

OBECNÉ ZÁSADY POSTUPŮ SMĚŘUJÍCÍCH KE STABILIZACI SESUVŮ

Studie: SG Geotechnika a.s., Geologická 4, 152 00 Praha 5

Praha, prosinec 1999

Obsah

Úvod 5

- Postupné kroky investora při řešení sesuvu 5
- obvyklý postup 5
- postup při havárii 7

Kapitola 1 (charakteristika sesuvných projevů) 7

Kapitola 2 (regionální riziko) 8

- oblast karpatského flyše 9
- oblast českého středohoří 10
- oblast české křídové tabule 10
- oblast karpatské předhlubně 10
- oblast jihočeských pánví 10

Kapitola 3 (průzkum) 11

- 3.1 prvotní rekognoskace 11
- 3.2 inženýrskogeologický, hydrogeologický a geotechnický průzkum 12
 - 3.2.1) předběžný průzkum 12
 - 3.2.2) podrobný průzkum 13
 - 3.2.3) doplňkový průzkum 14
 - 3.2.4) jednoetapový průzkum 14

Kapitola 4 (monitoring) 15

Nejběžnější prvky monitoringu 15

- 4.1) měřická přímka 15
- 4.2) měření povrchových bodů 16
- 4.3) extenzometrická měření 16
- 4.4) opakované mapování 16
- 4.5) sledování hladiny podzemní vody 16
- 4.6) sledování pórového tlaku vody 16
- 4.7) sledování pohybů na smykové ploše 16

Sledování sanačních prvků 17

- 4.8) sledování výtoků z odvodňovacích prvků 17
- 4.9) sledování tlaků na opěrné konstrukce 17
- 4.10) orientační ceník monitoringu 18

Kapitola 5 (projekt sanace) 19

A) odvodnění 20

- 5.1) povrchové odvodnění 20

5.2) hloubkové odvodnění	21
5.2.1) horizontální odvodňovací vrty (HOV)	21
5.3) drenážní žebra	22
B) silové prvky	23
5.4) změna geometrie svahu	23
5.5) opěrná stěna	23
5.6) stěna z velkopřůměrových pilot	24
5.7) mikropiloty	24
5.8) kotvy	25
5.9) injektáž	25
5.10) Orientační ceník sanačních opatření	26
životnost a údržba sanačních prvků	26
etapovost sanace	27

Kapitola 6 (vyhodnocení účinnosti) 27

6.1 vyhodnocení účinnosti sanace na základě stabilitních výpočtů	27
6.2) vyhodnocení účinnosti sanace na základě měření monitorovacího systému	28

Kapitola 7 (vlastní sanační práce) 28

7.1) výběr zhotovitele	28
7.2) smlouva o dílo	29
7.3) technický dozor investora	30

Kapitola 8 (dlouhodobý dohled) 30

Závěr 31

Literatura 31

Vysvětlivky některých odborných výrazů použitých v textu 32

Přílohy: Tabulky, obrazová a fotografická příloha (samostatné soubory)

Úvod

Mezi úkoly státní správy patří m.j. i boj s příčinami a následky přírodních katastrof. V České republice jsou významné především ohrožení osob a škody na majetku způsobené povodněmi a sesuvy půdy. Toto se projevilo zvláště po extrémních srážkách v červenci 1997, kdy povodně a následné sesuvy způsobily škodu na majetku řádově v miliardách Kč. Jenom náklady na sanaci sesuvů v nejbližších letech přesáhly u nejvýznamnějších investorů (*okresní úřady, správa a údržba silnic, České dráhy*) 300 mil. Kč.

Základním dílem o sesuvech v českém jazyce je učebnice Q. Záruba, V. Mencl Sesuvy a zabezpečování svahů (lit. 1), kde je možné o tomto geodynamickém fenoménu získat podrobnější informace.

Vzhledem k výše uvedenému MŽP ČR zadalo firmě SG Geotechnika a.s. zpracování studie „Obecné zásady postupů směřujících ke stabilizaci sesuvů“ v rozpočtovaném nákladu 95 000,0 Kč.

Úkolem této studie je jednoduchou formou definovat nezbytné kroky a postupy směřující k minimalizaci či likvidaci negativních dopadů nestability svahů. Studie je zpracována takovým

způsobem, aby byla použitelná pro cílovou skupinu osob s technickým vzděláním na úrovni absolventa SŠ s praxí ve státní správě bez nutnosti specializovaných znalostí ve stavebnictví, geologii a sanaci sesuvů. Na konci studie jsou vysvětleny některé odborné termíny použité v textu.

Postupné kroky investora při řešení sesuvu

V této kapitole jsou přehledně popsány jednotlivé kroky investora při řešení sesuvu. Detailně jsou jednotlivé činnosti rozvedeny v kapitolách 2 – 8 textu.

obvyklý postup

1) Na základě informace o potřebě řešit problém se vyvolá místní šetření za účasti dotčených stran, během tohoto šetření se provede prvotní rekognoskace. Závěrem prvotní rekognoskace je jeden ze tří možných závěrů:

a) Záležitost je jednoduchá a byla vyřešena na místě.

b) Pravděpodobně se jedná o sesuv, který ohrožuje obecný zájem. Je potřeba podniknout další kroky.

c) Záležitost je havarijní a hrozí nebezpečí z prodlení. Nadále se postupuje jako při havárii.

2) Pokud byl závěr prvotní rekognoskace ad b) kontaktuje se oblastní geolog Českého geologického ústavu, který zajistí prvotné mapování a registraci v Geofondu.

3) Ve spolupráci s oblastním geologem se vyberou kvalifikované průzkumné firmy a formou výzvy více zájemcům se zadá veřejná zakázka na inženýrskogeologický, hydrogeologický a geotechnický průzkum a na instalaci monitorovacího zařízení na sesuvu. Projekt průzkumných prací buď zpracuje externí specialista, anebo nabídnuté projekty musí být specialistou oponovány. Je potřeba dodržovat zásady etapizace.

4) Zpracuje se projekt sanačních opatření. Projekt musí vypracovat kvalifikovaný a zkušený řešitel, autorizovaný geotechnik. Projekt by měl nabídnout několik variant řešení a tyto varianty by měly být rozděleny do etap. Výběr metod a etap by měl být na základě observační metody. Projekt je potřeba nechat oponovat.

5) Na základě výběrového řízení bude vybrán zhotovitel se kterým se uzavře smlouva o dílo. Činnost zhotovitele bude kontrolována technickým dozorem investora a projektantem.

6) O jednotlivých etapách bude rozhodováno průběžně na základě měření monitorovacího systému (observační metoda).

7) Na základě výpočtů a měření monitorovacího systému bude vyhodnocena účinnost sanace.

8) Po ukončení sanace bude upřesněna frekvence měření monitorovacího systému a frekvence kontroly a údržby jednotlivých sanačních prvků.

9) Sesuv se bude dlouhodobě sledovat.

10) Všechny kroky a činnosti probíhající na sesuvu je potřeba fotograficky dokumentovat a archivovat.

postup při havárii

Pokud závěrem prvotní rekognoskace je ad c), tedy jedná se o havárii a hrozí nebezpečí z prodlení, je potřeba neprodleně:

- Zjistit, zda přes ohrožené území vede plynovod nebo produktovod, pokud ano, odpojit jej.
- Za pomoci místních stavebních kapacit a hasičského sboru zahájit práce k bezprostřední záchráně osob a majetku.

- Kontaktovat oblastního geologa ČGÚ, spojit se s odbornou firmou a specialistou – geotechnikem. Na základě výzvy jednomu zájemci zadat sanační opatření odborné firmě – o

jednotlivých krocích bude rozhodovat přímo na místě zápisy do stavebního denníku komise složená ze zástupce zhotovitele, specialisty a zástupce investora. Sanační práce se budou vyhodnocovat zároveň jako průzkumná díla.

· Po částečné stabilizaci sesuvu odvolat havarijní stav a nadále postupovat dle zásad 1 – 10 obvyklého postupu (doplní se průzkum, monitorovací systém, rozhodne se o případných dalších etapách, kdy zhotovitel bude vybrán na základě řádné soutěže, sesuv se bude dlouhodobě sledovat).

Kapitola 1 (charakteristika sesuvných projevů)

Základem třídění jsou dvě kritéria – **mechanismus** pohybu a **rychlost** pohybu. Svahové pohyby dělíme na čtyři velké skupiny:

- ploužení
- sesouvání
- stékání
- řícení

ploužení - Termínu ploužení používáme pro označení pomalého tečení hmoty. Z geologického hlediska jde o dlouhodobý, zpravidla nezrychlující se pohyb horninových hmot, přičemž hranice vůči pevnému podloží je ve většině případů nezřetelná. Velikost posunů hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům postiženého horninového masivu zanedbatelná. Jestliže se tento proces výrazně zrychlí, přechází ploužení do sesouvání, stékání nebo řícení. (viz tabulka 1)

sesouvání – Sesouvání je relativně rychlý, krátkodobý klouzavý pohyb horninových hmot na svahu podél jedné nebo více průběžných smykových ploch. Výslednou formou sesuvného pohybu je „sesuv“. Charakteristické je, že část hmot se nasune na původní terén v předpolí. (viz tabulka 2)

stékání – Stékání je rychlý krátkodobý pohyb horninových hmot ve viskózním stavu. Podstatná část hmot vyteče z odlučné jámy a přemístí se po povrchu terénu na velkou vzdálenost. Stékající hmoty jsou ostře odděleny od neporušeného podloží. Ve srovnání s „pomalým tečením“ při ploužení jde v tomto případě o „rychlé“ tečení. Výslednou formou pohybu je „proud“. (viz tabulka 2)

řícení – Řícení je náhlý krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích, přičemž se postižené hmoty rozvolní a ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím. Při pohybu se uplatňuje volný pád, ale současně i ostatní druhy pohybu. Dříve než hmoty ztratí kontakt s podložím, může docházet k plouživým i sesuvným pohybům. Také po dopadu k patě svahu se zřícené hmoty dále pohybují formou stékání a sesouvání. Vzdálenost přemístění hmot je vzhledem k prostorovým rozměrům zříceného masívu mnohonásobně větší. (viz tabulka 2)

Kapitola 2 (regionální riziko)

Sesuvy patří spolu s ploužením, skalními říceními a stékáním do rodiny "svahových deformací", t.j. pohybů nadložních zemin a hornin způsobených gravitací. Klasifikaci těchto sesuvů u nás vytvořil Němčok, Pašek a Rybář. (lit. 2).

Aby mohlo k sesuvnému pohybu dojít, musí být splněny morfologické, geologické, hydrogeologické a klimatické předpoklady. Ne každé geologické podloží představuje vhodný

podklad pro sesuv – oblasti s vhodnými geologickými předpoklady nazýváme "sesuvné struktury". Významným zdrojem ohrožení jsou i nevhodné lidské zásahy.

Nejdůležitější sesuvné struktury v ČR

oblast karpatského flyše

Pod jménem "flyš" se rozumí souvrství, charakterizované jednotvárným opakováním stejných hornin. Na počátku každého rytmu se usazovaly nejhrubší usazeniny, často jako slepence a hrubé pískovce, výše písčité jíly a nejvýše tmavé jíly. Toto se střídá tolikrát, že vzájemné propojení jednotlivých poloh jednoho odkryvu s polohami odkryvu třeba jen málo vzdáleného se obvykle nedá provést. Možno odlišovat flyšové komplexy s množstvím často se opakujících rytmů s komplexy a rytmy méně často se opakujícími.

Vliv geologie flyše na sesouvání

Zkušenosti se sesuvy v tomto regionu jsou velmi dlouhodobé, mimořádný počet se jich ovšem objevil po katastrofálních srážkách v červenci 1997. Sesuvy v této oblasti se v zásadě dají rozdělit do dvou skupin.

- 1) Sesuvy "mělké", t.j. sesuvy, které se vyvinuly ve zvětralinovém plášti. Jílovce a pískovce flyšového komplexu zvětřávají na písčitou hlínu, která má menší pevnost a potom postačuje zvýšený srážkový úhrn na to, aby došlo ke ztrátě stability a vzniku sesuvu. Tyto sesuvy se vyskytují jakmile strmost svahu dosáhne cca 15 – 17° a jsou vždy po spádnicí.
- 2) Sesuvy "hluboké", t.j. sesuvy zasahující do navětralého až relativně zdravého horninového komplexu. Těchto sesuvů je podstatně méně, než sesuvů prvního typu, ale jsou nebezpečnější, protože se do pohybu dostávají velké masivy horniny.

Oba výše zmíněné typy sesuvů se nevylučují, poměrně běžně dochází k situaci, kdy mělké sesuvy zvětralinového pláště pokrývají sesuv po hlubokých smykových zónách.

oblast českého středohoří

České středohoří je relativně mladé vulkanické pohoří, kdy sopečné horniny typu čedičů, trachytů, bazaltů a podobných výlevných vyvřelin prorážejí jílové sedimenty severočeských pánví. Zvětralé vyvřelé horniny a ssutě jsou propustné, obvykle zvodnělé a tvoří vrstvy a čočky v jílech, dotují je vodou a to vytváří vhodné podmínky k vzniku sesuvů. Sesuvy v jílech jsou relativně pomalé, ale pohyby přetrvávají dlouhou dobu, řádově několik let.

Zvláštním případem jsou poruchy stability spojené s důlní činností v severočeském hnědouhelném revíru. Jedná se buď o stabilitu svahů povrchových dolů, nebo o stabilitu svahů výsypek. Zvláštním případem jsou důlní propady po hlubinné těžbě, které mohou vyvolat sesuvy okolních svahů.

oblast české křídové tabule

Česká křídová tabule zabírá rozsáhlou část severních a východních Čech a zasahuje až na severní Moravu. Sesuvy zde nejsou natolik časté, jako v oblasti karpatského flyše nebo českého středohoří. Klasické rotační sesuvy se vyskytují ve zvětralých křídových jílovcích.

Kromě klasických sesuvů se zde vyskytují také blokové deformace, kdy bloky pískovců sjíždí do údolí po podložních jílovcích.

oblast karpatské předhlubně

V prostoru mezi Karpaty a Českým masivem sedimentovaly měkké a málo pevné jíly. Oblast je charakteristická sesuvy na svazích o velmi malém úklonu (7 - 10°), které se jenom obtížně stabilizují.

oblast jihočeských pánví

V oblasti jižních Čech sedimentovaly měkké jíly a písky. Přírodní sesuvné svahy se díky ploché krajině téměř nevyskytují. Jakékoliv zemní práce a zásah do reliéfu krajiny jsou ovšem spojeny s rizikem suffoze (*vyplavování písků*) a sesouvání.

Kapitola 3 (průzkum)

Základním podkladem pro jakékoliv rozhodování či projektovou činnost v oblasti postižené sesuvy jsou inženýrsko-geologický, hydrogeologický a geotechnický průzkum. Rozsah průzkumu závisí na rozsahu ohrožené nebo předpokládané investice či sesuvem ohrožené nemovitosti a stupni zpracovávané projektové dokumentace. V zásadě je potřeba postupovat následujícím způsobem.

3.1 prvotní rekognoskace

Prvotní rekognoskace se obvykle nezúčastňuje odborník geolog nebo geotechnik. Jedná se o místní šetření za účasti dotčených orgánů státní správy, majitelů nemovitosti a podobně. Úkolem prvotní rekognoskace je zjistit, zda existuje reálné riziko svahové deformace, která by ohrožovala obecný zájem (život a zdraví osob, jejich majetek, stávající nebo připravované investice, kabelovody, produktovody, plynovody, silniční a železniční komunikace a pod.). Při prvotní rekognoskaci se zjišťují následující skutečnosti.

- 1) Zda terén vykazuje známky pohybů – otevřené trhliny, poklesy, bezodtoké deprese, zamokřené oblasti, nové pramenné vývěry, vytlačování valů.
- 2) Zda nejsou nakloněny přirozeně svislé prvky – sloupy, stromy, poškozené rostlinstvo.
- 3) Zda nejsou poškozeny stávající stavební objekty – trhliny ve zděných domech a v podezdívkách, trhliny v povrchu asfaltových komunikací, poškozené přípojky do objektů (plyn, voda, kanalizace), deformovány železniční nebo tramvajové koleje.

V případě, že závěrem prvotní rekognoskace je zjištění, že je zde podezření na sesuv, je potřeba neprodleně přijmout následující opatření:

- Kontaktovat oblastního geologa Českého geologického ústavu.
- Zjistit, zda rizikovou oblast nekřížuje plynové potrubí nebo produktovod, pokud ano, kontaktovat správce a zvážit odpojení, aby při případném poškození potrubí nemohlo dojít k výbuchu nebo ekologické havárii.
- Je potřeba posoudit možnost pokračování ve stavebních pracích, pokud probíhají. Zvláště je potřeba dbát na to, aby výkopem pro stavební jámu nedošlo k podkopání svahu, aby zatížením od objektu nemohlo dojít k usmyknutí svahu pod objektem a aby nedocházelo k dotování podzemní vody ze špatně navržených nebo provedených okapů, vodovodních přípojek, kanalizace, septiku anebo z neodvodněné stavební jámy.
- Je potřeba se vyhnout odtěžování čela sesuvu, pokud toto probíhajícími pohyby aktuálně

neohrožuje důležitý objekt.

· Pokud je zemní masa v pohybu a je zde nebezpečí z prodlení, lze jako okamžité opatření vyčerpat vodu z povrchových zdrží (jezírka, louže) a vyčerpat vodu ze studní. Tyto práce obvykle mohou neprodleně zajistit hasiči svou technikou.

3.2 inženýrskogeologický, hydrogeologický a geotechnický průzkum

Úkolem průzkumu je zjistit základní informace pro projekt sanačních opatření. Rozsah průzkumu je závislý na velikosti investice anebo ceně ohrožených objektů, na velikosti a komplikovanosti struktury vlastního sesuvu a na jeho aktivitě. Průzkum lze rozdělit do několika etap:

3.2.1) předběžný průzkum.

V této etapě obvykle lokalitu navštíví specialista, zkontroluje závěry komise z prvotní rekognoskace, sesuv klasifikuje (dle klasifikace Němčok, Pašek, Rybář viz. lit. 2) a provede jednoduché vymapování do zvětšeniny nejpodrobnější situace, jaká je k dispozici. Dále se provede kamerální studie, kdy se z Geofondu a z dostupných geologických archivů komerčních firem získají veškeré dosažitelné podklady o lokalitě a o sesuvu, pokud byl již v minulosti registrován. V této etapě se obvykle nepoužívají technické práce (sondy, laboratorní zkoušky, geofyzika) ani stabilitní výpočty. Výjimkou jsou ovšem zdůvodněné případy, kdy bez těchto prací nelze učinit základní rozhodnutí o rozsahu, typu a struktuře sesuvu a o hloubce smykové plochy a hladině podzemní vody.

3.2.2) podrobný průzkum.

Podrobný průzkum je základním podkladem pro projekt sanace. V rámci této etapy průzkumu se provádí následující práce:

- podrobné výškové a polohové zaměření sesuvu a jeho okolí (*výsledkem je vrstevnicová situace*)
- detailní mapování sesuvu (*podrobná mapa sesuvu obsahuje situaci sesuvu s vyznačenými vnějšími obrysy, trhlinami se změřenou šířkou, výškovým rozdílem – poklesem terénu na trhlinách, veškeré údaje o povrchové a podzemní vodě, změřenou hloubku a úroveň vody ve studních na sesuvu a v jeho okolí, údaje o rostlinstvu a pokrytí drnem, místa infiltrace povrchové vody do sesuvu, zamokření, měření úklonu vrstev na odkryvech a pod.*)
- vrtané a kopané průzkumné sondy s kontinuálním odběrem jádra a s odběrem porušených, poloporušených a neporušených vzorků zemin a vzorků vody (*vzhledem k tomu, že sondování je nákladné, je vhodné použít sondy z průzkumu pro osazení prvků monitorovacího systému – viz kap. 3*)
- geofyzikální práce (*na rozdíl od sondovacích prací nejsou bodové a proto se s nimi vhodně doplňují*)
- laboratorní zkoušky (*vzorky zemin a hornin odebrané ze sond se zpracovávají v laboratoři mechaniky zemin a zjišťují se u nich indexové vlastnosti t.j. vlhkost, plasticita, objemová hmotnost a pevnostní charakteristiky, t.j. koheze a úhel vnitřního tření, u vzorků vody se zjišťuje chemické složení ve vztahu k agresivitě na betonové a ocelové konstrukce*)
- údaje o srážkách a klimatu za poslední období (*obvykle se jedná o výstupy z nejbližších srážkoměrných stanic a údaje HMÚ*)
- stabilitní výpočty (*model v řezu po spádnicí, kdy se matematicky metodami mezní rovnováhy ověřuje správnost představy geologa o průběhu smykové plochy, o pevnosti zemin a o hladině podzemní vody respektive jejím tlaku na smykové ploše – pokud je geologický model správný,*

vypočítaný stupeň stability FS uklidněného sesuvu bez výrazných pohybů je blízký 1,0; u pohybujícího sesuvu se pohybuje kolem 0,92 – 0,98; u svahů bez známek porušení přesahuje 1,15; výpočty se obvykle provádějí metodami mezní rovnováhy dle Bishopa, Pettersona anebo Spencera po kruhové, lomené nebo složené smykové ploše, existují však i jiné metody)

Výsledkem průzkumů je závěrečná zpráva, která obsahuje všechny zjištěné výsledky a jejich interpretaci a obvykle také doporučení způsobu sanace na základě zkušeností (t.j. bez podložení statickým výpočtem). Zpráva musí obsahovat kromě mapy také geologické řezy ověřené stabilitním výpočtem a podrobné údaje o koloběhu podzemní vody, jednotlivých kolektorech, případných tlakových zvodnících a očekávaný průběh tlaku vody na smykové ploše.

3.2.3) doplňkový průzkum.

Doplňkový průzkum se provádí (pokud je potřeba) zároveň s projektem sanace. Doplňuje informace, které zpracovatel PD potřebuje a které nebyly vyřešeny v etapě podrobného průzkumu (kdy zpracovatel průzkumu neznal koncepci projektanta). V této etapě zpracovatel průzkumu spolupracuje přímo se zpracovatelem PD a výběr metod závisí přímo na řešeném problému.

3.2.4) jednoetapový průzkum.

Při řešení problematiky sesuvů běžně dochází k situaci, kdy se jedná o havárii a v časové tísně nelze postupovat dle zásady etapovitosti. V tomto případě se připouští řešení jako havárie, kdy průzkum je prováděn jednoetapově a často je spojen přímo se sanací. V takovémto případě geotechnik a projektant rozhodují ze zkušeností a na místě o nutných pracích. Lze spojit průzkum se sanací, kdy sanační prvky (obvykle piloty a horizontální odvodňovací vrty) jsou navrženy bez průzkumu a první z nich jsou vyhodnoceny jako průzkumná díla (jsou například hloubena jádrově, při jejich hloubení je přítomen geotechnik) a na základě jejich výsledků se upravuje návrh dalších opatření.

V každém případě je potřeba, aby zpracovatel průzkumu měl zkušenosti s prováděním průzkumu na sesuvech. Zadávání průzkumných prací je vhodné provádět formou výzvy více zájemcům, kde se investor bude předem informovat o kvalifikaci jednotlivých uchazečů a bude vyžadovat reference z řešení obdobných problémů. Odpovědní řešitelé úkolu musí mít oprávnění pro provádění inženýrsko-geologických průzkumů a hydrogeologických průzkumů, které vydává ministerstvo životního prostředí a pro geotechnickou část je potřeba, aby ji zpracoval autorizovaný inženýr pro geotechniku. Laboratoř mechaniky zemin a hornin, která zpracuje odebrané vzorky, by měla mít akreditaci pro příslušné zkoušky a metody.

Kapitola 4 (monitoring)

Monitoring (česky kontrolní sledování) reprezentuje jednu ze základních činností, které se na sesuvu provádějí. Úkolem monitoringu je sledovat chování sesuvu v čase – zvláště změny rychlosti pohybu, změny režimu podzemní vody, změny geometrie sesuvu a změny fyzikálních a mechanických vlastností v zóně sesouvání materiálu. Dále se sleduje funkčnost sanačních prvků (*pokud byl sesuv v minulosti sanován*) a případná nutnost jejich údržby. Návrh monitorovacího systému musí být proveden kvalifikovanou odbornou firmou (*návrh a instalace systému je obvykle spojena s průzkumem a realizuje jej stejná firma jako průzkum* –

monitorování je ovšem dlouhodobá záležitost, takže zatímco průzkum trvá týdny až maximálně měsíce, monitorování sesuvu může trvat několik let až desítky let).

nejběžnější prvky monitoringu

4.1) měřická přímka

Jedná se velmi jednoduchou metodu, která se aplikuje obvykle jako první. Výhodou je, že pro její instalaci nejsou potřeba speciální pomůcky ani nástroje. V zásadě se jedná o řadu bodů (obvykle kolíků), které jsou zaraženy do země po vrstevnici přes sesuv. Kolíky jsou srovnány tak, aby při pohledu okem byly při instalaci v jedné řadě. Při pohybu sesuvu se kolíky odchylují z jedné řady a lze velmi hrubě odhadnout rychlost a velikost posuvu.

4.2) měření povrchových bodů

Na povrchu sesuvu se instalují pevné body, jejich poloha a výška se proměřují geodetickými metodami nebo speciálním extenzometrickým pásmem. Výstupem je měřičský protokol, kdy jsou vyneseny vektory pohybu jednotlivých bodů

4.3) extenzometrická měření

Na sesuvu se do vrtů nebo rýh osadí pevné body propojené tyčovým systémem (extenzometr), obvykle po spádnici. Vzdálenosti mezi jednotlivými body se měří speciálně upraveným pásmem. Výstupem měření je vývoj vzdáleností mezi body (zda dochází ke zkracování dráhy (oblast tlaků – obvykle v čele) anebo k prodlužování dráhy (oblast tahů, obvykle odlučná oblast).

4.4) opakované mapování

Zpracovatel mapy z průzkumu opakovaně navštěvuje lokalitu a zjišťuje viditelné změny geometrie sesuvu, tento vývoj zanáší do mapy.

4.5) sledování hladiny podzemní vody

Na povrchu sesuvu a v jeho okolí jsou instalovány pozorovací vrty a studny vystrojené výpažnicí a zhlavím pro dlouhodobé sledování hladiny podzemní vody. Vzhledem k vysoké ceně vrtání a relativně nízké ceně PVC výpažnic se často z ekonomických důvodů pro toto sledování vystrojují průzkumné vrty. Sledují se i domovní studny, prameny, zamokřená místa a všechny ostatní dokumentační body koloběhu podzemní vody.

4.6) sledování pórového tlaku vody

V jílovitých zeminách s malou propustností se může při sesuvném pohybu vytvářet vysoký přetlak vody v pórech zeminy, který nelze zjistit z pozorovacích vrtů. Proto se do vytypovaných míst (obvykle vrtů) osazují speciální měřidla pórových tlaků. Při instalaci měřidel pórových tlaků je potřeba zvláště dbát výběru zhotovitele, protože nekvalitně osazené měřidlo může být zdrojem významných chyb a rizik.

4.7) sledování pohybů na smykové ploše

Pro sledování pohybů zeminy v hloubce se nejčastěji používá inklinometrických měření ve vrtech. Vrt, který je dostatečně hluboký aby bezpečně sahal (alespoň 3 m) pod nejhlubší smykovou plochu, se vystrojí speciální inklinometrickou výpažnicí, která má drážky pro pohyb inklinometru – přístroje, který velmi přesně měří úhly. Opakovaným měřením se zjistí místa, kde se pohybem zemin výpažnice deformuje. Z tohoto měření se dá zjistit hloubka smykové plochy a pohyb (velikost a rychlost deformace) i při pomalu se pohybujících sesuvech. Pro rychle se pohybující sesuvy (t.j. v cm za měsíc a rychlejších) se tato metoda nepoužívá, protože při velké deformaci se výpažnice stává pro inklinometr neprůchozí a vrt je zničen.

sledování sanačních prvků

V rámci sledování hotové sanace se měří některé prvky sesuvu ve vztahu k vybudovaným sanačním prvkům.

4.8) sledování výtoků z odvodňovacích prvků

Většina větších sesuvů se sanuje buď jenom odvodněním, anebo odvodněním v kombinaci se silovými prvky. V rámci monitorování se sleduje účinnost jednotlivých odvodňovacích prvků sledováním kolísání hladiny podzemní vody a pórových tlaků, jak bylo popsáno výše, tak i sledováním výtoků z těchto prvků. Za tímto účelem jsou vybudovány kontrolní a měřicí šachtice jak u ústí horizontálních odvodňovacích vrtů, tak i u paty odvodňovacích žeber a drenáží. U hloubkového odvodnění je potřeba počítat se skutečností, že výtoky budou v čase klesat, až se ustálí a budou kolísat ve vztahu ke srážkám. Tento vývoj je přirozený a souvisí s vypouštěním statické zásoby podzemní vody, nesvědčí o snižování účinnosti odvodnění.

4.9) sledování tlaků na opěrné konstrukce

Na rubovou stranu opěrných zdí lze instalovat tlakové podušky a skutečně naměřený tlak se srovnává s předpokladem projektu a se statickým výpočtem. U kotvených prvků lze na vybrané kotvy instalovat dynamometry a měřit sílu, kterou jsou zatíženy jednotlivé kotvy. Tyto síly se srovnávají se statickým výpočtem, ověřenou únosností kotvy a s předpoklady projektu.

Výše uvedené prvky jsou nejběžněji používanými prvky monitorování sesuvů. Kromě výše jmenovaných existuje ještě celá řada méně používaných prvků, které jsou příliš specializované, než aby zde mohly být jmenovány.

Instalovaný a měřený monitorovací systém má nejen funkci kontrolní, ale je základním předpokladem sanace sesuvu takzvanou *observační metodou* (neboli metodou postupných kroků za současného sledování). Pokud se sanace provádí jednoetapově, obvykle bývá sice účinná, ale nákladná. Existuje-li možnost rozložit použití prostředků na sanaci do delšího časového období, doporučuje se nejdříve realizovat pouze ucelenou část projektu (například pouze odvodnění bez pilot) a na základě sledování monitorovacího systému vyhodnotit účinnost těchto prací. Pokud se částečně provedená sanace projeví jako plně účinná, může dojít k úspoře prostředků, pokud se další etapa či etapy nerealizují buď vůbec, nebo pouze částečně.

4.10) orientační ceník monitoringu

Cenová úroveň v roce 1999 v Kč

Extenzometrická měření

Instalace profilu o deseti sledovaných bodech v oblasti sesuvu 35 000,-

Sledování profilu v průběhu prvního roku (4 měření) 12 000,-

Sledování hladiny podzemní vody

Instalace 20 m dlouhého pozorovacího vrtu v oblasti sesuvu 25 000,-

Sledování systému 5 vrtů v průběhu prvního roku (4 měření) 15 000,-

Sledování pórového tlaku vody

Dodávka 1 ks měřidla pórového tlaku Glötzl 14 000,-

Odvrtání a instalace měřidla do 20 m dlouhého vrtu v oblasti sesuvu 25 000,-

Sledování systému 5 měřidel v průběhu prvního roku (4 měření) 25 000,-

Sledování pohybů na smykové ploše

Instalace 20 m dlouhého inklinometrického vrtu v oblasti sesuvu 45 000,-

Sledování 1 vrtu v průběhu prvního roku (4 měření) 20 000,-

Sledování tlaků na opěrné konstrukce

Instalace a dodávka 1 ks dynamometru Glötzl pro měření kotevních sil 18 000,-

Instalace a dodávka 1 ks tlakové podušky Glötzl pro měření zem. tlaku 18 000,-

Sledování systému 5 dynamometrů či tlak. podušek první rok (4 měření) 25 000,-

Životnost jednotlivých prvků monitoringu je závislá na jejich citlivosti (přesnosti) měření ve vztahu k velikosti posuvu sesuvu, korozi materiálu a běžné je i úmyslné zničení. Průměrně lze počítat s tím, že jednotlivé prvky bude možné měřit cca 3 – 7 let, známe ovšem i případy desítek let kontinuálních měření.

Četnost měření systému závisí na rychlosti pohybu, velikosti a komplikovanosti struktury a na ohroženém objektu. Obvykle se pohybují v prvním roce 1 x za 2 – 3 měsíce, v dalších letech postačuje cca 2 x ročně na jaře a na podzim, mimořádná měření po extrémních srážkách.

Cena systému závisí od jeho rozsahu. Orientační ceník jednotlivých prvků v cenové hladině 1999 pro představu uvádíme výše.

Navržený projekt monitorovacího systému je vhodné nechat oponentovat nezávislým expertem, zvláště s ohledem na jeho možné předimenzování či poddimenzování či vhodnost navržení jednotlivých metod či umístění jednotlivých prvků.

Kapitola 5 (projekt sanace)

Projekt sanace představuje návrh takových sanačních opatření, které zvýší dlouhodobou stabilitu území nebo sesuvu. Zpracovatel projektové dokumentace musí mít dlouhodobé

zkušenosti s řešením této problematiky. U odpovědného projektanta se *jako kvalifikační předpoklad vyžaduje autorizace* u komory stavebních inženýrů pro obor geotechnika. Sanační projekt se může navrhnout jako jednoetapový a jednovariantní (*pokud se řeší jednoduchý a malý sesuv a nejvýhodnější řešení je zřejmé*), ve složitějších případech se návrh sanace zpracuje v několika ucelených celcích, které se budují po *jednotlivých etapách* na základě průběžného vyhodnocování výsledků monitorovacího systému. Není-li nejvýhodnější způsob sanace zřejmý, doporučuje se zpracovat projekt ve více variantách. Tyto varianty se vyhodnotí a vybere se nejvýhodnější pro realizaci. (*Vyhodnocování variant je především na základě nákladů na jednotlivé varianty, je však nutno zohlednit také hledisko ekologické – zásah do krajiny, střet zájmů s majiteli a správci dotčených nemovitostí, možnosti zhotovitelů, životnost jednotlivých prvků a nutnost jejich dlouhodobé údržby.*) Všechny varianty musí být podloženy stabilitními a statickými výpočty a musí být vyhodnocena jejich účinnost (*viz dále*).

běžné prvky sanace

A) odvodnění

Odvodnění je nejdůležitějším prvkem sanace. Odvodněním se zmenšuje tlak vody na smykové ploše a tím se snižují aktivní síly (*t.j. síly posouvající sesuv*). Při stabilizaci rozsáhlých sesuvů, kdy jsou v pohybu řádově 106 m³ zeminy a horniny se jedná o jedinou použitelnou metodu. Při stabilizaci menších sesuvů odvodnění doplňuje silové prvky.

5.1) povrchové odvodnění

Úkolem povrchového odvodnění je urychleně odvést srážkovou vodu a povrchovou vodu přitékající z vyšších částí svahu tak, aby se zabránilo její infiltraci do těla sesuvu. Jako *okamžité sanační opatření* se obvykle budují prosté rýhy po spádnicích, které odvádějí vodu. Po částečné stabilizaci a uklidnění pohybů se navrhuje *definitivní povrchové odvodnění*. V místech, kde nehrozí obnovení pohybů (*povrchové odvodnění se navrhuje i mimo vlastní sesuv, aby stáhlo povrchovou vodu stékající ze svahu před tím, než dosáhne vlastního sesuvu – povrch sesuvu bývá rozrušen trhlinami a je poškozen či zcela zničen drn, takže je zde zvýšená možnost infiltrace*) lze použít klasické povrchové odvodnění žlabovkami obdobně jako např. při podélném odvodnění komunikací. Povrchové odvodnění na vlastním sesuvu musí být odolné proti menším deformacím a zachovat těsnost. S úspěchem se používají rýhy vystlané nepropustnou fólií s položenou flexibilní drenáží a vyplněny štěrkem. Povrchové odvodnění musí být zaústěno do povrchové vodoteče, otevřených příkopů anebo dostatečně kapacitní stávající kanalizace.

5.2) hloubkové odvodnění

Úkolem hloubkového odvodnění je **SNÍŽIT VZTLAK VODY NA SMYKOVÉ PLOŠE, OMEZIT PŮSOBENÍ VODNÍHO A URYCHLIT ROZPTÝLENÍ PÓROVÉHO TLAKU**. Jako okamžité opatření lze použít *čerpání vody* ze svislých odvodňovacích prvků – stávajících i nově vybudovaných studní. Z dlouhodobého hlediska jsou náklady na čerpání vysoké a tato metoda se pro dlouhodobou sanaci nepoužívá. Jako definitivní sanace se nejčastěji používají:

5.2.1) horizontální odvodňovací vrty (HOV)

Jedná se o technologii, kdy se ve svahu vrtá maloprofilový vrt (*prof. cca 150 mm*) v mírně dovrchním úklonu (*obvykle 2 – 4o, ve zdůvodněných případech projektant může předepsat i víc*), vrt se vystrojí *perforovanou výpažnicí*. Výpažnice bývají obvykle ocelové a v průběhu vrtání fungují jako pracovní pažení, lze ale použít i dodatečné vystrojení PVC nebo polyetylenovou výpažnicí – tyto jsou levnější a odolnější proti korozi, ale méně odolné proti zničení pohybující se masou sesuvu a technologicky je lze použít pouze u kratších vrtů. Perforace je obvykle vrtaná – otvory průměru 3 – 5 mm cca 10 – 15% plochy po celém obvodu pažnice. V některých případech se používá šterbinová perforace o délce šterbiny cca 50 – 100 mm a šířce cca 1 – 2 mm. *Použití filtrů se nedoporučuje*, protože filtry se rychle utěsní jemnými zrny zemin a vrt přestane fungovat jako drenážní prvek. *Perforace se doporučuje po celém obvodu vrtu*, v místech, kde by mohlo docházet ke zpětnému vsakování vody z vrtu a u ústí vrtu nad hladinou podzemní vody jsou pažnice neperforovány. *Poloviční perforace pouze u „obvodu pažnice se nedoporučuje*, protože je technologicky nemožné (zvláště u dlouhých vrtů), aby byla pažnice osazena ve vrtu tak, aby perforace byla v horní polovině obvodu. Zhlaví HOV musí být zabudovány do šachtice, případně jinak ošetřeny proti zamrznutí, a musí být konstrukčně navrženy tak, aby je v budoucnu bylo možno čistit a aby bylo možno v rámci monitoringu měřit množství vytékající vody.

Běžné chyby při návrhu HOV

- HOV jsou navrženy nad hladinou podzemní vody
- HOV jsou navrženy tak, že stahují vodu mimo sesuv do tělesa sesuvu
- není řešeno bezpečné odvedení vody vytékající z HOV mimo sesuv
- není chráněno zhlaví HOV (proti zamrznutí a poškození)
- HOV jsou navrženy pouze v sesuvu, nejsou navrženy tak, aby stahovali podzemní vodu před infiltrací do sesuvu
- HOV jsou navrženy příliš krátké, nezasahují pod smykovou plochu
- není bezpečně zlikvidována a odvodněna startovací šachta pro vrtání HOV

V případě, že na sesuvu není jistota dostatečné propustnosti ve svislém směru a hrozí nebezpečí, že HOV odvodní pouze hlubší partie a nad HOV zůstanou zvodnělé vrstvy, lze účinnost vrtů zvýšit vybudováním svislých propustných prvků. Jedná se o **šterkové piloty** (*t.j. vrt realizovaný pilotážní soupravou, který místo betonem je vyplněn propustným materiálem – šterkem, kamenivem a pod.*) nebo **podzemní stěny vyplněné šterkem** (*obvykle budované jako překrývající se šterkové piloty*). Zde je potřeba ovšem důsledně dbát na to, aby takovýto prvek byl odvodněn při bázi (například pomocí HOV), tedy aby nemohlo dojít k vybudování zvodnělých propustných neodvodněných zón, které by dlouhodobě dotovaly tělo sesuvu vodou.

5.3) drenážní žebra

reprezentují další účinnou metodu sanace svahů a sesuvů. Zjednodušeně řečeno jedná se o rýhu vykopanou po spádnicí, která je vyplněna šterkem. Proti kolmataci může být chráněna geotextilií a na jejím dně může být jedno nebo několik drenážních potrubí. Funkce žebra může být buď pouze drenážní (*tedy snižuje hladinu podzemní vody a tedy i vztlak a pórový tlak na smykové ploše*) anebo (*pokud zasahuje pod smykovou plochu*) kombinovaný drenážní se zvýšením odporu na smykové ploše. Vzdálenost žeber od sebe se navrhuje podle stabilitního výpočtu a podle požadovaného drenážního účinku, obvyklá vzdálenost je 6 m. Hloubka žeber závisí na použité technologii, při běžně používané těžbě bagrem závisí na dosahu bagru (*obvyklé hloubky cca 3 – 5 m*) a na nutnosti použít pažení (*stěny výkopu v sesuvu bývají obvykle i krátkodobě málo stabilní*). Při potřebě dosáhnout velkých hloubek

(řádově desítky metrů) lze použít technologii budování podzemních stěn pomocí drapáků s pažením těžkou biodegradační suspenzí. Takové řešení je sice velmi účinné, ale mimořádně finančně náročné.

Odvodňovací štoly se u nás používají pouze zcela výjimečně (*Mikšová, Handlová*) a obvykle v kombinaci s odvodňovacími vrty různých úklonů.

Při návrhu sanace odvodněním je potřeba počítat se střety zájmů V obydlené oblasti kdy místní obyvatelé mohou ztratit vodu z domovních studní. Projekt by s touto situací měl počítat, případně zajistit náhradní zdroj.

B) silové prvky

Instalací silových prvků se stavebními objekty buduje síla vzdorující aktivním silám v sesuvu. Tyto prvky lze použít při sanaci relativně menších sesuvů (*cca do 105 m³*) po mělkých smykových plochách (*cca 3 – 5m*) a obvykle se kombinuje s odvodněním.

5.4) změna geometrie svahu

Nejjednodušší a nejdéle používaná metoda je přitížení paty svahu nebo násypu kontrabanketem (přítěžovací lavicí). Pata sesuvu se přitíží násypem a tím dojde ke zvýšení stability. S tím je spojeno i případné zmírnění sklonu svahu, vybudování laviček a podobně. Výhodou této metody je jednoduchost provedení a nenáročnost na speciální strojní vybavení, jakož i nulové nároky na údržbu a prakticky nekonečná životnost. Nevýhodou je velký přesun hmot a značný půdorysný zábor terénu. Při návrhu je potřeba dbát na vhodnost materiálu do násypu, drenážní vrstvu na bázi kontrabanketu a požadavek na řádné zhutnění materiálu. Zvýšení stability se dokladuje měřením monitorovacího systému a výpočtem stability.

5.5) opěrná stěna

Opěrná stěna se buduje před čelem sesuvu, kdy obvykle bezprostředně chrání komunikaci nebo stavební objekt. Stěna se dimenzuje na podkladě stabilitního a statického výpočtu. Opěrná stěna může být navržena jako prostá gravitační, nebo založena na pilotách a případně i kotvená. Jako materiál se obvykle používá beton, v současné době se ve velké míře přechází na gabionové konstrukce a konstrukce z vyztužené zeminy, které jsou levnější, ekologicky přijatelnější a estetičtější. Gabionové konstrukce jsou navíc samy o sobě propustné, takže na rozdíl od betonových se zde nemusí budovat podélná a příčná drenáž, pouze se musí důsledně dbát na odvodnění základové spáry.

5.6) stěna z velkopřůměrových pilot

Stěny z velkopřůměrových pilot se obvykle budují jako ochrana významných komunikací nebo objektů. Jedná se o vrty průměru obvykle většího než 600 mm, které jsou armovány a vyplněny betonovou směsí. Piloty jsou dimenzovány tak, aby byly ukotveny dostatečně hluboko pod smykovou plochu a obvykle jsou spojeny trámcem a kotveny. Takto navržena stěna musí být vždy odvodněna, protože pilotová stěna tvoří hráz přirozenému proudění podzemní vody. Piloty se navrhují a budují ve smyslu ČSN 73 1002, pokud je pilotová stěna součástí komunikace musí návrh a konstrukce splňovat technické a kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací. Vzhledem k tomu, že tyto podmínky jsou dobře a podrobně zpracované, doporučujeme navrhnout podle nich i pilotové konstrukce, které nejsou součástí

pozemních komunikací. Výhodou velkopřůměrových pilot je jejich značná pevnost proti ohybu, lze tedy ve výjimečných případech sanovat i sesuvy se smykovou plochou hlubší než 10 m. Nevýhodou je nutnost nasazení velké a těžké soupravy (obvykle 30 – 60 tun) s nutností budovat dočasné zpevněné komunikace. Metodu lze s úspěchem použít na rozsáhlých sanacích, kdy očekávané náklady na sanaci přesáhnou cca 5 – 10 mil. Kč a vyšší náklady na vybudování staveniště a dopravu kompenzují vyšší účinnost a použití levnějších materiálů (betonu).

5.7) mikropiloty

Mikropiloty jsou stavební prvky, kdy se do maloprofilového vrtu (150 – 250 mm) vloží ocelová trubka (*obvykle se používá ocelová trubka profilu 70/12, 89/10, 108/16 mm*), kořen mikropiloty (*spodní část*) se zainjektuje cementovým mlékem (*v některých případech se kořen neinjektuje, mikropilota se pouze do cementové zálivky vkládá*). Výhodou této metody je, že mikropiloty se budují malou vrtnou soupravou, často použitelnou i ve stísněných prostorách a sklepech, s malými náklady na dopravu a zřízení staveniště. Nevýhodou je vysoká cena a spotřeba oceli a malá tuhost takovýchto prvků. Mikropiloty lze doporučit pouze pro malý rozsah prací, anebo pro práce ve stísněném prostoru a pro sesuvy s mělkou smykovou plochou – běžné mikropiloty obvykle nevyhoví na ohyb při hloubce smykové plochy větší než cca 3 – 4 m pod terénem. Obdobou mikropilot jsou mikrozápory, kdy se pouze do vrtu místo ocelové trubky vkládá I profil, který se injektuje podobně jako mikropilota, nebo se zalije betonem. Z mikropilot nebo mikrozápor lze dělat podzemní stěny obdobně jako z velkopřůměrových pilot, kdy hlavy mikropilot se spojí betonovým trámcem a přikotví se. Pokud je potřeba zvýšit tuhost stěny, lze navrhnout mikropilotovou stěnu jako dvojitou.

5.8) kotvy

Kotva je stavební objekt umožňující přenášet sílu do horniny. Při stabilizaci sesuvů se obvykle kotví opěrné nebo pilotové stěny. Vlastní kotva se provádí maloprofilovým (*obvykle profil cca 150 mm*) ukloněným (*obvykle cca 40 - 90° od svislice*) vrtem, do kterého se vloží táhlo (*ocelové lano, svazek kabelů, ocelová tyč anebo mikropilota*) a kořen (*t.j. úsek v hornině dlouhý obvykle cca 6 m*) se zainjektuje. Hlavice kotvy (*t.j. část vycházející na povrch*) se předepe (*t.j. hydraulickými lisami se natáhne silou předepsanou projektem*) a pevně spojí s konstrukcí.

5.9) injektáž

Injektáž je tlakové vhánění cementačních směsí do vrtu a perforací ve vrtu do pórů a puklin v hornině. Obvyklou injekční směsí je cementové mléko (*směs cementu a vody obvykle v poměru c:v=2:1, dnes již vzácně se používají chemické prostředky - v tom případě je ovšem nutný certifikát ekologické nezávadnosti*). Injektáž se sama o sobě v minulosti používala jako sanační opatření, kdy se injektovala smyková plocha a injektáží se zvyšovala pevnost hornin. Dnes se tato metoda již používá zřídka, protože injekční tlaky v blízkosti smykové plochy zvyšují pórové tlaky a v kombinaci s dosud nezatuhlým cementem krátkodobě způsobuje významné zhoršení stabilitních poměrů. Injektáž se dnes používá v kombinaci s jinými prvky - injektují se kořeny mikropilot a kořeny kotev.

5.10) Orientační ceník sanačních opatření

Cenová úroveň v roce 1999 v Kč bez DPH 5%

1 bm povrchového odvodnění – žlabovky 900,-

1 bm HOV ocelová perforovaná výstroj 2 500,-

1 bm mikropiloty prof. 89/10 2300,-

1 bm velkoprofilové piloty prof. 800 mm 5 000,-

kotva délky 18 m včetně předepětí a injektáže kořene 60 000,-

1 m3 betonu opěrné stěny nebo převázky pilot. stěny 3 000,-

1 m3 gabionu 2500,-

1 m3 zpracované zeminy do kontrabanketu vč. hutnění 400,-

Orientační cena sanace středně velkého sesuvu ohrožujícího silnici a rodinný dům sanováno 1998 - 1999

1. etapa (realizace 1998) – gabionová stěna zpevňující břeh potoka a čelo sesuvu

1 800 000 Kč

2. etapa (realizace 1999) – 7 ks horizontální odvodňovací vrty a 40 m + pilotová stěna z 40 ks mikropilot prof 255/10 mm, osová vzdálenost 2 000 mm, hloubka 15 m, **5 900 000 Kč**

životnost a údržba sanačních prvků

Při návrhu sanace je nutno kromě účinnosti a ceny jednotlivých prvků zvážit také jejich životnost a případnou nutnost údržby. Jednotlivé prvky lze rozdělit na:

- sanační prvky se životností, která přesahuje, nebo je srovnatelná se životností staveb, které chrání (t.j. cca 100 let), a kde není potřeba údržba. Jedná se o kontrabankety a ostatní úpravy geometrie svahu, velkopřůměrové betonové piloty, štěrková žebra zasahující pod smykovou plochu, opěrné stěny a některé odvodňovací štolky.
- sanační prvky se životností desítek let, které vyžadují po uplynutí jejich životnosti kontrolu a případnou opravu či nahrazení – jedná se o prvky, které korodují – mikropiloty, kotvy, HOV. Součástí projektu by měl být odhad životnosti těchto stavebních objektů. (Toto se však obvykle nečiní a v sanační praxi i u těchto prvků se "předpokládá" nekonečná životnost).
- sanační prvky vyžadující údržbu – jedná se o veškeré povrchové i podpovrchové odvodnění, které je potřeba v pravidelných intervalech kontrolovat a případně čistit. Návrh kontroly a údržby by měl být součástí projektu.

etapovost sanace

V rámci úspory prostředků se často sanace navrhuje v ucelených celcích a realizuje po etapách. Po realizaci první etapy sanace (obvykle odvodnění) se sesuv sleduje pomocí instalovaného monitorovacího systému a k dalším etapám se přistoupí až na základě výsledků měření. Může dojít k situaci, kdy další etapy nebude nutno realizovat buď vůbec, nebo pouze částečně. Tento postup se označuje jako observační metoda.

Kapitola 6 (vyhodnocení účinnosti)

6.1 vyhodnocení účinnosti sanace na základě stabilitních výpočtů

Vyhodnocení účinnosti sanace na základě stabilitních a statických výpočtů se provádí jako součást projektu a může být provedeno i po ukončené sanaci na základě přepočtu skutečnosti z výsledků monitorovacího systému. Základem pro výpočet je geologický a geotechnický profil sesuvem po spádnici. Průběh smykové plochy, pevnosti mobilizované na smykové ploše, odhad hladiny podzemní vody v okamžiku sesouvání a průběh pórových napětí na smykové ploše spolu se stabilitním výpočtem by měl obsahovat podrobný průzkum. V rámci zpracování projektové dokumentace se tyto výpočty zkontrolují a do tohoto modelu se započítá účinek sanačních opatření – zvýšení stupně stability na základě odhadu poklesu hladiny podzemní vody respektive pórových napětí na smykové ploše z důvodu odvodnění, započítají se síly vnesené silovými prvky (kotvy, piloty), změna geometrie svahu (kontrabanket). Obvykle se očekává, že stupeň stability vzroste nad 1,3 – nemusí to však být pravidlo pokud se postupuje observační metodou. Po realizaci sanace se může provést nový výpočet na základě srovnání očekávaných a monitoringem naměřených hodnot kolísání hladiny podzemní vody, kolísání pórových napětí, sil v kotvách a podobně.

6.2) vyhodnocení účinnosti sanace na základě měření monitorovacího systému

Měření monitorovacího systému nám dává přímé informace o chování sesuvu a jeho reakci na probíhající sanaci. Dojde-li k významnému poklesu hladin podzemní vody a ustálení pohybů v přímém spojení se sanací, lze tuto prohlásit za úspěšnou. Vždy je však potřeba aby vyhodnocení na základě měření bylo doloženo stabilitním výpočtem.

Kapitola 7 (vlastní sanační práce)

7.1) výběr zhotovitele

Při **výběru zhotovitele** je potřeba dbát na dodržování zákona o zadávání veřejných zakázek. Vzhledem k tomu, že sanační práce na sesuvech mají svá specifika a obecně je lze považovat za náročná co do speciálních technologií i vzhledem k obvykle obtížnému přístupu a pohybu po staveništi je potřeba klást zvláštní důraz na kvalifikaci zhotovitele. Způsob výběrového řízení lze doporučit formou výzvy více zájemcům, kde se investor předem přesvědčí o kvalifikaci jednotlivých zhotovitelů a jejich zkušenostech s řešením obdobné problematiky. Doporučuje se umožnit jednotlivým účastníkům přístup ke všem dosažitelným podkladům a umožnit zhotovitelům nabídnout variantní řešení. Mnoho zhotovitelů má svá projekční střediska a rozsáhlé zkušenosti a know-how, které jim umožňuje nabízet ekonomičtější a účinnější řešení, než je v soutěžním projektu. Tato variantní řešení musí ovšem být oponována specialistou stejně, jako soutěžní projekt. S tímto je ovšem spojena potřeba dát dostatečně dlouhou zadávací lhůtu (pokud ovšem nehrozí nebezpečí z prodlení).

7.2) smlouva o dílo

S vybraným zhotovitelem se uzavírá smlouva o dílo. Kromě obvyklých bodů vyžadovaných zákonem doporučujeme do smlouvy doplnit následující body:

- dodržování všech norem a předpisů, u speciálních technologií (mikropiloty, kotvy, piloty, zemní práce) vyžadovat dodržování požadavků dle TKP pozemních komunikací, u technologií, které nejsou upraveny normou, žádat technologický předpis zhotovitele a ten si

nechat oponovat od odborníka

- určitý podíl fakturace (obvykle 10%) vázat na předání díla bez vad a nedodělků
- zakotvit možnost víceprací a méněprací
- nedoporučuje se platit zálohy, fakturace dle skutečně provedených prací
- přesně stanovit co cena obsahuje (přístupové komunikace, dopravní náklady, správní poplatky a pod.)
- možnost odstoupení od smlouvy – (např. z důvodu technologické nekázně), co bude uhrazeno (pouze skutečně provedené práce, nikoliv např. nakoupený materiál)
- požadovat ekologická maziva do techniky
- stanovit přesně požadované podklady pro přejímku
- stanovit práva a povinnosti objednatele a zhotovitele – vytyčení, sítě a pod.
- do ceny prací zahrnout rozpočtovou rezervu
- penále za prodlení předání stavby
- zakotvit, že za prodlení platby způsobené peněžním ústavem neodpovídá objednatel a není důvodem k penalizaci

7.3) technický dozor investora

Je vhodné, aby si investor, *(pokud nemá dostatečně odborně způsobilého zaměstnance)* najal specialistu nebo specializovanou firmu pro vykonávání investorského dozoru. Technický dozor investora (dále TDI) doplňuje autorský dozor zpracovatele projektové dokumentace. TDI přebírá průběžně jednotlivé objekty, provádí namátkové kontroly a řeší běžné problémy na stavbě. Vážnější technické problémy a úpravy projektu se řeší za spolupráce zhotovitele, projektanta a TDI. Hotové objekty se protokolárně přejímají (obvykle zápisem do stavebního denníku). Jednotlivé stavební prvky (piloty, kotvy, HOV) se předávají formou protokolů, které podepisuje zástupce zhotovitele a TDI. Délka HOV se přebírá buď přítomností TDI při vytahování vrtných tyčí, nebo vložení měřících tyčí do vrtu. Zvláště upozorňujeme na nutnost kontroly zabudovávané oceli. Vzhledem k tomu, že tento materiál je drahý a reprezentuje podstatnou část ceny díla, někteří zhotovitelé se pokoušejí "nahradit" například mikropiloty mnohem levnějšími vodovodními trubkami, které ovšem nemají ty statické parametry, které předpokládá projekt.

Kapitola 8 (dlouhodobý dohled)

Území, kde se v minulosti vyskytly stabilitní problémy, vyžaduje trvalý dohled a to zvláště v případech, kdy potenciální sesuv znamená významné ohrožení obecního zájmu. Je vhodné udržovat kontakty s místními orgány státní správy a samosprávy, jako i s obyvatelstvem žijícím v ohroženém území a mít vyzkoušené mechanismy řešení očekávaných problémů. V pravidelných intervalech (*vysoce ohrožené oblasti cca 2 x ročně, méně ohrožené oblasti 1 x rok až několik let*) je potřeba lokality navštívit, zkontrolovat, zda nedošlo k poškození objektů, ke vzniku trhlin a zamokřených míst. Tyto řádné návštěvy se doplní mimořádnými návštěvami po extrémních srážkách anebo výrazném tání sněhu, popřípadě pokud jsou místním obyvatelstvem, správci objektů nebo místními orgány nahlášeny nějaké změny situace.

U sanovaných sesuvů je potřeba v rámci kontrolních návštěv prověřit funkčnost odvodnění (výtoky z drenáží, výtoky z HOV, úroveň hladiny vody ve studních), stav a případné poruchy betonových a zděných konstrukcí.

Pokud je na sesuvu instalován monitorovací systém, je potřeba jej udržovat a v předepsaných intervalech měřit. Toto obvykle provádí odborná firma.

Závěr

Úkolem této studie bylo srozumitelnou formou informovat o postupech a jednotlivých metodách činností vedoucích ke snížení ohrožení obecného zájmu sesuvy. Studie obsahuje jak návod postupu při běžné i havarijní situaci, tak i vyjmenovává hlavní prvky průzkumu a sanace.

V případě jakýchkoli nejasností nebo problémů lze kontaktovat zpracovatele této zprávy.

Zpracovali:

RNDr. Petr Nešvara

Ing. Zdeněk Sekyra

Literatura:

1. Záruba Q., Mencl V.(1987): Sesuvy a zabezpečování svahů, Academia
2. Němčok A., Pašek J., Rybář J. (1974): Dělení svahových pohybů in Sb. geologických věd hydrogeologie a inženýrská geologie str 77 – 91

Vysvětlivky některých odborných výrazů použitých v textu:

průzkumná sonda – vrt nebo kopaná šachtice, ze které se odebírají vzorky zeminy

výpažnice – trubka ve vrtu zajišťující stěny vrtu proti zapadání

vrtné jádro – zemina nebo hornina průběžně těžená z jádrového vrtu (jádro má tvar válce). Pokud se vrtá bezjádrově (neboli na plnou čelbu) z vrtu vychází pouze vrtná drť. Jádrové vrtnání přináší mnohem více informací o geologii, je však podstatně nákladnější. Proto se jádrové vrty obvykle používají pro průzkum a bezjádrové jako stavební prvky (vrty pro kotvy, mikropiloty, HOV)

vzorek zeminy – část vytěžené zeminy nebo horniny, který se odváží ke zpracování do laboratoře nebo se dokumentuje. Vzorky se odebírají jako *neporušené* (t.j. se zachovalou pevností a stlačitelností podle původního masivu – zjišťují se pevnostní a přetvárné charakteristiky), dále *poloporušené* (t.j. s porušenou strukturou ale zachováním vlhkosti) a *porušené* (t.j. pouze odebraná zemina a hornina)

pórový tlak – tlak vody v určitém bodě v masivu (tento může a nemusí odpovídat naměřené hladině podzemní vody)

statická zásoba podzemní vody – je objem podzemní vody v m³, který lze z masivu vypustit a která se neobnovuje

dynamická zásoba podzemní vody – přítok vody do masivu v m³/hod – obnovitelná zásoba

dynamometr – měřicí přístroj umožňující měřit tahovou sílu (předpětí v kotvách)

filtr – písek nebo geotextilie zabráňující vyplavování jemných zrn zeminy

perforace – otvory v drenážních prvcích umožňující vtok vody

kolmatace – utěsnění (znepropustnění) filtru nebo drenáže jemnými zrny zeminy

gabion – drátěný koš naplněný kamenivem

armatura betonu – výztuž – obvykle ocelové tyče vložené do betonu pro zvýšení pevnosti v tahu

oponentura – expertní činnost, kdy specialista posuzuje výsledky průzkumu nebo projekt

Geofond – (Česká geologická služba – GEOFOND) instituce se sídlem v Praze archivující geologické údaje, zásoby surovin, podzemní vody a dokumentaci průzkumných děl

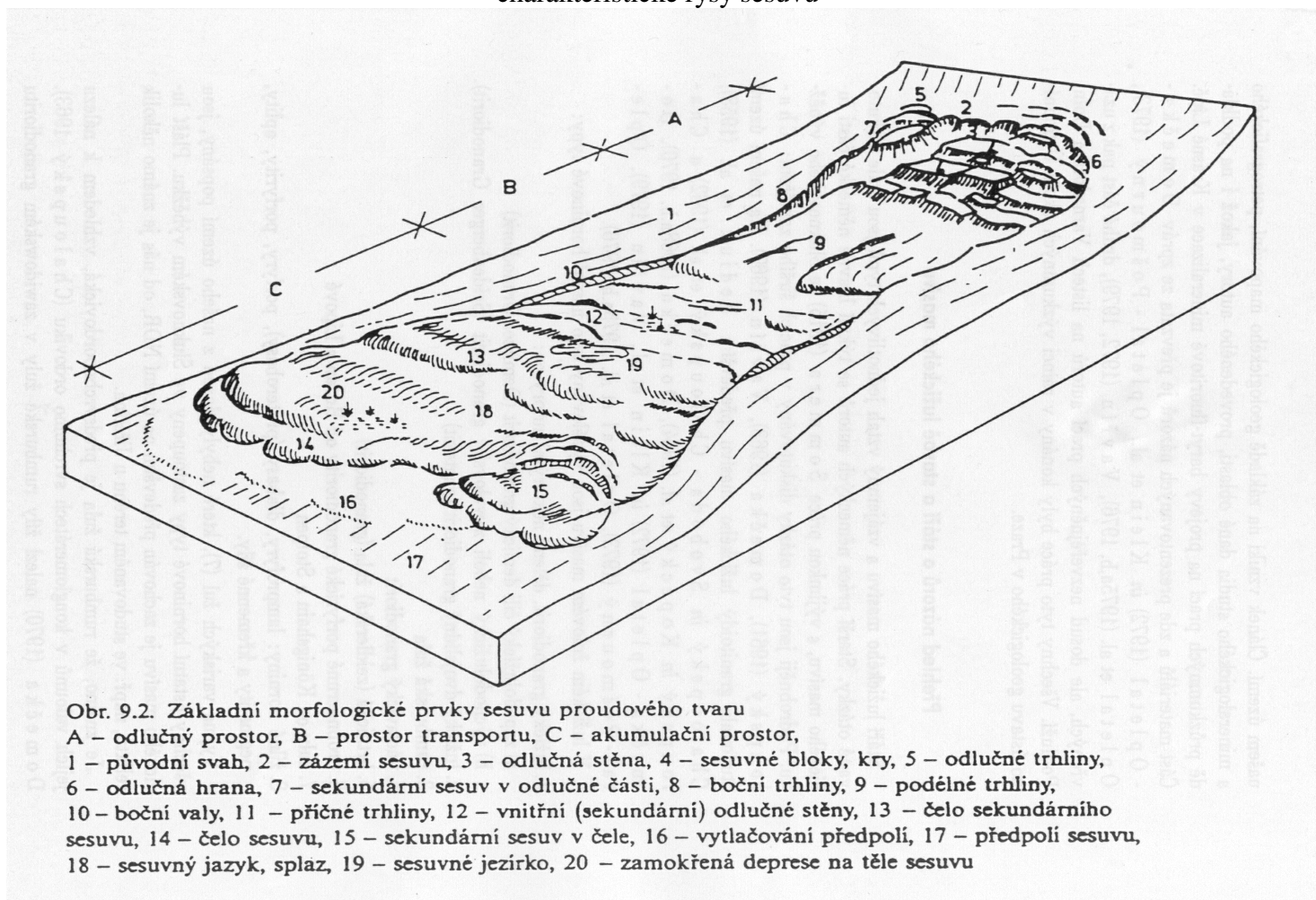
SG GEOTECHNIKA, A.S.

Studie: OBECNÉ ZÁSADY POSTUPŮ SMĚŘUJÍCÍCH KE STABILIZACI SESUVŮ

Praha, 1999

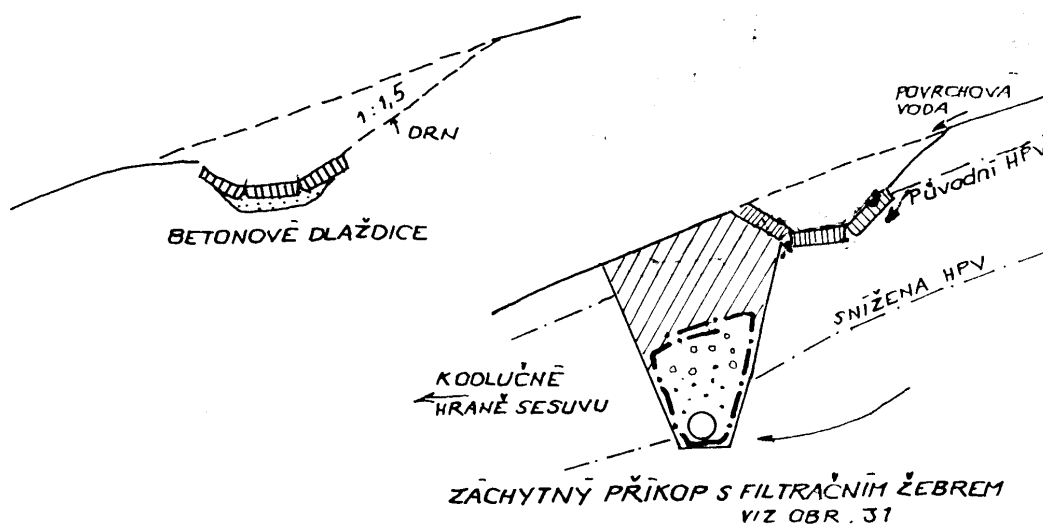
Obr. 1

charakteristické rysy sesuvu

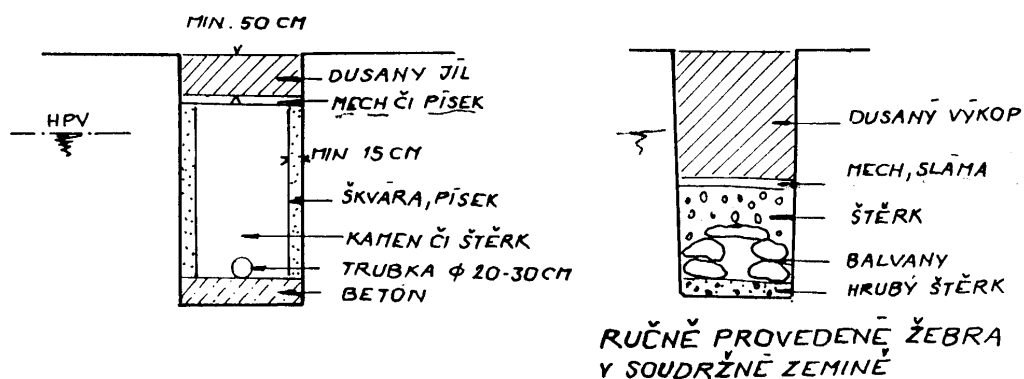


povrchové odvodnění nad sesuvem a filtrační žebra – správně navrženo

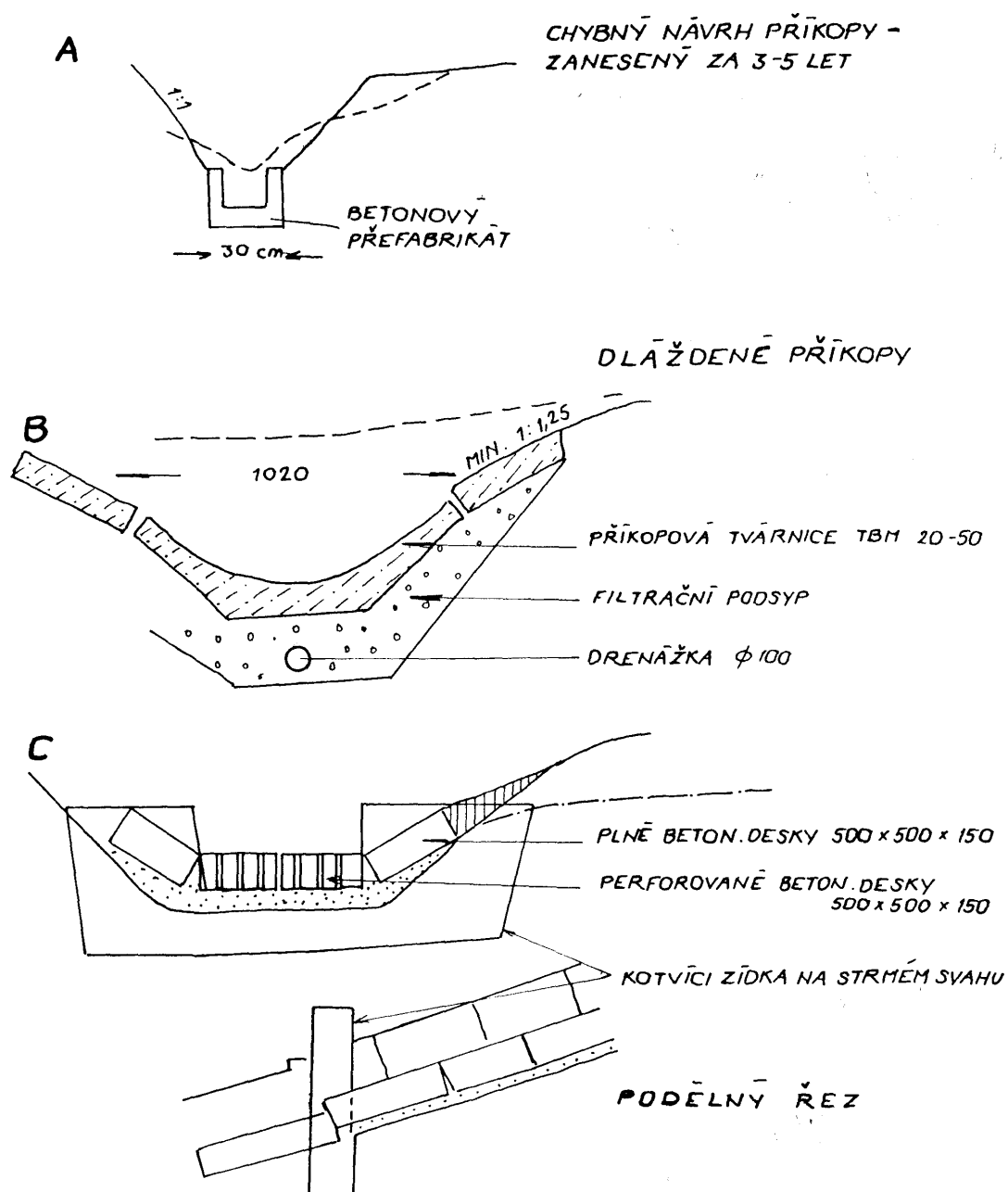
ZACHYTNÉ PŘÍKOPY NAD SESUVEM



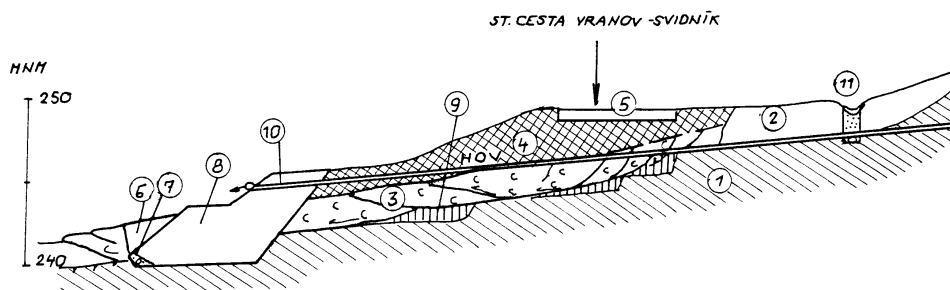
STARŠÍ TYPY FILTRAČNÍCH ŽEBER



ODVODŇOVACÍ PŘÍKOPY NA SESUVU

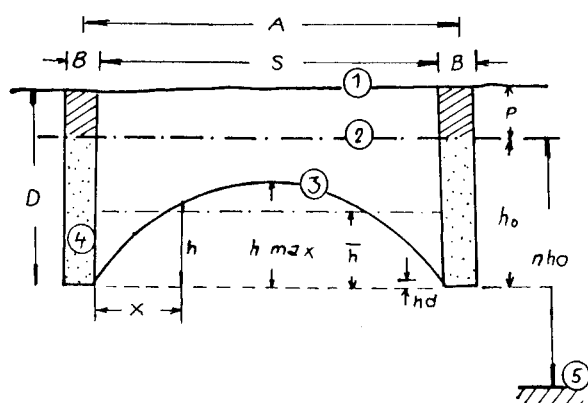


**SANACE SESUVU NA STÁTNI CESTĚ VRANOV-SVIDNĚK KOMBINACÍ
NĚKOLIKA METOD PODLE ŠVASTA, HÖGER IN NEMČOK A. 1982**



1. SLŮVOCE A PÍSKOVCE RYTMICKÉHO FLYŠE 2. SVAHOVÉ HLINY 3. SESUV 4. NÁSYP TELESY SILNICE
5. VOZOVKA 6. PŘÍSPY 7. ŠP DRĚN 8. ZHUTNĚNÁ KAMENNÁ PATA 9. PRŮMĚT DLAŽEB
10. HOV 11. ZBĚRNÝ A ZÁCHYTÝ DRĚN

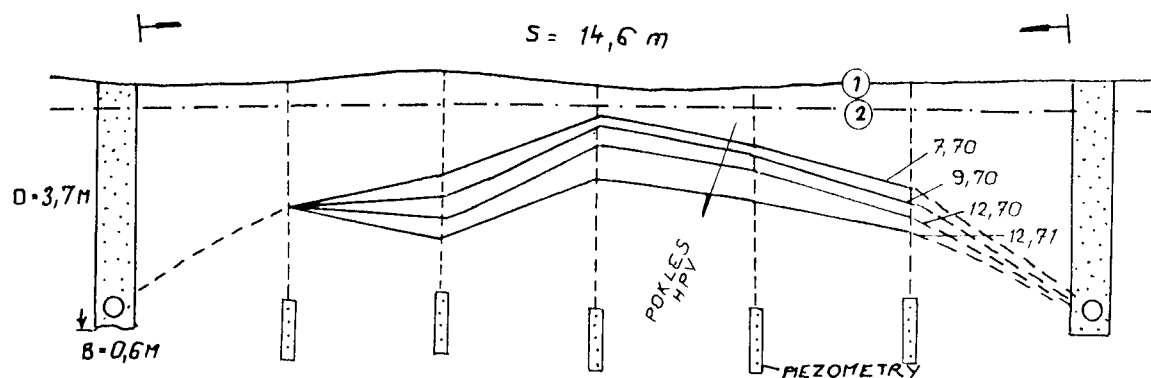
předpokládaný tvar hladiny podzemní vody mezi odvodňovacími prvky – podklad pro
výpočet účinnosti sanace



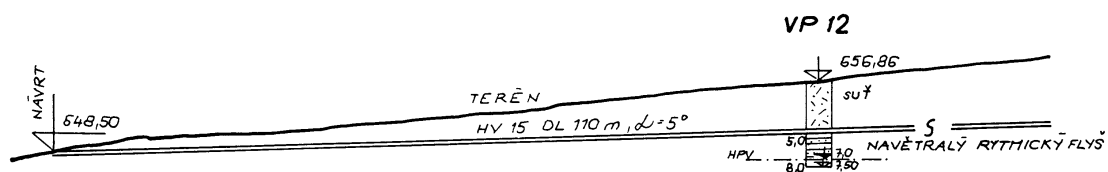
- 1- TERĚN, 2-HPV, 3- HLADINA P.V PO REALIZACI DRENU, 4- VLASTNÍ DREN, 5- NEPROPUSTNĚ PODLOŽÍ

zjištěný průběh hladiny podzemní vody – podklad pro vyhodnocení účinnosti odvodnění

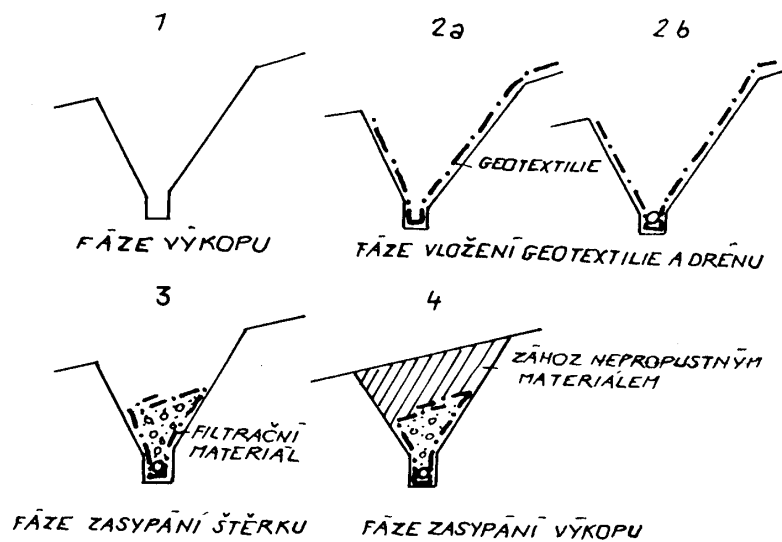
B MĚŘENÝ POKUS HPV MEZI FILTRAČNÍMI ŽEBRY BURDEROP WOOD
 PODLE SKEMPTON 1972 IN HUTCHINSON 1977



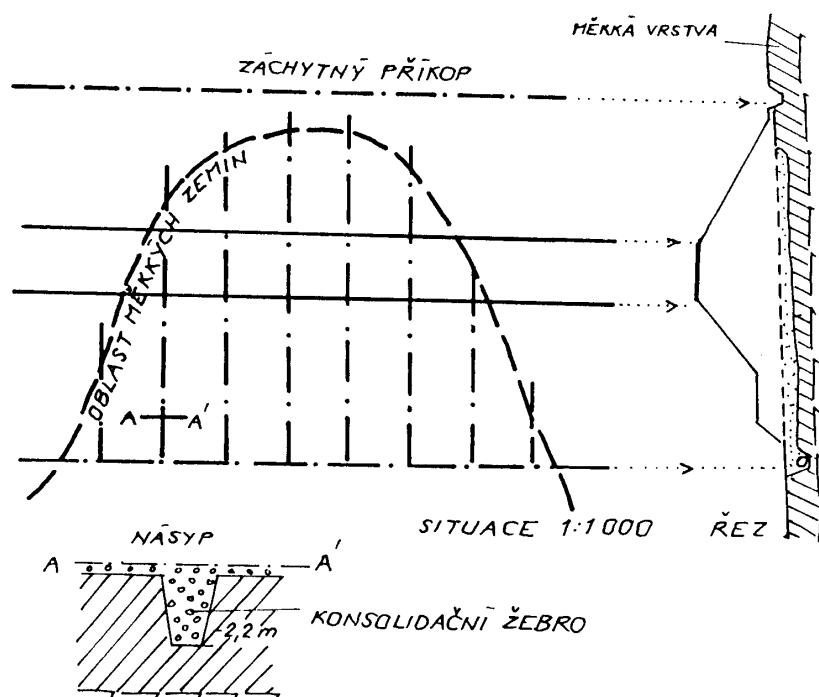
CHYBNÝ NÁVRH HOV BEZ ZOHLEDNĚNÍ SKUTEČNÉ GEOL. STAVBY A HPV
 VRT JE PŘEVÁŽNĚ SUCHÝ A SLABĚ KAPE JENOM NA JAŘE



TRVALE UČINNĚ FILTRAČNÍ ŽEBRA (PERMANENTLY EFFECTIVE DRAINS)

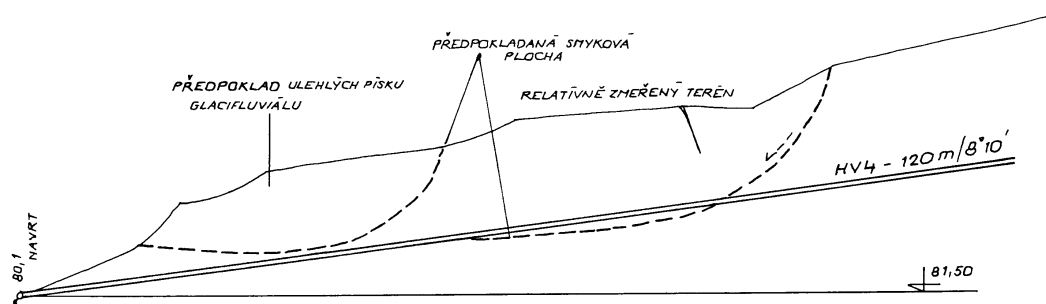


KONSOLIDAČNÍ ŽEBRA POD NĚSYPEM

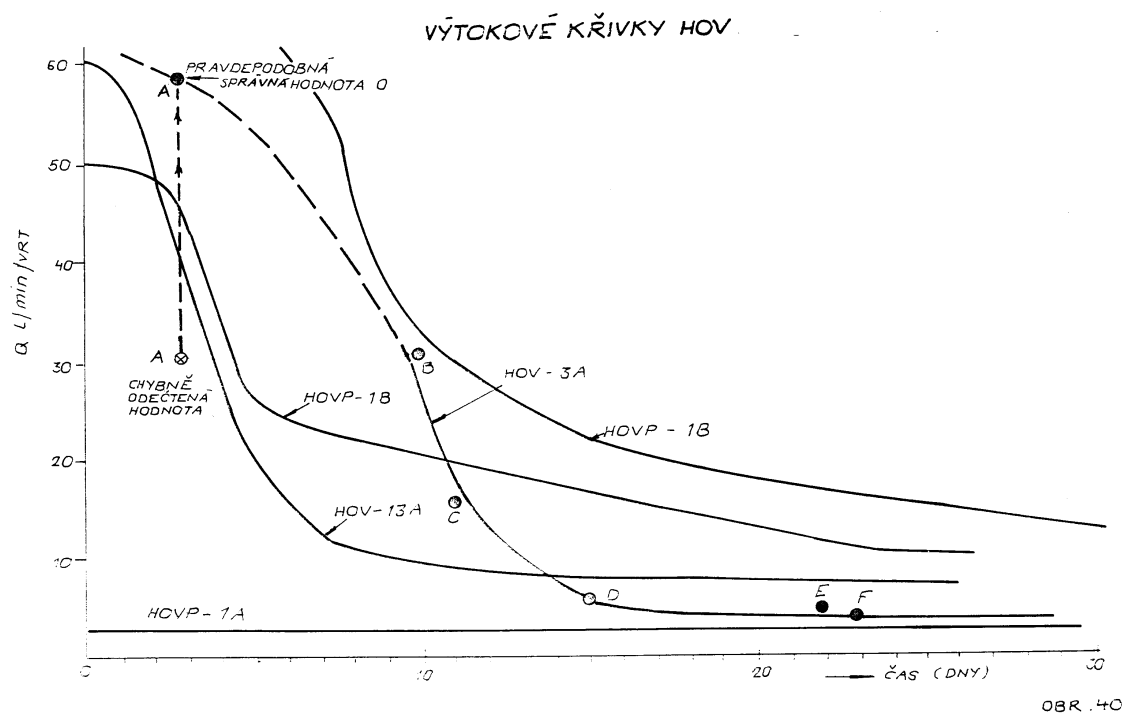


Obr.9

Chybný náveh sanace na základě nedostatečného průzkumu

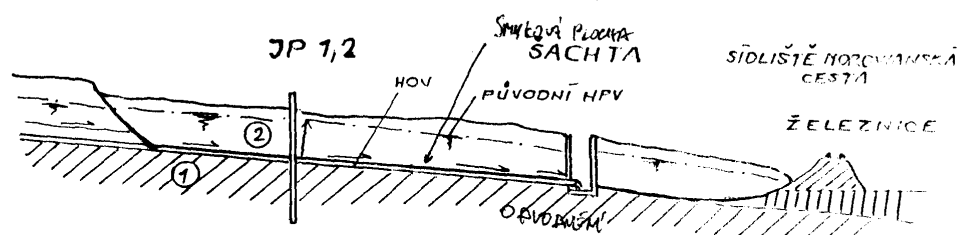
A. IDEOVÝ NÁVRH SANACE HOV NA SESUVU BOBROVNÍKY U OSTRAVY**B. SKUTEČNÝ PROFIL SESUVEM PO ODVRTÁNÍ VERTIKÁLNÍ SONDY VP 2
VYSVĚTLUJÍCÍ NÍZKÝ EFEKT HOV Č. 4**

výsledek měření výtoku z HOV – včetně zpětné opravy pravděpodobně chybného měření

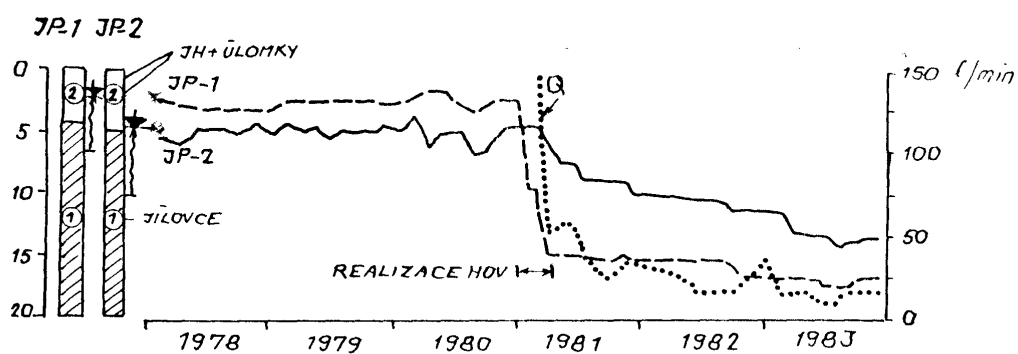


vyhodnocení účinku odvodnění na piezometrickou úroveň

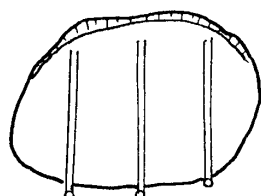
SCHEMATICKÝ PROFIL HOV A SBĚRNOU ŠACHTOU



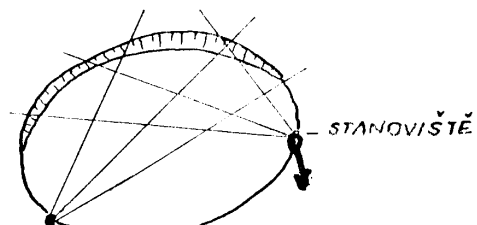
GRAF ÚČINKU HOV NA PIEZOMETRICKOU ÚROVEŇ



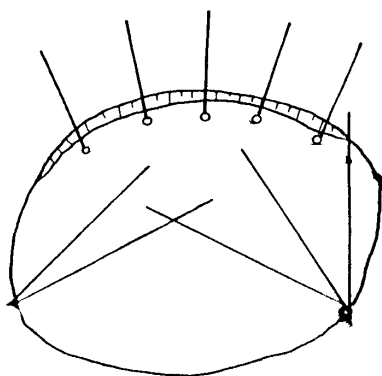
KLASICKÉ ROZMÍSTĚNÍ HOV



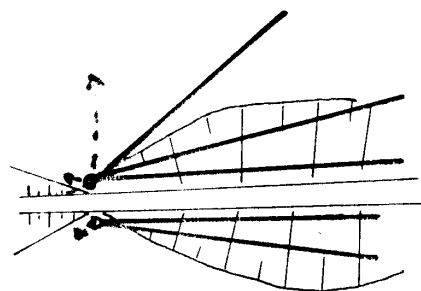
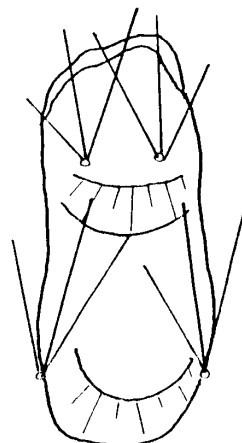
PARALELNÍ JEDNOTLIVÉ
HOV



NĚKOLIK VRTŮ Z JEDNOTLIVÝCH
STANOVIŠŤ



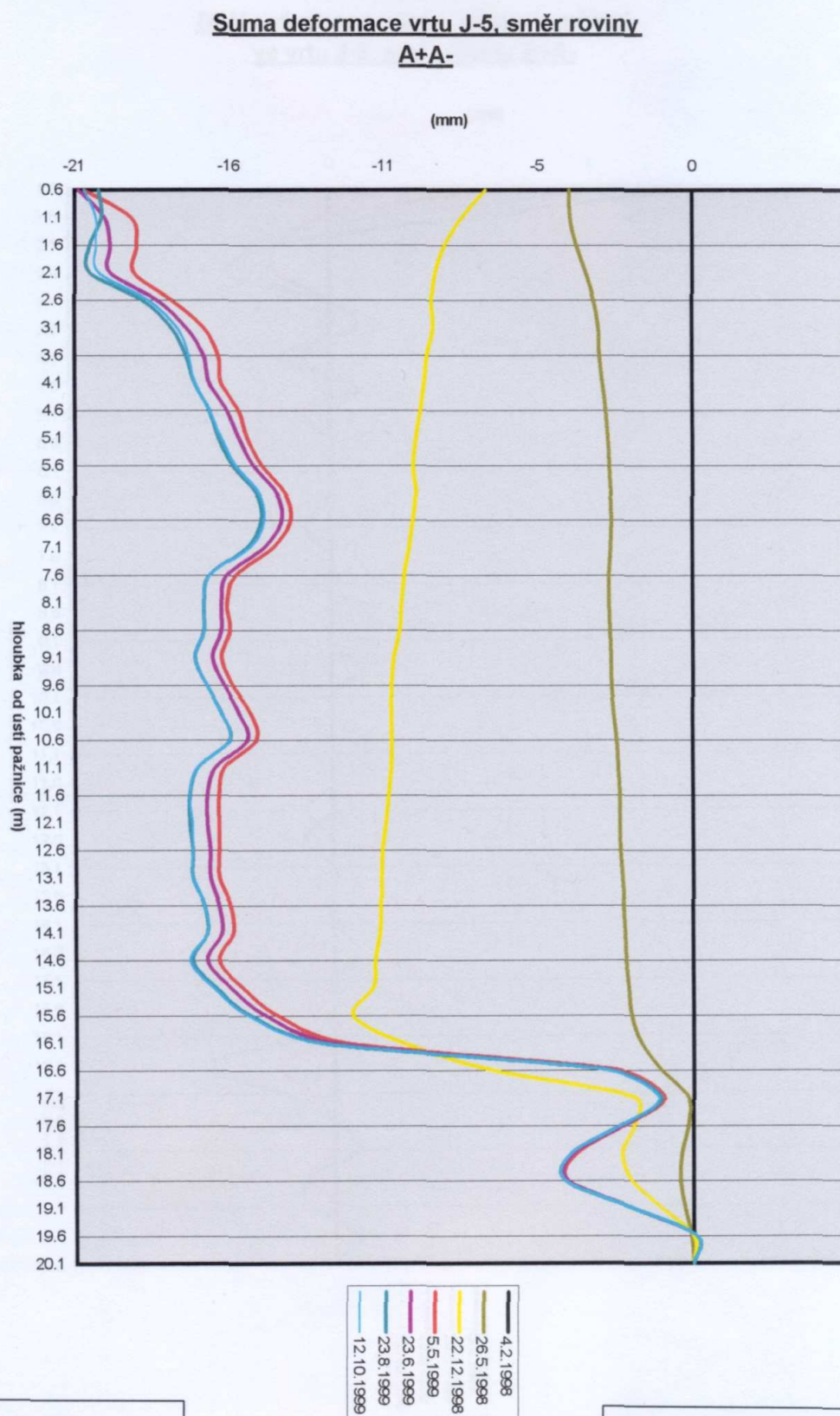
HORIZONTALNÍ VRTY ZE DVOU VÝŠKOVÝCH ÚROVNÍ



PROJEKTOVANÝ VÝKOP PRO SILNICI,
ODVODNĚNÍ PŘED ZEMLNÍMI PRACEMI

vyhodnocení účinnosti sanace na základě inklinometrických měření – sesuv se přestal deformovat

Příloha č. 2.2



Lokalita: Růžďka - obec
Č.ú.: 99 0022

K GEO
Komplexní geologické práce

Rudná 30a,
703 00 Ostrava - Vítkovice
Tel. 069/29 353 39

SG GEOTECHNIKA, A.S.

Studie: OBECNÉ ZÁSADY POSTUPŮ SMĚŘUJÍCÍCH KE STABILIZACI SESUVŮ
Praha, 1999

odlučné oblasti sesuvů

Foto 1



Foto 2



Foto 3
Transportní oblast



Foto 4
Čelo sesuvu



Foto 5
Čelo sesuvu



Foto 6
Charakter rostlinstva na sesuvu („opilé“ stromy)



Foto 7
Tahové trhliny



Foto 8
Bezodtoké deprese na svazích (typický znak sesuvu)



Foto 9
RD zničený sesuvem



Foto 10
Ohrožení silnice sesuvem



Foto 11
Ohrožení RD sesuvem



Foto 12
Okamžitá záchrana objektu (nebezpečí z prodlení)



Foto 13
Povrchové odvodnění nad sesuvem (správně)



Foto 14
Povrchové odvodnění na sesuvu (zničeno pohybem)



Foto 15

Povrchové odvodnění na sesuvu odolné proti menším pohybům (správný návrh)



SG GEOTECHNIKA, A.S.

Studie: OBECNÉ ZÁSADY POSTUPŮ SMĚŘUJÍCÍCH KE STABILIZACI SESUVŮ
Praha, 1999

Foto 16
Perforovaná a plná výstroj HOV



Foto 17
Kontrola délky hotového HOV vkládáním měřících tyčí



Foto 18

Funkční HOV s velkým výtokem (zhlaví vrtu není doposud chráněno proti mrazu)



Foto 19

Vyústění HOV do šachty



Foto 20
Budování pilotové stěny



Foto 21
Ochrana RD kotvenou opěrnou stěnou (kotvy dosud nejsou napjaty)



Foto 22
Budování opěrné stěny



Foto 23
Gabionová opěrná stěna



Foto 24
Vrtání mikropilot



Foto 25
Vrtání kotev



Foto 26
Hloubení průzkumného jádrového vrtu



Foto 27
Dočasné zábrany proti padajícím kamenům.



Foto 28

Sít' přikotvená na povrchu sesuvu jako ochrana proti erozi



Foto 29

Inklinometrický vrt v blízkosti poškozeného objektu



Foto 30
Sádrové můstky na trhlině

