

Terénní cvičení v Itálii v rámci programu 4eu+ na téma: *“Slope stability hazard in Alpine areas”*

Nikola Derková, Jaroslav Dufek, Jiří Kocum, Ondřej Racek



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI MILANO



UNIVERSITÄT
HEIDELBERG
ZUKUNFT
SEIT 1386



UNIVERZITA
KARLOVA

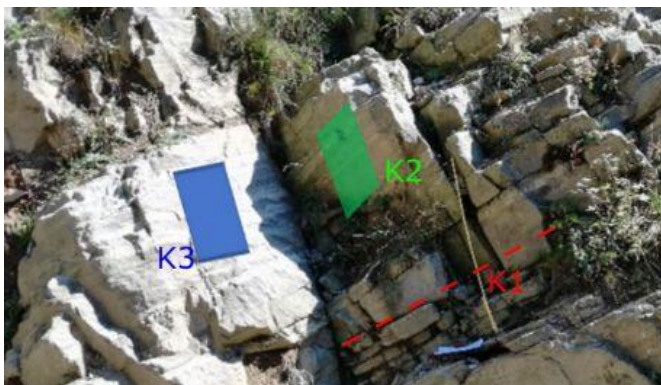
Ve dnech 11. až 17. července 2021 se v rámci programu 4eu+ zúčastnili studenti Přírodovědecké fakulty UK terénního cvičení pořádaného Univerzitou v Miláně – Università degli Studi di Milano Statale. Terénní cvičení, nesoucí název *“Slope stability hazard in Alpine areas”*, bylo určeno pro studenty magisterského a doktorského studia. Naše fakulta zde byla zastoupena studenty z katedry fyzické geografie a geoekologie. Konkrétně dvěma magisterskými studenty – Nikolou Derkovou a Jaroslavem Dufkem, a dvěma doktorskými studenty – Ondřejem Rackem a Jiřím Kocumem. Kromě českých studentů doplnili zahraniční účast 2 němečtí studenti z Univerzity v Heidelbergu.

Cvičení probíhaly v údolích Valle Spluga (též označované jako Val San Giacomo), Val Bregaglia a Valchiavenna v Italských Alpách severně od Milána v provincii Sondrio – Lombardie (Obrázek 1.). Základnou pro veškeré výjezdy byla ve městě Chiavenna univerzitní stanice Valchiavenna sloužící ke studiu alpského prostředí – *Stazione Valchiavenna per lo Studio dell’Ambiente Alpino, Dipartimento di Scienza della Terra*. Město samotné leží v nadmořské výšce 350 m n. m., okolní

vrcholy se však tyčí do výše až tří kilometrů a vytvářejí tak dech beroucí podívanou. Celé údolí je dlouhodobě monitorováno a bylo zde provedeno mnoho výzkumných prací (Apuani et al., 2007, 2012; Beretta et al., 2005; Carlà et al., 2019; Dei Cas et al., 2014, 2018; Ferrari et al., 2014; Maele et al., 2012; Menegoni et al., 2020; Morcioni et al., 2012, 2020; Tantardini et al., 2013, 2016).

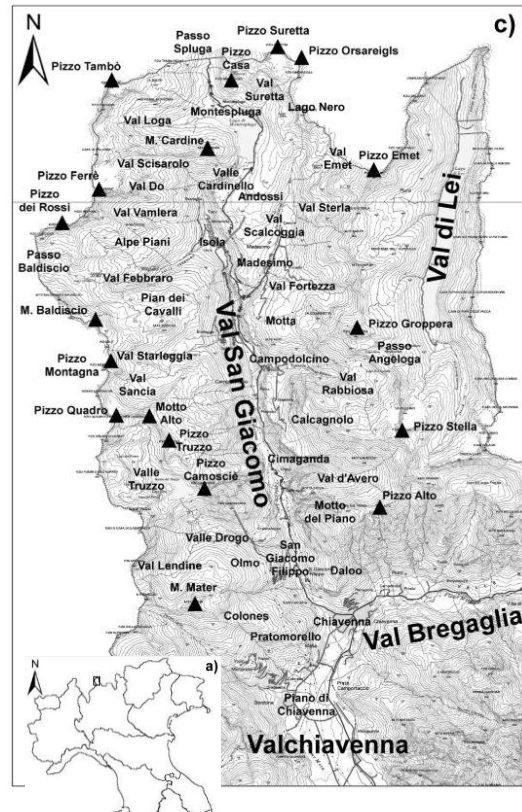
Na rozdíl od českých a německých studentů, jejichž zaměření spadalo do oborů fyzické geografie a byli namícháni z řad magisterského a doktorského stupně studia, byli všichni italsí studenti z magisterského stupně studia zaměřeného na inženýrskou geologii. Čtyři skupiny složené z českých a italských studentů byly v terénu vedeny doktorandy z Milánské univerzity. Celý kurz byl orientován inženýrsko-geologicky, případně na mechaniku hornin, což některé ze zahraničních studentů značně zaskočilo. Kurz byl zahájen dvoudenní společnou částí, kde byly studentům představeny všechny principy a postupy analýz, které měly být následně studenty použity během týmových prací v terénu na čtyřech rozdílných lokalitách.

První aktivitou, s kterou se studenti seznámili, byl několikahodinový geologický popis geologických výchozů. Výsledkem byla charakterizace skalního svahu pomocí indexu RMR (Rock Mass Rating). Popisovány byly hlavní diskontinuity, jejich směr, sklon a četnost (Obrázek 2.). Dále byly zkoumány mechanické a geochemické vlastnosti příslušných hornin, jako je složení, tvrdost, stupeň zvětrání aj. Veškeré poznatky byly zapisovány do předem připravených archů. K usnadnění vyplňování archů sloužilo značné množství materiálů a tabulek, dle kterých se jednotlivé parametry posuzovaly. Pro zahraniční studenty byla tato aktivita s výjimkou O. Racka, který se skalním svahem dlouhodobě zabývá, nová a jednalo se o obohacení, které si z terénního cvičení odvezli. Přesto se čeští studenti při práci s geologickým kompasem a Schmidovým kladivem neztratili. Drobné komplikace působily snad jen připravené materiály, které byly pouze v italštině.



Obrázek 2.: Zobrazení hlavních diskontinuit. (Morcioni et al., 2020)

zastoupena měřením vlastností vody ve vodním toku



Obrázek 1.: Lokalizace údolí Val San Giacomo. (Tantardini et al., 2013)

Takto vytvořený index RMR slouží jako klíčová informace o vlastnostech skalního masivu pro výstavbu v prostředí kompaktní horniny. Z výsledků lze určit, jak je masiv stabilní a jaké technické postupy je nutné, nebo vůbec možné použít, aby výsledné inženýrské dílo bylo dlouhodobě stabilní a nebyla ohrožena bezpečnost během stavebních prací.

Další z aktivit již byly českým a německým studentům dobře známy (Obrázek 3.). Hydrologie zde byla multiparametrickou sondou. Měřena byla

teplota, pH, vodivost, množství rozpuštěného kyslíku a pevných částic. Dále byla měřena rychlost proudění pomocí hydrometrické vrtule a byl proveden rozbor sedimentů v říčním korytu. Nejdříve in situ, za účelem určení podílu největších frakcí, poté byly odebrány vzorky, které byly v laboratoři vysušeny a následně prosety pro finální stanovení zastoupení jednotlivých frakcí. Hydopedologie byla zastoupena i měřením infiltrace vody do půdy pomocí dvoukruhových infiltrometrů. Byly odebrány také půdní vzorky pro stanovení objemové hmotnosti. Poslední, leč zdaleka časově nejnáročnější byla část kartograficko-geomorfologická, kdy se do map zakreslovaly sesuvy a odlišné tvary reliéfu tvořené sedimenty rozdílného původu (glaciální, gravitační, fluvialní). Mapy byly formátu A1 a týmy čekal úkol zmapovat celé své přidělené území.



Obrázek 3.: Zleva – měření multiparametrickou sondou, rozbor sedimentů v říčním korytě, měření infiltrací, odebírání půdních vzorků a mapování okolních svahů. (Zdroj: foto vlastní)

Během společné části kurzu byly lektory představeny lokality, kde je v současnosti prováděn výzkum či monitoring. Během společného programu se specifika Italské povahy projevovала konáním “coffee break“, jež u některých týmů byla součástí i následující dny. Na výzkumných lokalitách byly vždy studentům představeny výzkumy již ukončené, nebo stále probíhající a studenti tak byli seznámeni s procesy, ohroženími a riziky, která sebou jednotlivé lokality nesou.

Většina studií zkoumá stále probíhající svahové pohyby, a to za využití kontinuálního monitoringu, nebo modelových přístupů (Apuani et al., 2007; Morcioni et al., 2012; aj.). Část programu byla též věnována detailnímu popisu svahových procesů, které probíhaly v minulosti. Jednalo se například o popis paleo-skálního sesuvu. Jiné mapují dávnou činnost ledovců (Tantardini et al., 2013).

Dynamika některých procesů (glaciální, hluboko uložené svahové gravitační deformace), je velmi nízká až žádná. V případě dynamiky svahových procesů je však rychlost velmi vysoká či vysoká. Příkladem takového procesu a jeho vztahu s antropogenními strukturami budiž záchrana kláštera ve vesnici Gallivaggio (Obrázek 4.). Díky nepřetržitému monitoringu, který zde probíhá (Carlà et al., 2019; Dei Cas et al., 2018), bylo z měřených nevratných posunů horninových bloků zřejmé, že nad vesnicí dojde ke skalnímu řízení (Obrázek 5.). Mezi skalní stěnou a klášterem byla vybudována několik metrů vysoká ochranná zeď (Obrázek 4. a 6.) sloužící jako bariéra proti skalnímu řízení. Dne 30.5. 2018 došlo k události skalního řízení a díky včasnému vybudování ochranné zdi se podařilo klášter ochránit. Skalní řízení je zaznamenáno a je možné si jej prohlédnout ^[1].



Obrázek 4.: Věž chrámu ve vesnici Gallivaggio. V levém dolním rohu je vidět ochranná zeď s kamennými základy. (Zdroj: foto vlastní)

Druhou prezentovanou studií, byla případová studie týkající se turisticky známého a krásného jezera Lago Azzurro di Motta. V letech 2005 a 2006 z důvodu suššího období jezero takřka vyschlo a povedlo se ho částečně zachránit díky umělému napouštění. V říjnu 2018 však vyschlo úplně (Obrázek 7.) a předpokládalo se, že zaniklo. Organizace Italský fond životního prostředí (Fondo Ambiente Italiano – FAI) tak místo zařadila na seznam „srdečních míst“ jenž musí být zachráněna a v návaznosti na to započaly studie zjišťující příčiny vyschnutí a budoucnost jezera. Do jezera neústí žádný zdroj a je přirozeně napájeno přímo podzemní vodou. Na jaře, díky zvýšeným přítokům podzemní vody a zvýšení její



hladiny, se naplní a poté až do zimy hladina klesá. V roce 2018 v důsledku velkého sucha hladina podzemní vody

Obrázek 7.: Porovnání výšky hladiny jezera ze stejných období v letech 2017 a 2018. (Zdroj: <https://www.greenme.it/informarsi/ambiente/lago-azzurro-sondrio-a-secco/>)

klesla pod dno jezera a došlo k vyschnutí jezera. Vzhledem k velkému poklesu podzemní vody nepomáhalo ani umělé napájení. Jezero však nezmizelo navždy a s nadcházejícími srážkami se opět začalo plnit. Turisté tak mohou azurově modré jezero schované uprostřed lesa obdivovat dodnes. Takové štěstí jsme však neměli my, jelikož kvůli nepříznivému počasí jsme museli lokalitu v nadmořské výšce 1835 m n. m. opustit a místo procházky kolem jezera a zkoumání vztahu hydrogeologického oběhu vody a rozsáhlé hluboké svahové deformace nad jezerem, následovala další coffe break, u které nám byl celý proces vysvětlen.

Po dvoudenní společné části, během které se studenti seznámili jak v rámci jednotlivých týmů mezi sebou, tak hlavně s veškerými úkoly a nástroji a metodami, byla každému týmu přidělena lokalita, kde výzkum jednotlivých skupin probíhal. Každé skupině byl přidělen jeden doktorand z italské strany, který byl týmu nápomocen. Po zbytek dní již probíhaly práce odděleně a týmy se setkávaly pouze u snídaně a večeře, kde často až do noci zpracovávaly a vyhodnocovaly data z uplynulého dne. Data naměřená hydrometrickou vrtulkou a rozbor říčních sedimentů sloužila k charakteristice vodního toku z pohledu stavařů a inženýrů, kdy je možné určit jak erozní schopnosti toku, tak vlastnosti fluvialních sedimentů jakožto základové půdy. Z rychlosti vodního toku lze vyvodit abrazní sílu vody v daném místě a z říčních sedimentů pak vypočítat, jaké největší kusy horniny je vodní tok v dané lokalitě schopen přemístit. To je důležité zvážit z důvodu případné interakce jak vodní masy, tak nesených sedimentů s inženýrskými díly. Infiltrace a rozbor vzorků základových půd byly provedeny na morénách, agradačních valech a částech sesuvů za účelem zjištění složení těchto sedimentů, jejich stability, vodopropustnosti, únosnosti a vhodnosti pro případné nové využití.

Stejně jako byl celý pobyt zahájen, tedy fotbalem, kdy jsme přijeli pozdě večer a celá Itálie sledovala finále ME ve fotbale, skončil i celý kurz fotbalovým utkáním. Z řad českých studentů se jej zúčastnil pouze Jaroslav Dufek, za to byl, i díky bouřlivé podpoře z lavičky, za kterou se až styděl, nejlepším střelcem celého utkání. Cestu zpět jsme pojali jak jinak než geograficky a vydali se skrze Passo



Obrázek 8.: Serpentine stoupající k Passo Stelvio. (Zdroj: https://www.cycle2day.nl/CK/image/2020/06/Passo_dello_Stelvio_east_08_opening_3.jpg)

Stelvio – zřejmě nejkrásnější silnici v Alpách (Obrázek 8.). Vrchol jsme zdolali přesně v okamžik, kdy přicházela tma, a tak jsme si jen rychle stihli prohlédnout odkryté příkrovy, ledovcové morény i ledovec samotný. Pak jsme se ponořili do tmy, která se začala trhat až těsně před Prahou. Účast na letní škole pro zúčastněným přinesla nové poznatky, zejména o dynamice, monitoringu a metodách používaných ve výzkumu geohazardů v Alpském prostředí. Ondřej Racek dále navázal cenné kontakty, které budou prospěšné v jeho další činnosti související s disertační prací. Tyto navázané kontakty v budoucnosti povedou k bližší spolupráci a případné stáži na Università degli Studi di Milano Statale.

Literatura

- Apuani, T., Arosio, D., De Finis, E., Stucchi, E., Zanzi, L., & Ribolini, A. (2012). Preliminary seismic survey on the unstable slope of Madesimo (Northern Italy). *Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems, SAGEEP*, 452–459. <https://doi.org/10.4133/1.4721845>
- Apuani, T., Masetti, M., & Rossi, M. (2007). Stress-strain-time numerical modelling of a deep-seated gravitational slope deformation: Preliminary results. *Quaternary International*, 171–172(SPEC. ISS.), 80–89. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.01.014>
- Beretta, G. P., Masetti, M., Apuani, T., & L, D. P. (2005). *Groundwater resources in alpine valley (Valtellina e Valchiavenna) : hydrogeological characterisation and management*. 21–22.
- Carlà, T., Nolesini, T., Solari, L., Rivolta, C., Dei Cas, L., & Casagli, N. (2019). Rockfall forecasting and risk management along a major transportation corridor in the Alps through ground-based radar interferometry. *Landslides*, 16(8), 1425–1435. <https://doi.org/10.1007/s10346-019-01190-y>
- Dei Cas, L., Aili, M., Bonetti, D., Ferrarini, F., & Giudes, F. (2014). Val Genasca landslide (north Italy): An example of the methodolog used for the identification of the landslide main features and its monitoring. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 1(2014), 51–68. <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2014-01.O-04>
- Dei Cas, L., Pastore, M. L., & Rivolta, C. (2018). Gallivaggio Landslide: the Geological Monitoring, of a Rock Cuff, for Early Warning System. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 18(2), 41–55. <https://doi.org/10.4408/IJEGE.2018-02.O-03>
- Ferrari, F., Apuani, T., & Giani, G. P. (2014). Rock Mass Rating spatial estimation by geostatistical analysis. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 70, 162–176. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmms.2014.04.016>
- Maele, L. Van, Renneson, J., & Mailliet, I. (2012). The Cimaganda Rockslide (Italian Alps): geomechanical characterization and hydro-mechanical numerical modelling. *Journal of Infectious Disease*, 52, 1–34.
- Menegoni, N., Giordan, D., & Perotti, C. (2020). Reliability and uncertainties of the analysis of an unstable rock slope performed on RPAS digital outcrop models: The case of the gallivaggio landslide (Western Alps, Italy). *Remote Sensing*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/rs12101635>
- Morcioni, A., Bajni, G., & Apuani, T. (2012). *The Cimaganda landslide (SO) : hydro-mechanical numerical modelling. September*, 3–6.
- Morcioni, A., Bajni, G., & Apuani, T. (2020). The Cimaganda Rockslide (Italian Alps): Geomechanical characterization and hydro-mechanical numerical modelling. *Rendiconti Online Societa Geologica Italiana*, 52, 40–46. <https://doi.org/10.3301/ROL.2020.15>

Tantardini, D., Apuani, T., Bini, A., Ardito, T., & Milano, U. (2016). *QUATERNARY DEPOSITS OF THE CHIAVENNA VALLEY : DETAILED DESCRIPTION AND OUTCROP MAP. 1*, 179–188.

Tantardini, D., Riganti, N., Taglieri, P., De Finis, E., & Bini, A. (2013). Glacier dynamics in San Giacomo valley (central Alps, Sondrio, Italy). *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 26(1), 77–94.

Fotografické přílohy



Příloha 1.: Pohled z dronu na část z jedné z přidělených lokalit.



Příloha 2.: Jedna ze skupin u popisovaného skalního výchozu.



Příloha 3.: Pohled na údolí Val San Giacomo.



Příloha 4.: Porada s profesory během mapování přidělené lokality.



Příloha 5. Příklad mapovaných sesuvů.



Příloha 6.: Závěrečná fotografie. Z důvodu probíhajících terénních prací nejsou na fotografii všichni italská účastníci terénního cvičení.

Odkaz na video skalního řízení [zde](#). (Zdroj: youtube.com)