

8. Svahové pohyby, sesuvy

(Kapitola byla upravena podle Q. Záruby a V. Mencla: Inženýrská geologie, 1974).

Sesuvy jsou v některých oblastech ČR velmi hojným jevem a způsobují veliké hospodářské škody, zejména tehdy, když z neznalosti nedbáme jejich nebezpečí při jakýchkoliv stavebních pracích. Význam sesuvů pro naše národní hospodářství vyplývá z několika čísel. Při výzkumu sesuvných území v ČSSR v letech 1962 – 1963 bylo registrováno 9 164 sesuvů v celkové ploše téměř 60 000 hektarů. Přitom řada sesuvů nebezpečně ohrožuje četná sídliště, silnice, železnice, různá dálková vedení a inženýrské sítě. (obr. 8.41, 8.42).

Svahovými pohyby v širším slova smyslu rozumíme přemísťování hornin z vyšších poloh svahů do poloh nižších, způsobené účinkem zemské tíže. **Z geologického hlediska není žádný svah trvale stabilní.** Údolní svahy podléhají trvalému vývoji vlivem různých procesů, které formují jejich tvar. Pro všechny inženýrské práce jsou důležité svahové pohyby vzniklé porušením stability svahu přírodními faktory nebo činností člověka. Svahové pohyby jsou nejrůznější povahy, podle druhu a počtu faktorů, které je způsobují, a podle jejich vzájemného působení.

8.1 Hospodářské důsledky svahových pohybů

Svahové pohyby jsou z ekonomického hlediska závažným problémem, neboť v některých oblastech způsobují velké přímé i nepřímé škody. Jsou známy četné případy sesouvání a skalních zřícení, která pobořila celá města a zahubily stovky obyvatel. Sesuvy vyřazují velké plochy zemědělské a lesní půdy z normálního využití, ohrožují všechny stavební objekty, zejména komunikace. Železnice a silnice vedené na svazích náchylných k sesouvání jsou často ohroženy tím, že stabilita svahu bývá porušena přímo stavebními pracemi (obr. 8.1). V některých případech byla trať, trvale poškozená sesouváním a vyžadující nákladné udržování, opuštěna. Velké obtíže mohou způsobit svahové pohyby také při stavbách tunelů a přehrad. Sesuvy ztěžují a ohrožují práci v lomech a naopak nesprávně založené a neodpovědně provozované lomy mohou porušit stabilitu celého svahu.

Svahové pohyby mohou vyvolat velké škody i nepřímo tím, když např. sesutý materiál zahradí říční údolí, takže se vytvoří dočasné jezero. Protržení takové přírodní hráze pak znamená katastrofální záplavy v údolí pod hrází. Velmi nebezpečné nepřímé účinky mají náhlé sesuvy a skalní zřícení na mořském pobřeží nebo do umělých nádrží. V norských fjordech způsobují skalní sesuvy vlny až několik desítek metrů vysoké, které těžce poškozují obydlená pobřeží. Ohromný skalní sesuv do nádrže Vaiont v Itálii v roce 1963 způsobil téměř 100 m vysokou vlnu, která se přelila přes hráz a zpusťovala území pod hrází (zahynulo cca 3 000 lidí).

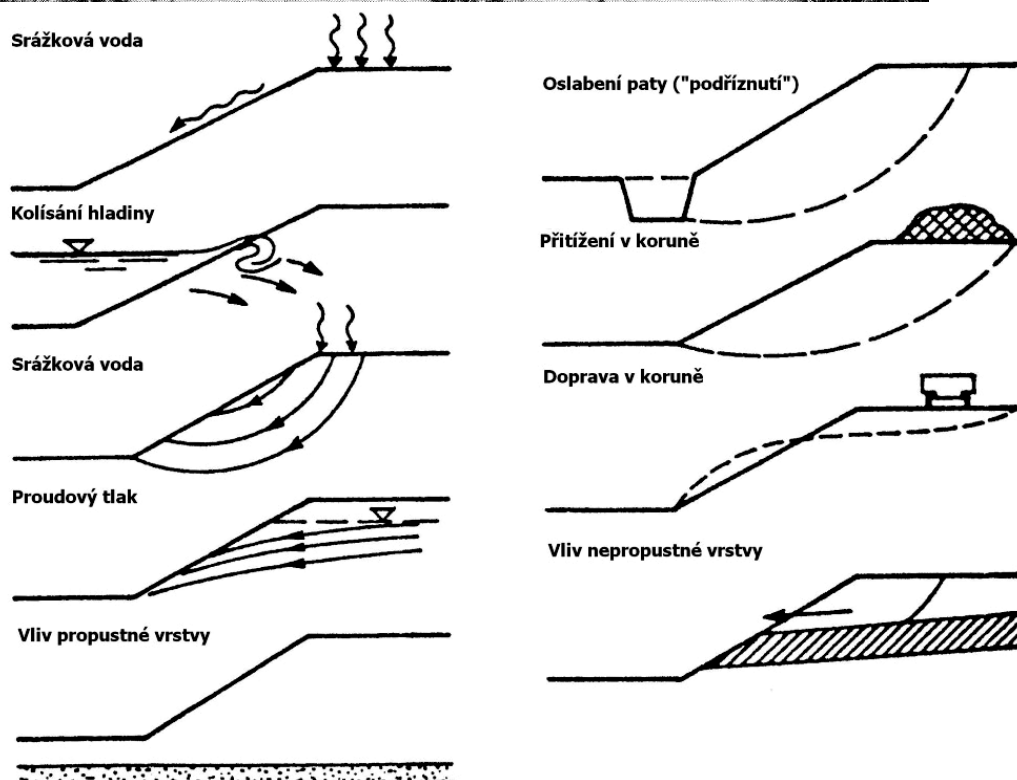
Z tohoto krátkého přehledu je patrný velký ekonomický význam studia sesuvů, jejich prevence a zabezpečení pro všechny stavební a inženýrské práce, pro sestavování územních a zastavovacích plánů, pro trasování komunikací i pro vodohospodářské stavby.

8.2 Faktory, které porušují stabilitu svahu

Pro inženýra je důležité, aby rozpoznal podmínky, které způsobují náchylnost území k sesouvání a činitele, které pohyb bezprostředně vyvolaly. Pro poznání rozmanitosti svahových pohybů uvedeme faktory, které mohou porušit stabilitu svahu (obr. 8.2):



Obr. 8.1
Silnice je přerušena sesuvem svahových sutí, vyvolaným výkopem pro zavázání hráze na Východním Slovensku (Q. Záruba in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

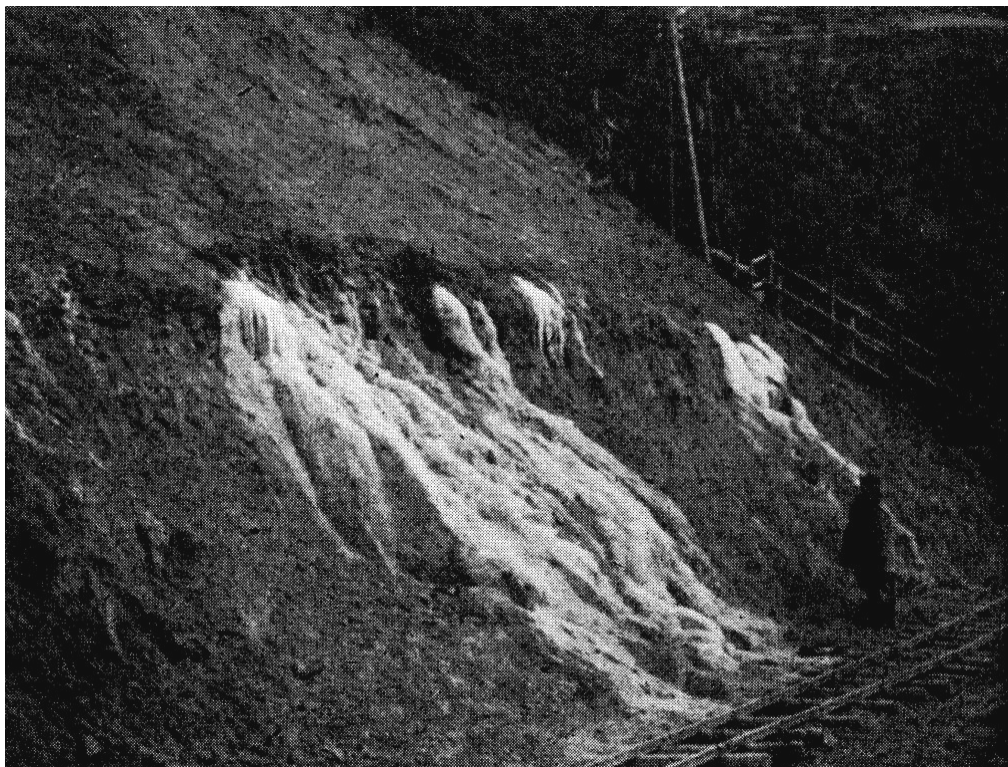


Obr. 8.2
Některé faktory porušující stabilitu svahu v zeminách (J. Hulla – J. Šimek – P. Turček, 1991)

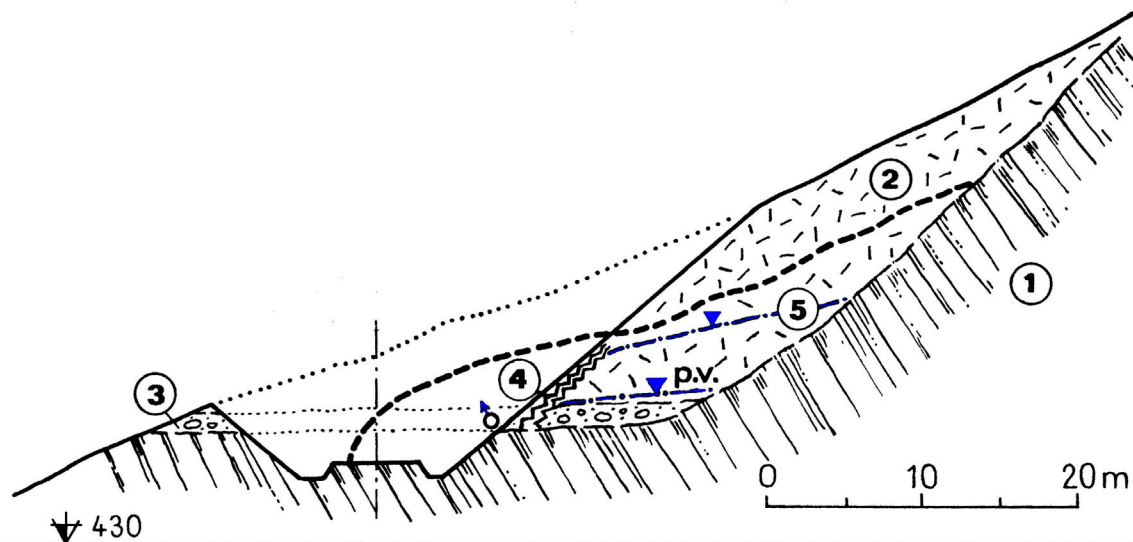
- **Změna sklonu svahu.** Vzrůst sklonu svahu způsobuje v horninách změnu napětí: rovnováha bývá porušena vzrůstem napětí ve smyku
- **Přetížení násypy.** Způsobuje vzrůst smykových napětí a zvětšení napětí vody v pórech jílovitých zemin se zmenšením její smykové pevnosti. Přetížení je tím nebezpečnější, čím je rychlejší
- **Otřesy a vibrace.** Zemětřesením vznikají v horninách kmity různé frekvence; podobně působí výbuchy velkých náložů trhavin i otřesy strojů. V každé hornině tak vznikají dočasné změny napětí, které mohou porušit rovnováhu svahu. U spraší a málo zpevněných písků může dojít otřesy k porušení intergranulární vazby, a tím ke zmenšení soudržnosti.

U zvodnělého jemného písku a citlivých písčitých jílu mohou dát otřesy popud k přemístění nebo pootočení zrn; může to pak vyvolat náhlé ztekucení zeminy

- **Změny obsahu vody.** Dešťová voda a voda z tajícího sněhu se dostává do puklin, v nichž vzniká hydrostatický tlak. V zeminách vzrůstá tlak v pórech, a tím klesá jejich smyková pevnost
- Někteří autoři zjistili měřením **rozdíl elektrického potenciálu mezi dvěma vrstvami**. Na jejich styku vznikla smyková plocha
- V období sucha jílovité zeminy **vysychají a smršťují se**. Vznikají v nich hluboké trhliny, které zmenšují soudržnost hornin na svazích a umožňují vnikání vody do jílovitých hornin
- **Působení podzemní vody:**
 - **Proudící p. v. působí tlakem na částice zeminy**, takže se zhoršuje stabilita svahu. Rychlé změny vodní hladiny např. na březích umělých vodních nádrží způsobují vzrůst vodního tlaku v pórech, což se může projevit ztekucením písčitých zemin
 - **P. v. může vyplavit rozpustný tmel**, tím se zeslabuje intergranulární vazba a zmenšuje smyková pevnost
 - **Proudící p. v. v jemném písku a siltu vyplavuje částice zeminy** ze svahu.
 - **Napjatá h. p. v. působí** na nepropustné vrstvy v nadloží **jako vztlak**
- **Činnost mrazu.** Mrznutím se zvětšuje objem vody v trhlinách, rozšiřují staré trhliny a tvoří se nové. V rozpukaných horninách je pak menší soudržnost. V jílovitých a jílovitopísčitých zeminách se tvoří ledové vrstvičky. Při jejich tání se zvětšuje obsah vody v povrchové vrstvě, která rozbídá. (obr. 8. 3, 8.4)
- **Zvětrávání hornin.** Mechanické i chemické zvětrávání porušuje postupně soudržnost hornin
- **Změny ve vegetačním porostu.** Kořeny stromů udržují stabilitu svahu mechanickým působením a přispívají k vysušení svahu tím, že část podzemní vody spotřebují (tzv. evapotranspirace). Odlesněním svahu se mění vodní režim v podpovrchových vrstvách.



Obr. 8.3
Namrzající prameny
vzdouvají podzemní
vodu - řez svahem
viz obr. 9.137 (Q.
Záruba in Q. Záruba
– V. Mencl, 1974)



Obr. 8.4 Stabilita svahu je porušena zmrznutím vody při povrchu (4). Tím došlo k vzduť hladiny podzemní vody (5). 1 – permské arkózové pískovce, 2 – svahová suť, 3 – terasový písčité šterk, 4 – namrzlá vyvěrající voda, 5 – zvýšená h. p. v. (Q. Záruba in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

8.3 Rozdělení svahových pohybů

Velká rozmanitost sesuvných jevů na svazích poskytuje mnoho kritérií pro jejich klasifikaci. Z inženýrskogeologického hlediska bylo účelné rozdělení, které navrhl K. Terzaghi (1925) se zřetelem na fyzikální vlastnosti postižených hornin.

Dělení podle F. P. Savarenského přihlíží k průběhu smykových ploch. Sesuvy dělí na asekvntní, konsekvntní a insekvntní. **Asekvntní sesuvy** vznikají ve stejnorodých soudržných zeminách a k pohybu dochází po válcových (rotačních) smykových plochách. Ke **konsekvntním sesuvům** patří pohyby po plochách vrstevnatosti nebo jiných predisponovaných plochách ukloněných po svahu. **Insekvntní sesuvy** probíhají napříč vrstvami, jsou zpravidla velkých rozměrů a smykové plochy zasahují hluboko do svahu.

U nás se zabývali zpřesněním terminologie a dělením svahových pohybů A. Nemčok, J. Pašek a J. Rybář (1972, 1973), kteří navrhují dělit svahové pohyby podle mechanismu a rychlosti pohybu na čtyři hlavní skupiny: **ploužení, stékání, sesouvání a řícení**:

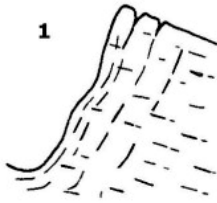
- **Ploužení** má charakter velmi pomalého až pomalého tečení tuhé látky. Z geologického hlediska jde o dlouhodobý a zpravidla se nezrychlující pohyb horninových hmot. Rozhraní mezi pohybující se hmotou a jejím podložím je málo zřetelné. Ploužením začíná každý svahový pohyb (obr. 8.5)
- **Sesouvání** je relativně rychlý krátkodobý klouzavý pohyb horninových hmot po svahu podle jedné nebo více smykových ploch. Charakteristické je, že část hmot se nasune na původní terén v předpolí. Výslednou formou sesuvného pohybu je sesuv (obr. 8.6)
- **Stékání** je katastroficky rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Podstatná část hmot vyteče z odlučné deprese (jámy) a přemístí se na poměrně velkou vzdálenost. Stékající hmoty jsou od podloží odděleny ostrou hranicí. Výslednou formou stékání je proud (obr. 8.7). Běžně se uplatňuje voda (u svahového pohybu by měl být její podíl < než podíl horninových hmot); může se však jednat i o pohyb úlomkovitých hornin bez vody (suché mury v Alpách, skalní laviny v Kordillerách)
- **Řícení** je náhlý katastroficky rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích, kdy ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím. Uplatňuje se volný pád současně

s ostatními druhy pohybu. V počátcích může docházet k plazení či sesouvání. Vzdálenosti přemístění hmot jsou značné (obr. 8.8).

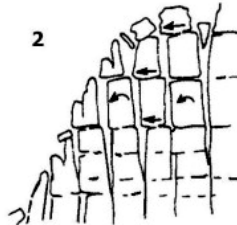
PLAZENÍ, PLOUŽENÍ, CREEP

- velmi pomalé a pomalé

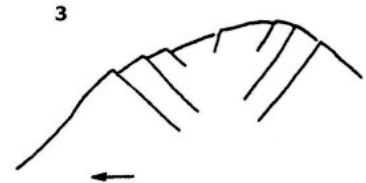
roztrhání horských masívů



1 rozvolnění svahu - rozvírání trhlin



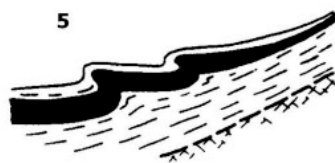
2 rozvírání trhlin



3 rozpad horského hřebene



4 shrnutí - zdvojené hřebeny



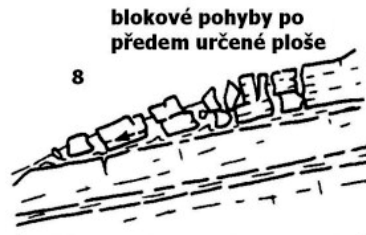
5 shrnutí - gravitační vrásy



6 shrnutí, zvedání, Bulging



7 Cambering



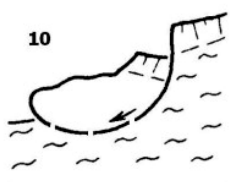
8 blokové pohyby po předem určené ploše



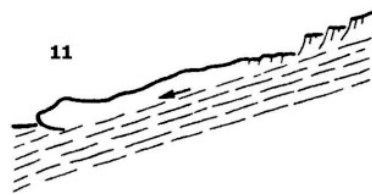
9 vyvlečení a hákování; plošná soliflukce apod.

SESOUVÁNÍ

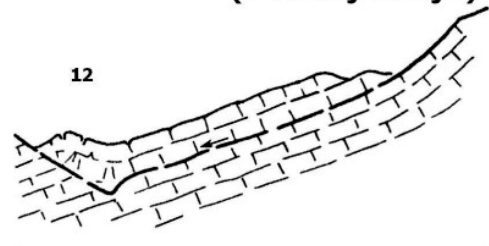
- rychlé
(v ČR nejčastější)



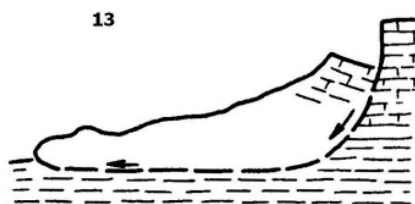
10 podél rotační smykové plochy - v zeminách



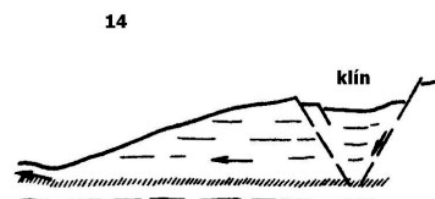
11 podél planární (predisponované) smykové plochy - v zeminách



12 podél planární (predisponované) smykové plochy - ve skalních a poloskalních horninách



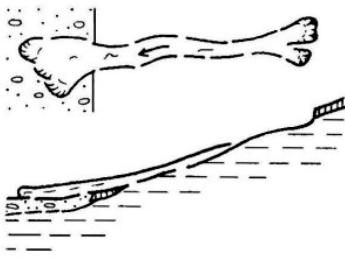
13 rotačně-planární sesuvy; složená smyková plocha



14 horizontální či mírně ukloněná smyková plocha - laterální (boční) sesuvy

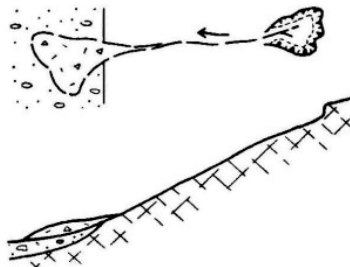
STÉKÁNÍ, TEČENÍ

15
zemní, bahnité, soliflukční proudy



- jílovité a jílovitopísčité zeminy

16 balvanité, kamenité, kamenito-bahnité proudy

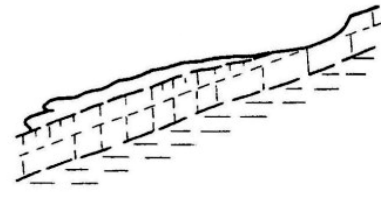


(mury; sely)

- katastroficky rychlé

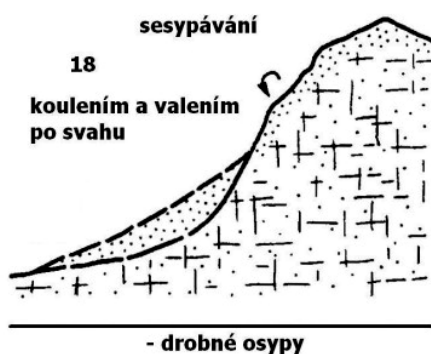
stékání povrchu pokryvů
v období tání či při
nadměrných srážkách

17

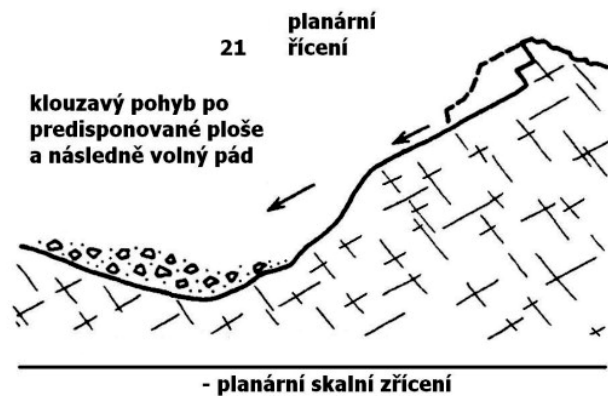
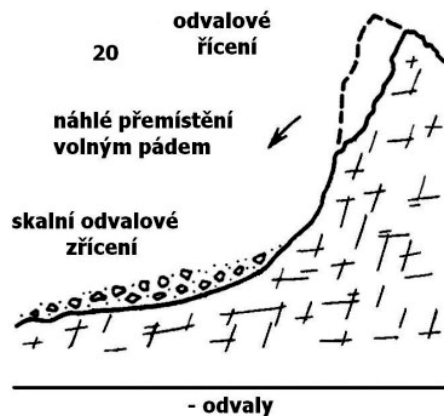


(oplyviny; Flowage)

ŘÍČENÍ (zřícení)



- katastroficky rychlé



Obr. 8.5 až 8.8 Příklady svahových pohybů (R. Ondrášek – J. Rybář, 1991)

Pro naše území pokládáme za účelné takové rozřídění svahových pohybů, které přihlíží k regionálním poměrům. Převážná část sesuvů u nás se týká kvartérních pokryvných uloženin, které proto zařazujeme do samostatné skupiny. Sesuvy v horninách předkvartérního podkladu rozlišujeme podle charakteru postižených hornin a podle typu pohybu (Q. Záruba, V. Mencl, 1969):

- **Svahové pohyby pokryvných útvarů** (svahových sutí, hlín a zvětralin). Vznikají hlavně působením povětrnostních činitelů:
 - slézání sutí, podmiňuje zároveň hákování vrstev
 - plošné povrchové sesuvy

- proudové sesuvy
- suťové proudy, mury, vyplavování písků
- **Sesuvy v pelitických horninách** (jílech, slínech, jílovcích, jílovitých břidlicích apod.):
 - podél válcových smykových ploch
 - podél složených smykových ploch
 - svahové pohyby vzniklé vytlačováním měkkých hornin
- **Svahové pohyby pevných skalních hornin:**
 - po předurčených plochách (plochách vrstevnatosti, břidličnatosti, puklinách nebo dislokacích)
 - dlouhodobé deformace horských svahů
 - skalní zřícení
- **Zvláštní případy svahových pohybů**, které se v našich geografických podmínkách nevyskytují, ale v některých oblastech jsou důležitým geologickým jevem:
 - soliflukce
 - sesouvání citlivých jílu
 - subakvatické skluzy.

Geologicko-morfologický vývoj sesuvů

Při vzniku a vývoji svahových pohybů je důležitá funkce času. **Podle vývoje** můžeme rozlišovat svahové pohyby v *počátečním, pokročilém a závěrečném* stadiu.

Podle stáří se rozeznávají svahové pohyby *současné (recentní)* a *staré*, z nichž ty, které se za dnešních klimatických a morfologických podmínek nemohou opakovat, se nazývají *fosilní*. Je-li takový sesuv zavát sprašovými hlínami nebo přikryt jinými mladými uloženinami, mluvíme o sesuvu *pohřbeném*.

Pro technickou praxi je důležité rozdělení svahových pohybů **podle stupně stabilizace** na *živé (aktivní)*, *dočasně uklidněné (potenciální)* a *trvale uklidněné (stabilizované)*. *Živé (aktivní)* sesuvy se poznají podle vnějších vzhledu, neboť povrchové tvary jsou čerstvé, výrazné, dosud neporušené ronem a erozí. Stromy jsou různě vychýlené z původní polohy, povrch území je roztrhán v trhlinách jsou kořeny napjaté (obr. 8.9 a 8.10); cesty, meze a stromořadí, vedoucí přes sesuvné území, jsou přerušené, stavení pobožená (obr. 8.11, 8.12). Sesuvy *dočasně uklidněné (potenciální)* bývají zarostlé nebo porušené erozí, takže stopy posledních pohybů bývají málo znatelné. Příčiny vzniku dosud trvají, takže pohyb se může znovu obnovit. *Trvale uklidněné (stabilizované) sesuvy* vznikly za morfologických a klimatických podmínek, které se nemohou v současné době opakovat.

Podle půdorysného tvaru sesuvu rozlišujeme sesuvy *plošné (areální)*, *proudové a čelní (frontální, lineární)* – obr. 8.13.

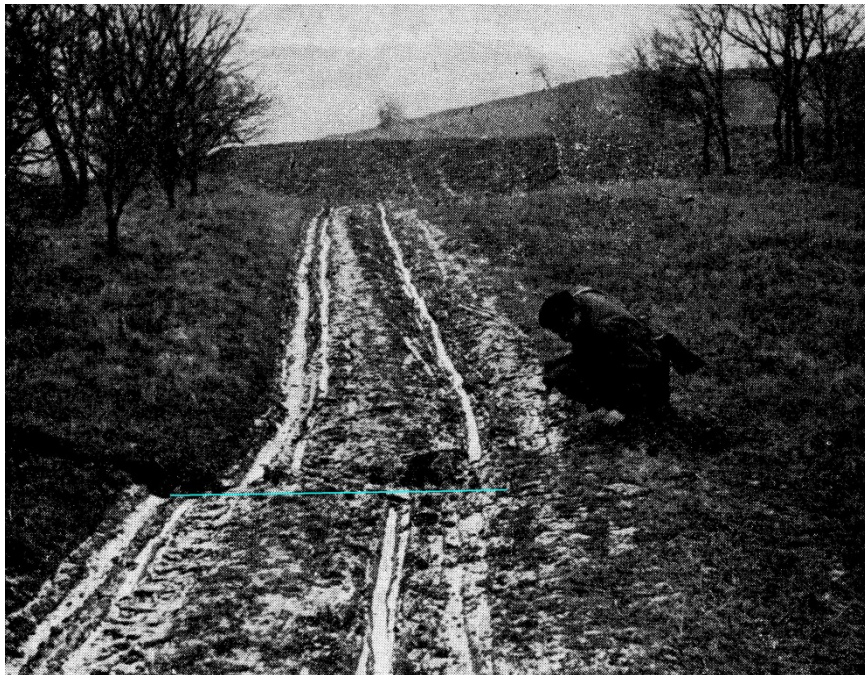


Obr. 8.9 Borový les porušený sesouváním

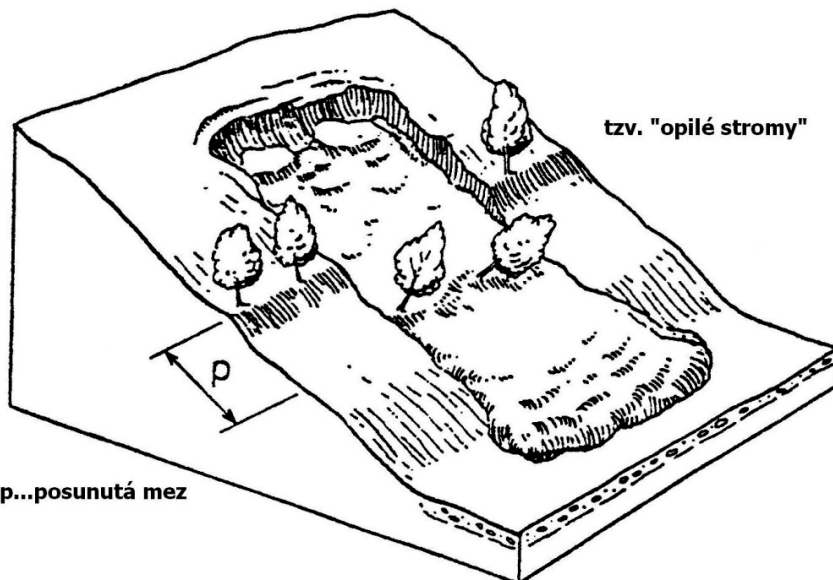


Obr. 8.10 Napjaté kořeny v trhlinách ukazují

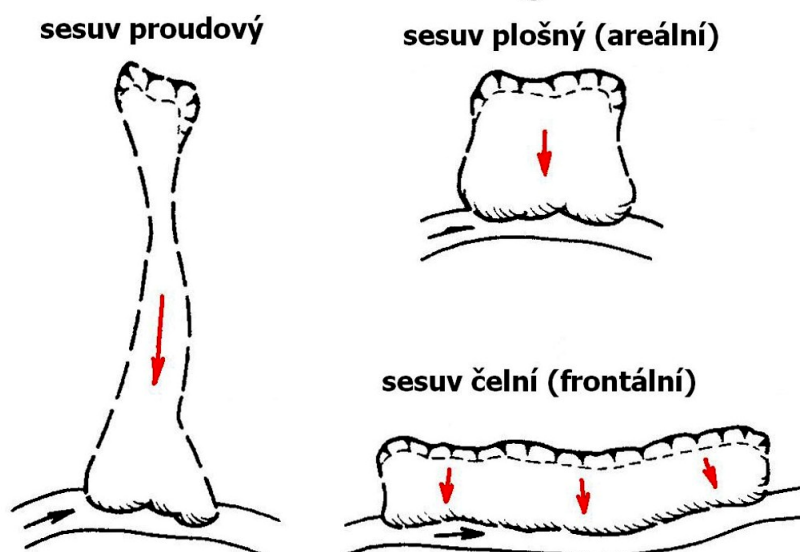
na aktivní sesuv (Q. Záruba in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)



Obr. 8.11
 Porušená cesta, příčně
 dislokovaná podél trhliny,
 prozrazuje nový pohyb (Q.
 Záruba in Q. Záruba – V.
 Mencl, 1974)



Obr. 8.12
 Podle posunutých mezí a
 stromořadí lze stanovit
 velikost pohybu. p –
 posunutí meze (Q. Záruba
 – V. Mencl, 1987)



Obr. 8.13
 Sesuvy podle půdorysného
 tvaru (R. Ondrášik – J. Rybář,
 1991)

Podle směru narůstání rozlišujeme sesuvy *progresivní* (kdy oblast sesuvu se rozšiřuje ve směru pohybu po svahu) a *regresivní* (s oblastí sesuvu rozšiřující se proti směru pohybu – tj. proti svahu).

8.4 Svahové pohyby pokryvných útvarů

vznikají v povrchových vrstvách a jsou podmíněny povahou svahových uloženin, morfologií svahu a hlavně působením povětrnostních činitelů.

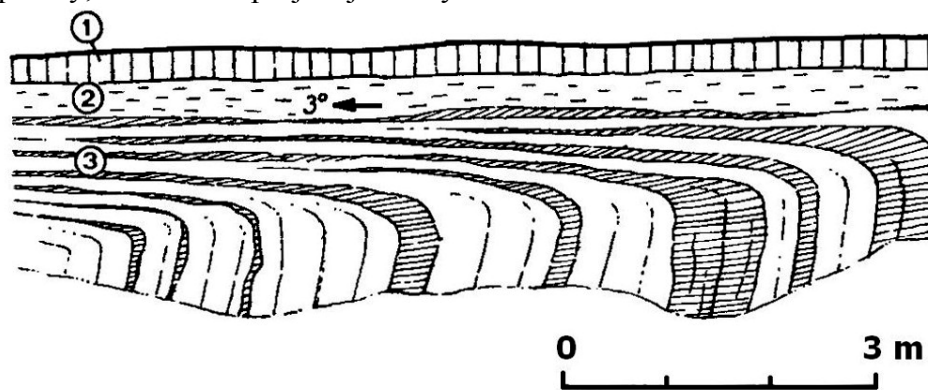
Slézání suti a hákování vrstev

Slézání suti je výsledkem různých drobných pochodů, které vedou k pomalému plíživému pohybu suti po svahu. V zimě je to nakypření suťových úlomků a zdvižení povrchových vrstev mrazem; při jarním tání se částice nevrátí na původní místo, nýbrž se jednotlivé úlomky působením zemské tíže po svahu posunou.

Povrchové vrstvy jílovitých sutí a zvětralin se posunují po svahu účinkem pomalého plastického přetváření, které má charakter *ploužení (plazení, lezení, creep)*. Při těchto pohybech se zpravidla nevytváří zřetelná smyková plocha, ale širší zóna, v níž dochází k mnoha dílčím posunům.

Posouváním povrchových vrstev sutí vzniká *hákování vrstev*. Mezi pohybující se vrstvou suti a povrchem skalního podkladu působí tření, které způsobuje postupné ohýbání vrstev. Jde většinou o fosilní formy vzniklé za periglaciálního podnebí v pleistocénu. Hákování vrstev je u nás velmi rozšířeno (obr. 8.14).

S hákováním vrstev se setkáváme při různých výkopech; v tom případě je třeba pamatovat na to, že na povrchu vyvlečených zvětralých hornin se vytvořily staré smykové plochy, na nichž se projevuje náchylnost k sesouvání.



Obr. 8.14
Hákování vrstev ve stavební jámě nemocnice v Motole. 1 – spraš, 2 – vyvlečené cenomanské jíly, 3 – zvětralé jílovité břidlice bohdalecké (Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

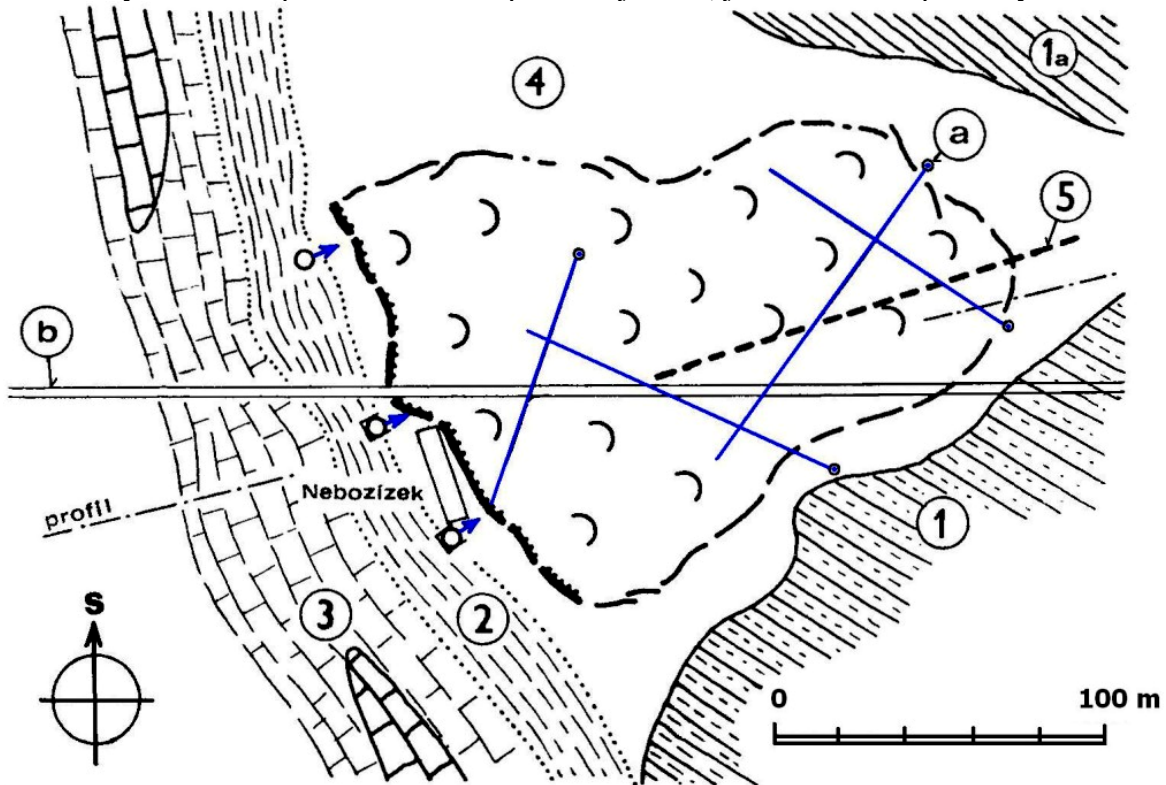
Plošné sesuvy svahových sutí a zvětralin

Suťové sesuvy mohou dosáhnout velkých plošných rozměrů, nicméně mocnost porušeného svahového pokryvu je obvykle malá – jen několik metrů. Na svazích můžeme pozorovat různá stádia porušení - od počátečního potrhání povrchové vrstvy až po pokročilé formy, kdy několik generací sesutého materiálu je navršeno na sobě. V době sucha bývají plošné sesuvy většinou v klidu, ale k novým pohybům dochází za deštivých období a za jarního tání, zejména po dlouhotrvajícím mrazivém období.

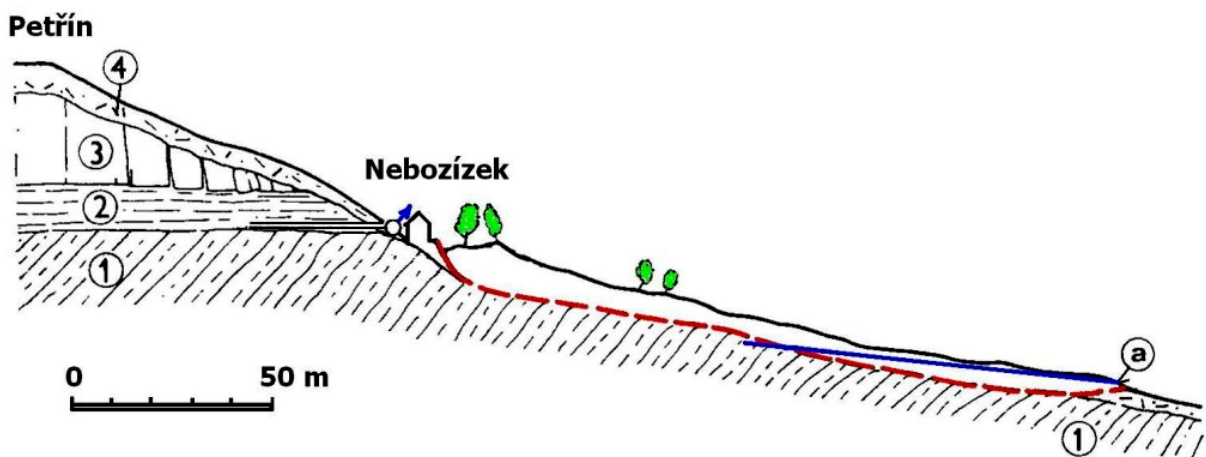
Jako příklad uvádíme sesuv na východním svahu Petřína, kterým bylo v roce 1965 porušeno těleso lanové dráhy (obr. 8.15). Sesouváním byly postiženy svahové suti a zvětralinové křídlové pískovce a jílovce vyplňující depresi, která vznikla v místě význačné tektonické linie tzv. pražského zlomu, podél něhož jsou ordovické břidlice značně porušeny.

Smyková plocha probíhá částečně na vyvlečených křídových jílovcích, částečně na povrchu zvětralých břidlic. Sesuv je asi 200 m dlouhý, v horní části 130 m široký, 4 až 8 m hluboký. Odlučná oblast se vytvořila pod pramenní linií, kde vyvěrá řada pramenů odvodňujících horizont podzemní vody zadržené na křídových jílovcích (obr. 8.16). Podnětem k porušení stability svahu byly jednak zvýšené dešťové srážky v letech 1964-1965, jednak zvýšená vydatnost všech pramenů v horní části svahu v souvislosti s netěsností vodovodních a kanalizačních potrubí na strahovské pláni.

Pro zabezpečení území byly nejprve zachyceny povrchové prameny a odvedeny potrubím mimo sesuv; pak bylo těleso sesuvu a jeho podloží odvodněno několika šikmými vrty podle návrhu V. Mencla. Pro definitivní zajištění území byla zřízena odvodňovací štola, do které byla svedena podzemní voda z povrchu jílovců, jež zásobovala prameny ve svahu.



Obr. 8.15 Situace plošného sesuvu křídových zvětralin a sutí na svahu Petřína. 1 – šárecké vrstvy, 1a – bohdalecké vrstvy, 2 – cenomanské jílovce, 3 – cenomanské pískovce, 4 – svahová suť, 5 – pravděpodobný průběh pražského zlomu, a – odvodňovací vrty, b – těleso lanové dráhy (podle A. Absolona in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

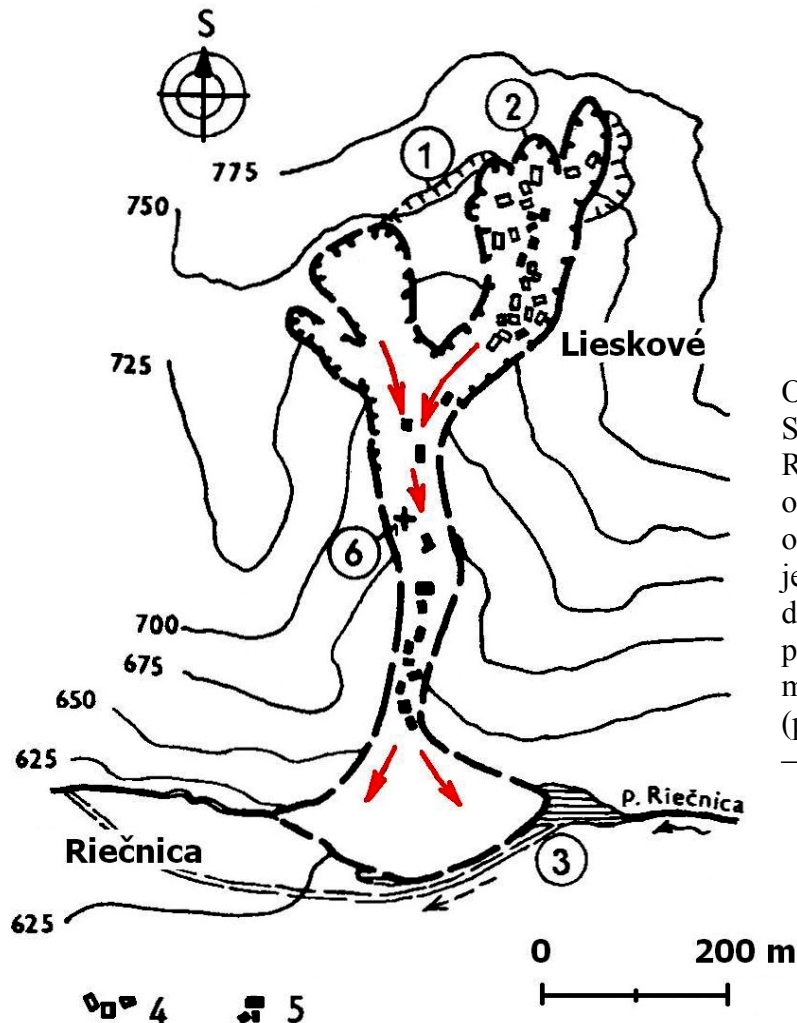


Obr. 8.16 Profil sesuvem na svahu Petřína (viz obr. 8.15)

Sesuvy proudové

Sesuvy podél zakřivených smykových ploch i sesuvy plošné mohou za určitých podmínek přecházet do sesuvů proudových, jestliže se sesuvné hmoty hromadí v erozní rýze potoka a při dostatečném provlhčení se pohybují k údolí v úzkém proudu na značnou vzdálenost. Mluvíme pak o suťových, zemních nebo bahenních prouděch – podle druhu materiálu a jeho konsistenci. Pohyb je obvykle vyvolán nadměrnými srážkami. Proudové sesuvy mají proti plošným zpravidla rychlejší průběh.

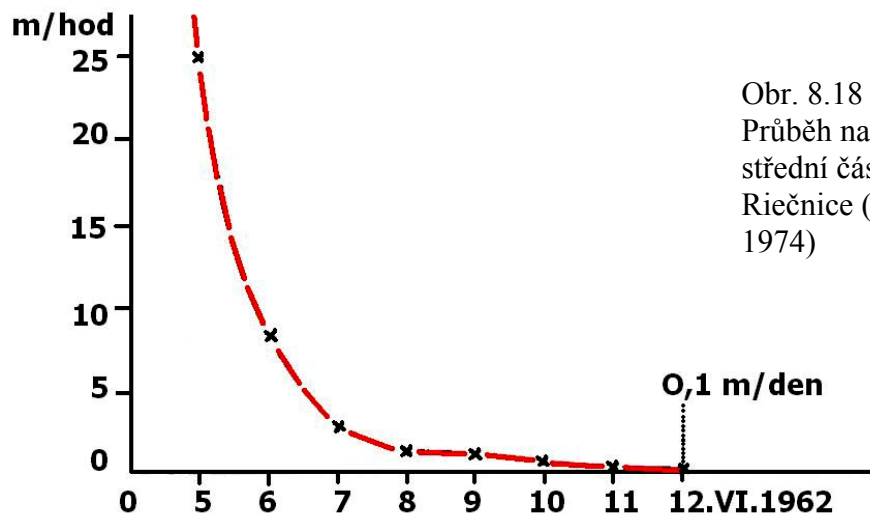
Typický proudový sesuv vznikl v červnu 1962 ve slovenských Beskydách u obce Riečnica (obr. 8.17). Území tvoří paleogenní horniny magurského flyše, převážně slítnité a jílovité břidlice s polohami glaukonitických pískovců. Břidlice rychle zvětvávají a na svazích vznikají mohutné jílovito-písčité suti náchylné k sesouvání. Nový proudový sesuv se vytvořil ve sběrné kotlině malého potoka v horní části svahu, kde se starými sesuvy nahromadily svahové suti o mocnosti až 15 m. První deformace se objevily po vydatných deštích koncem května 1962 na domcích osady Lieskové, která leží z větší části v odlučné oblasti sesuvu. Několik dní po prvních náznacích pohybu se v údolí potoka vytvořil úzký proud rozbředlé suti, který během dvou dnů odtekl do údolí a během dalších několika dnů se uklidnil. Největší rychlost byla naměřena uprostřed proudu 5. června – až 25 m za 1 hodinu. Průběh rychlosti je znázorněn na obr. 8.18.



Obr. 8.17
Situace proudového sesuvu u Riečnice z r. 1962. 1 – stará odlučná oblast, 2 – nová odlučná oblast, 3 – hrazené jezero, 4 – původní poloha domů v osadě Lieskové, 5 – poloha domů po sesutí, 6 – místo měření rychlosti proudu (podle L. Řepky in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

Délka sesuvu měří 950 m a objem sesouvajících se hmot se odhaduje na 900 000 m³. Jílovito-písčité suti byly prohnětené, silně zvodnělé a kašovitě konzistence, takže sesuvný proud byl v prvních dnech úplně nepřístupný. Osada Lieskové byla zcela zničena a další dvě osady na dně údolí značně pobořeny. Zemní proud zavalil staré koryto říčky Riečnica a

vzdutá voda v údolí ohrožovala další obce. Katastrofální průběh sesuvu byl způsoben mimořádně vydatnými vodními srážkami na jaře 1962, které dosahovaly podle záznamu místních dešťoměrných stanic až 237 % padesátiletého průměru. Spolupůsobily ovšem i další podmínky příznivé pro vznik proudového sesuvu, především nahromadění jílovito-písčitých sutí, jejich snadná rozbřídavost a vhodný morfologický tvar svahu.

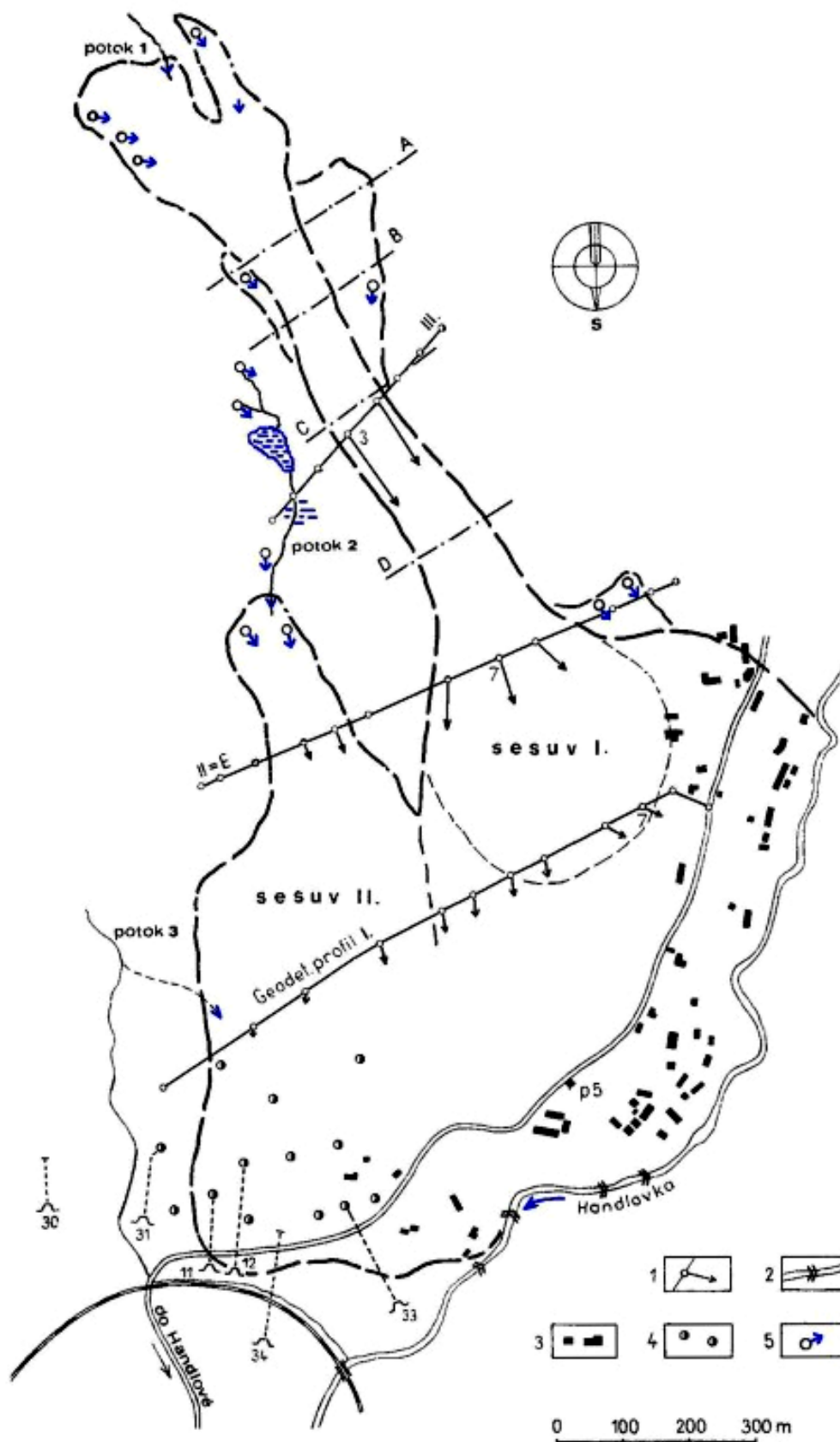


Obr. 8.18
Průběh naměřené rychlosti ve střední části proudového sesuvu u Riečnice (Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

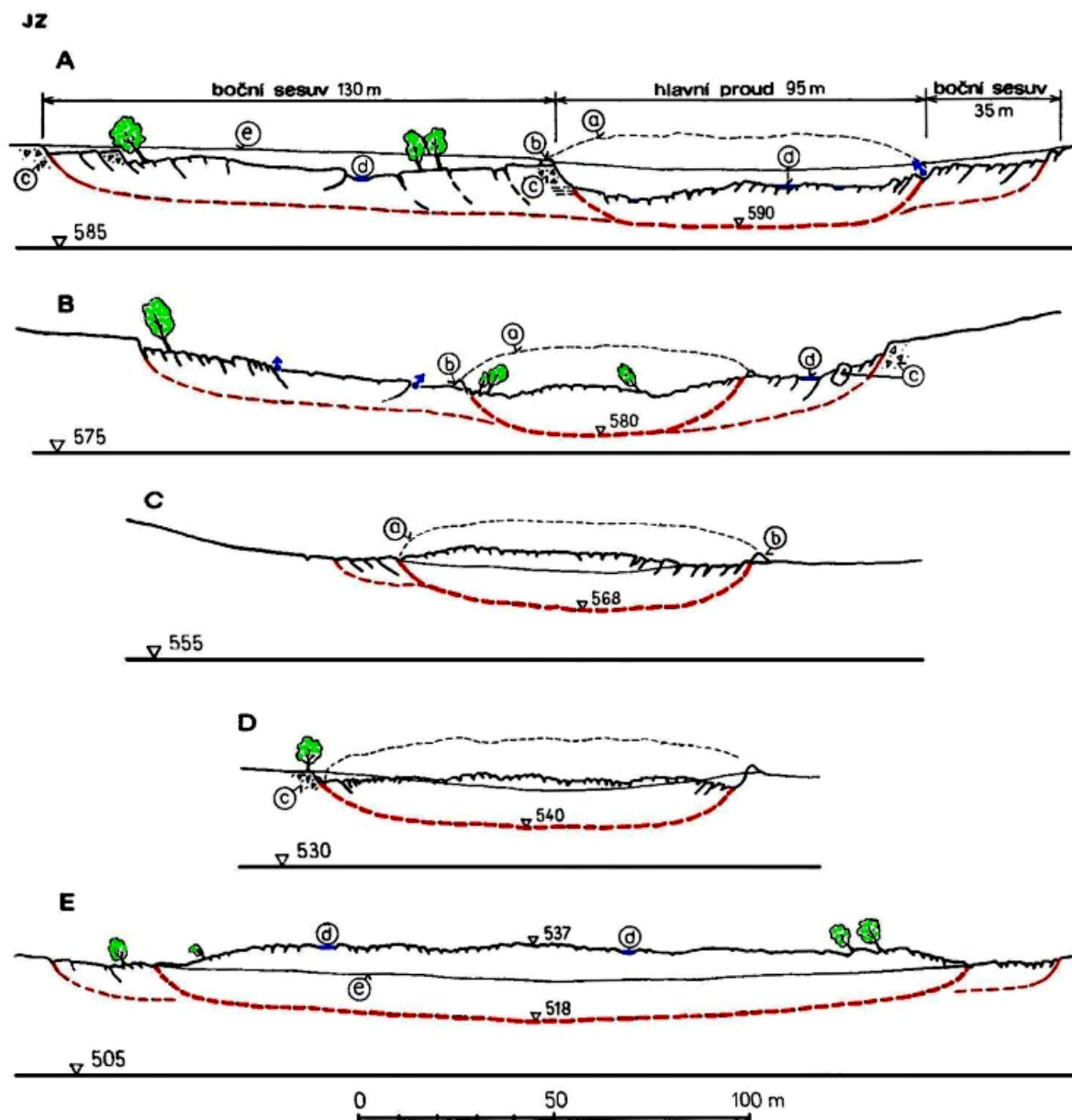
Jeden z největších proudových sesuvů v tehdejší ČSR vznikl koncem roku 1960 v Handlové na Slovensku. Sesuvem bylo zničeno 150 domů, státní silnice, přírodní řad městského vodovodu, různá dálková vedení a byla ohrožena i železniční trať. Odlučná oblast se vytvořila vysoko na svahu při úpatí andezitových příkrovů v neogenních písčitých jílech a tufitech. Uvolněné zvětraliny a andezitové sutě se sesouvaly ve tvaru úzkého proudu k údolí říčky Handlovka, která byla na několika místech sesutými hmotami zahrazena a vzduta. Celková délka sesuvu byla 1800 m a sesuté hmoty měly objem více než 20 mil. m³ (obr. 8.19, 8.20, 8.21).



Obr. 8.19 Stavení zničená sesouváním u Handlové v r. 1961 (J. Pašek in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)



Obr. 8.20 Situace proudových sesuvů u Handlové z r. 1960-61. 1 – pohyb měřených bodů od 1. I. do 31. V. 1961, 2 – kamenné stupně zřízené v korytě Handlovky pro omezení zpětné eroze, 3 – rozbořená stavení, 4 – HG vrty, z nichž byla čerpána voda, 5 – význačné prameny v odlučné oblasti (Q. Záruba – V. Mencl, 1969)



Obr. 8.21 Zaměřené příčné profily sesuvem č. 1 u Handlové. A – nejvyšší úroveň sesuvného proudu, b – vytačené postranní valy, c – andezitové bloky, d – jezírka na povrchu sesuvného proudu, e – původní povrch terénu

Proudové sesuvy na horských svazích s vysoko položenou odlučnou oblastí zaplněnou uvolněnou sutí jsou vážnou překážkou všech komunikačních staveb, neboť jejich sanace je velmi obtížná a nákladná.

Suťové proudy, mury

Jako suťové proudy označujeme rychlé pohyby (stékání) svahových sutí při náhlých vodních přívalích. Suťové proudy vznikají v sypkých, málo soudržných horninách, do nichž se voda rychle vsakuje. Horské kamenité suťové proudy jsou nazývány podle místního alpského názvu *mury*, někde *suťové laviny*. Materiál suťových proudů je netříděný, skládá se z velkých balvanů i drobné písčité suti. Přívalové suťové proudy mají velkou rychlost. Suťové proudy mohou vzniknout i neopatrným zásahem na svazích zakrytých volnými sutěmi, např.

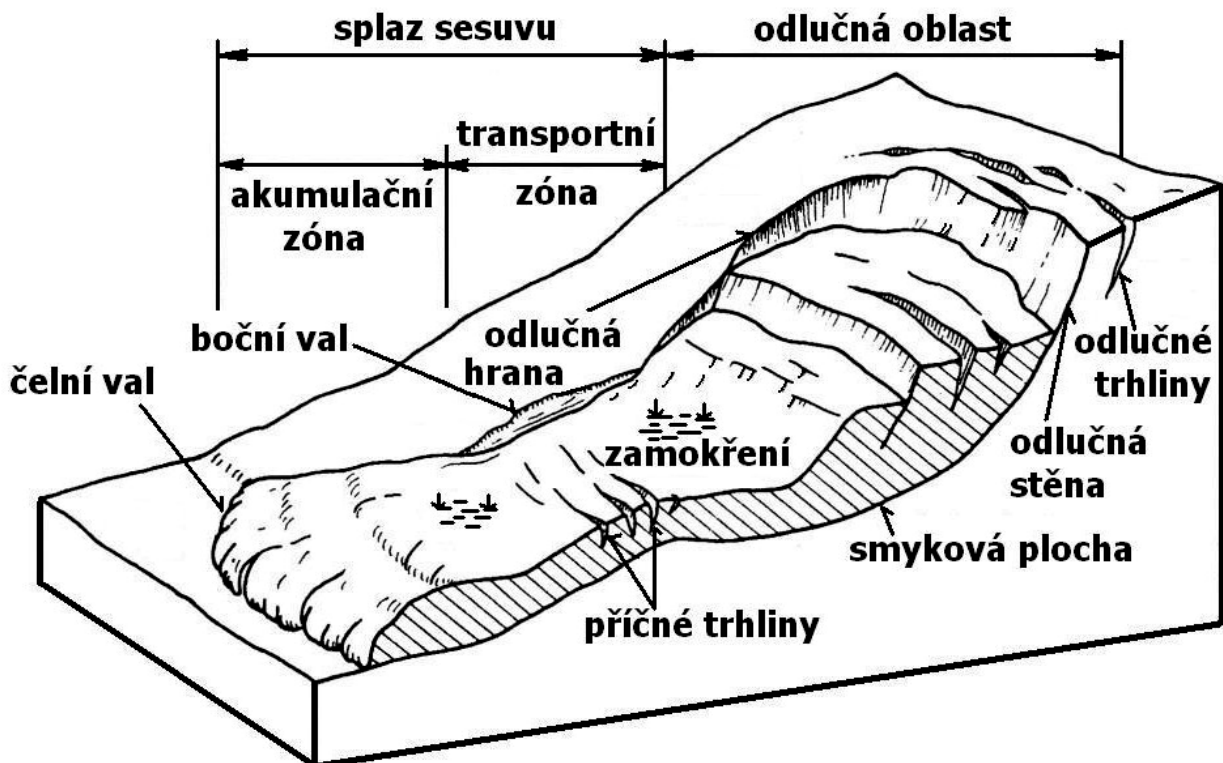
vykácením lesního porostu nebo na svazích hlubokých zářezů komunikačních staveb, není-li včas postaráno o jejich řádné ohumusování a osázení.

Do této skupiny svahových pohybů můžeme zařadit i poruchy svahů způsobené **vyplavením (ztekucením) písků**. To může nastat např. při náhlém snížení hladiny ve vodní nádrži nebo při proražení nepropustného pokryvu zvodnělých písčitých vrstev. Poruchy tohoto druhu se u přirozených svahů vyskytují dosti vzácně. K ztekucení kyprých písků, které mají velkou pórovitost, může dojít i vnějším podnětem. Např. při otřesu se zrna přeskupují, hmota zhutňuje a pórovitost se zmenšuje. Přebytečná voda se přitom ze zeminy vytlačuje. Poněvadž však nemůže uniknout naráz, zvětšuje se tlak vody v pórech, který zmenšuje tření mezi zrny, a zemina se dostane na krátkou dobu do tekutého stavu. Časté jsou sesuvy umělých svahů, jako jsou např. nedostatečně zhutněné písčité násypy komunikací podél vodních nádrží nebo návodní svahy zemních hrází.

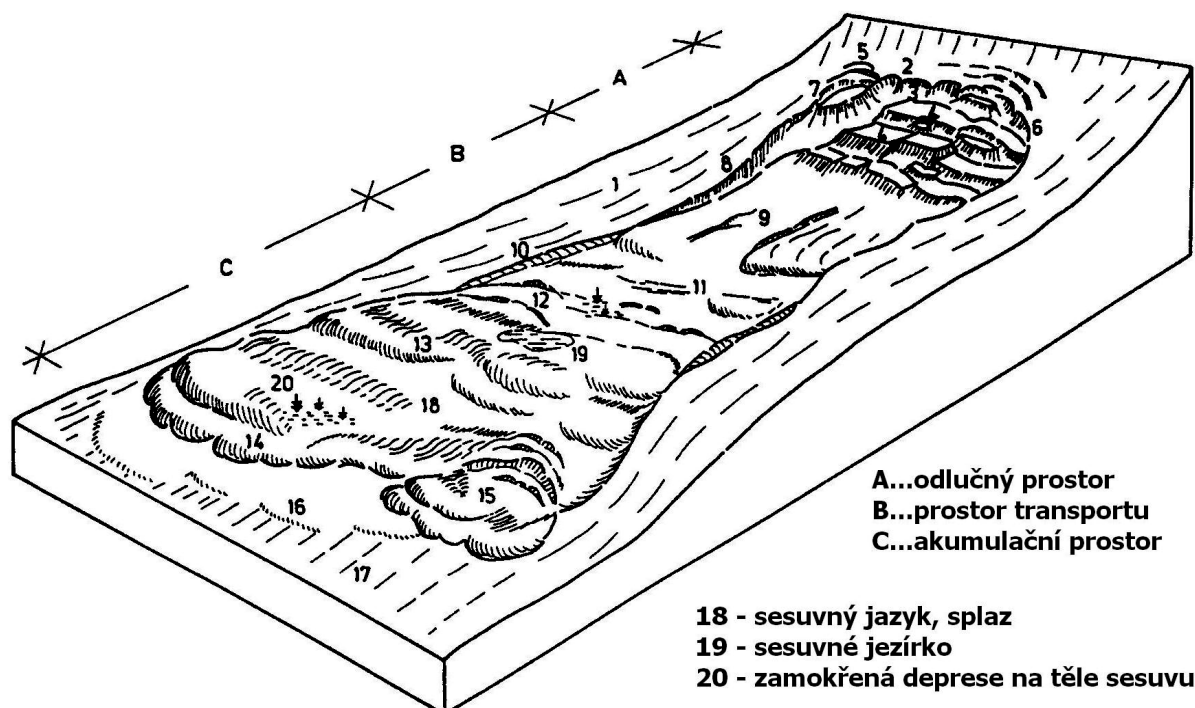
8.5 Sesuvy v pelitických horninách

Sesuvy podél válcových smykových ploch

V pelitických horninách nezpevněných nebo částečně zpevněných (v jílech a slínech, jílovcích, jílovitých břidlicích) vznikají na svazích překročením pevnosti ve smyku hluboké sesuvy podél nově vytvořených zakřivených smykových ploch. Sesuvy podél zakřivených smykových ploch mají charakteristickou formu (obr. 8.22, 8.23). Poněvadž smyková plocha je zakřivena, dochází při sesouvání k rotaci a povrch sesutých hmot se obvykle naklání proti svahu. Odlučná oblast má typický konkávní tvar a sesuté hmoty se hromadí u paty svahu; na sesuvu vznikají příčné trhliny, v nichž se hromadí voda, která zhoršuje rovnovážné podmínky svahu. Často bývá sesutá hornina nasycena vodou tak, že splaz má charakter zemního proudu. Rozsah sesuvu se může postupně zvětšovat tak, že odlučná oblast sesuvu při úpatí svahu se postupně rozšiřuje proti svahu. Zatrhávání se děje obvykle podle dílčích válcových ploch a celé sesuvné území bývá nepravidelně zvlňené; výsledná smyková plocha nemívá pak tvar válcový.



Obr. 8.22 Hlavní části sesuvu a průběh význačných trhlin (upraveno podle Varnese. In Q. Záruba – V. Mencl, 1974)



- | | | |
|------------------------|--------------------------------------|---|
| 1 - původní svah | 7 - sekundární sesuv v odlučné části | 12 - vnitřní (sekundární) odlučné stěny |
| 2 - zázemí sesuvu | 8 - boční trhliny | 13 - čelo sekundárního sesuvu |
| 3 - odlučná stěna | 9 - podélné trhliny | 14 - čelo sesuvu |
| 4 - sesuvné bloky, kry | 10 - boční valy | 15 - sekundární sesuv v čele |
| 5 - odlučné trhliny | 11 - příčné trhliny | 16 - vytlačování v předpolí |
| 6 - odlučná hrana | | 17 - předpolí sesuvu |

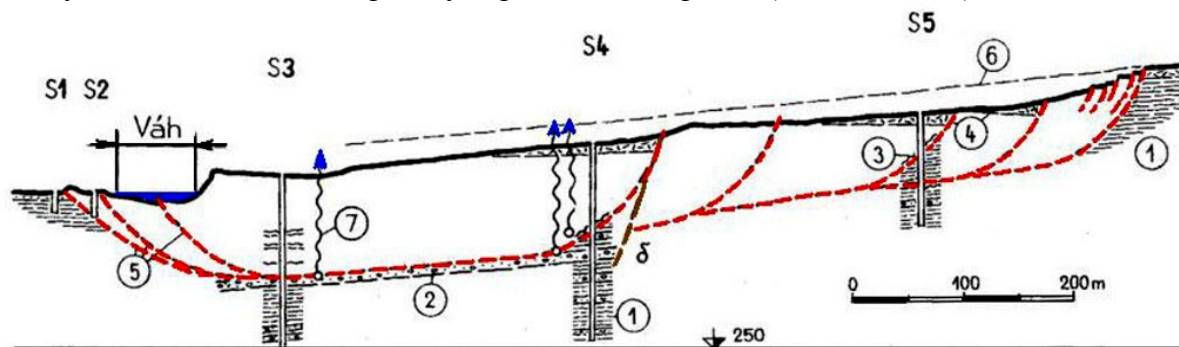
- A...odlučný prostor
 B...prostor transportu
 C...akumulační prostor
- 18 - sesuvný jazyk, splaz
 19 - sesuvné jezírko
 20 - zamokřená deprese na těle sesuvu

Obr. 8.23 Části sesuvu v detailu (J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

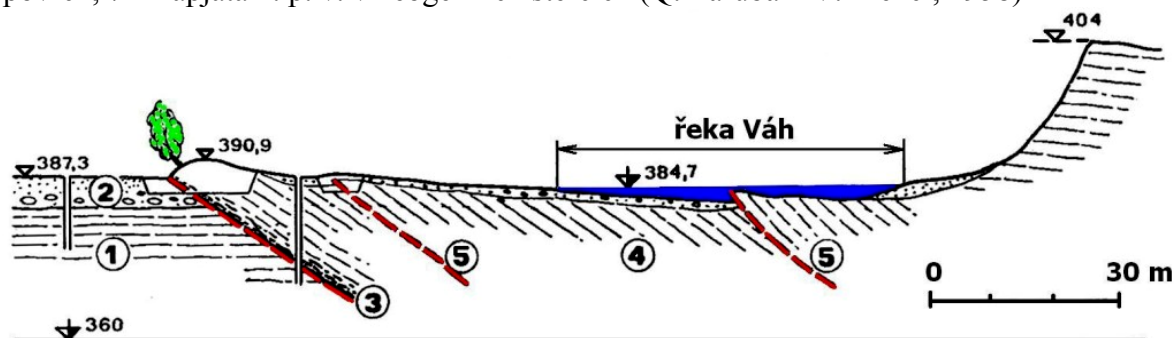
Sesuvy podél složených smykových ploch

Rozsáhlé sesuvy v pelitických horninách mají zpravidla v horní části nově vytvořené smykové plochy, kdežto v dolní části se sesuvné hmoty pohybují po některé vrstvě o menší pevnosti, která má vzhledem k ohybu vhodnou polohu. Jde pak o sesuvy se složenou smykovou plochou, které tvoří přechod k sesuvům po předurčených plochách.

Jako příklad uvedeme sesuvné území v prostoru stavby vodního díla na Váhu u Sučan. Řeka Váh, tekoucí při jižním úpatí pohoří Malá Fatra, si vytvořila široké údolí v neogenních sedimentech, vyplňujících turčianskou pánev. Neogenní sedimenty se skládají ze slínů a slinitých siltů s vložkami rozpadavých pískovců a slepenců (obr. 8.24, 8.25).



Obr. 8.24 Profil hlubokým sesuvem se složenou smykovou plochou v neogenních uloženinách u Sučan na úpatí Malé Fatry. 1 – neogenní jíly a písčité slínovce, 2 – písčité štěrky, neogén, 3 – prohnětené polohy, 4 – žulové suti, 5 – dílčí smykové plochy, 6 – původní povrch, 7 – napjatá h. p. v. v neogenních štěrcích (Q. Záruba – V. Mencl, 1958)



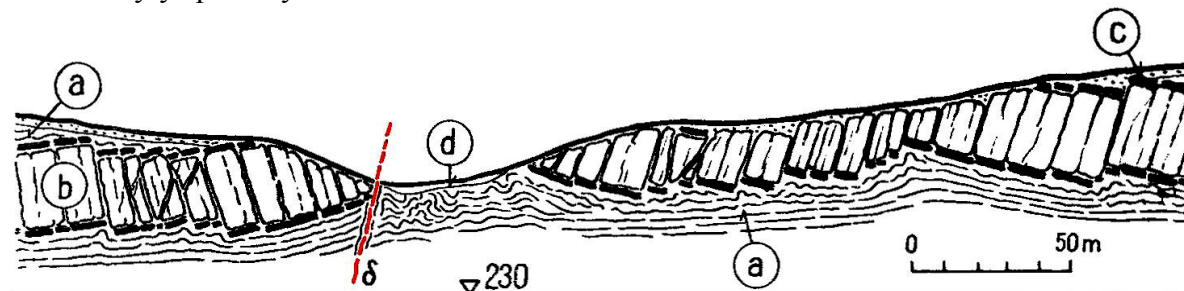
Obr. 8.25 Profil čelem sesuvu u Sučan. 1 – neogenní slíny v původní vodorovné poloze, 2 – písčité štěrky údolní nivy Váhu, 3 – prohnětená zóna, vytlačená nad údolní nivu, 4 – vyzdvižené neogenní slíny v čele sesuvu, částečně erodované Váhem, Dílčí smykové plochy (Q. Záruba – V. Mencl, 1958)

8.6 Svahové pohyby vzniklé vytlačováním měkkých hornin

Vytlačováním měkkých jílovitých hornin z podloží vznikají různé druhy svahových pohybů, jejichž forma záleží na místních geologických a morfologických podmínkách. Náleží sem *kerné sesuvy*, *vytlačování měkkých pelitických hornin na dně erozních údolí* nebo umělých zářezů a *některé poruchy násypů*, založených *na neúnosném podloží*.

Vytlačování měkkých vrstev je v přírodě všeobecně rozšířeným jevem, který si dobře neuvědomujeme, protože proces probíhá velmi pomalu. Nestabilitnost svahu se projevuje teprve během delšího časového období, kdy plynulé drobné deformace nabývají měřitelných hodnot. Vytlačování měkkých hornin na dně údolí (*bulging*) bylo dobře odkryto a poprvé popsáno ve velkých lomech na železnou rudu v okolí Northamptonu ve střední Anglii.

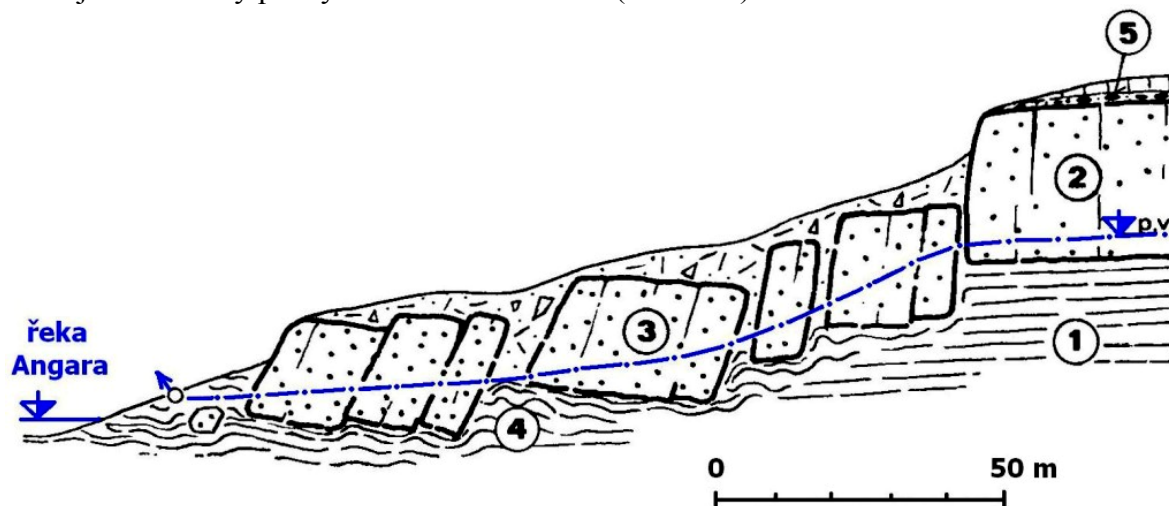
U nás jsme se s tímto jevem setkali při zakládání přehrady na řece Lucina u Žermanic na Ostravsku. Profil na obr. 8.26 ukazuje, že údolí bylo vyhloubeno ve slítných břidlicích spodní křída, kterými prostupují mohutná ložní tělesa těšínitu. Těšínit je rozlámán soustavou zlomů zhruba rovnoběžných na několik ker, které jsou od sebe odděleny širokými trhlinami. Těžké těšínitové bloky se postupně zabořovaly do měkkých břidlic, které se pomalu vytlačovaly na dně údolí, kde byly vodním tokem odnášeny. Těšínitové kry se současně se zabořováním pomalu sunuly k úpatí svahu. Naklonění jednotlivých ker těšínitu je patrné podle zbytků kontaktně přeměněných břidlic v nadloží a podloží těšínitových ker. Hlavní deformace nastaly v mladším pleistocénu, neboť stupně mezi krami jsou zaplněny svahovou sutí a zakryty sprašovými hlínami.



Obr. 8.26 Vytlačování slítných břidlic ve dně údolí řeky Luciny u Ostravy. a – slítnité břidlice (spodní křída), b – těšínit, c – kontaktně přeměněné břidlice, d – rozměklé břidlice na dně údolí (Q. Záruba in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

Tyto povrchové deformace hornin a jejich průvodní jevy vyžadují velkou pozornost při inženýrských stavbách. Obdobné jevy mohou nastat i při hloubení umělých zářezů, jsou-li ve výkopu pod pevnými horninami měkké vrstvy.

Kerné (blokové) sesuvy vznikají na svazích, kde rozpukané pevné horniny vytvářejí kry se strmými stěnami, spočívající na měkkých jílovitých vrstvách. Okrajové kry pevných hornin se zabořují postupně do měkkého podloží. Plastické horniny se vytlačují po svahu a unášejí s sebou kry pevných nadložních hornin (obr. 8.27).

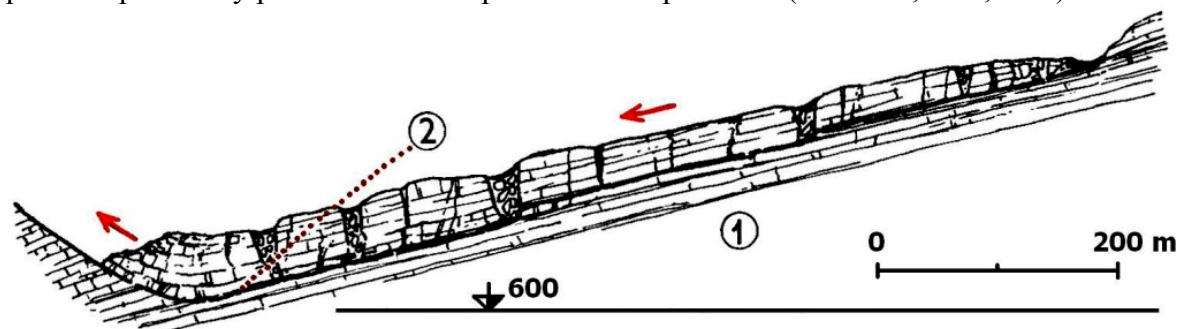


Obr. 8.27 Kerný sesuv na levém břehu Angary v oblasti VD Bratsk na Sibiři. 1 – jílovce (svrchní kambrium), 2 – pískovce (ordovik), 3 – zabořené bloky pískovců, 4 – zvětralé jílovce postižené plastickými deformacemi, 5 – terasové štěrky (Palšín et al. 1963 in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

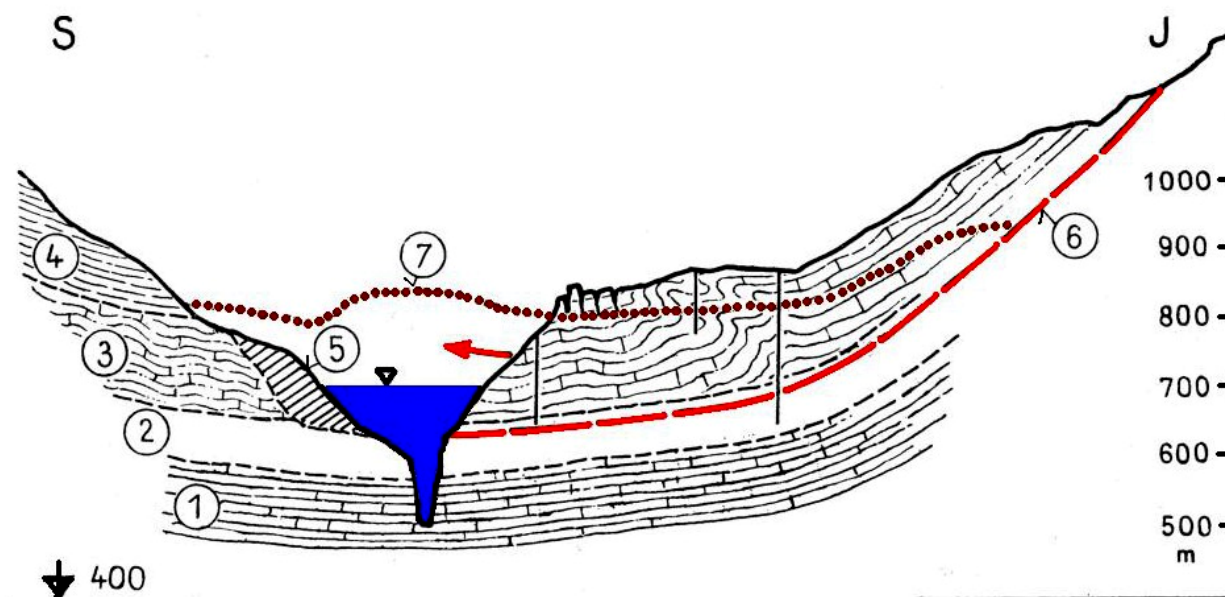
8.7 Sesouvání pevných hornin skalního podkladu

Sesuvy po předurčených plochách

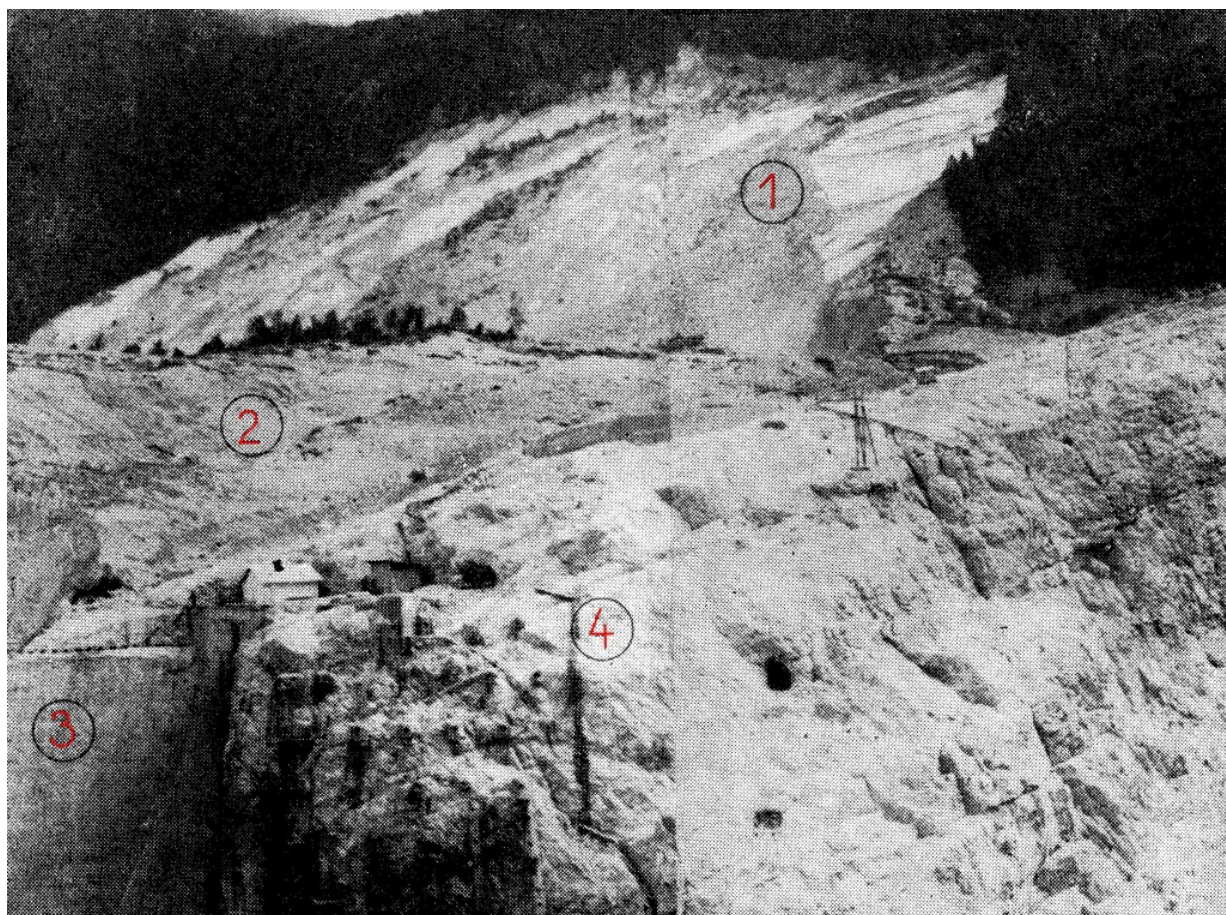
K sesouvání po vrstevních spárách, puklinách nebo dislokacích obvykle dochází tehdy, jsou-li vrstvy nebo jiné plochy dělitelnosti ukloněny po svahu a je-li porušena jejich souvislost při úpatí svahu. Skalní sesuvy podél vrstveních ploch nebo jiných ploch diskontinuity mohou nabýt katastrofálního měřítka, jde-li o velké kubatury a velké výškové rozdíly na horských svazích. Pohyb sesutých hmot dosahuje pak zrychlení, které dosahuje téměř rychlosti říčení. Příznivé podmínky pro vznik skalních sesuvů jsou zejména v mladých pohorích, protože toky se strmou spádovou křivkou se tak rychle zařezávají do podloží, že svahy se nestačí přizpůsobit novým podmínkám. Jsou-li vrstvy ukloněny k údolí, nastávají příznivé podmínky pro vznik sesuvů po vrstevních plochách (obr. 8.28, 8.29, 8.30).



Obr. 8.28 Sesuv po vrstevní ploše. 1 – pískovce a jílovce godulských vrstev, 2 – pravděpodobný tvar údolí před sesutím (upraveno podle S. Novosada in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

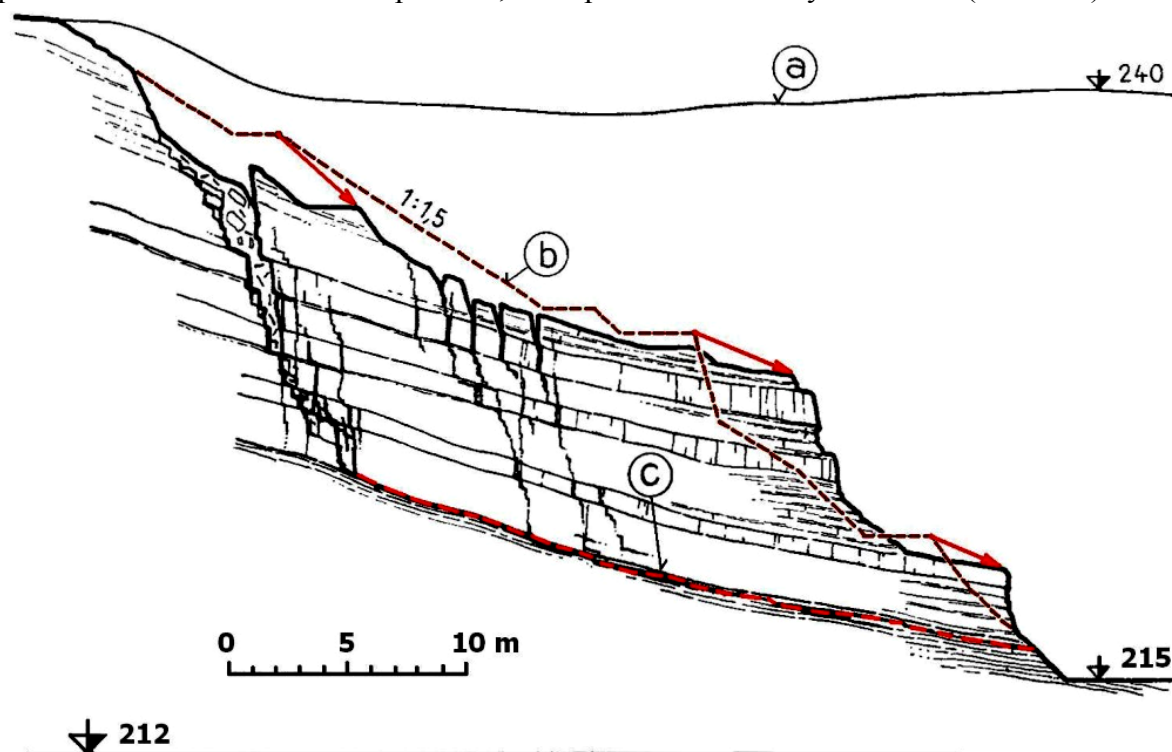


Obr. 8.29 Schématický profil sesuvem do nádrže Vaiont v r. 1963. 1 – lavicové vápence (digger), 2 – tenké deskovité vápence s jílovitými polohami (malm), 3 – lavicovitě vápence s rohovci (křída), 4 – vápence a slíny (křída), 5 – zbytek starého sesuvu, 6 – smyková plocha, 7 – zavalení údolí sesuvem (Selli, Trevisan et al. 1964 in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)



Obr. 8.30 Obrovský sesuv jurských vápenců zavalil nádrž Vaiont v italských Alpách a způsobil katastrofální záplavu v údolí řeky Piave v r. 1963. 1 – odkrytá smyková plocha, 2 – sesuté hmoty, 3 – klenbová hráz, 4 – přívalovou vlnou erodované vápence (V. Mencl in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

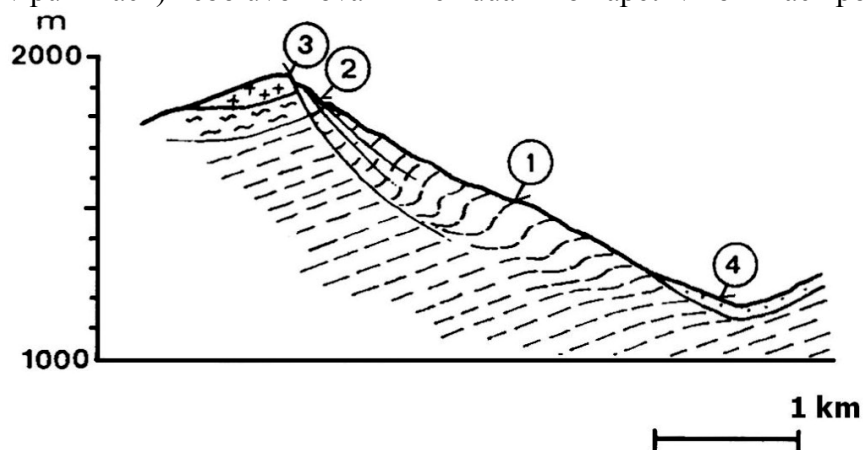
Sesouvání po vrstevních plochách bývá způsobeno také zásahem do přirozených poměrů svahu buď stavebními pracemi, nebo při těžení nerostných surovin (obr. 8.31).



Obr. 8.31 Sesuv na svahu průkopu návrším Bohdalec v Praze. a – původní povrch území, b – upravený svah zářezu, c – sesuv královčovských břidlic po vrstevních plochách (Q. Záruba in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

8.8 Dlouhodobé deformace horských svahů

Vedle náhlých sesuvů po předurčených plochách byly zjištěny pomalé dlouhodobé pohyby hornin na horských svazích, které mají charakter ploužení. Označují se jako gravitační vrásnění nebo gravitační posuny. Vyskytují se v horninách, které jsou schopné plastického přetváření dílčími posuny podél elementárních ploch dělitelnosti (vrstevních ploch, ploch břidličnatosti, foliace) bez vytvoření průběžné smykové plochy (obr. 8.32). Tyto jevy jsou známe např. na svazích tvořených fylity, svory, pararulami, chloritickými břidlicemi apod. Dlouhodobé rozvolňování a posouvání hornin po vrstveních plochách vzniká např. při mírném sklonu vrstev postupným otvíráním puklin vlivem povětrnosti (hlavně mrznutím vody v puklinách) nebo uvolňováním reziduálního napětí v horninách po vyhloubení údolí.



Obr. 8.32 Profil gravitační deformací horského svahu Ráztoky v Západních Tatrách. 1 – biotitické ruly, 2 – migmatity, 3 – granity, 4 – glaci-fluviální a svahové uloženiny (A. Němčík, 1972 in Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

Deformace horských svahů třeba pečlivě registrovat, protože jsou i u nás častější, než se většina inženýrů domnívá. Mnohé strmé svahy jsou takto rozvolněny a mladší svahové pokryvy zcela zakrývají porušený skalní podklad. Včasné rozpoznání těchto jevů má velký význam při zakládání přehrad, zejména pak při projektování přečerpávacích elektráren s akumulací nádržemi ve vysokých horských polohách.

Skalní zřícení (řícení)

Jako **skalní zřícení (řícení)** označujeme náhlé říťivé pohyby uvolněných bloků nebo komplexů hornin ze strmých skalních stěn nebo ze stropů jeskyní. Kameny a bloky se hromadí na úpatí svahů jako suťové kužely, které mohou splývat v rozsáhlé osypy. Svahy suťových kuželů mají úhel sklonu 25 až 40°, podle tvaru a velikosti úlomků. Dojde-li k zřícení velkých skalních mas uvolněných vysoko na horské stěně, může pohyb dosáhnout rychlosti až 200 km za hodinu.

Skalní zřícení jsou nebezpečná pro svůj rychlý průběh a proto, že je lze nesnadno předvídat. Zabezpečování skalních stěn hrozících zřícením je obtížná a nákladná práce. Dnes se provádí předpjatými kotvami a svorníky. Povrch stěn je dále zajišťován překrytím sítěmi.

8.9 Zvláštní případy svahových pohybů

Do této skupiny zařazujeme svahové pohyby, které se v našich krajinách za dnešních klimatických podmínek nevyskytují. V některých oblastech však náležejí k důležitým geologickým jevům.

Soliflukce (půdotok)

Jako **soliflukci** označujeme odtékání rozmrzlé povrchové vrstvy po zmrzlém podkladu. Soliflukční jevy jsou známy hlavně ze subarktických a vysokohorských oblastí. Povrchové vrstvy jsou zde hluboko promrzlé a za krátkého letního tání rozmrazí jen do malé hloubky (asi 0,5 m). I v našich klimatických poměrech dochází někdy k soliflukci na horských svazích za zvláště nepříznivých podmínek při náhlém jarním tání; ovšem jen v menším měřítku při čem zasahuje do malé hloubky.

8.10 Sesouvání senzitivních jílu

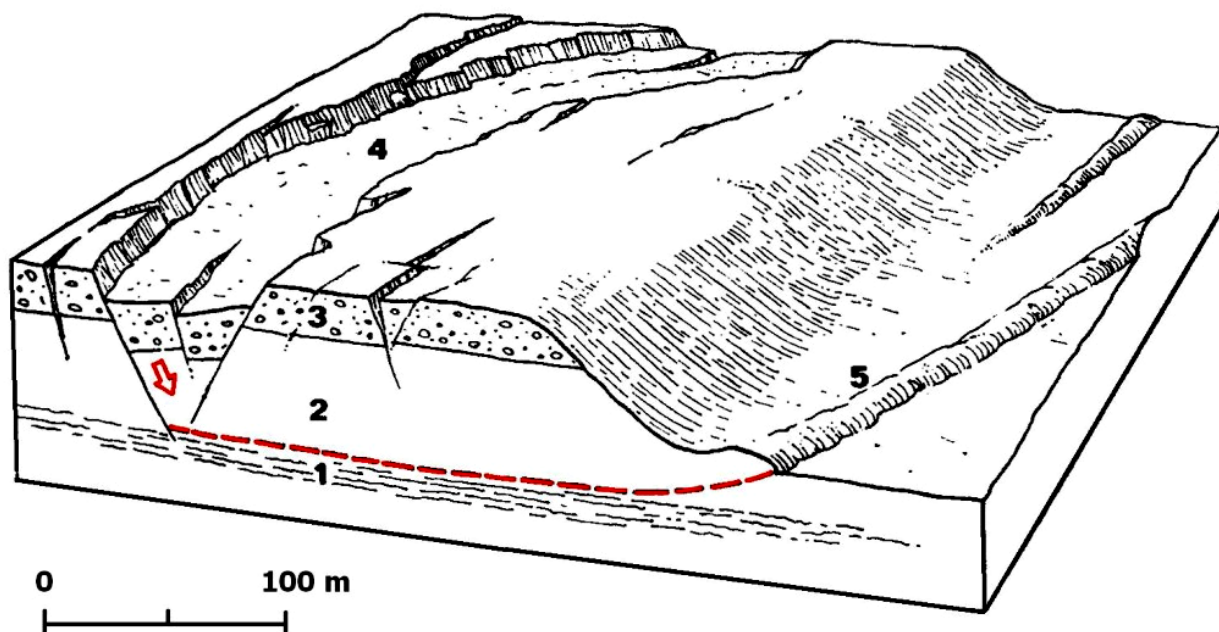
K rychlým svahovým pohybům charakteru tečení náleží i jevy vzniklé **ztekucením senzitivních jílu**. Jsou to jílovité sedimenty mořského původu, které po regresi moře tvoří plochá území ležící dnes i několik set metrů nad hladinou moře, hlavně ve Skandinávii a v Kanadě. V Norsku tyto jíly byly označovány jako „**quick clays**“ a název je nyní všeobecně užíván pro vysoce senzitivní jíly. Pevnost těchto sedimentů v dnešní poloze se během staletí postupně zmenšuje. Příčinou je postupné zmenšování obsahu solí ve vodě obsažené v pórech zeminy. Mimo zmenšování pevnosti se u nich zmenšuje i mez tekutosti a vzrůstá senzitivnost jílu, tj. náchylnost k velké ztrátě pevnosti při prohnětení. Znakem tohoto procesu je, že se při něm vlhkost zeminy nemění. Ztráta pevnosti vede k sesuvům, přičemž se prohnětená zemina chová jako viskózní tekutina. Sesuv se rozrůstá do délky i šířky a ohrožuje zástavbu i komunikace. Záludným znakem těchto sesuvů je, že postihují zcela plochá území, se sklonem dokonce menším než 5%, a že mají zpravidla velmi rychlý průběh (obr 8.33, 8.34).

Na obr. 9.165 je znázorněn sesuv v citlivých jílech, ke kterému došlo roku 1962 v Norsku u Skjelstadmarku, severně od Trondheimu. Podnětem k sesuvu byla erozní činnost potoka, která vyvolala nejprve malý břehový sesuv. Tím se odkryla vrstva jílu vysoké sensitivity; jíly rychle odtekly a zaplnily starou údolní brázdou na výšku 10 m. Sesuv je dlouhý 2,8 km, odlučná oblast je 12 až 15 m hluboká a do pohybu se dostalo asi 2,1 miliónu m³ jílu.



Obr. 8.33 Letecký snímek sesuvu v senzitivních jílech u Skjelstadmarku v Norsku r. 1962. (Foto NGI. In Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

Náhlé ztekucení senzitivních jílu může být způsobeno také *otřesy* (obr. 8.34).



Obr. 8.34 Blokdiagram translačního sesuvu vzniklého ztekucením senzitivních jílu při zemětřesení na Aljašce r. 1964. 1 – senzitivní mořské jíly, 2 – tuhé jíly, 3 – písky a šterky, 4 – příkopová propadlina v odlučné oblasti, 5 – vytlačené jíly (Hansen, 1969. In Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

8.11 Subakvatické skluzy

Subakvatické skluzy vznikají posouváním nezpevněných sedimentů, hlavně jílovitých nebo siltových a vápnitých kalů, někdy i jemně písčitých náplavů, po ukloněném dnu pod hladinou vody. Subakvatické skluzy se tvoří v jezerech i na mořském pobřeží. Podnětem k pohybu mohou být i seismické a jiné otřesy. Přitom se mohou sesouvat a sklouzávat povrchové, právě usazené vrstvy nebo dochází k vytlačování podložních měkkých pelitických hornin, přičemž se dostávají do pohybu i mladší vrstvy v nadloží.

8.12 Zabezpečování svahů v sesuvných územích

Hlavní pozornost inženýrského geologa je zaměřena k tomu, jak vzniku sesuvných pohybů zabránit nebo tam, kde již k sesouvání došlo, jak svah stabilizovat. Nejlepším opatřením je, vyhneme-li se sesuvnému území. To je možné jen někdy. Vždy je však nutné, abychom se snažili omezit zásah do území na nejmenší míru, provedli pečlivý průzkum a navrhli příslušná opatření. Zjištění příčiny svahového pohybu a následně její odstranění je ideálním výsledkem.

8.13 Průzkum sesuvných území

se řídí stejnými zásadami, jako při jiných úlohách. Na některé podmínky a faktory se ale klade zvýšený zřetel. Nejprve je třeba sestavit pracovní hypotézu. K tomu potřebujeme mimo geologických poměrů území, zjistit zejména:

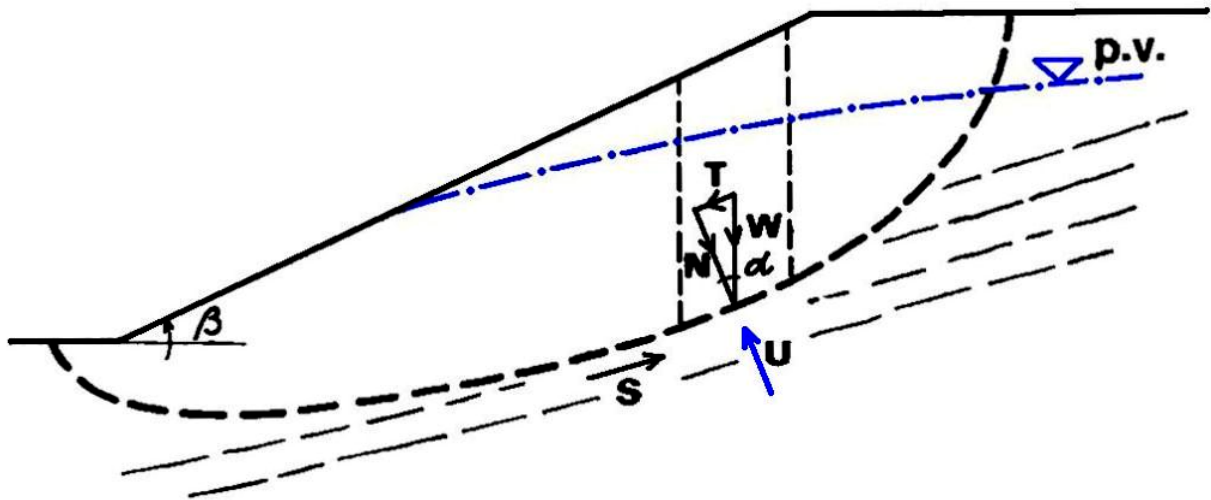
- Všechny plochy oslabení pevnosti horniny, které mohou způsobit svahový pohyb. Jsou to vrstevní plochy, zlomy, průběžné pukliny, ale často i smykové plochy starých uklidněných sesuvů
- U existujících sesuvů polohu smykové plochy nebo zóny pečlivým odebráním vzorků z vrtu. Ve vážných případech se razí i průzkumná štola, která má zpravidla zároveň i odvodňovací funkci
- Na sesuvných územích je třeba osadit pevné body měřických tahů (nejlépe přímek) a měřit vodorovné i svislé posuny těchto bodů ve vhodných časových intervalech. Podle vektorů posunů lze usuzovat na hloubku smykové plochy
- Dále je třeba podrobně studovat odlučnou oblast sesuvu. Je-li v ní široké pásmo s trhlinami ukloněnými proti svahu, je pravděpodobné, že jde o hluboký sesuv
- Hledat cesty, jimiž může být svah napájen vodou, ať povrchovou, nebo proudící v propustnějších polohách horniny, nebo přicházející z podloží. K tomu je třeba podle předpokládaných hydrogeologických poměrů osadit pozorovací trubice do různých hloubek. Průběžné trubice, perforované téměř po celé výšce, jsou spíše škodlivé, neboť mohou spojovat různé horizonty podzemní vody nad sebou. V málo propustných zeminách je účelné osadit piezometry k měření tlaku vody v pórech
- Měřit napětí v různých místech povrchu území
- Při určování mechanických vlastností zjistit i parametry reziduálního odporu proti usmýknutí.

8.14 Statické řešení

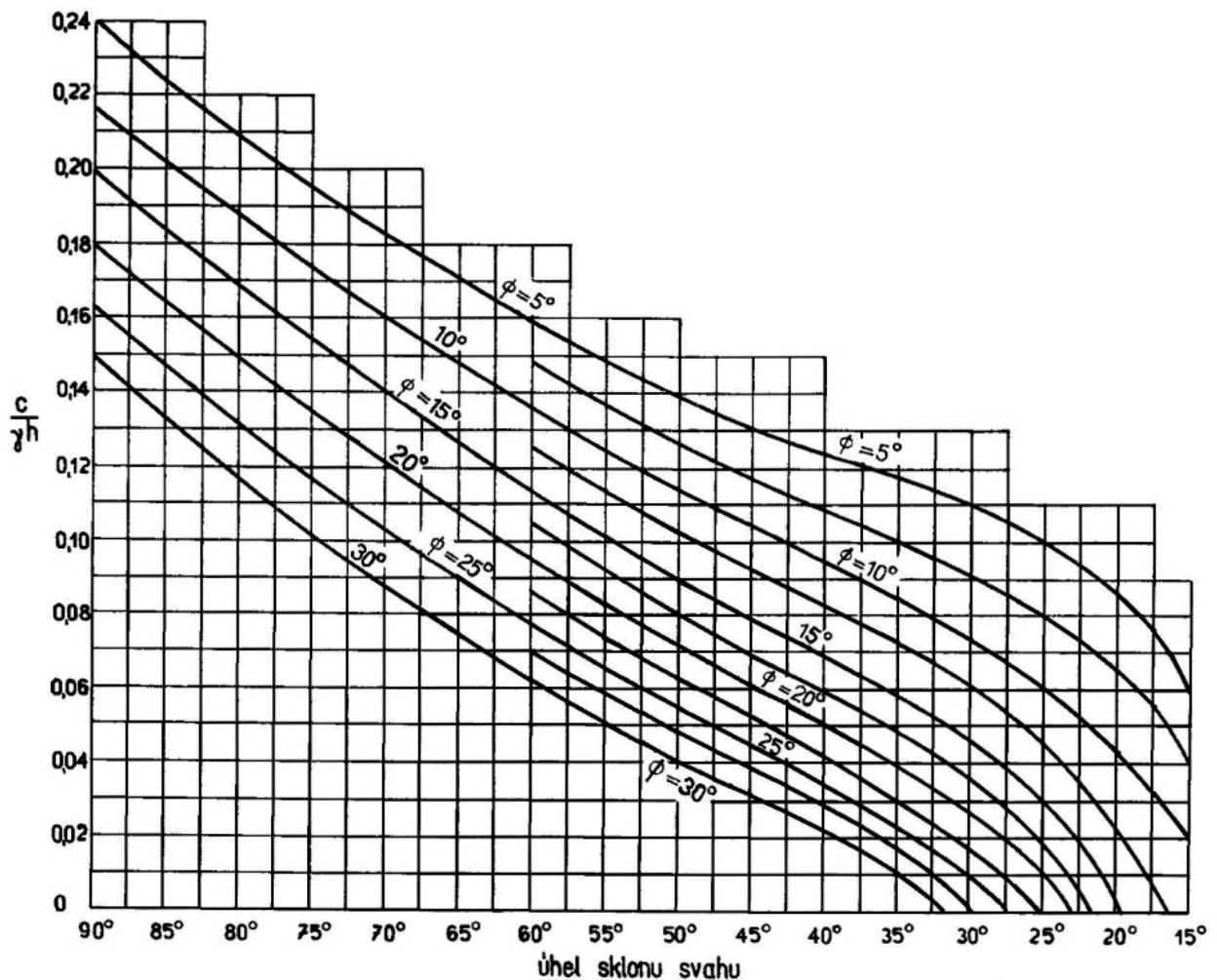
Pokud je to možné, pokusíme se o statické řešení. Výstižné statické řešení je výborným pomocníkem, neboť ukáže, jak změna faktorů, předpokládaná při úpravě svahu nebo stabilizaci sesuvu, zlepší jeho stav.

Dosavadní statická řešení mají povahu stabilitního řešení. Jeho podstata u sesuvů spočívá v tom, že se hledá součinitel bezpečnosti, tj. číslo rovné poměru souhrnu sil S , odporujících sesouvání (obr. 8.35), k souhrnu sil T , tj. tangenciálních složek tíhy W , které vyvolávají sesuvný pohyb. Odpor S je dán pevností horniny, která se zvětšuje s rostoucím normálním napětím. Proto se v statickém řešení objevuje i normální složka N tíhy W . Pod hladinou podzemní vody nebo při tlaku vody v pórech se složka N zmenšuje o vztlak U . Lze také říci, že součinitel bezpečnosti F ukazuje (svou převrácenou hodnotou), jaký podíl pevnosti horniny je třeba k udržení svahu.

Další rozvedení výpočtu je dnes předmětem mnoha úvah a předpokládá podrobné znalosti mechaniky zemin a skalních hornin. Pro první orientaci postačí diagram podle Lobasova (obr. 8.36), který platí pro $F = 1$ a jen pro $U = 0$. Poněvadž musíme zavést určité F (např. asi 1,7 pro svahy v jílovitých zeminách), je třeba hodnoty c a Φ zmenšit.



Obr. 8.35 Schématické znázornění sil působících na existující nebo předvídané smykové ploše ve svahu (Q. Záruba – V. Mencl, 1974)



Obr. 8.36 Diagram pro určení stabilního sklonu svahu podle Lobasova (Q. Záruba – V. Mencl, 1974)

8.15 Stabilizační opatření

Podle výsledků šetření se rozhodneme pro následující stabilizační opatření:

a) *Úprava tvaru svahu*

Odlehčením aktivní části sesuvu a přitížením paty zlepšíme stabilitu. Platí to zejména o územích, kde tíha hmot horniny není odlehčována vztlakem. Vždy je však třeba opatrnosti, aby se odlehčením v existující nebo předpokládané odlučné oblasti nezhoršila stabilita vyšších částí svahu nad sesuvem. Přisypává-li se zatěžovací násyp k patě svahu, je účelné podloží násypu drénovat.

b) *Odvodnění území*

Významným faktorem při vývoji sesuvů je hydrostatický tlak vody, ať již působí jako tlak v makropórech a puklinách horniny, nebo jako vztlak směrem vzhůru na nepropustný strop propustnějších poloh.

Proto je třeba odvádět z území povrchové toky a srážkové vody, a to pokud možno nejkratší cestou. Celý systém je nutné trvale udržovat, zvláště v době mrazů. Drénování podzemní vody je jedním z nejúčelnějších opatření. Jede-li o povrchové, jen málo metrů mocné sesuvy, je vhodné užít drenážních žeber. Z větších hloubek se odvádí voda vodorovnými odvodňovacími vrty, které se dnes uskutečňují i na délku přes 20 m. Vhodné je, kombinuje-li se vodorovný vrt se svislými drenážními vrty nebo stěnami. V plochých územích je možné zřídit buď systém vodorovných vrtů z jámy, nebo systém vrtných čerpacích studní. Avšak v aktivních sesuvech se studně brzy poruší, kdežto vodorovné odvodňovací vrty slouží mnohem déle (ale hrozí u nich zanášení – zakolmatování).

Je-li příčinou svahového pohybu voda je odvodnění cca 10x a více levnější než vestavování statických stabilizujících konstrukcí (viz ad c)).

c) *Opření sesuvu nebo jeho kotvení*

V mnohých případech nedovoluje okolí, aby se sklon svahu zmenšil, a odvodnění, pokud je vůbec potřebné, nestačí k stabilizování území. Proto se používá různých stěn k doplnění sil, potřebných pro dosažení rovnováhy. Stěna má nahradit jen část paty svahu. Opěry uspořádané jako souvislé zdi vyžadují základy a výkop pro ně je zpravidla příčinou sesuvů. Výhodné jsou opěry zřízené z vrtných pilot. Protože vetknuté piloty mají malou schopnost odporovat smykovým silám, zvětšuje se jejich únosnost tím, že se jejich hlavy kotví táhly do horniny.

Neodvede-li se podzemní voda ze svahu za opěrou, rozbahní se povrchové vrstvy po promrznutí, sesouvají se a části i přetékají přes korunu opěrné zdi. Proto zřízení opěr bez odvodnění svahů je nedokonalým řešením.

Průměrné sklony svahů v jednotlivých typech zemin jsou uvedeny v tabulce IX.I. Při všech výše uvedených způsobech zabezpečení je účelné zakrýt svah propustnou vrstvou, aby se zabránilo zamrznání vody při jeho povrchu.

Pokud je to možné tak nezasahovat stavební činností do potenciálně nestabilních svahů a stěn! V sesuvném území nestavět!!

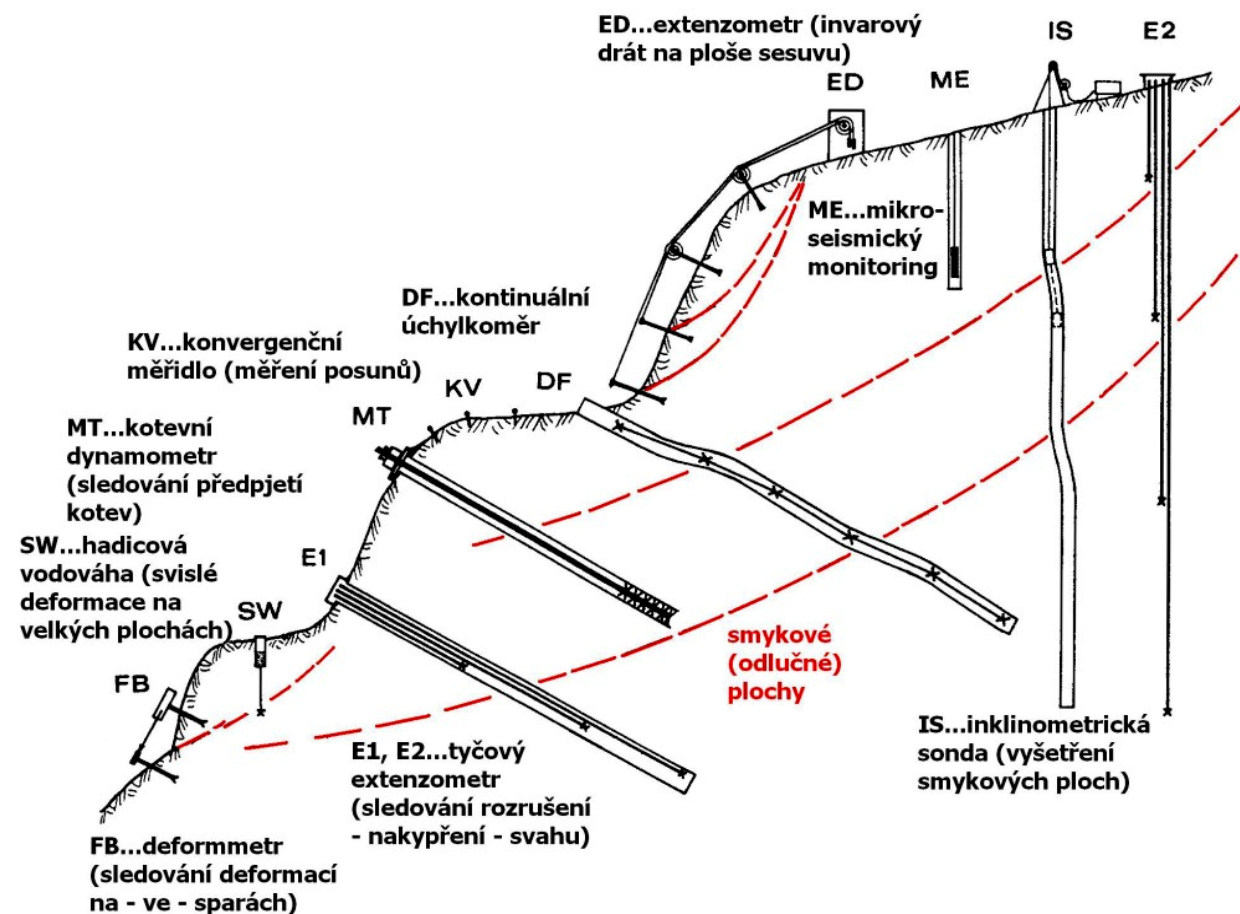
Průměrné sklony svahů

Tab. IX.I

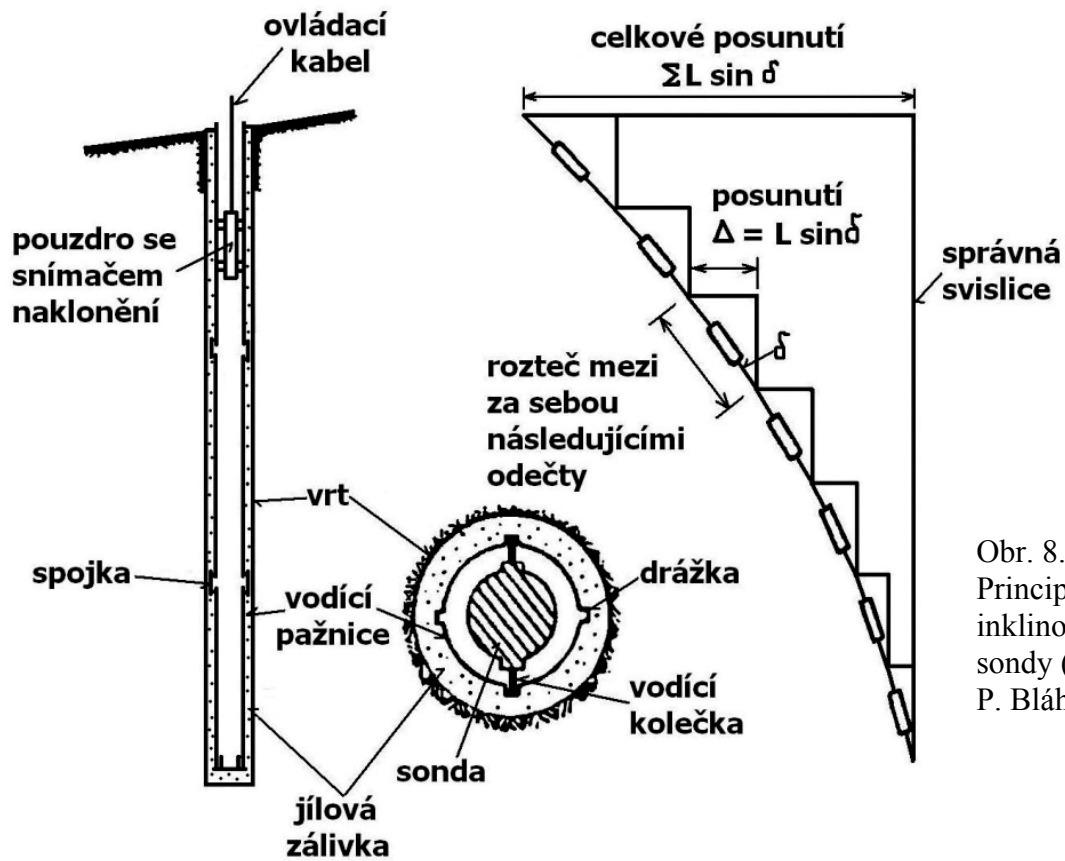
Výška svahů [m]	0 ÷ 3	3 ÷ 6	6 ÷ 9	9 ÷ 12
Hlína	1 : 1,5	1 : 2	1 : 2,5	1 : 3 1 : 3,5
Jílovitá hlína nebo jíl	1 : 1,75	1 : 2,25	1 : 2,75	1 : 3,5 1 : 4
Písek	1 : 1,25			

Velmi významnou součástí posuzování stability svahů a stěn jako i funkce stabilizačních opatření je *instrumentace a monitorování* k pohybům náchylných zeminých a horninových těles. **Instrumentací** rozumíme osazení měřících přístrojů a zařízení; **monitorování** je potom vlastní měření a sledování. Příklad nasazení použitelných metod instrumentace a monitoringu je uveden na obr. 8.37.

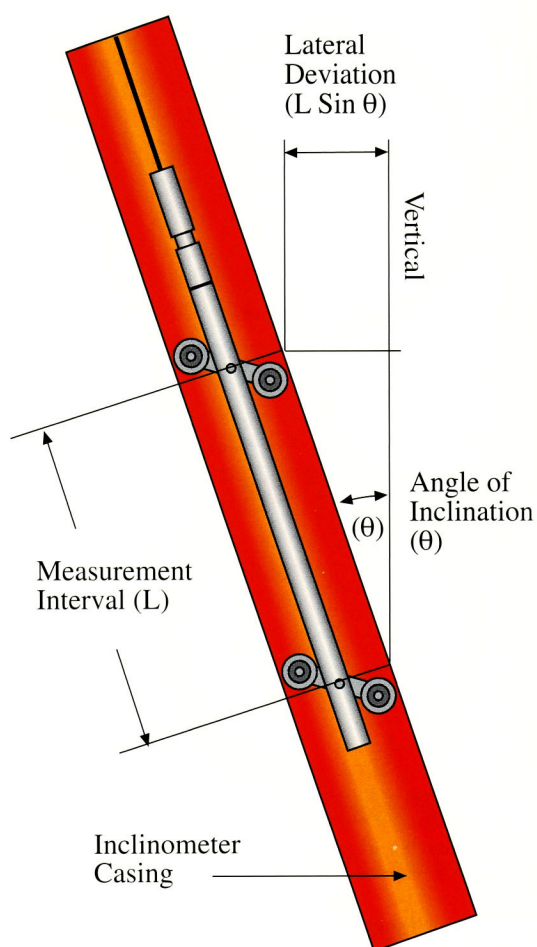
Nejvýznamnější součástí instrumentace a monitoringu stability svahů v zeminách je (vedle geodetického sledování) **inklinometrie**. Instrumentace při inklinometrii spočívá ve vystrojení monitorovacího vrtu speciální plastovou čtyřdrážkovou pažnicí, která je při proměřována projíždějícím *inklinometrem* – obr. 8.38 až 8.40.



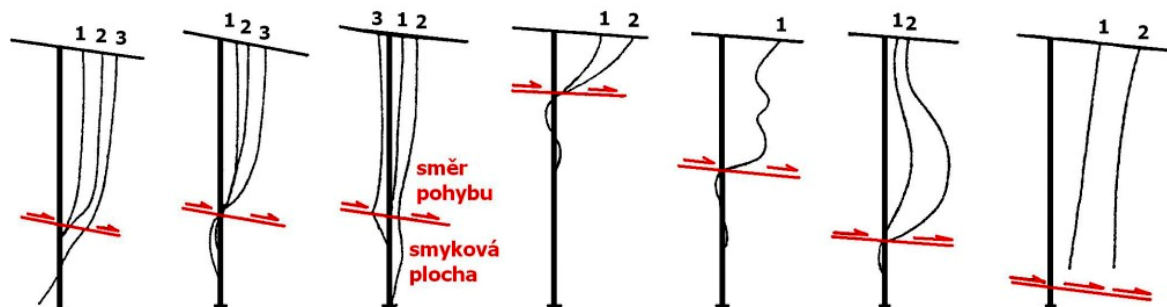
Obr. 8.37 Instrumentace a monitorování pro kontrolu sesuvů a řízení stěn, svahů, zářezů a násypů (fy Interfels, Salzburg, Austria)



Obr. 8.38
 Princip činnosti inklinometrické sondy (J. Nešvara - P. Bláha, 1991)



Obr. 8.39
 Inklinometrická sonda (Sireg S.p.a., Arcore, Italy)

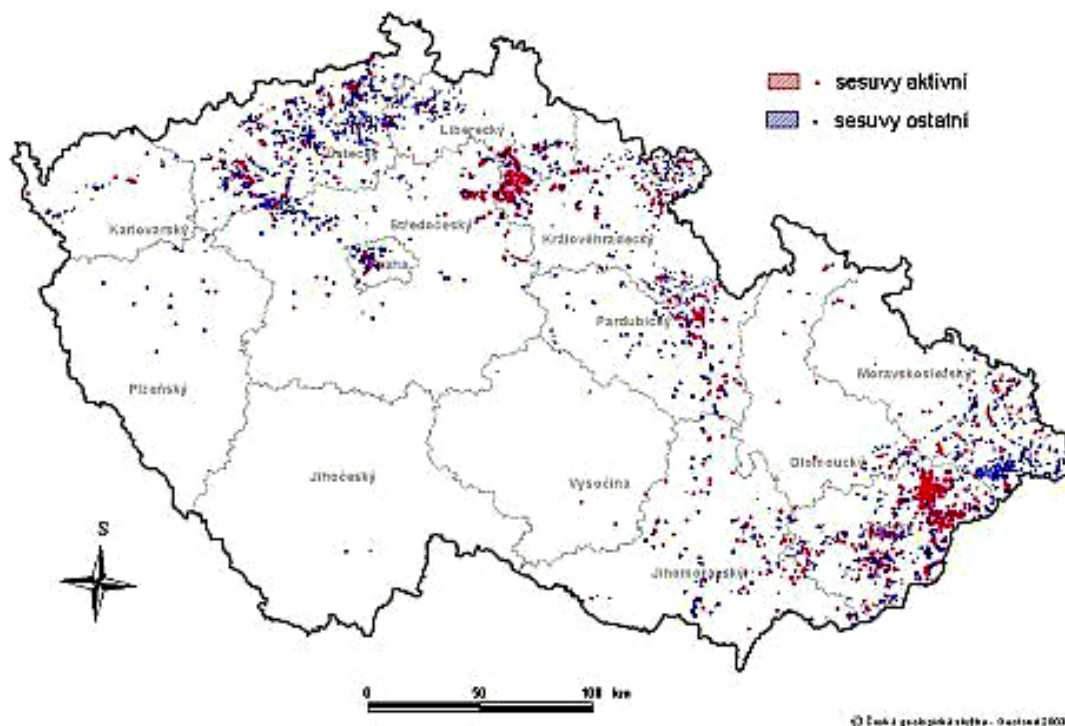


Obr. 8.40 Různé typy inklinometrických křivek korespondující typům svahových pohybů (J. Nešvara - P. Bláha, 1991)

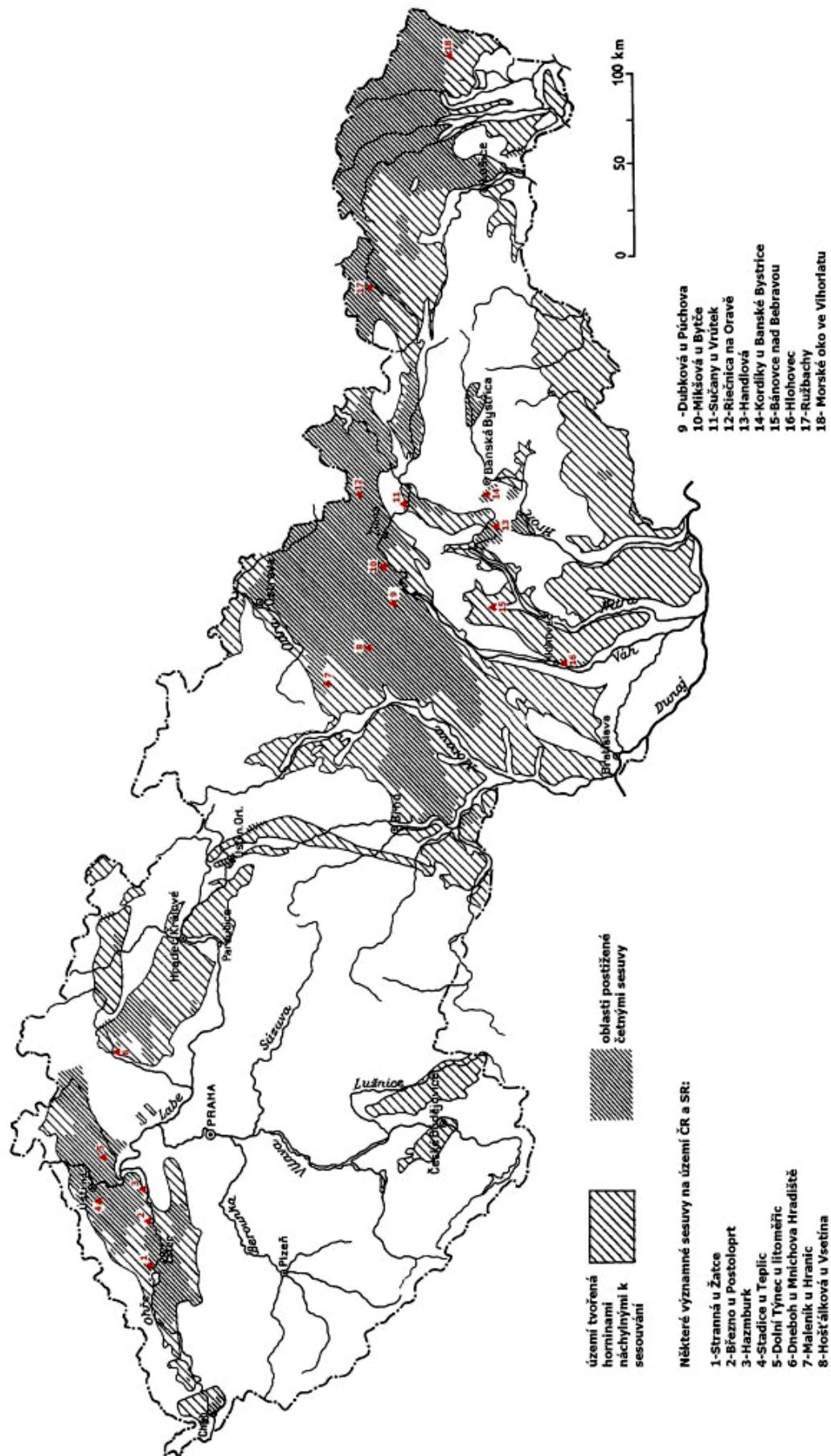
Významná řada sesuvů se projevila v Severních Čechách v souvislosti s povrchovou těžbou hnědého uhlí v tamních velkolomech a především při ukládání skrývkových jílových hornin na vysoké výsypky.

V souvislosti s povodněmi v letech 1997 a 2002 byla zaznamenána rovněž řada i velmi významných poruch svahů. Bylo to způsobeno místními extrémně vysokými srážkovými úhrny. Jen v roce 1997 se tak udává číslo 180 sesuvů. Naprostá většina sesuvů se vyvinula v „tradičních“ oblastech – Východní Čechy, Východní Morava (flyš) – viz obr. 8.41.

VÝSKYT SESUVŮ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY



Obr. 8.41 (Česká geologická služba Praha, 2000)



Obr. 8.42 Sesuvná území bývalé ČR a některé významné sesuvy

