

# E-BOOK: LEDOVCE A ANTARKTIDA

## Doprovodný výukový materiál pro pedagogy

- Práce s videi, výukovým listem, atlasem/mapou/globém
- Odkazy na videa (*videa jsou dostupná na YouTube kanálu CI2, o. p. s.*):
  - **Ledovce** (2:49 min) - <https://youtu.be/zECMXGCp1u0>
  - **Antarktida** (8:34 min) - <https://youtu.be/10Yc5m9YjRE>

Ledovce



Antarktida



## Anotace

Pracovní e-book pro pedagogy přímo **navazuje na výukové animované video Ledovce**. Jeho cílem je nabídnout pedagogům potřebné informace pro výuku – v širším kontextu obecně k danému tématu ledovců, ledu, Antarktidy a spojitosti s klimatem. Pedagog tyto informace může využít pro různé vzdělávací stupně a třídy – např. v návaznosti na pracovní výukové listy.

## Cílová skupina

E-booky jsou vhodné zejména pro pedagogy, ale i pro další zájemce o dané téma na pochopení širších souvislostí s obsahem videa.

## Potřebný čas

1,5 hodiny – práce s videi a e-bookem

## OBSAH VIDEO – ČASOVÁ STOPÁŽ:

00:23 – **kontinent** pod ledovcem

00:25 – **vznik ledovce** – ze sněhu

00:36 – **klimatická historie Země**

00:40 – **bublinky vzduchu** v ledovci = časové kapsle obsahující vzduch z minulosti (statisíce let zpět)

00:59 – **ledovcové vrty**

01:10 – **podledovcové jezero Vostok**

01:29 – **jezera na Europě** (měsíce Jupitera)

01:40 – **vrt z roku 2025** (hloubka 2,8 km) – led a vzduch v jeho bublinách je starý **1 200 000 let**

01:49 – **co zjistíme z ledu** (z jeho vzduchových bublin) - změny množství CO<sub>2</sub>, teploty, ledu, výšky hladiny oceánů a klimatu

02:08 – **rozdíl vlivu mořského ledu** (plujícího na moři) a **pevninského ledovce** na změnu výšky hladiny oceánů

02:29 - **vliv na celý svět** – vše je propojeno

### 00:23 – kontinent pod ledovcem

Antarktida je kontinent pokrytý ledovcem. Pod ledem je tedy schovaná pevná zem. Oproti tomu Arktida je pouze zmrzlý led na moři a pod ledem je oceán, nikoli kontinent.

## ANTARKTIDA



ledovec

kontinent (země)

## ARKTIDA



mořský led  
(zmrzlé moře)

moře (voda)

Ledovec v Antarktidě nebyl ale vždy. V dávné minulosti, přibližně mezi 250 a 65 miliony let, panovalo v Antarktidě tropické podnebí, rostly tam stromy a žilo mnoho zvířat. Zaledňovat se Antarktida začala přibližně před 35 miliony let v důsledku ochlazení klimatu na Zemi a oddělení Antarktidy od ostatních kontinentů. To způsobilo vznik cirkumpolárního oceánského proudu kolem Antarktidy, který ji izoloval od okolních vod teplejších oceánů. Zároveň díky vysoké nadmořské výšce kontinentu a půl roku trvající polární noci se tak Antarktida postupem času zalednila.

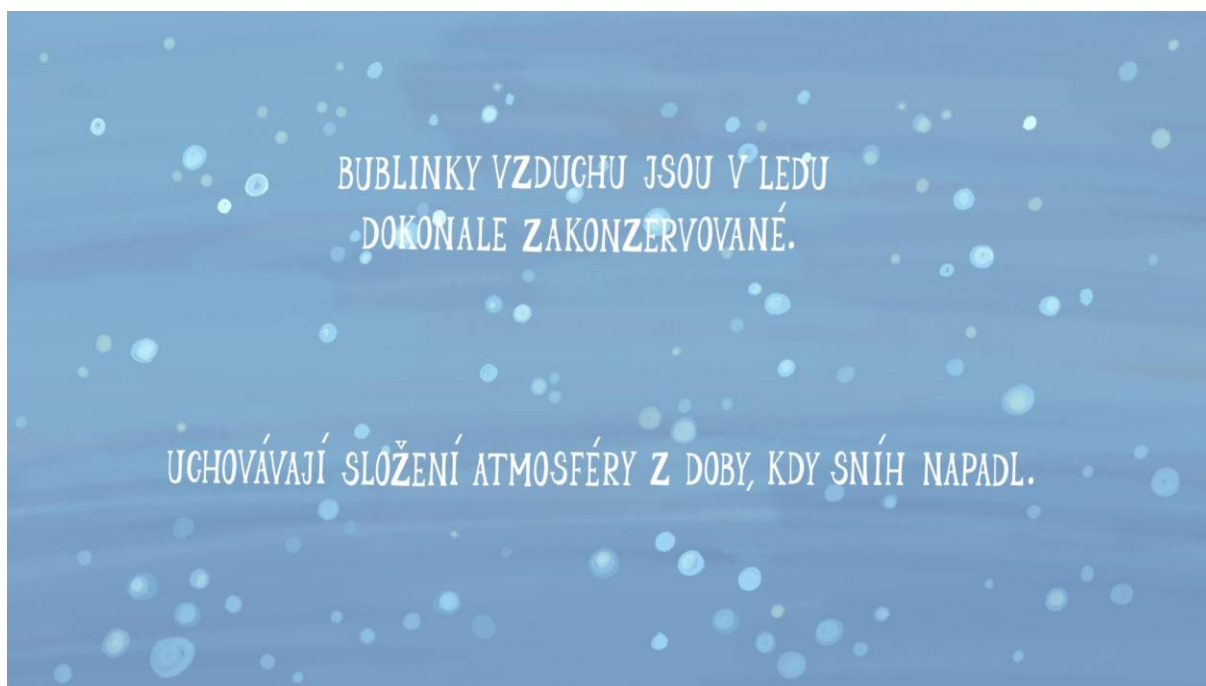
### **00:25 – vznik ledovce**

Ledovec vzniká ze sněhu. Pod tíhou přibývajících sněhových vrstev se spodní vrstvy pod tlakem postupně přeměňují ze sněhu na tvrdý sníh (firn) až na tvrdý ledovcový led. Z ledu lze vyčíst jeho stáří podle jednotlivých vrstev, které napadnou každý rok a jsou od sebe rozeznatelné. Je to podobné jako letokruhy u stromu.

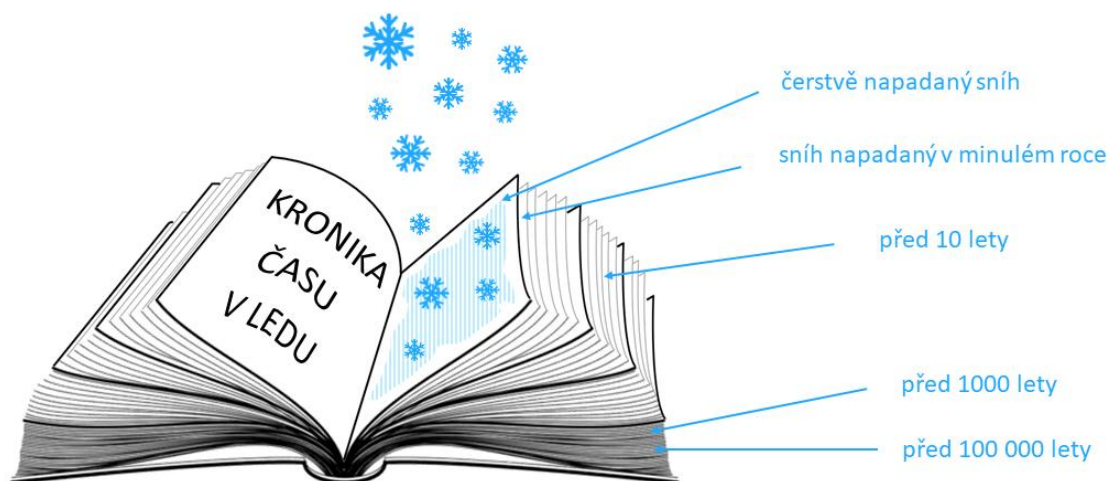


### **00:36 – klimatická historie Země a bublinky vzduchu v ledovci**

Když napadne sníh, je v něm hodně volného prostoru, který je vyplněn vzduchem. Sníh tak obsahuje až 90 % vzduchu. Vzduch ze sněhu pomalu utíká ven a čím se sníh více stlačuje, tím více vzduchu se uvolňuje. Ve firnu už je vzduchu méně (30-50 %), v ledovci ještě méně, ale přesto tam trochu vzduchu zůstane (méně jak 20 %). Tím, že ledovcový led je už hluboko (30-50 m), tak vzduch už nemůže kudy utíkat ven – má uzavřenou cestu, a proto se uzavírá v ledu do vzduchových bublin. V těchto bublinách zůstane vzduch z doby, kdy daná vrstva sněhu napadla. To znamená, že pokud je některá vrstva ledovcového ledu stará třeba 100 000 let, tak vzduch, který je v této vrstvě uzamčen v bublinách, je starý také 100 000 let.

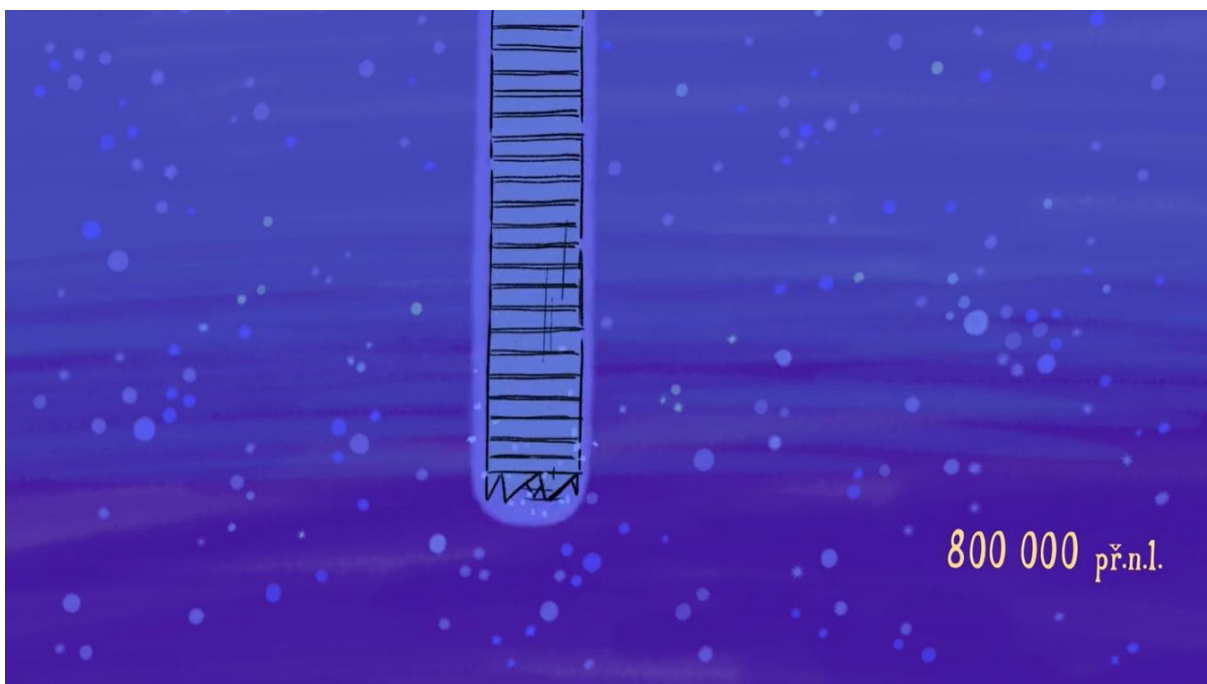


Pokud tento vzduch analyzujeme v laboratoři, tak můžeme zjistit, jaké bylo složení atmosféry v té době, včetně množství skleníkových plynů, teploty ad. Na tomto základě z ledovce vyčteme klimatickou historii Země od doby, kdy ledovec existuje – a kam je člověk schopný se provrtat. Ledovec nám tak funguje jako kronika historie klimatu.

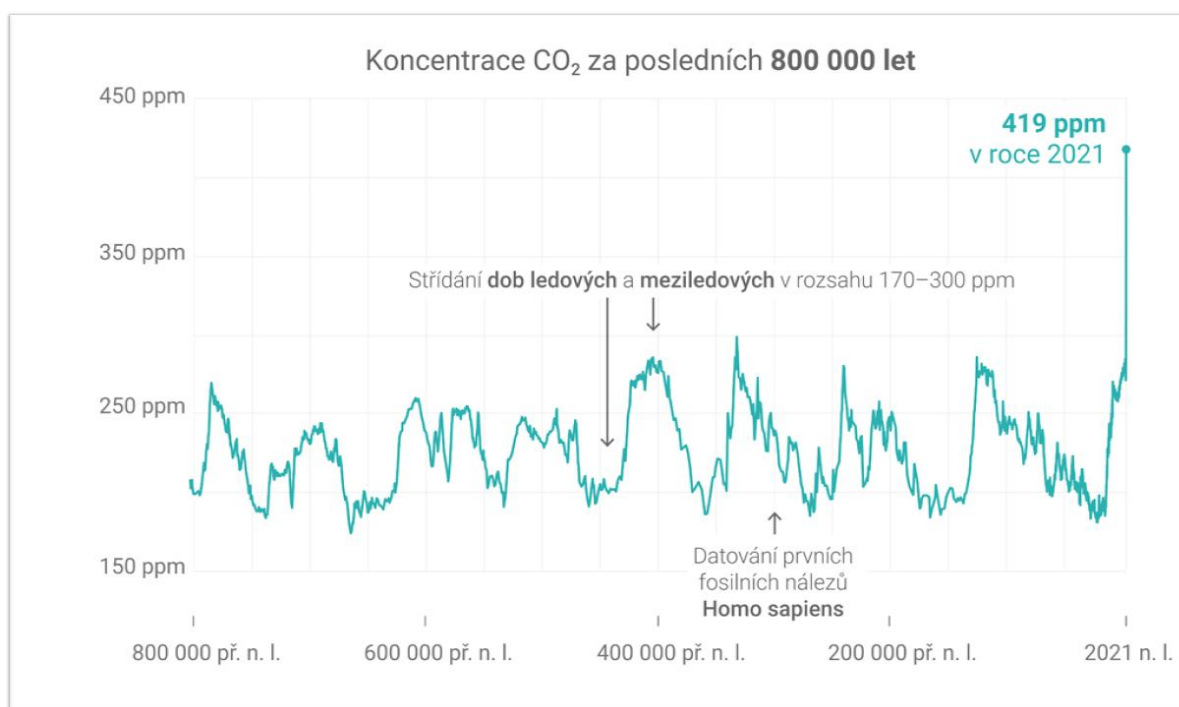
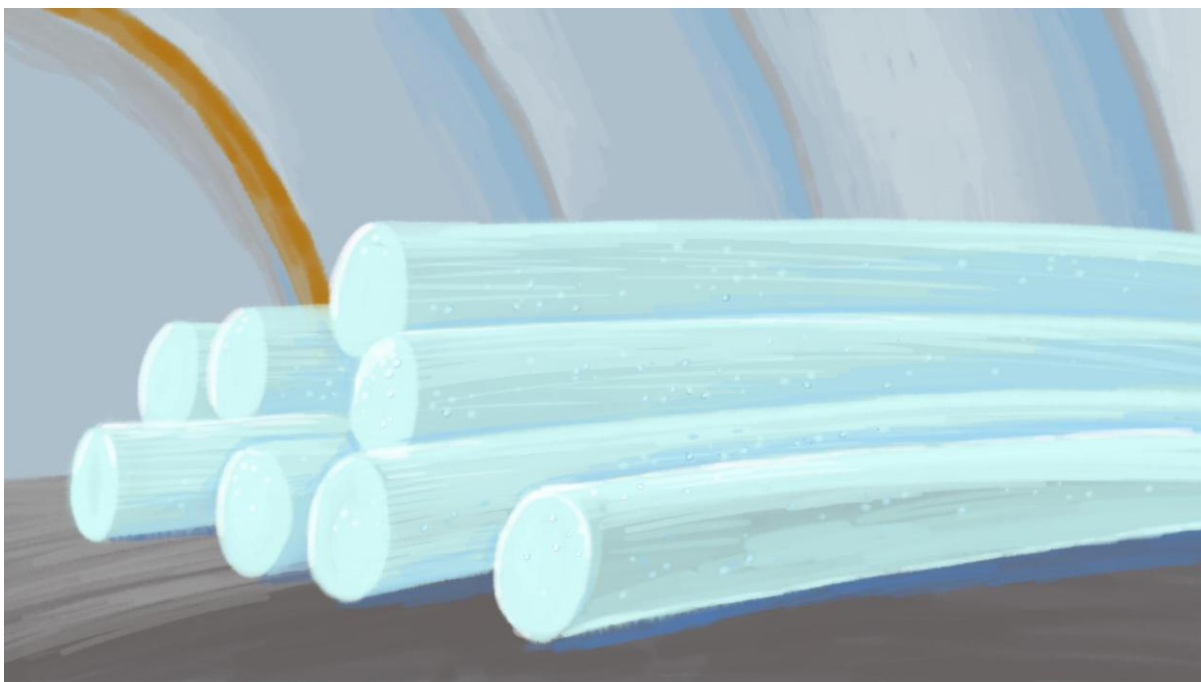


### 00:59 – ledovcové vrty

Vědcům se podařilo provrtat se hluboko do ledovců, až 4 km hluboko, kde odebrali ledové válce z celé tloušťky ledovce a postupně analyzovali vzduchové bubliny v ledu. Časově se „provrtali“ až 800 000 let zpět do minulosti a na základě toho zjistili, jak se měnilo množství CO<sub>2</sub> v atmosféře během tohoto období. Výrazný nárůst CO<sub>2</sub> za toto sledované období odpovídá začátku průmyslové revoluce a posledních let působení člověka.

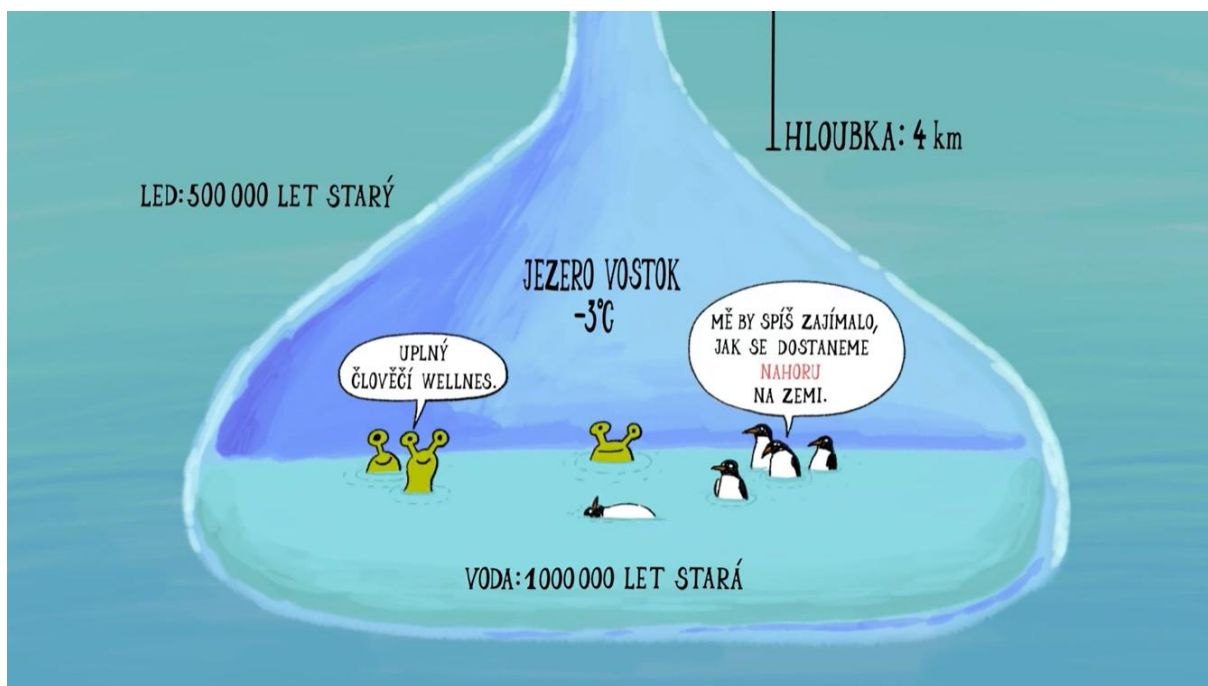


**Upozornění:** V čase 1:01 - Na obrázku je popisek „800 000 let př. n. l.“ – takto je to formulované pro lepší představu žáků, nicméně přesněji to odpovídá času „800 000 let zpět“ – nikoli před naším letopočtem.



### **01:10 – podledocové jezero Vostok a jezera na Evropě**

Tímto způsobem se vědci provrtali i do podledocového jezera Vostok, které je schované pod ledovcem mocným 4 km. Zajímalo je, co v jezeře najdou. Zjistili, že voda v jezeře má -3 stupně a drží se v tekutém stavu díky geotermální energii z podloží a zároveň díky obrovskému tlaku, který vyvíjí ledovec nad ním. Voda je stará 1 mil. let, ledovec je zde starý 500 tis. let a našli tam různé mikroorganismy, které stále analyzují. Vědce toto zajímalo i z důvodu, že by podobná podpovrchová jezera mohla existovat i na měsíci Jupitera – Europa.



### Upozornění:

1:06–1:30: Ve videu jsou znázorněni tučňáci a mimozemšťani, kteří se koupají v jezeře Vostok. Je potřeba žáky upozornit, že tučňáci v takovém prostředí ve skutečnosti nežijí – že žijí na povrchu, ve vodě či na souši. V jezeře Vostok nenajdeme ani mimozemšťany. Tento obraz je smyšlený, pro vyšší atraktivnost.

### 01:40 – vrt z roku 2025

V roce 2025 se podařil vrt do hloubky 2,8 km, který časově odpovídá 1,2 mil let zpět do historie. Jedná se o vrt se zatím nejdelší časovou řadou, který se realizoval. Hloubka vrtu a časové období, které vrtu odpovídá se může lišit. To je dáno tím, že v každé oblasti ledovec přirůstá jinou rychlostí, protože zde napadne jiné množství sněhu. Někde tedy přibydou 2 cm sněhu ročně, někde to může být třeba 1 m.

### 01:49 – co zjistíme z ledu

Z ledu a jeho vzduchových bublin dokážeme vyčíst, jaké bylo podnebí na Zemi v minulosti. Jaká byla koncentrace různých plynů v atmosféře, jaké panovaly teploty a od toho se odvíjí, jak vysoko byla hladina oceánu. Zároveň z ledovce můžeme vyčíst i období, kdy byly velké sopečné erupce nebo např. testování jaderných zbraní, a to díky usazeninám sopečného či radioaktivního prachu v ledovci – v odpovídající vrstvě. Nalezneme tam i pyl z rostlin, písek z pouští z jiných kontinentů, různé mikroorganismy, mikroplasty ad. Vše, co je přenášeno větrem a vzdušnými proudy.

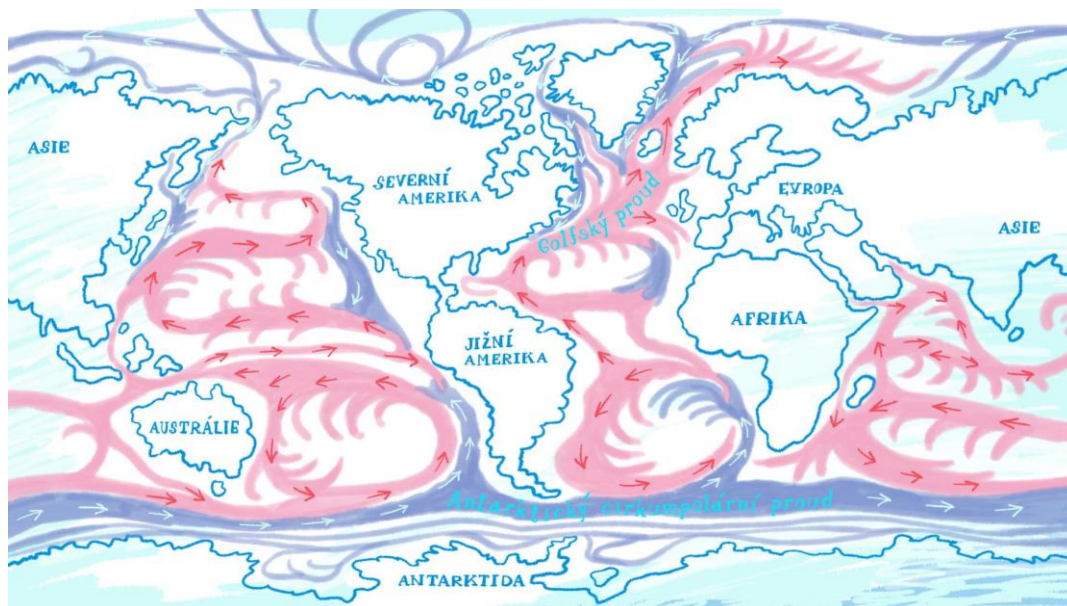
### **02:08 – rozdíl vlivu mořského ledu a pevninského ledovce na změnu výšky hladiny oceánů**

Když taje mořský led, hladina oceánů se nezvedá, zůstává stejná, protože led už je součástí vody, ve které plave (viz Archimédův zákon: Těleso ponořené do kapaliny vytlačuje objem kapaliny, který se rovná objemu ponořené části tělesa.). Jinak řečeno, mořský led vzniká z mořské vody, která už je v oceánu, změní se jen forma – z vody na led. A když opět roztaje – vrátí se do kapalné formy, ale nepřidává žádnou novou hmotu – vodu. Úbytek mořského ledu má ale jiné vážné následky než vyšší hladinu oceánů, např. menší albedo efekt, ohrožuje výskyt krillu ad. (viz dále v textu). Hladinu oceánů zvedá led pocházející z pevninských ledovců, protože tento led byl původně na souši a když se dostane do vody, je to nová hmota – voda navíc.



### **02:29 - vliv na celý svět – vše je propojeno**

Díky mořským a vzdušným proudům je propojený celý svět. Proto to, co se stane v Antarktidě, má dopad na jiné části světa, a naopak, co se stane ve světě, dopadne i na Antarktidu.



## LED A LEDOVCE – SOUVISLOSTI:

### Úvod

Ačkoli se může zdát, že led a ledovec je totéž, ve skutečnosti se jedná o dva zcela odlišné jevy. Základní rozdíl spočívá v jejich původu, rozsahu a dynamice. Led je obecný pojem pro zmrzlou vodu (např. rampouch, kostka ledu v mrazáku, led na rybníku, na moři či oceánu), zatímco ledovec je obrovská, pomalu se pohybující masa ledu, která vzniká dlouhodobým hromaděním a stlačováním sněhu. Právě tento rozdíl je klíčový pro pochopení jejich významu, funkce, fungování polárních oblastí i jejich ohrožení a vlivu na světové klima. Ale vezmeme to postupně.

### Led

Led je obecný pojem pro zmrzlou vodu a může mít mnoho podob. Vzniká zmrznutím sladké vody při teplotě 0 °C nebo slané vody při nižší teplotě -1,8 °C. Proto se v zimě solí silnice, aby nenamrzly. Proces mrznutí je poměrně rychlý a při oteplení led opět rychle taje. Když voda zmrzne, zvětší svůj objem, což může způsobit např. prasknutí lahve s vodou v mrazáku nebo prasknutí vodního potrubí. Hmotnost vody a ledu ale zůstává stále stejná. Proto je led méně hustý než tekutá voda (stejná hmotnost, větší objem), a proto led ve vodě plave. Když plave, nad hladinou je vidět pouze jeho malá část (přibližně 10 %) a zbytek (přibližně 90 %) je ponořený pod hladinou. V souvislosti s polárními oblastmi a klimatem se ze všech možných forem ledu dále zaměříme zejména na led mořský.

### Mořský led

Mořský led vzniká mrznutím mořské (tedy slané) vody a tvoří se přímo na hladině oceánu v polárních oblastech, hlavně v Arktidě a kolem Antarktidy, kde teploty klesají pod bod mrazu mořské vody (přibližná teplota -1,8 °C). Když mořská voda zamrzá, sůl se do krystalů ledu nevejde, takže je postupně vytlačována ven. Proto je mořský led nakonec skoro sladký (čím starší mořský led, tím sladší). Sůl je z ledu vytlačována ven do moře ve formě velmi slané vody, které se říká solanka. Solanka je díky vysokému obsahu soli hustší než okolní mořská voda, je tedy i těžší, a proto klesá dolů pod led a **propadá se** do hlubších vrstev oceánu. To má velký vliv na proudění vody v oceánu — studená, slaná, hustá voda klesá a pomáhá pohánět mořské proudy, formuje se zde tzv. **globální oceánský dopravník**.

### Zimní mořský led x letní mořský led

Mořský led plave na hladině a jeho rozsah se mění podle ročního období. V zimě (tzv. zimní mořský led) je logicky jeho plocha obrovská (přibližně 18,5 mil. km<sup>2</sup> – v Arktidě i Antarktidě dohromady, to je dvojnásobek rozlohy Evropy). Oproti tomu v létě (tzv. letní mořský led) se jeho plocha výrazně zmenšuje na přibližně 2,5 mil. km<sup>2</sup>. Dynamika mořského ledu funguje jinak

v Arktidě, kde je oceán obklopen pevninou a jinak v Antarktidě, kde je naopak kontinent obklopen oceány. Mořský led se zde v zimě může rozlévat do všech stran, ačkoli většina antarktického mořského ledu je sezónní zimní led, který v létě téměř zmizí. Každopádně za posledních 30-40 let se jeho plocha značně zmenšila v obou polárních oblastech (v Arktidě i Antarktidě).

Plocha zalednění mořským ledem	Arktida	Antarktida
plocha zalednění v zimě – maximum	14-15 mil km <sup>2</sup> (březen)	18-20 mil km <sup>2</sup> (září)
plocha zalednění v létě – minimum	4-5 mil km <sup>2</sup> (září)	2-3 mil km <sup>2</sup> (únor)
úbytek letního ledu od 90. let	cca o 3 mil km <sup>2</sup> (o 40 %)	cca o 1 mil km <sup>2</sup> (o 25 %)

**Zimní mořský led** je led, který vzniká během zimy, kdy teploty klesnou pod bod mrazu mořské (slané) vody (přibližně -1,8 °C). Když vznikne, většinou je tenký (10-50 cm), v dutinách obsahuje hodně solanky (velmi slané vody se solí vytlačenou z ledu), je mladý, málo pevný a má krátkou životnost, protože na jaře či v létě většina roztaje. Je to tedy krátkodobá, sezónní vrstva, která se každý rok znovu vytvoří a zase zmizí. Pokud ale jeho část přežije léto a zůstane v oceánu další rok, postupně zhoustne, zesílí a vznikne z něj **víceletý mořský led**. Ten je **zásadní z hlediska celoroční stability polárního ekosystému**, zejména v Arktidě. Silnější led má totiž větší šanci přežít léto.

**Letní mořský led** vznikl v zimě, ale přetrvává i během léta. Pokud vydrží, stává se základem pro víceletý led. Je mnohem silnější (1-3 m, někdy i více), je starší, pevnější, méně slaný. Tento **víceletý led je pro klima zásadní**, protože **dokáže odrážet velké množství slunečního záření i během léta**, chrání oceán před oteplováním a poskytuje stabilní prostředí pro mnoho organismů. Právě letní led je nejdůležitější a zároveň nejohroženější.

### **Souvislost s klimatem:**

Když mizí zimní mořský led, mizí tak i základ pro tvorbu letního ledu a ztrácí se schopnost "opravy" pro další rok. Když mizí letní mořský led, mizí bílá plocha, která odráží většinu slunečního záření, které je během polárního léta nepřetržitě. Odhalí se tmavý oceán, který pohlcuje teplo, což vede k dalšímu a rychlejšímu oteplování (tzv. **pozitivní zpětná vazba**). To má vliv na regulaci teploty a stability klimatu na celé Zemi. Výraznější změny probíhají v Arktidě, kde množství mořského ledu rychle klesá a velká část oblasti, která dříve byla pokryta silným víceletým ledem, je dnes pokryta jen tenkým zimním ledem, který v létě mizí. Arktida tak patří k nejrychleji se měnícím oblastem planety.

Význam mořského ledu pro Zemi je obrovský. Hraje naprosto klíčovou roli pro stabilitu klimatu a fungování ekosystémů na Zemi. Funguje jako "globální klimatizace" a ochranný štít polárních oblastí. Jeho hlavní význam spočívá v regulaci teploty, cirkulaci oceánů a podpoře jedinečného života.

### **Význam mořského ledu pro Zemi i pro člověka:**

- **Odráží sluneční záření a ochlazuje planetu (albedo efekt):**

Bílá barva (např. ledu a sněhu) odráží většinu (90 %) slunečního záření zpět do vesmíru, čímž pomáhá ochlazovat polární oblasti i celou planetu. Barva mořského ledu může být trochu tmavší, a proto odrazí o něco méně záření, přibližně 50-70 %. Čím větší bílá/světlá plocha, tím více záření se odrazí zpět. Naopak, černá nebo tmavá barva většinu slunečního záření pohlcuje a zpět do vesmíru odráží pouze 10-0 % záření. Tím se takový povrch otepluje. Mořská hladina odrazí pouze 5-10 % slunečního záření, což znamená, že pohltí více než 90 %. Polární oblasti tak díky své bílé barvě na obrovské ploše fungují jako takové zrcadlo Země.

#### **Souvislost s klimatem:**

Když se otepluje, mořský led taje, zmenšuje se bílá plocha a zvětšuje se tmavá plocha mořské hladiny. Ta pohltí více tepla, což vede k dalšímu tání ledu. Celý tento proces se tak umocňuje a zrychluje a vzniká tzv. pozitivní albedo zpětná vazba. Takový začarovaný kruh: **méně ledu -> více pohlceného tepla -> vyšší teplota -> ještě méně ledu**. Jedná se o samo-posilující cyklus, který urychluje změnu klimatu. To je také hlavní důvod, proč se Arktida otepluje rychleji než zbytek planety – protože bílá plocha mořského ledu se přeměňuje na tmavou plochu mořské hladiny.

- **Funguje jako izolace a ovlivňuje (reguluje) globální počasí:**

Mořský led funguje jako poklička, odděluje od sebe (izoluje) studený vzduch v atmosféře od teplejší vody v oceánu. V zimě tak brání úniku tepla z vody do vzduchu (vzduch se od vody díky tomu neohřívá a zároveň voda pod ledem nezamrzá moc hluboko a život v oceánu tak může fungovat i v zimě). V létě tato ledová izolace naopak omezuje oteplování vody, čímž pomáhá k udržení pohybu mořských proudů.

Mořský led ale také pomáhá udržovat potřebný teplotní rozdíl mezi studeným vzduchem kolem pólů a teplým vzduchem u rovníku, zároveň ovlivňuje i srážky a vlhkost. Má tak zásadní vliv na počasí a klima jak v polárních oblastech, tak po celém světě. Funguje proto jako klimatický regulátor, který ochlazuje planetu, izoluje oceán od atmosféry a ovlivňuje přenos tepla mezi rovníkem a póly prostřednictvím tryskového proudění v atmosféře (tzv. jet stream). Vzniklé změny následně ovlivňují trajektorie bouří a přináší extrémní výkyvy počasí i do mírných pásem.

#### **Souvislost s klimatem:**

Pokud mořský led taje a jeho rozloha ubývá, teplo z oceánu rychleji ohřívá polární atmosféru, zejména u Arktidy, což narušuje přirozené proudění vzduchu. Zmenšuje se teplotní rozdíl mezi studenou Arktidou a teplým rovníkem a tím slábne i proudění mezi těmito dvěma oblastmi (jet stream). Počasí se pak mění pomaleji, což vede k dlouhotrvajícím epizodám – delší vlně veder, déletrvajícím srážkám nebo déle trvajícím suchu. Následkem jsou extrémní projevy počasí také v mírných pásmech.

Úbytek mořského ledu ovlivňuje i srážky a vlhkost. Čím méně je ledu, tím více vodní plochy je vystaveno atmosféře a tím více vlhkosti se odpařuje. Zvýšená vlhkost v

atmosféře nad Arktidou následně vede k vyšším srážkám v okolních oblastech, včetně extrémního sněžení.

Úbytek ledu v Arktidě tak ovlivňuje počasí u nás a v Evropě, kde se vyznačuje extrémními projevy, jako jsou sucha, vlny veder a silné bouře.

- **Ovlivňuje proudění v oceánech:**

Když zamrzá mořská voda a vytváří se mořský led, vylučuje se z něj ven do okolní vody sůl. Tím vzniká velmi slaná, studená, a tedy i hustá voda, která klesá ke dnu. Naopak z druhé strany od rovníku proudí k pólům méně hustá teplá voda po povrchu. Tyto pohyby pomáhají pohánět globální oceánské proudy (tzv. **oceánský "dopravník"**), které rozvádí teplo a zimu po celé planetě. Tomuto procesu se říká **termohalinní cirkulace** (termo=teplo, podobně jako termo hrnek nebo termo tričko a halinní=slaný).

**Přirovnání:** Můžete si to představit podobně jako systém ústředního topení v domě, kdy od kotle vychází teplá voda, trubkami je rozváděna po domě, kde se v jednotlivých místnostech ohřívá vzduch, tím voda ztrácí teplo a studená se jinými trubkami vrací zpět ke kotli. Nebo podobný princip jako krevní oběh v těle člověka, kde tepny vedou okysličenou krev do těla a žíly přivádí odkysličenou krev zpět. Stejně tak fungují mořské proudy na Zemi, kdy tím srdcem nebo pumpou jsou právě polární oblasti, kde se voda stává slanější, studenější a hustší a dává do pohybu vodní masy oceánů.

**Souvislost s klimatem:**

Pokud by došlo ke změně slanosti či teploty vody v oceánech (např. v důsledku tání ledovců a nárůstem sladké a teplejší vody), mohlo by to vést k zásadním změnám pohybu mořských proudů a následně ke změnám při rozvodu tepla a zimy po celé planetě. To by změnilo klima na Zemi a způsobilo by to i ochlazení v Evropě v důsledku změny proudění Golfského proudu, který Evropu otepluje.

- **Je domovem pro mnoho živočichů:**

Mořský led je naprosto nezbytný pro život mnoha polárních živočichů, protože funguje jako klíčová součást jejich prostředí. Poskytuje jim potravu, úkryt, místo k odpočinku i k rozmnožování. Jeho úbytek vlivem oteplování klimatu může mít pro tyto druhy vážné, až tragické následky.

- Lední medvědi využívají mořský led k lovu tuleňů, kdy na ně na ledu číhají. Na souši pro ně není dostatečný zdroj potravy. Zároveň jim led umožňuje překonávat velké vzdálenosti při hledání potravy, bez ledu totiž musí daleko plavat, a to je vyčerpává.

- Tuleni a mroži na ledu odpočívají, ale i rodí a kojí mláďata. Zejména tuleni potřebují stabilní led k vytvoření brlohů pro mláďata.
- V Antarktidě tuleni i tučňáci na ledu hledají úkryt před hlavními predátory – kosatkami.
- Pro tučňáka císařského je antarktický mořský led klíčový pro celý jeho životní cyklus a zejména ho využívají k hnízdění a odchovu mláďat.
- Mořský led je klíčový základ celého polárního potravního řetězce: pod ledem a v jeho trhlinách rostou řasy a bakterie (tzv. fytoplankton), které jsou zdrojem potravy drobným živočichům (tzv. zooplanktonu). Jeho součástí je také krill (drobní korýši), který je hlavní potravou pro ptáky, včetně tučňáků, ryby, tuleně, lachtany, ale i některé velryby.

### **Souvislost s klimatem:**

Když led taje, zmenšuje se jeho plocha i jeho tloušťka nebo dokonce zcela mizí, zvířata ztrácejí svůj přirozený domov i zdroj potravy. Lední medvědi mají méně času i prostoru pro lov tuleňů, což vede k nedostatku potravy a nižší míře přežití mláďat. Tučňák císařský hnízdí na ledu. Pokud led roztaje příliš brzy, mláďata, která ještě nemají narostlé nepromokavé peří, spadnou do vody a utopí se nebo zmrznou. V roce 2022 takto zahynuly mláďata celé kolonie, tučňáci tak přišli o jednu celou generaci. Je to právě tučňák císařský, kterému hrozí vyhynutí. Pokud bude úbytek ledu pokračovat současným tempem, vědci předpovídají, že do roku 2100 bude >90 % kolonií tučňáků císařských vyhubeno. Ztráta mořského ledu bude mít ale dopad na celý polární potravní řetězec. Pokud zmizí mořský led, nebudou mít kde růst řasy (fytoplankton), o zdroj potravy tak přijde zooplankton, včetně krillu a pokud zmizí krill, bude hladovět velká část oceánu, včetně velryb a ryb. To by mělo dopad i na samotné lidi a ohrozilo by to potravinovou bezpečnost v důsledku výrazného poklesu rybolovu. Bez mořského ledu by se celý arktický a antarktický ekosystém zhroutil.

### **Důležité:**

Když taje mořský led, hladina oceánů se nezvedá, zůstává stejná, protože led už je součástí vody, ve které plave (viz Archimédův zákon: Těleso ponořené do kapaliny vytlačuje objem kapaliny, který se rovná objemu ponořené části tělesa.). Jinak řečeno, mořský led vzniká z mořské vody, která už je v oceánu, změní se jen forma – z vody na led. A když opět roztaje – vrátí se do kapalné formy, ale nepřidává žádnou novou vodu. Pouze když napadne nový sníh na mořský led, je to nepatrné množství vody navíc. Úbytek mořského ledu má ale jiné vážné následky než vyšší hladinu oceánů (viz předchozí text).

**Hladinu oceánů zvedá led pocházející z pevninských ledovců (viz dále).**

## Ledovec

### Vznik

Ledovec je obrovská, pomalu se pohybující masa ledu, která vzniká dlouhodobým hromaděním a stlačováním sněhu v oblastech, kde více sněhu napadne, než odtaje. Nachází se v různých podobách na všech kontinentech kromě Austrálie.

Vznik ledovce začíná drobnými sněhovými vločkami, tedy sněhem, který dopadne na zem v chladném prostředí, kde sníh dlouhodobě úplně neroztaje. Sníh se postupně vrství – každý rok připadne nová vrstva, která svojí vahou zatěžuje ty spodní – starší vrstvy, čímž dochází ke stlačování a **zhušťování sněhu** a jeho postupné přeměně na tzv. **hrubozrnný sníh**, pak **firn**, až vznikne kompaktní **ledovcový led**. Tento proces je velmi pomalý může trvat desítky až nižší stovky let, podle lokálních podmínek (teplota, množství sněhu, tlak).

**sníh → hrubozrnný sníh → firn → ledovcový led**

### Vzduchové bubliny

Když napadne sníh (představme si nadýchaný kyprý prašan), mezi jednotlivými vločkami je spousta mezer a dutin. Tyto mezery jsou vyplněné vzduchem – stejným vzduchem, jaký dýcháme. Jak se pod nánosy nového sněhu sníh postupně stlačuje a zhutňuje (podobně jako když z prašanu umačkáme kouli), mezery mezi vločkami se zmenšují a vzduch se vytlačuje ven. Tlakem se deformují i vločky, které se mění na zrna. Když tlak pokračuje a postupně se zvětšuje (přibývají nové vrstvy sněhu), mezery mezi zrny se stále zmenšují, ale všechen vzduch už se nemá kudy dostat ven, a tak zůstane uzavřen v malých dutinách. Takové vzduchové kapsy/bubliny zůstanou i v nejstarším a nejtvrdějším ledovcovém ledu, jsou uzavřené a už nemají spojení s okolní atmosférou. V těchto bublinách tak zůstane **uzamčen a zakonzervován vzduch z doby, kdy napadla ta sněhová vrstva, ve které se bubliny nachází**. Pokud je takový led starý třeba 1000 let, obsahuje vzduch, který na Zemi existoval právě před 1000 lety. Díky tomu nám ledovec funguje jako taková **kronika klimatu do minulosti**, ze které dokážeme vyčíst složení vzduchu (atmosféry) na Zemi v době, kdy sníh napadl. Takový vzduch obsahuje množství (koncentrace) různých plynů, včetně **oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>)**, **metanu (CH<sub>4</sub>)** a dalších. A protože některé ledovce vznikají i statisíce až miliony let, dokážeme díky nim zjistit, jak se v průběhu času měnilo klima na Zemi. Pomáhají rekonstruovat klimatickou historii Země.

### Pohyb ledovce

Když tloušťka vrstvy přesáhne určitou hranici, většinou kolem 30 až 50 metrů, spodní vrstvy začínají být stlačeny natolik, že se led stává plastickým, dokáže se deformovat a pomalu téct. Ledovec začne působit jako pomalá řeka ledu. Z horních částí hor se pomalu posouvá (teče) dolů údolím pod vlivem gravitace. Rychlost jeho pohybu závisí na teplotě, sklonu svahu, množství srážek i na vnitřním tlaku. Některé ledovce se posouvají jen pár centimetrů za den, jiné i několik metrů. V horní části zvané akumulární oblast, led neustále přibývá. V nižší oblasti,

tzv. ablační, naopak taje. Rovnováha mezi těmito dvěma zónami určuje, jestli ledovec roste nebo ustupuje. Je to dynamický systém. Přetváří tvář celé krajiny.

### Typy ledovců a jejich výskyt

Ledovce jsou zásadní součástí zemského klimatu: ukládají obrovské množství sladké vody, ovlivňují hladinu oceánů a fungují jako citlivý ukazatel změn teploty. Díky tomu představují jedinečné přírodní archivy i klíčové hráče v globálním systému Země.

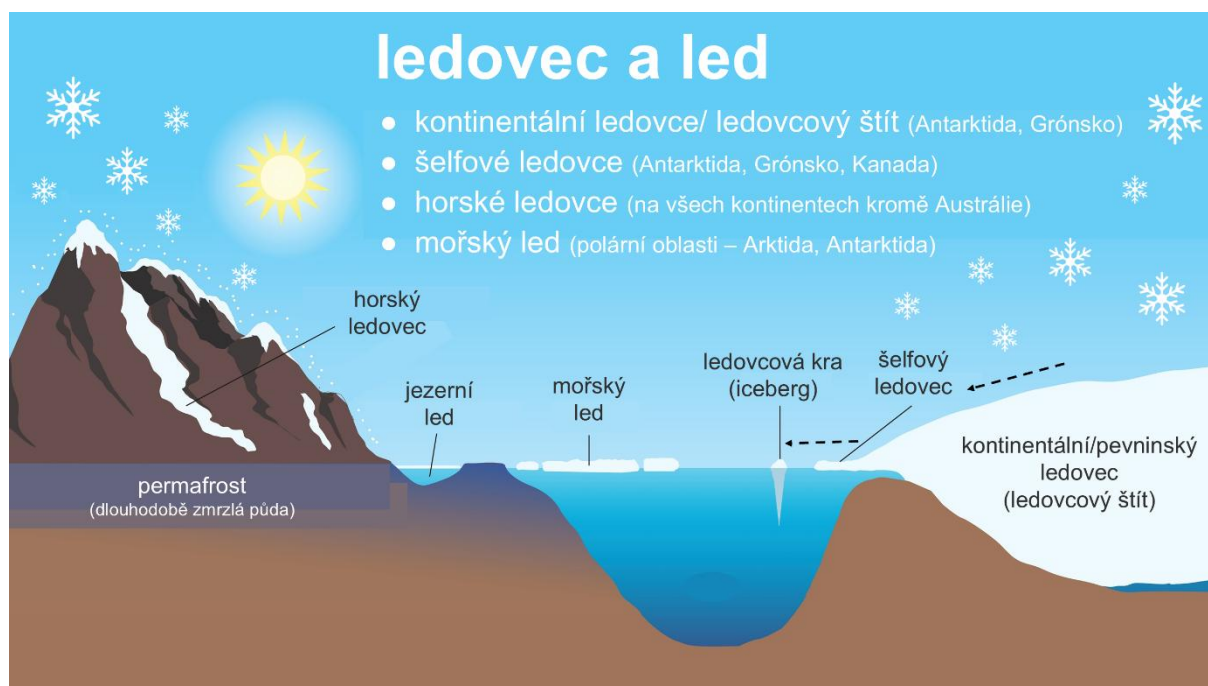
Ledovce vznikají v místech, kde dlouhodobě více sněhu napadne, než roztaje, takže se vrstvy sněhu postupně stlačují a mění se v pevný led. Najdeme je nejen v polárních oblastech – na pevné zemi, jako je Antarktida a Grónsko, ale také ve vysokých horách na všech kontinentech kromě Austrálie – od Alp přes Himaláj až po Andy.

Rozlišujeme dva základní typy ledovců: pevninské a horské. Pevninské ledovce pokrývají rozsáhlá území, mají velkou mocnost (až 4 km), pohybují se pomalu, často končí v moři, kde se z něj odlamují ledové kry. Tyto pevninské ledovce máme na Zemi pouze dva, v Antarktidě a Grónsku. Druhým typem jsou horské ledovce, které jsou menší, mají menší mocnost (stovky metrů), nacházejí se na horách a v údolích, pohybují se rychleji a končí obvykle na pevnině, kde tají a vytváří ledovcové potoky či jezera.

### Výskyt ledovců na světě:



**Typy ledu a ledovců:**



**Rozdíl mezi mořským ledem a ledovcem:**

	<b>mořský led</b>	<b>ledovec</b>
<b>vznik</b>	ze slané vody	ze sněhu (sladké vody)
	ve vodě (na hladině oceánu zamrznutím mořské vody)	na souši (hromaděním a stlačováním sněhu)
	zamrznutí kapalné vody	přeměna sněhu na led pod tlakem
	rychlý proces (desítky minut až hodiny až dny)	velmi pomalý proces (desítky až stovky let)
<b>tloušťka</b>	1-5 m	metry až kilometry (Antarktida až 4,8 km)
<b>pohyb</b>	plave na hladině – unášen větrem a mořskými proudy	pomalou plasticky teče vlastní vahou díky gravitaci (cm-m/den)
<b>trvanlivost</b>	obvykle dočasný jev, který při oteplení rychle taje (jednoletý či víceletý)	existuje dlouhodobě (desítky, stovky, tisíce až miliony let), odtává postupně
<b>vliv na hladinu oceánů</b>	když taje – HLADINU OCEÁNŮ NEZVYŠUJE	když taje – ZVYŠUJE HLADINU OCEÁNŮ

### **Zajímavosti:**

**Každá sněhová vločka je jedinečný originál.** Každá má jiný tvar (hvězdičky, jehličky, ploché destičky ad.), velikost (největší zaznamenaná vločka měla 38 cm) a celkovou podobu. Dvě naprosto stejné vločky se v přírodě prakticky nevyskytují. Je to proto, že každá vzniká za jiných podmínek – teplotě, vlhkosti, větru a prochází jinou cestou od mraku k zemi. Nejčastěji mají vločky 6 ramen (šestiúhelníkový tvar), extrémně vzácné jsou osmiramenné. Co mají ale společného je to, že k jejich vzniku na samém počátku potřebují drobné „jádro“ kolem kterého se vločka začne formovat. Tím jádrem může být např. prach, pyl, sůl apod.

### **NÁMĚTY OTÁZEK K ZAMYŠLENÍ ČI DISKUZÍ:**

Náměty a otázky k zamyšlení k tématu najdete v pracovních listech pro žáky ZŠ – pro 1. a 2. stupeň na webové stránce projektu:

<https://antarktida.klimasemeni.cz/vyukove-materialy/>

### **AKTIVITY DO VÝUKY – (VENKOVNÍ, UVNITŘ), POKUSY:**

Tematické pokusy a aktivity najdete v dokumentu „Pokusy pro učitele a žáky 1. a 2. stupně ZŠ“ na webové stránce projektu:

[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antarktida.klimasemeni.cz/wp-content/uploads/sites/5/2026/03/PL\\_LEDOVCE\\_pokusy.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antarktida.klimasemeni.cz/wp-content/uploads/sites/5/2026/03/PL_LEDOVCE_pokusy.pdf)

### **DOPROVODNÉ OBRÁZKY:**

Doprovodné obrázky k tématu pro žáky různého věku naleznete v dokumentu „Pracovní list pro žáky 1. a 2. stupně ZŠ – **doprovodný, obrázkový**“ na webové stránce projektu.

[chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antarktida.klimasemeni.cz/wp-content/uploads/sites/5/2026/03/PL\\_LEDOVCE\\_obrazkove\\_kompr.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antarktida.klimasemeni.cz/wp-content/uploads/sites/5/2026/03/PL_LEDOVCE_obrazkove_kompr.pdf)

### **ZAJÍMAVÉ ODKAZY:**

**Miroslav Čapek – Zeměpis - Hydrosféra 3 - Mořské proudy 1**

<https://www.youtube.com/watch?v=YyME599Q1B8>