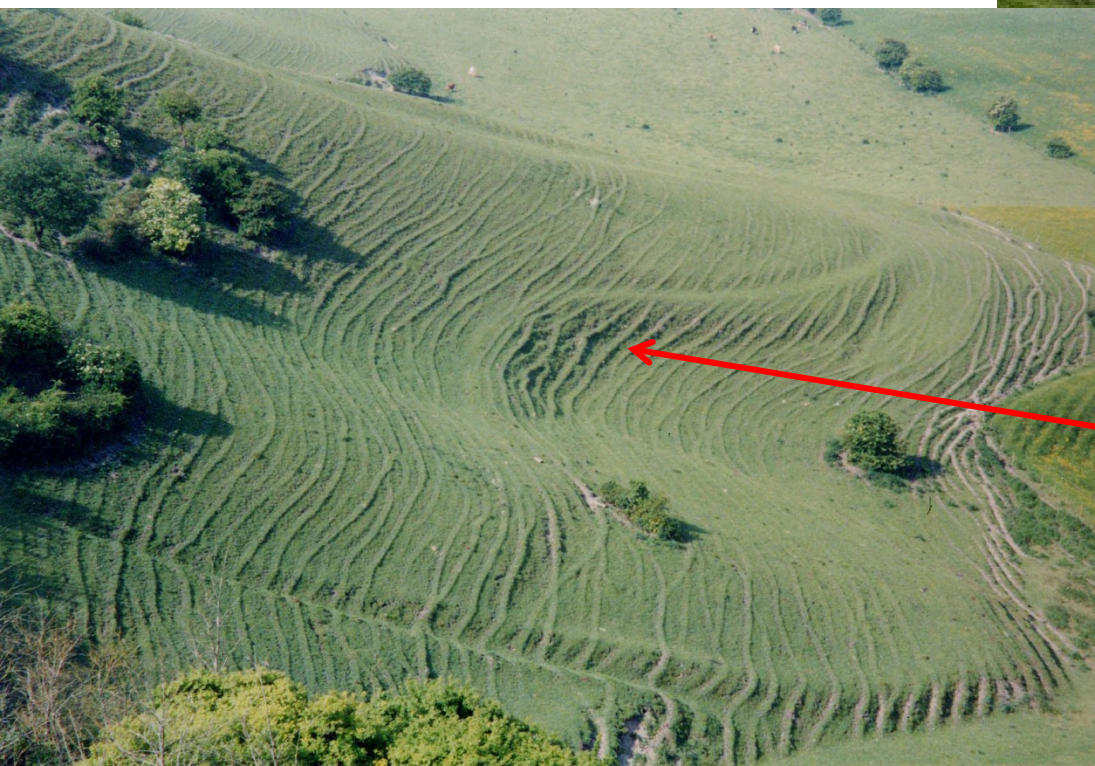
- $c$  ... koheze
- $\gamma$  ... jednotková hmotnost regolitu
- $z$  ... vertikální hloubka smykové plochy
- $\beta, \alpha$  ... sklon smykové plochy
- $u$  ... tlak vody v pórech na smykové ploše
- $\varphi$  ... úhel vnitřního tření
- $L$  ... délka dílčího segmentu sesuvu
- $W$  ... hmotnost segmentu sesuvu



Pevnost vs. napětí	$F$	Stabilita svahu
$s > \tau$	$> 1,3$	stabilní
$s < \tau$	$< 1$	aktivně nestabilní
poměr v čase kolísá	1,1–1,3	podmíněně stabilní

# Vzdouvání

- Půdní creep
- Suťový creep (klouzání sutí)
- Mrazový creep



creepové terásky

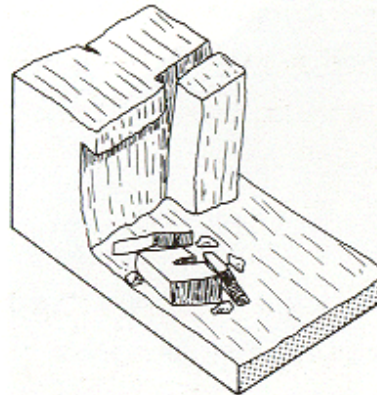
mělký planární sesuv

prtě (pohyb zvířat)

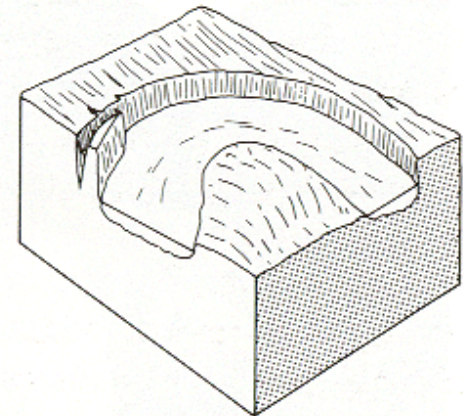
# Řízení

- **Odvalové řízení** – rotační složka pohybu, např. říční břehy
- **Skalní řízení**
- Skalní lavina

ROCK FALL



EARTH FALL (TOPPLE)



# Sesedání

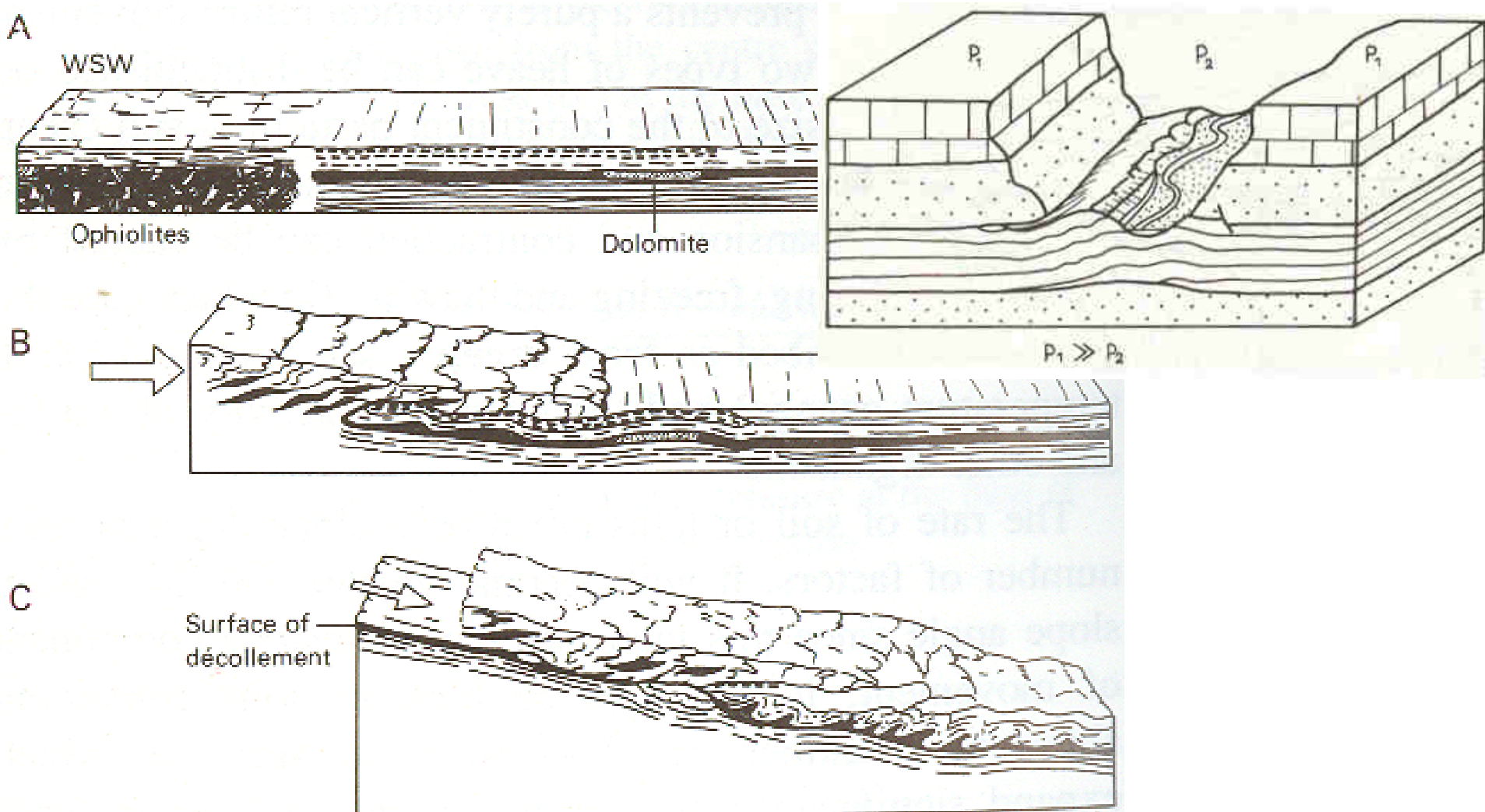
- Propadnutí stropu podzemní dutiny
- Pozvolné sesedání



Poklesová kotlina s kalovými nádržemi Dolu Lázy

# Gravitační tektonika

- Rozvolňování + sjíždění, gravitační vrásnění
- Rychlost pohybu: max. 100 m/rok



# Vodní eroze na svazích

- Dešťová eroze
- Ronová eroze:
  - plošný odtok → plošný splach
  - koncentrovaný, liniový odtok → stružková, stržová (výmolová) eroze
- Odnos rozpuštěných látek

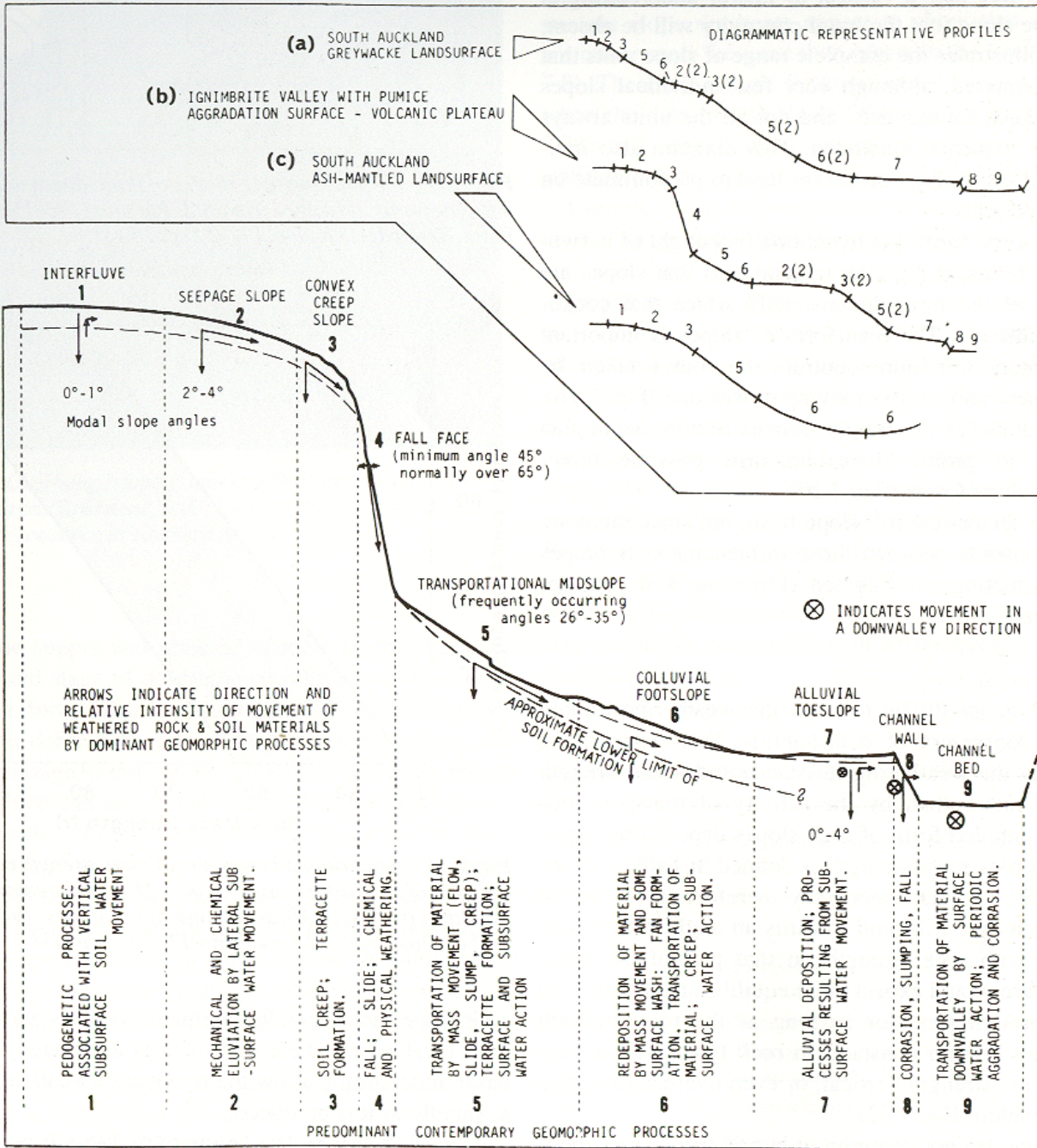
# Tvar svahu

## Svahový profil:

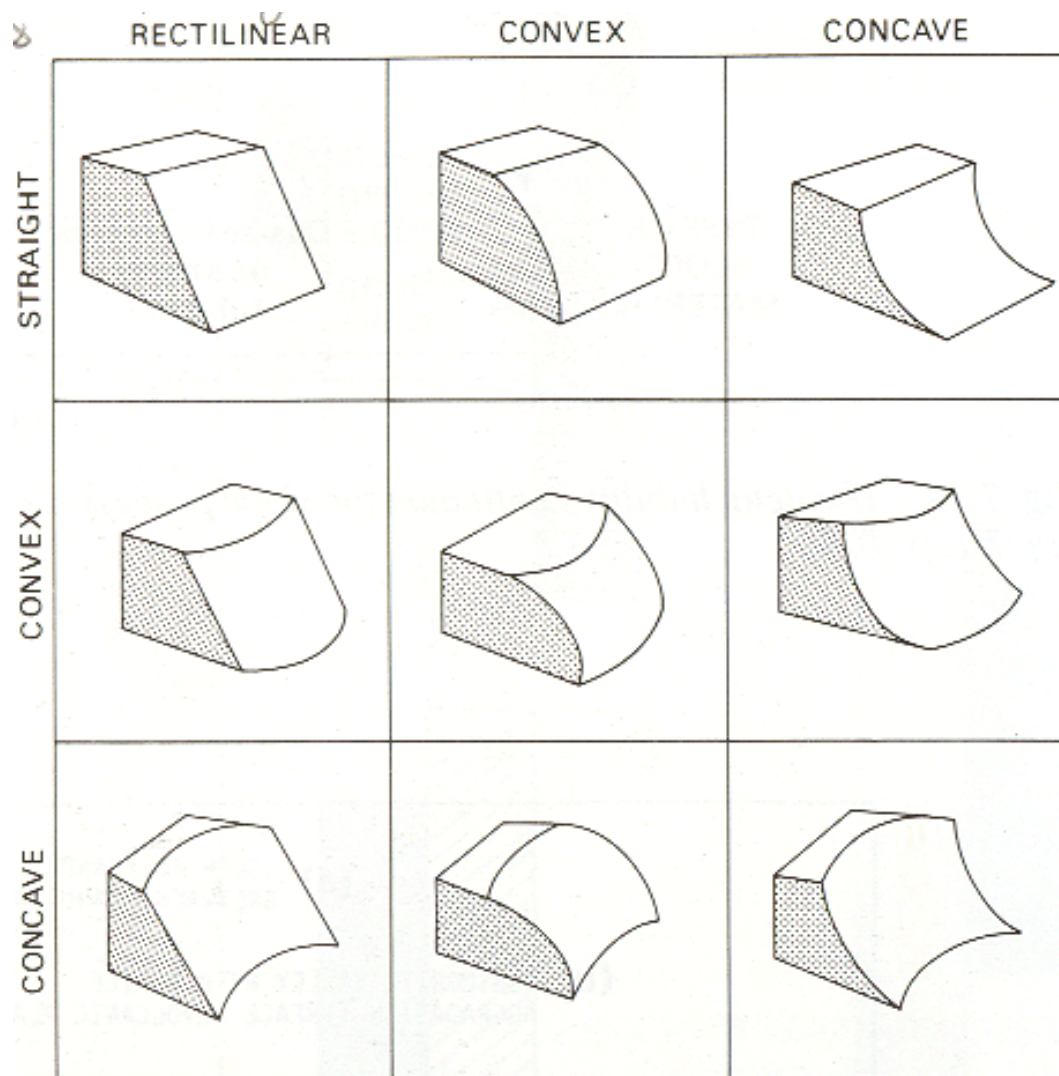
- horní, konvexní segment
- střední, rovný segment (HLAVNÍ SEGMENT)
- spodní, úpatní, konkávní segment



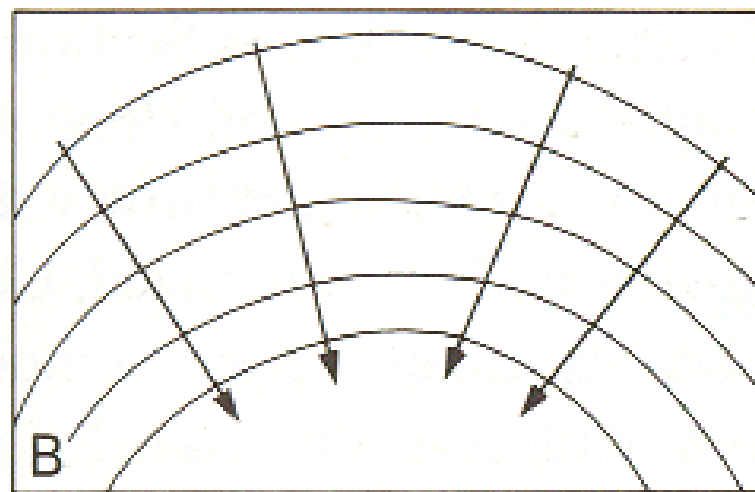
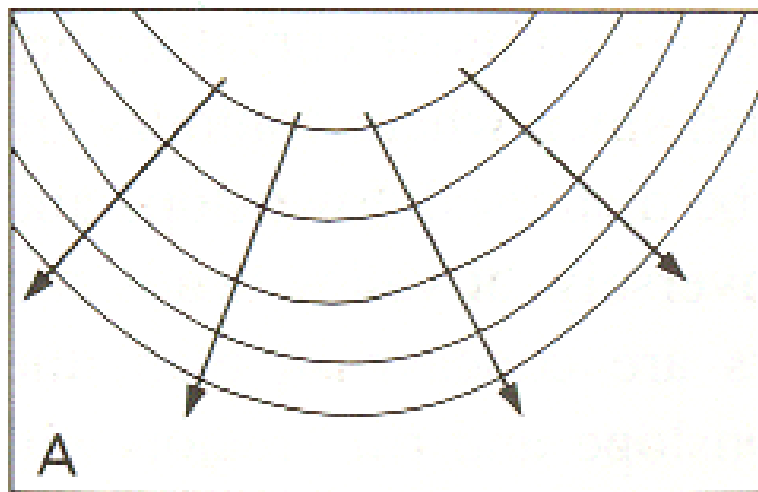
# Teoretický model svahového systému



# Trojrozměrná podoba svahového systému



# Vliv tvaru svahu na svahové procesy



# Vliv litologie a klimatu na vývoj svahů

Vývoj údolního svahu v masivním, pevném pískovci.

- **nahoře:** SEMIARIDNÍ KLIMA
- **dole:** HUMIDNÍ KLIMA

