

Srednje izobraževanje

11-14



komplet izobraževalnih virov

## PREHOD SE ODPRE

Arktični morski led in podnebne spremembe

Vodnik za učitelje in delovni listi za učence



Pregled	stran 3
Povzetek dejavnosti	stran 4
Podnebje iz vesolja	stran 6
Morski led in podnebje: osnovne informacije	stran 7
Dejavnost 1: KAKO HITRO SE STALI MORSKI LED?	stran 9
Dejavnost 2: TEMPERATURA OCEANOV IN HITROST TALJENJA LEDU	stran 11
Dejavnost 3: SEVEROZAHODNI PREHOD	stran 15
Delovni list za učence 1	stran 18
Delovni list za učence 2	stran 20
Delovni list za učence 3	stran 22
List z informacijami 1	stran 24
List z informacijami	stran 26
List z informacijami	stran 29
Povezave	stran 30
Priloga: SI VEDEL/-A?	stran 31

izobraževalni paket virov glede pobude o podnebnih spremembah – PREHOD SE ODPRE <https://climate.esa.int/en/educate/>

Koncepti dejavnosti, ki sta jih razvila Univerza Twente (NL) in Nacionalni center za opazovanje Zemlje (UK)

Podnebni urad ESA je vesel vseh povratnih informacij in komentarjev <https://climate.esa.int/helpdesk/>

Izdelal podnebni urad ESA Copyright ©  
Evropska vesoljska agencija 2020

# PREHOD SE ODPRE: Pregled

## Arktični morski led in podnebne spremembe

### Hitra dejstva

**Teme:** geografija, Zemlja, fizika, kemija

**Starostni razpon:** 11–14 let

**Tip:** branje, matematično modeliranje, analiza podatkov; diskusija

**Zahtevnost:** srednja do visoka

**Potreben čas:** 4 ure

**Strošek:** nizek (0–20 evrov)

**Lokacija:** v zaprtem prostoru

**Potrebno:** internet, programska oprema za preglednice

**Ključne besede:** morski led, podnebne spremembe, arktična amplifikacija, latentna toplota, albedo, satelit

### Kratek opis

V tem sklopu dejavnosti bodo učenci odkrili pomembno vlogo, ki jo ima arktični morski led v zemeljskem podnebnem sistemu. Dejavnosti so postavljene v kontekst Severozahodnega prehoda.

Prva dejavnost je matematična preiskava hitrosti taljenja morskega ledu za ponazoritev, kaj pomeni arktična amplifikacija.

Praktična raziskava ponuja priložnost za pogovor o tem, kako se modeli uporabljajo v znanosti, in za premislek o težavah pri merjenju in napovedovanju učinkov podnebnih sprememb.

Učenci nato uporabijo spletno aplikacijo Climate from Space za raziskovanje sezonskih in dolgoročnih trendov v obsegu morskega ledu in temperaturah morske površine.

### Predvideni učni rezultati

#### Ko učenci izvedejo te dejavnosti, bodo lahko:

Pojasnili, kako različni albedo ledu in oceana vodi do Arktične amplifikacije in njenega vpliva tega na podnebne spremembe.

Z matematičnim modelom raziskali vpliv različnih pogojev na taljenje morskega ledu.

Povezali eksperimentalni model z resničnim svetom in ovrednotili model.

Analizirali slike za pridobivanje podatkov o taljenju ledu.

Razpravljali o izzivih zbiranja podatkov za opis in napovedovanje učinkov podnebnih sprememb.

Uporabili spletno aplikacijo Climate from Space za raziskovanje sprememb v arktični regiji.

Povezali spremembe v sezonskem vzorcu obsega morskega ledu s spremembami površinske temperature morja.

Predlagali razloge za spremembe v različnih časovnih obdobjih.

## Povzetek dejavnosti

	Naslov	Opis	Izid	Predhodno učenje	Čas
1	Kako hitro se stali morski led?	Uvodna zgodba o postavitvi scene, ki ji sledi matematična preiskava stopenj taljenja.	Pojasniti, kako različni albedo ledu in oceana vodi do Arktične amplifikacije in njenega vpliva tega na podnebne spremembe. Uporabiti matematični model za raziskavo učinka različnih pogojev na taljenje morskega ledu.	Učenci se morajo seznaniti z načelom varčevanja z energijo	1 ura
2	Temperatura oceanov in hitrost taljenja leda	Praktična dejavnost z uporabo pametnega telefona za modeliranje z uporabo satelita za spremljanje obsega morskega ledu.	Povezati eksperimentalni model z resničnim svetom in ovrednotiti model. Analizirati slike za pridobivanje podatkov o taljenju ledu. Razpravljati o izzivih zbiranja podatkov za opis in napovedovanje učinkov podnebnih sprememb.	Brez	2 ur
3	Severozahodni prehod	Pregled dolgoročnih podatkov o morskem ledu in temperaturi morske površine na Arktiki.	Uporabiti spletno aplikacijo Climate from Space za raziskovanje sprememb v arktični regiji. Povezati spremembe v sezonskem vzorcu obsega morskega ledu s spremembami površinske temperature morja. Predlagati razloge za spremembe v različnih časovnih obdobjih.	Brez	1 ura

Razpoložljiv čas je namenjen glavnim vajam, če je na voljo popolni dostop do informacijskih tehnologij in/ali porazdelitve ponavljajočih se izračunov in risb za cel razred. Vaje vključujejo čas za izmenjavo rezultatov, ne pa tudi za predstavitev rezultatov, saj se ta razlikuje glede na velikost razreda in skupin. Drugačni pristopi lahko trajajo dlje.

## Praktične opombe za učitelje

**Potreben material** za vsako dejavnost je naveden na začetku ustreznega razdelka, skupaj z opombami glede pripravah, ki so potrebne poleg kopiranja delovnih listov in listov z informacijami.

**Delovni listi** so namenjeni za enkratno uporabo in jih je mogoče kopirati črno-belo.

**Listi z informacijami** lahko vsebujejo večje slike, ki jih lahko dodate svojim predstavitvam v razredu, dodatne informacije za učence ali podatke, s katerimi lahko delajo.

Te vire je najbolje natisniti ali kopirati barvno, vendar jih je mogoče ponovno uporabiti.

Vse **dodatne preglednice, nabore podatkov ali dokumente**, potrebne za dejavnost, lahko prenesete na povezavah do tega kompleta: <https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Ideje za **dodatno učenje** in predlogi za **diferenciacijo** so vključeni na ustreznih mestih v opisu vsake dejavnosti.

V pomoč pri **ocenjevanju** so odgovori in rezultati primerov vključeni na delovnem listu za praktične dejavnosti. Možnosti za uporabo lokalnih meril za ocenjevanje temeljnih veščin, kot sta komunikacija ali obdelava podatkov, so navedene v ustreznem delu opisa dejavnosti.

## Varnost in zdravje

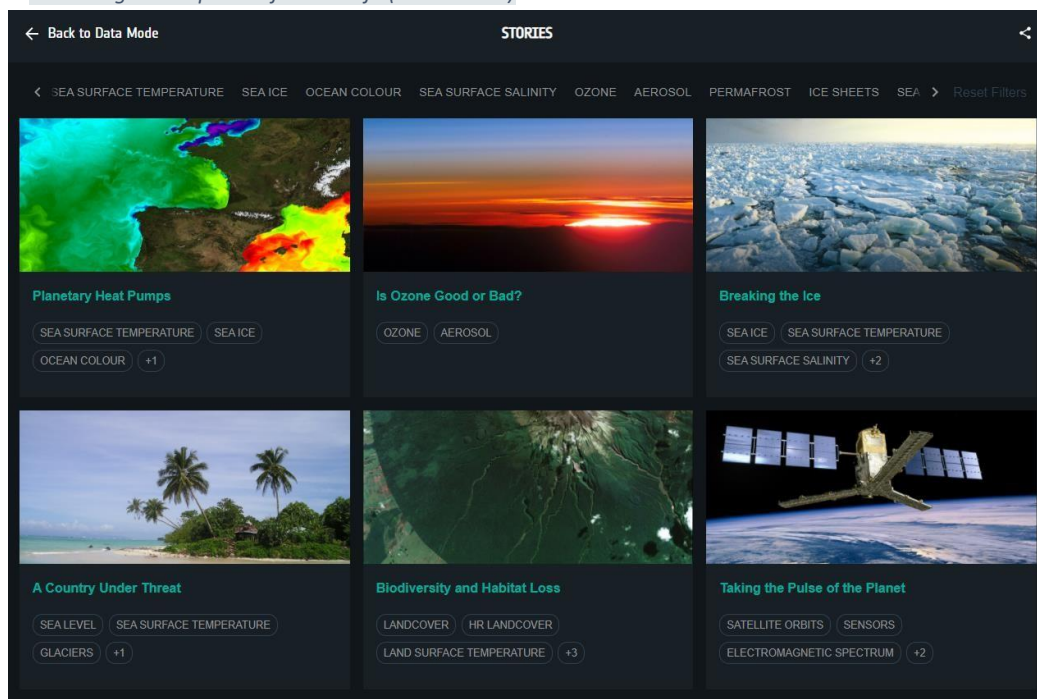
Pri vseh dejavnostih predvidevamo, da boste še naprej upoštevali svoje običajne postopke glede uporabe splošne opreme (vključno z električnimi napravami, kot so računalniki), gibanja v učnem okolju, varnosti elementov in razlitij, prve pomoči itd. Ker je potreba po tem univerzalna, a se podrobnosti glede njihovega izvajanja precej razlikujejo, jih nismo vsakič razčlenili. Namesto tega smo poudarili nevarnosti, ki so značilne za določeno praktično dejavnost, da zagotovimo informacije glede vaše ocene tveganja.

Nekatere od teh dejavnosti uporabljajo spletno aplikacijo Podnebje iz vesolja (Climate from Space). Od tu lahko krmarite do drugih delov spletnega mesta ESA Climate Change Initiative in nadaljujete do zunanjih spletnih mest. Če ne morete – ali ne želite – omejiti strani, ki si jih učenci lahko ogledajo, jih opomnite na vaša lokalna internetna varnostna pravila.

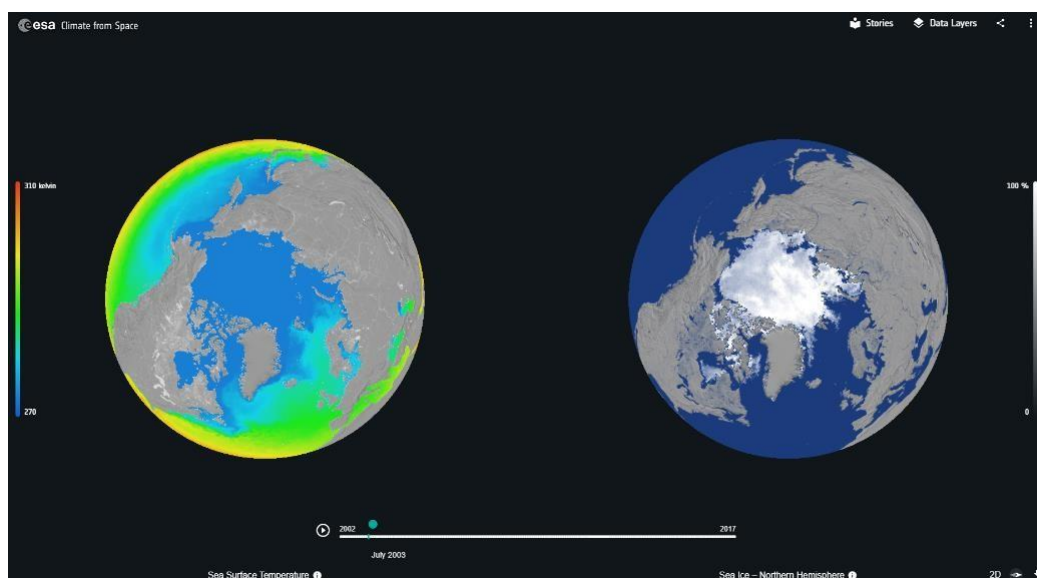
## Podnebje iz vesolja

Sateliti ESA igrajo pomembno vlogo pri spremljanju podnebnih sprememb. Podnebje iz vesolja ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)) je spletni vir, ki uporablja ilustrirane zgodbe za povzemanje nekaterih načinov sprememb našega planeta in poudarjanje dela znanstvenikov ESA.

Slika 1: Zgodbe o podnebjju iz vesolja (Vir: ESA CCI)



Program pobude ESA za podnebne spremembe vsebuje zanesljive globalne zapise o nekaterih ključnih vidikih podnebjja, ki so znani kot bistvene podnebne spremenljivke (essential climate variables – ECV). Spletna aplikacija Climate from Space omogoča dostop do več podatkov o vplivih podnebnih sprememb, kjer lahko te podatke raziščete sami.



Slika 2: Raziskovanje temperatur morske površine in obsega morskega ledu v spletni aplikaciji Climate from Space (Vir: ESA CCI)

## Morski led in podnebje: osnovne informacije

### Kriosfera v podnebnem sistemu

Izraz kriosfera se uporablja za označevanje vseh tistih območij Zemlje, kjer je voda zamrznjena – na gladini oceana ali na kopnem ali pod njim. Kriosfera je ena od petih komponent podnebnega sistema (slika 3): njeno stanje je ena od stvari, ki določajo globalno klimo.

Voda ima osrednjo vlogo v kriosferi in vpliva na podnebje na več načinov, ko se spreminja iz tekočega stanja (voda) v trdno (led) ali obratno. Zmrzovanje sprošča toploto v okolico, odmrzovanje pa absorbira toploto iz nje. Rast morskega ledu vsako zimo upočasni ohlajanje Arktike, taljenje morskega ledu pa je odgovorno za postopno zvišanje temperature s

Prihodom poletja. Morski led je torej regulator podnebja.



Slika 3: Komponente podnebnega sistema (Vir: ESA)

### Arktična amplifikacija



Slika 4: Barvni kontrast med morskim ledom in odprtim (Vir: ESA)

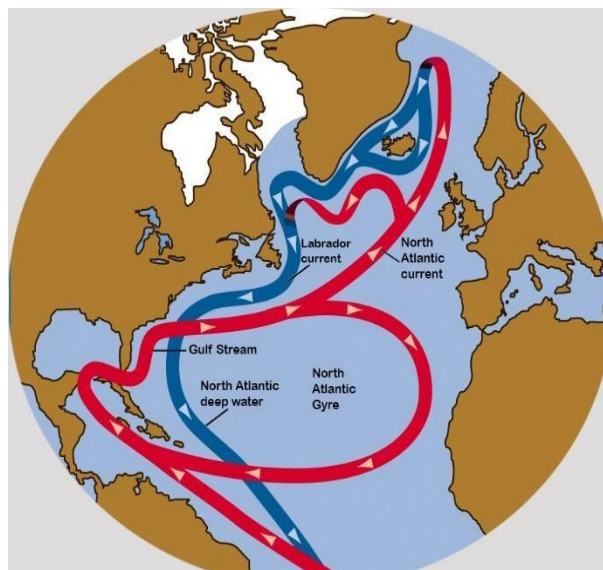
Barva morskega ledu je v ostrem kontrastu z barvo odprtega oceana, kot prikazuje fotografija (slika 4) in to vpliva tudi na podnebje. Led in sneg imata visok albedo (odbojnost) – morski led lahko odbije do 90 % dohodne sončne svetlobe – zato je toplim površinam, pokritim z belim ledom ali snegom, na voljo le majhen delež sončne energije, ki doseže Zemljo. Izginjanje morskega ledu pomeni, da Zemlja absorbira več energije od Sonca, kar pospešuje globalno segrevanje in povzroča, da se stali še več

morskega ledu. Ta mehanizem pozitivne povratne informacije se imenuje arktična amplifikacija. Morski led ujame tudi zračne žepe, zaradi česar je dober izolator. Tako kot pokrivalo za bazen ali odeja ohranja morje pod njim hladnejše od izpostavljenе vode in to je še en način, s katerim zmanjšuje segrevanje Arktičnega oceana.

## Termohalinsko kroženje oceanov

Druga, bolj zapletena vloga morskega ledu v podnebnem sistemu izhaja iz vloge, ki jo ima pri gibanju vode po svetu – termohalinskega kroženja oceanov. Slika 5 prikazuje to kroženje v Atlantskem oceanu. Slana morska voda je gostejša od sladke.

Ko morska voda zmrzne, sol ostane v nezamrznjeni vodi, kar dodatno poveča gostoto. Ta bolj slana voda potone na dno oceana in spodbuja obsežno kroženje hladne arktične vode proti tropom in tople vode iz tropov proti Arktiki.



Slika 5: Termohalinsko kroženje v Atlantskem oceanu. Rdeče črte označujejo toplo vodo, modre črte predstavljajo hladno vodo, konice puščic pa kažejo smeri tokov. (Vir: ESA)

## Bistvene podnebne spremenljivke

Ko opisujemo podnebne spremembe, večina lju zavedanjem, da si številne države prizadevajo to vrednost ohraniti pod 1,5 °C in precej pod 2,0 °C. Vendar zadeva ni tako enostavna, kot kažejo te navidez nizke številke.

Prvič, povprečje skriva precejšnje regionalne razlike v stopnji segrevanja. Na Arktiki se bodo temperature verjetno nadpovprečno dvignile.

Drugič, osredotočenost na temperaturo ne upošteva povezanih sprememb. Svetovna meteorološka organizacija (WMO) navaja 54 spremenljivk, ki so odvisne od in opisujejo podnebje na Zemlji. Te fizikalne, kemične ali biološke spremenljivke (ali skupine povezanih spremenljivk), ki jih je mogoče zanesljivo izmeriti, so znane kot bistvene podnebne spremenljivke (essential climate variables – ECV). Tudi morski led spada mednje zaradi številnih procesov, s katerimi vpliva na podnebje.

## Severozahodni prehod

Severozahodni prehod je ladijska pot, ki poteka med celinsko Kanado in njenimi arktičnimi otoki ter povezuje Atlantski in Tihi ocean. Je krajši od južnih prehodov brez ledu, vendar je bil le redko ploven. Zmanjšanje arktičnega morskega ledu zaradi globalnega segrevanja lahko omogoči ladijskemu prometu bolj redno uporabo te poti, vendar je sprostitev prehoda zaskrbljujoč znak sprememb, ki ne vplivajo samo na arktično regijo, temveč na podnebni sistem celotne Zemlje.



## Dejavnost 1: KAKO HITRO SE STALI MORSKI LED?

Ta dejavnost je predstavljena s kratko zgodovino severozahodnega prehoda, da zagotovimo kontekst za raziskovanje vloge morskega ledu v podnebnem sistemu. Učence nato vodite skozi izračun z uporabo ohranjanja energije, koncepta albeda in latentne fuzijske toplote (zadnja dva pojma razložite), da razvijejo matematični model, ki ga lahko uporabijo za raziskovanje arktične amplifikacije.

### Oprema

- List z informacijami 1 (2 strani)
- Delovni list za učence 1 (2 strani)
- Spletni vir Climate from Space: zgodba *Prebijanje ledu* (izbirno)
- Kalkulator in/ali dostop do programske opreme za preglednice
- Milimetrski papir

### Vaja

1. Preberite List z informacijami 1 z razredom ali prosite učence, da ga preberejo v skupinah. Naprednejši bralci naj ga preberejo med pripravo na uro in si zapomnijo tri stvari, ki so jih izvedeli, in pripravijo vsaj eno vprašanje, ki bi ga želeli vprašati. Če berete ali ponavljate pred celim razredom, lahko besedilo dopolnite z gradivom Podnebje iz vesolja – zgodba *Prebijanje ledu*. Večina strani ima galerije z osupljivimi slikami regije. Bolj osredotočene slike, ki jih lahko uporabite za pomoč pri branju, vključujejo:
  - Diapozitiv 2 – gravura zgodnje ekspedicije
  - Diapozitiv 3 – morebitne polarne ladijske poti in sodobne ladje, ki potujejo skozi morski led
  - Diapozitiv 6 – Nuuk, glavno mesto Grenlandije
  - Diapozitiv 7 – umetnikov vtis o odpravi satelita ESA za led, CryoSat 2.
2. Učence prosite, naj delajo z delovnim listom 1.1. To prikazuje, kako najti stopnjo taljenja morskega ledu iz osnovnih načel, in sicer tako, da učence vodite skozi izračun za dva različna scenarija. Izračun je povzet v tej enačbi:

$$m_i = \frac{3600P_{in}}{L_f} (1 - C\alpha_i + (1 - C)\alpha_w)$$

Količina	Simbol	Vrednost	Enote
hitrost taljenja morskega ledu	$m_i$	za izračun	$\text{kg m}^{-2} \text{hr}^{-1}$
koncentracija morskega ledu	$C$	Spremenljivka	%
albedo morskega ledu	$\alpha_i$	0,85	–
albedo odprtega morja	$\alpha_w$	0,07	–
latentna toplota taljenja morskega ledu	$L_f$	$3,3 \times 10^5$	$\text{J kg}^{-1}$
dohodno sončno sevanje	$P_d$	spremenljivka	$\text{W m}^{-2}$

3. Učenci naj s to metodo raziščejo učinek različnih ravni dohodnega sončnega sevanja in/ali koncentracije morskega ledu na hitrost taljenja. Lahko

delajo v skupinah, da se odločijo za ustrezne vrednosti ali uporabijo vrednosti, ki so predlagane v tabeli na delovnem listu za učence 1.2. Ker preiskava vključuje ponavljajoče se izračune, si lahko učenci razdelijo izračune v skupini ali pripravijo preglednico za računanje.

4. Vprašanja na delovnem listu za učence 1.2 nudijo strukturo za razpravo o rezultatih preiskave.

**Opomba:** Izračun upošteva le energijo, ki jo zagotavlja sončna svetloba, in predpostavlja, da bo vsa energija, ki jo absorbira voda, prenesena na led. Lahko razpravljate tudi o tem, kako veljavne so te predpostavke, in/ali raziščete, kakšen učinek bo imelo njihovo spreminjanje na rezultate.

## Odgovori na delovnem listu in vzorčni rezultati

### Delovni list za učence 1.1

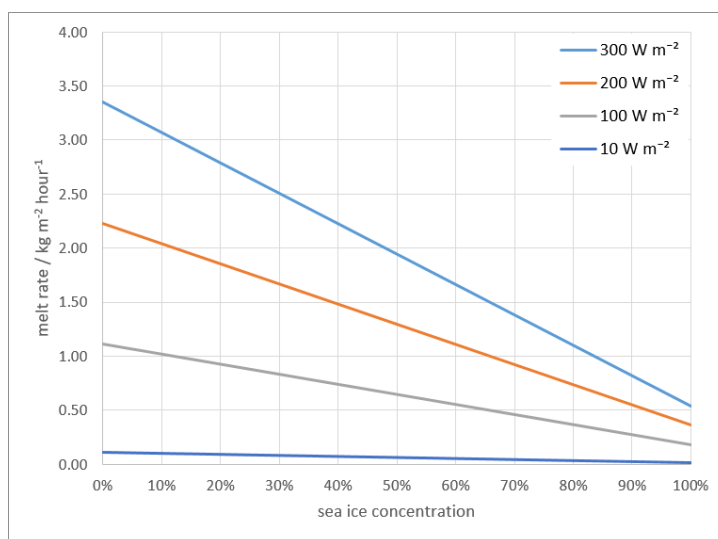
- |                          |  |                   |
|--------------------------|--|-------------------|
| 1. 1 080 000 J (1.08 MJ) | 5. a. (i) 0.7 ali 7/10                       | (ii) 0.3 ali 3/10 |
| 2. 918 000 J             | b. (i) 643 000 J                             | (ii) 22 700 J     |
| 3. 162 000 J             | c. 415 000 J                                 |                   |
| 4. 0,491 kg              | d. 1,26 kg m <sup>-2</sup> uro <sup>-1</sup> |                   |

### Delovni list za učence 1.2

Rezultati z uporabo predlaganih števil so prikazani v spodnji tabeli in na sliki 6.

Sončno sevanje, ki doseže površino / W m <sup>-2</sup>	Stopnja taljenja / kg m <sup>-2</sup> uro <sup>-1</sup>			
	Koncentracija morskega ledu			
	100 %	70 %	40 %	10 %
300	0,491	1,26	2,02	2,79
200	0,327	0,838	1,35	1,86
100	0,164	0,419	0,674	0,929
10	0,0164	0,0419	0,0674	0,0929

- junij
- Hitrost taljenja se povečuje, ko koncentracija pada.
- Glejte List z informacijami 1. Odgovori lahko vključujejo sklicevanje na: zmanjšano odbojnost ali arktično ojačanje in/ali povratno zanko; povečan prenos energije med oceanom in ozračjem; spreminjanje kroženja oceanov *itd.*



Slika 6: Stopnja taljenja glede na koncentracijo morskega ledu za različne ravni sončnega sevanja (Vir: ESA CCI)

## Dejavnost 2: TEMPERATURA OCEANOV IN HITROST TALJENJA LEDU

Pri tej dejavnosti učenci raziskujejo učinek spreminjanja temperatur oceanov na taljenje ledu z uporabo pametnega telefona ali tablice za modeliranje satelitskega spremljanja morskega ledu. Poznejši deli dejavnosti so na voljo in ponujajo priložnosti za ocenjevanje temeljnih znanstvenih in matematičnih veščin ter spodbujanje sposobnejših učencev, ko razpravljajo o tem, kaj raziskava razkriva o težavah pri zbiranju zanesljivih podnebnih podatkov za modeliranje sprememb.

### Oprema

Vsaka skupina potrebuje:

- Čašo, majhen pladenj ali skledo
- Tri ali štiri kroglice ali gumbe različnih barv
- Plastelin za pritrditev markerjev na mesto
- Vsaj tri ledene kocke ali kocke podobne velikosti iz obarvane vode
- Čašo ali vrč
- Toplo in hladno vodo
- Termometer
- Pametni telefon ali tablico s kamero
- Kup knjig ali kos lesa za oporo telefona/tabličnega računalnika
- Uro ali časovnik (ura v razredu bo zadostovala)
- Brisače za mokre roke in morebitna razlitja

Učenci bodo potrebovali tudi:

- Kopijo delovnega lista za učence 2 (2 strani) za vsakega učenca
- Dostop do programske opreme za obdelavo slik, ki jo poznajo
- Tiskalnik (izbirno)
- Acetatne liste, natisnjene z mrežo (izbirno)
- Karo papir (izbirno)
- Prosojni papir (izbirno)

**Opomba:** Če več naprav ni na voljo, lahko praktične dele te dejavnosti izvedete kot predstavitev. Prikaz s telefona lahko uporabite v realnem času ali pa slike prikažete oziroma natisnete za poznejšo analizo. (Glejte tudi rezultate vzorcev.)

### Priprava

Praktičen preskus opravite vnaprej, da ugotovite najprimernejšo višino in položaj telefona in/ali koliko časa potrebuje led, ki ga nameravate uporabiti, da se v vaši učilnici opazno stali v vodi različnih temperatur. Uporaba standardnih ledenih kock v čašah z vodo bo dala hitre rezultate, vendar bo težko izmeriti majhne površine. Glejte rezultate vzorcev spodaj z nekaj predvidenimi trajanji.

### Varnost in zdravje

Preverite, da je vsa oprema stabilna in ne presega roba mize.

Zagotovite, da je na voljo material za brisanje razlite tekočine.

## Vaja

1. Zgodba, uporabljena za predstavitev prejšnje dejavnosti, omenja uporabo satelitov za spremljanje obsega morskega ledu. Učenci naj ugotovijo, kako postavitev, opisana na delovnem listu za učence 2, modelira to dejavnost.  
Skleda z vodo je ocean, led predstavlja morski led, kroglice so referenčne točke GPS (ali stvari, ki ostanejo na enem mestu in jih je zlahka videti iz vesolja, kot so mesta ali rti), kamera je senzor na satelitu. Upoštevajte, da meritve izvajajo sateliti za opazovanje Zemlje v nizki Zemljini orbiti. Sateliti prehajajo območje v rednih intervalih, zato je občasno fotografiranje boljši model kot snemanje videa. (Lažje je tudi analizirati fotografije!)
2. Prejšnja dejavnost je raziskovala učinek različnih količin sončne svetlobe na stopnje taljenja. Kaj pa se zgodi, če se temperatura oceana spremeni? Učenci bodo brez dvoma domnevali, da bo toplejša voda povečala hitrost taljenja, toda kako velik učinek ima to? Ta model bodo uporabili za raziskovanje nekaterih težav, s katerimi se soočajo znanstveniki, ko poskušajo odgovoriti na to vprašanje.
3. Učenci naj zberejo podatke po navodilih na delovnem listu.  
Ni jim treba uporabljati popolnoma enakih intervalov ali beležiti časov, saj lahko te podatke pridobijo iz slikovne datoteke.  
Če primanjkuje časa, lahko od vsake skupine zahtevate, da izvede en niz meritev, pri čemer različnim skupinam dodeli različne temperature.  
Metoda od učencev zahteva, da opravijo samo začetne in končne meritve temperature vode in jih uporabijo za izračun povprečja. V tem je skritih več predpostavk, o katerih lahko razpravljate s sposobnejšimi učenci in ki lahko vodijo do nadaljnjih preiskav z uporabo temperaturnega senzorja, povezanega z zapisovalnikom podatkov. Manj sposobni učenci lahko preprosto opišejo temperaturo vode in/ali se osredotočijo na čas, ki je potreben, da se blok v vsakem primeru stopi.
4. Na drugi strani delovnega lista od učencev zahteva, naj razpravljajo o tem, kako izmeriti površino ledu. Ker je cilj primerjava, uporabljene enote niso pomembne, če so v vsakem primeru enake.  
Manj sposobnim učencem lahko pokažete opremo (ali celo tehnike), ki bi jih lahko uporabijo, sposobnejše pa izzovete, da določijo površino v  $\text{cm}^2$  z natančnejšimi meritvami in skaliranjem svojih slik. (V tem primeru naj učenci dodajo ravnilo na vsaj eno fotografijo.)

Možne metode vključujejo, vendar niso omejene na:

- Tiskanje slik in črtanje obrisa ledene kocke na karo papir (ali izrezovanje ledene kocke in risanje okoli izreza).
- Uporaba karo acetatnega lista za prekrivanje na natisnjenih slikah.
- Ustvarjanje prosojnega mrežnega sloja v programski opremi za obdelavo slik (npr. s skeniranjem karo papirja in brisanjem ozadja) in nanašanje tega na fotografijo.

- Uporaba ustreznega izbirnega orodja za obris kocke v programski opremi za obdelavo slik in beleženje dimenzij obdajajoče oblike za izračun površine (programska oprema lahko tudi prikaže število kvadratnih slikovnih pik v zaprtem območju).
5. Delovni list od učencev zahteva, da območja zapišejo v ustrezno tabelo, jih prikažejo na ustreznem grafu in opišejo prikazan vzorec. S tem lahko ocenite veščine ravnanja s podatki glede na ustrezna lokalna merila in zagotovite raven podpore, ki ustreza sposobnostim vsake skupine.  
Učenci, ki imajo težave pri zbiranju rezultatov ali ustvarjanju enako velikih fotografij, lahko analizirajo vzorčne rezultate na Listih z informacijami 2.1 do 2.3.
  6. Vprašanja za razpravo na koncu delovnega lista od učencev zahtevajo, naj svojo izkušnjo povežejo s scenarijem iz resničnega življenja, ki ga predstavlja njihov model, razmislijo, kako model poenostavlja scenarij iz resničnega življenja, in predlagajo dodatne dejavnike, ki vplivajo na hitrost taljenja. Razmislijo lahko tudi o tem, kako prilagoditi preiskavo, da bi dobili natančne numerične rezultate. Z razpravo lahko učenci ugotovijo in predlagajo lastne dodatne dejavnosti.

## Rezultati vzorcev

Šest rezultatov vzorcev za vodo pri treh različnih temperaturah je prikazanih na Listih z informacijami 2.1 do 2.3, dodatni rezultati pa so podani v tabeli.

Uporabljeni ledeni diski so bili narejeni z zamrzovanjem obarvane vode v pekaču za kolačke in so bili debeli približno 1 cm s premerom 5–6 cm.

Temperatura okolice je bila okoli 18°C.

Posoda je vsebovala približno 300 cm<sup>3</sup> vode in je imel premer 21 cm, kar pomeni merilo fotografij na Listu z informacijami približno 1:3.

Čas/minute	Površina ledu / cm <sup>2</sup>			
	Vroče (37,5 °C)	Toplo (24 °C)	Hladno (14 °C)	Mrzlo (6 °C)
0	20	24	25	26
1	18	21		
2	12	16		
3	7	13		
4	2	9		
5		7	17	
6		4		25
7		2		
10			13	
13				24
17			6	
20				20
24			3	
26				17
28			1	
30				14
37				11
41				9

## Odgovori za delovne liste

Kot že rečeno, so vprašanja na delovnem listu zelo odprta.

Spodnje opombe zato ponujajo nekaj navedb idej, katerih se lahko domislijo učenci, in informacij, ki jih boste morda želeli uporabiti za usmerjanje razprave.

### **Analiza rezultatov**

Najbolj očiten zaključek je, da se led hitreje topi pri višjih temperaturah, vendar spodbuja učence, da natančneje preučijo svoje rezultate. Ali se hitrost s časom spreminja? Ali lahko izračunajo hitrost z gradientom grafa?

### **Razprava**

1. Verjetne težave spadajo v dve glavni kategoriji: določitev roba ledene kocke s fotografije (še posebej, če je enostavno videti različne robove nad in pod vodno črto) in ločljivost metode, uporabljene za določitev območja (velikost mreže, kolikšen delež kvadrata je mogoče oceniti, sposobnost zajemanja pravilne površine, približki oblike za izračun površine).
2. Odgovor je odvisen od prejšnjega. Učenci se lahko sklicujejo na razlike v barvah – umazan led in sive oceane je morda težko razlikovati – ali pa poskušajo »občrtati« veliko območje.
3. Učenci lahko razmišljajo o oblačnosti, velikosti območja, razdrobljenosti ledu in tako naprej.
4. Večina ledu je pod gladino vode, kjer je lahko temperatura drugačna. To pomeni, da potrebujemo dobre modele, kako se temperatura morja spreminja z globino. Če učenci pazijo, da ne premaknejo svoje opreme, bodo morda videli, da hladna voda iz talečega se ledu leži pod toplo vodo (glejte poznejše slike na Listu z informacijami 2.1).
5. Učenci lahko predlagajo oblačnost, temperaturo zraka, veter, razdrobljenost ledu, razburkanost morja in podobno.
6. Odgovori bodo odvisni od predlaganih dejavnikov.

## Dejavnost 3: SEVEROZAHODNI PREHOD

Pri tej dejavnosti učenci uporabljajo spletno aplikacijo Climate from Space za raziskovanje satelitskih podatkov o obsegu morskega ledu in temperaturi morske površine ter za preučevanje letnih in dolgoročnih trendov v severozahodnem prehodu in v širši arktični regiji. Lahko ga uporabimo za boljše razumevanje ključnih podnebnih procesov na Arktiki. Lahko pa ga uporabite na začetku teme o podnebnih spremembah ali Arktiki, da učence spodbudite, naj delijo svoje obstoječe znanje in predlagajo vprašanja, ki jih je treba raziskati.

### Oprema

- Dostop do interneta
- Spletna aplikacija Climate from Space
- Delovni list za učence 3 (2 strani)
- List z informacijami 3 (izbirno)
- Barvna pisala ali svinčniki

### Vaja

1. Pokažite zemljevid Severozahodnega prehoda. Lahko natisnete List z informacijami 3, da ga učenci uporabijo, ali sliko za uporabo pridobite v predstavitveni programski opremi. Pogovorite se o tem, zakaj so ljudje skozi stoletja vedno znova poskušali najti in/ali krmariti po njej in drugih polarnih poteh.
2. Učenci naj uporabijo spletno aplikacijo Climate from Space, da izpolnijo vprašanja 1 in 2 na delovnem listu za učence 3.1. Spletna aplikacija je dokaj samoumevna, morda pa boste želeli učencem pokazati podatkovni niz in/ali prikazati kontrolnike.
3. O rezultatih se pogovorite s celotnim razredom in jih vprašajte, zakaj vprašanje 2 ne sprašuje, ali podatki *dokazujejo*, da se zemlja segreva. (Če učenci niso opravili dejavnosti 1, je vredno poudariti razliko med dolgoročnimi podnebnimi trendi in naravno spremenljivostjo.)  
Učenci lahko posledično izvajajo neodvisne raziskave drugih pojavov, ki dokazujejo spreminjanje podnebja – od življenjskih izkušenj starih staršev do pogostosti in resnosti na primer neviht, suš in vročinskih valov.
4. Učencem pustite nekaj časa za raziskovanje sloja podatkov o koncentraciji morskega ledu in primerjavo s podatki o temperaturi morske površine v spletni aplikaciji Climate from Space.  
Upoštevajte, da lahko vidimo spreminjanje ledu med leti, čeprav nam animacija ne prikaže natančnega območja, ki ga pokriva morski led v določenem času.
5. Učenci naj uporabijo vizualizacijo, da odgovorijo na vprašanja od 3 do 7 na delovnem listu za učence 3.1 in 3.2. Delajo lahko individualno ali v parih ali majhnih skupinah, odvisno od dostopa do informacijske tehnologije in sposobnosti razreda.

6. Če so učenci delali individualno ali v parih, jih razporedite v majhne skupine, da razpravljajo o vprašanih na koncu delovnega lista za učence 3.2. To je zelo odprta dejavnost, s katero lahko učenci strukturirajo razpravo na določen način in/ali poročajo z uporabo metode, ki je primerna za razred in sodi v vaše učni načrt. Na primer:
- Če se učenci šele začnejo učiti o podnebnih spremembah, lahko vsaka skupina našteje svoje ideje in navede, kako prepričani so glede vsake svoje izjave. Dodajo lahko tudi vprašanja, ki izhajajo iz podatkov, da jih raziščejo v prihodnjih sejah.
  - Če to uporabite ob koncu enote, lahko skupine ali posamezne učence prosite, naj povežejo te trende s svojim obstoječim znanjem o podnebnih spremembah v dokumentu/plakatu, ki ga lahko uporabite za ocenjevanje.

## Odgovori za delovne liste

### Leta brez ledu

1.

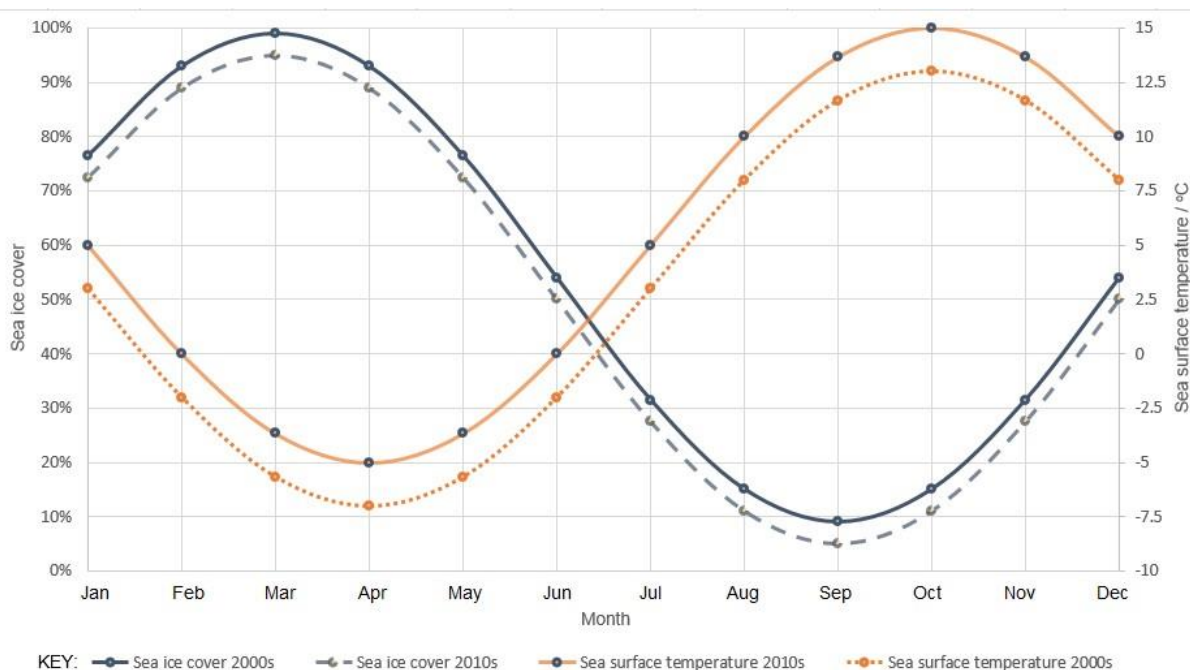
Leto	Brez ledu?	Leto	Brez ledu?
2002	Ne	2009	Ne
2003	Ne	2010	Da
2004	Ne	2011	Da
2005	Ne	2012	Da
2006	Ne	2013	Ne
2007	Da	2014	Ne
2008	Skoraj	2015	Skoraj

2. Tri od štirih let, v katerih je bil Severozahodni prehod odprt, so bila v zadnjem desetletju. Ti podatki torej podpirajo idejo, da se podnebje na Zemlji spreminja. Še vedno obstaja naravna spremenljivost, tako da podatki sami po sebi ne dokazujejo, da se svet segreva.

### Trendi ledu na Arktičnem morju

3. a. marec/april                      b. september/oktober
4. Zvišana temperatura morske površine pomeni manj ledu.
5. 6. Glejte sliko 7 na naslednji strani.
7. **Morski led – podobnosti:** najvišje in najnižje vrednosti se pojavljajo v istih mesecih vsako leto – obstaja letni cikel. **Morski led – razlike:** največji obseg v povprečju je manjši; tam je manjše območje, ki je vedno zamrznjeno.
- Temperature morske površine – podobnosti:** najvišje in najnižje vrednosti se pojavijo vsako leto ob istem času (vendar je ta letni cikel nasproten ciklu morskega ledu).
- Temperature morske površine – razlike:** najvišja in najnižja temperatura sta višji. Učenci se lahko glede na svoje geografsko znanje v svojih odgovorih sklicujejo na določena področja.





Slika 7: Sezonski cikli obsega morskega ledu in temperature morske površine (Vir: ESA CCI)

## Za razpravo

Odgovori učencev na ta vprašanja se bodo razlikovali glede na to, kdaj se ta dejavnost uporablja, kako je razprava strukturirana in glede na pričakovane rezultate. Spodnje opombe obravnavajo nekaj zadev, ki se običajno pojavijo v razpravi.

- 8 a. Tekom enega leta sta največji in najmanjši obseg morskega ledu opazna, ko temperatura začne naraščati oziroma padati: Arktika se mora segreti, da se led začne topiti, in mora se ohladiti, da začne nastajati led. To lahko razložimo kot kratkoročni primer ledu, ki hrani »spomin« preteklega vremena – atribut, ki se uporablja (skozi jedra) v dolgoročnih študijah.
- b. V zadnjih treh desetletjih so podnebne spremembe vplivale na povprečno temperaturo ozračja, vendar so velik del odvečne energije absorbirali oceani. Arktično regijo pretežno predstavlja ocean, pokrit z morskim ledom – za razliko od Antarktike, kjer je večina ledu v ledenih ploščah ali ledenikih na kopnem in pride v stik z oceanom le na robovih celine. To je eden od razlogov, zakaj se spremembe na Arktiki dogajajo hitreje.
9. Znanstveniki pričakujejo, da se bo hitrost izginjanja morskega ledu pospešila zaradi arktične amplifikacije (glejte stran 8).

## Delovni list 1: KAKO HITRO SE STALI MORSKI LED?

**Specifična latentna talilna toplota** je količina energije, ki je potrebna za taljenje 1 kg trdne snovi (brez spremembe temperature). Za morski led znaša  $330\,000\text{ J kg}^{-1}$ . To lahko uporabimo skupaj z idejami iz lista z informacijami *Prehod se odpre*, da raziščemo dejavnike, ki vplivajo na hitrost taljenja morskega ledu.

### Izračun stopenj taljenja

1. Na jasen junijski dan doseže vsak kvadratni meter zemeljske površine na Arktiki približno  $300\text{ W}$  sončnega sevanja. Koliko energije je to na uro?

(NAMIG: ne pozabite,  $1\text{ W} = 1\text{ J s}^{-1}$ .)

---

2. Približno  $85\%$  sevanja, ki pade na morski led, se odbije od zemeljske površine: pravimo, da ima **albedo**  $0,85$ . Koliko energije na jasen junijski dan odbije kvadratni meter morskega ledu v eni uri?

---

3. Koliko energije ostane, da jo led absorbira?

---

4. Kakšno maso ledu lahko stopi ta količina energije?

(NAMIG: uporabite informacije o latentni fuzijski toploti na vrhu strani.)

---

To je stopnja taljenja v  $\text{kg m}^{-2}\text{ uro}^{-1}$  na jasen junijski dan, ko je koncentracija morskega ledu  $100\%$  (vsa površina je prekrita z ledom).

5. Če je koncentracija morskega ledu  $70\%$ :

a. Kolikšen del kvadratnega metra predstavlja (i) led? \_\_\_\_\_ (ii) odprti ocean? \_\_\_\_\_

b. Kolikšen del sončne energije, ki pade na vsak kvadratni meter v eni uri, se bo zdaj odbil z: (i) ledu na tem kvadratnem metru?

(NAMIG: vaš odgovor mora biti manjši od vašega odgovora na Q2.)

---

(ii) oceana v tem kvadratnem metru, glede na to, da je albedo oceana  $0,07$ ?

---

c. Koliko energije absorbira ocean, ko je koncentracija morskega ledu  $70\%$ ?

---

d. Kolikšna je nova stopnja taljenja, če se vsa ta energija prenese na led?

---

## Raziskovanje stopenj taljenja

Raziščite, kako se spreminja hitrost taljenja:

- če se spremeni količina sevanja, ki doseže površino (zaradi oblačnosti ali drugega letnega časa)
- ko se koncentracija morskega ledu spreminja.

Svoje rezultate lahko prikažete v grafu in/ali jih povzamete v tabeli, kot je ta.

Sončno sevanje, ki doseže površino / $W m^{-2}$	Stopnja taljenja / $kg m^{-2} uro^{-1}$			
	Koncentracija morskega ledu			
	100 %	70 %	40 %	10 %
300	Odgovor na Q4	Odgovor na Q5d		
200				
100				
10				

Uporabite svoje rezultate in podatke iz poglavja *Prehod se odpre* in odgovorite na spodnja vprašanja:

1. 10, 100, 200 in  $300 W m^{-2}$  so tipične ravni sončnega sevanja za Arktiko marca, aprila, maja oziroma junija.  
V katerem mesecu je stopnja taljenja morskega ledu največja?

---

2. Opišite razmerje med hitrostjo taljenja morskega ledu in koncentracijo morskega ledu.

---



---

3. S svojimi besedami razložite, zakaj ima morski led ključno vlogo v podnebnju.

---



---

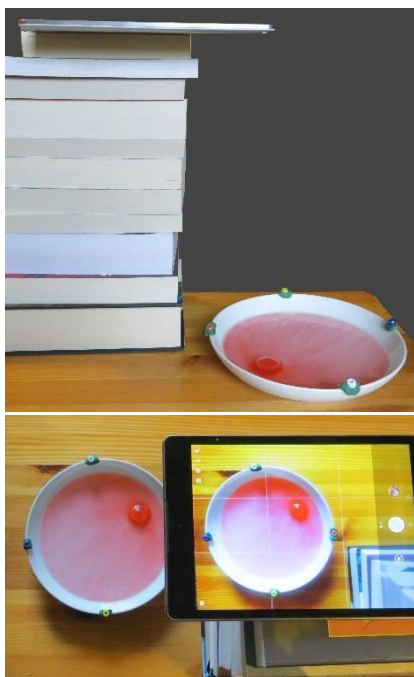


---



---

## Delovni list 2: TEMPERATURA OCEANOV IN HITROST TALJENJA LEDA



Uporaba tabličnega računalnika za spremljanje taljenja ledu. Zgornja slika prikazuje stranski pogled, spodnja slika pa ptičjo perspektivo. (Vir: ESA CCI)

### Varnost in zdravje

- Prepričajte se, da vaša oprema ne štrli čez rob mize.
- Hitro pobrišite morebitne razlite tekočine.
- Ne pokušajte ničesar. Rok ne približujte ustom.

### Kaj potrebujete

- Skleda
- Tri ali štiri kroglice (različne barve)
- Nekaj plastelina
- Kup knjig
- Pametni telefon ali tablični računalnik
- Čaša ali vrč
- Vsaj tri ledene kocke ali bloke (po potrebi jih hranite v zamrzovalniku)
- Termometer
- Ura ali časovnik

### Zbiranje podatkov

1. S plastelinom enakomerno prilepite kroglice okoli roba posode. Delovale bodo kot referenčne točke, če boste morali spremeniti velikost svojih slik.
2. Postavite telefon ali tablični računalnik na kup knjig, da bo kamera videla celotno skledo (glejte slike).
3. V skledo nalijte nekaj vode in izmerite temperaturo vode.
4. Postavite kocko ledu v vodo, preverite čas in fotografirajte.
5. Vsake toliko časa naredite še eno fotografijo (glede tega vam lahko svetuje vaš učitelj). Med zajemanjem posnetkov naj bosta fotoaparata in skleda mirna.
6. Zabeležite temperaturo vode, ko zajamete zadnjo sliko.
7. Korake od 3 do 6 ponovite vsaj dvakrat; vsakič uporabite vodo drugačne temperature.

Številka izvedbe				
Začetna temperatura vode / °C				
Končna temperatura vode / °C				
Povprečna temperatura vode / °C				

## Analiza rezultatov

1. Izračunajte povprečno temperaturo vode za vsako izvedbo poskusa.
2. Preverite, ali so vse fotografije v istem merilu, tako da s programsko opremo za obdelavo slik preverite razdaljo med vašimi referenčnimi točkami ali velikost kvadrata, narisane okoli vaše sklede.  
Če je katera od fotografij prevelika ali premajhna, prilagodite njeno velikost drugim slikam.
3. Vaša naslednja naloga je izmeriti površino ledu na vsaki sliki.  
S svojo skupino se pogovorite o spodnjih vprašanjih, da se boste lažje odločili, kako to narediti.
  - Ali boste meritve izvajali na zaslonu ali natisnjenih kopijah?
  - Ali je površina ledu na vaših slikah enaka dejanski površini ledu? Če ni, je to pomembno?  
Če je pomembno, kaj boste storili glede tega?
  - V katerih enotah boste merili?
  - Katere korake boste opravili, da bodo vaše meritve čim natančnejše?
4. Uporabite metodo, ki ste jo izbrali, da izmerite površino ledu na vsaki sliki. Rezultate zapišite v primerno tabelo in jih vnesite v ustrezen graf.

Opišite vzorec, ki ga prikazuje vaš graf, in navedite čim več podrobnosti.

---



---



---



---

## Razprava

S svojo skupino se pogovorite o spodnjih vprašanjih.

1. Kaj je otežilo natančno merjenje površine v tem modelu?
2. Bi se s temi težavami soočili tudi znanstveniki, ki uporabljajo satelitske podatke? Zakaj?
3. Ali obstajajo še druge stvari, zaradi katerih bi bilo težje meriti spremembe na območju morskega ledu v resničnem življenju?
4. Sateliti, ki merijo temperaturo oceana iz vesolja, beležijo temperaturo površine. Ali to vpliva na enostavnost povezave temperature oceana s tem, kako hitro se tali morski led? Zakaj?
5. Kateri dejavniki, razen tistih, ki ste jih že raziskali (moč svetlobe, površina morskega ledu in temperatura oceana), lahko vplivajo na hitrost taljenja morskega ledu?
6. Kakšen učinek pričakujete od vsakega dejavnika? Zakaj?

Raziščite eno od svojih zamisli, če je to možno. Ustvarite lahko matematični ali fizični model ali opravite nekaj raziskav na spletu.

## Delovni list 3: SEVEROZAHODNI PREHOD

Odprite spletno aplikacijo Climate from Space ([cfs.climate.esa.int](http://cfs.climate.esa.int)).

Kliknite na simbol Data Layers (podatkovni sloji – zgoraj desno) in izberite Sea Ice – Northern Hemisphere (morski led – severna polobla).

Večkrat predvajajte animacijo in preverite, ali razumete kontrolnike na zaslону in kako vam lahko pomagajo natančneje pogledati določena mesta ali čase.

### Leta brez ledu

Počasi predvajajte animacijo in se osredotočite na območje, prikazano na zemljevidu.

Rdeča črta označuje morebitno ladijsko pot, znano kot Severozahodni prehod.

1. Izpolnite tabelo in navedite leta, v katerih je bil Severozahodni prehod brez ledu, kar je omogočalo prehod ladij.
2. Ali podatki v tabeli dokazujejo podnebne spremembe? Utemeljite svoj odgovor.

---



---



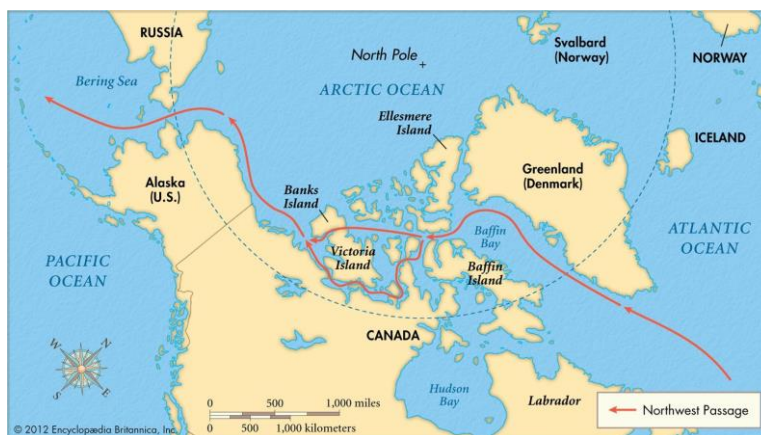
---



---



---



(Vir: Encyclopaedia Britannica, Inc.)

Leto	Brez ledu?	Leto	Brez ledu?
2002		2009	
2003		2010	
2004		2011	
2005		2012	
2006		2013	
2007		2014	
2008		2015	

### Trendi ledu na Arktičnem morju

Vrnite se na spletno aplikacijo Climate from Space.

Kliknite simbol podatkovnih slojev, pomaknite se navzdol po seznamu do temperature morske površine in kliknite COMPARE (primerjaj).

3. V katerem mesecu vsako leto arktični morski led:

a. Pokriva največjo površino? \_\_\_\_\_

b. Pokriva najmanjšo površino? \_\_\_\_\_

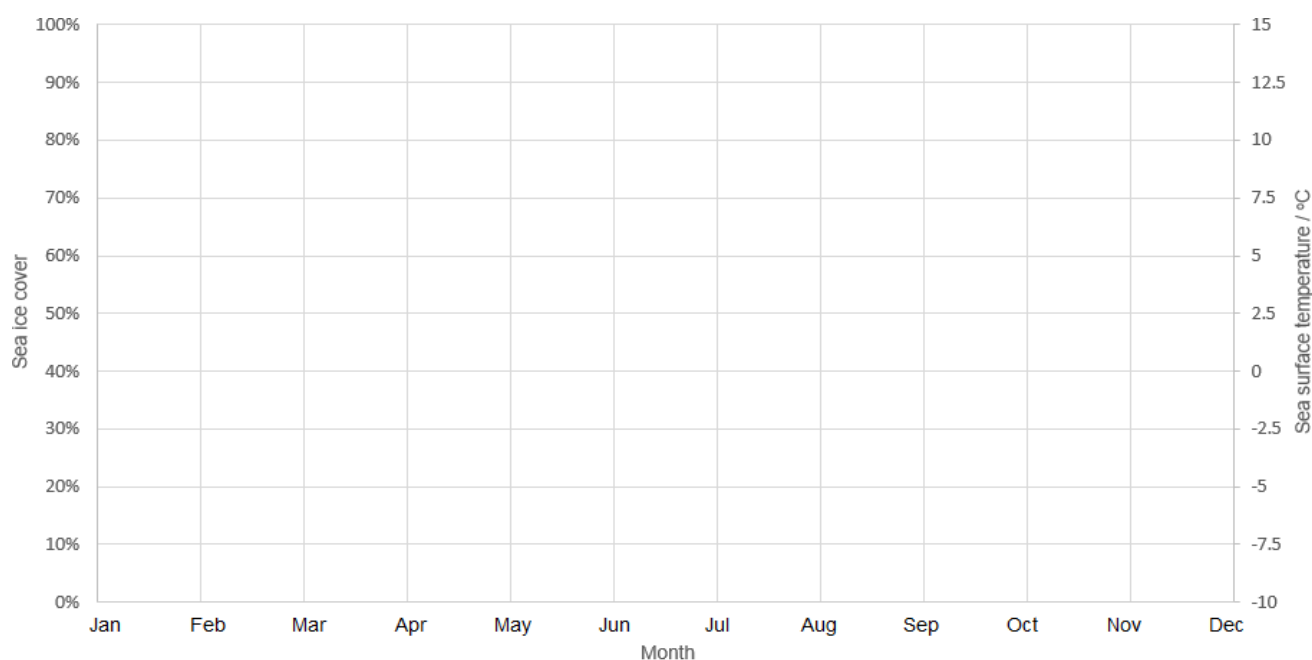
4. Kako je obseg morskega ledu povezan s temperaturo morske površine?

5. Leta od 2000 do 2009 si oglejte malo počasneje. Na spodnjih oseh:

- Z modro črto skicirajte, kako se odstotek oceana, pokritega z morskim ledom, spreminja skozi tipično leto v tem desetletju.
- Z rdečo črto skicirajte, kako se temperatura morske površine spreminja skozi tipično leto v tem desetletju.

Ni vam treba iskati natančnih vrednosti, pokažite splošni vzorec.

Za temperaturo morske površine se lahko osredotočite na določeno območje.



KEY:      Sea ice cover 2000s      Sea ice cover 2010s      Sea surface temperature 2010s      Sea surface temperature 2000s

6. Zdaj predvajajte leta od 2010 do konca vizualizacije.

Grafu dodajte črte, da pokažete, kako sta se v teh letih spremenila odstotek oceana, pokritega z morskim ledom, in temperatura morske površine.

Uporabite dve različni barvi in ne pozabite dodati podatkov na ključ. Črte se lahko prekrivajo, če je vzorec enak za vse ali nekatere dele leta.

7. Opišite podobnosti in razlike v vzorcu za vsako desetletje.

---



---



---

### Za razpravo

8. Kaj povzroča spremembo površine morskega ledu:

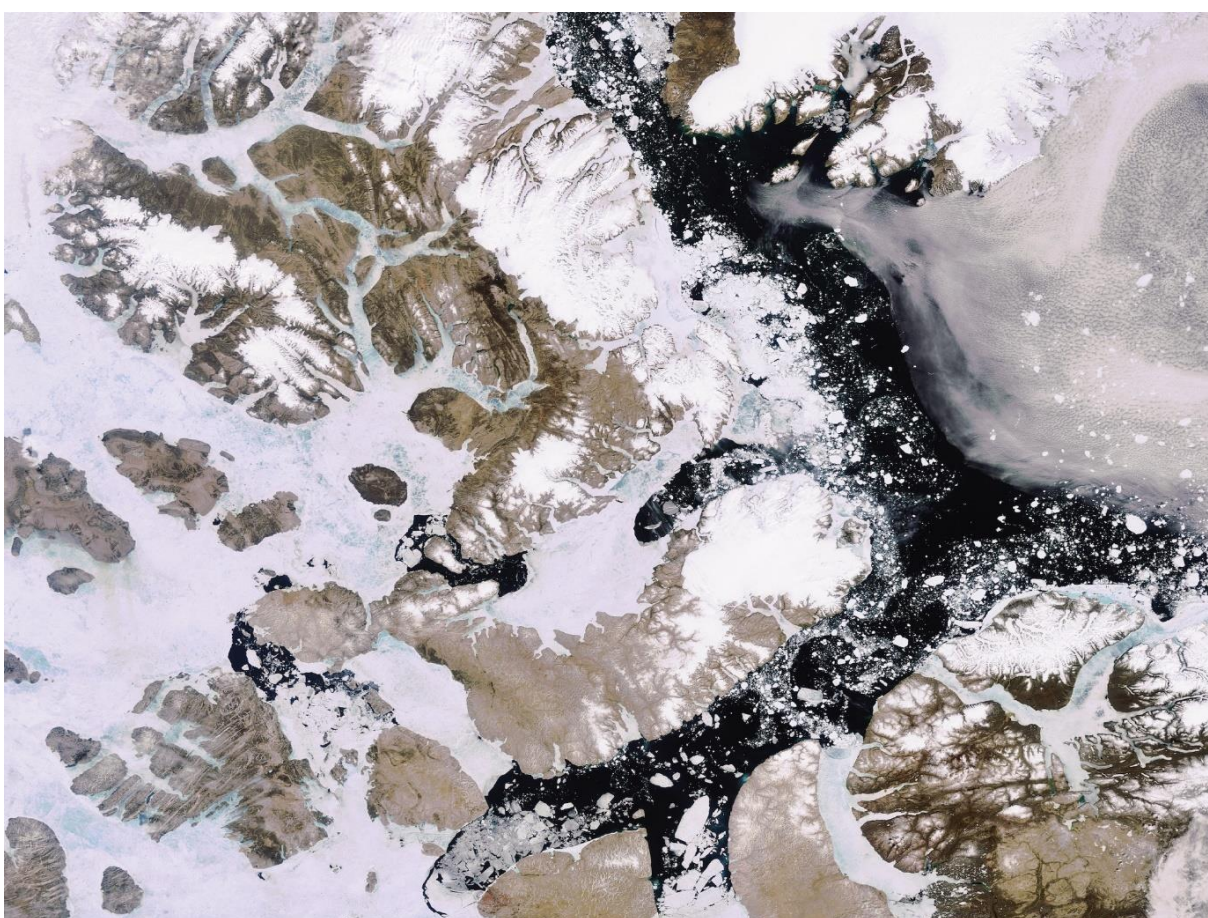
(a) v obdobju enega leta? (b) v desetletjih?

9. Kako se lahko vzorec spremeni v naslednjem desetletju ali desetletjih?

Pojasnite svoje ideje.

## List z informacijami 1: PREHOD SE ODPRE

Ladje, ki so potovale med Evropo in Azijo, so morala stoletja pluti okoli celotnega kopna in ledu, ki ločujeta ti dve celini. Tako imenovani severozahodni prehod med celinsko Kanado in njenimi arktičnimi otoki predstavlja krajšo morsko pot, vendar se je večino zapisane zgodovine izkazal za neprehodnega, trdno zaklenjenega v primežu zamrznjenega morja. Led je premagal mnoge, tudi britansko kraljevo mornarico. Odprava sira Johna Franklina iz leta 1845 je bila izgubljena. Osemnajst iskalnih skupin, poslanih v naslednjih tridesetih letih, ni našlo nobene sledi o njem, njegovih dveh ladjah ali posadki 130 ljudi. Leta 1906 je Roald Amundsen postal prva oseba, ki je preplula severozahodni prehod, za potovanje z majhnim čolnom pa je potreboval tri leta.



Satelitska slika poletnega morskega ledu na Arktiki.  
 Ozek kanal med celinsko Kanado in njenimi arktičnimi otoki je običajno neprehoden.  
 Na tej sliki je Lancaster Sound (spodaj na sredini) odprt, vendar led še vedno blokira Parryjev kanal na zahodu.  
 (Vir: ESA)

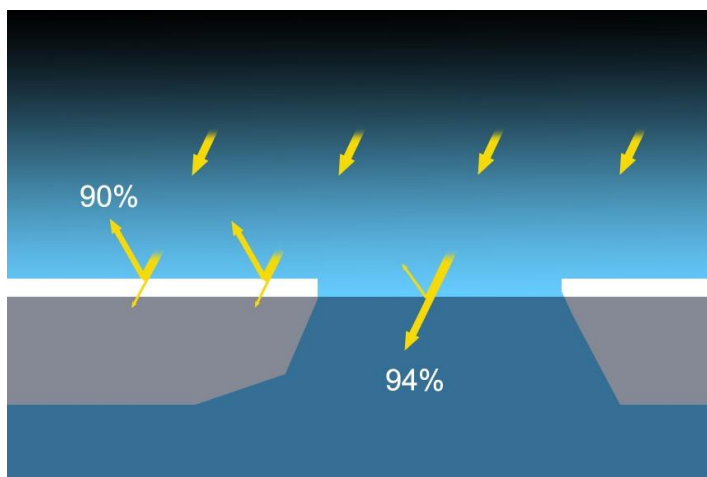
V stoletju, ki je sledilo, je pot opravilo le še nekaj ladij – s pomočjo ledolomilcev. Toda hkrati se je začel topiti arktični morski led. Satelitski posnetki kažejo, da se je prehod prvič odprl leta 2007, desetletja preden so to predvidevali podnebni modeli. Čeprav lahko odprtje Severozahodnega prehoda pospeši prevoz blaga iz Azije v Evropo, je to zelo zaskrbljujoč mejnik tako za Arktiko kot za naš planet kot celoto.



## Arktična amplifikacija

Pot se je odprla, ker temperatura Zemlje narašča. In temperature na Arktiki naraščajo dva do trikrat hitreje od svetovnega povprečja.

Zakaj? Beli led odbija veliko sončne svetlobe, tako kot svetla oblačila, ki jih mnogi ljudje najraje nosijo poleti. Ko se morski led tali, je oceanska voda izpostavljena. Temno morje absorbira večino sončne svetlobe, ki pada nanj, zato se voda segreje. Toplejša voda stopi več morskega ledu in izpostavi več oceana, ki absorbira sončno svetlobo in tako taljenje postane še hitrejše. To je znano kot Arktična amplifikacija in je primer pozitivne povratne zanke.



*Led odbije približno 90 % dohodnega sončnega sevanja, medtem ko odprta vodna površina absorbira približno 94 % (Vir: ESA)*

V zadnjih letih so toplejša morja zmanjšala površino Arktičnega oceana, ki zamrzne vsako zimo. In Arktična amplifikacija pospešuje to spremembo.

Uporaba severozahodnega prehoda za ladijske poti lahko stanje še poslabša. Izpušni plini ladij bodo izpuščali saje in kemična onesnaževala v zrak nad Arktiko. Ko saje padejo na morski led, potemnijo površino in tako led absorbira več sončne svetlobe in se tali hitreje kot prej.

## Morski led in podnebje

Morski led ohranja vodo pod seboj toplo na enak način, kot igluji zagotavljajo izolacijo, ki ohranja toploto Eskimov. Ko se morski led tali, se izolacijska plast odstrani in toplota iz oceana se prenese v ozračje nad njim. Staljeni led je sladka voda, ki razredči ocean okoli sebe in vpliva na vzorce kroženja, ki so deloma posledica razlik v gostoti morske vode. (Slana morska voda je gostejša od sladke vode.) Učinek taljenja morskega ledu na ozračje in ocean je torej zapleten.

Morski led ne kaže le, kako se podnebje na Zemlji spreminja, ampak ima tudi pomembno vlogo pri uravnavanju tega podnebja. Stvari, ki to počnejo in jim lahko zanesljivo sledimo, se imenujejo bistvene podnebne spremenljivke (essential climate variables – ECV). Sateliti so en od načinov, kako znanstveniki spremljajo ECV. Radarski instrumenti na nekaterih satelitih lahko »vidijo skozi« oblake, da izmerijo obseg in debelino morskega ledu. Podatki teh instrumentov kažejo, da se je površina ledu na Arktiki v zadnjih štirih desetletjih zmanjšala za 40 %.

## List z informacijami 2.1: TALJENJE LEDU – topla voda



0 minut



1 minuta



2 minuti



3 minute



4 minute



5 minut

(Vir: ESA CCI)

## List z informacijami 2.2: TALJENJE LEDU – hladna voda



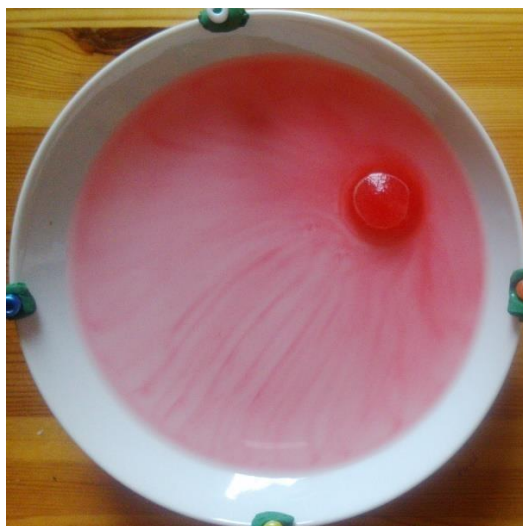
0 minut



5 minut



10 minut



17 minut



24 minut



28 minut

(Vir: ESA CCI)

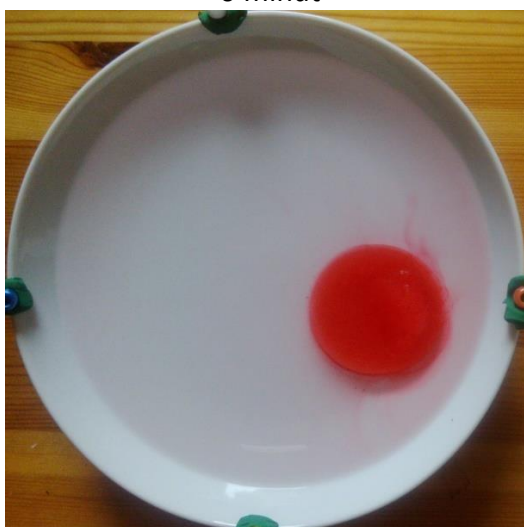
## List z informacijami 2.3: TALJENJE LEDU – mrzla voda



0 minut



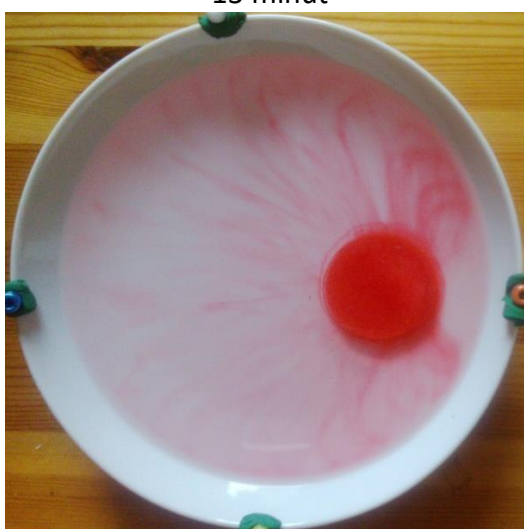
6 minut



13 minut



20 minut



26 minut



30 minut

(Vir: ESA OCJ)

### List z informacijami 3: SEVEROZAHODNI PREHOD



© 2012 Encyclopædia Britannica, Inc.

(Vir: Encyclopædia Britannica, Inc.)

## Povezave

### Viri ESA

Spletna aplikacija Climate from Space (spletni vir)

<https://cfs.climate.esa.int>

Podnebje za šole

<https://climate.esa.int/en/educate/climate-for-schools/>

Učenje z vesoljem

[http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3)

Morski led iz vesolja

[esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Sea\\_ice\\_from\\_space -  
\\_Raziskovanje\\_arktičnega\\_morskega\\_ledu\\_in\\_njegove\\_povezave\\_s\\_podnebjem\\_TEACH\\_W  
ITH\\_SPACE\\_G04](https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Sea_ice_from_space_-_Raziskovanje_arktičnega_morskega_ledu_in_njegove_povezave_s_podnebjem_TEACH_WITH_SPACE_G04)

### Vesoljski projekti ESA

Urad ESA za podnebje

<https://climate.esa.int/en/>

Prostor za naše podnebje

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

Odprave ESA za opazovanje Zemlje

[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Raziskovalci Zemlje

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programm  
e/Earth\\_Explorers](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)

Kopernikovi sentinel

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

Envisat

[esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Envisat](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Envisat)

### Dodatne informacije

Grenlandija in Antarktika izgubljata led šestkrat hitreje od predvidevanj

[esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate/Greenland\\_and\\_A  
ntarctica\\_losing\\_ice\\_six\\_times\\_faster\\_than\\_expected](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Greenland_and_Antarctica_losing_ice_six_times_faster_than_expected)

Videoposnetki Zemlje iz vesolja

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programme](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme)

ESA Kids

[https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate\\_change/Climate\\_change](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)

## Priloga: SI VEDEL/-A?

Izbor zanimivih dejstev o tej temi, ki jih lahko uporabite na različne načine. Učno uro lahko pričnete z enim od teh dejstev, ideje zapišite na kartice in jih dodate k prikazom dela učencev, izberete točko za začetek pogovora, uporabite trditve v kvizu drži/ne drži ...

- Severozahodni prehod je približno 1900 km krajši od poti preko Panamskega prekopa.
- Sveže zapadli sneg ima lahko albedo do 0,90. Ta se zmanjšuje, ko sneg postaja starejši in se spreminja v ledene kristale.
- Led plava, ker ima nižjo gostoto kot voda. To je nenavadno, saj ima večina snovi višjo gostoto v trdnem kot v tekočem stanju.
- Koncentracijo morskega ledu je mogoče izmeriti s satelitskimi instrumenti, ki zaznavajo mikrovalovno sevanje.
- Flota satelitov s sposobnostjo merjenja mikrovalov, ki lahko merijo koncentracijo morskega ledu, deluje že več kot štiri desetletja.
- Številni sateliti za opazovanje Zemlje so v takšnih orbitah, da ne morejo opravljati meritev neposredno nad severnim ali južnim polom – čeprav lahko »vidijo« vse druge kraje na Zemlji.