

Název projektu

Hodnocení rizika skalního řízení na vybraných lokalitách v intravilánu města Brna

Úvod do problematiky

Skalní řízení je náhlý, velmi rychlý, krátkodobý pohyb horninových hmot na strmých svazích, přičemž se postižené horniny rozvolní a ztrácejí krátkodobě kontakt s podložím. Rychlost skalního řízení se pohybuje v intervalu 10^1 až 10^2 km/h. V podmínkách ČR se skalní řízení rozděluje podle objemu aktivovaných hmot do následujících kategorií:

- opadávání: méně než $0,1 \text{ m}^3$
- drobné skalní řízení: $0,1$ až 10 m^3
- řízení středního až velkého objemu: $10,1$ až 1000 m^3
- řízení zvláště velkého objemu: více než 1000 m^3

Trvání tohoto jevu je vteřiny až desítky vteřin; přípravná fáze (postupné oslabování skalního masivu) však trvá měsíce (malé objemy), stovky (střední objemy) i tisíce let (velké objemy). Podle mechanismu pohybu můžeme rozlišit následující typy skalního řízení. Odvalové řízení je vyklonění či prosté odpadnutí od mateřského masivu, po němž následuje volný pád. Při planárním řízení dochází ke smykovému pohybu po predisponované ploše, přičemž pohyb po této ploše je kratší než volný pád. Svahový proces, která má již více rysy sesouvání, je skalní sesuv, při kterém dochází k pohybu po predisponované smykové ploše, přičemž dráha uražená po podloží je delší než volný pád.

Vlastnímu procesu řízení předcházejí změny v napjatosti skalního masivu, či zhoršení pevnostních charakteristik. To souvisí se změnami morfologie svahu; zejména se jedná o nárůst výšky svahu, odlehčení úpatí hloubkovou a/nebo boční erozí řeky a tvorbu převisů zvětráváním. Spouštěcím mechanismem v závěrečné fázi přípravy řízení bývá např. nasycení horniny vodou (dynamické i statické účinky vody na puklinách), promrznutí, klínový efekt při růstu kořenů nebo pákový efekt při namáhání větrem.

Rizikovými regiony jsou u nás oblasti erozně-denudačního reliéfu kvádrových pískovců české křídové pánve, hluboká říční údolí ve všech typech hornin (střední Čechy - Vltava, západní Morava - Dyje, Svatka), horní části toků ve všech neotektonicky zdvižených okrajových pohořích. Za rozvoj skalního řízení může však být zodpovědný i člověk. Výskyt řízení je často vázaný na lomové stěny těžebních prostor, kdy dochází buď ke krátkodobé nestabilitě těžební stěny (havárie provozu lomů), či dlouhodobé nestabilitě stěn ve starých, opuštěných lomech. V takových případech se jedná o zanedbání předpisů Báňského úřadu, kdy stěny nebyly po ukončení těžby vhodně upraveny. Svoji roli může sehrát rovněž hospodaření v lesích. Uvolnění skalních úlomků může způsobit pád stromu na skalních výchozy, negativně se projevují i silové účinky kořenového systému stromů na skalních výchozech. Dále může dojít po holosečích k zesílení vodní eroze, odnosu půdního pokyvu a vystavení skalního podloží přímým účinkům mechanického zvětrávání (např. přímá infiltrace vody do puklin). Ke skalnímu řízení dochází rovněž ve stěnách vyšších zářezů komunikací.

Koordinací mapování a monitoringu skalního řízení se zabývá Česká geologická služba. Monitoring se provádí především na Děčínsku (NP České Švýcarsko), na Příhrázské plošině, v Ledči n.S., na Šumavě (lokalita Obiří hrad), v údolí Dyje (lokalita Ledové sluje). Dlouhodobější monitoring se realizuje zpravidla pomocí tyčových dilatometrů (případně s dálkovým přenosem dat) či extenzometrickým pásmem.

V poslední dekádě se projevilo na území města Brna, nebo v jeho blízkém okolí, aktivní skalní řízení, které významně ohrozilo obydlí i infrastrukturu. Skalní řízení se zpravidla objevuje v oblastech budovaných krystalinickými jednotkami Českého masivu. Nevhodně situovaná zástavba, která vznikala v průběhu desetiletí i staletí, měla za následek nevhodné zásahy do paty skalních výchozů. Většinou se tak dělo za účelem zvětšení plochy pro uskladnění různého materiálu za obytnými objekty a nezdědká i za účelem zvětšení

obytných prostor ve stísněných prostorových podmínkách. Prakticky každý takový zásah znamenal narušení stabilitních poměrů skalního masivu a zvětšení ohrožení obyvatel. Většina těchto skalních masivů je porušena četnými puklinami, břidličnatostí a silným navětráním (Brázdil, Kirchner et al., 2007).

Cíle

1. Identifikace lokalit náchylných ke skalnímu řízení v intravilánu města Brna.
2. Geomorfologická a strukturně geologická analýza tří lokalit s potenciálním skalním řízením.
3. Zhodnocení rizika skalního řízení a návrh sanačních opatření na nestabilních skalních svazích.

Návod pro vypracování

1. Seznamte se s litologickými poměry brněnské aglomerace pomocí Geologické mapy ČR 1 : 50 000 (listy 24-32, 24-34, 24-41, 24-43), případně použijte Geologickou mapu Brna a okolí 1 : 50 000. Vyhledejte plochy, kde na povrch vystupují pevné skalní horniny.
2. Nakreslete skicu, která bude v rámci administrativních hranic Brna znázorňovat rozsah skalních hornin. V rámci této oblasti vyznačte hranice základních litotypů skalních hornin.
3. Pomocí Základní mapy ČR 1 : 10 000 a barevných Ortofotosnímků 1 : 5000 identifikujte potenciálně nestabilní, příkré svahy založené ve skalních horninách. Mapy a ortofotosnímky jsou dostupné na mapovém serveru ČÚZK; postup připojení k serveru je popsán v Příloze 1.
4. Při identifikaci rizikových ploch se především zaměřte na vyhledání lomových stěn, vyšších zářezů komunikací, případně na skalní výchozy situované na příkrých erozních (údolních) či strukturních svazích.
5. Vytipované potenciálně rizikové svahy (lomové stěny, přirozené skalní výchozy či stěny) ověřte terénním průzkumem a vyberte tři vhodné lokality pro podrobnější strukturně geologickou a geomorfologickou analýzu.
6. Vyhotovte pro každou lokalitu jednoduchou topografickou skicu a zaznamenejte si následující údaje: geografické souřadnice, lokalizace (ulice, městská čtvrť), hornina budující svah, velikost rizikové skalní plochy (délku změřte laserovým dálkoměrem, výšku lesnickým sklonoměrem), sklon svahu (příkrý, svislý, převislý; sklon ve °), blízkost zástavby či komunikací (ano/ne), typ zástavby (např. obytná [blíže specifikujte], výrobní prostory, sklady, ...) či komunikace (např. tranzitní městský okruh, silná frekvence dopravy).
7. Zjistěte, jestli se pod skalní stěnou nacházejí akumulované (zřícené) skalní úlomky. Pokud ano, tak si poznamenejte jejich množství (např. počet, plocha pokrytá zříceným materiálem, objem úpatní hlady).
8. Změřte velikost osy b u 30 zřícených úlomků. Sestavte histogram znázorňující velikostní rozdělení úlomků.
9. Na každé lokalitě proveďte měření hustoty ploch nespojitosti (vrstevní spáry, pukliny, případně foliační plochy). V horizontálním směru přiložte ke skalní stěně pásmo a zaznamenejte rozestupy ploch nespojitosti. Dále na několika místech přiložte ve vertikálním směru ke skalní stěně pásmo (od paty výchozu do výšky 2 m) a poznamenejte si opět rozestupy ploch nespojitosti. Počet měření ve vertikálním směru pokud možno volte tak, aby jste dosáhly stejného počtu měření (n) jako v horizontálním směru.
10. Pomocí geologického kompasu proveďte 30 měření směru a sklonu ploch nespojitosti (vrstev, puklin, foliace).
11. Pomocí geologického kompasu proveďte 10 měření sklonu skalní stěny (sklon svahu). Dále kompasem změřte orientaci svahu vůči světovým stranám. Měření uspořádejte do tabulky.
12. Vyhodnocení strukturních měření:

- Sestavte krabicové grafy vzdálenosti ploch nespojitosti, zvláště pro měření v horizontálním a vertikálním směru. Porovnejte, zda se liší hustota „puklin“ v horizontálním a vertikálním směru. Srovnajte hustotu „puklin“ mezi třemi hodnocenými lokalitami.
 - Sestavte průsečnicový diagram znázorňující směry a sklony ploch „puklinatosti“.
 - Srovnajte orientaci ploch nespojitosti s orientací svahové plochy. Písemně shrňte, jak může prostorová orientace ploch nespojitosti přispívat na dané lokalitě k rozvoji svahových pohybů.
13. Na každé lokalitě proveďte sérii tvrdoměrných měření s použitím Schmidtova kladiva. Proveďte 50 měření v horizontálním (vrstevnicovém) směru, dále na třech místech vždy 10 měření ve vertikálním (spádnicovém) směru. Místu měření na skalním povrchu vždy nejprve očistěte brouskem. Změřené hodnoty R se uchovávají v paměti přístroje.
 14. Vyhodnocení tvrdoměrných měření:
 - Naměřené hodnoty odrazu R uspořádejte sestupně a odstraňte 50% nejnižších hodnot. Z horní poloviny hodnot vypočtete průměr.
 - Porovnejte průměrné hodnoty ze tří lokalit. Čím je zjištěná hodnota R nižší, tím větší je stupeň zvětrání skalního povrchu.
 - Srovnajte zjištěné R hodnoty s výsledky publikovanými v literatuře (viz např. Goudie, 2006).
 15. Na základě výsledků strukturních měření a tvrdoměrných měření Schmidtovým kladivem porovnejte míru rizika skalního řícení na třech zkoumaných lokalitách.
 16. Diskutujte, jaká opatření by bylo možné aplikovat pro stabilizaci skalních stěn a ochranu osob a staveb nacházejících se v blízkosti skalní stěny.

Použité pomůcky

geologické mapy 1 : 50 000, topografické mapy 1 : 10 000, barevné ortofotosnímky 1 : 5000, ruční GPS přijímač, laserový dálkoměr, lesnický sklonoměr, měřické pásmo, geologický kompas, Schmidtovo tvrdoměrné kladivo

Požadované výstupy

1. Skica s vyznačením rozlohy skalních hornin a hranicemi skalních litotypů na území města Brna.
2. Topografická skica skalní stěny a jejího blízkého okolí, ve skice budou zejména vyznačeny objekty potenciálně ohrožené skalním řícením.
3. Histogram velikosti úlomků pod skalní stěnou (zřícené klasty; pokud se na lokalitě vyskytují).
4. Krabicové grafy s hustotou puklin (horizontální, vertikální směr) pro jednotlivé lokality.
5. Průsečnicové diagramy znázorňující směry a sklony ploch nespojitosti ve skalním podloží.
6. Tabulka se zaznamenanými R hodnotami tvrdoměrných měření, průměrná hodnota pro každou lokalitu.
7. Textová zpráva obsahující zhodnocení vlivu geologické struktury na riziko skalního řícení, zhodnocení míry ohrožení majetku a osob na jednotlivých lokalitách a návrh vhodných ochranných opatření.

Doporučená literatura / informační materiály

- Monografie
 - Brázdil, R. - Kirchner, K. et al. (2007): Vybrané přírodní extrémny a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. Masarykova univerzita - ČHMÚ - Ústav geoniky AV ČR, Brno - Praha - Ostrava, kap. 4.2 Geomorfologické extrémny (4.2.2.3 Skalní řícení, s. 253-255), kap. 5.2 Dopady geomorfologických extrémů (5.2.2 Skalní řícení, s. 298-303).
- Časopisecké články

- Goudie, A.S. (2006): The Schmidt Hammer in geomorphological research. Progress in Physical Geography, roč. 30, s. 703-718.
- Webové stránky
 - Výukový materiál ČVUT Praha pojednávající o grafickém znázornění strukturních měření (směry a sklony ploch nespojitosti).
<http://departments.fsv.cvut.cz/k135/wwwold/webkurzy/ig/ig-web/diskont.html>
 - Stránky České geologické služby věnované geohazardům. Jedná se o katalog zahrnující 45 geohazardů, včetně skalního řízení. Geohazrdy jsou katalogizovány podle původu a podmínek vzniku, geografického rozšíření, časového charakteru, společenského vlivu a typu nebezpečí apod.
<http://www.geology.cz/aplikace/geohazardy/>