



Horské zalednění a změny přírodního prostředí v kvartéru

Zbyněk Engel

katedra fyzické geografie a geoekologie

Katedra fyzické geografie a geoekologie, PŘF UK

- vznik 1991

Bakalářské studijní programy:

- Aplikovaná geografie (Fyzická geografie a geoinformatika)
- Geografie – kartografie
- Geografie se zaměřením na vzdělávání

Magisterské studijní programy:

- Fyzická geografie a geoekologie
- Krajina a společnost; Hydrologie a hydrogeologie

Doktorský studijní program:

- Fyzická geografie a geoekologie

Vědecko-výzkumné zaměření:

- Antropogenní procesy a jevy modelových lokalit a regionů.
- Fyzickogeografická hodnocení recentních procesů a jevů.
- Přírodní ohrožení a fyzickogeografické aspekty jejich rizik pro společnost.
- Vývoj přírodního prostředí a dynamika interakcí jeho složek.

Aktuálně řešené grantové projekty (GAČR):

- Časová a prostorová dynamika hydrometeorologických extrémů v horských oblastech ČR
- Dálkové vazby – hlavní stavební kameny atmosférické cirkulace
- Snižuje rostoucí koncentrace CO₂ citlivost evropských temperátních jehličnatých lesů?
- Vliv sezónní sněhové pokrývky na letní minimální průtoky: důsledky klimatických změn na hydrologické sucho
- Vývoj strukturních půd a jejich paleogeografický význam pro rekonstrukci přírodních podmínek střední Evropy v kvartéru

Doc. RNDR. Zbyněk Engel, Ph.D.

VŠ vzdělání:

- Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, doktorské studium (2003), habilitační řízení (2017), obor fyzická geografie

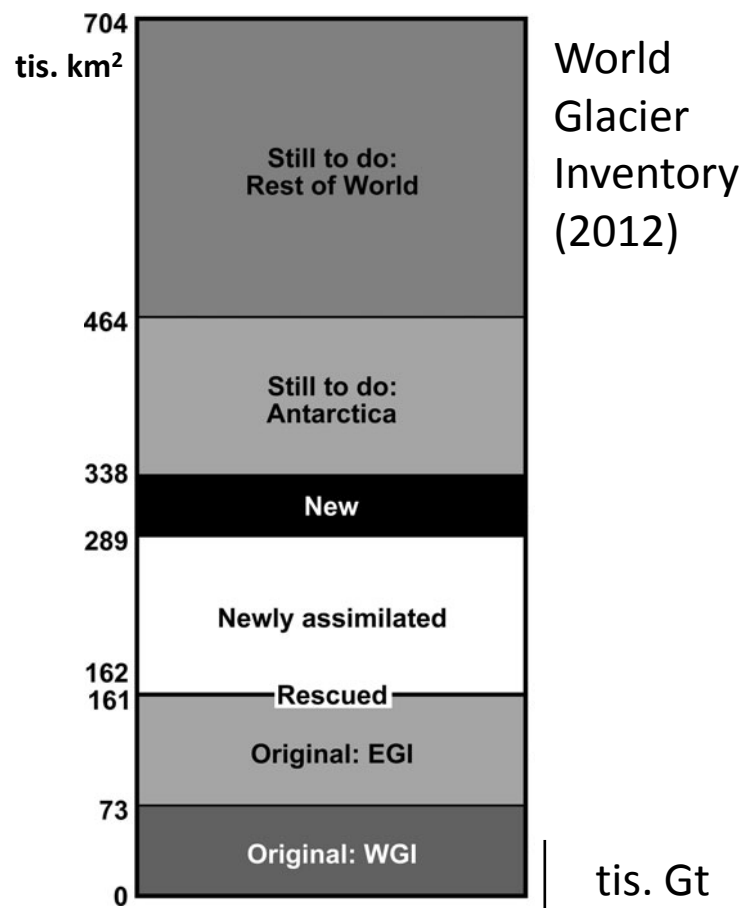
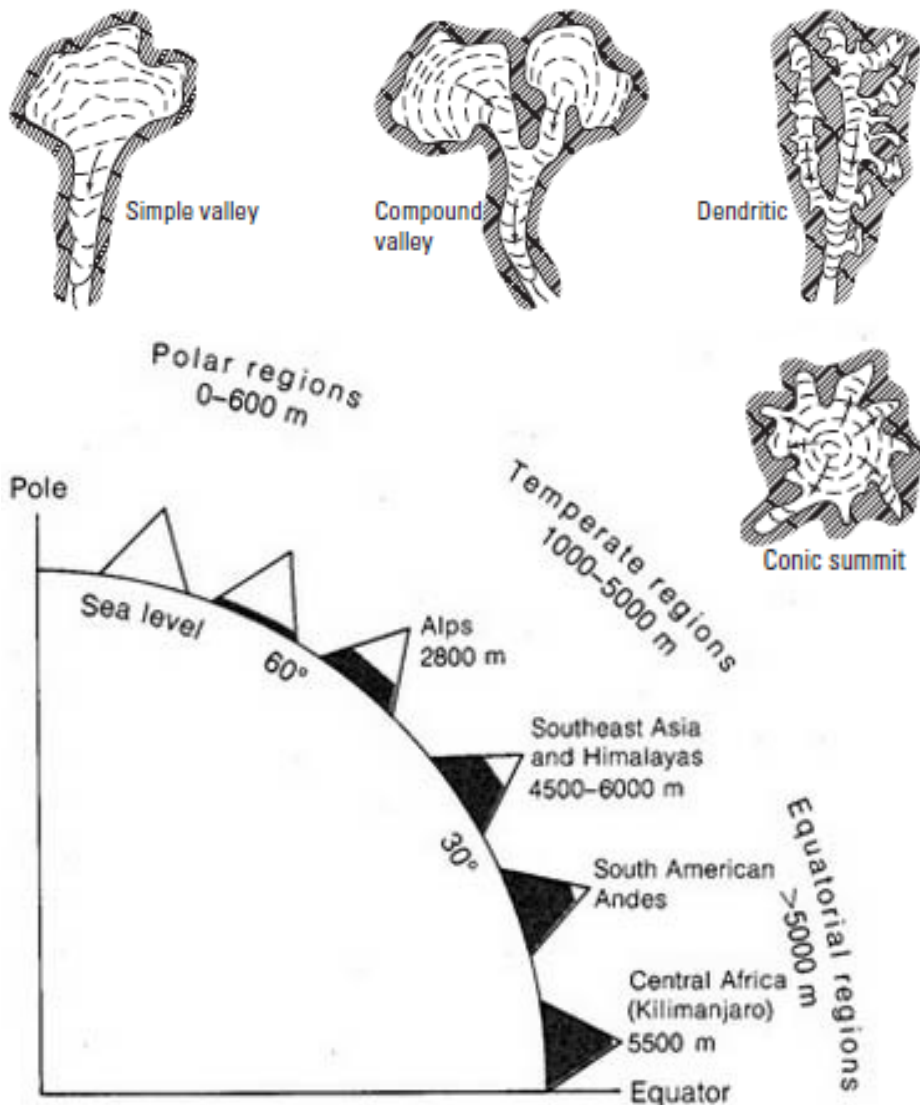
Profesní zkušenosti:

- 2001-4: Výzkumné centrum dynamiky Země
- od r. 2004: Katedra fyzické geografie a geoekologie, PŘF UK
- 2010-14: Centrum polární ekologie, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- 2013-17: Grantová agentura ČR

Výzkumné zaměření:

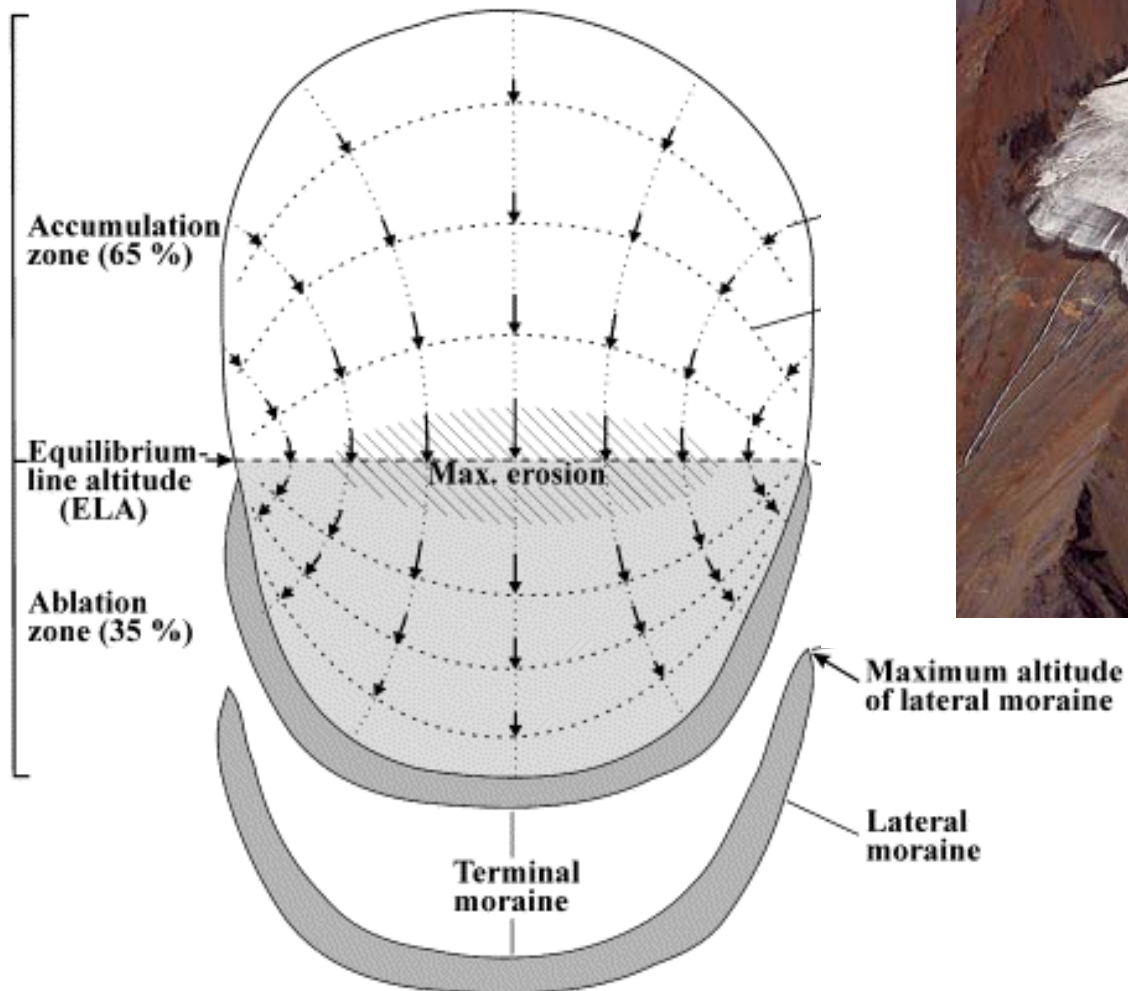
- vývoj reliéfu Českého masívu v kvartéru
- recentní změny zalednění horských a polárních oblastí (Andy, Ťan-Šan, Vysoké Tatry, ostrov Jamese Rosse, Svalbard)

horské ledovce na Zemi

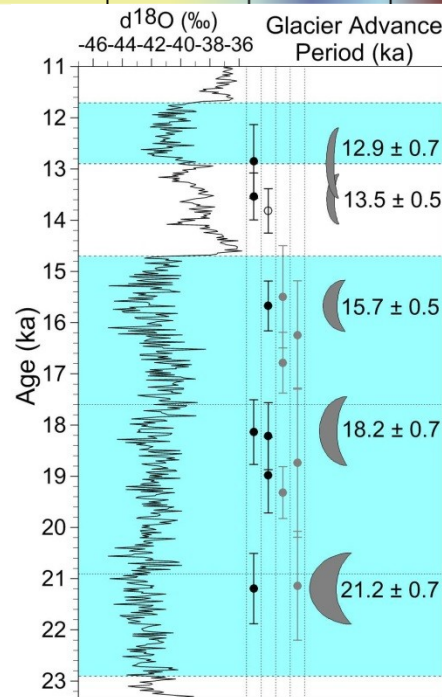
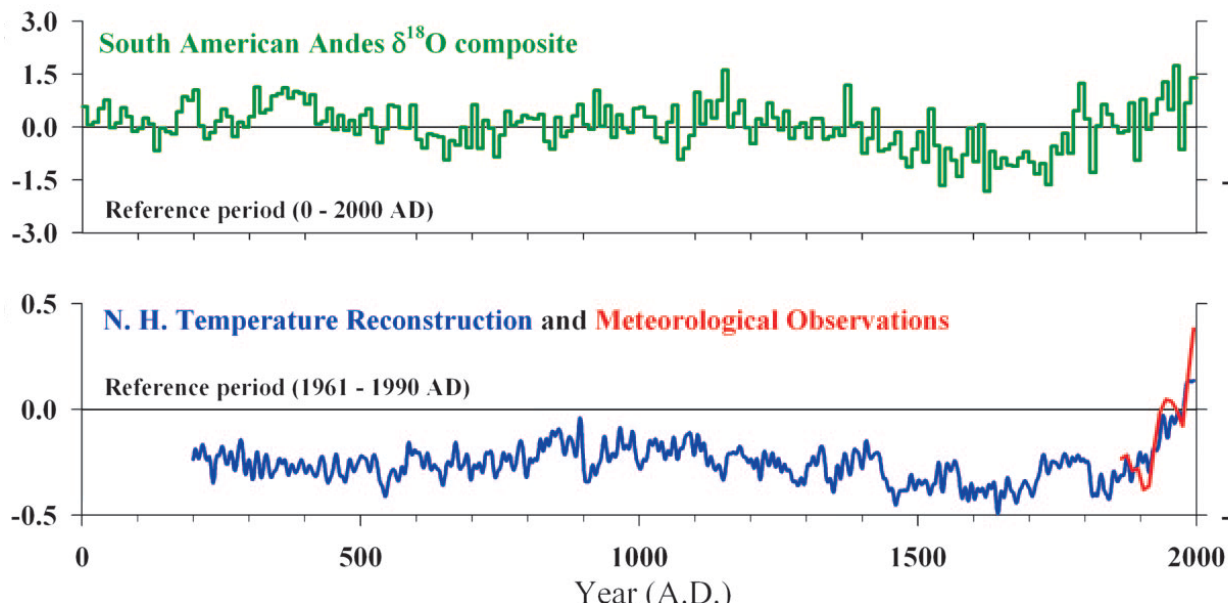
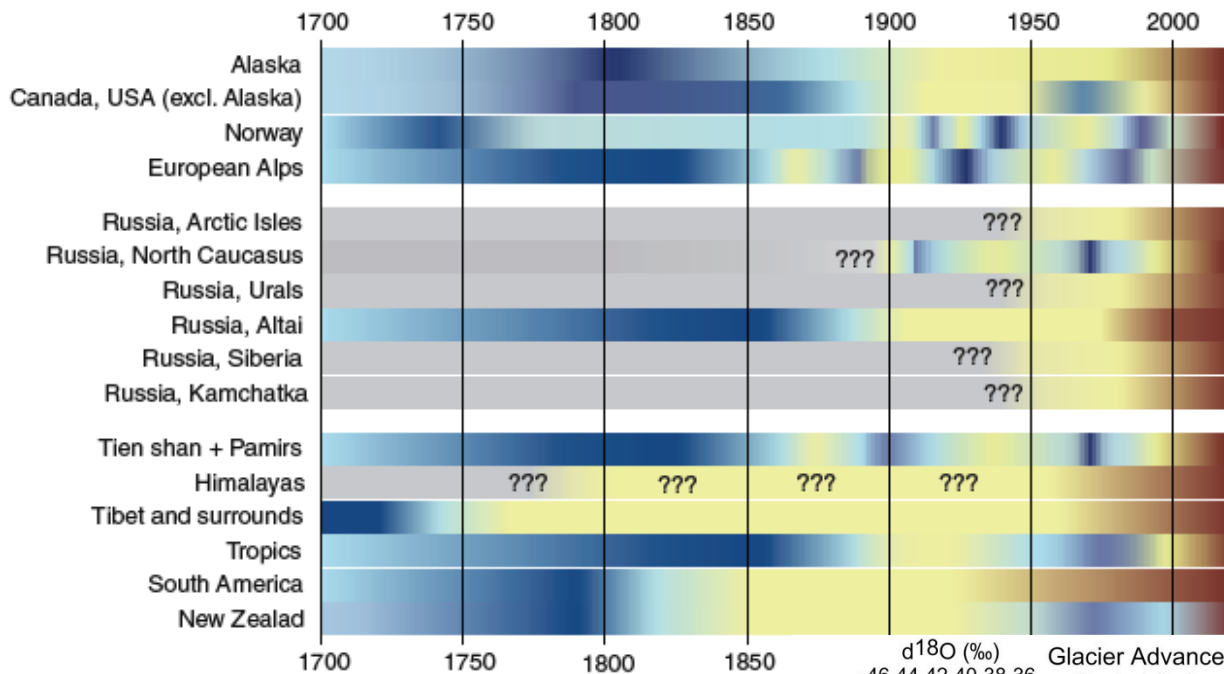
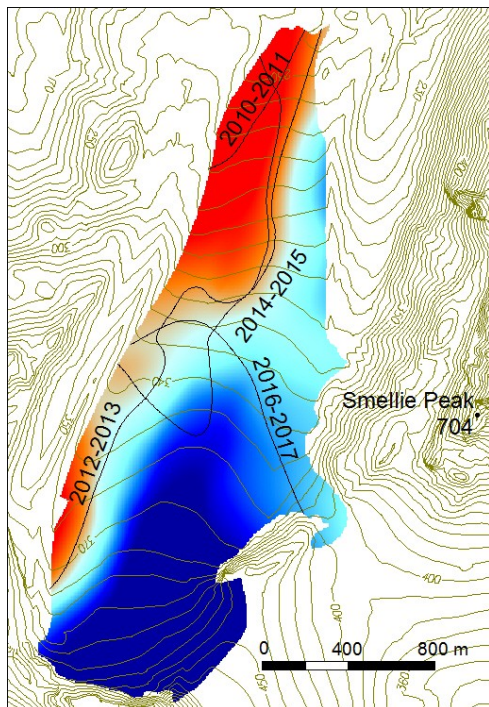


Study	Area (tis. Gt)
Marzeion & al. (2012)	169
Huss & Farinotti (2012)	153 ± 21
Grinsted (2013)	127 ± 25
Radić & al. (2014)	147

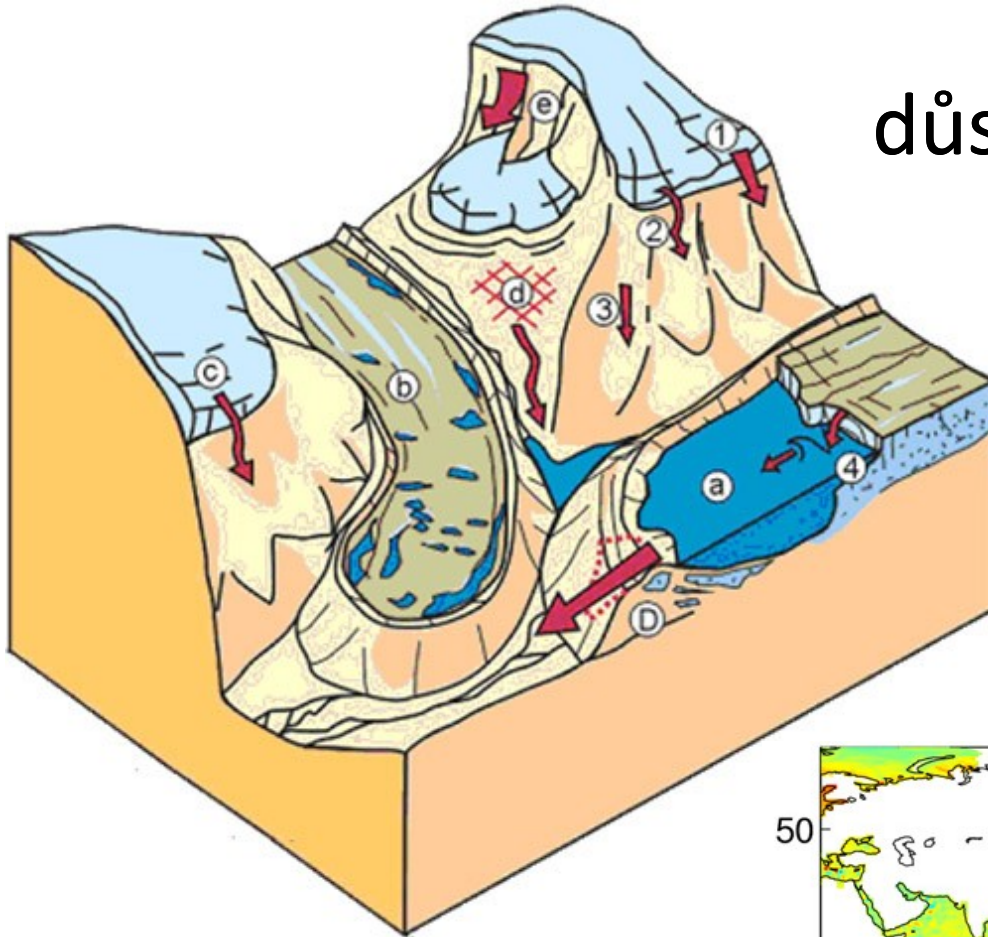
bilance ledovcové hmoty



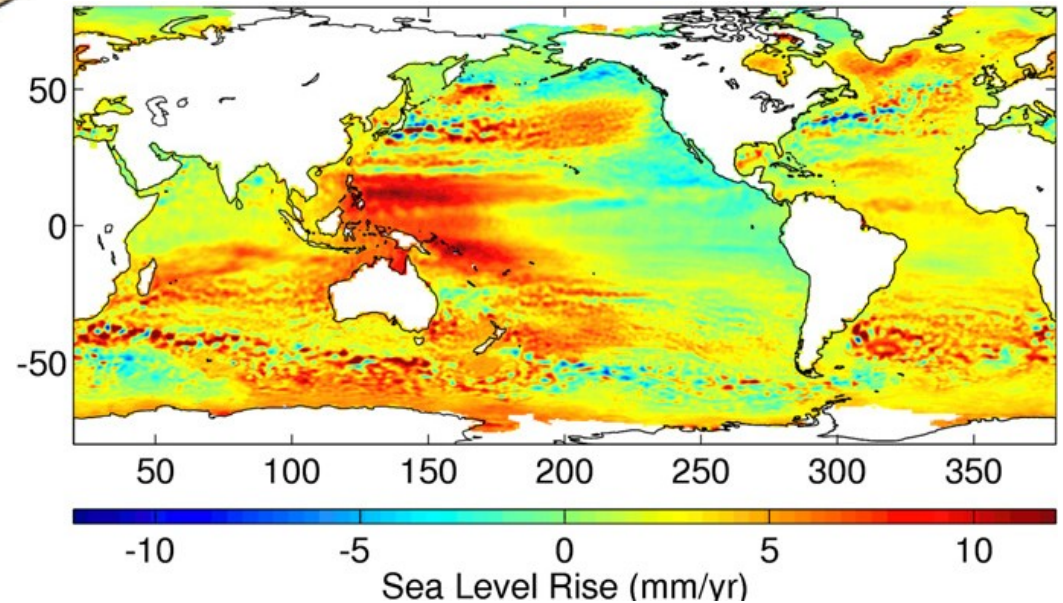
- rovnovážná linie
- délka ledovce

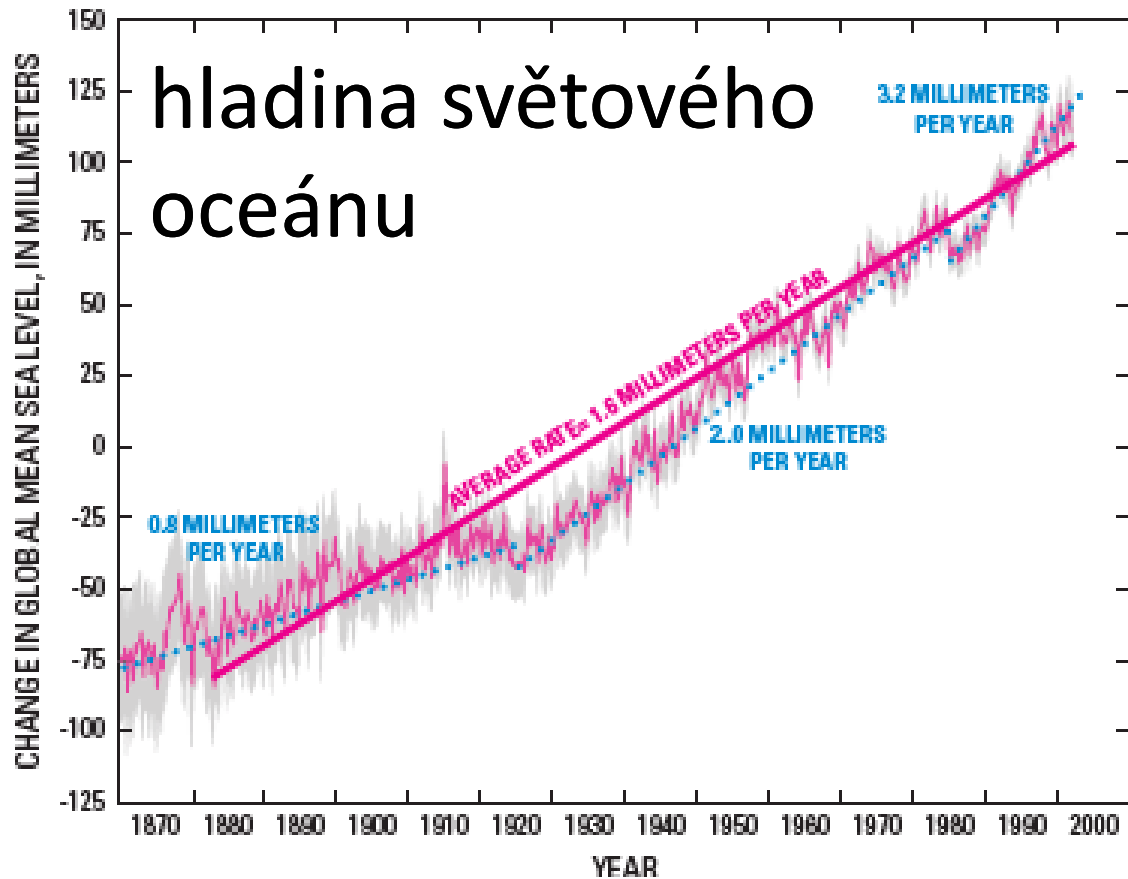


důsledky tání ledovců



- hydrologické změny (přírodní zdroje)
- rizikové procesy
- světový oceán



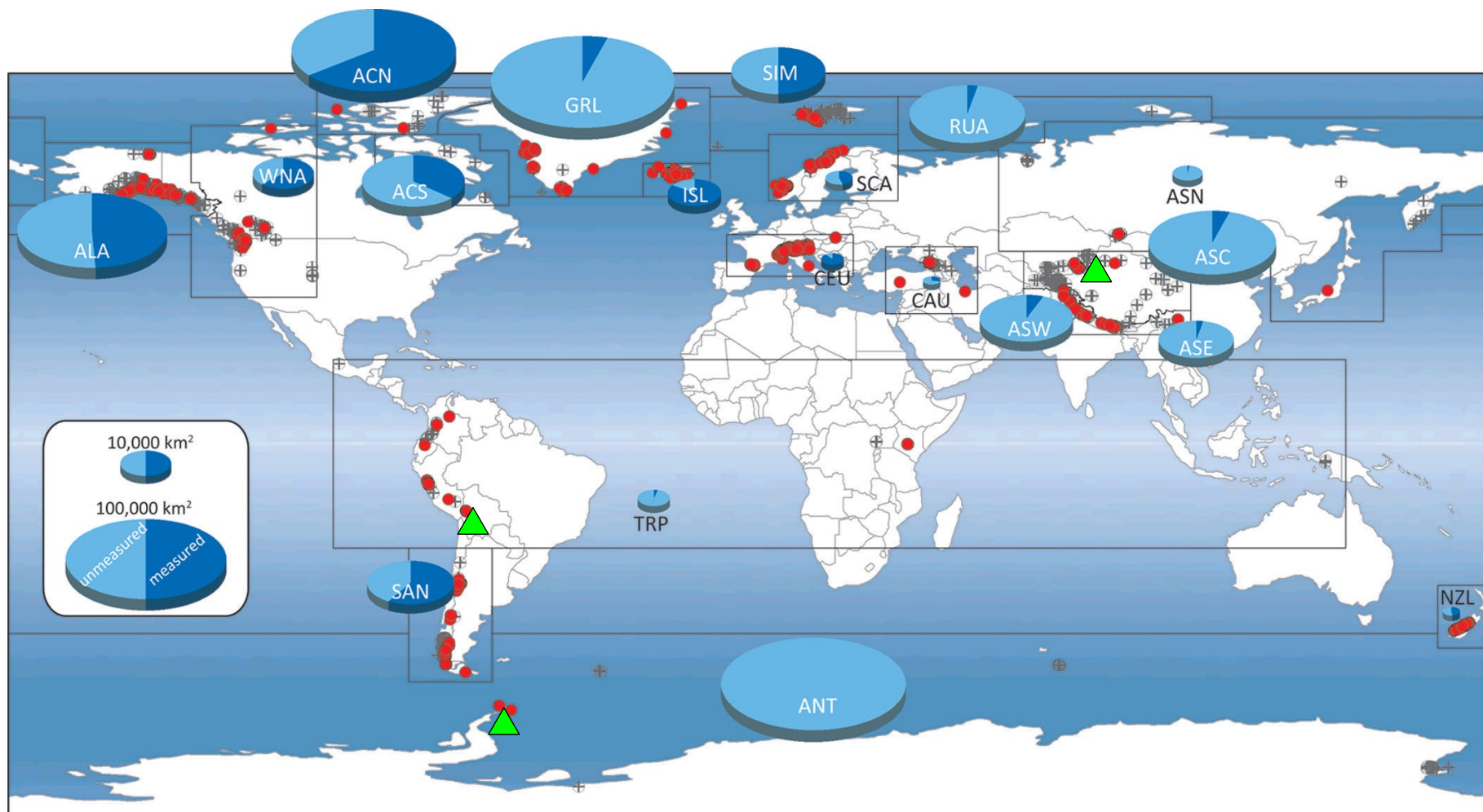


- nedostatečné zastoupení regionů, velkých ledovců
- neznámé velikostní rozdělení
- nepřesná rozloha, objem ledovců

Rate of rise in sea level
(millimeters per year)

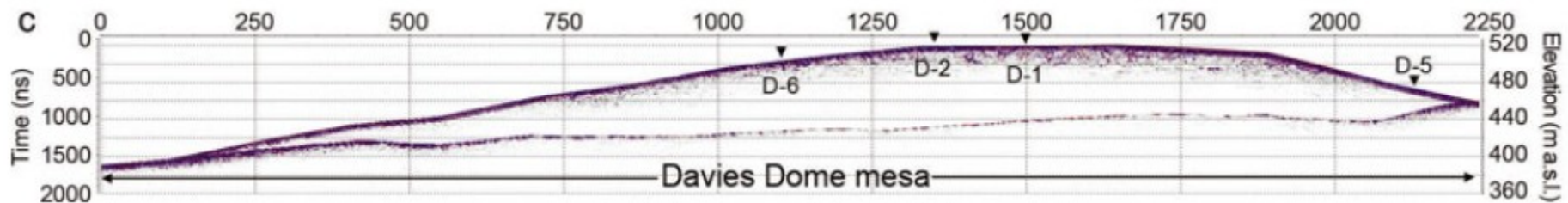
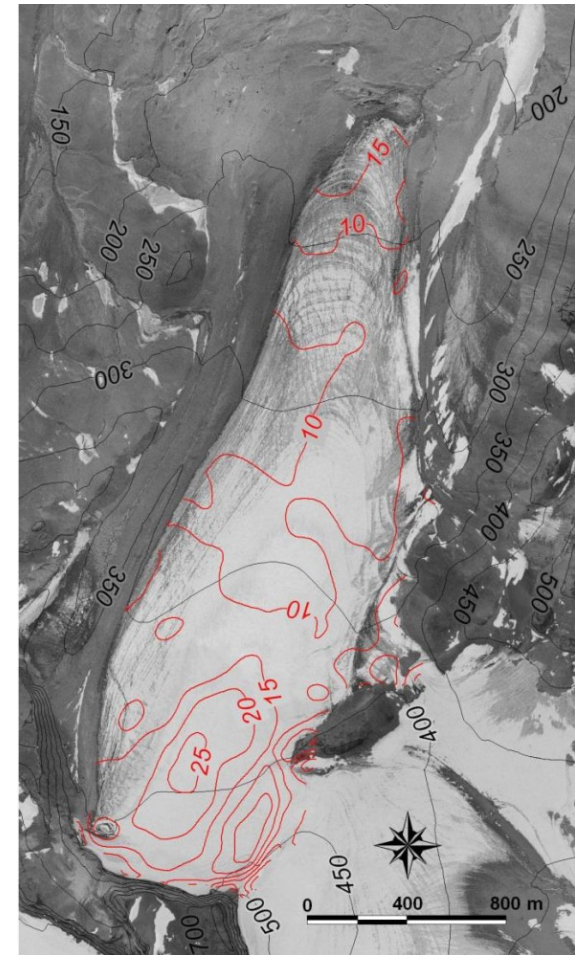
	1961–1993	1993–2003
Thermal expansion	0.42 ± 0.12	1.6 ± 0.5
Non-ice-sheet glaciers	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
Greenland ice sheet	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Antarctic ice sheet	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35

Recentní změny ledovců a glaciálního reliéfu



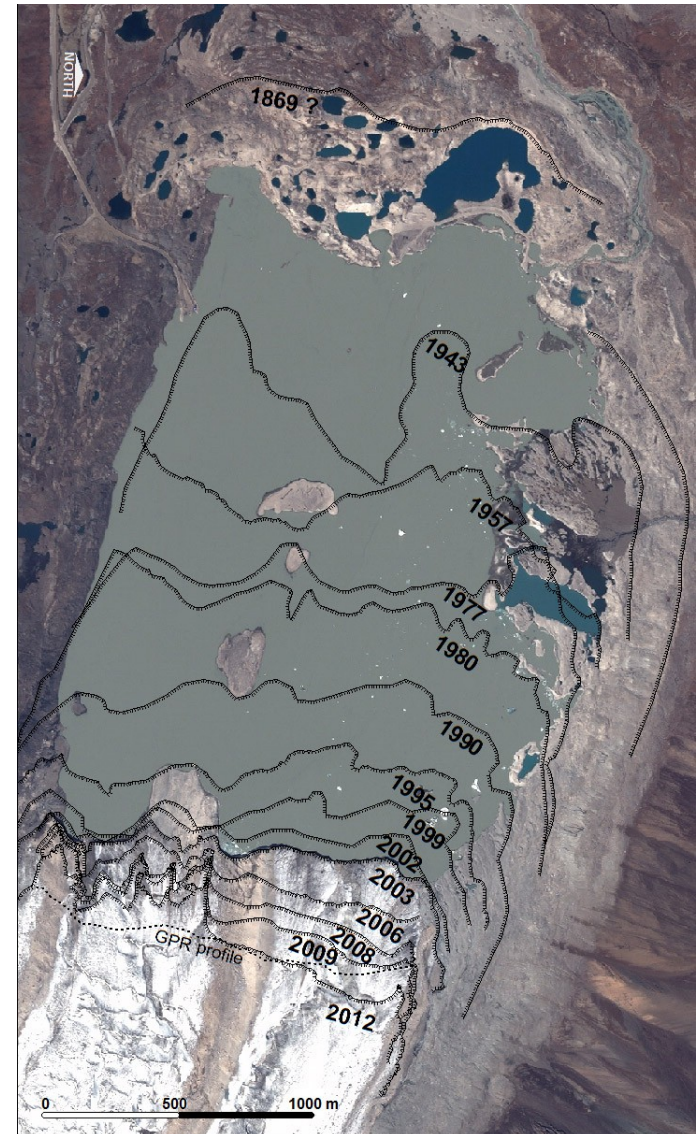
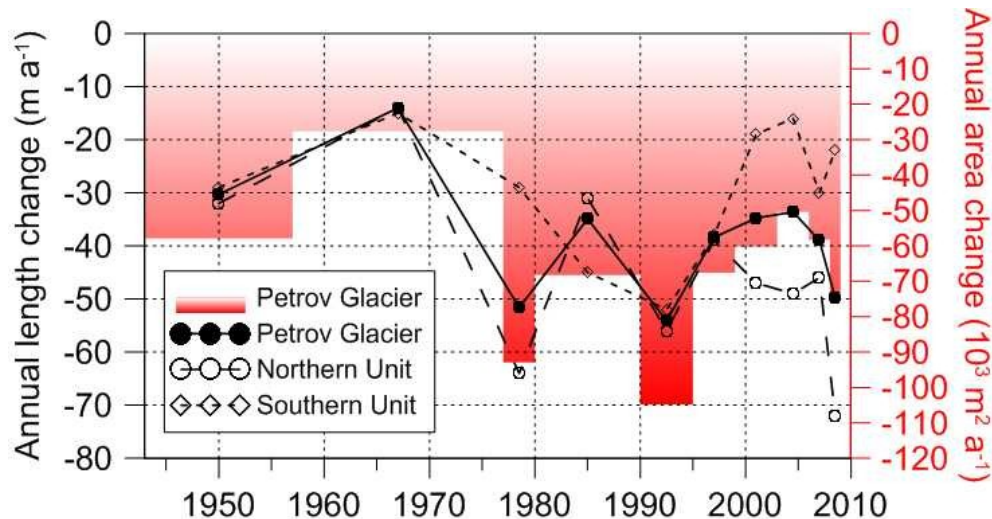
Okrajová část Antarktidy

- nárůst teplot vzduchu od pol. 20. stol.: $2,5^{\circ}\text{C}$ (Turner & al., 2005)
- Engel & al. (2012a):
 - prostorové modely ledovců a subglaciálního reliéfu
 - průměrný roční úbytek rozlohy ledovců 0,4–0,8% (1979–2006)
 - zánik ledovců za ~ 100 –250 let při zachování současného trendu



Centrální Ťan-Šan

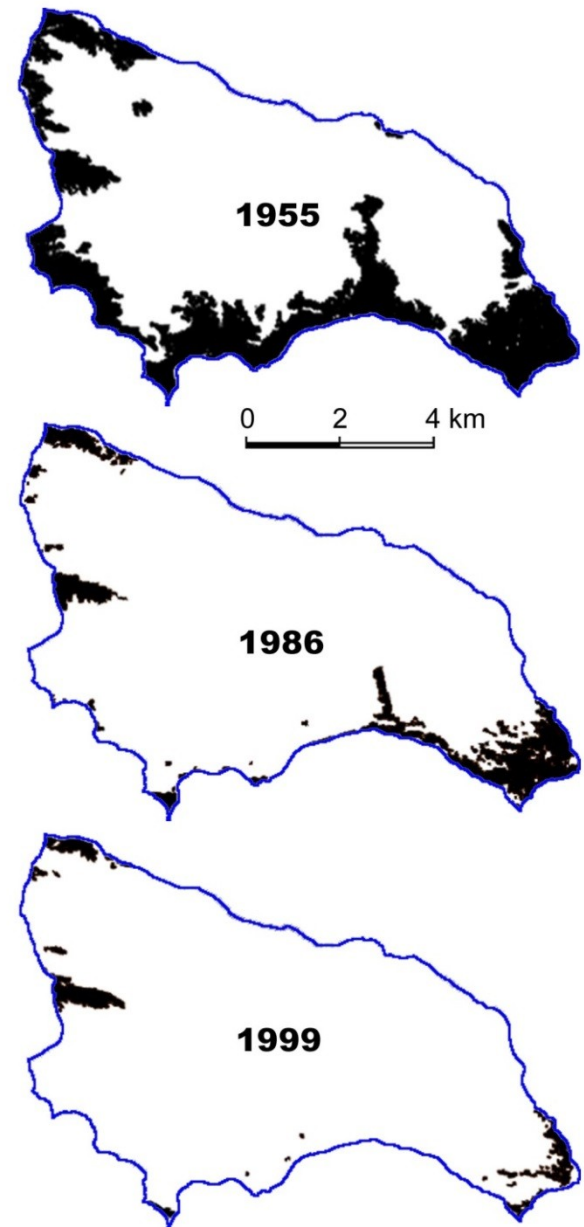
- nárůst letní teploty vzduchu od r. 1930: $0,9^{\circ}\text{C}$ (Aizen & al., 2007)
- Engel & al. (2012b):
 - nejrychlejší ústup ledovce 1990–95
 - korelace změn délky s \emptyset teplotou ablační sezóny (1930–1997)



Tropické Andy

- nárůst letní teploty vzduchu od r. 1939: 0,7°C (Vuille & al., 2008)
- Janský & al. (2011):
 - 60% úbytek plochy svahových ledovců (1955–2000)
 - zánik ledovců na počátku 20. století
 - výskyt sněžníků nad hranicí 5400 m n.m.

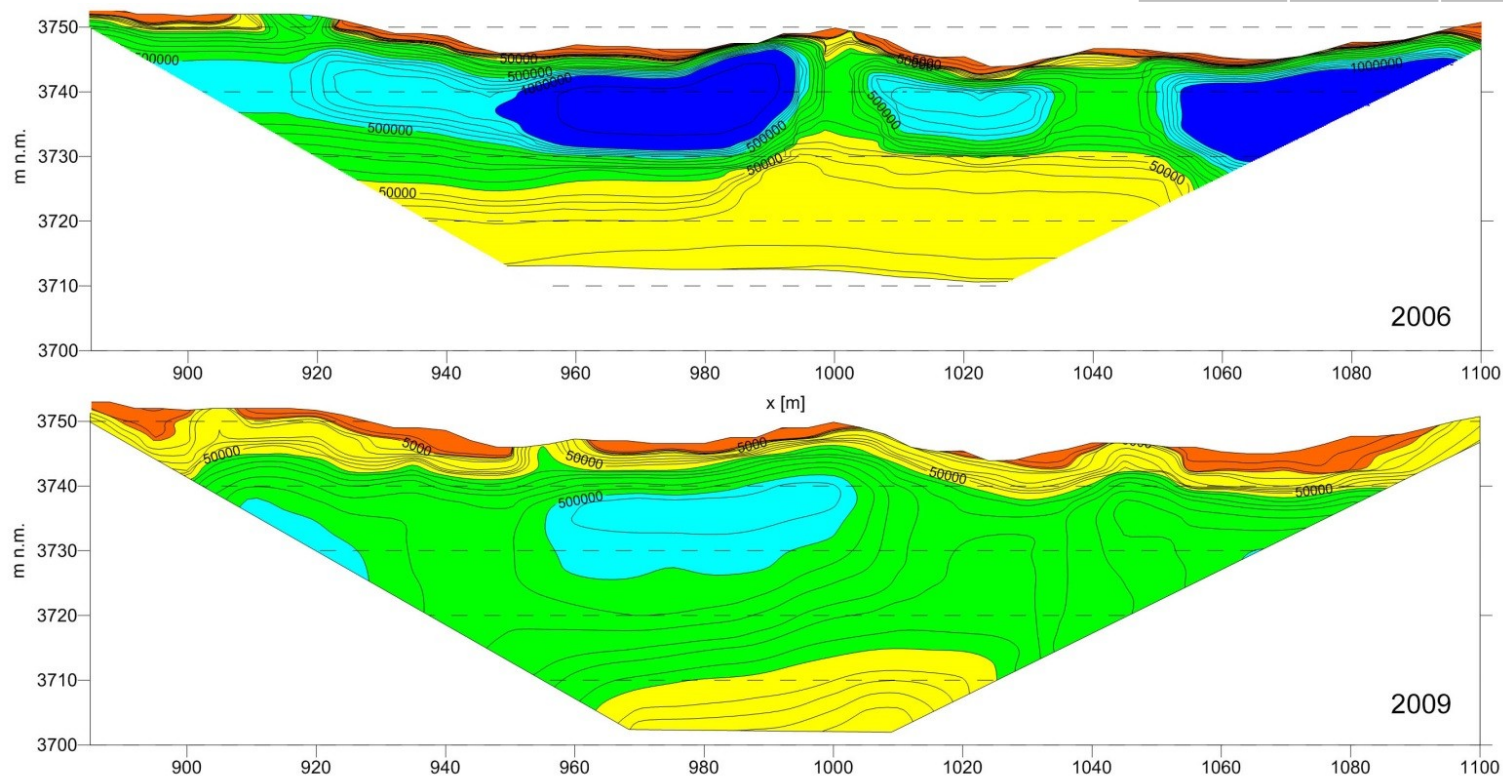
Glacier	Area (km ²):				Maximum altitude (m)	Orientation
	1955	1986	2000	2007		
Mismi	0.57	0.50	0.45	–	5628	NW
Chayco	0.72	–	–	–	5200	NW
Quehuisha	0.97	0.20	0.20	–	5358	N
Calomoroco	0.42	–	–	–	5340	NE
Ccaccansa	0.66	0.60	0.51	–	5435	S
Cututi	0.50*	0.40	0.38	–	5360	S
Total	3.84	1.70	1.54	0.00		



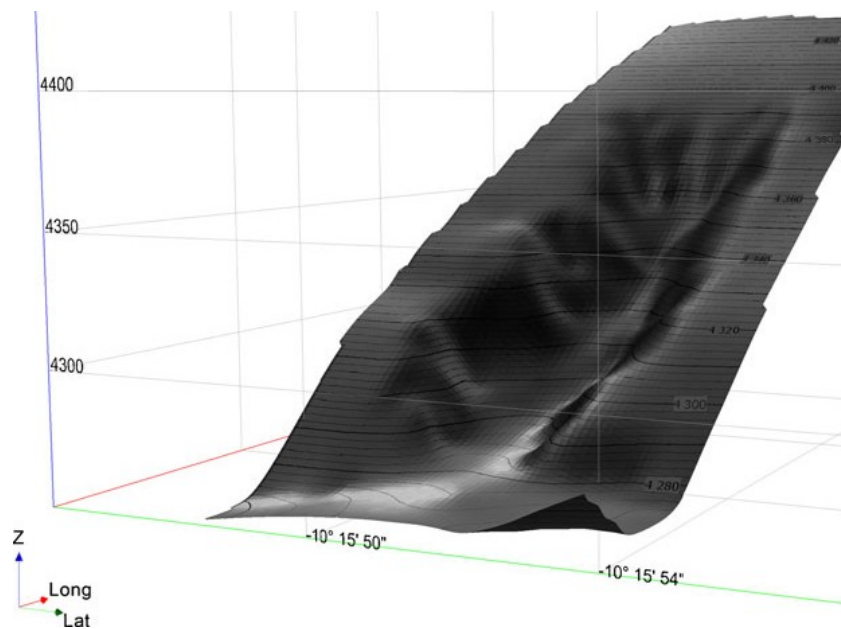
Změny reliéfu v proglaciální zóně

- Janský & al. (2009), Engel & al. (2012b):
 - růst plochy a objemu proglaciálních jezer
 - tání ledových jader morénové hráze
 - prohlubování termokrasových depresí

Year	Area [km ²]	
	Total	Per year
1943	0.85	-
1957	0.96	0.008
1978	1.63	0.032
1980	1.83	0.100
1995	2.78	0.063
2003	3.66	0.110
2006	3.80	0.047
2008	3.88	0.037
2009	3.94	0.059

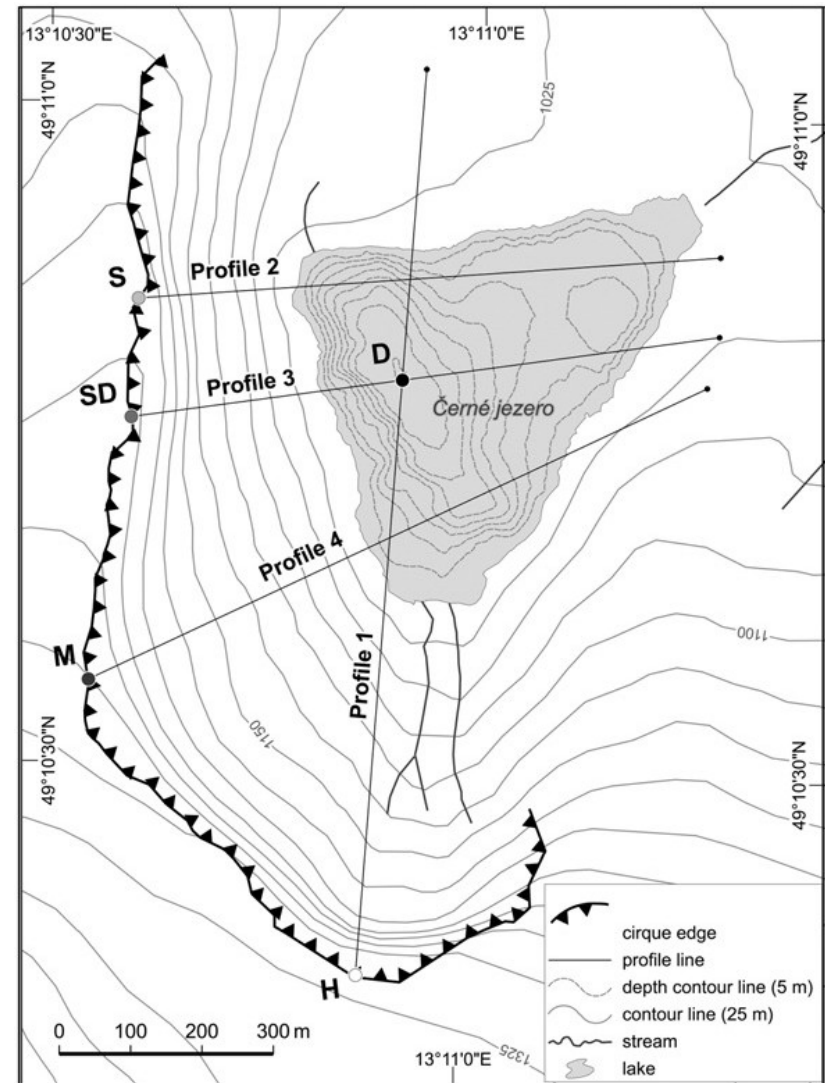
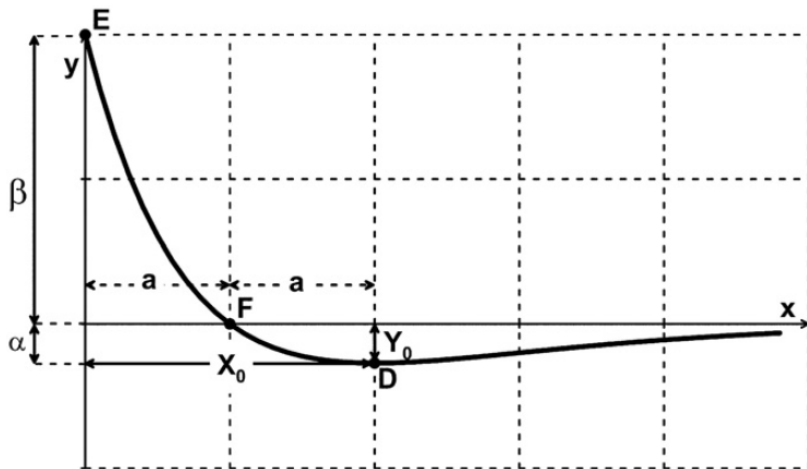


Geomorfologický výzkum glaciálního reliéfu



Morfometrická analýza erozního ledovcového reliéfu

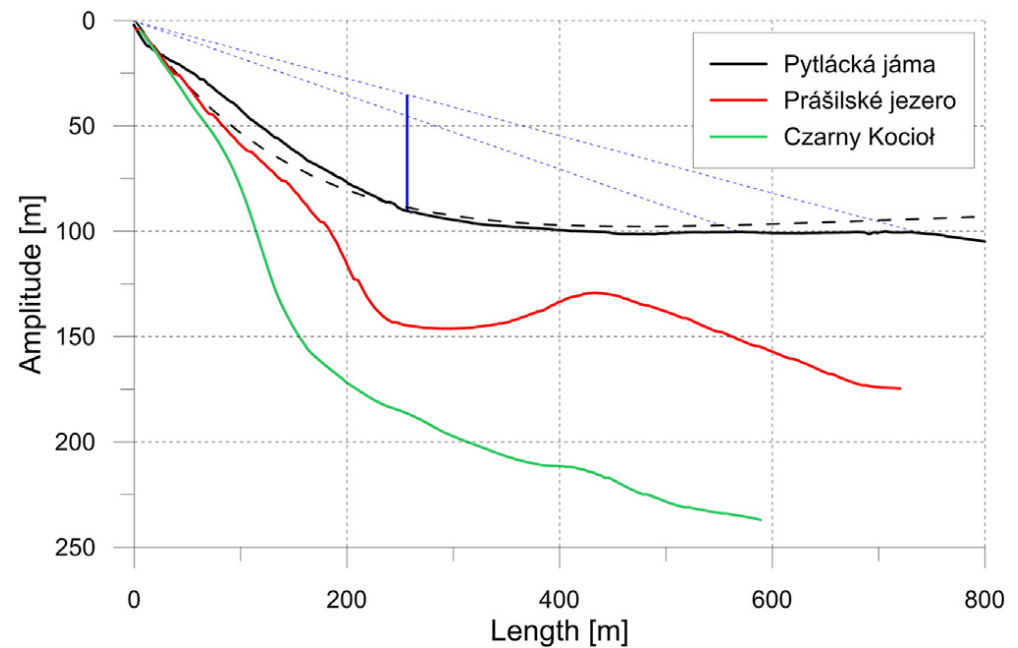
- proxy indikátor (rozsah a vývoj zalednění, regionální paleoklimatické podmínky)
- Křížek & al. (2012)
- glaciální přehloubení karu
- $y = k(1-x)e^{-x}$



geneze svahových depresí

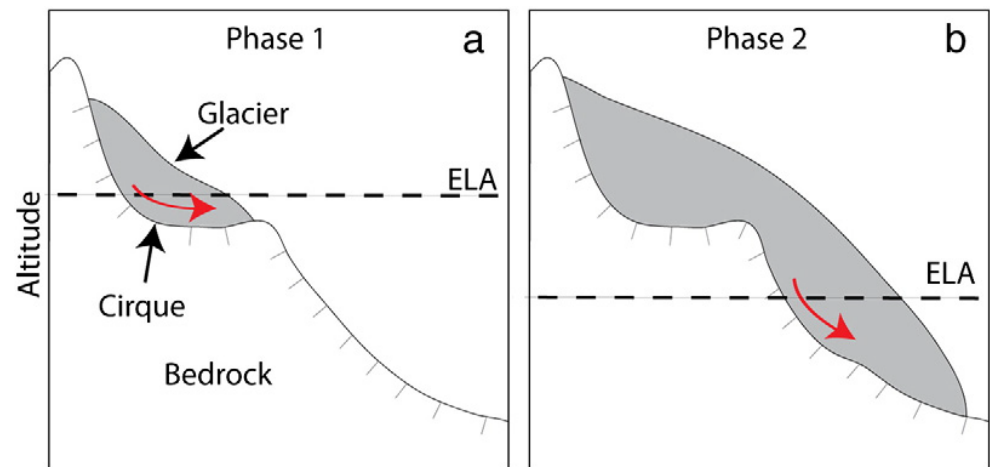
Mîndrescu & Evans (2014)

Engel & al. (2017)



rekonstrukce rozsahu zalednění a paleoklimatických podmínek

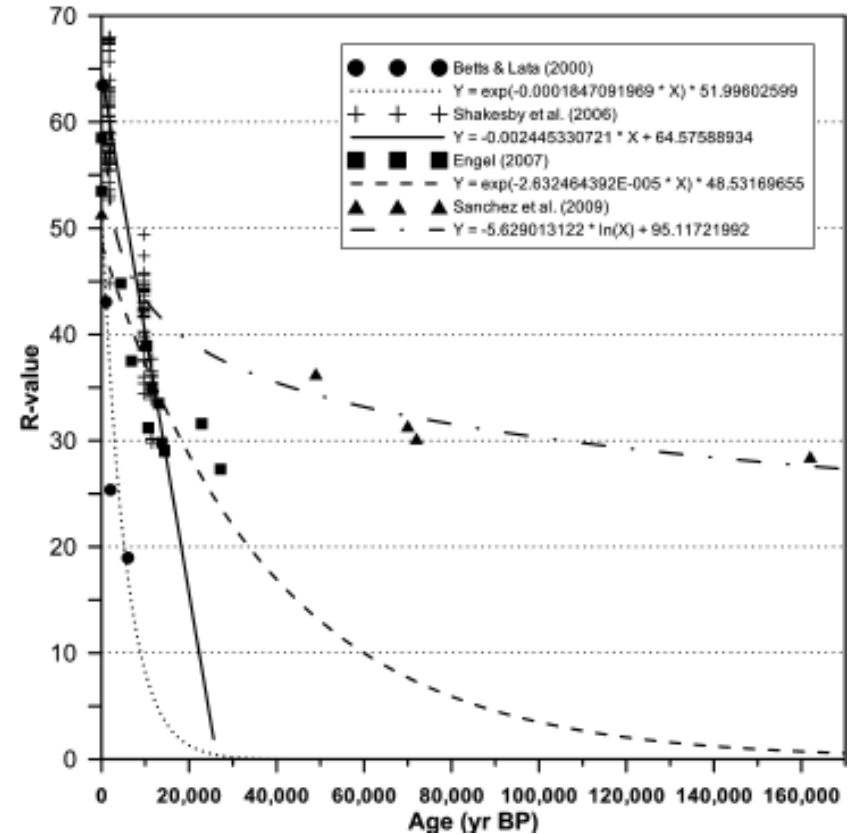
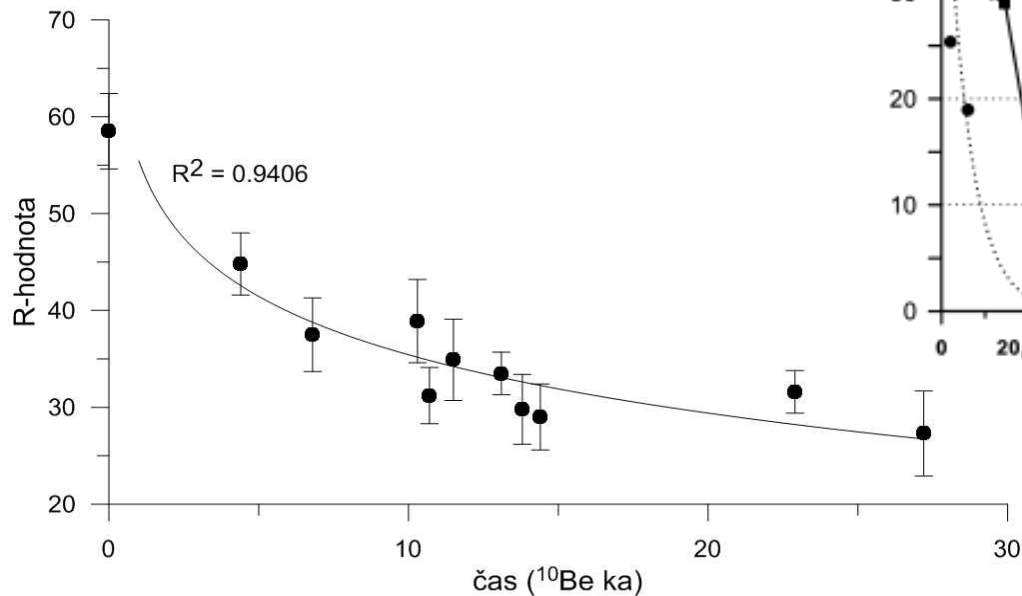
Barr & Spagnolo (2013, 2015)



Datování glaciálních tvarů reliéfu

Engel (2007), Černá & Engel (2011)

- geochronologická interpretace
- nelineární vztah R-hodnota/
expoziční stáří
- pokles rozlišení metody
s narůstajícím stářím povrchu



datování periglaciálních, glaciálních a fluviálních tvarů reliéfu

Böhlert & al. (2011)

Kłapyta (2013)

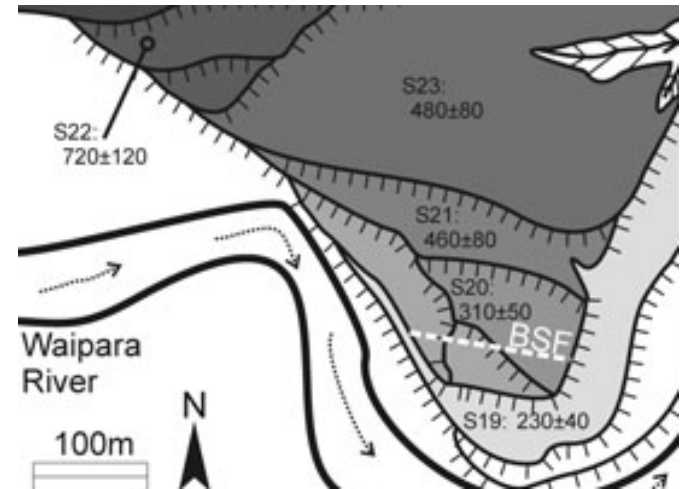
Winkler (2014)

Stah & al. (2015)

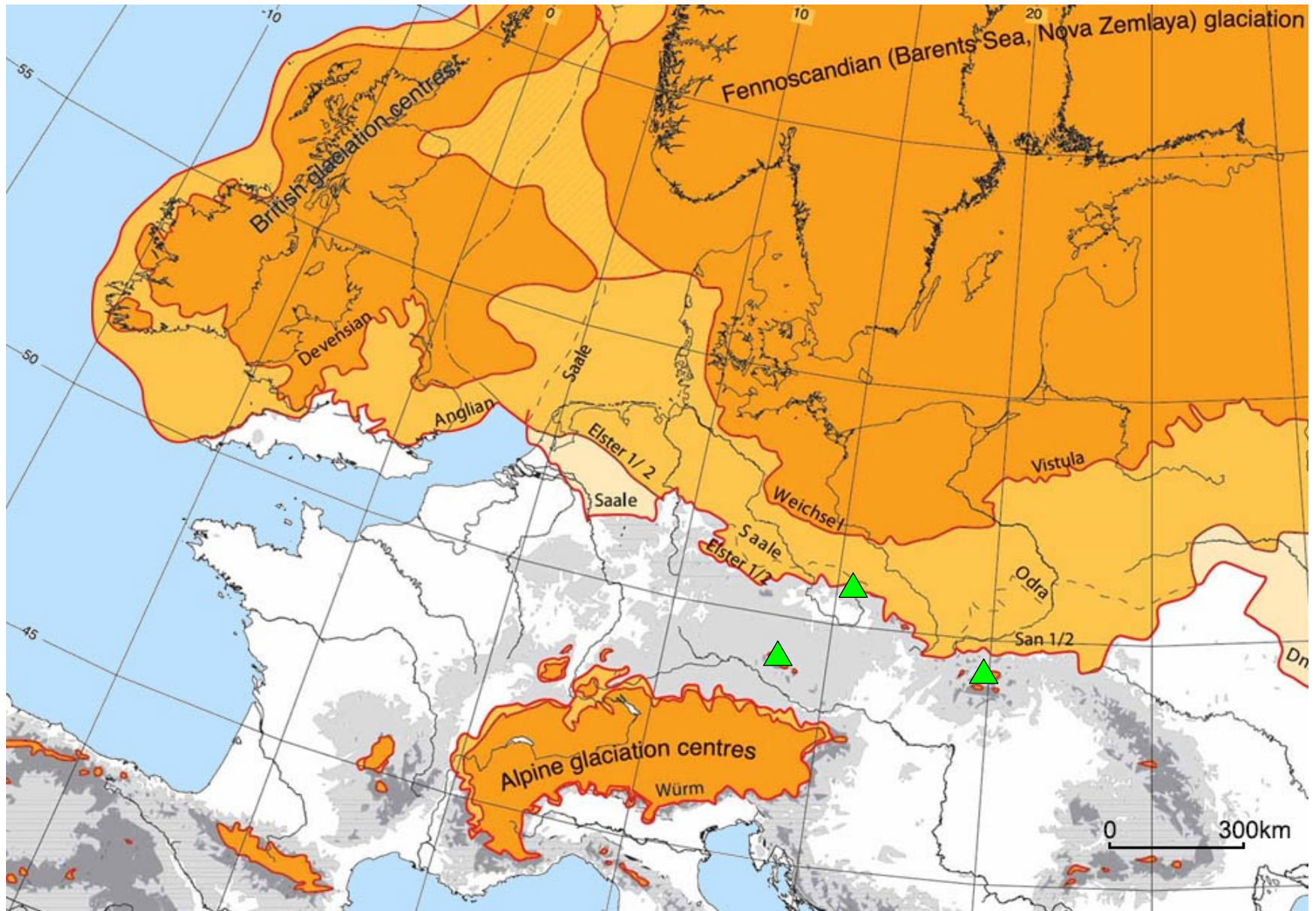
Tomkins & al. (2016)



R value = 60.0 ± 0.8



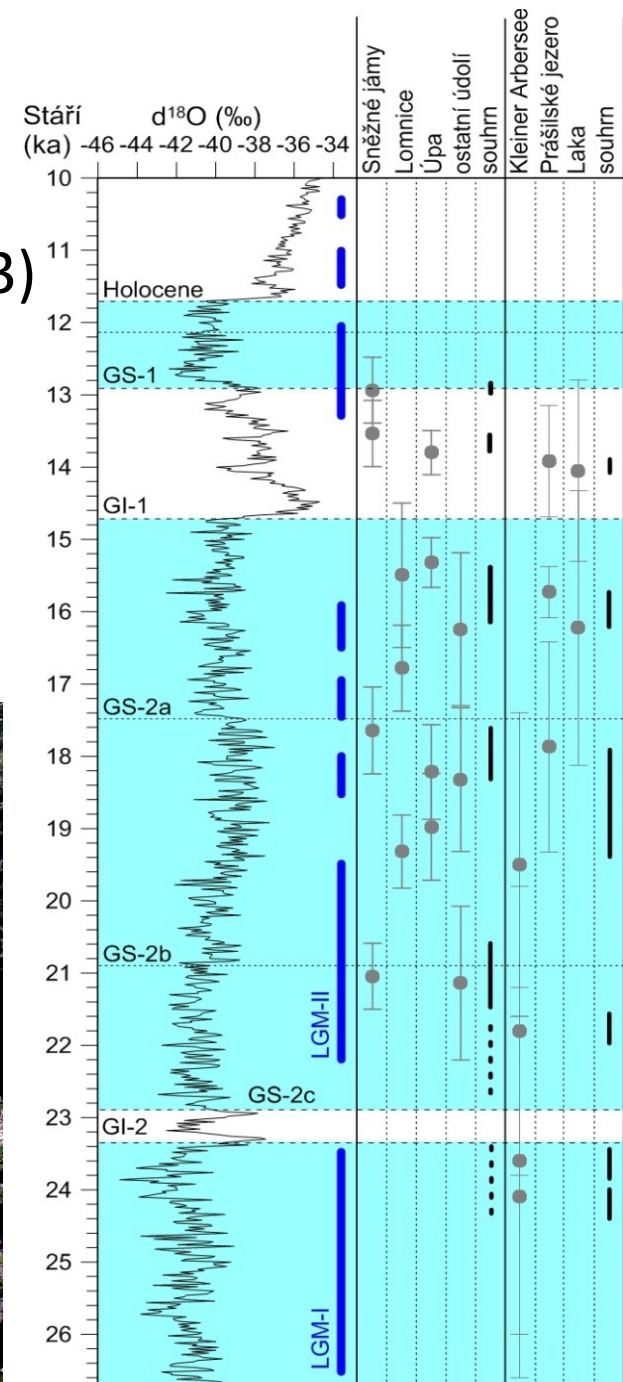
Paleogeografický výzkum horského zalednění



Horské zalednění Českého masivu

Engel & al.(2010,2014), Mentlík & al.(2013)

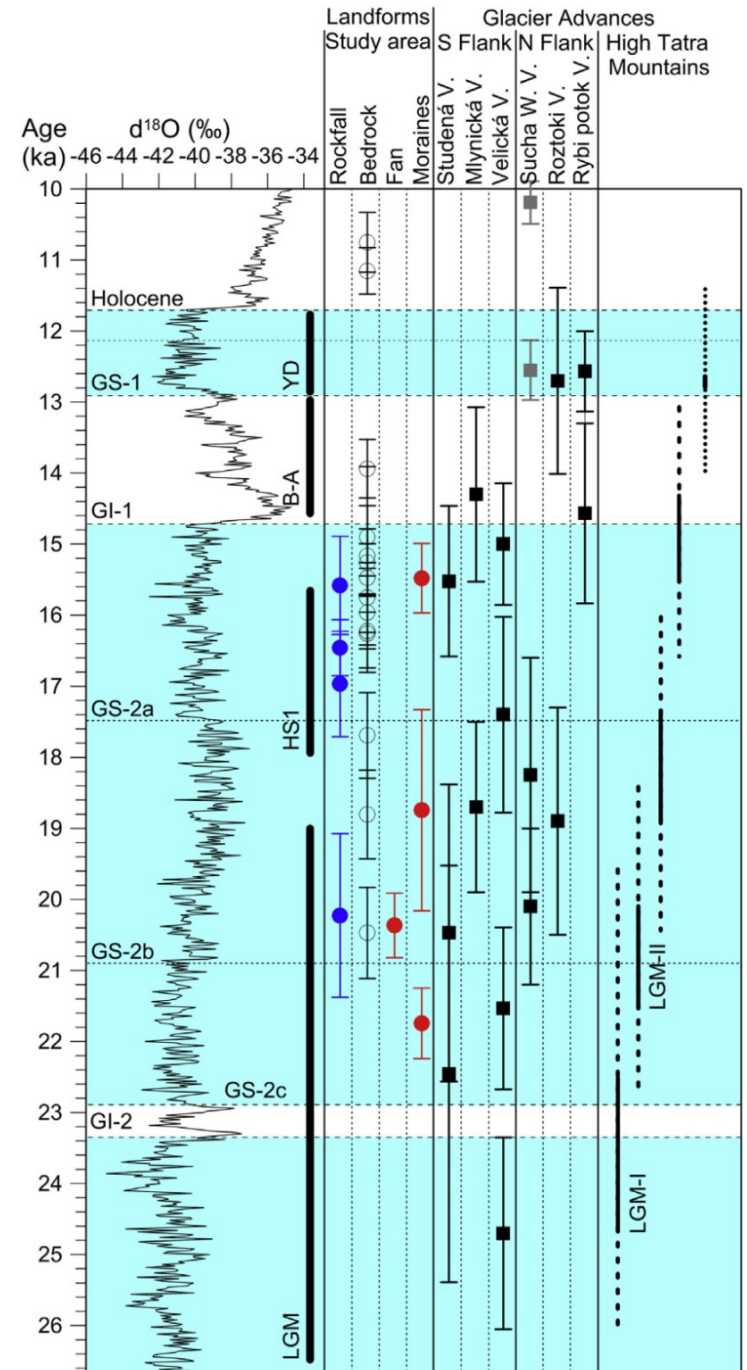
- vznik nejstarších morén před 20-24 ka
- následné postupy ~18, 16, 14 a 13 ka
- mladý dryas: ledovce v severně orientovaných karech



Chronologie zalednění V. Tater

Engel & al. (2015)

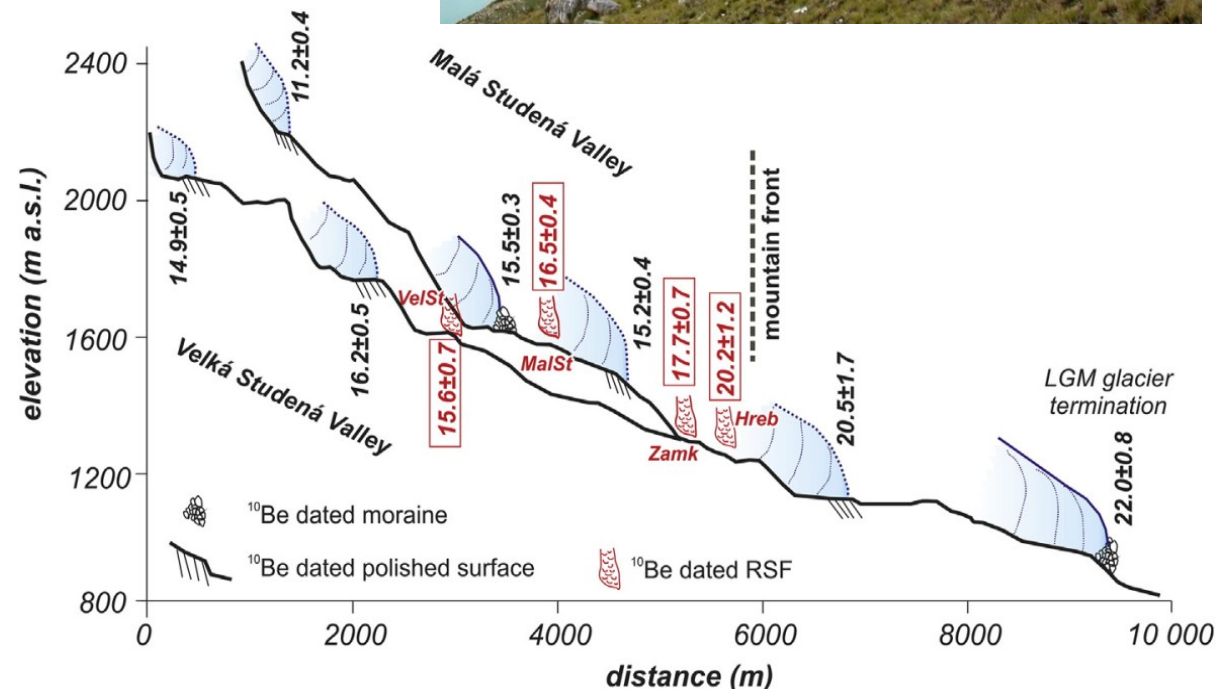
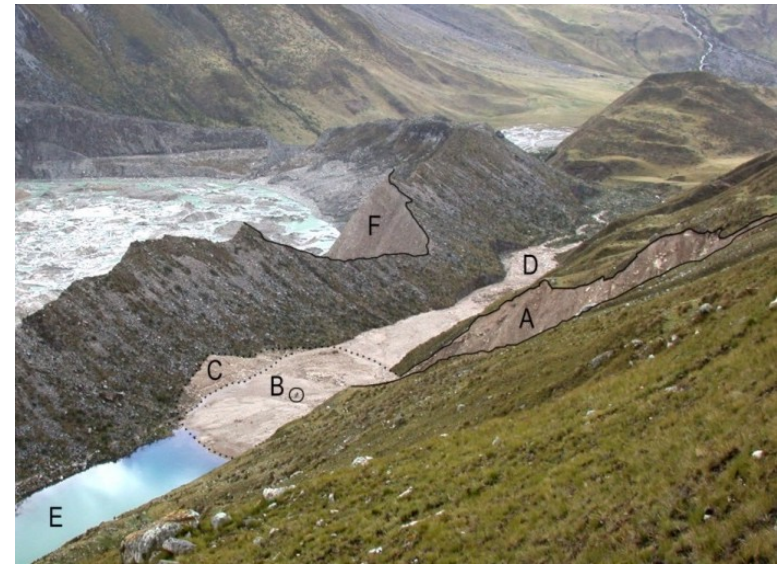
- vznik povrchů v posl. glaciálu
- maximální zalednění před ~22 ka
- postupy ledovců v pozdním glaciálu
- zánik ledovců před ~11 ka

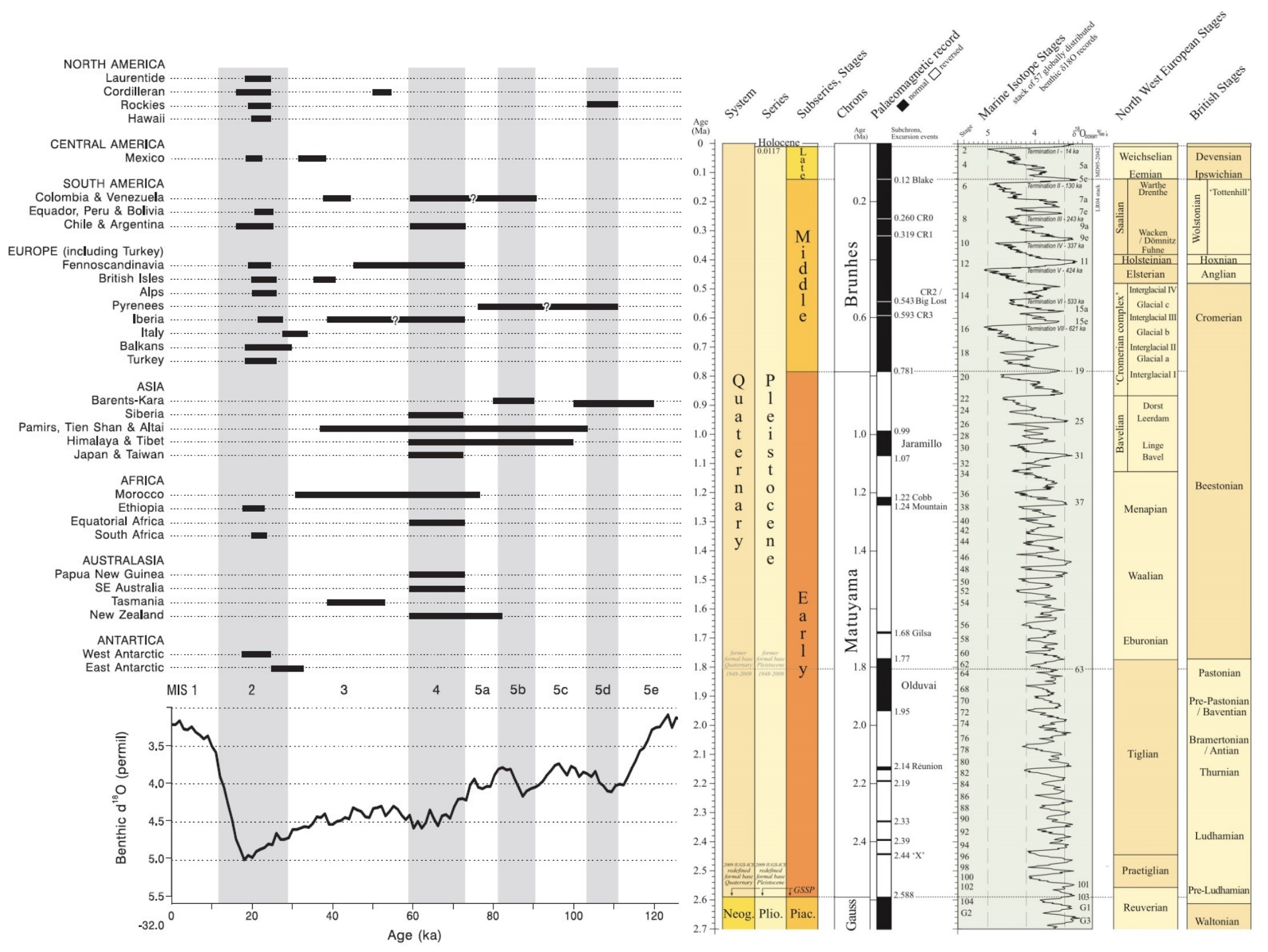


Vývoj reliéfu po ústupu ledovců

Engel & al. (2011, 2015), Pánek & al. (2016)

- predispozice svahových procesů
- prahové hodnoty příčinných srážek
- paraglaciální původ svahových akumulací
- aktivace svahových deformací 10^2 - 10^3 let po ústupu ledovců





Závěry

- Výzkum recentních změn zalednění ukazuje značné regionální rozdíly v úbytku ledovců a v jejich citlivosti na změny klimatických podmínek. Nejrychlejší odezvu vykazují svahové ledovce vnějších tropů, relativně pomalé změny údolní ledovce centrální Asie.
- Paleogeografické studie dokládají vývoj ledovců v horských oblastech střední Evropy v závěru posledního glaciálu, jejich maximální rozsah před 25-18 ka, postupný rozpad zalednění a paraglaciální fázi vývoje reliéfu v pozdním glaciálu.
- Testování povrchové odolnosti skalních tvarů reliéfu datovaných kosmogenním izotopem ^{10}Be umožňuje interpretovat výsledky in-situ měření Schmidovým kladívkem ve smyslu geochronologického stáří.

Závěry

- Výsledky dokládají relativně pomalý vývoj zalednění v posledním glaciálu, ale značnou rychlost změn současných. Tradiční pojetí glaciálního prostředí, které se pomalu mění působením přírodních procesů, nevystihuje současný vývoj, kdy se stále více uplatňují procesy ovlivněné činností člověka.
- Ledovce nejsou v rovnovážném stavu se současnými klimatickými podmínkami a budou nadále ztrácet hmotu. Tání ledovců přispívá k rozsáhlým změnám přírodního prostředí, ovlivňuje dostupnost nerostných zdrojů a vede k nevratným ztrátám přírodních archivů.

