

# KALUOKA'HINA ZAČARANI GREBEN

PRIRUČNIK ZA UČITELJE



Astronomski centar Rijeka - Rijeka sport d.o.o.

*“Preduvjet za znanje  
je znatiželja!”*

Jacques Cousteau  
Francuski stručnjak za oceanografiju  
1910. - 1997.

# KALUOKA'HINA

## SADRŽAJ

Uvod	5
Koraljni grebeni – šarenilo podvodnih svjetova	7
Kako Mjesec utječe na cvjetanje koralja	10
Disanje oceana	12
“Crni dimljivci” – podvodne planine i vulkani	14
Podvodna prašuma	16
Šareni vatrometi u carstvu tame	18
Bibliografija	20

## Kaluoka'hina začarani greben

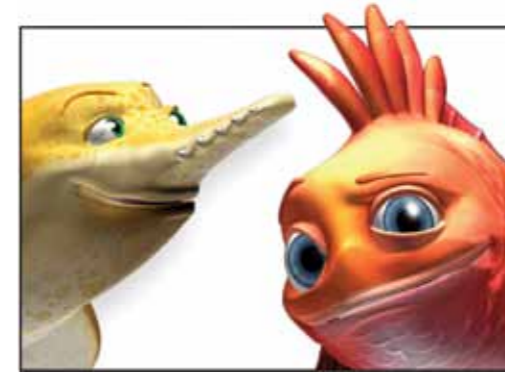
© Softmachine GmbH, 2004, [www.softmachine.de](http://www.softmachine.de)

Pisac: Gerry Winter – [www.oile.de](http://www.oile.de)  
Grafički prikaz: Daniel Plöchinger  
Koncept: Peter Popp i Gerry Winter

[www.kaluokahina.com](http://www.kaluokahina.com)

Licenca za područje RH  
Astronomski centar Rijeka - Rijeka sport d.o.o.

[www.rijekasport.hr](http://www.rijekasport.hr)



Jake i Mali, glavni junaci našeg filma

### Priručnik za učitelje

Kaluoka'hina – začarani greben je jedan od prvih obiteljskih, zabavnih animiranih filmova, snimljen za prikazivanje na kupoli, koja omogućuje prikaz u 360 stupnjeva.

Priručnik za učitelje sadrži uzbudljive dodatne informacije o temama kao što su koraljni grebeni, vulkani, šume kelpa, bioluminiscencija te ujedno objašnjava na koji je način morska fauna povezana s planetima i njihovim položajem.

Priručnik služi kao izvor informacija svima onima koji žele naučiti više o spomenutim temama, no moguće ga je koristiti i u obrazovne svrhe, kako bi se učenicima približile teme koje se pojavljuju u filmu. Isto tako, priručnik je moguće koristiti neovisno o filmu, kao samostalni edukativni materijal.

### Priča

#### Kaluoka'hina – začarani greben

Negdje u prostranstvima oceana, naša Zemlja krije nezamislive tajne. Jedna od najvrjednijih je Kaluoka'hina – začarani greben. Greben je zaštićen čarolijom zahvaljujući kojoj ga ljudi još nisu otkrili. Šareni stanovnici grebena Kaluoka'hina oduvijek žive u miru... sve do erupcije vulkana koja će prekinuti čaroliju.

Sada je sve na mladom sabljanu Jakeu i njegovom paranoičnom prijatelju Malom. Oni moraju vratiti čaroliju. Jedini trag koji imaju stara je legenda koja kaže kako moraju dodirnuti Mjesec...

## KORALJNI GREBENI – ŠARENILU PODVODNIH SVIJETOVA

*Ovo poglavlje čitateljima pruža osnovne podatke o koraljima, njihovom životnom ciklusu, prehrani, rasprostranjenosti i drugim zanimljivostima, ali i o njihovoj ekološkoj ugroženosti i značaju za ljude.*

Jedan od glavnih likova u filmu Kaluoka'hina – začarani greben jest sam greben – to je fascinantan svijet pun šarenila kojeg Jake i Mali nazivaju "domom". Koraljni greben je svijet za sebe, pun zadivljujućih misterija i uzbudljivih pitanja.

### Jesu li koralji biljke ili životinje?

Koralji nisu ni biljke ni stijene; u bliskom su srodstvu s meduzama te se stoga ubrajaju u skupinu žarnjaka. Svaki pojedini koralj sastoji se od stotina, ponekad čak tisuća sitnih životinja ili „polipa“.

Postoje dva razloga zašto se koralje svrstava u kategoriju životinja: premda polipi nemaju mozak, za razliku od biljaka imaju živčani sustav. Također, za razliku od biljaka, koje same za sebe proizvode hranu, koralji su prisiljeni tražiti hranu u svom okolišu.

### Unose li koralji hranu na neki poseban način?

Koralji su mesožderi i imaju otrovne pipke koje koriste za hvatanje sitnih organizama (planktona) koji slučajno prolaze mimo njih. Mesna prehrana, međutim, predstavlja samo dio njihova jelovnika.

Glavni izvor njihove prehrane su alge koje su vidljive samo mikroskopom. Koralji i alge su pronašli pametno rješenje

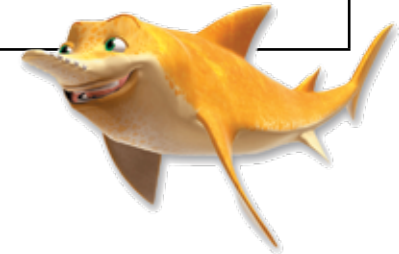
pomoću kojeg jedni druge opskrbljuju hranom: u svakom koralju žive milijuni alga. Slično svim drugim biljkama, alge koriste sunčevu energiju kako bi se prehranile. Prilikom pretvorbe sunčeve energije u hranu (fotosinteza), alge, među ostalim, proizvode šećer i kisik, a njih opet koriste koralji. Koralji šećere koriste kao hranu, dok kisik (baš kao i mi ljudi) koriste prilikom disanja. Dok dišu, koralji proizvode ugljični dioksid, koji alge opet upotrebljavaju prilikom fotosinteze.

Osim toga, koralji svoju predivnu, intenzivnu boje duguju algama.

Za uzvrat, koralji algama pružaju mjesto za stanovanje i skrovište koje ih štiti od gladnih neprijatelja – može se reći kako među njima postoji uistinu praktičan savez. Takav savez između dva živa organizma se u prirodi najčešće naziva "simbioza".

### Jeste li znali?

Koraljni grebeni na našem „plavom planetu“ postoje već više od 150 milijuna godina. Za usporedbu, Homo sapiens se prvi puta pojavio na svjetskoj pozornici prije otprilike 120.000 godina.



Presjek  
koraljnog polipa

### Mogu li koralji živjeti bilo gdje u oceanu?

Koralji su vrlo osjetljive životinje te im je stoga potrebno posebno okruženje.



Kako bi se osjećali dobro, koraljima je potrebna topla, plitka i čista voda. Gode im temperature između 18°C i 29°C i mnogo sunčeve svjetlosti. Takvi uvjeti postoje prije svega u plitkim, obalnim vodama. To je razlog zbog kojeg koraljne grebene uglavnom pronalazimo neposredno uz obalu te u tropskim predjelima Kariba, Indijskog oceana, Tihog oceana i u Crvenom moru.

### Koliko su ustvari veliki koraljni grebeni?

Koraljni grebeni mogu biti ogromnih dimenzija: „Veliki koraljni greben“ koji se nalazi nedaleko od istočne obale Australije, najveći je koraljni greben na svijetu. Greben koji je vidljiv čak iz Svemira dugačak je preko 2.023 kilometara i pokriva područje od 300.000 četvornih kilometara. Taj ogromni koraljni greben pruža dom više 1.500 različitih vrsta životinja. Ipak, samo 0.2% svjetskih morskih površina je prekriveno koraljnim grebenima, što odgovara površini od 600.000 četvornih kilometara.

Za usporedbu: površina Njemačke je 357.022 četvornih kilometara.

*Satelitska fotografija velikog koraljnog grebena u Australiji.*

### Pružaju li svi grebeni utočište tako velikom broju različitih životinja?

Koraljni grebeni se po pitanju biljne i životinjske raznolikosti ubrajaju među najbogatije ekosustave na našem planetu. Veća biološka raznolikost postoji samo u tropskim šumama. Stoga nije neobično što se koralje često uspoređuje s “podvodnim tropskim šumama”, budući da među njima samima već postoji preko 40.000 različitih vrsta.

Pored toga, koraljni grebeni su poput “obećane zemlje” za gotovo sve stanovnike oceana, budući da se tu nalaze velike količine hrane i da predstavljaju idealan životni prostor, na kojem živi čak 25% svih ocean-skih organizama. Gotovo sve vrste tropskih riba, rakova, morskih trava, reptila, bakterija i gljiva su ovdje pronašle svoj dom.



### Što koraljni grebeni znače za ljude?

Ljudi su još od pamtivijeka koraljima pridavali ljekovita svojstva i posebne moći. Još u starom Egiptu koralji su korišteni kao ornament na grobovima, štiteći mrtve od zlih duhova. U srednjem vijeku koralji su korišteni kao lijekovi protiv različitih bolesti. Čak i danas, koralji imaju važnu ulogu u proizvodnji različitih lijekova.

Primjerice, AZT, lijek koji se koristi u liječenju virusa HIV-a, u potpunosti se proizvodi od kemijske tvari, koja se dobiva od posebne vrste koralja.

Također, ljudi koralje koriste i u prehrani. U Jugoistočnoj Aziji ribarenje duž koraljnih grebena pokriva 25% potreba za proteinima među cijelim obalnim stanovništvom. Osim toga, koraljni grebeni koji se protežu pred obalom nude prirodnu zaštitu od oluja koje prijete s mora.



### Ugrožavaju li ljudi koraljne grebene?

Koraljni grebeni su izrazito osjetljivi ekosustavi. Ljudi svojim djelovanjem sve više ugrožavaju koraljne grebene. Osnovni problem je ljudski otpad koji s rijekama dopire u more. Ovaj otpad ne samo da sadrži štetne tvari, već ujedno potiče rast algi i morskog korova. Alge i morski korov su mnogo snažniji i otporniji od koralja, te ih mogu posve prekriti, što u konačnici za posljedicu ima izumiranje koralja.

Taloženje mulja kojeg nanose rijeke, pretjerano ribarenje na području koraljnih grebena i klimatske promjene na globalnoj razini, predstavljaju najveću prijetnju za ove izrazito osjetljive životinje. Klimatski fenomen zagrijavanja vode koji se pojavljuje svakih četiri do šest godina, a kojeg uzrokuje El Niño, izaziva takozvano “izbjeljivanje koralja” koje u mnogim slučajevima ujedno znači njihovo izumiranje.



## KAKO MJESEC UTJEČE NA CVJETANJE KORALJA

*Ovo poglavlje čitatelju pruža osnovne podatke o fascinantnom „cvjetanju“ koralja te objašnjava međudjelovanje različitih čimbenika koji dovode do tog fenomena.*

Cvjetanje koralja unutar olupine broda u filmu *Kaluoka'hina*

*Kaluoka'hina* je carstvo spokoja. Šareni stanovnici grebena ovdje žive u skladu s prirodom koja oduzima dah. Jedan od najveličanstvenijih prizora koje greben pruža godinu za godinom je spektakularno cvjetanje raznobojnih koralja.

### Postoje li muški i ženski koralji?

Oni svakako postoje, budući da su koralji životinje. Kao kod ostalih životinja, postoje muški i ženski koralji. To znači kako postoje pojedine vrste koralja koje proizvode samo jajne stanice ili samo spermije. Ipak, većina koralja su hermafroditi što znači da istovremeno proizvode jajne stanice i spermije.

### Kako se koralji razmnožavaju?

Koralji se razmnožavaju na dva vrlo različita načina.

Mogu se razmnožavati nespolno, pupanjem: odrasli polip se dijeli i tako nastaje genetski identičan klon, poput blizanca. Kći polip ostaje rasti uz roditelja. Kada dovoljno naraste, kći polip se opet dijeli i tako nastaje novi klon. Drugi način nespolnog razmnožavanja se događa usred olujnog vremena, kada oluje uzrokuju odlamanje pojedinih dijelova koralja. Ti dijelovi obično prežive i nastavljaju rasti tvoreći novu koloniju.

Koralji se međutim mogu razmnožavati i spolnim putem – mriještenjem. Taj neobični i zapanjujući fenomen tijekom ko-

jeg koralji istovremeno u vodu ispuštaju spermije i jajne stanice naziva se „cvjetanje koralja“. Prvi ga je puta otkrio australski podvodni biolog 1981. godine: u samo nekoliko sekundi i to samo u određeno doba godine, koralji u more ispuste milijune sićušnih jajnih stanica i spermija, koji blistaju i uzdižu se na morsku površinu poput mjehurića u šampanjcu. Kada se spermij i jajna stanica ujedine, nakon 24 sata nastaje embrij. Novostvoreni koralj nakon otprilike pet dana tone prema dnu mora, gdje nastavlja rasti.

### Na koji način koralji cvatu zajedno i istodobno?

Cvjetanje koralja je uistinu senzacionalno! Ono se iz godine u godinu događa u proljeće kada padne mrak, u tjednu nakon punog Mjeseca, točnije tijekom ekvinocija. Takvo ponašanje koje se uvijek iznova ponavlja i to na točno određenom mjestu, u točno određeno vrijeme, u životinjskom svijetu nazivamo „sinkroniziranim ponašanjem“.

Znanstvenici su otkrili tri čimbenika koji uzrokuju takvo ponašanje kod svih tipova koralja:

- Prvi je čimbenik polagano zagrijavanje temperature mora u proljeće, zbog čega jajne stanice i spermiji sazrijevaju upravo u to doba godine. Koralji su spremni za mriještenje tek nakon što je more postiglo točno određenu temperaturu.

- Drugi važan čimbenik je vezan uz odre-



*Koraljni greben tijekom noći*

đeno doba dana. Koralji se razmnožavaju noću, u tami.

- Treći je čimbenik vezan uz mjesečeve mijene.

Položaj Mjeseca određuje točno vrijeme kada će koralji ispustiti svoja dragocjena jajašca u ocean. Naravno, nije mjesečeva svjetlost ta koja upravlja ovom noćnom predstavom, već ovdje glavnu ulogu imaju plima i oseka pod utjecajem Mjeseca (više o tome slijedi u sljedećem poglavlju). Cvjetanje koralja se uvijek događa pet dana nakon punog Mjeseca. Razlika između oseke i plime je najmanja u ovoj Mjesečevoj fazi te je voda tada najmirnija. Manje je strujanja i virovi su slabiji. To je najbolje vrijeme za razmnožavanje koralja, budući da mirno more lagano nosi spermije i jajašca i omogućuje njihovo spajanje.

### Zašto se koralji razmnožavaju upravo na ovaj, a ne na neki drugi način?

U prirodi postoje razlozi za sve što se u njoj zbiva; isto vrijedi i za sinkronizirano ponašanje koralja prilikom cvjetanja. Kada bi se cvjetanje koralja odvijalo u neko drugo doba, struje bi bile prejake, dok bi šanse za spajanje jajnih stanica i spermija bile znatno manje.

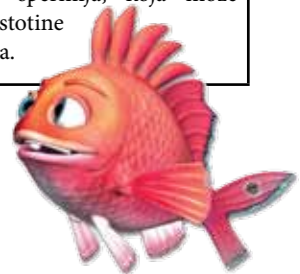
Znanstvenici također sumnjaju kako istovremeno mriještenje koralja njihovim predatorima nudi mnogo hrane odjednom. Ovo obilje hrane značajno nadmašuje potrebe predatora. Time se povećavaju šanse za preživljavanje oplodjenih jajašca.

### Kako od pojedinih koralja može nastati cijeli greben?

Koraljni greben se sastoji od više slojeva koralja. Pritom je samo vanjski sloj koralja živ. Debljina starih koraljnih grebena može biti preko trideset metara, dok sloj živućih koralja može imati debljinu od svega jednog metra. Tijekom postepenog rasta grebena, stari dijelovi odumiru dok mladi koralji rastu poviše njih. Neke vrste koralja mogu narasti čak 15 centimetara na godinu, a druge, manje od jednog centimetra.

### To je gotovo nevjerojatno!

Cvjetanje koralja vidi se čak iz Svemira, budući da koralji proizvode šarenu tvar u vidu jajnih stanica i spermija, koja može pokrivati stotine kilometara.



## DISANJE OCEANA

Sljedeće poglavlje pruža osnovne podatke o oseci i plimi, konstelacijama Mjeseca i Sunca, uzrocima plime i oseke te njihovu utjecaju na ekosustave i životinjski svijet.



Na povratku u Kaluoka'hinu, Mali shvaća koje je rješenje Cassandrine zagonetke

Dok traže odgovor na pitanje kako spasiti začarani greben, Jake i Mali uviđaju kako plima i oseka koje se često uspoređuju s "disanjem oceana", imaju vrlo značajan utjecaj na njihov svijet. No, prije nego li

saznaju više o tome, naša će dva junaka proživjeti još brojne avanture.

### Što se točno misli pod pojmom „oseka“?

Voda se podiže na gotovo svim morskim obalama dvaput na dan. Plaže su potopljene, brodovi koji su bili na suhom tlu se s nadirućom vodom podižu za nekoliko metara. Plima doseže svoj vrhunac nakon otprilike šest sati i petnaest minuta; nakon šest sati i petnaest minuta razina vode polako opet počinje opadati te nastupa oseka. Ovaj fenomen podizanja i opadanja morske razine je poznat pod nazivom "plima" i "oseka."

### Koja je pritom uloga Mjeseca?

Još od pradavnih vremena, ljudski je rod znao kako se plima i oseka na Zemlji zbivaju pod utjecajem Mjesečevih mijena. Ipak, ovaj je prirodni fenomen objašnjen tek 1687., kada se na svjetskoj pozornici pojavljuje fizičar Isaac Newton koji izlaže svoju teoriju o gravitaciji.

Newton je otkrio kako gravitacijske sile Mjeseca i Sunca utječu na Zemlju. "Gra-

vitacija" se odnosi na privlačnost među krutim tijelima kao što su npr. Mjesec, Zemlja i Sunce. Kruta tijela posjeduju silu kojom privlače ostala tijela. Tako je gravitacijska sila Zemlje odgovorna za to što predmeti padaju na pod. Gravitacijske sile pojedinih planeta održavaju Sunčev sustav u "ravnoteži".

Gravitacijska sila Mjeseca utječe na onu stranu Zemlje koja je okrenuta prema njemu, pri čemu se na vodi oblikuje izbočina, kao da Mjesec vodu vuče prema gore. Zemlja pritom ne miruje, već se okreće oko vlastite osi, zbog čega još jedna sila utječe na kretanje vode u moru. Riječ je o centrifugalnoj sili. Budući da je na drugoj strani Zemlje gravitacijska sila Mjeseca slabija od centrifugalne sile, pojavljuje se druga, manja vodena izbočina. Kada se ove dvije vodene izbočine počnu kretati prema obali, površina vode se podiže u vidu plime, da bi potom, predvidljivo, nakon nekoliko sati opet počela opadati. Budući da postoje dvije "vodene planine", oseka i plima se pojavljuju dvaput na dan.

Detaljno poznavanje plime i oseke je nužno za plovidbu, no za to su potrebne godine mjerenja u kombinaciji s statističkim metodama.

### Što još utječe na plimu i oseku?

Newton je također otkrio kako snažna gravitacijska sila Sunca utječe na plimu i oseku i to do 30%. Tijekom punog i mladog Mjeseca, kada su Sunce, Mjesec i Zemlja u gotovo istoj ravnini, gravitacijske sile Mjeseca

i Sunca se takoreći zbrajaju.

Te sile pojačavaju plimu i oseku, što rezultira tzv. "proljetnom osekom".

Tijekom rastućeg i padajućeg Mjeseca, između Mjeseca, Zemlje i Sunca se oblikuje pravi kut. Sile se djelomično poništavaju, Mjesečeva plima i Sunčeva oseka se sudaraju, pri čemu se smanjuje visina oseke te nastaje tzv. "mrtva mijena".

Visina oseke ovisi o raznim čimbenicima. Na otvorenom moru, more se zbog gravitacijskih sila Mjeseca i Sunca svuda podiže oko 50 centimetara. S druge strane, visina plime uz morsku obalu ovisi o nepravilnom obliku morskih bazena. Trenutno vrijeme također može imati utjecaja. Pored toga, postoje različite snažne struje, poznate kao plimne struje.

Najviše razlike u razini mora uzrokovane plimom i osekom su izmjerene u zaljevu Fundy, jednom od morskih zaljeva u obliku lijevka u Sjevernom Atlantiku, između kanadskih provincija New Brunswick i Nova Škotska. Duboki zaljev uzrokuje plimne valove koji se pojavlju-

ju u intervalima od četiri sata, pri čemu se razina vode u zaljevu tijekom plime i oseke znatno mijenja te može iznositi čak 21 metar.

### Kako plima i oseka utječu na stanovnike mora?

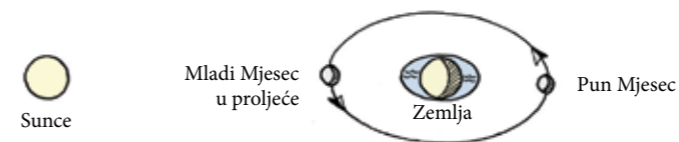
Obalne regije koje su pod utjecajem plime i oseke, razvile su vlastite ekosustave. Korajni grebeni u tropskim vodama, dio su tih ekosustava. Stanovnici mora su se tijekom posljednjih stotina tisuća godina prilagodili tom dobro uhodanom ritmu plime i oseke. Mnoge ptice koje svoju hranu pronalaze u morskom mulju jedu samo tijekom oseke. Tuljani za vrijeme oseke ljenčare na pješćanoj obali i upijaju zrake sunca. Račići koji žive u mulju koriste plimu kako bi pronašli hranu pod vodom, jer su tada sigurniji budući da ih voda štiti od izgladnjelih ptica. Ribe poput kalifornijskog gruniona (*Leuresthes tenuis*) noću tijekom proljetne oseke nošene valovima dospjevaju na obalu gdje se mrijeste. Muški i ženski grunioni se potom sa sljedećim valom vraćaju u more.

### Jeste li znali?

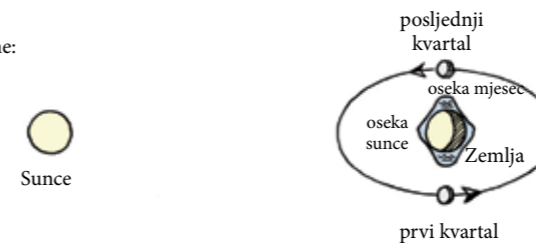
Plima i oseka mogu razviti iznimnu snagu! Na Antarktiku npr. samo jedan metar razlike između oseke i plime može na kratko zaustaviti kretanje ledenjaka.



Proljetna oseka:



Mrtve mijene:



Proljetna oseka i mrtve mijene u vidu dijagrama



Erupcija podvodnog vulkana obilježava početak priče o začaranom grebenu Kaluoka'hina.

## “CRNI DIMLJIVCI” – PODvodNE PLANINE I VULKANI

*Sljedeće poglavlje čitatelju pruža osnovne podatke o porijeklu vulkana, njihovoj rasprostranjenosti i podvodnoj aktivnosti.*

### Jeste li znali?

Najviši aktivni vulkan je Mauna Loa na Havajima. Visok je oko 9.000 metara, što znači da je viši čak i od Mount Everesta. Budući da se veći dio tog vulkana nalazi pod morem, visina iznad morske površine iznosi “samo” 4.139 metara. Više od polovice vulkana skriveno je ispod morske površine.



Priča o začaranom grebenu Kaluoka'hina počinje erupcijom podvodnog vulkana. Spokojni život na koraljnom grebenu kakav je vladao sve do tog trenutka, iznenada je ugrožen. Stara legenda kaže: kada proradi vulkan, nestat će čarolije koja štiti greben.

### Kako nastaje vulkan?

Kako biste razumjeli kako nastaje vulkan, morate znati kako naša Zemlja nije tijelo ujednačene krutosti; nasuprot, sastoji se od četiri vrlo različita sloja: unutarnja Zemljina kora se sastoji od željeza i nikla i tu vladaju temperature od oko 6.000°C. Nakon toga, slijede vanjska Zemljina kora, Zemljin plašt, i konačno, kruta Zemljina kora na kojoj živimo mi ljudi.

Na području Zemljinog plašta, na dubini od 60 do 1.000 kilometara, nalazi se magma koja je bogata plinom i rastopljenom kamenom masom. Zbog ogromnog pritiska, kamena masa nije tekuća, već podsjeća na plastelin. Na mjestima gdje je Zemljina kora izrazito tanka, magma može probiti kroz koru, budući da na nju vrši snažan pritisak. Magma prodire na

površinu i izljeva se po njoj u vidu lave. Kada se lava ohladi, ostaju krute stijene. Na ovaj način, nakon svake nove erupcije mase lave se postepeno talože jedna po vrh druge i tako nastaje vulkan. Tijekom erupcije ispušta se energija koja može biti 600 puta snažnija od one koju ima atomska bomba.

### Koliko je aktivnih vulkana na svijetu?

Nije lako odgovoriti na pitanje koliko na svijetu ima aktivnih vulkana. Svake godine zabilježi se oko 50 do 60 erupcija. U prosjeku, to je više od dvije erupcije u četrnaest dana. Od kada su ljudi počeli promatrati i bilježiti vulkanske erupcije, zabilježeno je preko 500 aktivnih vulkana. Trenutno se procjenjuje kako na Zemlji ima oko 600 aktivnih vulkana. Teško je zaključiti koji je njihov točan broj, budući da se najveći dio njih nalazi na dnu mora, zbog čega je ponekad teško primijetiti njihove erupcije.

### Gdje ima osobito mnogo vulkana?

Vulkanska aktivnost je učestala osobito na rubovima kontinentalnih ploča, gdje se oceanske ploče podvlače pod kontinentalne rubove i ulaze u Zemljin plašt, gdje se tope. Zemljina kora na mnogim mjestima ima pukotine i otvore na rubovima ploča, kroz koje izlazi magma iz Zemljinog mantila, pri čemu na površini nastaje vulkan.

Većina vulkana se nalazi u pojasu oko Tihog oceana (“Vatreni pojas”), u Africi, u regiji oko Crvenog mora te nedaleko od Istočnoafričke brazde. Mnogi podvodni vulkani grgljaju na dnu Atlantika, između Europe i Amerike. Otok Surtsey nastao je 14. studenog 1963. godine pred obalom Islanda. Taj otok, koji je nakon deset dana već bio dugačak 900 i širok 650 m, nastao je uslijed erupcije podvodnog vulkana.

Podvodni vulkani se također nazivaju “morskim planinama”. One su barem 1.000 metara visoki i imaju strme obronke. Morske planine se mogu uzdizati sve do morske površine, pri čemu se zajedno s njima na površini pojavljuje i voda bogata hranom, što ih čini idealnim staništem za različite vrste životnih zajednica.

### Što su u stvari “crni dimljivci”?

“Crni dimljivci”, također poznati kao “crni smrdljivci”, eruptivni su „dimnjaci“ novonastalih podvodnih vulkana. U njima se tekućine bogate mineralima međusobno sudaraju pri temperaturi višoj od 400°C koja može otopiti olovo. “Crni smrdljivci” se uglavnom javljaju u skupinama te mogu zauzimati područje veličine nogometnog igrališta.

Prirodni fenomen “crnih smrdljivaca” je prvi puta otkriven 1977. godine. Geolozi na podmornici koja je korištena u svrhu znanstvenog istraživanja podmorja su otkrili dimnjak u blizini otoka Galapagos. U međuvremenu, “crni smrdljivci” su dobili i druga maštovita imena kao što su “Godzilla” ili “Lucky Strike”.

Ovi hidrotermalni dimnjaci se uglavnom mogu pronaći usred oceana te tvore vrlo posebne ekosustave. To su jedini ekosustavi na svijetu koji svoju neposrednu energiju ne dobivaju putem Sunčeve svjetlosti. Znanstvenici pretpostavljaju kako se život na Zemlji razvio pod sličnim uvjetima kakvi vladaju unutar “crnih dimljivaca”.





## PODVODNA PRAŠUMA

*Slijedeće poglavlje pruža osnovne podatke o šumama kelpa i njihovom značaju za ekosustave, no govori i o tome zbog čega su one korisne za ljude. Jake i Mali u šumi kelpa susreću proročicu Cassandru. Može li im ona pomoći da spase greben?*

U priči o začaranom grebenu Kaluoka'hina, šuma kelpa je od posebnog značaja. Kako bi riješili zagonetku o čaroliji koja štiti greben, Jacke i Mali moraju pronaći Cassandru te pritom proživljavaju brojne avanture. Cassandra je stara i mudra kornjača koja od pradavnih vremena živi u podvodnoj prašumi. Od nje će dobiti zbunjujući, no ključni naputak za rješenje zagonetke.

### Što su šume kelpa?

Neovisno o tome kako ih zvali, šumama kelpa ili morskom travom, slanim kupusom ili algama, riječ o biljkama koje su u botanici poznate po svojoj primitivnoj građi. Postoji 100 različitih vrsta kelpa širom svijeta. To su smeđe alge iz roda laminariales. Upravo zato njihove dugačke lepeze u stvari nisu listovi, kakve poznajemo sa stabala, već je riječ o mnogo primitivnijim organima koji služe za fotosintezu.

Alge se ubrajaju među najstarije biljke na Zemlji. One su precizno zelenih biljaka. Poput svih ostalih algi, razne vrste kelpa također unose hranu cijelim tijelom.

### Zašto alge imaju tako čudno ime: „kelp“?

Naziv „kelp“ je izvorno povezan s pepelom morskih algi, od kojeg su se u 19. stoljeću dobivali jod, kalij karbonat i soda. Naziv „kelp“ je kasnije korišten za različite vrste algi.

### Kolika velika može biti šuma kelpa?

Kelp je najbrže rastuća biljka u moru. Neke vrste kelpa mogu rasti brzinom od 45 centimetara dan. Najmoćnija vrsta kelpa je divovska alga *Macrocystis pyrifera* koja može narasti preko 80 metara. Kada bi šume kelpa rasle na kopnu, tada bi neke od zauzimale površinu čitavih gradova.

### Gdje se mogu pronaći šume kelpa?

Kako bi brzo rasla, kelpu je potrebna hladna, čista, nemirna voda, bogata hranom. Upravo zato, šume kelpa dobro bujaju na mjestima, gdje se iz dubine mora uzdižu snažne struje, odmah uz strme padine kontinenata. To je razlog zbog kojeg se podvodne prašume uglavnom pronalaze u obalnim vodama Arktika i Antarktika, kao i u pojedinim obalnim regijama Južne Afrike, Kalifornije, Latinske Amerike i Južne Australije.

### Koje životinje obitavaju u šumama kelpa?

Šume kelpa nude posebno životno okruženje velikom broju morskih životinja. One imaju važnu ulogu prilikom mriještenja, obiluju hranom i pružaju mjesto za odmor. Samo u Kaliforniji, u šumama kelpa živi mnogo različitih vrsta branci-na, škarpina, morskih zvijezda i školjki. Najveća životinja koja živi u šumi kelpa, a hrani se travom, jest abalone, divovski puž, čiji oklop može narasti velik poput grejpa i koji se u Aziji prodaje kao delicija.



*Neke alge iz šuma kelpa mogu rasti brzinom od 45 centimetara na dan!*

Budući da se šume kelpa mogu uzdizati do same površine mora, one ujedno služe za odmor brojnim morskim pticama, koje slijeću na te tepihe satkane od algi; ovdje sklonište od gladnih morskih pasa među ostalim pronalaze i tuljani.

U šumama kelpa žive i neke opasne životinje poput morskog ježinca. Za razliku od drugih životinja, on se ne hrani opalim dijelovima algi. Više mu se sviđa grickati mlade izdanke, što može uzrokovati izumiranje algi. Na taj je način uništen velik dio šuma kelpa 30-ih godina prošlog stoljeća. To je ujedno bila posljedica intenzivnog lova na morske vidre,

prirodne neprijatelje morskih ježinaca. Masovnim izlovom vidri, čije je krzno bilo vrlo traženo, morski ježinac više nije imao neprijatelja u moru te se mogao neograničeno razmnožavati. Danas, je broj vidri opet postigao normalnu razinu.

### Imaju li ljudi bilo kakve koristi od šuma kelpa?

Morski ježinac unatoč svemu i dalje ostaje opasnost za šume kelpa.

### Jesu li šume kelpa na bilo koji način korisne za ljude?

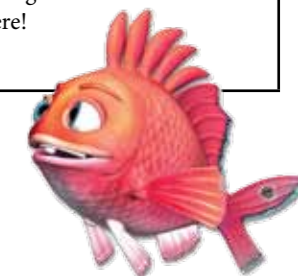
Alge se ubiru prije svega u sjevernoj Kaliforniji. Alge iz šuma kelpa se ne koriste samo kao sredstvo za liječenje i dodatak prehrani, već i za gnojivo. Sadrže tvar pod nazivom algin koja je slična želeu i koja se koristi kao vezni agent u kozmetičkoj industriji (za šampone, zubne paste, šminke, kreme za kožu), ali i u pripremi sladoleda i pudinga.



*Najmoćnija alga iz šuma kelpa, divovska biljka *Macrocystis pyrifera* može narasti preko 80 metara.*

### Jeste li znali?

Divovski kelp je najbrže rastuća i najveća biljka u cijelome moru. Njena se biomasa unutar godine dana poveća šesterostruko! Šume kelpa mogu imati uistinu divovske razmjere!



## ŠARENI VATROMETI U CARSTVU TAME

Sljedeće poglavlje pruža osnovne podatke o bioluminiscenciji, evolucijskom razvoju i značaju koje to obilježje ima za organizme koji žive u dubokim morima, ali i o tome na koji se način bioluminiscencija može koristiti u znanstvenom istraživanju.

Tijekom svog uzbudljivog putovanja, Jake i Mali slučajno dospijevaju u dalek i opasan svijet – u duboko more. Niti jedna sunčeva zraka ne dopire do ovih dubina. Ipak, ta vječna tama pruža dom mnogim rijetkim i neobičnim organizmima, koji će strašno uplašiti naše junake.

### Što se točno znači pojam „bioluminiscencija“?

Pojam potječe od grčke riječi “bios” (život) i latinske riječi “lumen” (svjetlo). Bioluminiscencija se odnosi na sposobnost organizma da proizvede vlastitu svjetlost, putem biokemijskog procesa, tijekom kojeg se metabolička energija oslobađa u obliku vidljive svjetlosti.

### Kako se razvila sposobnost bioluminiscencije?

Kada se život na našem planetu tek počeo razvijati, prije otprilike 3 milijarde godina, u primitivnoj Zemljinoj atmosferi nije bilo kisika, već su prevladavali dušik, ugljični dioksid, ugljični monoksid, dušični oksidi i plemeniti plinovi. Prvi živi organizmi nisu koristili kisik; štoviše, on je za njih bio poput otrova. Kada su se počele razvijati alge, prije 2.5 milijarde godina, stvoreno je mnogo kisika tako da su svi drugi oblici života postali ugroženi zbog oksidacije kisika. Kako bi preživjeli, ti su organizmi morali razviti metabolički proces koji će uništiti opasan kisik unutar stanica: rješenje je bilo bioluminiscencija.

Fenomen bioluminiscencije postoji gotovo od kada je i života na Zemlji. Životinje koje i dalje posjeduju to obilježje, danas bioluminiscenciju koriste u sasvim druge svrhe.

### Koje životinje posjeduju sposobnost bioluminiscencije?

Ovaj fenomen je karakterističan za različite vrste životinja. Gotovo sve porodice životinja imaju predstavnike s ovim obilježjem. Najpoznatije takve životinje na kopnu su svitac i krijesnica. Ipak, bioluminiscenciju češće pronalazimo među stanovnicima mora. Oklopljeni bičaš (dinoflagellata), jednostanični fitoplanktonski organizam koji živi pri površini oceana, također posjeduje sposobnost proizvodnje svjetlosti. Ipak, fenomen bioluminiscencije je poseban i osobito fascinantant među stanovnicima dubokih mora.

Duboke vode zauzimaju više od polovice životnog prostora na Zemlji. Većina živih organizama koje možemo pronaći u tim mračnim i hladnim morskim predjelima, na dubinama između 800 i 2.000 metara, ima sposobnost bioluminiscencije. U vječnoj tami, žive bića poput “anomalopidae”, čije su svjetleće stanice na poseban način raspodijeljene po koži. Tu je i grdobina, riba čiji se bioluminiscencijni organ nalazi neposredno pred ustima.



Jake i Mali će u vječnoj tami oceana otkriti mnoge rijetke organizme, neobičnog izgleda.

### Na koji način životinje koje žive na velikim dubinama proizvode svjetlo?

Postoje neke ribe koje žive u simbiozi s bakterijama. Te životinje u svoje tijelo unose bakterije koje proizvode svjetlost. Ipak, većina životinja proizvodi svjetlost putem kemijskih procesa koji se zbivaju u njihovom tijelu. Postoji opći proces koji je manje-više isti kod svih životinja: tvar koja je osjetljiva na svjetlost i koja se naziva luciferin oksidira koristeći kisik i kemijsku energiju. Tu kemijsku reakciju uzrokuje enzim koji se naziva luciferaza. Tijekom oksidacije luciferina organizam ispušta kratku iskr.

Bioluminiscencijna svjetlost se može pojavljivati u različitim bojama: crvenoj, zelenoj, plavoj, narančastoj i crveno ljubičastoj. Najuočajaniji je plavo svjetlo kratkog vala koje je u vodi vidljivo iz relativno velike udaljenosti. Nakon što su upecane, ribe iz dubokih mora gube svoju sposobnost bioluminiscencije.

### Koja je funkcija bioluminiscencije?

Stanovnici dubokog mora koriste bioluminiscenciju kako bi pronašli svoje partnere. Pretpostavlja se kako trajanje, boja

i učestalost odašlanih svjetlosnih signala ima bitnu ulogu prilikom privlačenja suprotnog spola.

Pored toga, sposobnost odašiljanja svjetlosnih signala predstavlja izvanredan obrambeni mehanizam. Sipe koje žive na velikoj dubini ispuštaju bioluminiscencijnu tvar kako bi zbunile svoje napadače. Na taj način kupuju vrijeme kako bi u tami mogle napadaču nestati iz vida.

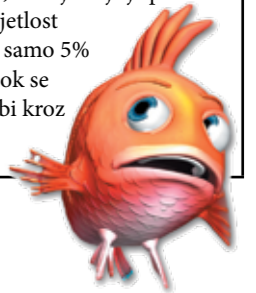
Ostale životinje, s druge strane, koriste bioluminiscenciju za lov. Mnoge životinje koriste plavu svjetlost koja je vidljiva s velike udaljenosti kako bi privukle svoj plijen. U međuvremenu, lovac prepoznaje svoj plijen pomoću crvenog svjetla. Crveno svjetlo ima kraći domet od plavog svjetla. Ipak, lovac ga koristi za identificiranje svoga plijena kratko prije nego li ga ovaj može prepoznati.

### Koristi li bioluminiscencija na bilo koji način ljudima?

Bioluminiscencija se koristi kao biopokazatelj, kako bi se brzo i pouzdano utvrdilo onečišćenje rijeka. Pored toga, bioluminiscencija ima bitnu ulogu u biokemiji, kod provjere prisustva proteina te kao tzv. indikatori ili pokazatelji u genetskom istraživanju.

### Gotovo nevjerovatno!

Priroda je uistinu briljantna! Mnoga bića koja žive u velikim morskim dubinama preko 90% svoje energije pretvaraju u svjetlost. Za usporedbu, žarulje koje je proizveo čovjeku svjetlost pretvaraju samo 5% energije, dok se ostatak gubi kroz toplinu.



# BIBLIOGRAFIJA

The Enchanted Braid: Coming to  
**Coral Reefs – colorful worlds  
underwater**

## Knjige

Allen, G.R., Stehen, R.,  
Indopacific Coral Reef Guide  
Tropical Reef Research, Singapore,  
1996.

Spalding, M., Ravilious, C.,  
Green, EP.  
World Atlas of Coral Reefs,  
Unep. University of California Press,  
2001.

Cousteau, J.Y.,  
Life and Death in a Coral Sea,  
Bantam Dell Pub Group,  
1971.

Halfmann, J.,  
Life in the Sea (Lifeviews),  
Creative Education,  
1999.

## Internetske stranice

<http://www.aims.gov.au/>

<http://www.gbrmpa.gov.au/>

<http://www.fisheyeview.com/FVcam640.html>

<http://www.starfish.ch/starfish.html>

[http://www.huellen-dive.de/Webcams/body\\_webcams.html](http://www.huellen-dive.de/Webcams/body_webcams.html)

## When the moon makes the corals bloom

### Knjige i članci

Berkes, M., Canyon, J.  
Over in the Ocean: In a Coral Reef  
(Sharing Nature with Children Book)  
Dawn Publications (CA)  
2004.

Terms with Nature of the Coral Reef,  
John Wiley & Sons,  
1998.

Wells, S., Hanna, N.,  
The Greenpeace Book of Coral Reefs,  
Sterling Pub Co Inc,  
1992.

Babcock, R.,  
Synchronous multispecific spawning  
on coral reefs: potential for hybridization  
and roles of gamete recognition.,  
Reprod Fertil Dev,  
1995.

Mass Spawning in Tropical Reef Corals,  
in Science  
1984.  
vol 223 pp

## Internetske stranice

[http://research.myfwc.com/features/view\\_article.asp?id=12016](http://research.myfwc.com/features/view_article.asp?id=12016)

<http://www.aims.gov.au/index.html>

<http://www.reefcheck.org/>

<http://www.abc.net.au/science/scribblygum/october2002/default.htm>

## Disanje oceana

### Knjige

Cartwright, D.E.,  
Tides : A Scientific History,  
Cambridge University Press,  
1999.

Wright, J., et al,  
Waves, Tides and Shallow-Water  
Processes.,  
The Open University,  
2001.

Ricketts, E.F.,  
Between Pacific Tides,  
Stanford University Press,  
5th/Rev edition,  
1992.

### Priručnik za učitelje

Herman, G.; Nez, J.A.,  
The Creeping Tide  
(Science Solves It!),  
Kane Press,

## Internetske stranice

<http://www.free-definition.com/Tide.html>

<http://www.internet4classrooms.com/tide.htm>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Tide>

„Black Smokers“,  
sea mountains and volcanoes

### Knjige

Simkin, T., Siebert, L., McClelland,  
L. Bridge, D., Newhall, C. & Latter,  
J. J.,

Volcanoes of the world,  
Smithsonian Inst. Hutchinson Ross,  
Publ.,1-232,  
1981.

Scarpa, R., Tilling, R. I.,  
Monitoring and Mitigation of  
Vulcano Hazards,  
Springer Verlag,  
1996.

Serrano, M., Nuria, R.  
Our Living Planet  
Volcanoes (Living Planet Series),  
Blackbirch Press,  
2002.

Köthe, R.,  
Volcanoes,  
Tessloff Pub,  
USA Inc.,  
2002.

Rothery, D.A.,  
Teach Yourself Volcanoes,  
McGraw-Hill Companies,  
2002.

## Internetske stranice

<http://volcano.und.nodak.edu/vw.html>

<http://www.volcanoes.com/>

[http://www.geology.sdsu.edu/how\\_volcanoes\\_work/Home.html](http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/Home.html)

[http://www.soest.hawaii.edu/GG/HCV/volcano\\_links.html](http://www.soest.hawaii.edu/GG/HCV/volcano_links.html)

## Dungla u moru

### Knjige

Stone, L.M.,  
Life of the Kelp Forest (Under the Sea),  
Rourke Publishing,  
2002.

Cole, M. S.,  
Marine World:  
Kelp Forest (Wild Marine Habitats)  
Blackbirch Press,  
2004.

Wu, N.,  
Beneath the Waves: Exploring the  
Hidden World of the Kelp Forest,  
Chronicle Books,  
1997.

Hall, H.,  
The Kelp Forest  
(Habitat Series),  
Ez Nature Books,  
1990.

## Internetske stranice

<http://life.bio.sunysb.edu/marinebio/kelpforest.html>

<http://www.meer.org/>

[http://www.mbayaq.org/efc/efc\\_hp/hp\\_kelp\\_cam.asp](http://www.mbayaq.org/efc/efc_hp/hp_kelp_cam.asp)

[http://aquarium.ucsd.edu/learning/learning\\_res/kelpcam.cfm](http://aquarium.ucsd.edu/learning/learning_res/kelpcam.cfm)

## Fireworks of color in the eternal darkness

### Knjige

Stanley, P., Kricka, L.J.  
Bioluminescence and Chemiluminescence:  
Progress and Current Applications,  
World Scientific Publishing Company,  
2002.

Presnall, J. J.,  
Animals That Glow (First Books),  
Scholastic Library Pub (P),  
1993.

Jacobs, F., Caroll, P.,  
Nature's Light:  
The Story of Bioluminescence,  
Harpercollins Juvenile Books,  
1974.

Hoyt, E.,  
Creatures of the Deep:  
In Search of the Sea's "Monsters"  
and the World They Live in,  
Firefly Books Ltd,  
2001.

## Internetske stranice

"The Bioluminescence Web Page":  
<http://lifesci.ucsb.edu/~biolum/>

<http://www.glowexhibit.com/>

<http://www.lifesci.ucsb.edu/~biolum/sdworkshop/>

<http://www.lumiweb.com/sym2002/sym2002home.html>

Kaluoka'hina –  
začarani greben

© Softmachine GmbH, 2004, [www.softmachine.de](http://www.softmachine.de)

Writer: Gerry Winter - [www.oile.de](http://www.oile.de)  
Layout: Daniel Plöchinger  
Concept: Peter Popp and Gerry Winter  
[www.kaluokahina.com](http://www.kaluokahina.com)

Licenca za područje RH  
Astronomski centar Rijeka - Rijeka sport d.o.o.  
[www.rijekasport.hr](http://www.rijekasport.hr)

# KALUOKA'HINA

začarani greben

[www.kaluokahina.com](http://www.kaluokahina.com)  
[www.astronomski-centar-rijeka.hr](http://www.astronomski-centar-rijeka.hr)