

Monitoring svahových pohybů v NP České Švýcarsko

Jakub Šafránek

Svahové pohyby jsou přirozenou součástí Českosaského Švýcarska. Patří k nim zejména skalní říční, která utvářela typickou krajinu této oblasti s útlými skalními věžemi a vysokými pískovcovými stěnami, tolik oblíbenou turisty i horolezci. Skalní říční však mohou být velkou

hrozbou pro obyvatele Labských pískovců i pro návštěvníky národního parku a je nutné se s tímto nebezpečím vypořádat. Proto existuje při Správě národního parku České Švýcarsko oddělení geologie – skalní četa, se sídlem v obci skalními říčními nejohroženější – ve Hřensku.

České Švýcarsko je součástí většího geologického celku zvaného česká křídlová pánev, který se začal utvářet před 92 miliony lety v průběhu svrchní křídy v cenomanu a sedimentace v tomto prostoru trvala přibližně 12 milionů let. České Švýcarsko náleží k lužickému vývoji české křídlové pánve s převahou pískovců nad ostatními horninami. Křídlové pískovce zde vytvořily až 1 200 metrů mocné těleso, které bylo po ústupu moře výrazně erodováno a zvětráváno. K tomuto procesu navíc přispělo i intenzivní rozpuštění pískovců vertikální sítí puklin, které jsou od sebe vzdáleny někdy i pouhých deset metrů. Díky kombinaci relativně měkkého pískovce a rozpraskání pánve hustou sítí puklin se mohla vytvořit krajina typická pro Českosaské Švýcarsko s hlubokými roklemi, vysokými skalními stěnami a věžemi, stolovými horami a samozřejmě Pravčickou bránou, nejvýznamnějším symbolem národního parku České Švýcarsko.

Svahové pohyby a skalní řícení

Svahové pohyby a především skalní řícení jsou přirozenou součástí krajiny Labských pískovců a výrazně se podílejí na jejím formování. Jak k nim ale dochází? České Švýcarsko je tvořeno až několik stovek metrů mocným tělesem, které je rozděleno do dílčích geologických vrstev; tyto vrstvy se od sebe mohou lišit odolností vůči zvětrávání. Například v Jetřichovicích nebo na Gabrielině stezce můžeme najít pískovce drobně se již při dotyku rukou a erozi příliš neodolávají, naproti tomu pískovcové vrstvy ve Hřensku mohou být velmi tvrdé a lépe odolávají erozi. Dalším faktorem je hustá síť svislých puklin, která pískovcový masiv dále rozděluje a umožňuje vytvoření kvádrových pískovců. Skalní masiv je takto rozdělen do jednotlivých bloků a balvanů, které drží pohromadě zejména vzájemným třením. V tuto chvíli vstupuje do hry klima. Voda, které může být v pískovcových masivech značné množství, při mrznutí zvětší svůj objem a pokud je spolu s pískem a zeminou obsažena v prostorech mezi bloky kamenů, může způsobit při opakovaném mrznutí odtlačování jednotlivých balvanů, které ve chvíli, kdy dosáhnou určité meze, ztratí stabilitu a zřítí se. To je jeden z hlavních vlivů, ale ne jediný. Skalní řícení mohou vznikat například také po lesních požárech nebo při silných dlouhodobých deštích. (Obr. 2)



Obr. 2 Ukázkový příklad odvalového skalního řícení. Foto: Jakub Šafránek

Balvany a bloky ve skalním svahu mají určitý stupeň stability, který se v čase může proměňovat. V okamžiku, kdy stabilita dosáhne své kritické hodnoty, dojde ke skalnímu řícení a kameny se zřítí do nižších poloh, kde se stabilizují až do doby, než dosáhnou další mezní hodnoty stability a zřítí se opět níže. Jedná se tak vlastně o samovolně se stabilizující systém.

Historická skalní řícení

Jak bylo řečeno, skalní řícení mají v Labských pískovcích své místo, byla a jsou zcela přirozeným fenoménem. V národním parku České

Švýcarsko evidujeme ročně několik desítek drobných skalních řícení s objemem zřízených hmot kolem jednoho kubického metru. Nemluvíme o skalních říceních malých rozměrů, ke kterým došlo v nedostupných místech a které nebyly vůbec nalezeny. Větší skalní řícení v řádech první desítky kubických metrů jsou spíše neobvyklá a dochází k nim maximálně jednou za rok. K opravdu velkým skalním řícením, s množstvím valících se hmot více jak deset metrů krychlových, dojde naštěstí jednou za generaci. K takovému řícení došlo například v závěru ledna roku 2002, kdy se ve Ferdinandově soutěsce



Obr. 3 Odklizení skalního bloku zříceného v roce 2009. Foto: Zuzana Vařilová

ve Hřensku zřítla do koryta říčky Kamenice, vlivem prudkých změn teplot a tání sněhu, celá skalní věž. V roce 2009 se, opět ve Hřensku, zřítlo přibližně 20 krychlových metrů pískovce na silnici I/62 (**Obr. 3**). Objemová hmotnost pískovce v Českosaském Švýcarsku nepřekračuje $2\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, takže se zde bavíme až o váze 40 tun. Z dalších historických skalních řícení ve Hřensku a okolí stojí za zmínku například to z roku 1978, kdy se do Labského kaňonu zřítlo více jak 2 000 kubických metrů pískovce a zahradilo silnici I/62, nebo řícení z roku 1936, kdy se na továrnu ve Hřensku zřítlo asi 400 metrů krychlových pískovce.

Skalní řícení jsou sice přirozenou součástí krajiny Českosaského Švýcarska a bez nich by vlastně tato krajina ani nevznikla, je však nutné se na podobné události připravit. Náhlé a nečekané skalní řícení může být značně nebezpečné a škody se mohou vyšplhat do astronomických výšek. Už v minulosti vznikaly skalní čety, zejména z důvodu zajištění bezpečného provozu na českých silnicích, v osmdesátých a devadesátých letech ovšem postupně zanikaly. Poslední skalní četa na území České republiky byla založena v roce 2002 jako součást národního parku České Švýcarsko. Skalní četa provozuje monitoring nestabilních skalních svahů a rovněž provádí drobné sanace nestabilních bloků a balvanů. Jsou zde provozovány tři základní typy monitoringu: ruční monitoring, automatický monitoring a občasné i bezpečnostní monitoring při sanacích.

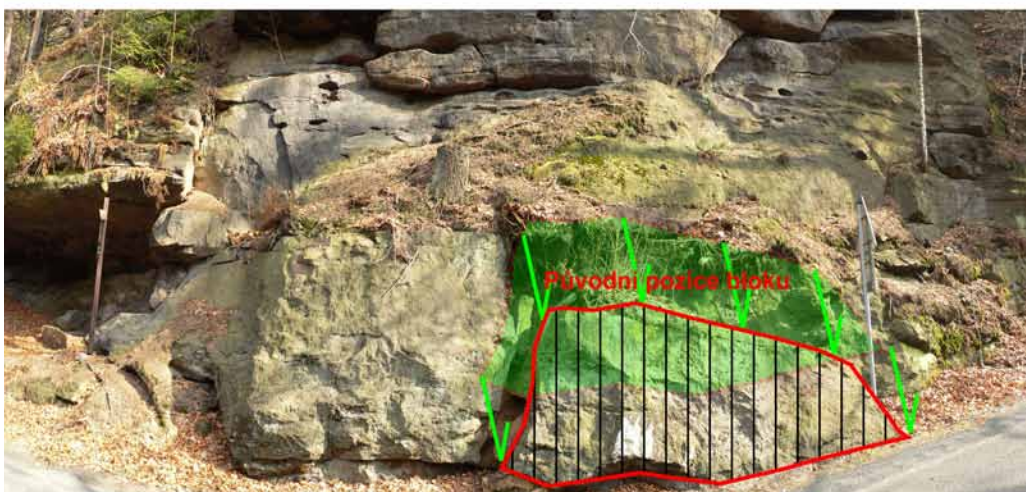
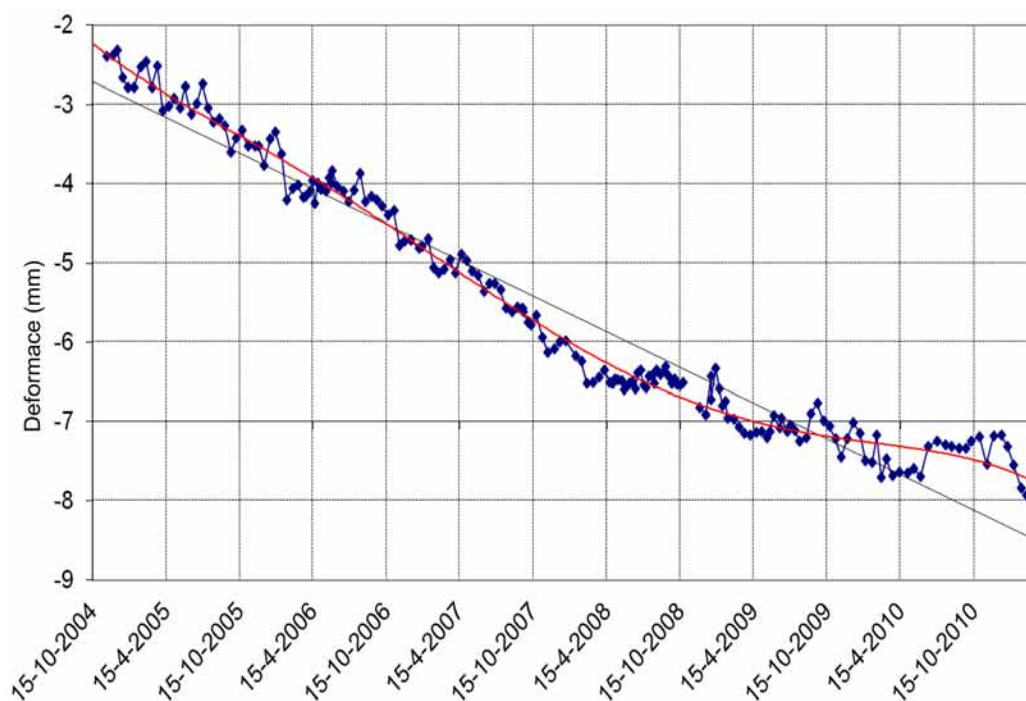
Ruční monitoring

Ruční monitoring je prováděn skalníky, speciálně vyškolenými zaměstnanci skalní čety.



Obr. 4 Skalník provádějící měření v terénu. Foto: Jakub Šafránek

Skalní četa tvoří čtyři skalníky rozdělení do dvou skupin, kterým velí jeden geolog. Jedna skupina má na starosti pouze nebezpečné kameny nad obcí Hřensko, druhá skupina pak sleduje vybrané nestabilní skalní svahy ve zbylých částech národního parku. Takto je sledováno 39 lokalit s 270 nebezpečnými objekty, na kterých je osazeno 500 měřičských bodů. Každý bod je nutno proměřit minimálně jednou za 14 dní a v případech, kdy hrozí na daném místě zvýšené nebezpečí, měří se objekt jednou týdně. K ručnímu měření jsou ve skalní četě používány dilatometry, běžně používané ve strojírenství.



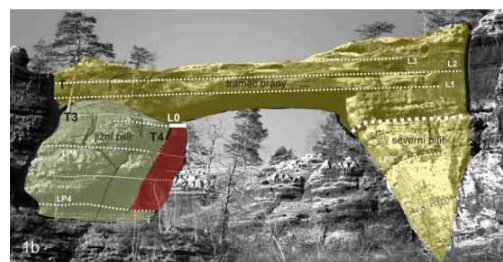
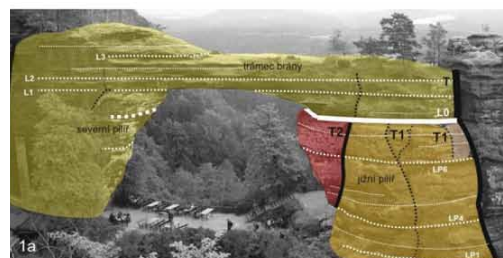
Obr. 5 Skalní řícení na silnici ze Hřenska do Janova. Foto: Jakub Šafránek



Obr. 6 Schéma automatického monitoringu ve Hřensku, lokalita Křížovatka.

Měří se vychylování nestabilního kamene od masivní skály a je sledován trend vychylování v průběhu jednoho a více let (Obr. 4). V letních měsících se nestabilní objekt zpravidla k masivu přiklání a v zimních měsících, vlivem zvětšování objemu mrznoucí vody, se od masivu odklání. Zimní i letní vychylka se pohybuje v řádu jednotek milimetrů, v ojedinělých případech i první desítky milimetrů. Rozdíl mezi stabilním a nestabilním blokem je zejména v tom, že stabilní blok se po zimním vychýlení vrátí zpět do původní polohy, kdežto nestabilní blok se do původní polohy nevrací nebo se k masivu přichýlí jen nepatrně. Účelem tohoto sledování je vyhodnocení míry nestability jednotlivých nestabilních objektů, včasné odhalení a eliminace rizika. Velice zajímavý výsledek je ze sledování nestabilní skalní šupiny nad silnicí z Hřenska do Janova u vstupu na Hřenskou vyhlídku. Blok byl zjevně nestabilní, ale vzhledem k tomu, že jeho pádová trajektorie neohrožovala silnici, byl ponechán samovolnému vývoji. Nakonec se blok zřítíl a skalní četa jej sledovala až do posledního okamžiku (Obr. 5). Jiná situace byla u nestabilního objektu na lokalitě zvané „Pohovka“ poblíž Rudolfova kamene. Skalní blok byl jednoznačně nestabilní a byl v takové pozici, že přímo ohrožoval červeně

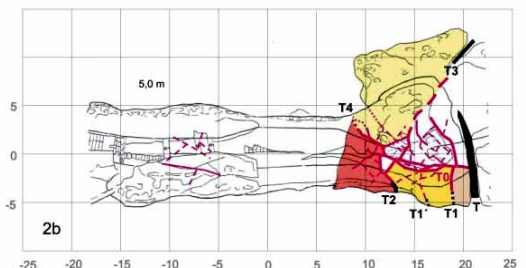
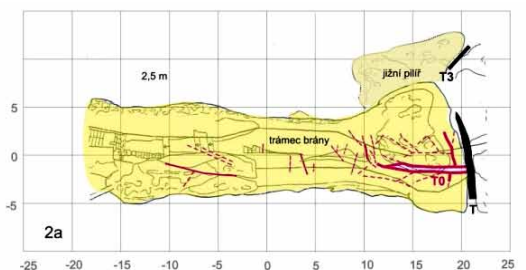
značenou turistickou stezku vedoucí z Pohovky ke skalnímu hrádku Šaunštejn. Blok byl vyhodnocen jako bezprostředně nestabilní a bylo přistoupeno k jeho likvidaci řízeným shozem. Souhrnný objem nebezpečného bloku byl přibližně 20 metrů krychlových, to znamená 40 tun, což je na hranici, kterou zvládne skalní



četa samostatně zpracovat. K likvidaci bylo využito dílenských rozvíráků, které nestabilní blok mírně vyklonily směrem od svahu, zbytek práce byl ponechán gravitaci.

Automatický a bezpečnostní monitoring

Druhým typem kontrolního sledování v národním parku je automatický monitoring s dálkovým přenosem dat. Takto jsou sledovány nestabilní skalní svahy zejména nad obcí Hřensko, dále na Pravčické bráně a jeden nestabilní objekt zvaný „Přílepek“ nad Gabrielinou stezkou. Ve Hřensku jsou sledovány čtyři lokality: skalní svah na soutoku řeky Labe s říčkou Kamenice, skalní svahy nad hotelem Lugano, dále pak oblast nad křižovatkou u vstupu do Ferdinandovy soutěsky a nad silnicí do Janova u Hřenské vyhlídky. Výhodou automatického monitoringu oproti ručnímu je vysoká četnost měření. S automatickým monitoringem je možno měřit skoro v reálném čase, to znamená třeba každou vteřinu. Popsaná varianta je však náročná na objem odesílaných dat. Mnohem lepší je měřit v intervalu jedné hodiny, kdy je docíleno podrobného obrazu pohybu a optimálního množství dat. Automatický systém měření se skládá ze tří základních částí: z čidla měřicího odchýlení, z centrály shromažďující data a zajišťující energii pro měřičský systém a z vyhodnocovacího



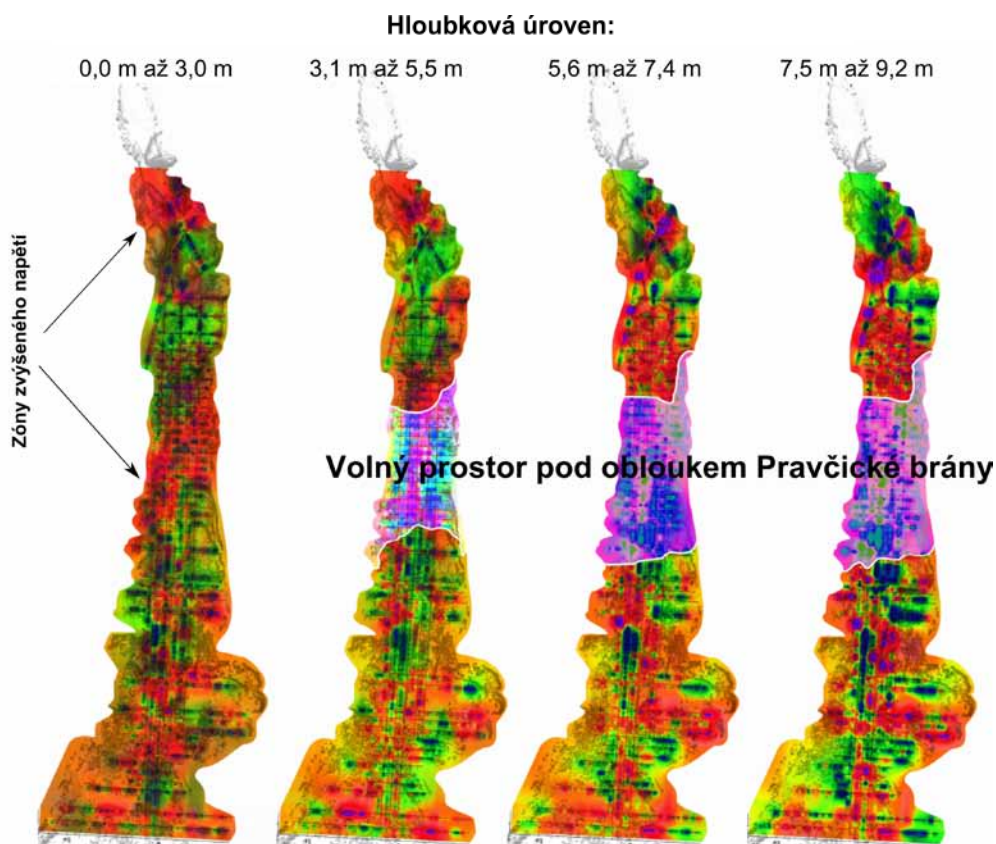
Obr. 7 Model blokové stavby Pravčické brány. 1a) pohled na bránu ze západu; 1b) pohled na bránu z východu; 2a) půdorysný řez trámcem brány v hloubce 2,5m; 2b) půdorysný řez trámcem brány na kontaktu tránce a vnějšího pilíře. Zdroj: Zuzana Vařilová

systému provozovaného ve webovém prostředí. Posledním typem monitoringu je bezpečnostní monitoring provozovaný v rámci sanací. Tento druh sledování je odlišný v tom, že není provozován trvale, ale pouze krátkodobě. V poslední době byl tento typ monitoringu využit při řešení havarijní situace ve Hřensku na lomové stěně nad silnicí I/62. (Obr. 6)

Pravčická brána

Nejsledovanějším objektem v národním parku je Pravčická brána. S trochou nadsázky se dá říct, že jde o nejsledovanější skalní bránu na světě. Na Pravčické bráně jsou provozovány ruční i automatický monitoring, navíc jsou zde pravidelně prováděny další doplňkové geofyzikální průzkumy. Pravčická brána je sestava skalních bloků a ruční i automatický monitoring je zaměřen na deformace mezi těmito bloky (Obr. 7). Je sledován zejména blok trojúhelníkového tvaru zaklesnutý pod trámec brány ve vnějším pilíři, který se jeví jako nejvíce nestabilní. Kontrolní sledování deformačního chování je měřeno ve 14 denním intervalu a jeho začátek se datuje do roku 1993. V listopadu roku 2014 byl proveden prozatím poslední průzkum brány pomocí geologického radaru s hloubkovým dosahem do 10 metrů, v rámci něhož bylo provedeno přesné zaměření povrchu brány pomocí laserového skeneru. Geologickým radarem je možno odhalit například skrytá rozhraní v masivu, jako jsou skryté praskliny nebo pukliny; laserové zaměření povrchu brány pak zpřesnilo interpretaci georadarových dat (Obr. 8). Ve spolupráci s Přírodovědeckou fakultou UK v Bratislavě je měřen roční průběh teplot pískovce v hloubce 10 cm, 40 cm a 90 cm. V roce 2008 byl proveden také geoelektrický a seismický průzkum, který bude v blízké budoucnosti zopakován. Geofyzikální průzkumy Pravčické brány jsou opakovány v intervalu pěti let a jejich smyslem je nalezení odlišností v jednotlivých letech. Opakované průzkumy slouží k doplnění informací o deformačním chování tělesa Pravčické brány, a tím přispívají k odhadům její budoucnosti.

Skalní četa provádí ve spolupráci se soukromými subjekty průzkumy stability skalních svahů zaměřené na identifikaci zdrojů potenciálního skalního řízení. V posledních letech byly provedeny průzkumy skalních svahů nad silnicí ze Hřenska do Janova, nad turistickými stezkami



Obr. 8 Interpretace georadarových dat v různých hloubkách pod povrchem Pravčické brány.

v Kyjovském údolí, Hařovém dole u Jetřichovic a skalních svahů nad Gabrielinou stezkou. V současnosti připravujeme průzkum skalních svahů v linii nově vybudovaných vysokozátěžových bariér ve Hřensku. Bariéry slouží k zachycování skalních bloků do 5 kubických metrů, které by se mohly zřítit na obec Hřensko nebo na mezinárodní silnici I/62. Skalní bloky pod úrovní bariér takto zabezpečeny nejsou – bude potřeba provést průzkum a na základě výsledků pak přistoupit k zabezpečení potenciálního nebezpečí.

Pády skal jsou přirozenou součástí krajiny Českosaského Švýcarska a snažit se je zastavit by byl boj s větrnými mlýny. Na druhé straně je třeba si uvědomit velké nebezpečí, které skalní řízení představují. Proto je potřeba krajinu, ve které žijeme, znát, zkoumat ji a snažit se ji pochopit. Monitoring potenciálně nestabilních skalních objektů nám k tomuto pochopení může pomoci. Díky zmíněnému sledování jsme schopni nebezpečným skalním pohybům efektivně předcházet.

Zdroje:

- Vařilová, Z. – Zvelebil, J. – Hubatka, F. – Beneš, V. – Frolka, J. (2014): The application of non-destructive methods of assess the stability of the national nature monument of the Pravčická Brána Rock Arch, Czech Republic AUC Geographica, 49, No. 1, pp. 49-59.
- Zvelebil, J. (2010): Inženýrskogeologické mapování skalních stěn ve Hřensku – Zpráva za rok 2010, Z Geokonult – 11 p., Ms. (depon. in Správa Národního parku České Švýcarsko).
- Kuda, F. (2014): Technická zpráva z pozemního laserového skenování útvaru Pravčická brána, Ústav geoniky AV ČR, v. v. i. – 14 p., Ms. (depon. in Správa Národního parku České Švýcarsko).
- Brček, M. – Vařilová, Z. – Greif, V. – Vlčko, J. (2010): Stanovenie teplotního poľa pískovcového masívu Pravčickej brány (ČR) na základe zhodnotenia denných a ročných teplotných cyklov, Mineralia Slovaca, 42 (2010), pp. 205 – 216.
- Hubatka, F. (2014): Geologická stavba – Dynamický model Pravčické brány – Georadar (technická zpráva), KOLEJ CONSULT & servis, 14 p., Ms. (depon. in Správa Národního parku České Švýcarsko).
- Beneš, V. (2014): Radarový monitoring trámce Pravčické brány – Technická zpráva o geofyzikálním průzkumu, G IMPULS Praha, 6 p., Ms. (depon. in Správa Národního parku České Švýcarsko)