

Predmetna stopnja

14-16



komplet izobraževalnih virov

PLANETARNE TOPLOTNE ČRPALKE

Vodnik za učitelje in delovni listi za učence



Pregled	stran 3
Povzetek dejavnosti	stran 4
Podnebje iz veselja	stran 6
Oceani in podnebje: osnovne informacije	stran 7
Dejavnost 1: PLANETARNE TOPLOTNE ČRPALKE	stran 9
Dejavnost 2: DVIGANJE IN SPUŠČANJE VODE	stran 11
Dejavnost 3: ZALIVSKI TOK	stran 14
Delovni list za učence 1	stran 16
Delovni list za učence 2	stran 17
Delovni list za učence 3	stran 19
List z informacijami 1	stran 21
List z informacijami 2	stran 23
Povezave	stran 24

izobraževalni paket virov glede pobude o podnebnih spremembah – PLANETARNE
TOPLOTNE ČRPALKE
<https://climate.esa.int/en/educate/>

Koncepte dejavnosti so razvili v Univerzi v Twenteju (NZ) in v
Nacionalnem centru za opazovanje Zemlje (ZK)

Pri ESA smo veseli vseh povratnih informacij in komentarjev
<https://climate.esa.int/helpdesk/>

Pripravila pisarna ESA za podnebje
Vse pravice pridržane @ Evropska vesoljska agencija 2020-2021

PLANETARNE TOPLOTNE ČRPALKE: pregled

Hitra dejstva

Predmeti: geografija, naravoslovje, poznavanje Zemlje
Starostni razpon: 14–16 let
Tip: branje, matematično raziskovanje, spletno raziskovanje
Zahtevnost: srednja do visoka
Minimalni potreben čas: 4 ure
Cena: nizka (5–20 evrov)
Lokacija: zaprti prostor
Vključuje uporabo: Internet, kalkulator, programska oprema za preglednice, led in obarvana voda
Ključne besede: toplotna kapaciteta, gostota, termohalinsko kroženje, slanost, temperatura morske površine, satelit, opazovanje Zemlje, stratifikacija, zalivski tok

Kratek opis

V tem sklopu dejavnosti se bodo učenci naučili, kako kroženje oceanov vpliva na podnebje.

V uvodni dejavnosti izvedejo izračune za primerjavo relativnega vpliva globalnega segrevanja na ozračje in oceane.

Praktična dejavnost z uporabo takoj dostopne opreme učencem omogoča spoznati, kako lahko voda različnih temperatur tvori plasti v oceanu, in razmislijo lahko, kako bi to uporabili za raziskovanje vpliva sprememb slanosti.

V zadnji dejavnosti učenci s spletno aplikacijo Climate from Space izvedo več o Zalivskem toku.

Pričakovani učni cilji

Ko učenci izvedejo te dejavnosti, bodo lahko:

Izvedli izračune za primerjavo vloge oceanov in ozračja pri uravnavanju podnebja.

Pojasnili, kako nastane globalno termohalinsko kroženje.

Opisali, kako oceanski tokovi prenašajo vodo in energijo po Zemlji.

Z modelom preučili gibanje vode različnih temperatur in razložili razslojevanje v oceanu.

Oblikovali praktične metode raziskovalnega vprašanja o gibanju vode v oceanih.

Opisali obnašanje Zalivskega toka z uporabo informacij iz podnebnih podatkov.

Sintetizirali podatke iz evidenc vsaj dveh bistvenih podnebnih spremenljivk, da pojasnijo opazovano korelacijo ali trend.

Povzetek dejavnosti

	Naslov	Opis	Cilj	Predhodne priprave	Čas
1	Planetarne toplotne črpalke	Branje in računanje	Izvedba izračunov za primerjavo vloge oceanov in ozračja pri uravnavanju podnebja. Razlaga, kako nastane globalno termohalinsko kroženje. Opis, kako oceanski tokovi prenašajo vodo in energijo po Zemlji.	Izračuni z uporabo standardnega obrazca; površina krogle; preurejanje enačb	1 ura
2	Naraščajoča in padajoča voda	Praktična dejavnost	Z modelom preučiti gibanje vode različnih temperatur in razložiti razslojevanje v oceanu. Oblikovati praktične metode raziskovalnega vprašanja o gibanju vode v oceanih.	Brez	1,5 ure
3	Zalivski tok	Raziskovalna naloga	Opisati obnašanje Zalivskega toka z uporabo informacij iz podnebnih podatkov. Sintetizirati podatke iz evidenc vsaj dveh bistvenih podnebnih spremenljivk za pojasnilo opazovane korelacije ali trenda.	Bralna naloga v Dejavnosti 1	1,5 ure

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. 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 študente 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/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.

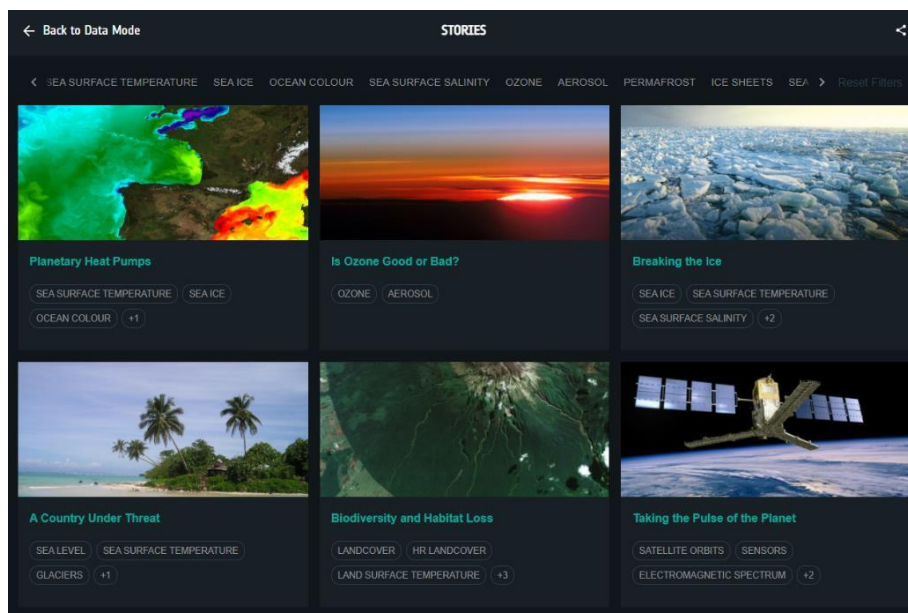
Varnost in zdravje

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, izletov 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) ali druga interaktivna spletna mesta. Od teh lahko krmarite do drugih delov spletnega mesta ESA Climate Change Initiative ali do organizacije gostiteljice 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.

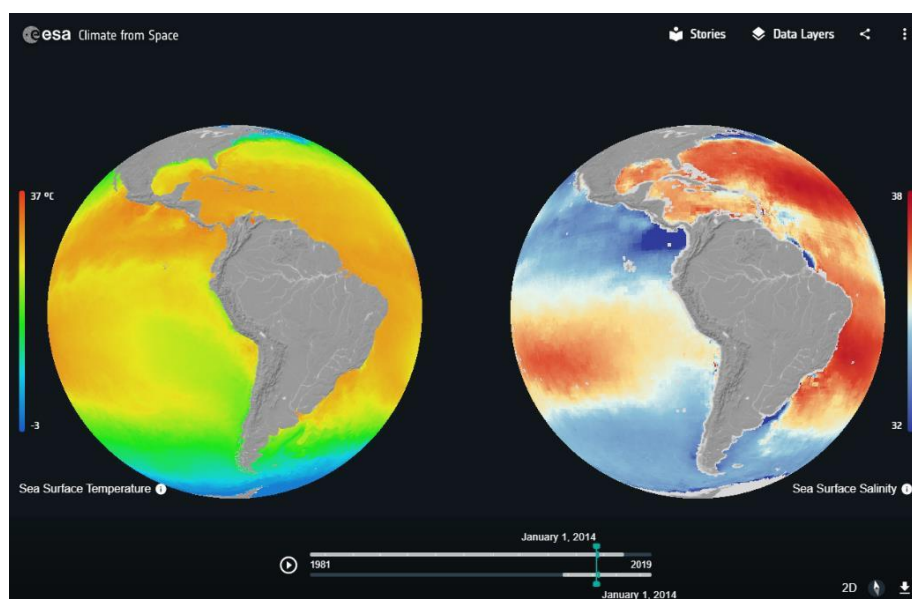
Podnebje iz vesolja

Sateliti ESA igrajo pomembno vlogo pri spremljanju podnebnih sprememb. Aplikacija Climate from Space (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 v spletni aplikaciji Climate from Space (Vir: ESA CCI)

Program pobude ESA za podnebne spremembe vsebuje zanesljive globalne zapise o nekaterih ključnih vidikih podnebja, 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: Primerjava temperature in slanosti morske površine v spletni aplikaciji Climate from Space (Vir: ESA CCI)

Oceani in podnebje: osnovne informacije

Oceani in podnebje

Morda je vreme zapleteno in težko predvidljivo, vendar je prerazporeditev toplote po Zemlji eno glavnih gonil: energija, ki jo absorbira iz sončne svetlobe, se premika med kraji z različnimi temperaturami s pomočjo sevanja površine pri izhlapevanju vode ter skozi kroženje atmosfere in oceanov. Čeprav bi pričakovali, da je glavna smer tega gibanja toplote od toplega ekvatorja proti hladnim polom, pa vrtenje Zemlje in trenje med plastmi atmosfere in oceana doda komponento vzhod–zahod. To je le prvi od mnogih dejavnikov, ki zadevo naredijo kompleksno.

Večina nas večji del svojega življenja preživi na kopnem, ki pokriva manj kot tretjino površine našega planeta. Vreme, ki lahko na vpliva na naše vsakodnevne dejavnosti, je podvrženo predvsem gibanju atmosfere. Posledično pogosto ne pomislimo na vlogo, ki jo imajo oceani pri vplivu na vremenske vzorce in na nadzor podnebja skozi daljše časovno obdobje.

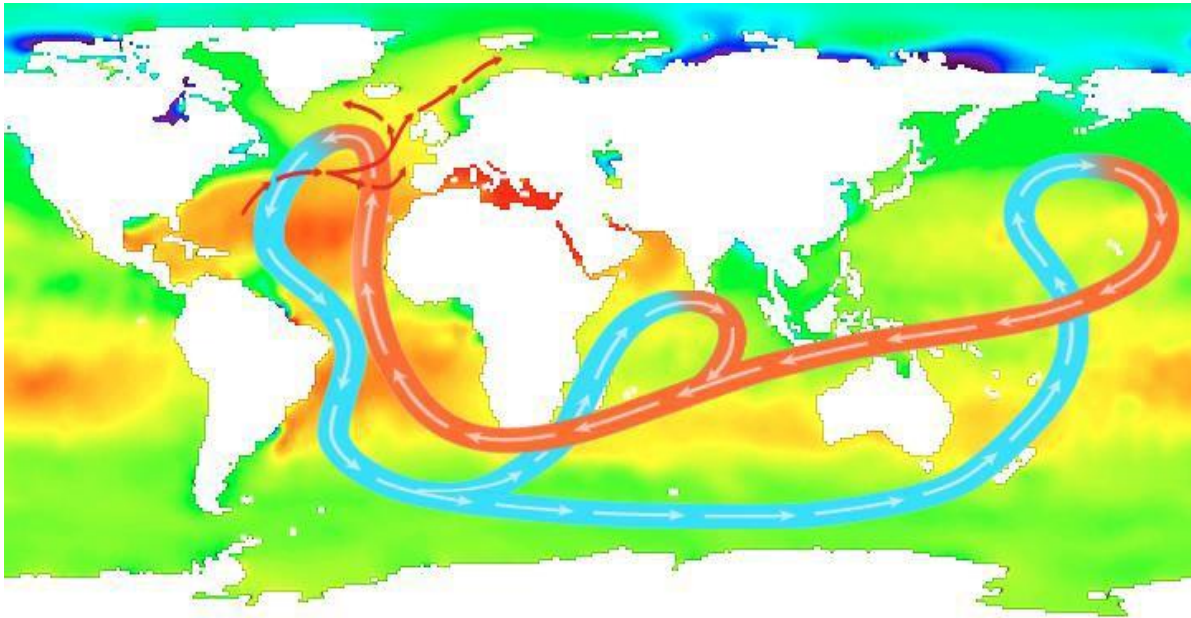
Območja Zemlje, ki so enako oddaljena od ekvatorja, prejmejo enako količino sončnega sevanja v teku enega leta, zato lahko pričakujemo, da bodo imela podobno podnebje. Pogled na poselitvene vzorce pokaže, da temu ni tako: številna evropska mesta ležijo v pasu med 49 in 52 stopinjami severne zemljepisne širine, vendar so večja mesta na vzhodni obali Severne Amerike precej južneje. Da je podnebje zmerno tako daleč na severu, kot je norveška obala, v primerjavi s kraji na podobnih zemljepisnih širinah v Ameriki ali središču azijskega kopnega, je deloma posledica velikega toka, ki se običajno imenuje Zalivski tok. Energija, ki jo ta tok prenaša iz tropskih zemljepisnih širin v zahodni Atlantik, se prenese iz vode v zrak nad njo ter na kopno z vetrovi na kopnem.

Oceanski tokovi

Sistem zalivskega toka, ki ga učenci lahko raziskujejo v Dejavnosti 3, je eden izmed mnogih sedanjih sistemov ali vrtincev, ki nastanejo zaradi površinskih vetrov, ki vlečejo zgornjo plast oceana za seboj na enak način, kot to stori vetrič na gladini mlake. Drug tak sistem je subtropski vrtinec, ki ga poganjajo pasati v Pacifiku. Motnje v tem vzorcu kroženja vodijo do dogodkov, kot sta El Niño ali La Niña, ki so predmet spremljevalnega paketa izobraževalnih virov *Zaznavanje utripa planeta* (predmetna stopnja), na voljo na <https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>.

Vsak, ki je kdaj plaval v morju, se zaveda učinkov bolj lokalnih vzorcev kroženja, ki so posledica plimovanja ali oblike obale in morskega dna. Plavalec lahko občuti spremembe temperature in smeri, v katero ga vleče ocean, mora pa se zavedati tudi moči podvodnega toka – voda pod površjem se premika v drugo smer. V večjem obsegu voda okoli celega sveta v takšnem tridimenzionalnem vzorcu kroženja potuje približno tisoč let. Ta tako imenovani veliki oceanski tekoči trak (prikazan na sliki 3 na naslednji strani) je znan tudi kot globalno termohalinsko kroženje, ker ga poganjajo razlike v temperaturi in slanosti. Na primer nastanek morskega ledu na Arktiki pušča za seboj bolj slano vodo, ki se zaradi svoje

večje gostote pogreza v globino. Površinsko vodo vleče proti ledu, kjer se ohladi in potone, pri čemer nastane globok hladen tok, ki se odmika od ledu, in toplejši površinski tok, ki se giblje proti njemu. Dejavnost 2 prikazuje – v veliko manjšem obsegu – kako lahko razlike v gostoti vodijo do gibanja vode v različne smeri na različnih globinah.



Slika 3: Povprečna slanost (barve ozadja: rdeča označuje visoko slanost, zelena nizko); zalivski tok (rdeče puščice); in globalno termohalinsko kroženje (širok pas: hladnejše površinske vode so modre, toplejše površinske vode rdeče barve) (Vir: ESA)

Satelitska opazovanja nad oceanov

Pred dobo satelitov je bilo mogoče temperaturo oceana izmeriti samo s termometri, povezanimi z obalo, spuščeni z ladij ali pritrjeni na boje ali podvodne naprave. To je seveda pomenilo, da so bile meritve neenakomerne, stalni zapisi pa so bili na voljo na redkih lokacijah.

Termalne kamere na satelitih lahko v rednih intervalih zaznavajo površinsko temperaturo oceanov po vsem svetu. Satelit v geostacionarni orbiti si lahko ogleda vsak del morja na določeni polobli enkrat na približno petnajst minut; tisti v polarni orbiti, ki so bližje Zemlji, lahko vidijo več podrobnosti in pokrijejo celoten planet, vendar bodo merili temperaturo le na določenem mestu in vsakih deset dni. (Zgoraj omenjeni paket *Zaznavanje utripa planeta* vključuje več o tem, kako orbite satelitov vplivajo na podatke, ki jih zbirajo.)

Dejavnost 1: PLANETARNE TOPLOTNE ČRPALKE

Ta dejavnost temelji na branju ima cilj uporabo izračunov z uporabo specifične toplotne kapacitete. Ustrezna enačba je navedena, zato učenci ne potrebujejo predhodnega znanja. Posamičen oziroma oba dela dejavnosti (branje in računanje) lahko uporabite kot domačo nalogo glede na zmožnosti razreda.

Oprema

- List z informacijami 1 (2 strani)
- Delovni list za učence 1
- Kalkulator
- Spletna aplikacija Climate from Space: zgodba *Planetarne toplotne črpalke* (izbirno)

Vaja

1. Učence prosite, naj preberejo List z informacijami 1 in delajo posamično ali v parih, da povzamejo vsebino v obliki, ki se jim zdi koristna. To je lahko na primer seznam točk ali konceptualni zemljevid.
Če to počnete pri pouku, lahko besedilo dopolnite z gradivom iz zgodbe Podnebje iz vesolja *Planetarne toplotne črpalke*, in sicer:
 - Galerija na diapozitivu 2 vključuje zemljevid površinskih temperatur morja, ki lahko sproži razpravo o vzrokih za nastanek površinskih tokov; prerez Atlantika, ki prikazuje navpično porazdelitev vode pri različnih temperaturah; in zemljevid termohalinskega kroženja. (Uporabite pušični gumb na desni strani zaslona za pomikanje med različnimi slikami na tem diapozitivu.)
 - Globus na diapozitivu 3 prikazuje temperature morske površine po svetu v intervalih od leta 1981. (Predvajajte po korakih in ne neprekinjeno.)
 - Diapozitiv 4 vključuje videoposnetek z več podrobnostmi o interakcijah med atmosfero in oceanom, vključno s ponazoritvijo znižanih temperatur po orkanu (od 0:22 do 0:36) in dviga (0:40–1:06).
 - Diapozitiv 6 prikazuje dodatne informacije o spremembah slanosti in prikazuje, kako se spreminja po svetu. Besedilo pojasnjuje vlogo slanosti v planetarni toplotni črpalki na svetu.
2. Delovni list za učence 1 jih vodi skozi izračun teoretičnih zvišanj temperature glede na hitrost, s katero se odvečna toplota dodaja zemeljskemu sistemu. Učenci naj opravijo izračun, po potrebi jim pomagajte.
3. V zadnjem vprašanju morajo učenci uporabiti zamisli iz Lista z informacijami, da pojasnijo, zakaj se njihovi izračuni ne ujemajo z opazovanji.
Pogosto citirane številke kažejo dvig globalne temperature za približno 1 °C od predindustrijskih časov (kar je nekaj stokrat manj od izračunane številke) in dvig temperature morske površine 0,13 °C na desetletje (približno desetkrat več od rezultata v izračunu).

Razprava o teh odgovorih lahko privede do razmisleka o tem, kako se matematični modeli v znanosti pogosto začnejo z velikimi približki, ki se sčasoma izpopolnjujejo, da se ujemajo z realnostjo.

V tem primeru bi bil drugi približek za atmosfero, ki temelji na podatkih na listu z informacijami, uporaba 10 % letne vrednosti energije.

Drugi približek za oceane je lahko določanje površine oceanov (70 % odgovora na vprašanje 1), izračun mase plasti, globoke recimo 30 m (povprečna gostota morske vode je 1027 kg m^{-3}). To vrednost nato uporabite za izračun pričakovanega dviga temperature. Ta izračun lahko opravijo naprednejši učenci.

Odgovori za delovne liste

1. Uporaba $A = 4\pi r^2$, površina Zemlje = $5,15 \times 10^{14} \text{ m}^2$
2. Skupna presežna energija = $0,62 \text{ W m}^{-2} \times 5,15 \times 10^{14} \text{ m}^2 = 3,19 \times 10^{14} \text{ J s}^{-1}$
 $= 3,19 \times 10^{14} \text{ J s}^{-1} \times (60 \times 60 \times 24 \times 365,25) = 1,01 \times 10^{22} \text{ J leto}^{-1}$
3. Uporaba $\Delta T = Q \div mc$, zvišanje temperature ozračja
 $= 1,01 \times 10^{22} \text{ J leto}^{-1} \div (5,14 \times 10^{18} \text{ kg} \times 1158 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) = 1,69 \text{ }^\circ\text{C leto}^{-1}$
4. Zvišanje temperature oceanov
 $= 1,01 \times 10^{22} \text{ J leto}^{-1} \div (1,4 \times 10^{21} \text{ kg} \times 3850 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) = 1,87 \times 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C leto}^{-1}$
5. Atmosfera: ker ima atmosfera veliko manjšo maso, zrak pa manjšo specifično toplotno kapaciteto.
6. Dejanska številka za atmosfero je nižja, ker glede na zgodbo 90 % odvečne energije absorbirajo oceani. Nekaj jih bo absorbirala tudi zemlja, kar bo še dodatno zmanjšalo razpoložljivo količino za ogrevanje ozračja in povzročilo nižji letni dvig temperature. Pri izračunu za ocean je bila uporabljena skupna masa oceana, vendar se energija absorbira na površini in večina je ostane v zgornjih plasteh: voda je slab prevodnik toplote in toplejša voda bo nad hladnejšo (vsaj nad $4 \text{ }^\circ\text{C}$). Potrebna bodo stoletja, da bo termohalinsko kroženje to energijo poneslo v globine oceana. Masa, uporabljena v izračunu, je torej veliko prevelika, kar vodi do premajhnega letnega povišanja temperature.

Naslovna številka te vaje se nanaša na obdobje 2000–2012 in izhaja iz Allan, R., Liu, C., Loeb, N., Palmer, M., Roberts, M., Smith, D., & Vidale, P. (2014) 'Spremembe globalnega neto radiacijskega neravnovesja 1985–2012', *Geophysical Research Letters* DOI: [10.1002/2014GL060962](https://doi.org/10.1002/2014GL060962).

Dejavnost 2: DVIGANJE IN SPUŠČANJE VODE

V tej praktični dejavnosti učenci v posodi ponazorijo termodynamiko oceanov z uporabo vode za opazovanje tokov ter si ogledajo, kako nastajajo in se ohranjajo vodni sloji z različnimi temperaturami. Učence spodbudi k razmišljanju, kako lahko uporabijo model za prikaz drugih vidikov kroženja oceanov.

Oprema

- Velika prozorna posoda za vsako skupino – to je lahko velika čaša ali vaza ali dvolitrška PET plastenka z odrezanim zgornjim delom
- Majhna posoda za vsako skupino – ta mora imeti precej široko dno in biti dovolj majhna, da jo lahko potopite v večjo posodo; na primer kozarec za začimbe
- Plastične vrečke
- Gumice ali vrvica
- Barva za živila ali črnilo
- Led v vedru za hlajenje ali ohlajena voda
- Dostop do tople in hladne vode
- Štoparica ali ura za vsako skupino (izbirno)
- Kamera ali pametni telefon na skupino (izbirno)
- Termometri (izbirno)
- Krpe ali papirnate brisače
- Delovni list za učence 2 (2 strani)
- Materiali za ustvarjanje plakatov ali programska oprema za ustvarjanje videoposnetkov ali predstavitev (glejte 3. korak)
- Spletni vir Climate from Space: Zgodba *Planetarne toplotne črpalke* (izbirno)

Varnost in zdravje

Uporabljajte vročo vodo med 40°C in 60°C – če vroče tekoče vode ni na voljo, uporabite vrelo vodo iz kotlička in jo zmešajte s hladno vodo.

Barve za hrano in črnilo bodo naredili madeže, zato učencem svetujte, naj delajo previdno, da se izognete razlitju in pršenju.

Poskrbite, da bo oprema nameščena na stabilni površini, ki ni blizu robov mize ali klopi. Zagotovite, da je na voljo material za brisanje razlite tekočine.

Vaja

1. Predstavite dejavnost z diagramom prečnega prereza čez Severni Atlantik, ki prikazuje, kako se temperatura spreminja po površini in v globino. To je ena od slik v galeriji na diapozitivu 2 zgodbe *Planetarne toplotne črpalke* v spletni aplikaciji Climate from Space. Na voljo je tudi na Listu z informacijami 2. Pojasnite, da bodo učenci v tej lekciji raziskovali, kako nastane stratifikacija ali plastenje, prikazano v tem diagramu.
2. Učenci nato izvedejo preiskavo tako, da sledijo navodilom na Delovnem listu za učence 2.1 in delajo v parih ali skupinah.

Če primanjkuje časa, lahko razdelite predlagane kombinacije po razredu, da vsak par ali skupina izvede le en ali dva niza opazovanj.

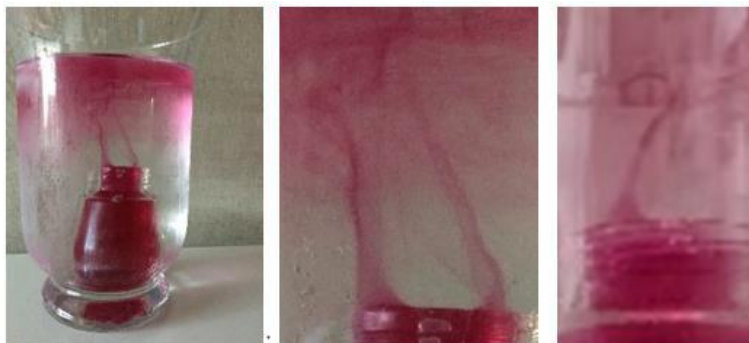
Če imate več časa in so na voljo termometri, spodbudite učence, naj raziščejo, kako se proces spreminja s temperaturno razliko. Kakšna je najmanjša temperaturna razlika, ki bo povzročila kroženje? Bo to povzročilo razslojevanje?

- Učenci naj sledijo navodilom na delovnem listu za učence 2.2, da analizirajo in predstavijo svoje rezultate na način, ki je primeren za metodo, katero so uporabili za zapisovanje svojih opazovanj. Vključite lahko dodatne zahteve ali omejitve, da boste lahko ocenili določene veščine ali povečali zahtevnost. Spodbujajte učence, da uporabijo ideje o variaciji gostote s temperaturo, da razložijo opažanja in jih povežejo s tem, kar so se naučili v zadnji dejavnosti.
- Učenci so svoje rezultate lahko delili z drugo skupino, pri čemer so iskali podobnosti in razlike ter medsebojno ocenjevali ponujene razlage.
- Oblikovalske naloge na koncu delovnega lista za učence 2.2 izzivajo učence, da prilagodijo praktične vaje in raziščejo, kako slanost vpliva na gibanje vode, ter prikažejo dvig vode.

Učenci lahko o tem razpravljajo v skupinah oziroma eno od nalog naredijo za domačo nalogo. Če jim bo čas dopuščal, lahko izvedejo svoje načrte v praksi.

Rezultati vzorcev

Hladna voda v veliki posodi, topla voda v majhni posodi



Manj gosta vroča voda teče hitro navzgor in tvori vrtince, podobne dimnim oblakom. Obarvana voda se širi navzven in na površini tvori plavajočo plast toplejše vode (glejte sliko 4).

Slika 4: Rezultati za veliko posodo s hladno vodo, majhno posodo z vročo vodo (Vir: ESA CCI)

Vroča voda v veliki posodi, hladna voda v majhni posodi

Gostejša hladna voda ostane v posodi. Če veliko posodo nekoliko premaknete, se voda na površini premakne in se lahko razlije. Vendar ostane v obliki mehurčka, ki lebdi v toplejši vodi, kot da bi bil v ničelni gravitaciji (glejte sliko 5).



Slika 5: Rezultati za veliko posodo z vročo vodo, majhno posodo s hladno vodo (Vir: ESA CCI)

Vroča voda v veliki posodi, hladna voda v vodoravni majhni posodi



Slika 6: Rezultati za veliko posodo z vročo vodo, vodoravno majhno posodo s hladno vodo (Vir: ESA CCI)

Voda priteče iz majhne posode in, ker je bolj gosta, ostane na dnu velike posode in ustvari plast na dnu (glejte sliko 6).

Vroča voda v veliki posodi, hladna voda je na vrhu

Gostejša hladna voda se bo potopila na dno in ustvarila podobne vrtince in vzorce toka, kot v prvem poskusu (glejte sliko 7).



Slika 7: Dodajanje hladne vode na vrhu velike posode z vročo vodo

Dejavnost 3: ZALIVSKI TOK

V tej dejavnosti učenci uporabijo spletno aplikacijo Climate from Space, s katero si ogledajo površinske temperature morja ob poti Zalivskega toka, ter prenesene podatke, s katerimi primerjajo vzorce in trende po Zalivskem toku s preostalimi v severnem Atlantskem oceanu. Nato raziščejo in nato z razumevanjem, ki so ga pridobili med učenjem te teme, razložijo povezave med površinsko temperaturo morja in drugo podnebno spremenljivko.

Oprema

- Dostop do interneta
- Spletna aplikacija Climate from Space
- Delovni list za učence 3 (2 strani)
- Planetarne toplotne črpalke Dejavnost 3 preglednica
- Programska oprema za preglednice ali karo papir (priporočljiva je prva možnost)

Priprava

Prenesete lahko preglednico 3 dejavnosti Planetarne toplotne črpalke iz razdelka »Planetary heat pumps« na spletni strani ESA Climate for Schools (<https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>), in sicer na mesto, kjer imajo vaši učenci dostop, ne da bi morali biti povezani s spletom, ali pa natisnete potrebne podatke, da jih učenci narišejo ročno.

Vaja

1. Učenci naj brez uporabe zemljevida ali atlasa rečejo, kaj je severneje: Pariz ali Montreal? Amsterdam ali New York? Vancouver ali London? Oslo ali Calgary? V vseh primerih je odgovor evropsko mesto. V nekaterih ali vseh primerih veliko ljudi misli drugače, ker imajo severnoameriška mesta hladnejše podnebje.
2. Učence opomnite, da zahodno Evropo segreva Zalivski tok (kot je navedeno na Listu z informacijami 1) in jim razložite, da bodo o tem izvedeli več v tej vaji.
3. Učenci naj začnejo z raziskovanjem Zalivskega toka v spletni aplikaciji Climate from Space po navodilih na delovnem listu za učence 3.1. Nato naj uporabijo nabor podatkov v preglednici za ogled več podrobnosti, kot je opisano v prvem delu delovnega lista za učence 3.2.
Podatkovni nabor je dovolj majhen, da ga lahko učenci narišejo ročno, vendar v tem primeru izpustite vprašanje 4, saj bo težko prepoznati linijo trenda.
4. Razdelek »Vzpostavljanje povezav« na delovnem listu vključuje več predlogov za nadaljnjo preiskavo.
Navodila od učencev zahtevajo, da svoje ugotovitve povežejo s tem, kar so se naučili v prvem delu dejavnosti in v prejšnjem delu teme, zato lahko delajo individualno in pripravijo kratko poročilo, ki ga lahko uporabite za oceno njihovega učenja.
Druga možnost je, da pari ali skupine izdelajo plakat, predstavitev ali videoposnetek, s katerim bodo svoje znanje delili s preostalimi učenci v razredu.

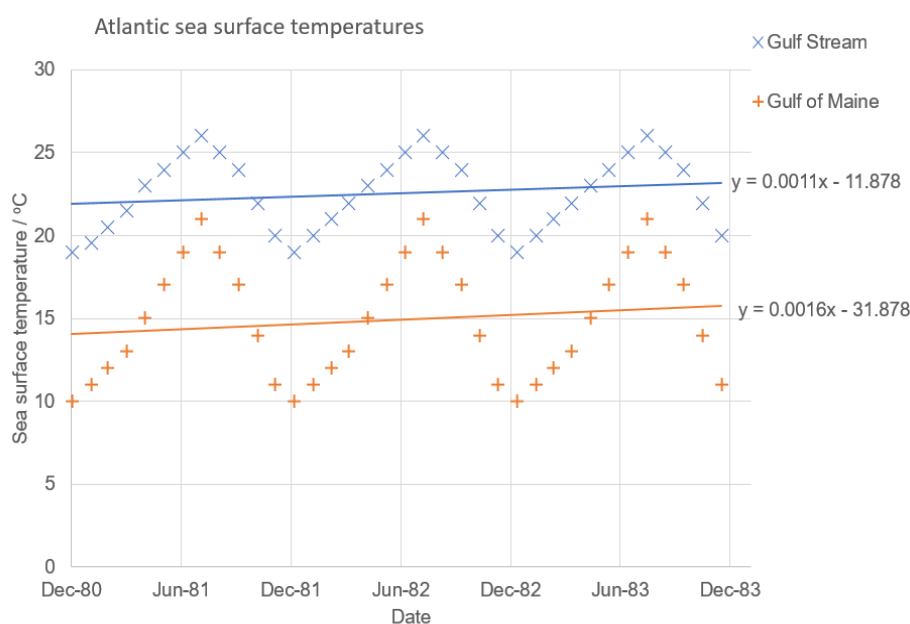
Odgovori za delovne liste

1. V prvih mesecih leta, ko se tople vode Zalivskega toka pretakajo v hladnejše severne vode, je vidna očitna temperaturna razlika. Skozi leto postaja razlika manj izrazita, kar se začne na vzhodnem koncu. Tok je v prvem delu svoje poti dobro definiran in ima ostre robove. Kjer se meša s hladno vodo, ki teče iz Arktike, se to zgodi z nastankom krožnih vzorcev (vrtincev), zaradi katerih so robovi toka manj izraziti (glejte https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2013/02/Sea-surface_salinity_and_currents#.X9n4wBIA-uQ.link).

2. Glejte tabelo.

	Ocenjena povprečna temperatura/°C		
	Mesec	Zalivski tok	Zaliv Maine
Najtoplejši	Avgust	26	21
Najhladnejš	Januar	19	10

3. Glejte sliko 8.



Slika 8: Graf podatkov iz preglednice Planetarne toplotne črpalke Dejavnost 3 (Vir: ESA CCI)

4. Vode Zalivskega toka so toplejše in kažejo manjše razlike v temperaturi kot tiste v zalivu Maine, čeprav so enake sezonske razlike vidne na obeh mestih. Na obeh lokacijah se povprečne temperature dvigujejo. Dvig je nekoliko hitrejši v zalivu Maine. Stopnji sta $0,0011\text{ }^{\circ}\text{C/dan} = 0,40\text{ }^{\circ}\text{C/leto}$ v Zalivskem toku in $0,0016\text{ }^{\circ}\text{C/dan} = 0,58\text{ }^{\circ}\text{C/leto}$ v zalivu Maine.

Številski podatki za to dejavnost so bili preneseni iz <https://giovanni.gsfc.nasa.gov>

Delovni list 1: PLANETARNE TOPLOTNE ČRPALKE

Uporabite svoje znanje geometrije in spodnje enačbe, da odgovorite na vprašanja 1–5. Pazite na enote in pomembne številke.

$$\text{Moč (v W)} = \text{energija (v J)} \div \text{čas (v s)}$$

$$\text{Energija (v J)} = \text{masa (v kg)} \times \text{specifična toplotna zmogljivost (v J kg}^{-1}\text{°C}^{-1}\text{)} \\ \times \text{sprememba temperature (v °C)}$$

1. Polmer Zemlje je 6400 km. Kolikšna je površina planeta v m²?

2. Ena od ocen dodatne energije, ujete zaradi globalnega segrevanja, je 0,62 W m⁻². Kolikšna je skupna količina dodatne energije, ujete po vsem svetu:

- a. vsako sekundo? _____
- b. vsako leto? _____

3. Kakšen bi bil letni dvig temperature ozračja, če bi vsa ta energija ostala v ozračju?
skupna masa atmosfere = $5,14 \times 10^{18}$ kg povprečna specifična toplotna kapaciteta zraka = $1158 \text{ J kg}^{-1}\text{°C}^{-1}$

4. Kakšna bi bila letna rast njihove temperature, če bi namesto tega vsa ta energija šla v oceane?

skupna masa oceanov = $1,4 \times 10^{21}$ kg

povprečna specifična toplotna kapaciteta morske vode = $3850 \text{ J kg}^{-1}\text{°C}^{-1}$

5. Katera teoretična vrednost je večja? Zakaj? _____

V praksi je povprečno povišanje temperature atmosfere veliko manjše od številke, ki ste jo izračunali, meritve temperatur oceanov pa kažejo veliko večje povišanje.

6. Za razlago teh razlik si pomagajte z idejami iz lista z informacijami.

Delovni list 2: DVIGANJE IN SPUŠČANJE VODE

Kaj potrebujete

- Velika prozorna posoda
- Majhna posoda
- Plastična vrečka
- Gumijasti trak
- Barva za živila ali čnilo
- Led ali ohlajena voda
- Toplo in hladno vodo
- Štoparica ali ura (izbirno)
- Kamera (izbirno)

Varnost in zdravje

- Bodite previdni, da preprečite razlitja in pršenje, zaradi katerega lahko nastanejo madeži.
- Uporabljajte vročo vodo med 40°C in 60°C – če vroče tekoče vode ni na voljo, uporabite vrelo vodo iz kotlička in jo zmešajte s hladno vodo.
- Pri uporabi steklenih posod bodite še posebej previdni.

Cilj

Pozorno si boste ogledali, kako se voda z določeno temperaturo obnaša, ko jo postavite v vodo z drugo temperaturo. Nekatere kombinacije, ki jih lahko poskusite, so prikazane v spodnji tabeli.

	Voda v veliki posodi	Voda v majhni posodi
1	Mrzlo (iz hladilnika ali ohlajeno z ledom)	Vroč
2	Vroč	Hladno
3	Vroč	Mrzlo (z majhno vodoravno posodo)
4	Hladno (iz hladne pipe)	Vroč

Navodila

1. V veliko posodo nalijte vodo z določeno temperaturo. Napolnite jo do približno treh četrtin. Postavite jo na stabilno površino in pustite, da se voda umiri.
2. V majhno posodo dajte vodo z drugačno temperaturo. To vodo pobarvajte z barvo za živila ali s čnilom. Biti mora precej temno. Iz kosa plastične vrečke, ki jo drži gumica ali vrvica, naredite pokrov za majhno posodo. Naredite nekaj lukenj v pokrovu, da lahko obarvana voda uide, vendar ne prehitro.
3. Previdno spustite majhno posodo v večjo in čim manj vznemirjajte vodo.
4. Zabeležite svoja opažanja. Uporabite lahko opise, risbe, fotografije ali katero koli kombinacijo naštetega. Lahko tudi zabeležiti čas, ko opazite določene dogodke.
5. Ko se voda umiri (ni videti dosti sprememb), izpraznite posode in poskusite z drugo kombinacijo. Preizkusite lahko nekaj svojih kombinacij ali dodate vodo iz majhne posode na drugi višini, če to uporabljene posode omogočajo na varen način.



(Vir: ESA CCI)

Analiza vaših rezultatov

1. Povzemite svoja opažanja iz vsake kombinacije, ki ste jo preskusili, kot sledi:
 - Izberite tri opažanja, ki skupaj najbolj kažejo, kako se je situacija razvila.
 - Vsako opišite z uporabo:
 - stavka ali
 - označene slike ali
 - delčkom videa (ne več kot 5 sekund).
 - Pojasnite, kaj se dogaja na vsaki točki.
Uporabite ideje o temperaturi in gostoti.
2. Ali opazite kaj zanimivega, če primerjate opažanja za dve različni kombinaciji (na primer kombinaciji 2 in 3 ali 1 in 4)? Če je tako:
 - Dodajte stavek ali sestavljeno sliko ter poudarite podobnosti in razlike.
 - Pojasnite, kaj je povzročilo podobnosti ali razlike, ki jih poudarjate.
3. Pojasnite, kako je to, kar ste videli, povezano s kroženjem vode in energije v oceanih.
Ponovno si lahko ogledate list z informacijami 1.

Vaš učitelj vam bo povedal, kakšno obliko morate uporabiti, da svoje rezultate delite z njim ali ostalimi v razredu.

Preiskovanje slanosti

Kako lahko uporabite to opremo za raziskovanje vpliva razlik v slanosti na mešanje med plastmi vode v oceanu?

- Pomislite na kraje v oceanu, kjer vodna telesa pridejo v stik z različnimi stopnjami slanosti.
- Uporabite te ideje, da boste lažje izbrali kombinacije za raziskovanje.
- Opravite lahko nekaj predhodnih raziskav, da vidite, kakšno slanost vode lahko dosežete, oziroma nekaj raziskav, da ugotovite, kako slani so različni deli oceana.

Ustvarite načrt in izvedite preiskavo, če vam čas dopušča.

Prikaz dviga

Kako lahko te ideje uporabite za prikaz vpliva vetrov na morju na dvigovanje hladne vode iz globokega oceana?

Narišite diagram z oznakami, da predstavite svoje zamisli.

Delovni list 3: ZALIVSKI TOK

Odprite spletno aplikacijo Climate from Space (cfs.climate.esa.int).
Kliknite na simbol Data Layers (podatkovni sloji – zgoraj desno) in izberite Sea Surface Temperature (temperatura površine morja).
Večkrat predvajajte animacijo in preverite, ali razumete kontrolnike na zaslonu in kako vam lahko pomagajo natančneje pogledati določena mesta ali čase.

Zalivski tok je topel površinski tok, ki poteka vzdolž obale Floride in teče čez severni Atlantik.

Splošni vzorci

Spremenite velikost globusa v aplikaciji Climate from Space, da si podrobno ogledate Zalivski tok in se mesec po mesec premikajte po animaciji v obdobju leta ali dveh.

1. Kako se zalivski tok razvija in spreminja v obdobju enega leta? Poglejte stvari, kot so: kako daleč čez ocean se razteza vsak mesec, kako definirani so robovi in temperaturna razlika med trenutnim in okoliškim oceanom.

Če želite izvedeti več o Zalivskem toku, se osredotočite na dve lokaciji:

- Zalivski tok vzhodno od Norfolka v Virginiji.
- Zaliv Maine.

Uporabite spletni zemljevid, da poiščete ti dve območji, tako da ju lahko na podlagi oblike obale prepoznate v spletni aplikaciji Climate from Space.

2. V katerih mesecih so vode Zalivskega toka najtoplejše in najhladnejše? Ocenite temperaturo za vsak primer in jo primerjajte s temperaturo zaliva Maine v istih mesecih.

	Mesec	Ocenjena povprečna temperatura/°C	
		Zalivski tok	Zaliv Maine
Najtoplejši			
Najhladnejši			

Temperaturne spremembe

Odprite preglednico Dejavnost 3 Planetarne toplotne črpalke. (Vaš učitelj vam bo dal podatke za dostop.) Preglednica prikazuje nekaj podatkov, ki so bili uporabljeni za izdelavo vizualizacije v spletni aplikaciji Climate from Space.

3. Narišite oba niza podatkov na en graf z datumom na osi x in temperaturo morske površine na osi y.

Uporabite svoj graf, da preverite svoje odgovore na vprašanje 2.

Dodajte črto linearnega trenda za vsak niz podatkov, ki prikazuje enačbe za vsako črto na grafu.

4. Kaj nam te črte in njihove enačbe povedo glede dogajanja z vodo v zalivu Maine in Zalivskem toku? Poiščite podobnosti in razlike ter uporabite slike, ki bodo podkrepile vaše opise, če lahko.

Ustvarjanje povezav

Poiščite več informacij o delovanju in vplivu Zalivskega toka s pomočjo spletne aplikacije Climate from Space in drugih virov.

Lahko raziščete eno od naslednjih ali eno od svojih vprašanj.

- Kako Zalivski tok vpliva na porazdelitev fitoplanktona v Atlantskem oceanu? (Uporabite podatkovno plast Ocean Color – barva oceana.)
- Ali obstaja povezava med Zalivskim tokom in vzorci slanosti v severnem Atlantiku?
- Kako pokritost z morskim ledom vpliva na Zalivski tok?
- Ali obstajajo razlike v valovitosti morja ob poti Zalivskega toka? (Uporabite podatkovno plast Sea State – stanje morja.)
- Ali obstajajo opazne razlike v oblačnosti zaradi spreminjanja temperature Zalivskega toka?

Uporabite svoje razumevanje gibanja energije in vode med atmosfero in oceanom, da te nove informacije povežete z vzorci in trendi temperature morske površine, ki ste jih opisali zgoraj.

List z informacijami 1: PLANETARNE TOPLOTNE ČRPALKE

Če se na kresni dan odpravite kopat v morje, bo voda morda presenetljivo hladna. Dejansko je šok zaradi mrzle vode eden največjih vzrokov za utopitev, zlasti poleti. Čeprav je Sonce na najvišji točki na nebu in ima dan več sončnih ur kot kateri koli drug dan v letu, morje doseže največjo temperaturo šele tri mesece pozneje, jeseni. Ta zaostanek kaže, da ima morje visoko toplotno kapaciteto – za spremembo temperature je potrebno veliko energije, zato se počasi segreva in počasi ohlaja.

Voda neverjetno dobro shranjuje toploto. Tako dobro, da samo zgornji trije metri oceana zadržijo toliko toplote kot celotno ozračje – in atmosfera sega do višine skoraj 100 kilometrov. Zaradi svoje sposobnosti za shranjevanje, transport in počasno sproščanje energije, ki jo prejme od Sonca, so oceani eden ključnih regulatorjev podnebja na našem planetu. Zgornje plasti oceana absorbirajo približno 90 % odvečne toplote, ki jo povzroča globalno segrevanje.

Premikanje toplote po svetu

Ekvator prejme veliko več energije od Sonca kot polarna območja. Vendar pa kroženje oceana in atmosfere prerazporeja to energijo po vsem svetu. Oceanske tokove poganjajo vrtenje Zemlje, površinski vetrovi in razlike v gostoti vode zaradi razlik v slanosti (saliniteti) in temperaturi. Zgornje plasti oceana se običajno gibljejo v smeri urinega kazalca na severni polobli in v nasprotni smeri urinega kazalca na južni polobli.

Topli površinski tokovi, kot je Zalivski tok, prikazan na sliki, prinašajo toploto z ekvatorja in tropov v višje zemljepisne širine. Ta prenos toplote proti polom je razlog za blago podnebje v zahodni Evropi. V Tihem oceanu tok Kuroshio segreva vzhodno obalo Japonske, hladen ekvatorialni tok pa običajno sega proti zahodu iz Južne Amerike.



Zemljevid Zalivskega toka Benjamina Franklina iz leta 1786
(Vir: Pridobljeno iz Kongresne knjižnice)

Tako imenovani veliki oceanski tekoči trak ali termohalinsko kroženje se razteza v globine oceana in zajema celotno zemeljsko oblo. Voda potrebuje približno 1000 let, da ga preide.

Oceani in atmosfera prenašajo približno enako količino toplote proti poloma. Kroženje atmosfere delno poganja energija, ki se izmenjuje, ko oceanska voda izhlapi in ko pada dež. Zaradi tega je morje pomemben regulator podnebja, temperatura njegovega površja pa ključno merilo za podnebne znanstvenike.

Učinek toplejših oceanov

Višje temperature morske površine povzročijo povečano izhlapevanje. Več vodne pare v ozračju verjetno poveča oblačnost in količino dežja. V zahodnem Sredozemlju so toplejša morja ključni dejavnik pri razvoju nenadnih neviht in hudourniških poplav, ki pozno poleti prizadenejo obale Francije, Italije in Španije.

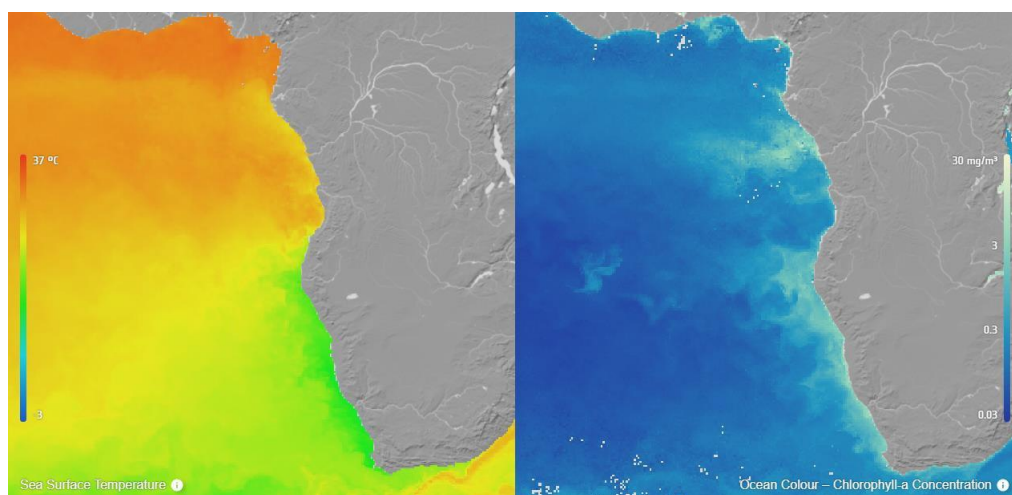
V širšem obsegu pa visoke temperature vode v tropskih oceanih poganjajo ekstremne vremenske pojave, kot so orkani. Med oceanom in atmosfero se izmenja toliko energije, da lahko površinska temperatura morja po velikem orkanu opazno pade.

Zemljevidi površinske temperature morja ne prikazujejo le toplih in hladnih tokov, ampak tudi, kje se hladna voda dviga, torej mesta kjer se iz globin oceanov dvigne na površje. To se zgodi tam, kjer prevladujoči vetrovi površinsko vodo na odprto morje.

Nadzor oceana

Zgornji del oceana se najverjetneje segreva od sredine devetnajstega stoletja. Vendar pa lahko znanstveniki segrevanje gladine oceana iz vesolja merijo šele od sedemdesetih let prejšnjega stoletja. Sateliti z infrardečimi kamerami merijo temperaturo oceanov do nekaj desetink stopinje Celzija natančno.

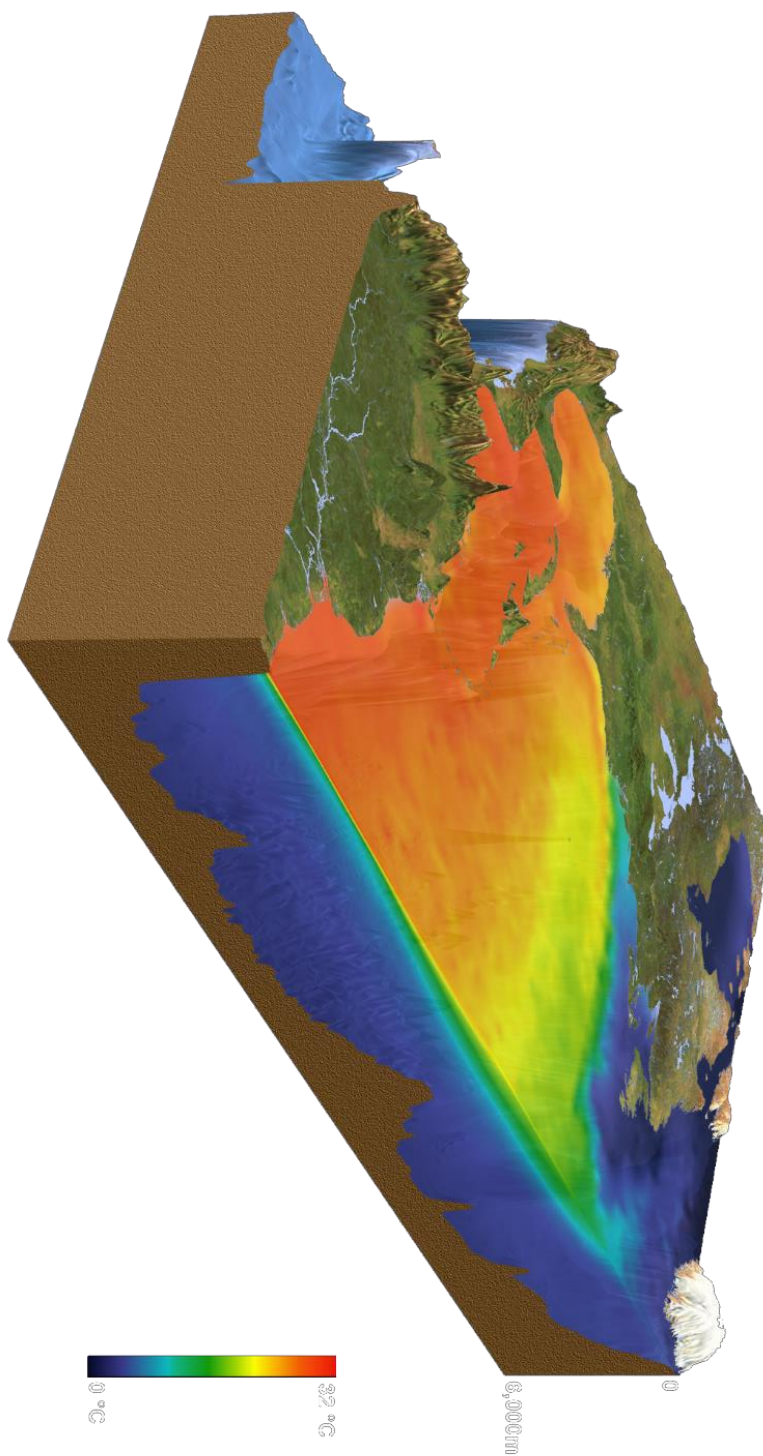
Nekateri od teh satelitov imajo senzorje, ki zagotavljajo zelo natančne meritve za majhno območje oceana v določenem trenutku; drugi zaznavajo povprečno temperaturo večjega območja in tako lahko vsakih nekaj dni zbirajo podatke za celotno Zemljo. Podnebni znanstveniki so združili podatke senzorjev na številnih satelitih in ustvarili zanesljive visokokakovostne podatke, ki kažejo spremembe oceanov v zadnjih letih. Nizi podatkov ne zajemajo le temperatur, ampak tudi spremenljivke, kot so slanost, morska gladina, višina valov in ravni klorofila (iz katerih lahko določimo številčnost fitoplanktona na dnu prehranjevalne verige v oceanih).



Temperatura morske površine in klorofil v oceanih ob obali Afrike Dvignjena hladna voda prenaša hranila z morskega dna, na katerem uspeva plankton. (VIR: ESA CCI)

List z informacijami 2: TEMPERATURA IN GLOBINA OCEANA

Prerez severnega Atlantika, ki prikazuje, kako se temperatura oceana spreminja na površju in z globino (Vir: Planetary Visions)



Povezave

Sredstva

Spletna aplikacija Climate from Space

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

Podnebje za šole

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

Učenje z vesoljem

http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Preiskovanje Zalivskega toka z LEO Works

https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Weather_EN/SEM29YK1YHH_0.html

Vesoljski projekti ESA

Urad ESA za podnebje

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

Prostor za naše podnebje

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

Raziskovalci Zemlje

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

SMOS – Vlaga tal in slanost oceanov

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/New_maps_of_salinity_reveal_the_impact_of_climate_variability_on_oceans

Dodatne informacije

Kartiranje slanosti voda

http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Mapping_salty_waters

Video o temperaturi morske površine

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/09/Sea-surface_temperature#.X9oKgkStwEY.link

Več videoposnetkov Zemlje iz vesolja

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