



KATEDRA  
FYZICKÉ  
GEOGRAFIE  
A GEOEKOLOGIE



UNIVERSITY OF OSTRAVA  
FACULTY OF SCIENCE

# Katedra fyzické geografie a geoekologie PřF Ostravské univerzity



# Katedra fyzické geografie a geoekologie PŘF OU



**Prof. RNDr. Tomáš Pánek, Ph.D.**



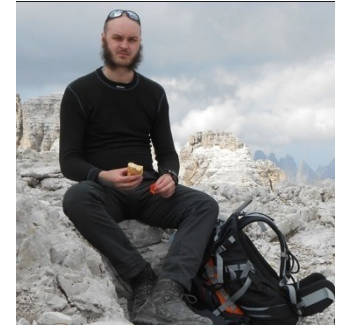
**Doc. RNDr. Karel Šilhán, Ph.D.**



**Doc. RNDr. Jan Hradecký, Ph.D.**



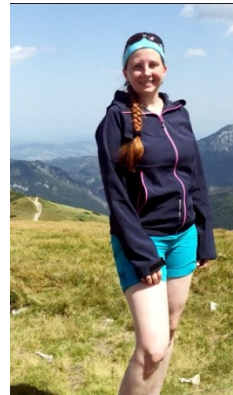
**RNDr. Tomáš Galia, Ph.D.**



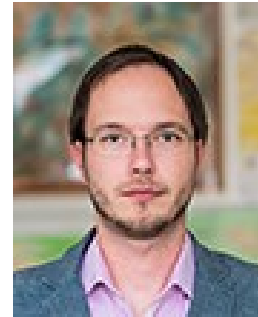
**RNDr. Matěj Horáček.**



**Ing. Radek Dušek, Ph.D.**



**RNDr. Veronika Kapustová, Ph.D.**



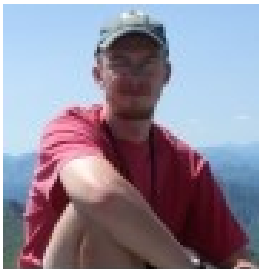
**RNDr. Jan Miklín, Ph.D.**



**RNDr. Jan Lenart, Ph.D.**



**Mgr. Michal Břežný**



**Mgr. Radek Tichavský, Ph.D.**



**RNDr. Renata Popelková, Ph.D.**



**RNDr. Monika Mulková, Ph.D.**



**Mgr. Tereza Aubrechtová**



**Mgr. Stanislav Ruman**



# Vědecké zaměření katedry: **Sesuvy, svahové procesy**

Sesuvy v kontextu kvartérního vývoje krajiny

Hluboké (plouživé) svahové deformace

Nekrasové jeskyně (vývoj, morfologie)

Svahové procesy x údolní dna

Megasesuvy



## **Projekty:**

*GAČR (2010-2013) „Vliv historických klimatických a hydrometeorologických extrémů na svahové a fluviální procesy v oblasti Západních Beskyd a jejich předpolí.“*

*GAČR (2012-2015) „Pozdně kvartérní vývoj komplexních gravitačních svahových deformací jižních svahů Krymských hor (Ukrajina)“*

*GAČR (2013-2016) „Časoprostorová variabilita hlubokých svahových deformací v Tatrách (Západní Karpaty)“*

*GAČR (2017-2019) „Sackung v nezaledněných pohořích: prostorové a chronologické chování hlubokých svahových deformací ve Vnějších Západních Karpatech“*

# Vědecké zaměření katedry: Fluviální geomorfologie, hydrologie

Štěrkonosné toky a jejich současná transformace

Vysokogradientové toky Střední Evropy a

Středomoří

Antropogenní ovlivnění říčních koryt

Hydromorfologie

Přesná batymetrie koryt vodních toků



## Projekty:

*GAČR (2010-2013) „Vliv historických klimatických a hydrometeorologických extrémů na svahové a fluviální procesy v oblasti Západních Beskyd a jejich předpolí.“*

*TAČR (2014-2017) „Nové metody měření morfologie dna povrchových vodních útvarů a jejich využití pro územní a krizové plánování „*



# Vědecké zaměření: Dendrogeomorfologie

Letokruhové záznamy geomorfologických procesů

Optimalizace dendrogeomorfologických metod pro výzkum sesuvů

Dendrogeomorfologická analýza povodní

## Projekty:

GAČR (2015-2017) „Optimalizace dendrogeomorfologických metod pro výzkum sesuvů.“



# Vědecké zaměření: Vývoj krajiny, land-use, land cover

Vývoj krajiny Ostravska

Analýza vývoje krajin vybraných chráněných území

Adaptace krajiny a společnosti na změny klimatu

Ekosystémové služby

## Projekty:

TAČR (2017-2019) „ Identifikace zranitelnosti a možnosti podpory přirozených funkcí krajiny v podmínkách změněného klimatu ve velkoplošných zvláště chráněných územích“







KATEDRA  
FYZICKÉ  
GEOGRAFIE  
A GEOEKOLOGIE



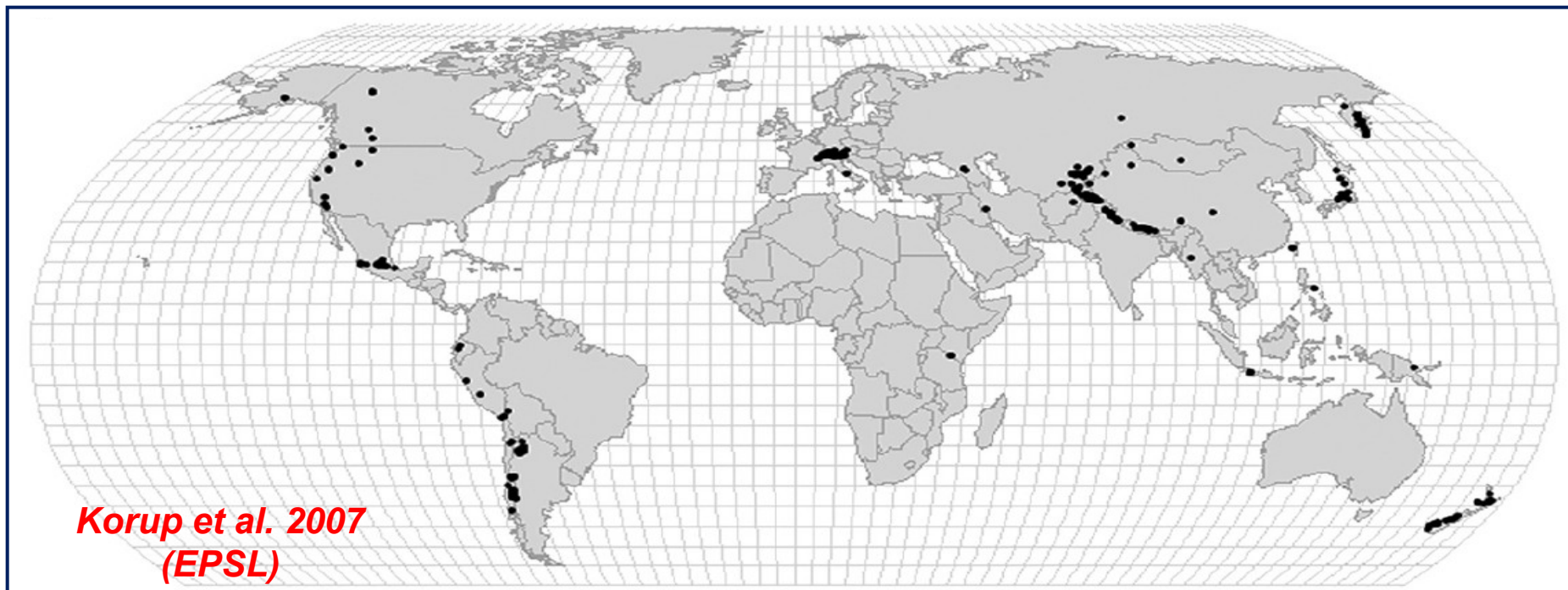
UNIVERSITAS  
OSTRAVIENSIS  
Facultas Rerum Naturalium

# Megasesuvy a změny hladin velkých jezer a epikontinentálních moří na přelomu pleistocénu a holocénu

**Prof. RNDr. Tomáš Pánek, PhD.**

**Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta,  
Ostravská univerzita**

# Megasesuvy – vznik, rozšíření a chronologie



Všeobecně uznávaný názor: **největší terestrické sesuvy** ( $V \geq 10^8 \text{ m}^3$ ) koncentrovány v **nejvyšších pohořích světa**

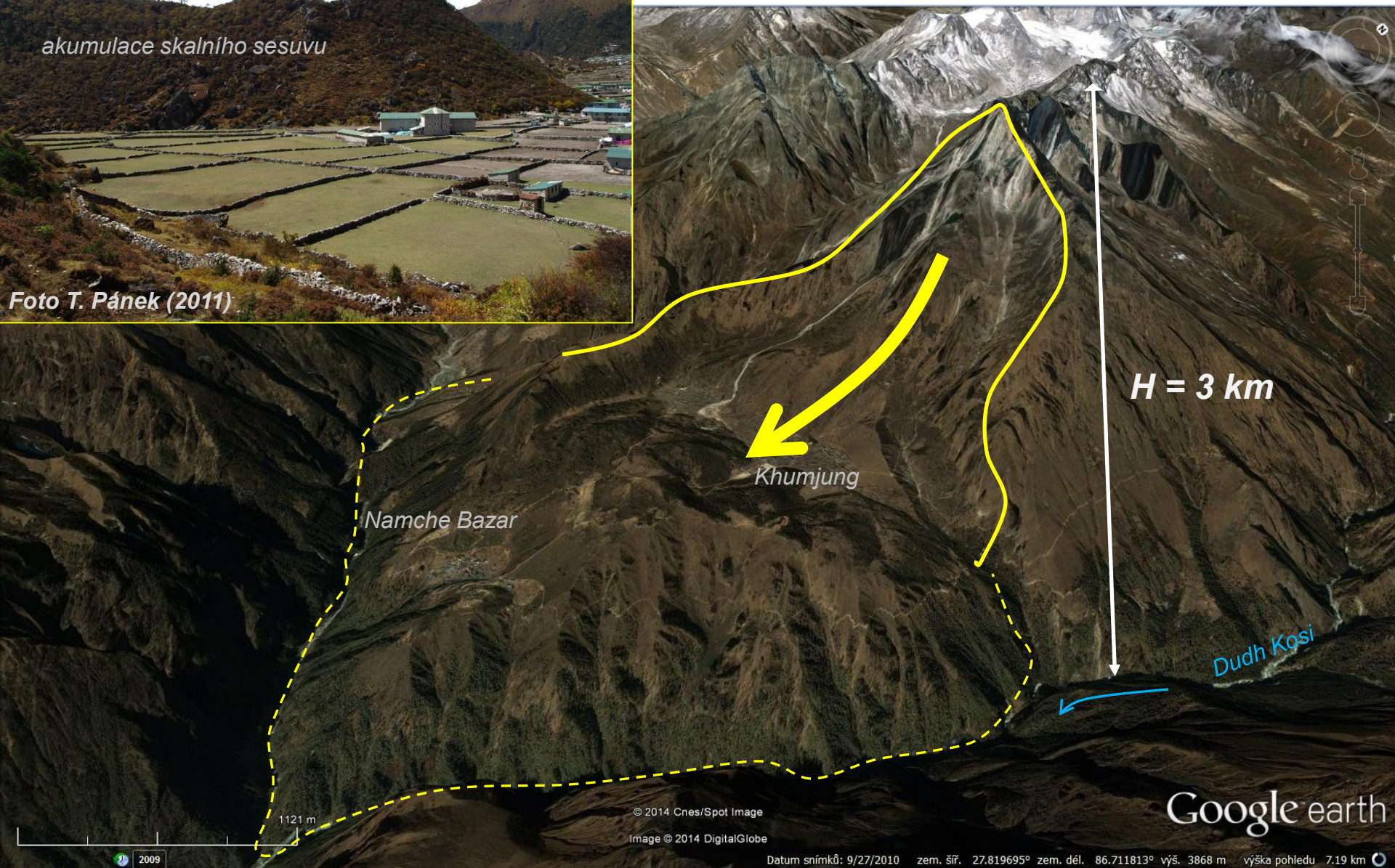
Více než 2/3  
„megasesuvů“ se nachází  
v 5% **nejstrmějšího** terénu  
na Zemi

*Jak si lze představit „megasesuv“?*





# Příklad megasesuvu v Himalájích (Khumjung, ~2.1 km<sup>3</sup>)



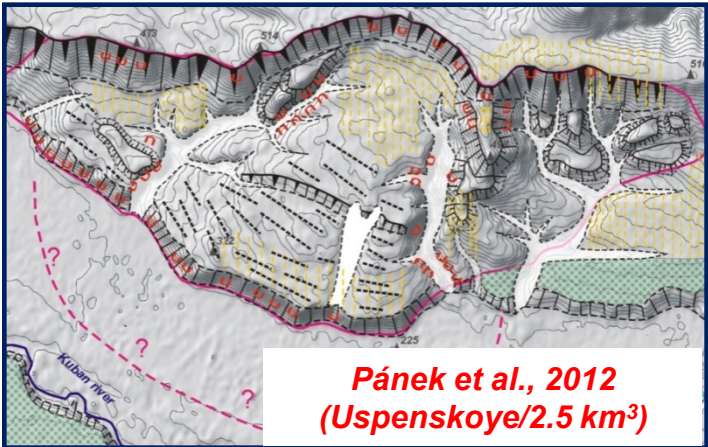
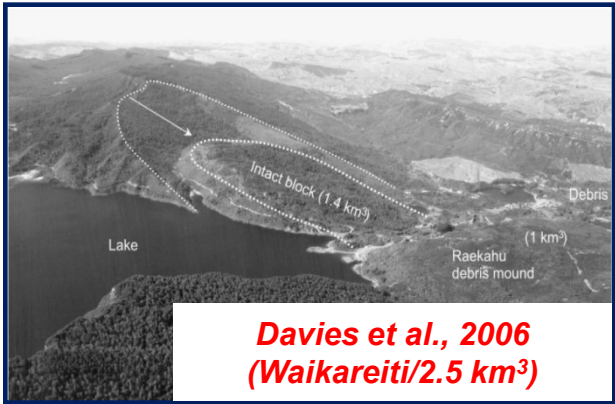
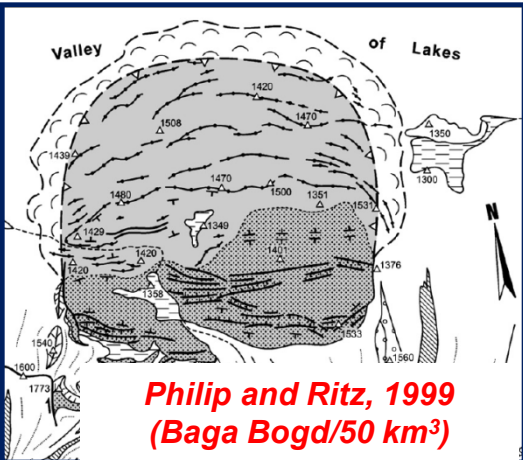


# Najdeme megasesesuvy i mimo vysokohorské oblasti?

Chaek/Kyrgyzstán (0.3 km<sup>3</sup>)



Foto V. Smolková (2007)



...některé z megasesuvů jsou popsány z území mimo hlavní horské systémy, ale jedná se vždy o izolované úkazy dané místními specifickými podmínkami

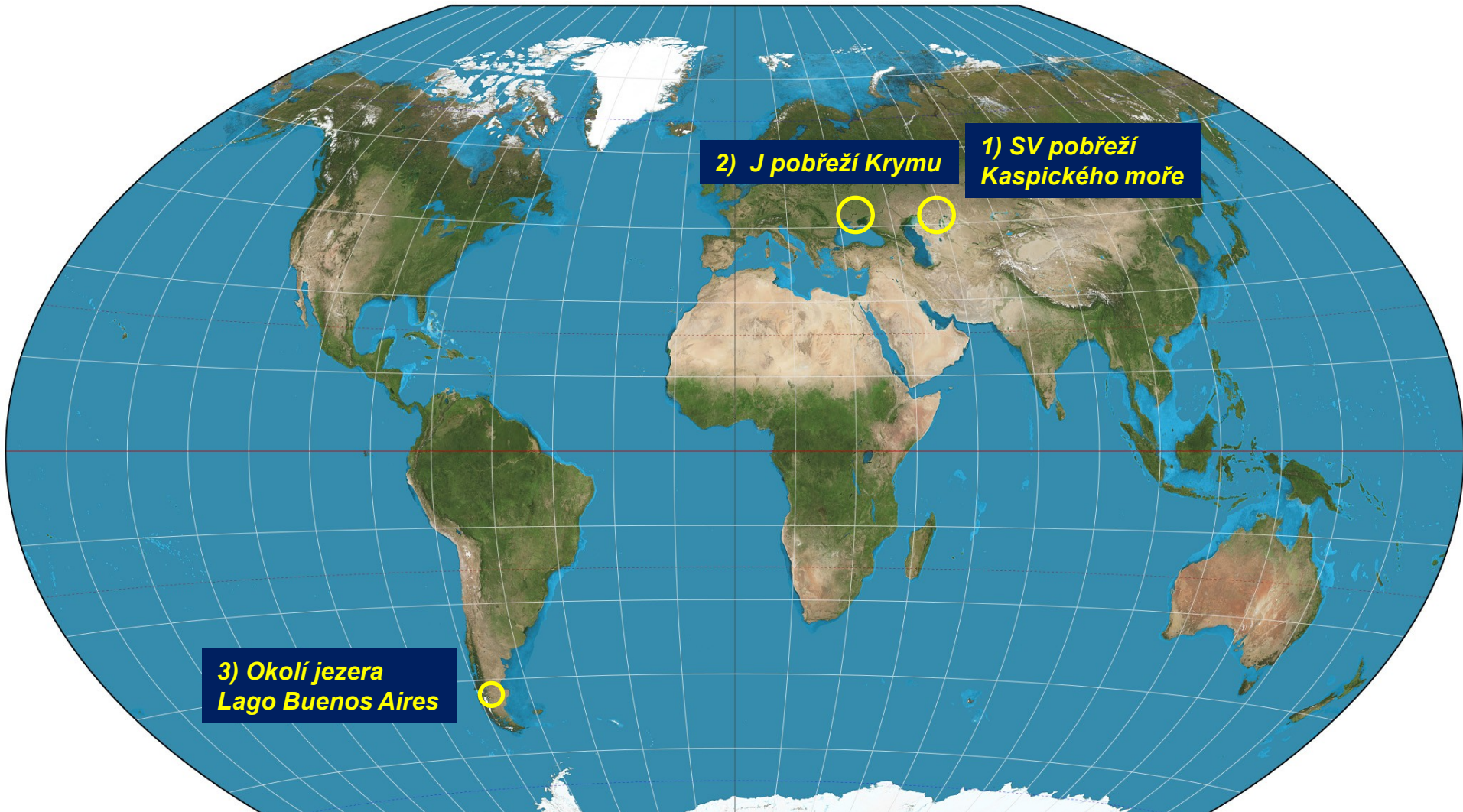


# Najdeme však celé shluky megasesesuvů mimo vysokohorské oblasti?





# Přinejmenším v pobřežních regionech některých velkých jezer a epikontinentálních moří !



Geograficky odlišné regiony, ale shodným rysem jsou výrazné a opakované změny hladin moří/jezer v období širě pojatého přelomu pleistocénu a holocénu



# 1) SV pobřeží Kaspického moře

*Foto T. Pánek (2012)*



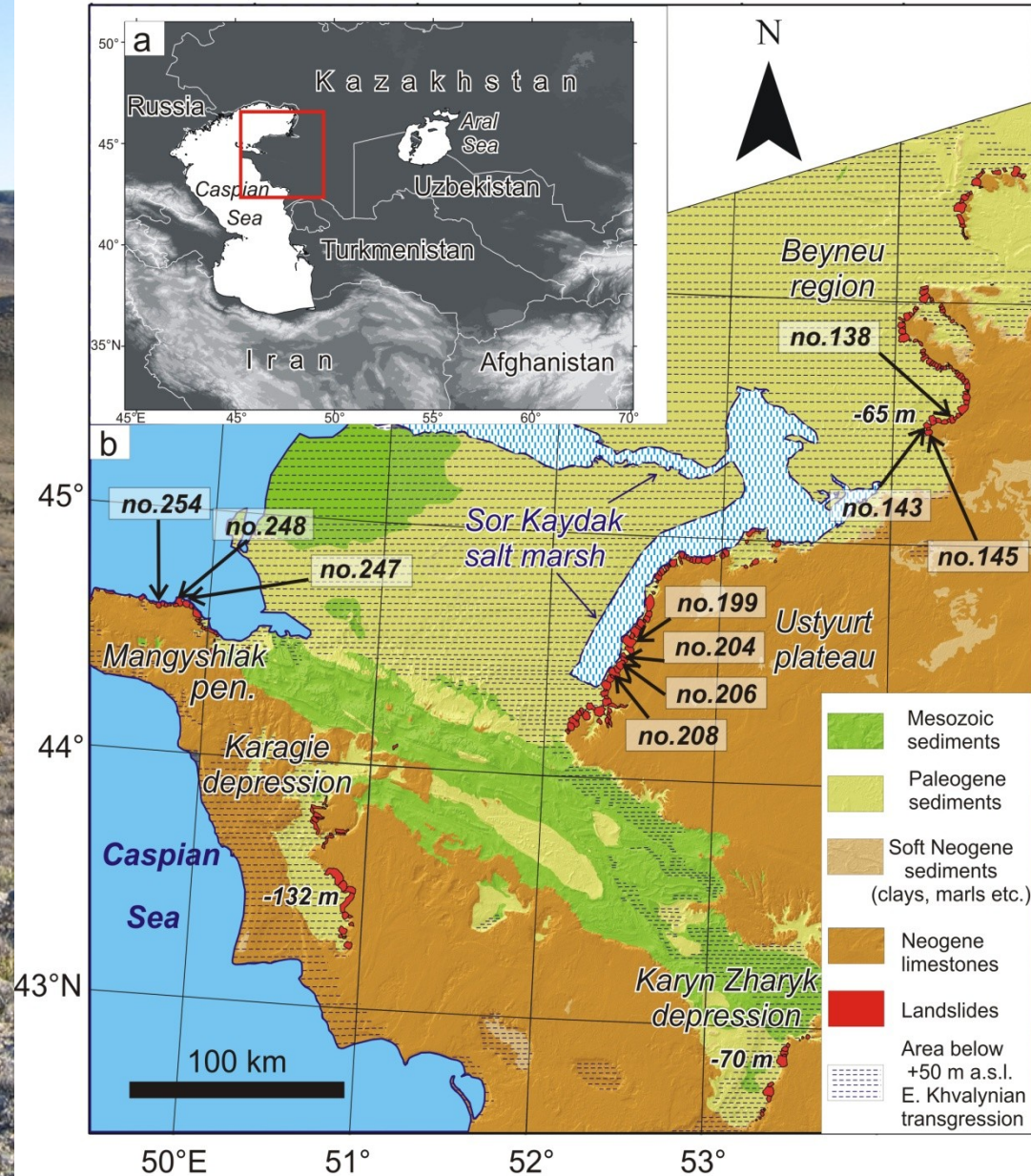
**Platformní oblast (Turanský rovina), téměř aseismická oblast, horizontálně uložené souvrství neogenních a paleogenních vápenců, jílovců, slínů atd, polopouštní charakter**



V západním Kazachstánu zmapováno velké množství sesuvů

( $n=321$ ; nejméně 100 z nich dosahují  $\geq 10^8 \text{m}^3$ , celkový objem  $\sim 41 \text{km}^3$ ). Sesuvy se nachází v terénu s relativně malým převýšením ( $< 300 \text{m}$ )

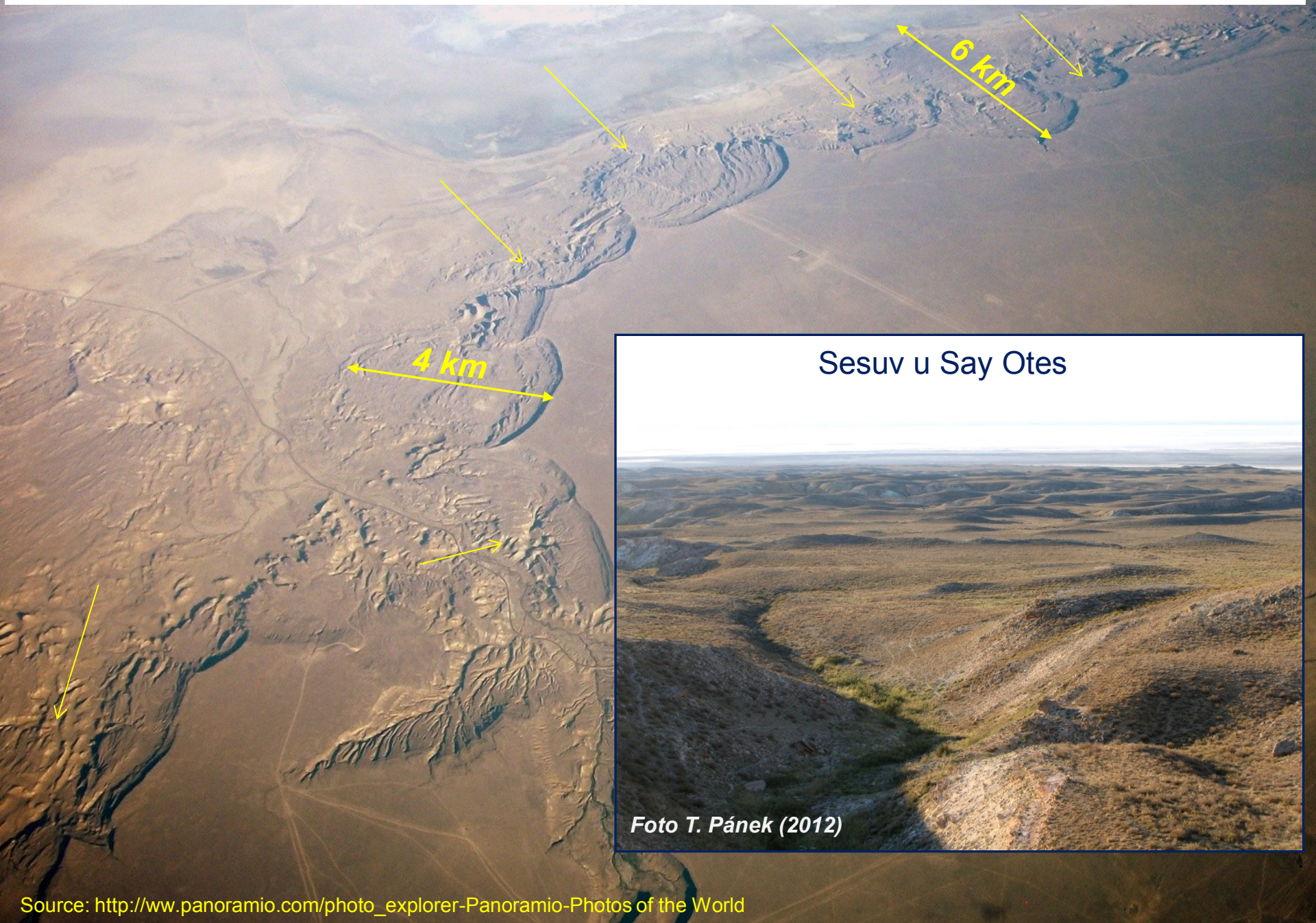
Foto T. Pánek (2012)



**Pánek et al. 2016**  
**(Geology)**



# Sesuvy v okolí bývalého zálivu Sor Kaydak

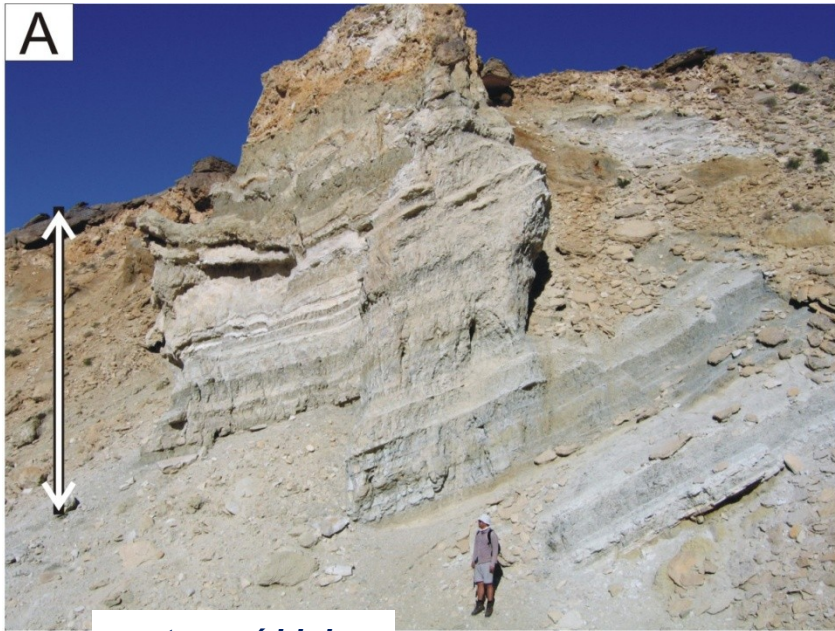


Sesuv u Say Otes

Foto T. Pánek (2012)



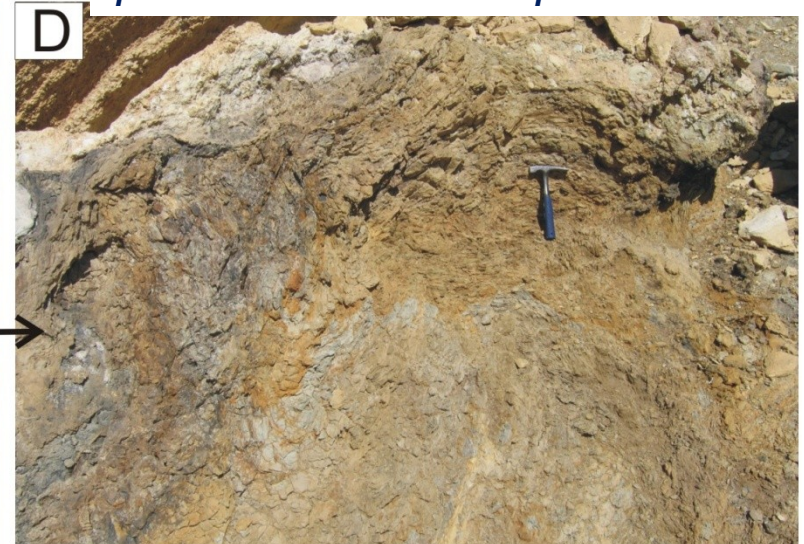
# Vnitřní struktura sesuvů – proximální části



*rotované bloky*



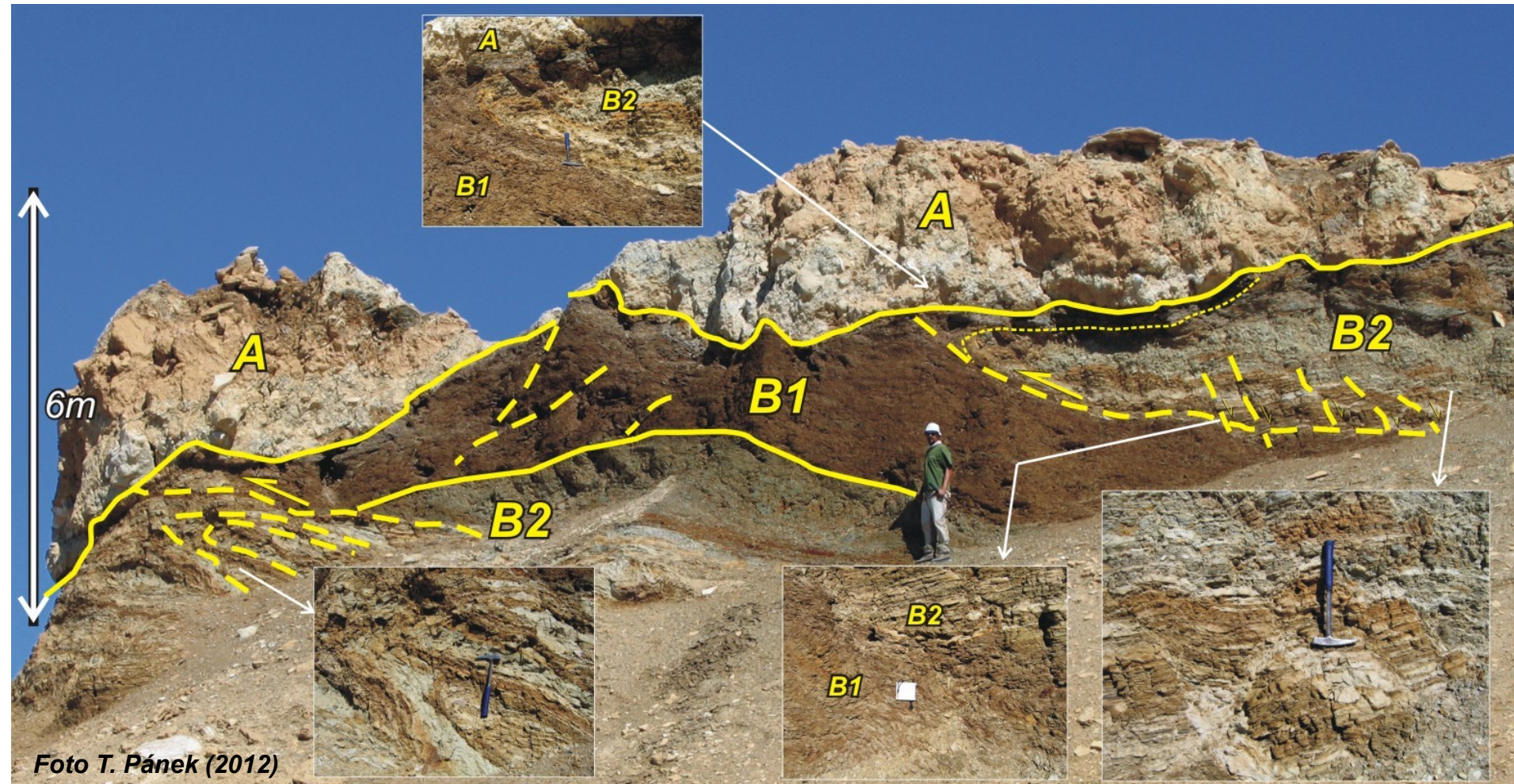
*plastické deformace nekompetentních hornin*



**Struktury ukazující na komplexní deformace – hluboké sesuvy kombinované se ztekucením čelních částí**



# Vnitřní struktura sesuvů – distální části



**Vrásy, přesmyky a znaky ztekucení v čelních částech sesuvů**



# Morfologie a dimenze sesuvů

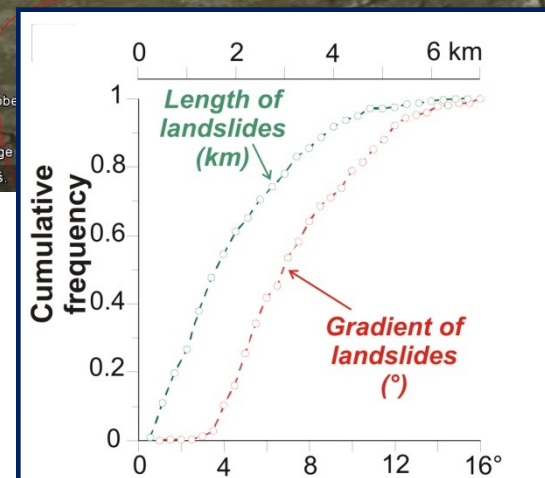
Nejdelší >6 km,  
Největší objem >1 km<sup>3</sup>,  
Sklon: 2-5

6.4 km

3.6 km



Dimenze sesuvů **podhodnocená:**  
**eroze** čel sesuvů

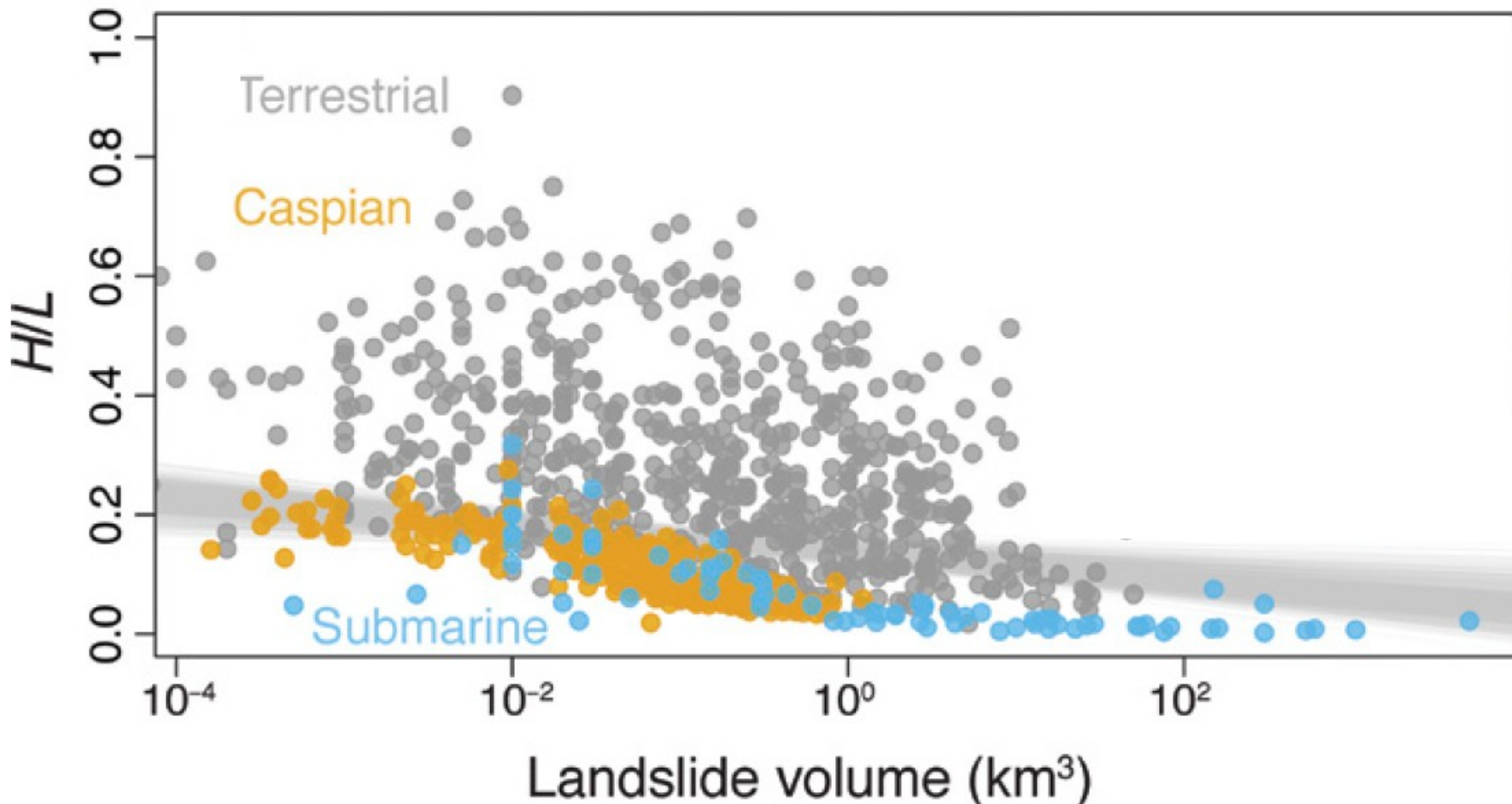


Google earth

Výška pohledu 3.43 km



# Mobilita „kaspických“ sesuvů: velmi objemné a dlouhé, ale v terénu s nepatrným sklonem



**Mobilita „kaspických“ sesuvů vyjádřená  $H$  (převýšení)/ $L$  (délka) ve vztahu k objemu poukazuje na možný transport ve vodním prostředí**

# Jak jsou sesuvy staré?



Foto T. Pánek (2012)

Řada indicií „značného“ stáří – eolické pokryvy, eroze, multigenerační charakter



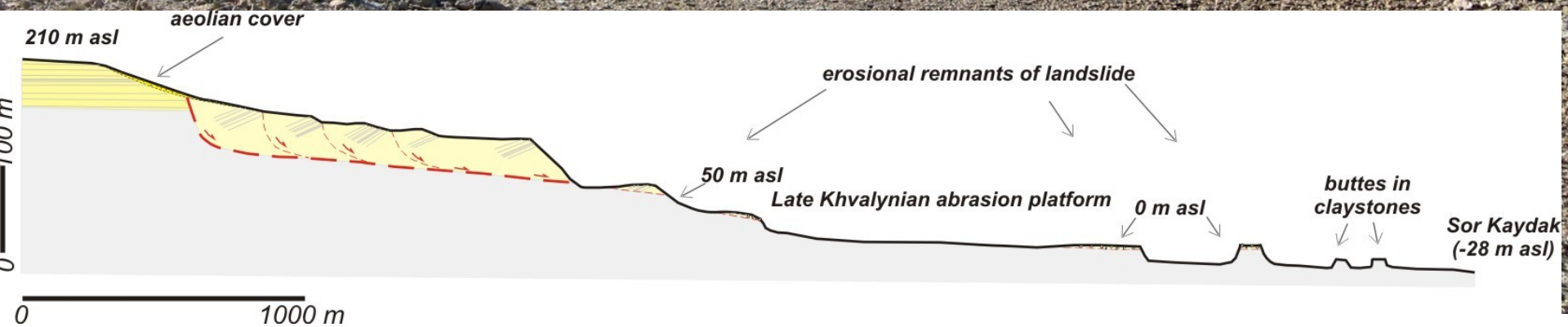
# Značná eroze sesuvných těles



„in situ“ jílovce

erodované zbytky sesuvného materiálu

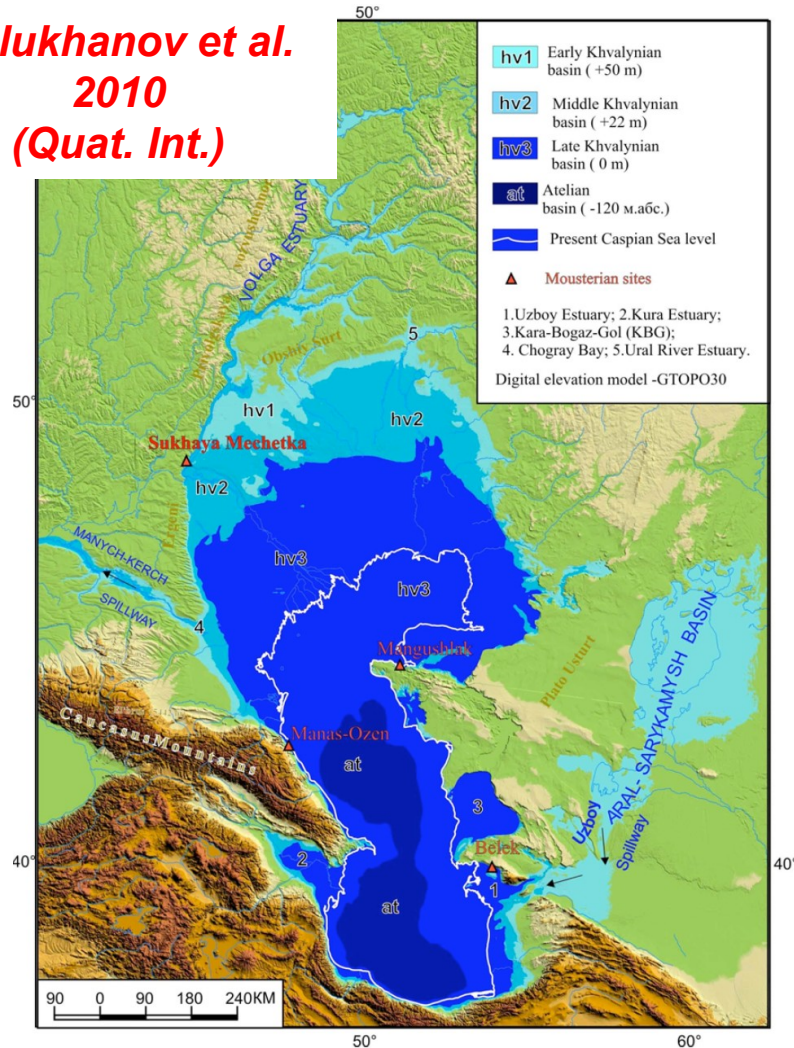
Foto T. Párek (2012)



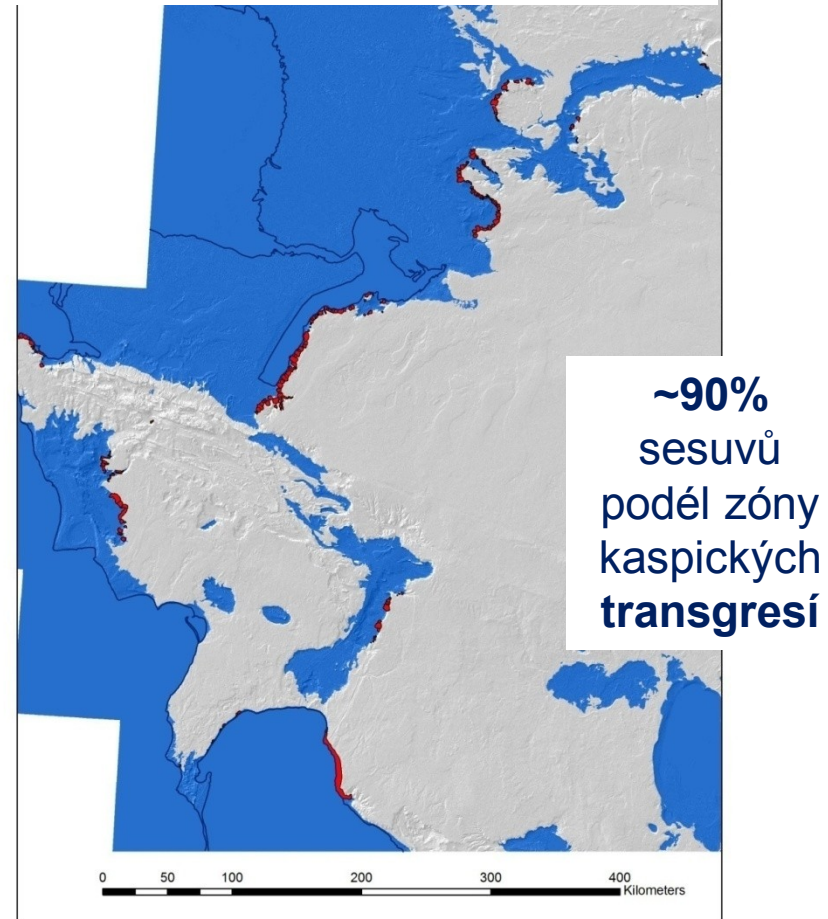


# Dnes „pouštní“ sesuvy se nacházely na konci pleistocénu na pobřeží Kaspického moře

*Dolukhanov et al.  
2010  
(Quat. Int.)*



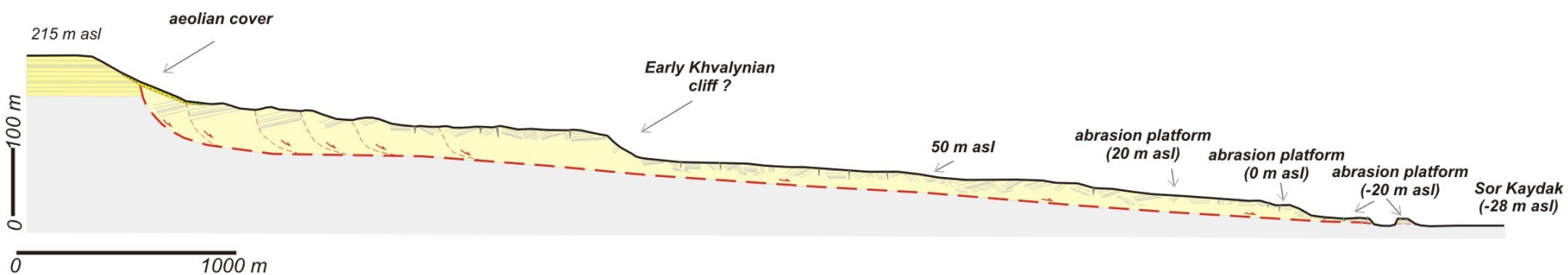
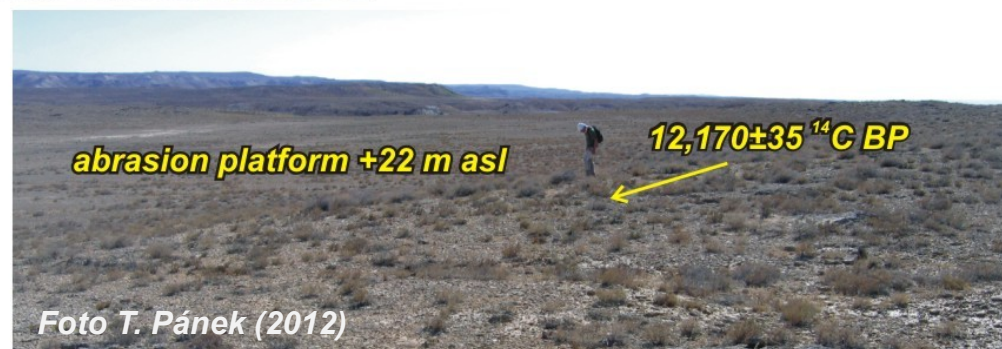
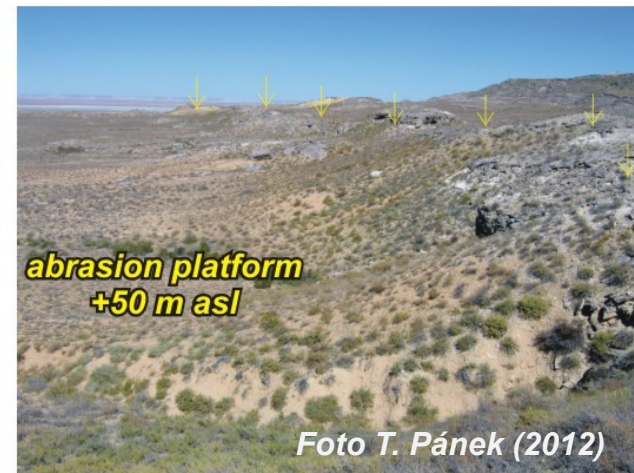
spodno-chvalynská transgrese 50 m n. m.



Několik **transgresí** od posledního interglaciálu (**chazarská**, několik stupňů **chvalynských** – až **+50 m n. m.**) oddělených **regresemi** (atel, enotaev, mangyšlak)



# Abrazní sruby a terasy v tělesech sesuvů (přítomnost úrovní v +50, +22, 0 a -16 m n. m.)





# Pozdně-chvalyinská abrazní terasa v úrovni 0 m n. m.

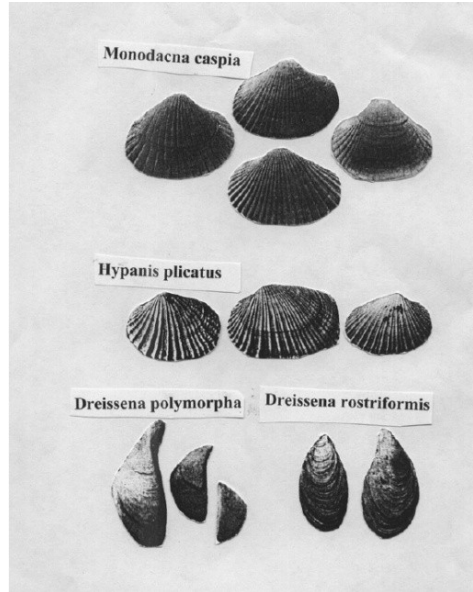
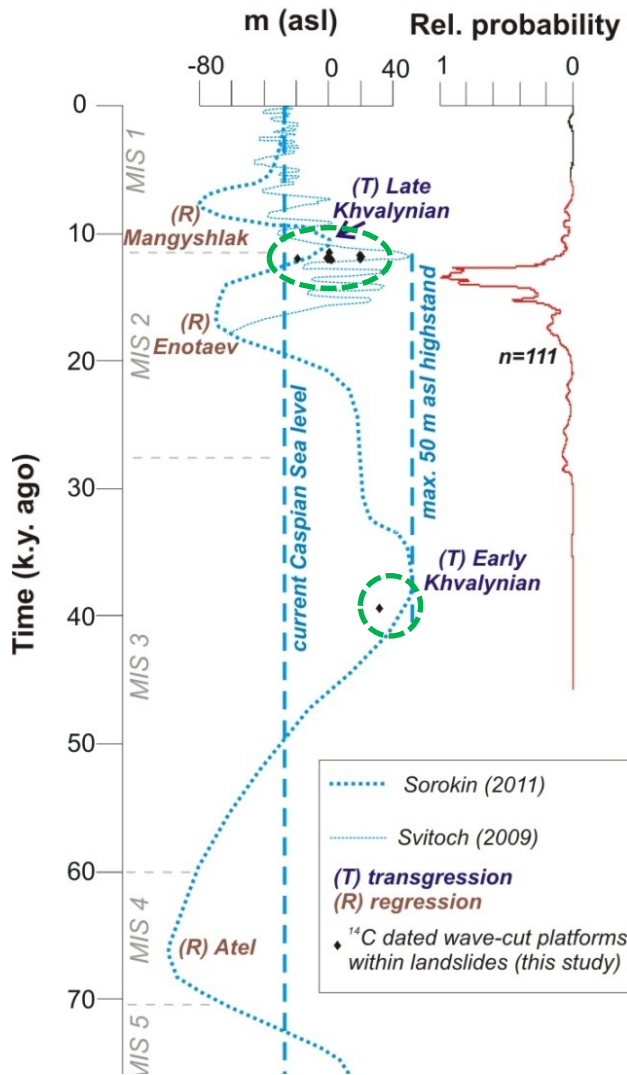
*Reaktivovaná část sesuvu*



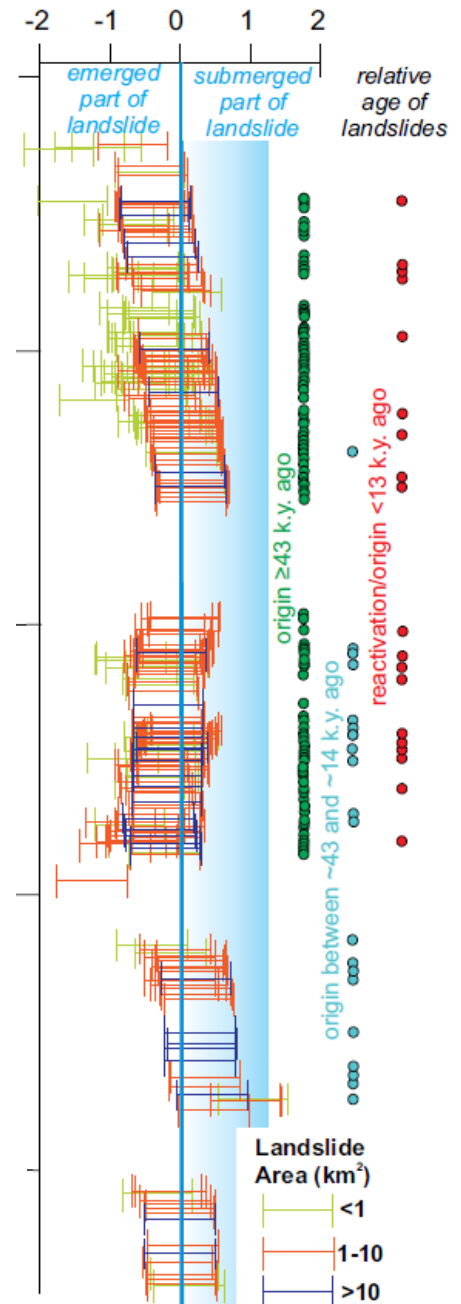
*12,450 ± 30 <sup>14</sup>C BP*





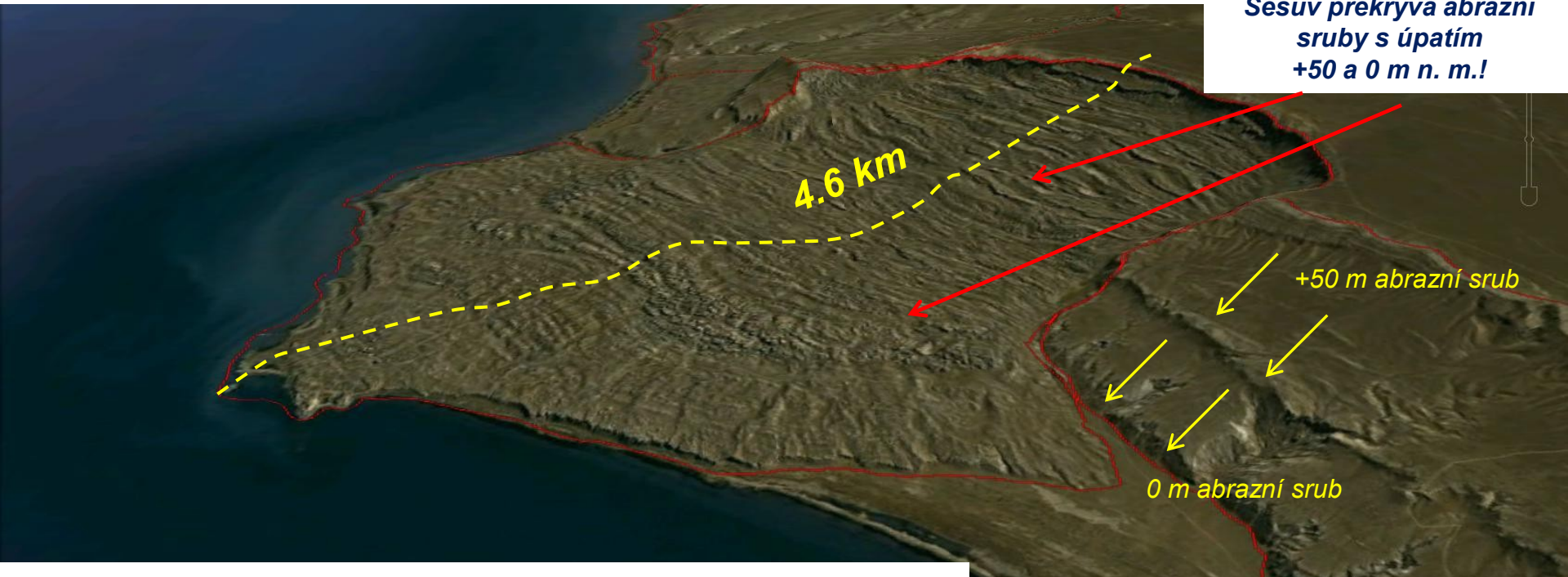


Multiple of landslide height above (-)/under (+) EK transgression (0)

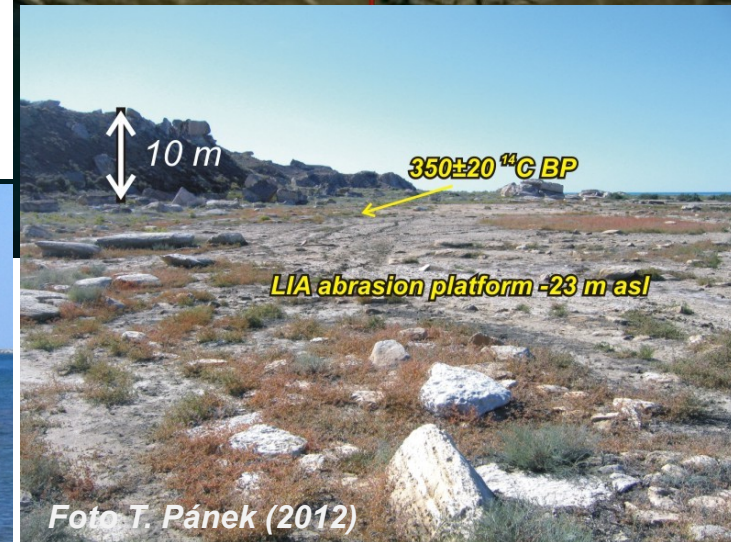


**> 50 % sesuvů má minimální stáří odpovídající spodnochvalynské transgresi (43 ka?), zbytek vzniklo do ca 14 ka a ca 8% sesuvů vzniklo/bylo reaktivováno <13 ka**

# Holocenní reaktivace některých sesuvů – Dzhigalgan/Mangyshlak



Sesuv vznikl mezi genezí pozdně-chvalynské abrazní terasy (0 m n. m.) a terasou z LIA (-23 m n. m.) – tzn. určitě je **holocenní**





# Pro zájemce:



THE GEOLOGICAL SOCIETY  
OF AMERICA®

## Giant landslides and highstands of the Caspian Sea

Tomáš Pánek<sup>1\*</sup>, Oliver Korup<sup>2</sup>, Jozef Minár<sup>3</sup>, and Jan Hradecký<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, University of Ostrava, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, Czech Republic

<sup>2</sup>Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Karl-Liebknecht-Strasse 24, D-14476 Golm, Germany

<sup>3</sup>Department of Physical Geography and Geoecology, Comenius University in Bratislava, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, Slovakia

### ABSTRACT

**The history of Quaternary sea-level changes in the Caspian Sea, the world's largest lake, is partly enigmatic, and so is the geomorphic response of its coasts. Late Pleistocene transgressions during the Early Khvalynian (ca. 40–25 ka) inundated extensive portions of the flat, low-lying semi-desert of western Kazakhstan. Cliffs cut during these highstands form a prominent escarpment tens of kilometers to several hundred kilometers from the present coast of the Caspian Sea. Satellite images, digital terrain analysis, and field mapping reveal that >300 giant landslides intersect with this escarpment. More than 100 of these slope failures mobilized volumes >10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> along basal failure planes with gradients as low as ~5°. All landslides share characteristics of lateral rock spreads involving competent limestones overlying weak and plastic claystones. From relative stratigraphy and new <sup>14</sup>C data, we infer that catastrophic slope failure of over 41 km<sup>3</sup> occurred mostly during Pleistocene Caspian sea-level highstands, while several landslides may have been reactivated or entirely originated during the Holocene. This largest cluster of terrestrial mass wasting in a tectonically quiescent setting offers an opportunity to understand how landslides erode low-relief landscapes subject to oscillating sea levels.**

also responded to meltwater discharge from the Scandinavian Ice Sheet (Tudryn et al., 2016), western Siberia, and the Tien Shan and Pamir mountains (Mangerud et al., 2004; Boomer et al., 2009). Since Marine Oxygen Isotope Stage 5, Caspian Sea level has varied by >170 m, attaining its minimum during the Atel regression (ca. 70–60 ka; –120 to –140 m asl) and maximum during the Early Khvalynian transgression (ca. 40–25 ka; 50 m asl; Fig. 2). However, age constraints are weak and proxy data sparse, so that the chronology of Quaternary Caspian sea-level changes remains disputed (Fig. 2; Svitoch, 2009; Sorokin, 2011; Tudryn et al., 2016), as historic oscillations alone exceed 0.15 m yr<sup>-1</sup> (Kaplin



## 2) Jižní pobřeží Krymu

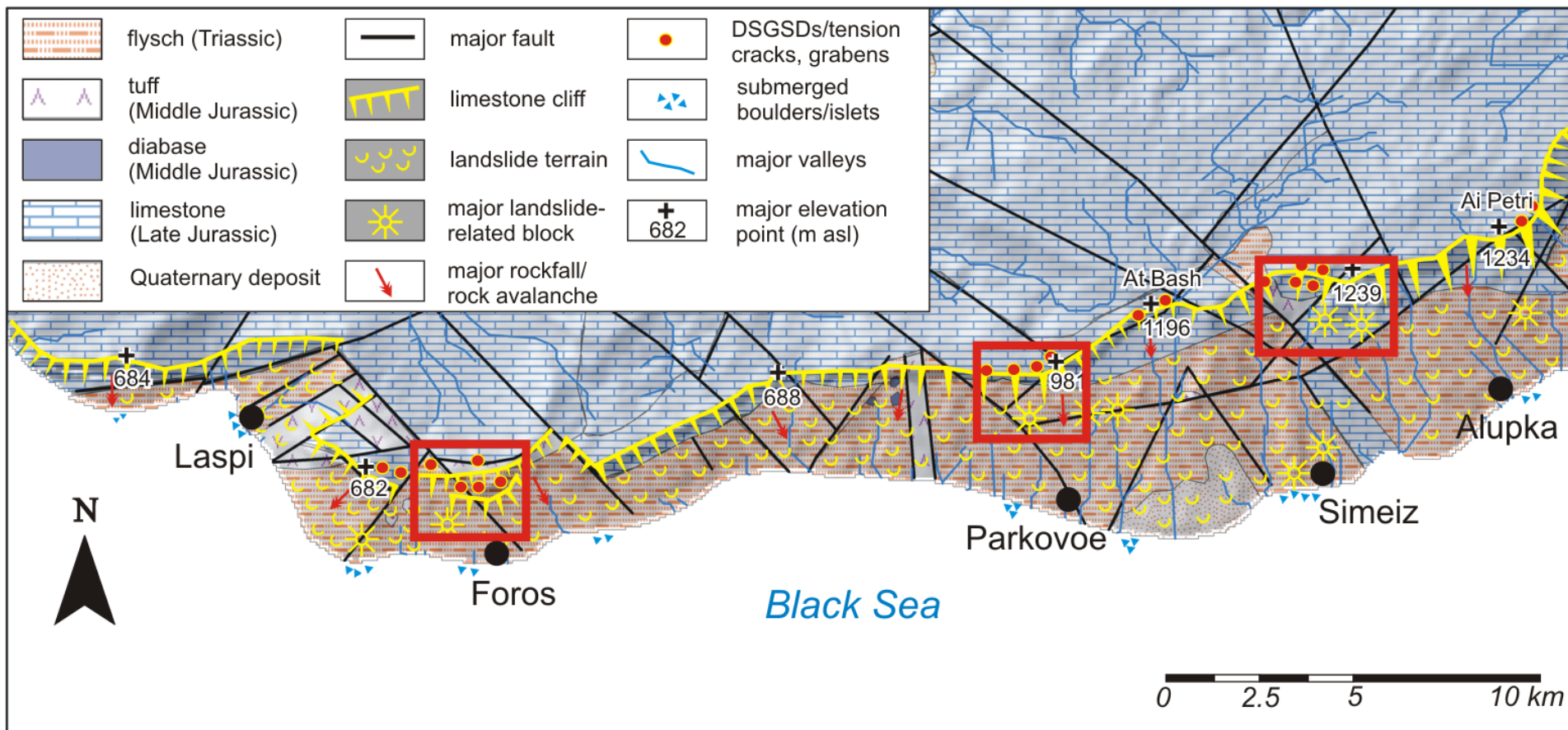


*Foto T. Pánek (2007)*

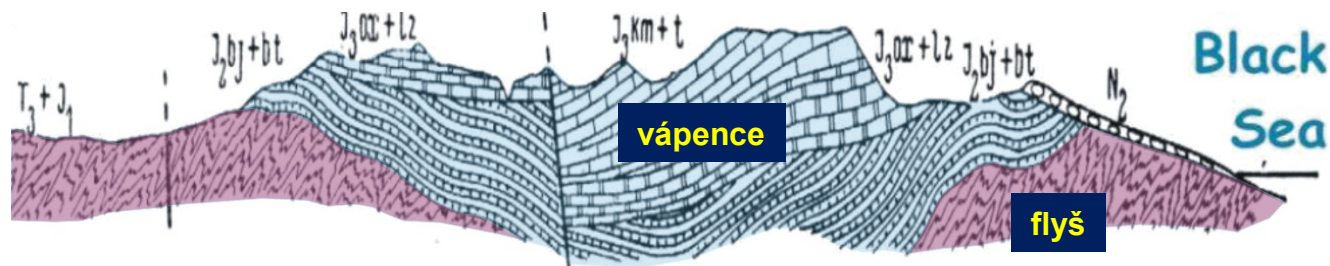
**Středohorská oblast (součást alpinských pohoří), seismicky aktivní, zvrásněné a rozlámané souvrství jurských vápenců v nadloží flyše, submediteránní podnebí**



Sesuvy postihují souvislý pás pobřeží JZ Krymských hor v **délce ca 30 km** (mezi Jaltou a Forosem), **délka sesuvných těles až ca 5 km**, **poměrně značné převýšení (až ca 1000 m)**



**Pánek et al., 2018**  
(*Quaternary Science Reviews*)





# Souvislý pás rotačních sesuvů podél jižního pobřeží Krymu

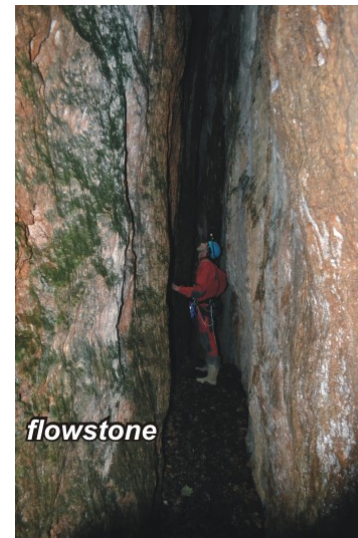
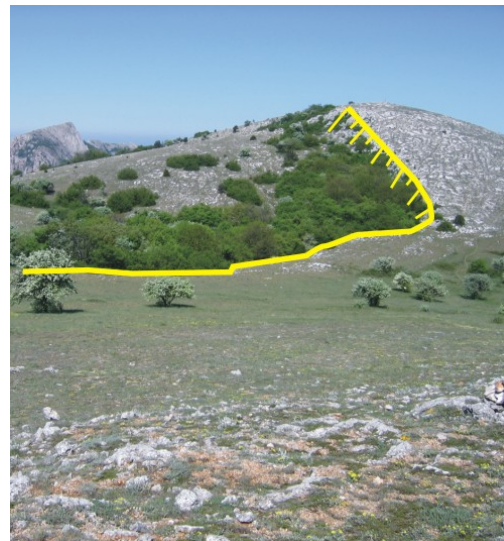
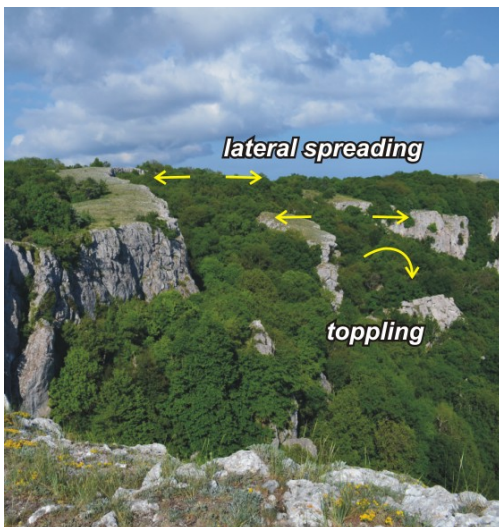
Foto J. Lenart (2013)



Sesuvy postihující jižní svahy Krymského pohoří jsou **dlouhodobě známé**, nebyl však brán v potaz jejich **skutečný rozsah**

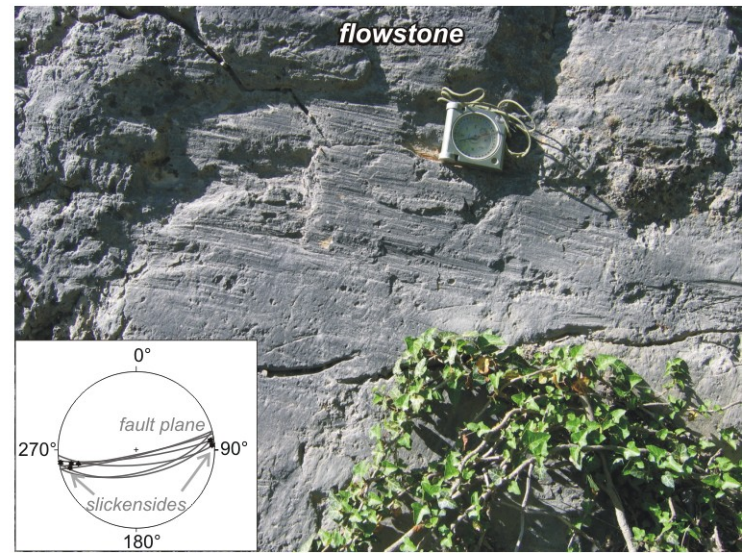
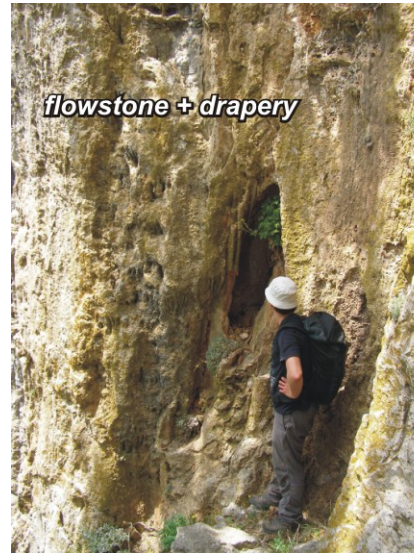


# Hluboké trhliny na okrajích krasových planin





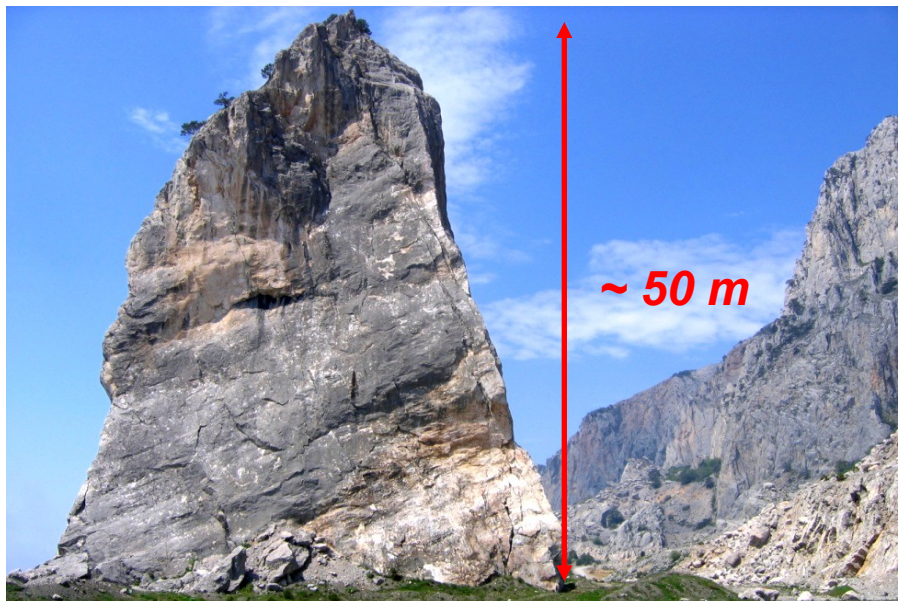
# Vápenkové klify – odlučné oblasti sesuvů



Původně mylně klasifikovány jako zlomové svahy

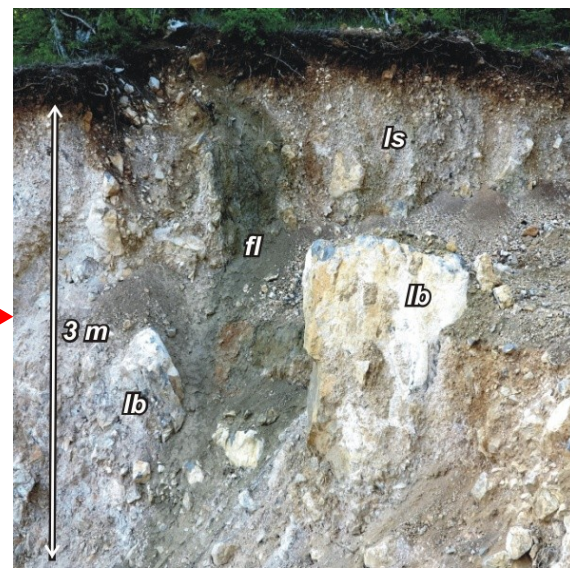
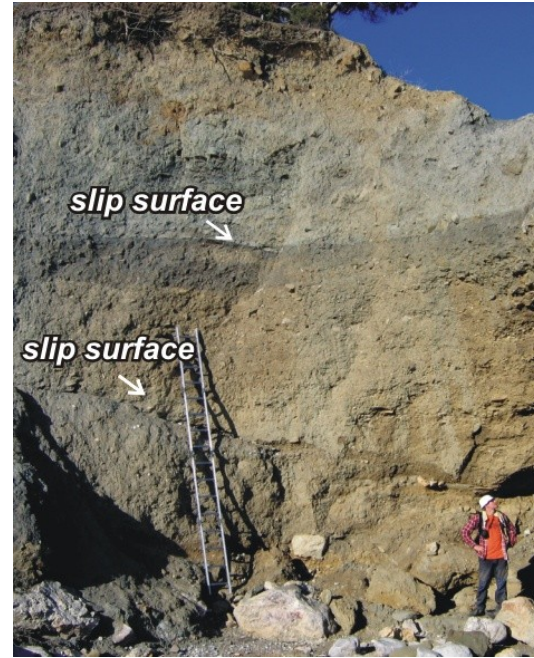


# Mohutné bloky gravitačně posunutých vápenců





# Mírně ukloněný pobřežní svah tvořený sesuvnými tělesy

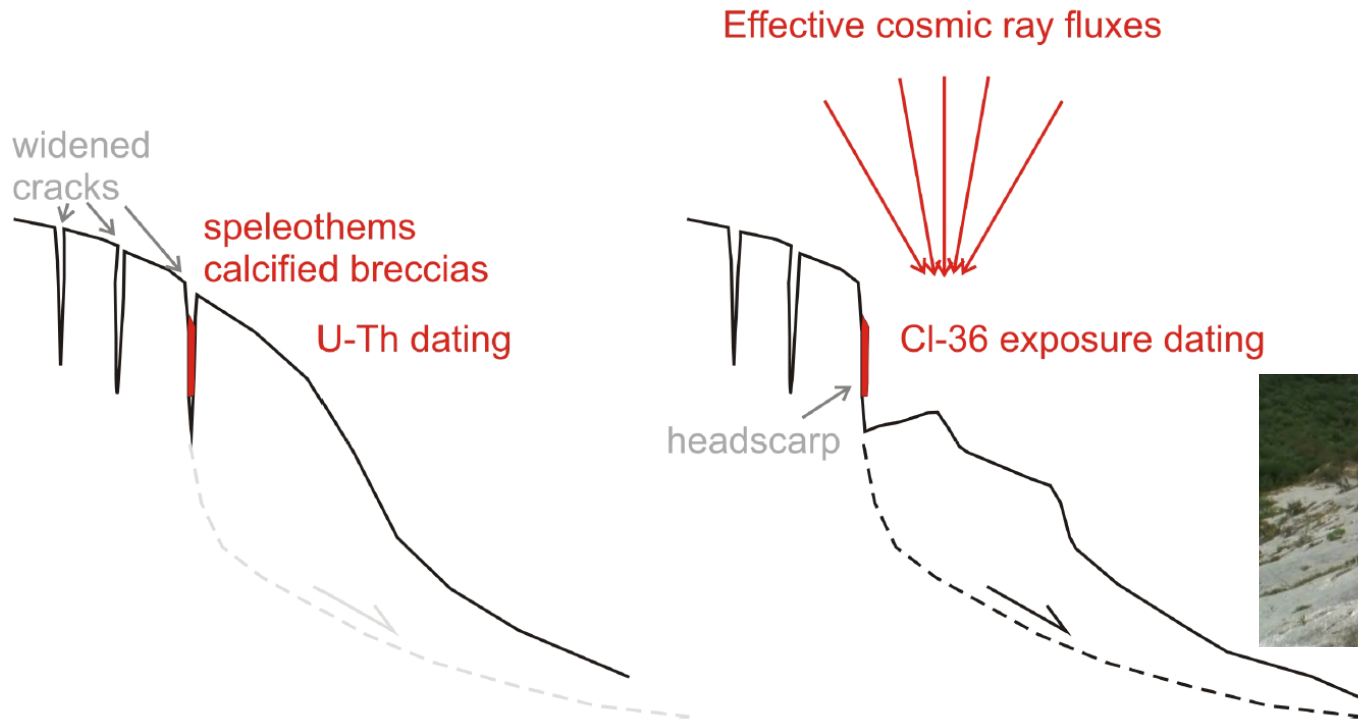




# Jak datovat krymské sesuvy?

I. Pre-failure/DSGSD stage  
(spreading, toppling)

II. Failure  
(rockslide, rockfall..)



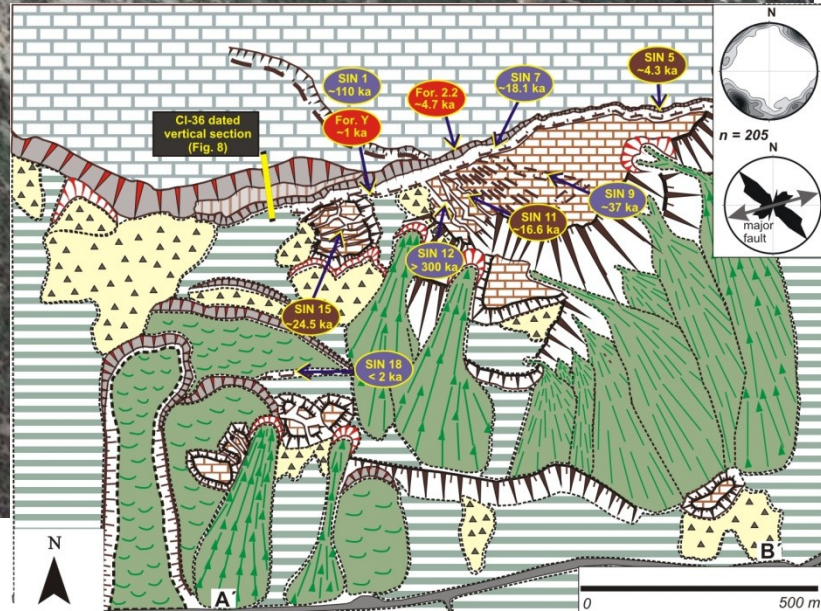
Využití kombinace **U-Th datování speleotém**, jež pokrývají odlučné oblasti sesuvů (datování relaxační fáze nestability) a **kosmogenní  $^{36}\text{Cl}$  expoziční datování odlučných stěn**



# Foros

odlučná oblast

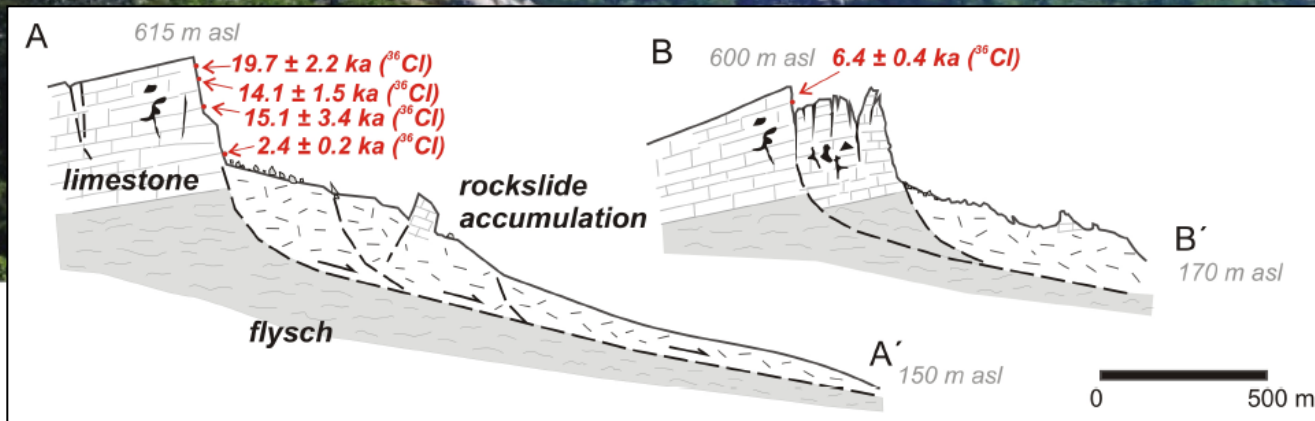
hluboká svahová deformace





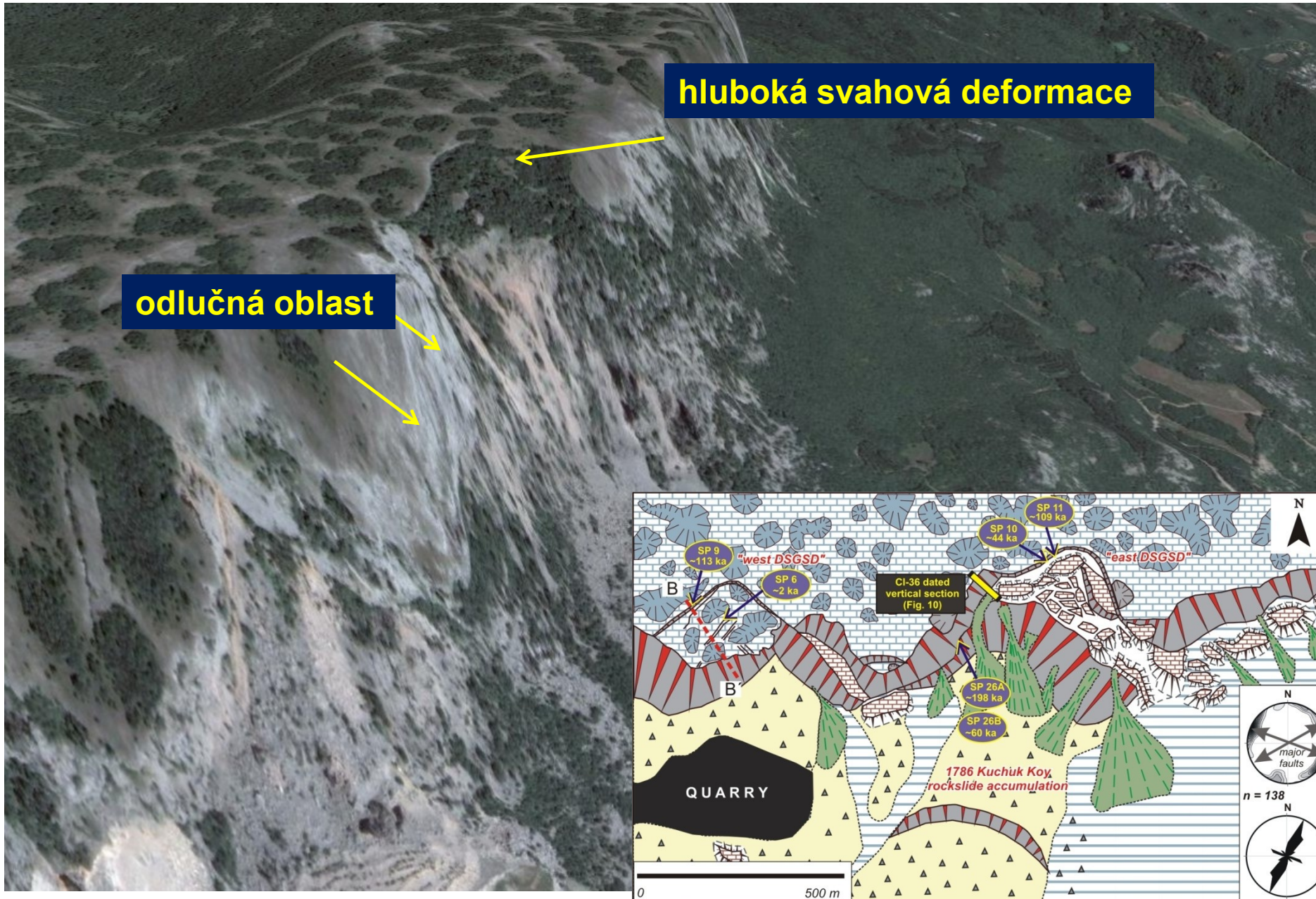
# $^{36}\text{Cl}$ expoziční datování odlučné stěny sesuvu Foros

Foto T. Pánek (2007)



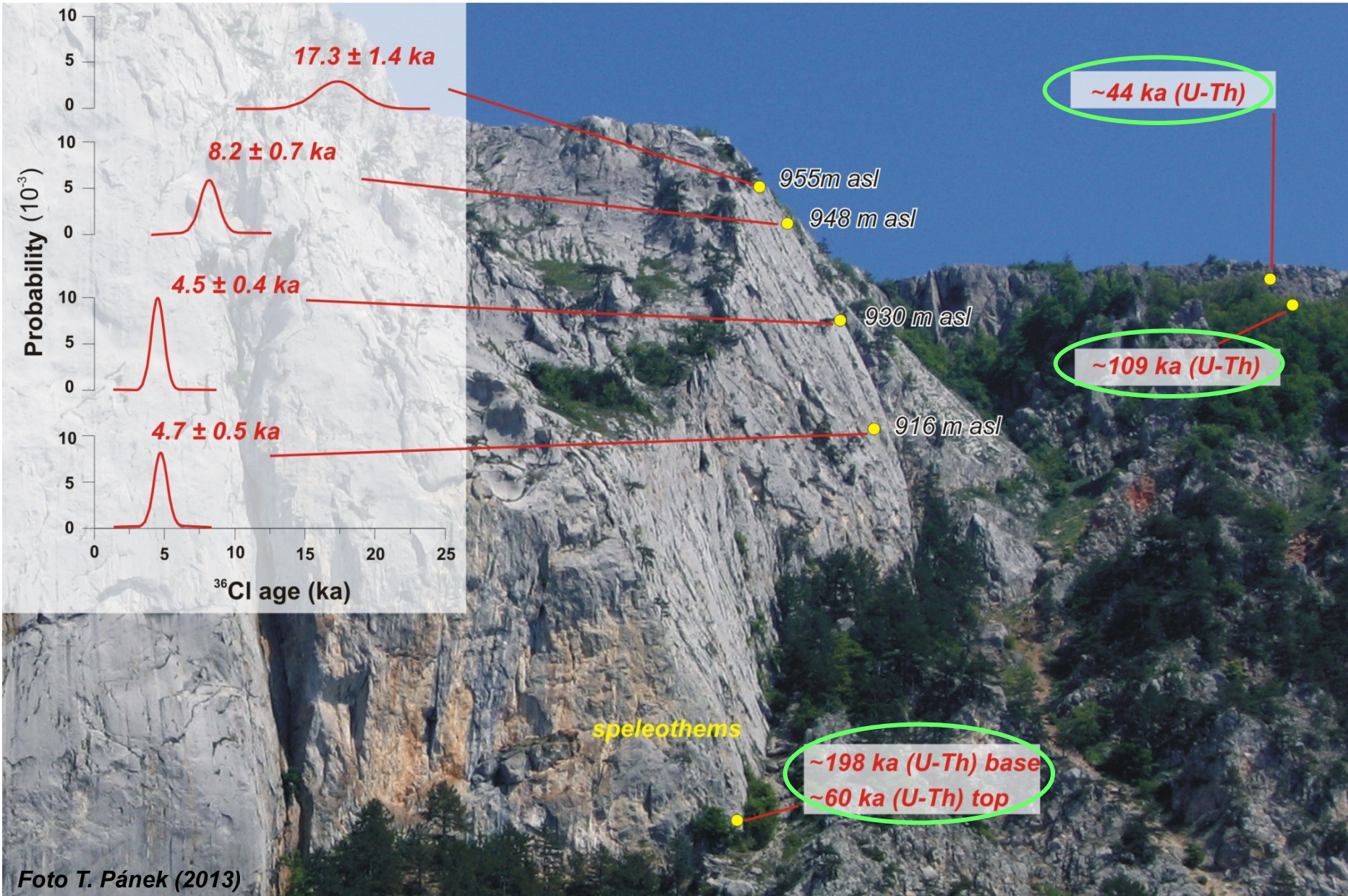


# Morcheka





# $^{36}\text{Cl}$ expoziční datování odlučné stěny sesuvu Morcheka



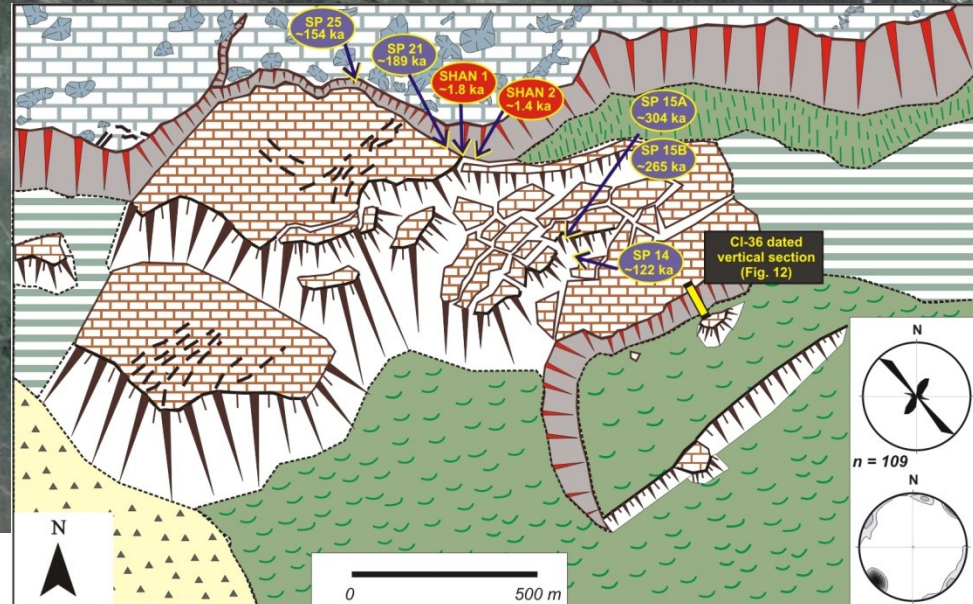


# Shan Kaya

odlučná stěna

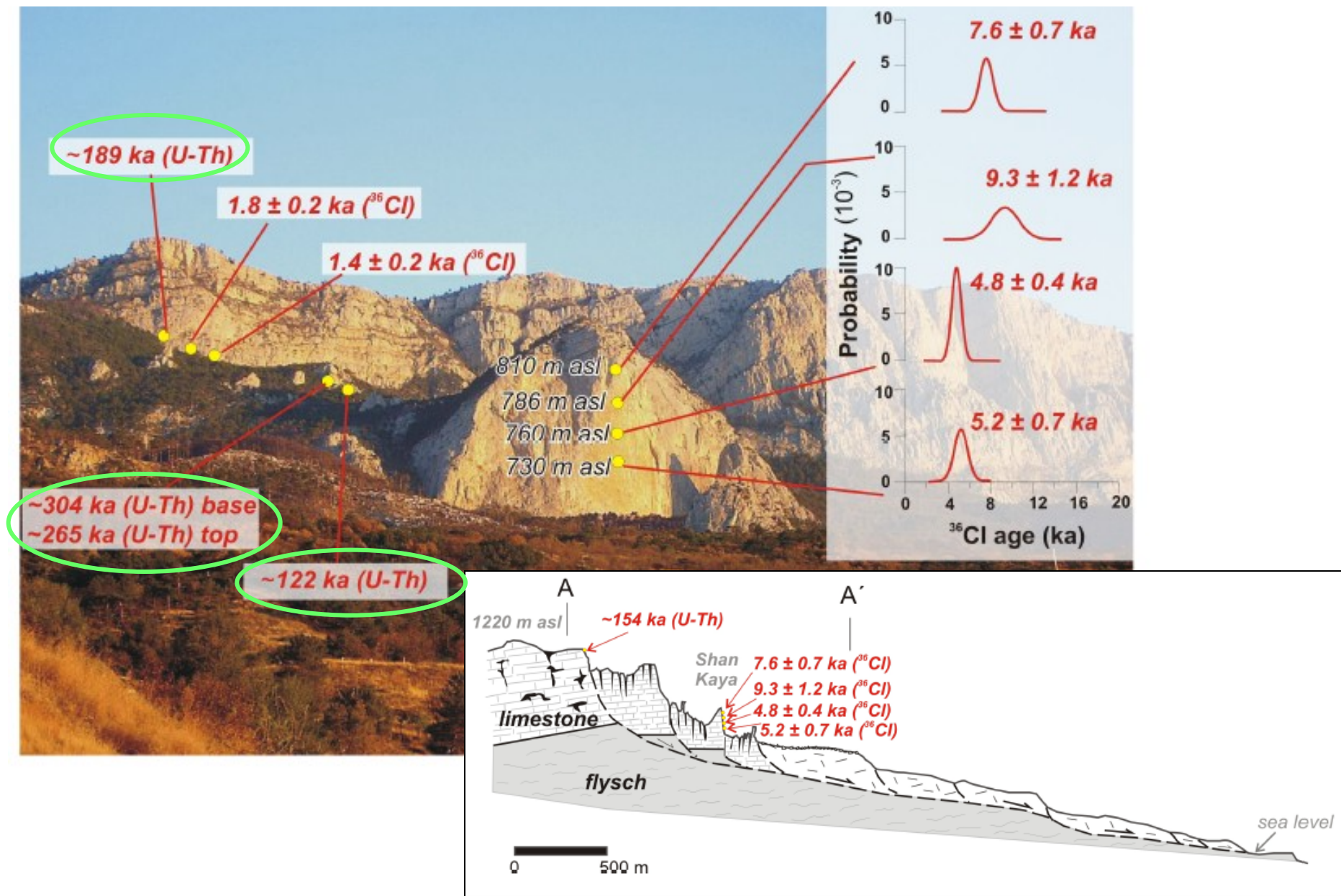
odlučná stěna

hluboká svahová deformace



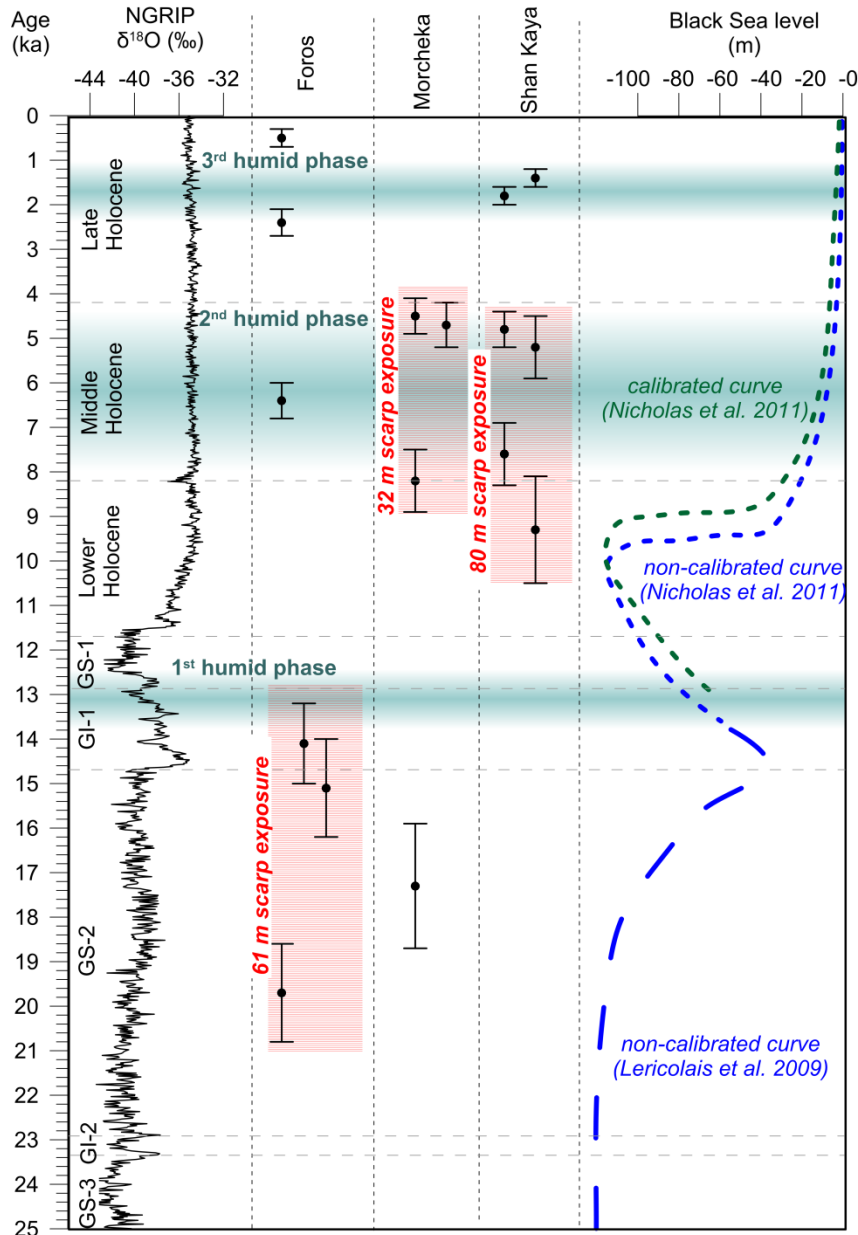


# $^{36}\text{Cl}$ expoziční datování odlučných stěny sesuvu Shan Kaya

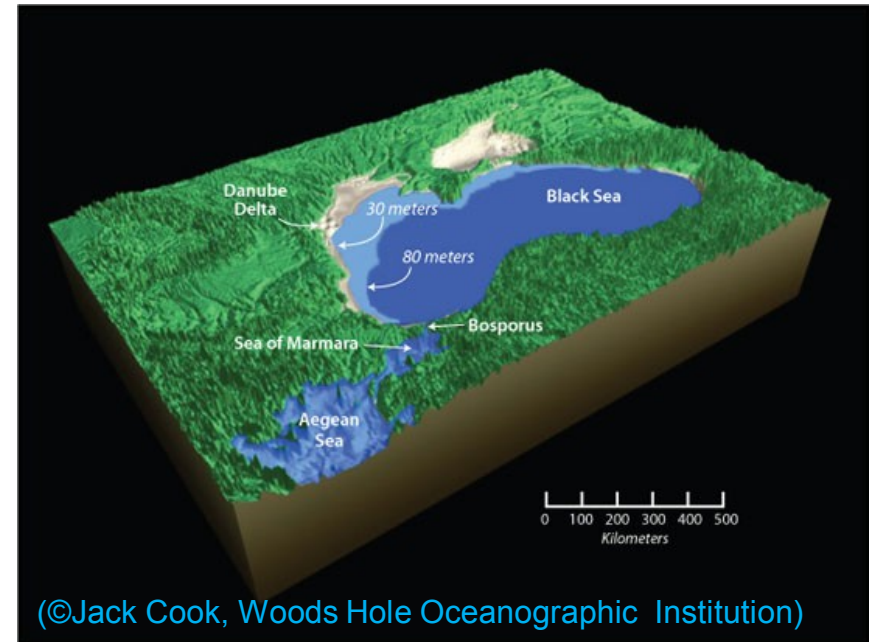




# Chronologický kontext expozice odlučných stěn krymských sesuvů



Černé moře známé svými **změnami statusu** (jezero x moře) a **rychlými transgresemi**



Desítky metrů vysoké **stěny sesuvů** na jižních svazích Krymských hor vznikly **v období** (nebo těsně po) dvou posledních významných černomořských transgresí (~16 ka, ~8 ka)



# Pro zájemce:

Quaternary Science Reviews 181 (2018) 76–92



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Quaternary Science Reviews

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/quascirev](http://www.elsevier.com/locate/quascirev)



### Coastal cliffs, rock-slope failures and Late Quaternary transgressions of the Black Sea along southern Crimea

Tomáš Pánek <sup>a,\*</sup>, Jan Lenart <sup>a</sup>, Jan Hradecký <sup>a</sup>, Helena Hercman <sup>b</sup>, Règis Braucher <sup>c</sup>, Karel Šilhán <sup>a</sup>, Václav Škarpich <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, University of Ostrava, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, Czech Republic

<sup>b</sup> Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Poland

<sup>c</sup> Aix-Marseille Univ., CNRS-IRD-Collège de France, UM 34 CEREGE, Technopôle de l'Environnement Arbois–Méditerranée, BP80, 13545 Aix-en-Provence, France





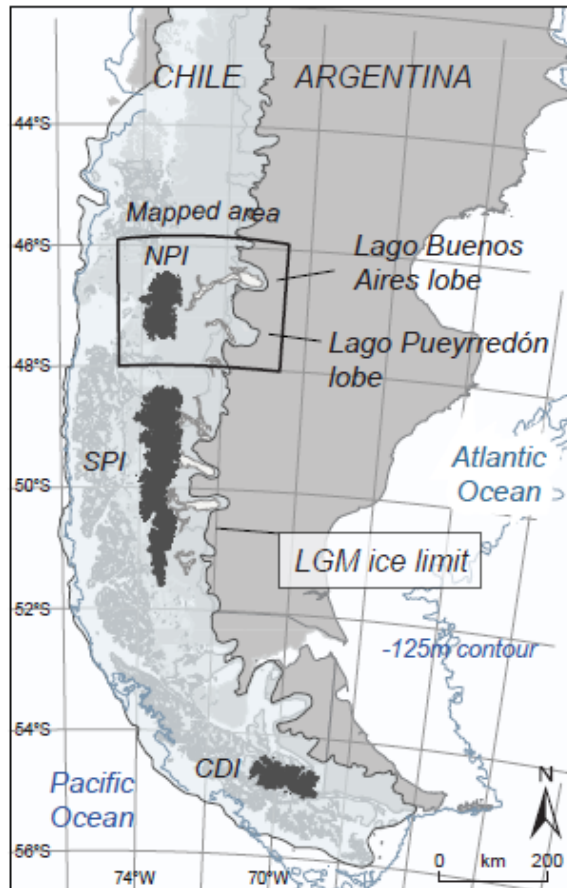
### 3) Okolí proglaciálního jezera Lago Buenos Aires – Lago Puyerredón (Patagonie)



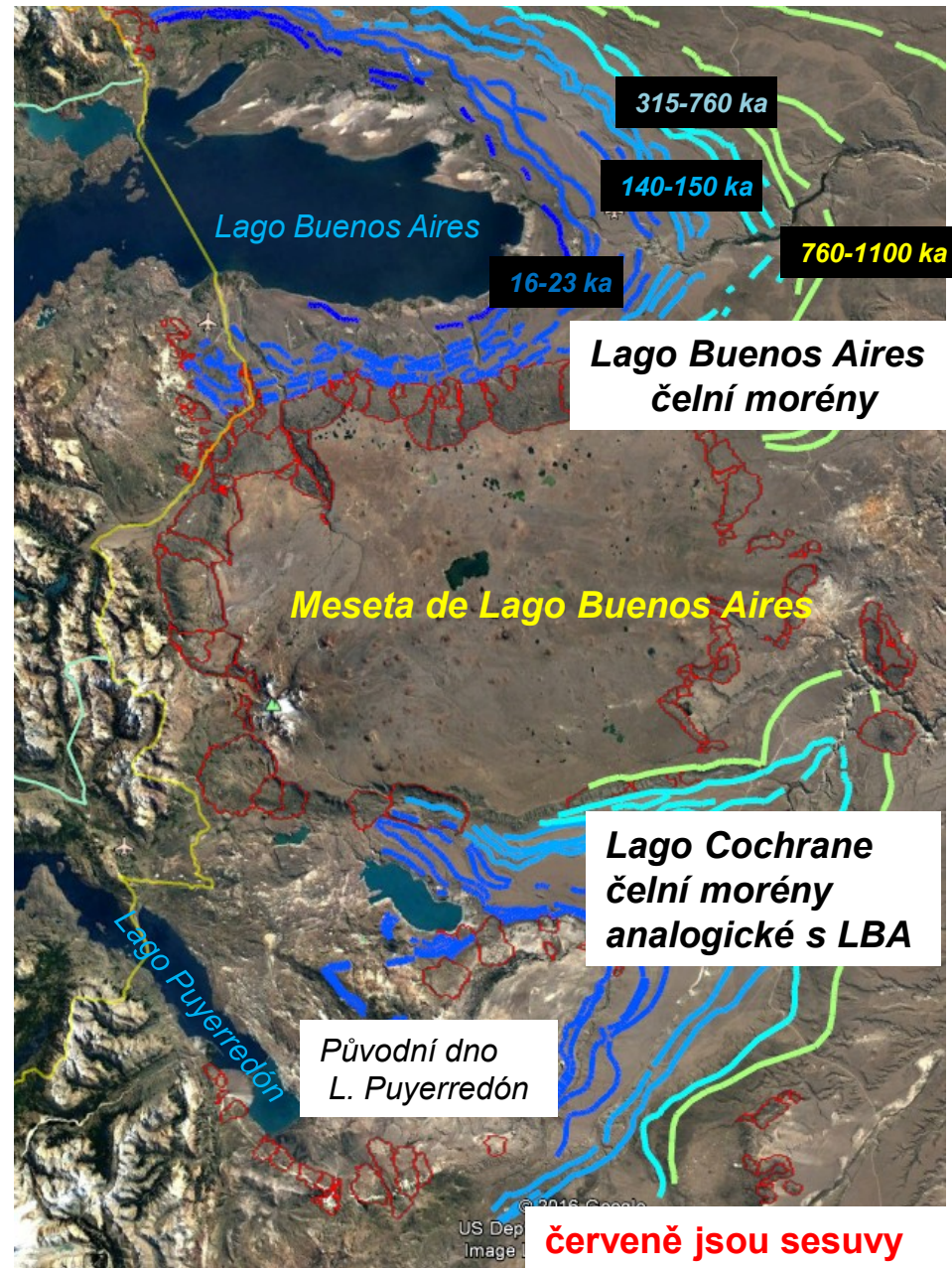
**Převážně strukturní tabulový reliéf, neogenní a paleogenní lávy a sedimenty,  
~1 Ma záznam kvartérních zalednění, slabá seismicita, stepní až polopouštní charakter**



# Mapování sesuvů v okolí morénových amfiteátrů LBA/LP

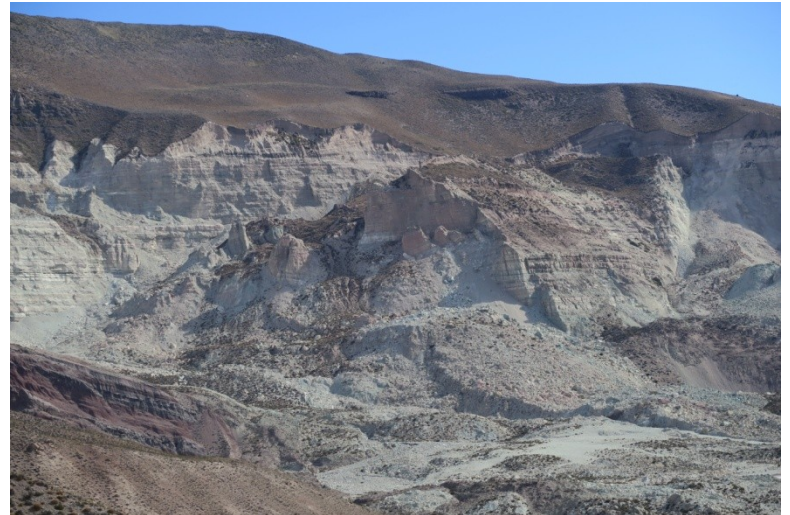
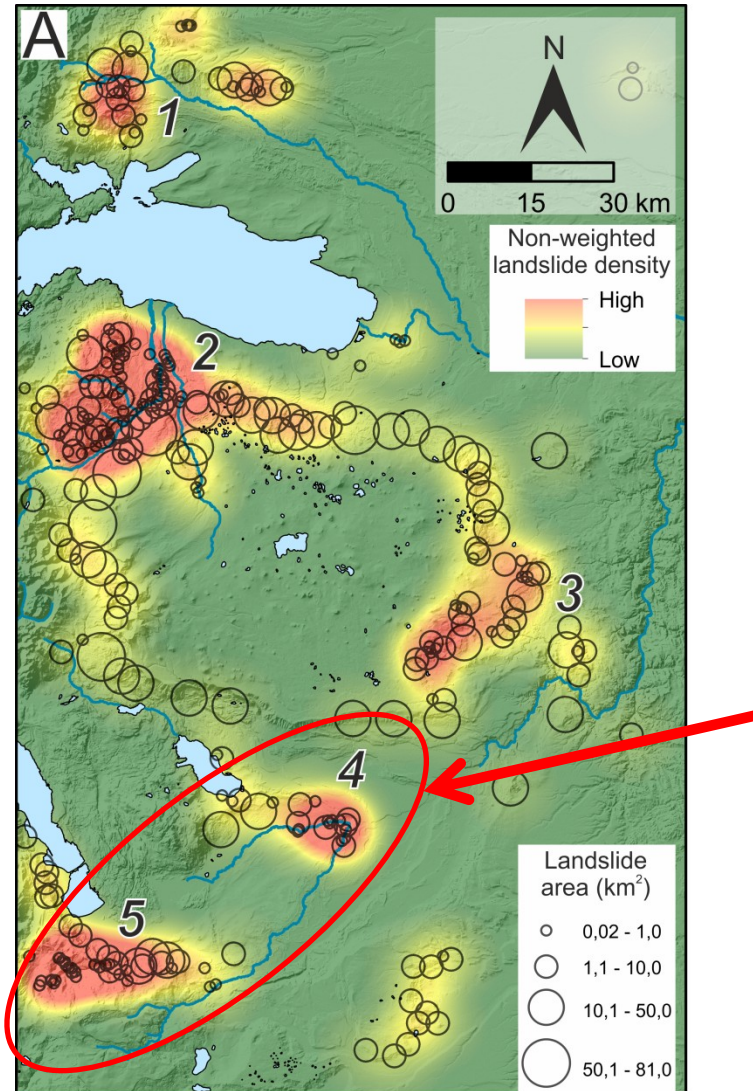


Celkem **282 sesuvů**, mezi nejrozsáhlejší (celkem kumulativně~**11 km<sup>3</sup>**) zde patří sesuvy, které vznikly podél spojeného **glaciálního jezera LBA/LP**





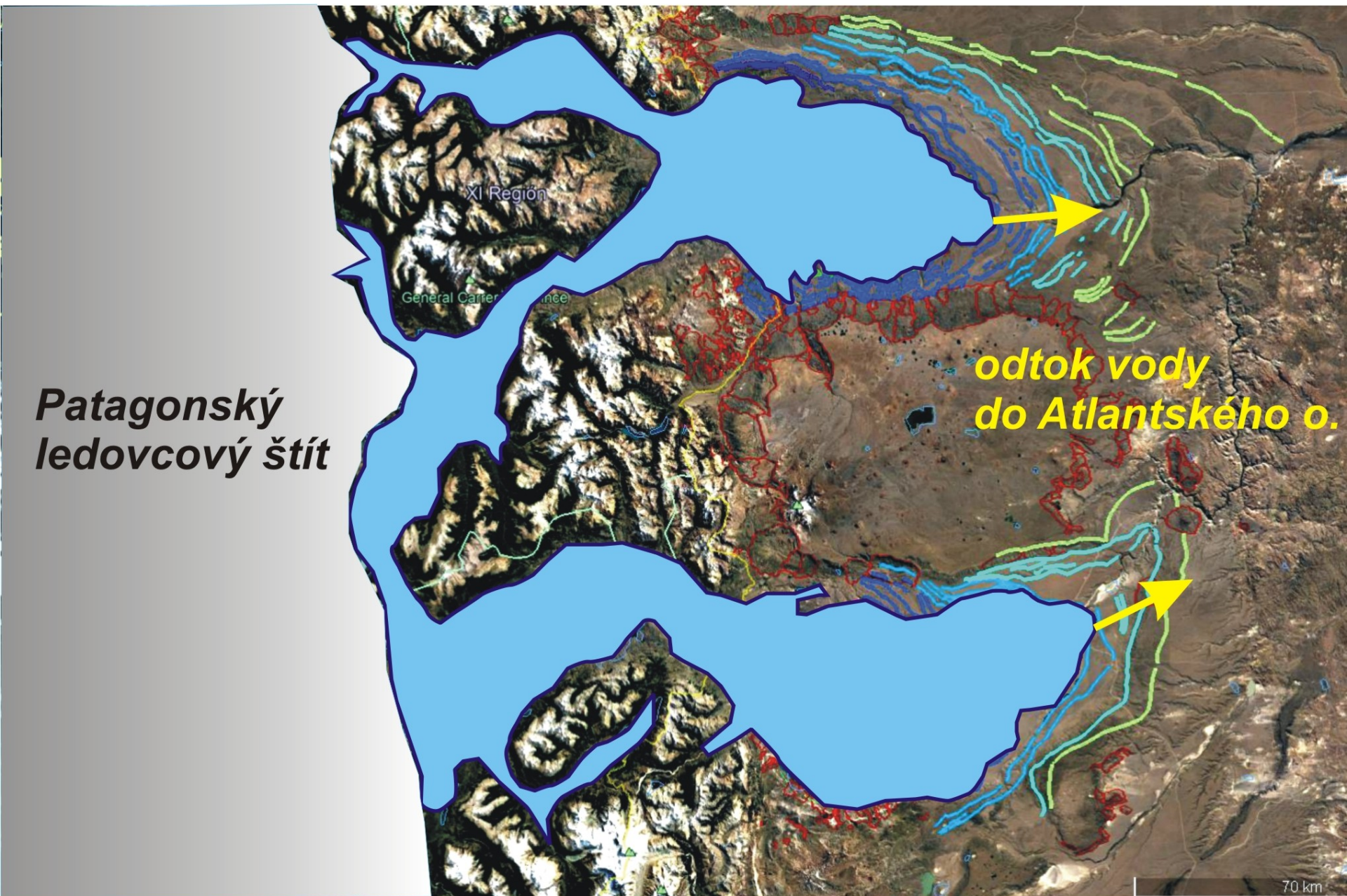
# Velká hustota sesuvů v okolí bývalých glaciálních jezer



Ca 50 velkých sesuvů vzniklo podél pobřeží spojeného glaciálního jezera LBA/LP



# Spojené LBA/LP proglaciální jezero (~11.5-8.5 ka)





# Rio Blanco (2.4 km<sup>3</sup>) – největší známý sesuv v moréně?



Sesuv vznikl mezi 11.5 – 8.5 ka – v období recese jezera



11.5 ka

10 ka

západní okraj sesuvu Rio Blanco

8.5 ka

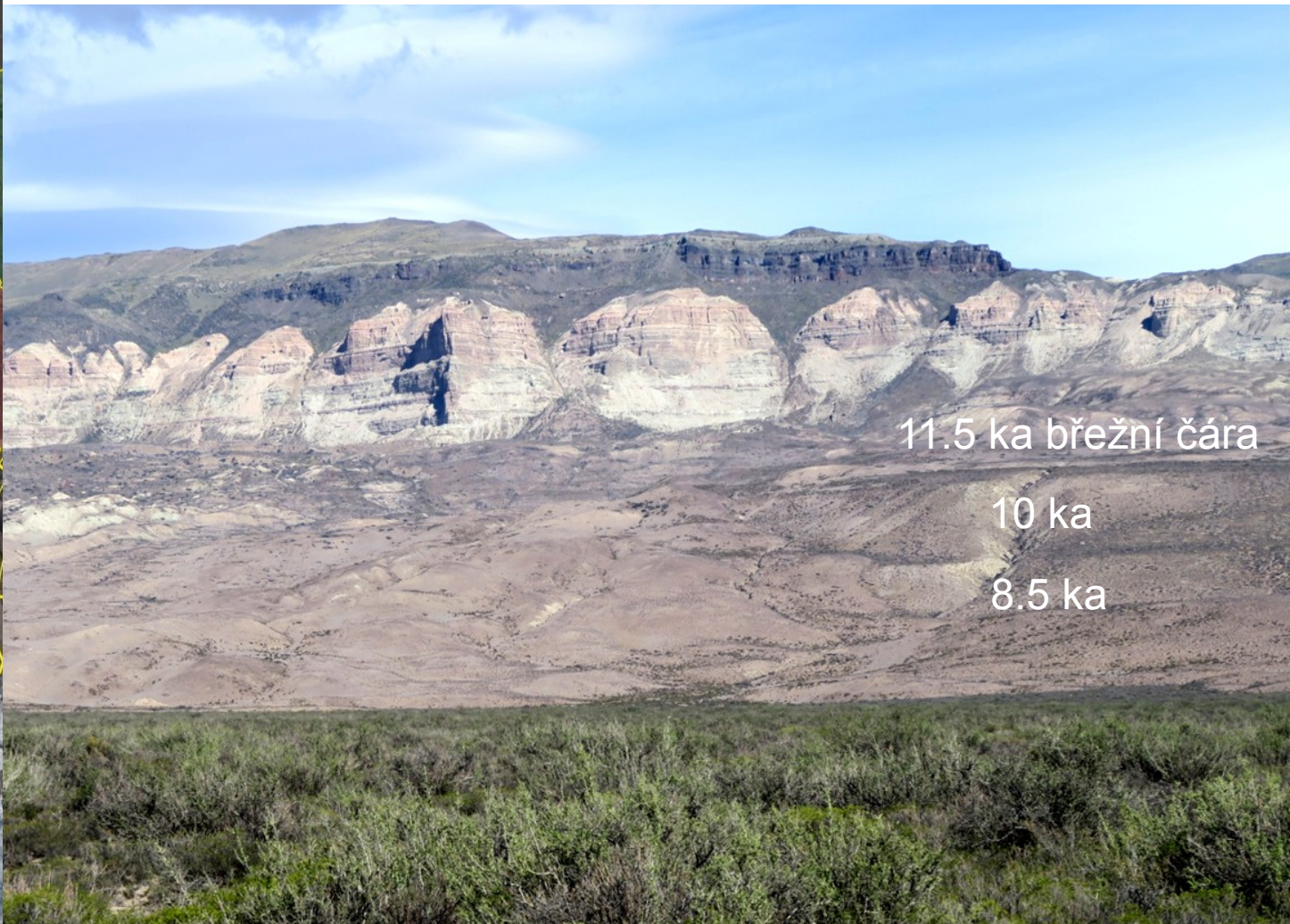
část sesuvu denodovaná  
jezerem



Materiál v čele sesuvu: till zavrásněný se  
slínovcem



# Komplex skalních lavin La Aurora



11.5 ka březní čára

10 ka

8.5 ka

**Sesuvy vznikly zřejmě mezi 8.5 až 8 ka (čelo sesuvu modelováno jezerem v posledním stádiu spojeného LBA/LP)**



# Závěry

Jedny z největších „clusterů“ megasesuvů na Zemi vznikly v důsledku pobřežních procesů (abraze, zvýšené pórové tlaky, degradace pevnosti hornin, změny polohy hladiny podzemní vody, izostatické efekty?)

Sesuvy se vyvinuly pouze v nestabilních horninových komplexech, nejčastěji sedimenty (samotné změny hladin nestačí)

Rozsáhlé sesuvy byly významnými procesy na pozadí „velkých kvartérních událostí“, jako jsou dramatické změny hladin moří a jezer na přelomu pleistocénu a holocénu

Můžeme očekávat rozsáhlé nestability podél současných pobřeží v důsledku stoupající hladiny světového oceánu?





***Děkuji za pozornost!***

**Spolupráce:**

**Prof. Oliver Korup  
Dr. Jan Lenart  
Doc. Jan Hradecký  
Dr. Václav Škarpich  
Prof. Jozef Minár  
Dr. Helena Hercman  
Dr. Règis Braucher  
a další**