

Antarktična prehranjevalna veriga in podnebne spremembe

Timotej Turk Dermastia

Daleč stran na geografskem jugu našega planeta leži celina, skoraj dvakrat večja od Evrope. Na nekaterih mestih jo prekriva več kot kilometer globoki ledeni pokrov. Stalnih prebivalcev vrste *Homo sapiens* ne pozna. Antarktika je človeku najbolj neprijazen prostor na svetu. Vsakršna človeška dejavnost je omejena na nekaj raziskovalnih postaj in na razvijajoči se turizem, ki pa je zaenkrat omejen na Antarktični polotok in pa seveda na antarktično poletje. Podnebne razmere na Antarktiki so ustaljene že skoraj 35 milijonov let, odkar se je odprl Drakov prehod ter Antarktiko osamil in zavil v ledeni oklep. Organizmi so torej močno prilagojeni na tako okolje in vsakršne spremembe bi imele daljnosežne posledice. Problematika Antarktike in specifičnost antarktične ekologije bosta marsikateremu bralcu novi, saj te teme niso na dnevnem redu slovenske znanosti in novic, a so vendarle

pomembne, saj prav zaradi specifičnosti in pa relativne nedotaknjenosti predstavljajo modelni sistem.

Antarktika vendarle ni nedotaknjena

Antarktika je zadnja odkrita celina na našem planetu. Po svoje je zanimivo, da so raziskovalci že davno odkrivali planete našega osončja in zvezde naše galaksije, in to preden so sploh odkrili to gmoto ledu na daljnem jugu. A vendar, kot je za modernega človeka značilno, so jo ljudje takoj po odkritju začeli izkoriščati in uničevati. Leta kitolova na severni polobli v 18. stoletju so izčrpala populacije kitov in lov je bil vedno manj uspešen. Kitovo olje je bilo visoko cenjeno blago, ki so ga uporabljali za kurjavo, razsvetljavo, maziva in kozmetiko. Ob koncu 18. stoletja so mornarji začeli poročati o ogromnih »zalogah« kitov in tjulnjev v antarktičnih vodah in lov, ali bolje rečeno



kar rudarjenje za kitovim oljem in tjulnjo kožo, se je lahko začel. Posledično so bili do leta 1830 antarktični kožuhasti tjulnji (*Arctocephalus gazella*) skoraj iztrebljeni. Prvi kitolovci so le s težavo predelovali kitovo maščobo na negostoljubnih otokih. A ko so se vzpostavile prve kitolovske baze na Južni Georgii in Južnih Shetlantskih otokih, se je industrijski masaker lahko začel. Ustavil se ni do leta 1986, ko je začela veljati prepoved za komercialni kitolov, čeprav je bil lov na nekatere vrste, kot so sinji kiti in grbavci, prepovedan že nekaj let prej. Leta kitolova so pustila velike posledice v antarktičnem ekosistemu, saj so sistematično zdesetkala skoraj vse višje plenilce. Ta dinamika pa se kaže še danes. Kožuhasti tjulnji in rakojedi tjulnji (*Lobodon carcinophaga*) na primer so zdaj zelo številčni, saj imajo ob pomanjkanju kitov ogromno hrane. Ta pa je sestavljena predvsem iz osrednjega lika antarktičnega ekosistema, brez katere ta prav gotovo ne bi

obstajal v obliki, kot ga poznamo - *antarktičnega krila*. Antarktični kril je kozici podoben majhen rakec vrste *Euphasia superba* in je glavni prehranjevalni element množice vrst, ki imajo Antarktiko za svoj dom – od pingvinov do tjulnje, kitov in veličastnih albatrosov. Je vrsta z daleč največjo biomaso na svetu in njene zaloge se zdijo neizčrpne. Po različnih ocenah je krila v antarktičnih vodah od 342 do 536 milijonov ton, z letno porabo v ekosistemu od 128 do 470 milijonov ton (Atkinson, Siegel, Pakhomov, Jessopp, Loeb, 2009). Kril in njegovo olje ljudje uporabljajo predvsem kot prehranski dodatek in s petičnimi dietami ta postaja vedno bolj zaželen. Uporabljajo ga tudi v farmaciji, čedalje več pa tudi v ribogojstvu, dejavnosti, ki je v velikem porastu. Lov na kril je omejen na sever Antarktičnega polotoka in sever Weddellovega morja. Kvota za izlov krila, ki jo je predpisala Komisija za varstvo antarktičnih morskih naravnih virov

Rajski zaliv (Paradise Bay). Foto: Timotej Turk Dermastia.





Ostanki kitolovne postaje na vulkanskem Deception Islandu. Antarktika je danes v celoti zaščitena z Antarktičnim sporazumom, kar v praksi pomeni, da nič ne prinesemo in ničesar ne vzamemo. Enako velja za ostanke človeške dejavnosti pred sklenitvijo sporazuma, kot so raziskovalne in kitolovne postaje. Te so, v stanju, kot so jih ljudje zapustili, ohranile stalne temperature pod ničlo. Nekatere postaje so preoblikovane v preproste muzeje, kot je kočja kapitana Scotta, druge, kot kitolovna postaja na sliki, pa spominjajo na čase, ki jih na srečo več ni. So pa v ostankih rezervoarjev za olje in kočah za osebe »lokalci« našli novi dom. Foto: Timotej Turk Dermastia.



Antarktični kril (Euphausia superba). Ta do šest centimetrov veliki rakec je eden od glavnih virov prehrane za živalstvo v Južnem oceanu in je osrednji element prehranjevalne verige. Skupna biomasa te vrste je med največjimi na svetu (500 milijonov ton). Združuje se v jate, ki lahko dosežejo gostoto do 30.000 živali na kubični meter. Obstoj vrste je pogojen z vsakoletno formacijo zimskega morskega ledu.

Vir: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Antarctic_krill_\(Euphausia_superba\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c7/Antarctic_krill_(Euphausia_superba).jpg).

(CCAMLR), je 5,6 milijona ton, a je izlov dejansko veliko nižji, približno 500.000 ton (Arrigo, Thomas, 2004). Kljub temu pa zadeva kot vedno ni tako preprosta. Čeprav človeška dejavnost na celini skoraj ni omembe vredna, sta kril in z njim celotna

antarktična prehranjevalna veriga prav zaradi človeka na velikem preizkusu.

Morski led je pomemben gradnik antarktičnega ekosistema

Zaradi morskega ledu, ki se oblikuje okoli celine in njenih otokov, se v zimi na južni polobli velikost Antarktike skoraj podvoji. Morski led nastaja z zamrzovanjem morske vode, ob tem se iz vode izloči sol. Na drugi strani pa ledeniški led, ki sestavlja ledenike, ledene pokrove in ledene plošče, nastaja iz snega, ki se pod vplivom pritiska povezuje v led. Čeprav lahko marsikje preberemo, da se obseg morskega ledu na Antarktiki s segrevanjem ozračja dejansko povečuje, kar je v nasprotju z dogajanjem na Arktiki, pa je ta pojav treba vzeti pod drobnogled (Zhang, 2007). Za večanje količine morskega ledu, navzlic podnebnim spremembam, obstaja več razlag. Antarktika je skoraj v celoti pokrita z ledenim pokrovom. Ko se ozračje segreva in temperature naraščajo, se ledeni pokrov topi in v morje sprošča ogromne količine mrzle in sladke vode. Sladka voda, kot vemo, zamrzne veliko hitreje kot morska. Slednja ima s 35 delcev soli na milijon

delcev ledišče pri $-1,9$ stopinj Celzija. Posledično nastaja več morskega ledu. Drugi razlog za večanje površine morskega ledu sta večja pojavnost in moč celinskih vetrov, ki pihajo z ledene celine na morje, zaradi podnebnih sprememb. Ti vetrovi odnašajo led z obale proti odprtemu morju. S tem razgaljajo obalni pas morja, ki mu pravimo *polinij*. Polinij lahko nato na novo zamrzne in celotna površina ledu se poveča.

Morski led v antarktičnem ekosistemu ima pomembno vlogo, saj poleg tega, da nudi zatočišče številnim pticam, sesalcem in krlu, pomembno vpliva tudi na hidrodinamiko oceanov. Ob njegovem nastajanju se sol

Morski led v nastajanju. Morski led nastaja v več stopnjah. Ena od prvih stopenj je »palačinkasti led«. Ob zamrzovanju se izloča sol, ki jo v tej stopnji lahko vidimo kot grob rob »palačink«. Če morje zamrzuje naprej, se posamezne plošče povezujejo v enotno ploskev, ki pa je živa in se stalno preoblikuje. Ledene gore, ki jih vidimo v ozadju, so odkruški ledenikov.

Foto: Timotej Turk Dermastia.



izloča iz vode, nekaj pa je ostane ujete med kristali ledu. Izločena sol tvori zelo gost sloj vode pod ledom, ki potone in tako prispeva h kroženju globalnih oceanskih tokov. Spremembe v obsegu morskega ledu imajo tako daljnosežne posledice.

Ne smemo pa pozabiti, da je Antarktika ogromna celina, s pomembnimi regionalnimi razlikami v geografiji in podnebjem. To velja tudi za količino ledu. Zahodni del Antarktičnega polotoka, tako imenovani »bananin obroč«, z najmilejšim podnebjem velja za enega najbolj produktivnih delov Antarktike in doživlja obratni scenarij kot ostali del celine. Čeprav je pokrit z ledeniki in ponekod tudi z ledeniški pokrovi, so ti veliko manjši kot na primer v vzhodnem delu celine, ki je v celoti pokrit s ponekod tudi pet kilometrov debelo Vzhodno antarktično ledeno ploščo, največjo ledeno ploščo na svetu. V tem delu torej močni vetrovi in ohlajanje morja zaradi topljenja ledene plošče in ledenikov nimajo tako močnega vpliva. Obseg morskega zimskega ledu okoli Antarktičnega polotoka se je v preteklih tridesetih letih zmanjšal za trideset odstotkov (Zhang, 2007). Antarktični polotok je tudi eno od območij sveta, ki se segrevajo najhitreje, in doživlja podobno usodo kot Arktika.

Morski led – vir življenja

Kril je močno odvisen od zimskega morskega ledu, ki nastaja okoli celine. Led nudi zaščito mlademu krilu in njegovim larvalnim stadijem med prezimovanjem. Prav tako je morski led vir hrane za kril, saj je gojišče najrazličnejših mikroskopskih organizmov in alg, ki v zmrznjeni morski vodi najdejo skoncentrirane hranilne snovi (Arigo, Thomas, 2004). Spomladi, ko se led začne taliti, se v okoliško vodo sproščajo snovi, ki pospešijo primarno produkcijo in povzročijo velik porast biomase. Morski led je torej zimski rastlinjak, ki ga mladi kril izkorišča in obdeluje.

Posledice izgube ledu na Antarktičnem po-

lotoku so že danes zelo očitne. To je območje z največjo pestrostjo in številčnostjo organizmov na Antarktiki in skoraj vsi njegovi prebivalci so odvisni od krila. Raziskave kažejo, da na območjih, kjer je ledu manj in kjer je voda toplejša, kril nadomeščajo veliko manj hranljive salpe (Salpidae; glavna predstavnica *Salpa thomsoni*) (Atkinson, Siegel, Pakhomov, Rothery, 2004). Na teh območjih je opazno sistematično zmanjševanje populacij pingvinov adélie (*Pygoscelis adeliae*) in chinstrap (*Pygoscelis antarctica*), ki se prehranjujejo izključno s krilom. Na območjih, kjer je morskega ledu več, pa se njihova številčnost povečuje. Na drugi strani se populacija pingvinov gentoo (*Pygoscelis papua*), vrste, katerih prehrana ni odvisna od krila, na zahodnem Antarktičnem polotoku strmo povečuje. Še pred desetimi leti so pingvini gentoo v glavnem naseljevali le otoke severno od Antarktičnega polotoka. V le petih letih, odkar potekajo študentske raziskovalne ekspedicije, ki sem se je udeležil tudi sam, se je vrstna sestava pingvinov popolnoma spremenila in danes lahko vsaj v severnem predelu zahodnega Antarktičnega polotoka opazujemo skoraj izključno pingvine gentoo.

V celotni prehranjevalni verigi se je torej zgodila velika sprememba, ki lahko postane še bolj izrazita. Z nadaljnjim segrevanjem vode severno od celine se bo glavnina biomase krila pomikala vedno južneje (Flores in sod., 2012). Zaradi pomanjkanja svetlobe, neugodnih oceanografskih razmer in tekmovanja z drugimi vrstami krila, kot je kristalni kril (*Euphasia crystallorophias*), bo lahko to za vrsto *Euphasia superba* usodno. To ima lahko daljnosežne posledice za ekosistem, vključno s primarno produkcijo, saj kril velja za enega glavnih virov železa v Južnem oceanu, kjer železa sistematično primanjkuje; ko živali, ki se s krilom prehranjujejo, iztrebljajo, gnojijo z železom osiromašeni ocean, kar povzroča velika cvetenja fitoplanktona (Nicol in sod., 2010). Če se trenutni trend ogrevanja ozrača in z njim povezanih



Tri vrste z različnimi usodami. Od leve proti desni: pingvin gentoo, antarktični kožuhasti tjuljenj, pingvin chinstrap. V primeru, da populacija krila močno upade in se morje otopli, jo bodo najbolje odnesli pingvini gentoo, kar se kaže že danes. Kožuhasti tjulnji in pingvini chinstrap pa se bodo morali močno prilagoditi, saj je kril pomemben del njihove prebrane, o čemer pričajo tudi rdeči iztrebki na fotografiji. Slika je iz mešane kolonije tjulnjev in pingvinov chinstrap, gentoo je na obisku. Foto: Timotej Turk Dermastia.

procesov, kot sta zakisovanje oceanov ali izginjanje ledenega pokrova, ne ustavi, bodo marsikatera območja na Antarktiki neprijemna za razvoj in razmnoževanje antarktičnega krila. Upad biomase krila pa seveda lahko pospeši tudi človek z ribolovom, ki pa je sicer zaenkrat še dokaj omejen.

Kril je prilagodljiva, a občutljiva vrsta

Kril je prilagojen na hladne in stabilne razmere. Temperaturni razpon, v katerem najdemo kril, je le okrog 7 stopinj Celzija (Flores in sod., 2012). Zaradi vseh opisanih sprememb se lahko vloga vrste *Euphasia superba* iz osrednje spremeni v manj po-

membno, če se bo seveda novim razmeram prilagodila in se ohranila. Zaradi potrebe po specifičnih oceanografskih razmerah za uspešen razvoj so za spremembe posebno občutljivi larvalni stadiji krila. Glede na to, da se podnebne spremembe dogajajo hitro, v okviru desetletij ali stoletij, se zdijo kakšne daljnosežne evolucijske prilagoditve, ki bi omogočale larvalni razvoj v popolnoma spremenjenih razmerah, skoraj nemogoče. Kljub veliki občutljivosti larvalnih stadijev krila za spremembe pa je odrasel kril bolj prilagodljiv (Flores in sod., 2012). Ima razmeroma dolgo življenjsko dobo štiri do sedmih let; lahko živi v različnih

agregacijskih enotah, od samostojnih živali do velikanskih jat (Tarling in sod., 2009); uporablja zelo različne vire hrane (Schmidt, Venables, Pond, 2012) ter se začasno lahko umakne vodi s povečano temperaturo, tako da se premakne v globlje in hladnejše plasti (Flores in sod., 2012).

Posledice podnebnih sprememb so daljnosežne, tudi v krajih, kjer je neposredne človeške aktivnosti le za vzorec. Antarktika je modelni sistem, saj predstavlja razmeroma nedotaknjeno okolje, kjer pa globalne spremembe pridejo še bolj do izraza. Sprememba vloge krila v prehranjevalni verigi povzroča drastične spremembe v dinamiki in delovanju ekosistema. Za nekatere člene, kot so salpe, pingvini gentoo in orke, bodo te spremembe koristne, spet drugi bodo izgubili glavni vir prehrane in bodo ob nezmožnosti prilagoditve lahko tudi končali svojo evolucijsko pot.

Upravljanje z antarktičnimi morskimi viri, ki je v pristojnosti Komisije za varstvo antarktičnih morskih naravnih virov, je tako velik izziv. Pri tem moramo upoštevati tudi dejstvo, da nekateri že vidijo nove priložnosti za razvoj industrije na mestih, kjer se led umika. To bo še zlasti pomembno ob izteku Antarktičnega sporazuma leta 2048.

Ta za sedaj prepoveduje izkoriščanje danoosti Antarktike za pridobitniško ali vojaško dejavnost.

Literatura:

- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. A., Jessopp, M. J., Loeb, V., 2009: *A re-appraisal of the total biomass and annual production of Antarctic krill. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56: 727–740.
- Arrigo, K. R., Thomas, D. N., 2004: *Large scale importance of sea ice biology in the Southern Ocean. Antarctic Science*, 16: 471–486.
- Zhang, J., 2007: *Increasing antarctic sea ice under warming atmospheric and oceanic conditions. Journal of Climate*, 20: 2515–2529.
- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E., Rothery, P., 2004: *Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. Nature*, 432: 100–103.
- Flores, H., in sod., 2012: *Impact of climate change on Antarctic krill. Marine Ecology Progress Series*, 458: 1–19.
- Nicol, S., in sod., 2010: *Southern Ocean iron fertilization by baleen whales and Antarctic krill. Fish and Fisheries*, 11: 203–209.
- Tarling, G. A., in sod., 2009: *Variability and predictability of Antarctic krill swarm structure. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 56: 1994–2012.
- Schmidt, K., Venables, H. J., Pond, D. W., 2012: *Early spawning of Antarctic krill in the Scotia Sea is fuelled by 'superfluous' feeding on non-ice associated phytoplankton blooms. Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 59: 159–172.

Timotej Turk Dermastia je magistriral iz ekosistemskega upravljanja z morskimi viri na Univerzi v St. Andrewsu na Škotskem in danes dela kot mladi raziskovalec na Morski biološki postaji Nacionalnega inštituta za biologijo v Piranu. Kot del študija je na krovu ladje Plancius obiskal tudi vzhodni antarktični polotok, kjer se je srečal z lepotami in izzivi, s katerimi se spopada ta del Antarktike. V celino se je, kot vsak obiskovalec Antarktike, zaljubil, predvsem pa je nanj naredila globok vtis in spodbudila željo, da seznani vsakogar z eno redkih divjin, ki so še ostale na Zemlji.

