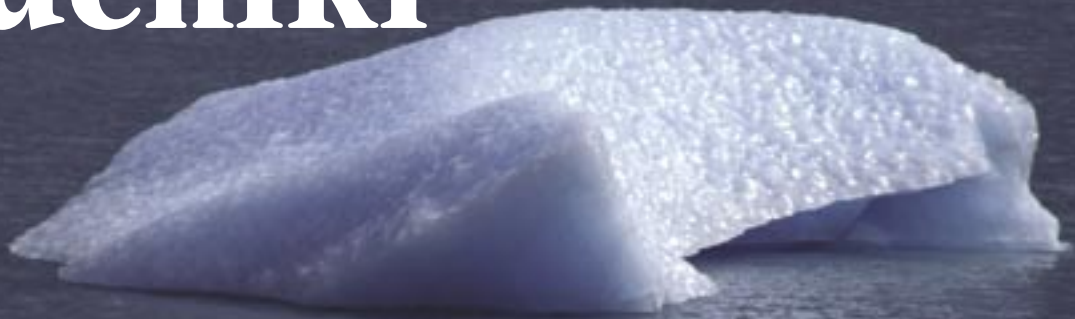


# Ledeniki



... kako dolgo še?

## IZVLEČEK

Ledenike poznamo kot pomembne zadrževalnike sladke vode ter kot preoblikovalce površja tako danes kot tudi v preteklih geoloških obdobjih. Vsakodnevno lahko spremljamo nove podatke o segrevanju ozračja, ki se najbolj odraža prav v vztrajnem zmanjševanju obsega ledenikov na obeh polih in tudi v gorah. Še vedno ni povsem jasno: ali se bodo ledeniki v bližnji prihodnosti popolnoma stalili (in bo življenje prijetno le še v visokih geografskih širinah) ali pa smo na poti k novim ohladitvam in novi ledeni dobi?

### Ključne besede:

ledeniki, segrevanje ozračja, erozijske in akumulacijske ledeniške oblike.

## ABSTRACT

Glaciers ... a dying out species?

Glaciers are known to be important fresh water containers as well as they are crucial in shaping the Earth's landscape. One could follow the news on the global warming almost every day. The latest is being best noticeable in the extent of glaciers around the North and the South Pole as well as in the mountains. It is not yet clear whether the glaciers are going to melt completely in the near future (and therefore life would only be possible in high latitudes) or is the Earth going to "cool down" and approach the new Ice Age?

### Key words:

glaciers, global warming, erosion and accumulation glacier land forms.

Avtorica besedila in fotografij:

IRENA MRAK, mag. geog.,

Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Slovenija

E-pošta: irena.mrak@siol.net

Slovenci se radi pohvalimo, da je naša mala država pokrajinsko izjemno raznolika, saj na majhni razdalji premore ledenik ter toplo Jadransko morje. Najbrž pa ni daleč čas, ko bomo morali ledenik zamolčati, ker ga preprosto ne bo več. Krivce za izginotje Triglavskega ledenika bomo težko našli med nami, čeprav tudi sami prispevamo k segrevanju svetovnega ozračja in tako posredno vplivamo na taljenje ledene krpe, ki je zasidrana globoko v naši narodni zavesti.

*" ... če bi se antarktični led postopoma talil, bi nastala voda lahko napajala vse svetovne reke naslednjih 750 let (4). "*

Podobno usodo doživljajo ledeniki drugod po svetu. Njihov obseg in debelina se vztrajno manjšata, znanstveniki pa skušajo odkriti, zakaj je temu tako. Smo v celoti krivi ljudje ali pa je to proces, na katerega nimamo vpliva? Fotografsko se bomo "sprehodili" med izbranimi ledeniki v Aziji in Latinski Ameriki.

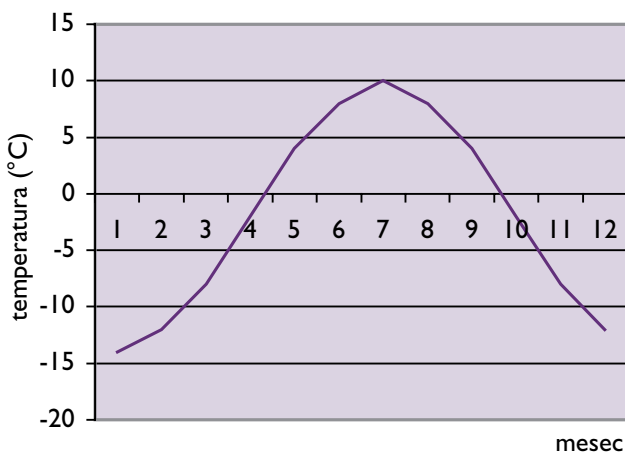


## Zemljina ledena preteklost

Na osnovi najdenih ledeniških sedimentov so raziskovalci ugotovili, da so bile ledene dobe značilne že za proterozoik ter paleozoik. Najbolj preučena je zadnja ledena doba v pleistocenu, ki jo v grobem razdelimo na štiri večje poledenitve in tri vmesna toplejša obdobja. Ledena doba se je začela pred več kot 3 milijoni let (v pliocenu) in se je nadaljevala v pleistocenu. Povečevanje obsega ledenih pokrovov je povzročilo znižanje gladine oceanov in morij. Avstralija in Indonezija sta bili povezani, prav tako so bili Japonska, Malezija in mnogi otoki Jugovzhodne Azije pridruženi celini; Rdeče in Črno morje ter Kaspijsko jezero so bili kopni (4). Ledeni pokrovi so v ledenih dobah pokrivali velike predele Evrope. Značilno zanje pa je bilo, da je bila debelina ledu največja v južnih delih zmernih geografskih širin, proti severu pa se je zmanjševala (9). Nad njimi so se ustvarila samostojna območja visokega pritiska. Cikloni zmernih širin so se prestavili proti jugu in povzročili večjo namočenost Sredozemlja (3).

Na začetku ledene dobe je bilo podnebje običajno zelo vlažno in hladno, kar je omogočalo akumulacijo snega in ledu ter nastanek ledenih pokrovov.

Na začetku ledene dobe je bilo podnebje običajno zelo vlažno in hladno, kar je omogočalo akumulacijo snega in ledu ter nastanek ledenih pokrovov.



Slika 1: Ocene srednjih mesečnih temperatur v zadnji poledenitvi, izračunane na osnovi meja gozdnih območij in razporeditve območij permafrosta (10).

Sčasoma je ozračje zaradi obsežnih ledenih mas postajalo vse bolj hladno, zato je postajalo izhlapevanje vedno manjše, polarna fronta se je prestavila v nižje geografske širine, kar je posledično pomenilo manjšo količino padavin. Ob koncu ledene dobe je bilo podnebje izredno hladno in suho. Ob največjem obsegu zadnje poledenitve je bilo tako na območju Evrope od 20 do 80 % manj padavin kot danes, količina padavin pa se je zmanjševala proti vzhodu. V naših goratih območjih je padlo od 40 do 70 % današnje letne količine padavin (9). Poleg skupne količine padavin in srednje letne temperature pa je bila v primerjavi z današnjo drugačna tudi letna razporeditev padavin.

Pri rekonstrukciji pleistocenskih klimatskih razmer so raziskovalci upoštevali biološke, geološke, geomorfološke in geokemične podatke. Pri tem je ugotavljanje preteklih klimatskih razmer najbolj zanesljivo s pomočjo fosilnih ostankov rastlinskih in živalskih vrst. Ledeniški sedimenti večinoma ne dajejo dobrih dokazov o klimatskih spremembah. Večja prisotnost organskih ostankov v sedimentih pa lahko nakazuje izboljšanje temperaturnih, včasih tudi padavinskih razmer na nekem območju. Tako lahko plasti pleistocenske puhlice nakazujejo sušnejše (stepsko) podnebje ter omogočajo ugotovitev glavnih smeri vetrov.

Na osnovi poznavanja razprostranjenosti gozdov in razširjenosti permafrosta so lahko izračunali srednje mesečne temperature za območje vzhodnih Alp v zadnji poledenitvi (10).

*Vsako povečanje obsega poledenitve imenujemo ledena doba ali glacial; vsako obdobje otoplitve ter s tem zmanjšanje obsega ledenikov pa medledena doba ali interglacial. Holocen predstavlja medledeno dobo, ki se je začela pred približno 11.000 leti s hitrim zviševanjem morske gladine, kar je bila posledica taljenja ledenih pokrovov zaradi zvišanja temperatur zraka (4). Tudi za glaciale je značilno spreminjanje temperaturnih razmer, na podlagi katerih ločimo t. im. stadiale (hladnejša obdobja) in interstadiale (toplejša obdobja). Na osnovi analiz vrtin ledu na Antarktiki so ugotovili, da so bile razlike v temperaturi med stadiali in interstadiali v zadnji ledeni dobi 2-3 °C.*

## Zemljina (ne)ledena sedanost

Danes ledeniki prekrivajo okoli 10 % površja Zemlje in predstavljajo kar 75 % zalog sladke vode. Če se ozračje resnično segreva, pomeni, da se bodo v primeru povišanja temperatur zraka za 5 °C ledeniki stalili, gladina svetovnih morij in oceanov pa se bo zvišala za 65 m. Posledice bomo občutili predvsem ljudje, saj bi v tem primeru kar dve tretjini svetovnega prebivalstva izgubilo svoj življenjski prostor.

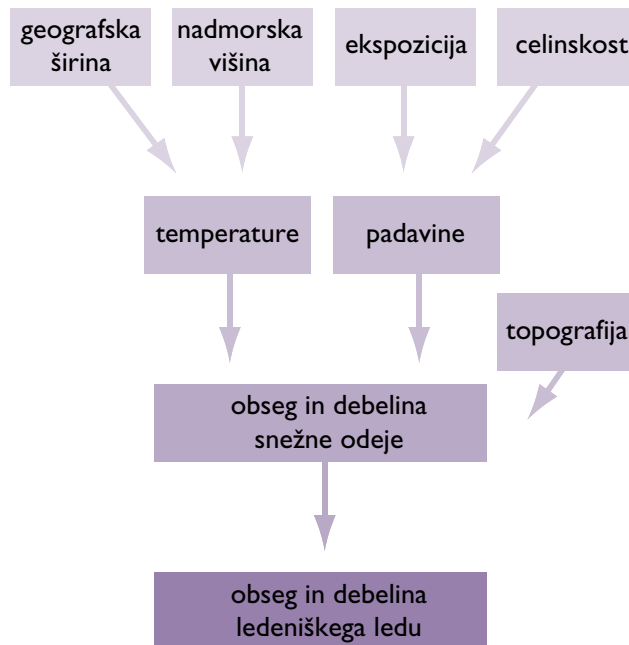
V nasprotnem primeru, če bi se torej temperatura zraka znižala za 5 °C, bi bila podoba zemeljskega površja podobna razmeram izpred 18.000 let. Takrat so ledeniki prekrivali 30 % površja in s svojo prisotnostjo ter delovanjem bistveno vplivali na podnebne razmere in relief (4).

Preglednica 1: Današnji obseg poledenelih območij po svetu (8).

območje	površina (km <sup>2</sup> )
Severno polarno območje	2.081.616 km <sup>2</sup>
Severna Amerika	76.880 km <sup>2</sup>
Južna Amerika	26.500 km <sup>2</sup>
Evropa	9276 km <sup>2</sup>
Azija	115.021 km <sup>2</sup>
Afrika	12 km <sup>2</sup>
Avstralija, Nova Zelandija	1015 km <sup>2</sup>
Južno polarno območje	12.588.000 km <sup>2</sup>
<b>skupaj</b>	<b>14.898.320 km<sup>2</sup></b>

## Kako nastajajo ledeniki?

Višina snežne meje (ločnica stalnega snega in ledu) je odločilnega pomena za nastanek ledenikov. Odvisna je od več dejavnikov, od katerih sta najpomembnejša količina padavin in temperatura. Poleg tega na snežno mejo vplivajo tudi reliefne razmere, predvsem ekspozicija. Ločimo *krajevno snežno mejo* in pa *klimatsko snežno mejo*, ki jo izračunamo na podlagi poznanih lokalnih vrednosti. Višina snežne meje se danes na Zemlji spreminja od ekvatorja proti poloma, pri čemer sega najvišje v sušnih predelih severnega in južnega poveratnika.



Slika 2: Glavni dejavniki za nastanek ledenikov.

Z višjimi geografskimi širinami pa se proti severu in jugu približuje morski gladini. Snežna meja se tako dviguje v smeri zahod - vzhod zaradi manjše količine padavin (2). Obstaja več metod določanja snežne meje; najpogosteje je v rabi *Höferjeva metoda*, po kateri je snežna meja aritmetična sredina med srednjo višino gorskega grebena in spodnjo mejo ledenika. Spodnjo mejo na nekdanjih poledenitvenih območjih lahko določimo z lego čelnih morenskih nasipov (5).

Snežna meja se proti poloma spusti na morsko gladino, temperature morja in zraka pa vse leto omogočajo nastajanje novih ledenih mas, ki se širijo ne glede na površje. Ledeniki, ki ob tem nastajajo, so *celinski ledeniki* in so tipični za Grenlandijo in Antarktiko. Enakega nastanka (a manjši po obsegu) so *ledeni pokrovi*. Ti lahko pokrivajo tudi vrhove gora, vendar pa je njihov nastanek v tem primeru pogojen predvsem z nadmorsko višino, temperaturnimi razmerami in količino snežnih padavin. Izven polarnih območij pa govorimo o *gorskih ledenikih*, za katere sta v uporabi tudi izraza *alpski* ali *dolinski ledeniki*. Ti se pojavljajo v gorskih območjih ne glede na geografsko širino. Različni avtorji ločijo številne druge tipe ledenikov, ki so vezani na specifična območja, med bolj pogostimi oblikami pa velja omeniti t. im. *piedmontski ledenik*, ki nastane na uravnanim površju (običajno pred večjimi gorovji) z združitvijo več dolinskih (4).





Slika 3: Višina snežne meje na enem od ledenikov v Pamir - Alajskem gorovju (Kirgizistan). Srednja višina grebena je 5500 m, konec ledenika pa na 3000 m (pogled s severa proti jugu; foto: Irena Mrak).



Slika 4: Snežna meja je na istem ledeniku (glej sliko 3) po Höferjevi metodi na 4250 m. Na približno tej višini začnejo izstopati tudi bočne morene, kar se ujema z metodo Lichteneckerja, ki višino snežne meje določa po začetku izstopajočih stranskih morenskih nasipov (pogled z juga proti severu; foto: Irena Mrak).



Slika 5: Najdaljši ledeniki na svetu so v pogorju Pamir, Karakorum in v Nebeških gorah (Tjan Šan). Ledenik Inilček v Nebeških gorah na sliki je dolg okoli 60 km (foto: Irena Mrak).



Slika 6: Ledenik Perito Moreno v Argentini je del južnega ledenega pokrova - Hielo Sur (Južni led; imenovan tudi Hielo Continental), ki zavzema 14.000 km<sup>2</sup> in sega od 48. do 52. vzporednika. Površina ledenika Perito Moreno je 259 km, sega pa od 2950 m (andska razvodnica) pa do jezera Argentino (180 m n. v.). Njegov končni klif je visok med 50 in 80 m. Največja debelina ledenika je 720 m, povprečna pa 440 m (foto: Irena Mrak).



## Geomorfološko raziskovanje ledeniških pokrajin

Pri rekonstrukciji procesov in razmer v pleistocenu nam je v veliko pomoč predvsem poznavanje današnjih ledenikov in klimatskih razmer v njihovi okolici. Akumulacijske in tudi nekatere erozijske oblike so ključnega pomena pri geomorfološkem raziskovanju območij, ki so bila nekdaj poledenela. Akumulacijske oblike so najpogostejše v obliki



Slika 7: Ledeniška miza na ledeniku Baltoro (Karakorum). Ledenik je na debelo pokrit z gruščem (krovnim morenskim gradivom), večji skalni blok pa preprečuje taljenje ledu pod njim, kar omogoča nastanek ledenega "podstavka", na katerem je skalni blok. Nastala oblika spominja na mizo, v uporabi je tudi izraz "ledeniška goba" (foto: Irena Mrak).

morenskih nasipov, ki se med seboj ločijo glede na način transporta ter mesto odlaganja - pred, ob, v, pod in na ledeniku.

Med erozijskimi ledeniški oblikami so najpogostejše ledeniško preoblikovane nekdanje rečne doline z značilnim "U" profilom, krnice, obvisle doline ter raze na živoskalni podlagi. Z erozijo (kot tudi z akumulacijo) so povezana ledeniška jezera, ki so danes v nekaterih gorskih območjih preteča nevarnost zlasti v poletnem času, ko se zaradi visokih temperatur prekomerno napolnijo z vodo in tako ogrožajo marsikatero naselje v dolini.



Slika 8: Oraženec. Površina kamna je ledeniško obrušena, raze pa potekajo v različnih smereh, kar nakazuje na to, da je bil oraženec transportiran v ledeniškem ledu. Raze nastanejo zaradi drgnjenja kamninskih delcev med seboj, najboljše pa so vidne na površini sedimentnih in nekaterih metamorfni kamnin (foto: Irena Mrak).

# Medledena doba ali neustavljivo segrevanje ozračja?

Ali se naše ozračje segreva ali ohlaja in koliko smo za segrevanje "krivi" ljudje? Mnenja raziskovalcev so nasprotujoča. Dejstvo je, da se klimatske spremembe najlažje opazujejo prav na ledenikih, ki se povsod po svetu vztrajno manjšajo. Manjšajo se območja trajno zamrznjenih tal (permafrosta), posledično pa se zvišuje gladina svetovnih morij in oceanov (1).

Zadnjih 150 let je mogoče opaziti trend višanja srednjih letnih temperatur zraka v povprečju za 0,7 °C. Zaradi višjih temperatur morja so ogroženi koralni grebeni, vsako leto se morska gladina zviša za 2 cm, kar je neposredno povezano s taljenjem ledenikov in toplejšo morskovo vodo (4). Najhitrejše zvišanje temperatur zraka in hkrati tudi vsebnosti CO<sub>2</sub> je opaziti po letu 1950. Desetletje 1990-2000 je bilo najtoplejše po sredini 19. stoletja, najtoplejše leto pa 1998. Upoštevajoč hitro zmanjševanje celinske poledenitve na severnem polu nekateri klimatski modeli napovedujejo, da bodo do konca stoletja polarna območja poleti brez ledu (1).

Drugo mnenje raziskovalcev pa se nagiba k razlagi, da se bo dolgoročno ozračje postopoma ohlajalo in postajalo vse bolj sušno. Trenutno živimo v toplem in vlažnem interglacialu, temperature zraka pa naj bi se v naslednjih (približno) 20.000 letih zniževale in dosegle vrednosti zadnje ledene dobe (4).

*V Sloveniji je rekonstrukcija poledenitve zapletena predvsem zaradi pretežno apnenčaste zgradbe površja. Ledeniške akumulacijske oblike so večinoma erodirane ali pa korozivno preoblikovane. Pri terenskem delu je potrebno najti čim več ohranjenega morenskega gradiva, ki ga lahko analiziramo s pomočjo različnih metod in na ta način bolj zanesljivo ugotovimo procese transporta in odlaganja. Pomembna je predvsem previdna interpretacija dobljenih rezultatov, pri čemer je nujno tesno sodelovanje sorodnih strok (geologije, kemije, biologije, ...).*

Napovedi so nezanesljive in vse premalo je še znanega, da bi lahko z gotovostjo trdili, kaj se bo v prihodnosti dogajalo s podnebjem in ledeniki ter posledično z življenjem na Zemlji. Dejstvo je, da se srednje letne temperature zraka zvišujejo in je vedno več ekstremnih enkratnih vremenskih pojavov (npr. močnih nalivov, obilnih snežnih padavin, suš). Prav tako se izjemno hitro spreminjata obseg in debelina ledenikov, ki postajajo vse manjši in nevarnejši tudi v gorah, kjer nekdanji ledeniki danes odvrtačajo gornike z velikimi in globokimi ledeniški razpokami. Hkrati s tem pa se zlasti geomorfologom ponuja edinstvena priložnost raziskovanja svežih erozijskih in akumulacijskih ledeniških oblik.

## Literatura

1. Appenzeller, T. et al. 2004: The Heat is on. National Geographic. Washington DC.
2. Benn, D. I., Evans, D. J. A. 1998: Glaciers and glaciation. Edward Arnold, the Hodder Headline Group. London.
3. Dawson, A. G. 1992: Ice Age Earth. Late Quaternary Geology and Climate. London.
4. Dolgoff, A. 1998: Physical geology. City University of New York, New York City Technical College. New York.
5. Messerli, B. 1967: Die eiszeitliche und die gegenwärtige Vergletscherung im Mittelmeerraum. Geographica Helvetica 22. Zürich.
6. Mrak, I. 2003: Sledovi pleistocenske morfogeneze v porečju Tržiške Bistrice. Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo. Ljubljana.
7. Skinner, B., Porter, S. 1992: The Dynamic Earth. New York.
8. Summerfield, M. A. 1994: Global Geomorphology. New York.
9. Šegota, T. 1988: Klimatologija za geografe. Zagreb.
10. West, R. G. 1968: Pleistocene Geology and Biology. London.