

Stroj zvaný OCEÁN

JAK MOŘE A OCEÁNY OVLIVŇUJÍ NÁŠ SVĚT

HELEN CZERSKI



CO MAJÍ SPOLEČNÉHO
FYZIKÁLNÍ PROCESY V OCEÁNU
S TUČNÁKY, HAVAJSKÝMI OSTROVY
A LONDÝNSKOU KANALIZACÍ?

HELEN CZERSKI

Stroj zvaný
OCEÁN

Grada Publishing

Helen Czerski

STROJ ZVANÝ OCEÁN

Jak moře a oceány ovlivňují náš svět

Přeloženo z anglického originálu knihy

Helen Czerski: Blue Machine: How the Ocean Works,

vydaného nakladatelstvím Penguin, Velká Británie v roce 2023.

Copyright © Helen Czerski, 2023

All rights reserved.

Vydala Grada Publishing, a. s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401

jako svou 10343. publikaci

Odpovědný redaktor Petr Somogyi

Grafická úprava a sazba Jakub Náprstek

Počet stran 392

První vydání, Praha 2025

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.

Czech edition © Grada Publishing, a. s., 2025

Translation © Pavel Borovička, Michal Žák, 2025

Cover Photo © Depositphotos/1xpert; © Shutterstock.com/Anna Om

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

Automatizovaná analýza textů nebo dat ve smyslu čl. 4 směrnice 2019/790/EU a použití této knihy k trénování AI jsou bez souhlasu nositele práv zakázány.

ISBN 978-80-271-8354-8 (ePub)

ISBN 978-80-271-8353-1 (pdf)

ISBN 978-80-271-5168-4 (print)

Obsah

Úvodem	6
 Část I CO JE TO MODRÝ STROJ?	23
1 Podstata moře.....	24
2 Tvar mořské vody.....	81
3 Anatomie oceánu.....	136
 Část II CESTOVÁNÍ MODRÝM STROJEM.....	191
4 Poslové.....	192
5 Cestující.....	236
6 Cestovatelé.....	290
 Část III MODRÝ STROJ A MY.....	321
7 Budoucnost.....	322
 Literatura.....	348
Rejstřík.....	382

Úvod

Rovník

Naše kánoe pluje tiše tmou, ve srovnání s hvězdnou oblohou se jeví jako nepatrné smítko unášené proudem. Čekáme, zatímco se inkoustově tmavě modrá barva plazí od obzoru směrem nahoru, svit hvězd pohasíná a postupně se odhaluje ohromná silueta Haleakalā, větší ze dvou spících sopek na ostrově Maui. Pomocné plavidlo se pohupuje o několik metrů dál mezi námi a východním horizontem. Sedím jako pátá v řadě v šestimístné kanoi a *ama*, vyrovnávací vahadlo, které spolehlivě propojuje kanoi s oceánem, brázdí vodu po mé levé ruce. Voda je absolutně klidná a mír všudypřítomný. Stále čekáme.

Těsně předtím, než sopku Haleakalā ozáří první náznaky růžového světla, přichází ta správná chvíle. Kimokeo Kapahulehua se postaví na vahadlo, čelem ke kanoi. Má na sobě šortky, tričko a tradiční věnec z listů dračinky křovité, z posvátných listů *ti*. Promlouvá k naší posádce v kanoi a ke členům týmu v doprovodném člunu. Havajsky rozumím jen velmi málo, ale tentokrát dokážu sledovat, o čem je řeč: popisuje hluboké propojení Havajců s oceánem. Kánoe není jen fyzický předmět navržený pro praktické účely. Každý její aspekt – vyrobíte ji, transportujete, pádlujete v ní, provádíte její údržbu – je odrazem týmové práce. A právě týmová práce udržuje pospolitost těchto ostrovních národů. Na Havaji to nazývají *ohana* – širší rodina, péče o všechny ve vaší kanoi. Oceán může být vaším domovem zrovna tak jako pevnina. Je proměnlivý a může být i nebezpečný, ale projevíte-li pokoru, vnímavost a ochotu se učit, oceán se stane vaší oporou a poskytne vám, co potřebujete.

Dnes vyrazíme na cestu kolem Mauna Kahalawai, druhé sopky na západě ostrova Maui, a pak chceme přes zátoku Kahului pokračovat do Kihei. Budeme ale potřebovat dovednosti, dobré počasí a štěstí na dobré podmínky na oceánu, abychom dopluli. Ať už budeme nebo nebudeme úspěšní, uvědomujeme si, že nás čeká společně strávený čas a že bude velmi důležité, co se na cestě naučíme. Rozjímání ale trvá jen několik minut, protože tady na rovníku slunce vychází rychle. Když se růžová barva rozlévá za sopkou Haleakalā tak, že obloha připomíná světlé šeríky, Kimokeo zakončuje svůj proslav zpěvem a my všichni ostatní se připojujeme. *E ala e* je první a nejvýznamnější píseň, kterou se učí každé havajské dítě a která je určená pro zásadní okamžiky, kde se sluneční světlo poprvé dotkne oceánu a všechno může začít.

Při úplně jasné obloze můžeme na vlastní kůži pocítit záplavu intenzivního denního světla, které se vydává na svou cestu. Cam, který kormidluje kánoi jako šestý přímo za mnou, zavolá: „Ho'omakaukau“ a my zvedneme pádla. Ještě poslední chvíle klidu, kdy pádla visí ve vzduchu, kdy se první paprsek slunečního světla dotkne oceánu před námi. Pak zazní: „Imua!“ a šest pádel se naráz zařízne do vody. Plavba začíná.

PÓL

O pět měsíců později ležím na břiše na okraji velké ledové kry.¹ Můj kolega Matt stojí na třímetrové dřevěné plošině plovoucí na hladině oceánu a já připevňuji k její straně lano. Voda má $-1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, takže je technicky vzato mnohem teplejší než vzduch (který má dnes $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$), ale teplo dokáže odebrat mnohem účinněji, soustředím se tedy na to, abych prsty i lano udržela suché. Ze středu plošiny vyčnívá kulatá kovová kupole, zbytek připomíná včelí úl plný různých přístrojů, sloužících majestátní kupoli, která jako včelí královna spočívá uprostřed plošiny: velké kovové boxy a baterie

¹ Ledová kra je plocha plovoucího ledu. S průměrem 2 km byla tato kra vlastně nezvykle velká – většinou jsou mnohem menší.

si s ní vyměňují skrze tlusté kabely data, elektrony a vzduch. Tak vypadá Mattův experiment navržený pro zachycení a spočtení všech částic, které oceán vypouští do atmosféry. Přitáhnou další uzely, vstanu a ujistím se, že z kapes mého těžkého plovoucího obleku nic nevypadlo. Když přikývnu, Matt odkráčí přes ledovou kru, aby mi podal ruku, zatímco bambule na jeho čepici vesele poskakuje, což trochu narušuje obraz „seriózního polárního vědce“, kterým touží být.

Pár minut strávím tím, že se jen tak rozhlížím po okolí, je to nevšední zážitek. Dva kilometry od nás z druhé strany ledové kry vidím švédský ledoborec *Oden*, který bude následující dva měsíce naším domovem. Uprostřed ledové kry se ve vzduchu pohupuje červenobílý balón o velikosti menšího obytného vozu, připoutaný k dnešnímu vědeckému experimentu. Opačným směrem se rozprostírá do vzdálenosti stovek kilometrů bílý mořský led. Nacházíme se jen pár námořních mil od severního pólu a tloušťka mořského ledu tu v letním období činí asi 2 metry. Kolem nás pomalu proplouvají ledové kry za jasně slyšitelného vrzání, ale natolik rychle, že místo, kde pracujeme, vypadá každé ráno jinak. Dnes odpoledne se oblačnost zvedá, aby odhalila vzácnou modrou oblohu, ale sluneční světlo přesto prostor nikdy neozáří. Slunce se tu těsně otírá o horizont a vrhá neuvěřitelně dlouhé stíny, pokud to protrhávající se oblačnost dovolí. Přestože jsme uprostřed šestiměsíčního období nepřetržitého denního světla, sluneční paprsky představují pouhou dekoraci, jen jemné osvětlení, které vás nikdy nezahřeje. Neviditelný tok energie tu obvykle směřuje vzhůru, nikoliv dolů. Malé množství tepla, které zde Země má, vyzařuje do atmosféry v podobě infračerveného záření. Jestliže se mu nepostaví do cesty jako překážka oblaky, bude tento tok tepla unikat dále do vesmíru. Dnešní jasná obloha tak znamená chladný zítřek, protože led a oceán ztrácejí energii, kterou vyzáří. Tento proces je zásadní pro radiční bilanci Země, ale úhrn energie stále nedokážeme přesně předpovědět. Na naší ledové kře, ze všech stran obklopeni tímto „tekutým hodinovým strojem“, se nacházíme přímo uprostřed procesů, které chceme poznat. Kohorta vědců na ledoborci *Oden* je tu proto, aby pozorovala,

měřila a analyzovala toto neobyčejné prostředí, aby využila nejmodernější přístrojové vybavení a poznatky k poznání toho, jak funguje systém atmosféry a oceánu.

Matt se vrací se třemi našimi kolegy. V prostředí divoké přírody se data získávají těžce a často je to spojeno s vynaložením velké fyzické námahy. Chceme, aby naše dřevěná plošina plula pryč od okraje ledové kry a mohla tak provádět měření na otevřeném moři. Celá skupina tahá za dlouhá lana, různě supí a oddychuje, nakonec ale odmanévrujeme plošinou pryč od okraje kry a sledujeme, zda se někde zastaví. Jakmile jsme spokojeni, ukotvíme ji a připravíme se na návrat na loď. Pod ledem, na kterém stojíme, je už jen oceán, hluboký a temný, tichý a studený, který se jen zřídka stane středem pozornosti.

*

Světové oceány jsou rozsáhlé, přesto se často zdají neviditelné. Museli jsme vstoupit do vesmíru, abychom si konečně uvědomili, že určujícím prvkem na naší planetě není pevnina, ale voda. Program Apollo dostal lidi na Měsíc, ale já si myslím, že jeho největším úspěchem bylo to, že nám všem umožnil podívat se na planetu Zemi. Dvě z nejpozoruhodnějších fotografií, které kdy byly pořízeny a které navždy změnily náš pohled na svět, jsou známé pod názvy „Východ Země“ (vyfotografovaný v roce 1968 během mise Apollo 8) a „Modrá skleněnka“ (pořízený v roce 1972 během mise Apollo 17). Jakmile je jednou spatříte, už nikdy nezapomenete na křehkou modrou kouli plující vesmírem se vším, co o ní zatím víme. Ale modrá plocha byla nadále vnímána jako plátno, na kterém je nakreslena pevnina, jako prázdný prostor mezi obrovskými kontinenty a jako tajemství, na jehož odhalení budeme muset pravděpodobně čekat, dokud nebudou vyřešeny důležitější věci. Padesát let po letech programu Apollo začínají lidé konečně věnovat tomu, co se nachází v této rozsáhlé modré ploše, náležitou pozornost. Je to docela pozdě. Ale výpravy do vesmíru nám poskytly nezbytný výchozí bod: prázdnou mapu, kterou musíme vyplnit.

Mapy Země představují úžasné poklady a globusy jsou ještě lepší. Anatomie naší planety je plná fascinujících detailů: pobřeží, horských pásem, řek a souostroví, nabízí spoustu známých obrazů a přitom je stále tak rozmanitá. Vypadá to, že byste se mohli dívat donekonečna – a skutečně tomu tak je. Podíváte-li se zblízka, uvidíte více detailů. Hrbolaté kontinenty dávají modrým oceánům tvar a my můžeme naši mateřskou planetu rozdělit na pevniny a oceány. Je přirozené pevniny nějak označovat a tyto popisy mohou vydržet desetiletí nebo staletí bez jakékoliv změny. Ale každá nádherná mapa, kterou jsem měla v ruce, je zatížena jedním hříchem, zásadním způsobem nás klame. Umožní zapomenout na jeden z nejdůležitějších a dechberoucích rysů naší planety: na pohyb vody v oceánech.

Modrá barva na Zemi představuje gigantický motor, dynamickou vodní elektrárnu, která je jako stuha natažená kolem naší planety a zasahuje do každé části našeho života. Její vliv je patrný v každém měřítku, od mohutného Golfského proudu pohybujícího se přes Atlantik až po malinkaté bublinky odstříkující z vrcholů mořských vln v příboji. Je to krásný, elegantní, pečlivě sestavený systém, plný překvapivých spojení s hlubokými důsledky. Jeho složitost může být nad naše síly, ale v největším měřítku je logika systému vlastně přímočará. Pokud chcete porozumět cynickým zákonitostem politiky, doporučuje se „následovat peníze“, ale fyzika, kterou se řídí naše planeta, je vůči lidskému cynismu imunní. Náš úkol je jednodušší a člověka mnohem více naplňuje. Cestou k odhalení vnitřní logiky, podle které fungují oceány, je respektování instinktů fyzika a studium toků energie.

Naše planeta zachytí jen nepatrný zlomek mohutné energie, kterou do vesmíru vyzáří Slunce. Jen tomuto nevelkému zlomku zabrání v další cestě vesmírem a odvádí jej na mnohem pomalejší cestu přes různé mechanismy Země: oceán, atmosféru, led, život a skály. Na své cestě planetárním systémem tuto energii unášejí větry v atmosféře a proudy v oceánech, pomáhá růst mohutným dubům i křehkým lišejníkům na kamenných zdech, každý den vyzvedne k obloze jeden bilion tun vody, je zdrojem pro život každého člověka, každé sovy a každého mravence na Zemi a pohání i notebook, na kterém píšete tyto řádky. Oceánský motor je srdcem tohoto systému a zahrnuje vět-

šinu této proudící energie, buď v podobě toku tepla, nebo v podobě pohybu. Oceány jsou hluboké a široké, jsou domovem rozsáhlých proudů tekoucích různými směry v různých hloubkách, jimiž voda cirkuluje po celé zeměkouli a které oteplují nebo ochlazují své okolí. Nicméně energie je pomíjivá a na planetě nesetrvává neomezeně dlouhou dobu. Jakmile projde celým rozsáhlým systémem, energie nakonec uniká ve formě tepelných ztrát vyzařených zpět do vesmíru. První termodynamický zákon říká, že energie nemůže být vytvořena a nemůže ani zaniknout, takže obrovské proudy energie přicházející do systému planety Země a ze systému odcházející musejí být vyvážené. Země představuje jen kaskádu objížděk, po nichž se zachycená energie pohybuje. Tok energie se nemůže zastavit, ale dostává se do každé odbočky. Oceán je něco jako motor, jímž se sluneční záření transformuje v pohyb, život a další složité jevy, než vesmír získá zpět to, co naší planetě půjčil.

Sluneční záření dosahuje na všechna místa na Zemi, ale intenzivnější je blízko rovníku, neboť tam se slunce nachází přímo nad hlavou, proto rovníkové oblasti získávají mnohem více sluneční energie než póly. Výdej tepla však probíhá na Zemi rovnoměrně a spousta energie se ztratí z polárních oblastí. To znamená, že během roku máme v rovníkových oblastech čistý zisk energie z vesmíru, zatímco na pólech čistou ztrátu energie. Tento kontrast nás vede k silnému závěru: atmosféra a oceány energii, která protéká systémem planety, nejen ukládají, ale také ji přenášejí dále. Tohle je dominantní rys oceánského motoru: celkově dochází k přesunu energie od rovníku k pólům. Všechny aspekty oceánu a jeho vlivu na naše životy zapadají někam do této skládačky: proudy a rozbouřená moře, vypařená voda z oceánu, která později spadne jako déšť v Amazonii, pobřežní eroze, migrující ryby a nakonec i voda z vodotrysků největších savců na Zemi – velryb, která se dočasně vznáší v atmosféře. Všechno hraje svou roli.

Popis oceánu jako motoru není jen metaforické přikrášlení. Motor je z definice zařízení, které převádí jednu formu energie (obvykle teplo) na pohyb. Ze zvyku si jej představujeme jako válec, v němž se pohybují kovové písty pohánějící skrze důmyslné převody ozubená kola a páky, a to vše za teplot, které by pohodlně stačily na usmažení vajíček. Průmyslová revoluce

je dávno za námi, a přesto je tu malá armáda nadšenců, kteří udržují svět páry při životě – jak byste jen mohli opustit technologii, která vyzařuje takovou osobitost? Oceloví draci pohánění párou jsou krásní a dokážou nadchnout způsobem, který je v současném moderním světě v tomto ohledu už vzácný, protože přesně víme a vidíme, jak fungují. Píst pohání kolo, které otáčí malým převodem a dále roztáčí řetěz – elegantní sekvence příčin a následků je fascinující. Ale motor nemusí být nutně vyrobený z pevných materiálů.

Protože pevniny, oceán a atmosféra pohlcují sluneční záření, zahřívají se. Část tohoto tepla téměř okamžitě vyvolá konvektivní pohyby – od teplé vody se může ohřát vzduch, což vyvolává vztakové síly, takže ohřátý vzduch je vytlačován vzhůru, zatímco chladnější podteče pod něj. Jak vítr vane nad hladinou oceánu, vzduch před sebou žene vodu, čímž přenáší energii zpět do oceánu v podobě vln a tato energie se nakonec přemění znovu na teplo. To je však jen jedna z cest, po níž by přicházející energie mohla putovat touto nekonečně fascinující skládačkou. Modrý oceán je úzce propojený s dalšími globálními složkami: atmosférou, ledem, životem a pevninou. Všech pět složek funguje dohromady jako jeden systém. Nicméně oceán představuje v kolotoči planety Země „velké zvíře“. Motor, jímž je na Zemi oceán, přijímá sluneční záření a přeměňuje jej na obří proudy a toky, jež unášejí hlavní ingredience potřebné pro život: živiny, kyslík a stopové prvky, jako jsou draslík a železo. Tento motor utváří pobřeží a transportuje teplo. Není to jen tak ledajaký motor, je to ten největší ze všech: motor o velikosti planety. Disponuje stejnou elegancí, jakou mají ty nejdůmyslnější motory vytvořené lidmi, ale mechanika je v tomto případě jemnější a komplikovanější. Namísto pořádného pístu máme před sebou proud vody, který je sám obklopený ze všech stran vodou: jakoby ten píst někde byl, ale těžko říct, odkud na proud vody vlastně tlačí. Nicméně je to nepochybně motor, který nesčetnými způsoby přeměňuje světlo a teplo na pohyb.

Nejvíce mrzuté na tomto motoru je, jak je těžké ho přímo pozorovat. Jednou se mě zeptali, jaký nereálný vynález bych nejraději vlastnila, a s odpovědí jsem vůbec neváhala: dalekohled, který by nám umožnil

nahlédnout do hlubin oceánu stejně, jako se můžeme dívat na oblohu. Představte si, že stojíte na přídi lodi a koukáte se dolů na majestátní proudy klouzající přes rozlehlá horská pásma pod nimi, pozorujete obří mračna drobných mořských živočichů při jejich každodenní migraci ze spodních vrstev k povrchu a možná pohledem zavadíte i o velké obyvatele oceánu: čtyřmetrového tuňáka, želvy nebo žraloka modrého. Ale i když takový dalekohled hned tak k dispozici nebude, stále můžete oceánský motor při práci pozorovat, pokud víte, kam se dívat. My lidé uvnitř tohoto motoru nežijeme, ale přesto na nás má dopad téměř všechno, co dělá. Po celá léta jsme si mysleli, že jsme jen nezúčastnění pozorovatelé, kteří zvědavě sledují rozbouřenou hladinu, ale ve skutečnosti jsme nepatrní mravenci obývající pobřeží tohoto velkého modrého tekutého mechanismu, zcela závislí na tom, co všechno vyvolá. Je to změna úhlu pohledu, která vám může způsobit závrať.

Lidé a oceán

Jako obyvatelé planety Země nemůžeme vlivu oceánů uniknout – a neměli bychom to ani chtít. Lidé se na tomto sytě modrém motoru přižívali po generace. Naše malinká a zranitelná plavidla sloužila obchodu a zkoumala, kam nás proudy při povrchu oceánu zanesou, a to vše bez ohledu na to, jak oceán funguje v hlubinách. Bitvy se vyhrávaly a prohrávaly podle toho, jak vysoké vlny přišly, kolem úrodných míst na pobřeží vyrostla celá společnost, za což vděčila neviditelné mechanice oceánu, aniž by tušila, proč byly ryby zrovna tady a ne tamhle. I na souši to byla právě blízkost moře, jež určovala, které regiony budou pro zemědělství nejvhodnější. Oceán je hluboce vetkán do lidské kultury a nitky vždy vedou zpátky k našemu motoru a nakonec k toku energie. Inteligentní a všímaví lidé z mnoha kultur sice neviděli celý motor, poznali ale jeho části a získali hluboké znalosti o svých vlastních vodách, více než dostatečné k tomu, aby mohli navigovat, rybařit, objevovat, obchodovat a spoléhat se při zajišťování svého živobytí na oceány. Znalosti implementované do kultury, mýty a příběhy dovolovaly vysvětlit události a poskytnout základní myšlenky pro uvažování o oceánu: čím byl, proč na

něm záleží a jak by se k němu měli lidé chovat. Postoje k oceánu se odrážely i v kultuře na pobřeží a ovlivnily i ty, kteří se na moře nikdy nevydávali. A přístup každé kultury k oceánu je zčásti geografická náhoda.

Věda a kultura jsou propojeny mnohem více, než si většina vědců připouští, a je možné, že jedním z důvodů, proč věda o oceánech nebyla v centru pozornosti, je to, že mnoho kultur považovalo oceán v lepším případě tak trochu za nudný, v tom horším za opravdu velmi nebezpečný. Například v Británii je výlet k blízkému pobřeží obecně považován za nezbytný rituál dětství, i když samotné děti to někdy berou spíše jako povinnost než zábavu. Na severozápadě Anglie, kde jsem vyrůstala, byly návštěvy pláže často spojené s tím, že vás nutili pádlovat v mrazivě studené vodě a pak soutěžit o to, kdo se nejvíc nakloní proti větru, aniž by upadnul na tvář. Dívat se pod mořskou hladinu žádné dítě školou povinné skutečně ani nenapadlo: jednak proto, že voda byla příliš studená, jednak proto, že voda na britském pobřeží byla často příliš zakalená na to, aby bylo cokoli vidět (včetně prstů na vašich vlastních nohou). Umělci jako například J. M. W. Turner někdy malovali poklidné moře a idylické pobřeží, což ale jasně vedlo k tomu, že jste se na moře raději dívali, než abyste do něho vstupovali. Turner je známější malbami lodí zmítaných v rozbouřeném moři pod temnými zlověstnými oblaky, a tento dojem dále posílili britští mořeplavci 19. a 20. století, kteří vyprávěli o svých dobrodružstvích. Jeden příklad za všechny – v roce 1916 napsal polární badatel Ernest Shackleton o své mimořádné a hrdinské cestě v malém člunu, aby přivedl pomoc pro záchranu uvízlé posádky, toto: „Příběh příštích šestnácti dnů vypráví o nejkrajnější potyčce s rozbouřenými vodami. Subantarktický oceán dostal své pověsti zimního zla.“² Toto opravdu nejsou slova, které by náhodného čtenáře pobízely k tomu, aby se šel projít po břehu a přesvědčil se sám.

² Celá této plavba, která měla vstoupit do dějin jako „Imperiální transantarktická expedice“, se proslavila hlavně Shackletonovými mimořádnými velitelskými schopnostmi a jeho odvážnou záchrannou výpravou na pomoc posádce poté, co jejich loď rozdrtil antarktický ledovec.

A není to jen záležitost Britů. Islandané, obývající ostrov na samém severu Atlantského oceánu, jsou národ, který se tradičně živí rybolovem a pyšní se dědictvím námořní kultury, která přetrvala staletí. Nicméně když se procházíte přístavem v Reykjavíku, najdete tam řadu velkých tabulí a na každé z nich mapu Islandu. Na všech jsou kolem islandského pobřeží černé tečky symbolizující vrak lodí, u každé z nich je doplněn název lodi, rok, typ plavidla a počet mužů, kteří přišli o život. Na každé mapě, která pokrývá jedno desetiletí, je 30 až 40 vraků. Tyto mapy obsáhnou dvě století a vy nemůžete nastoupit na loď, aniž byste prošli kolem těchto památníků. O poselství zde nemůže být pochyb: oceán vás může zabít a také to udělá, když bude chtít. Strávila jsem chvíli tím, že jsem se snažila zeptat Islandců, zda se někdy vydali lodí na moře jen tak pro zábavu, ale odpovědi mi byl téměř vždy jen prázdný výraz. Tady na severu se na moře jezdí kvůli rybám, ne pro zábavu. Moře kolem Islandu dokáže být nelítostné a rybaření v takových podmínkách je nepochybně nebezpečné. Z jejich historie vyplývá jasné ponaučení, že byste měli vždy velmi pečlivě přemýšlet, než se kamkoliv vydáte vstříc takovému riziku.

Havajci, kteří žijí na druhé straně světa, obklopeni rozlehlými vodami Tichého oceánu, vidí věci velmi odlišně. V blízkosti rovníku jsou vichřice a poryvy větru relativně vzácné, ale bouře, jež se odehrávají tisíce kilometrů severně, vytvoří na hladkém oceánu vlny, které činí Havajské ostrovy tak skvělým místem pro surfování. Zkročení oceánských vln bylo uznávanou královskou disciplínou a králové a královny měli svá vlastní zvláštní surfovací prkna. Surfování bylo rituálem, právem a středobodem havajské společnosti. Oceán byl součástí života a žít v něm a na jeho hladině se stalo zcela přirozeným.³ Oceán byl životně důležitou součástí havajské kultury – jednak proto, že tyto malé ostrovy jsou jím zcela obklopeny, jednak proto,

³ Když si vzpomenu na všechny ty fádňí portréty britských králů a královen ve školních učebnicích dějepisu, jak se spíš utrápeně (a dost rozpačitě) dívají do dálky, nemohu si pomoci, ale přemýšlím o tom, že trochu surfování by jim pravděpodobně prospělo.

že jeho vody jsou k místním mnohem vlídnější než oceán kolem Islandu. Naše vztahy k oceánu jsou bohaté a rozmanité a každý si musí najít svou vlastní cestu.

Náhodou oceánským vědcem

Moje cesta k fyzice oceánů nebyla ani naplánovaná, ani očekávaná. Vyrostla jsem v Manchesteru na severu Anglie, kde byl „oceán“ považován za velmi exotický pojem, protože to, co jsme měli my, bylo moře. Přesněji řečeno dvě moře: mrazivě studené Severní moře na východě a rozbouřené šedivé Irské moře na západě. Ani jedno z nich se nezdálo nějak zvlášť přitažlivé. Studovala jsem fyziku, protože jsem chtěla vědět, jak věci fungují, občas jsem přemýšlela o geologii, protože mě zajímalo, jak funguje Země, ale nikdy mě nenapadlo, že se tyto dvě vědy překrývají. Když jsem dokončila doktorát z experimentální fyziky výbušnin, strávila jsem šest měsíců psaním článků a hledáním dalšího výzkumného tématu s nadějí, že bych mohla pokračovat v zajímavých experimentech, ale bez toho, že poté, co se předmět mého zájmu rozletí na tisíc kousků, budu muset hodiny uklízet. Zdálo se, že těmto požadavkům by mohly vyhovovat bubliny, a doktor Grant Deane ze Scripps-ova ústavu oceánografie mi nabídl, abych v této instituci rok pracovala jako jeho postdoktorand. Scrippsův ústav byl perfektní a první tři týdny jsem se v Grantově laboratoři cítila úplně jako doma. Byla plná osciloskopů a další povědomé elektroniky, něco jako obří stavebnice Lego, se zásuvkami a skříňkami plnými všech drobností potřebných k tomu, abyste realizovali jakýkoliv experiment, který vás napadl. A pak se jednoho dne objevil u dveří obrovský rám s bójkami v rozích a s vodotěsným boxem se senzory uprostřed. Byl navržený tak, aby mohl provádět měření v oceánu – byla to mohutná konstrukce, jež číhala u stěny laboratoře jako nějaký obří pavouk, který znervózňoval mé kolegy. Podobný druh bestie jsem nikdy neviděla a nikdy jsem si nepředstavovala, že by mohla být k něčemu potřeba. Všichni ji různě opečovávali a mně chvíli trvalo, než jsem pochopila, proč. Byla to pro ně brána do jiného světa, přístup do cizí říše pod vlnami. A tak jsem učinila osudový krok přes okraj propasti poznání oceánů, o které jsem do té doby netušila, že existuje.

Zpočátku jsem jen poslouchala, vstřebávala informace a snažila se nedávat najevo údiv. Ale velmi brzy se mě zmocnilo rozhořčení. Jak to, že mi o tom nikdy nikdo neřekl? Jak jsem dokázala absolvovat tři akademické stupně studia fyziky, přečíst stovky knih a článků a přednášek – a nikdo se nikdy nezmnínil o oceánu? Tohle byla jednoduše ta největší vědecká událost, o které jsem kdy slyšela. A tak jsem přečetla všechno, co jsem mohla, naučila se potápět a chodila na všechny konference o oceánech s očima dokorán a nastraženými ušima, abych to všechno vstřebala.

Stále nechápu, že o oceánu nemluvíme více, že tento obrovský a zásadní motor našeho světa pro nás dokáže být téměř neviditelný. Čím více jsem toho o oceánu zjišťovala, tím více mě jeho neviditelnost rozčilovala. Obří proudy oceánského motoru jsou samy o sobě fascinující, ale také přímo ovlivňují části Země, které dýcháme, po nichž kráčíme, jíme je a využíváme jako suroviny. Jsou nepřehlédnutelnou součástí konstrukce této bohaté a rozmanité planety. Nevyprávíme jen zábavný příběh o nějaké slané vodě. Vyprávíme příběh o podstatě planety Země.

Můj vstup do světa polynéských kánoí byl také neplánovaný a nečekáný. Byla jsem v Londýně teprve krátce a zaslechla jsem někoho se zmínit o místním kanoistickém klubu Pacific. Neměla jsem tušení, co je to vahadlo, ale usoudila jsem, že pokud to bude skupina lidí dostatečně střelených na to, aby se proháněli v kalných a chladných vodách ústí Temže v kánoi určené pro rovníkové oblasti Tichého oceánu, pravděpodobně si budeme rozumět. Měla jsem pravdu. Nicméně teprve po roce či tak nějak, až když jsem strávila více času pádlováním v oceánu, jsem získala k této aktivitě hlubší vztah. Nepodobalo se to žádnému jinému sportu, kterému jsem se věnovala, protože havajská kultura prolínala vším, co s ním souviselo. Pro člověka zvenčí bylo možná těžké si toho všimnout, ale pokud jste věděli, kam se dívat, bylo to zcela zřejmé. Všichni byli otevření a přívětiví, ke všem zdvořilí, společenští, kontaktní, zahrnuli vás do rodiny v kánoi (*ohana*). Byli to lidé, kteří zabrali, když jste potřebovali pomoc, a tolerovali rozdíly. A pak jsem se dozvěděla o historii plavby napříč Tichým oceánem a o úžasných znalostech a pozorováních, které to umožnily – včetně pozo-

rování vln a bublin, jež byly tématem mého vědeckého výzkumu. Havajci se dívali na oceán a já jsem se dívala na oceán, ale věci, které jsme viděli, byly různé. Spojením byla kánoe. Oceán se stal jakoby optickou iluzí – mrknutím oka jsem mohla přejít z jedné perspektivy do druhé. Byla jsem si však jistá, že nejsou tak oddělené, jak se zdály. Jsem vědec, ale v první řadě jsem člověk. Jak lidé z největší oceánské civilizace na Zemi, obyvatelé tichomořských ostrovů, viděli všechny věci, které jsem já změřila, prozkoumala a zredukovala do parametrů v počítačovém programu? Když jsem ve Scrippsově ústavu pohlédla na oceán novými očima, viděla jsem jen motor, nikoliv kulturní prostředí k životu. Když jsem poprvé pochopila způsob myšlení spojený s kánoí, měla jsem pocit, že jsem podruhé úplně minula cíl. Kánoe začala symbolizovat širší pohled, který mi moje vědecké vzdělání neposkytovalo: pohled na tradici a kulturu oceánu.

Vývoj nové vědní disciplíny

Když se rácháte ve vlnách na pláži, mořská voda vás spojuje s každou kapkou globálního oceánu. Sice možná budete muset urazit dlouhou cestu, ale i tak se můžete dostat k exotickým ploskozubcům, hydrotermálním pramenům, ledovcům a nekonečným vodním pustinám, aniž byste museli vystoupit z vody, ve které pádlujete. Mnozí z nás byli alespoň jednou v životě na pláži, a tak se nezdá, že by oceán byl zcela nepřístupný (ačkoliv připouštím, že dostat se do značné části míst v oceánu s sebou nese nutnost zdolat pár praktických problémů). A přesto nebyly ani základní principy toho, jak oceán funguje, ještě před několika desítkami let zcela jasné. První globální výzkumnou expedicí zaměřenou na oceánografii (mnohými považovanou za počátek oceánografie jako samostatné disciplíny) byla plavba lodi HMS *Challenger* v letech 1872 až 1876. Ta se vrátila s rozsáhlou sbírkou vzorků, měření a pozorování. Jenže ačkoliv *Challenger* urazil téměř 70 000 námořních mil (127 653 km) po celé zeměkouli, mapoval teploty a proudy a lovil z hlubin všemožné potvory, vědci přítomní na palubě se mohli předmětu svého bádání skutečně dotknout jen okrajově. Bylo to jako vzít obrovské umělecké dílo – řekněme nástropní malbu v Sixtinské kapli – a v něm

vybrat 360 barevných bodů na náhodné křivce vedené kolem stropu. A umělecká díla se přitom nemění s ročním obdobím a nepřecházejí z jednoho obrazu do druhého v cyklech, které přetrvávají desetiletí. Vědci se vrátili s nepatrným množstvím vzorků sebraných z plochy oceánů v oblastech, jimiž propluli, ale už tento úlovek byl bohatý a fascinující. Expedice objevila například prohlubeň *Challenger*, nejhlubší místo v Mariánském příkopu v hloubce více než 11 kilometrů pod hladinou moře, ale všechno, co o ní mohli říct, bylo prostě jen to, že tam je. Zisk těchto nových vědeckých poznatků však přesto představoval významný úspěch a podrobná zpráva, kterou vědci z lodi *Challenger* napsali pro Královskou společnost (britskou akademii pro podporu věd), byla oslavována jako obrovský posun vpřed, co se týče shromažďování znalostí lidstva o Zemi. Stáli jsme na začátku.

Nicméně vysoké náklady a obtíže při organizování těchto vědeckých výprav znamenaly pomalý postup, a to až do druhé světové války, kdy vlny ovládla ponorková válka. Vojska najednou potřebovali pochopit tento nový bojový prostor, a jakmile válka skončila, oceánografie konečně vstoupila do svého zlatého věku. V padesátých a šedesátých letech se každá expedice vracela s novými nápady a nečekanými objevy a v polovině sedmdesátých let se konečně začala rýsovat představa o tom, jak funguje oceánský motor. Pak přišla družicová data a s nimi potenciál odhalit velkoprostorové povrchové obrazce, které spojovaly body vynesené mnoha jednotlivými plavidly. V současné době vstupujeme do věku autonomních bójí a plavidel, které mohou léta plout po povrchu oceánu nebo se potápět několik dní v jeho hlubinách a shromáždit mnohem více detailů, než by dokázala jakákoliv skupina oceánografů. A stále se učíme. V každé fázi objevujeme nové mechanismy, nové nuance a nové vazby. Oceán je úzce spojený s atmosférou, zaledněním, geologií a životem na Zemi. A přestože samotný oceán představuje velkou záso-
bárnu energie, jeho mechanika závisí na těchto ostatních složkách systému planety Země. Každé měřítko je důležité – od milisekund po desetiletí a od mikroskopických měřítek až po rozlehlá povodí o šířce tisíců kilometrů. Je to příběh, který stále není dokončený, a naše oceány nepřestávají udivovat ani ty nejzkušenější vědce.

V posledním desetiletí se centrum pozornosti nepatrně posunulo. Jak stále více poznáváme tento tekutý motor a seznamujeme se s jeho vnitřním fungováním, není možné si nevšimnout, jak moc je na něm závislý svět tady nahoře na pevnině. Reguluje naše počasí a klima. El Niño, tento valčík, který společně tančí atmosféra a oceán a který se v Tichém oceánu točí kolem rovníku, má měřitelný vliv na HDP zemí, do nichž zasahuje. A oceán také absorbuje 30 procent oxidu uhličitého, který dodatečně vypouštíme do atmosféry, což zpomaluje postup globálního oteplování, ovšem s významnými důsledky pro samotný oceán. Uvažování nad oceánem už není jen luxusem pro zvědavce. Je to hlavní součást zdroje našeho života a my bychom jej měli brát vážně.

Také se učíme, že ani tato obrovská masa vody není dost velká na to, aby odolala vlivu lidského druhu. Rostoucí povědomí o našem vlivu na oceány pomalu prosakuje do veřejné diskuze, která ovšem má desítky let zpoždění. Tato jednání narážejí na obrovskou překážku. Je téměř nemožné diskutovat o tom, co dělat s něčím, co se neustále mění, pokud na samém začátku nevíme, jak to doopravdy funguje. Když lékař sdělí pacientovi, že má problém s ledvinami, pacient už pravděpodobně má alespoň mlhavou představu o tom, kde se jeho ledviny nacházejí a k čemu slouží. O tomto svém životně důležitém párovém orgánu se učil už ve škole. Toto však neplatí pro oceány. Když vidíme reportáž o dlouhodobém úbytku počtu koryšů v jižním oceánu, zní to obecně jako špatná zpráva. Skrývá se za tím ale mnohem víc než jen riziko hladovění velryb. Kril, malí býložraví koryši, kteří jsou součástí zooplanktonu, je i součástí našeho oceánského motoru, života, který je vetkaný do tekutého stroje, a než se budeme moci bavit o tom, co změnit a jaká vhodná opatření přijmout, musíme porozumět alespoň některým souvislostem.

Podívat se hlouběji na oceán znamená také podívat se blíže na naši vlastní identitu a na to, co to znamená být obyvatelem planety oceánů. Při pohledu z dostatečně velké dálky začíná náš příběh u světla dopadajícího na Zemi. Končí u záření, které Zemi opouští, u záření, které bylo při svém průchodu planetárním motorem pozměněno, když bylo odraženo, rozptýleno, pohlceno, vyzářeno a přeměněno do mnoha různých typů energie předtím,

než se opět stalo zářením. Světlo, které nás opouští, aby znovu nastoupilo cestu vesmírem, s sebou nese nezaměnitelný otisk dynamiky naší planety: skládá se z neviditelného infračerveného záření, zeleného světla pocházejícího z lesů, hnědého ze skal, bílého světla odraženého od oblaků a ledu a modrého od vody. Ostré, prosté sluneční světlo je rozloženo v tuto nádhernou paletu: náš podpis ve vesmíru, načmáraný rukopisem dynamicky se měnící a živé planety. A tomuto podpisu dominuje modrá. Naše zpráva ostatnímu vesmíru zní: „My jsme oceán.“

Více než jakékoli jiné vědecké téma, jemuž jsem se věnovala, mi oceán připomíná, že jsem člověk. Řadu z těch největších dobrodružství jsem zažila na moři, navázala jsem trvalá přátelství, byla jsem vyděšená, nadšená, znuděná i unavená a spokojenější, než jsem kdy byla na souši. Posadte vědce do kánoe a jeho osobnost a profese splynou, protože ve skutečnosti nikdy nebyly oddělené.

Naše četná spojení s oceánem se otiskla do celé naší historie, kultury i do našich životů, ale našemu zraku to vše zůstává relativně skryté. Nyní však nastává čas na tato spojení poukázat a otevřeně o nich promluvit. Náš postoj k zemskému oceánu předurčuje naše chování k němu a my jsme první generace, která může opravdu vidět důsledky vlastních činů. Musíme se jako společnost rozhodnout, jakým způsobem budeme smýšlet o modré barvě naší planety, což ve výsledku povede k tomu, jak se k ní budeme chovat. Vědecké znalosti jsou nezbytné, ale toto rozhodnutí je záležitostí kultury. Tradiční znalosti a postoje k oceánu budeme potřebovat, aby nám pomohly přijmout velká rozhodnutí, která jsou před námi. Jak sládníme četné protichůdné zájmy a postoje s naším zvyšujícím se povědomím o tom, co je v sázce? Jednotlivá společenstva čelila této otázce již dříve, ale v dnešní době potřebujeme obnovit a sdílet naše kulturní postoje, abychom dosáhli globálního konsenzu. Náš oceánský motor je kriticky důležitý, ale ani bohatou kulturní pokladnici lidstva nelze ignorovat. My lidé musíme věnovat přímou pozornost obojímu. Máme jen jednu planetu a jeden globální oceán, a pokud chceme, aby budoucí generace prožily to nejlepší, co může modrá planeta nabídnout, nemůžeme si dovolit žádné otálení.

Plavba

Lépe pochopit, jak funguje oceán, je docela jasný úkol – jenže pak se setkáme s nádherným vírem nuancí, jichž je vodní plášť obepínající naši rotující planetu plný. Existují velké i malé příspěvky – proudy a kril, mořský led a usazeniny, všechny se překrývají bez jasných hranic. Jako každý jiný motor má i oceán svou základní strukturu: jsou tu součástky a mezi těmito součástkami existují vazby. K tomu, aby se něco stalo, potřebujete obojí: i ten nejdůmyslnější píst je k ničemu, pokud se jeho pohyb nepřevádí někam jinam. V parním stroji má píst obvykle dva převody. V oceánu může mít jeden proud tucty, možná stovky takových převodů. To je podstatný rys systému a právě díky tomu jsou oceány nekonečně fascinující. Nicméně systém je postaven na určitých základních principech, kterých se můžeme držet, když budeme chtít poznat labyrint převodů a součástek, jež udržují modrý stroj, kterému říkáme oceán, v chodu.

Tato kniha vás vezme na plavbu globálním oceánem, nabídne příběhy z dějin i kultury, z historie přírody i geografie, o zvířatech i lidech, aby vám pomohla odhalit základní obrysy fungování modrého stroje. Naše dobrodružná cesta bude směřovat napříč hlubinami oceánu a dotkne se jak fyzikálních mechanismů, tak života, který je vpleten do našeho tekutého motoru. Uvidíme, jak jevy, které v oceánu pozorujeme a kterých si všímáme, nejsou dílem náhody, smůly nebo božího rozmaru, ale jsou ve skutečnosti povrchovým projevem do hlubin sahajícího motoru, který se v hloubce stále otáčí. Veškerou složitost globálního oceánu není možné vtěsnat do jediné knihy, můžeme však načrtnout obrysy a vysvětlit základní principy, podle kterých oceán funguje. Už jen tohle je dost na to, aby kniha posloužila jako mapa, podle níž je možné postupovat při dalším bádání. Doufám, že změní váš pohled na oceán a možná zrovna tak i na vás samotné. A v případě oceánu rozhodně platí, že čím více toho o něm víte, tím se vám více líbí. Pojďme se do toho pustit!

Část I

CO JE TO MODRÝ STROJ?

1 | Podstata moře

Vzhled zemských oceánů je poněkud nestálý. Mořská voda se může předvádět překvapující tyrkysovou modří v mělkém tropickém zálivu, ponurou šedí rozbouřeného moře na severském pobřeží, klidnou královskou modří rozprostírající se v šířce tisíců mil – nebo možná krátce zahalená do drzé oranžové při západu slunce. Když pozorujete oceán, můžete si povšimnout velkého množství detailů a ty nejvíce zřetelné vizuální vjemy se často mění z minuty na minutu. Naproti tomu když postoupíte k samému okraji vodní hladiny a dotknete se zdroje celé té rozmanitosti, vystoupí do popředí vždy tři stejná zjištění: voda je zjevně teplá nebo studená, je slaná a je kapalná. Tyto tři základní vlastnosti – teplota, salinita a ta podivná a nádherná vlhkost vody – poskytují zdroj pro všechno, co oceánský motor dělá. Nezůstávají skryté ani desetiletému dítěti, stejně jako zkušenému polynéskému mořeplavci nebo rybáři v Atlantiku. Každá z nich má přímý vliv na svět, který bereme jako samozřejmost. A jakmile ustoupíte od mořského pobřeží a rozšíříte svůj pohled, může se vám toto trio představit s hlubší krásou a účinkem, jako fazety jediného propojeného systému.

Pokud se budete dívat z výšky, váš pohled se přesune, od jediné tříšticí se vlny na pláži na 150 km široký záliv, který se zakusuje do pobřeží, a pak ještě dále na celé moře, všimnete si ještě něčeho dalšího. Žijeme na rotující se planetě, a ačkoliv žádný člověk každodenní piruetu kolem zemské osy nevnímá, tak kapalný oceán, který je stále v pohybu, ji nemůže ignorovat. Účinkem rotace naší Země je tento tekutý stroj vytvarován do krásných smyček a křivek, obřích spirál a obrovských podvodních vln.

Oceánský motor je vidět v mnoha měřících a láká nás ponořit se přímo do jeho systému a úžasných spletností. Než však dosáhneme nejširšího pohledu na modrý stroj Země, musíme pochopit hlavní fyzikální vlivy, které jej uvádějí do chodu: teplotu, salinitu, hustotu a rotaci. Jelikož každý stroj potřebuje k tomu, aby fungoval, energii, začneme tím, jakým způsobem je energie v oceánu uložena a jakým způsobem vědci množství takto uložené energie sledují: měřením teploty.

Teplota

Dívám se dolů skrz vodorovnou kovovou mříž upevněnou v široké betonové konstrukci a vidím jen oblohu a svou vlastní tvář, které se odrážejí na klidné hladině vody pod mříží. Vedle mého obličeje se objeví tvář Keitha Olsona, která se také nakloní nad mříž. „Tohle je nejspíš poprvé za tisíc let, kdy na tuhle vodní hladinu dopadá sluneční světlo“, říká Keith. Jsme uprostřed malé oplocené části lávového pole při pobřeží oceánu v okrese Kona na ostrově Havaj, největším z osmi hlavních Havajských ostrovů. Uvnitř oplocení trčí ze země čtyři obrovské roury, každá o průměru půl metru, které se následně spojují do dvou a plazí se lávovým polem pryč od oceánu. Pumpy, které do těchto trubek tlačí vodu, jsou jasně odlišeny nátěrem: dvě jsou červené a dvě modré. Pole patří Havajské laboratoři pro výzkum přírodní energie (Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority, NELHA), která tady, uprostřed Tichého oceánu, přivádí do kohoutku nedotčenou oceánskou vodu. Přesněji řečeno, do dvou kohoutků: do jednoho pro horkou a do druhého pro studenou vodu. Kombinace této dodávky vody a pustého úpatí aktivní sopky přináší úžasnou úrodnost. Klíčový je teplotní rozdíl. NELHA zahájila činnost v reakci na ekonomický šok v zimě 1973–74, kdy ceny ropy doslova přes noc vystřelily z 24 dolarů za barel na 56 dolarů za barel. Stát Havaj, vzdálený tisíce mil od pevninské části Spojených států a s energetikou téměř zcela závislou na ropě dovážené loděmi, se rozhodl, že se raději pokusí odejít od fosilních paliv. Pro řetízek sopečných ostrovů, na něž dopadá vydatné sluneční záření v blízkosti rovníku, se to jeví jako velmi dobrý začátek. Jenže havajští inženýři si uvědomili, že mají v rukávu ještě jedno eso: přístup k hlubokému oceánu. Havajské

ostrovy představují štíty sopek umístěné v oblasti oceánu, kde hloubka dosahuje 4 až 5 kilometrů,¹ a když se plavíte dál od pobřeží, sopky pod vámi se stále více svažují. Jestliže vedete potrubí po podmořském svahu dostatečně hluboko, můžete narazit na něco překvapivého: studenou vodu. Dnes vede nejdelší potrubí NELHA do hloubky tisíců metrů a modrá čerpadla přivádějí na povrch oceánskou vodu o teplotě 5 °C. Červené pumpy čerpají povrchovou vodu o teplotě 25 °C. Každý den přivedou čerpadla do technologického parku neuvěřitelných 136 milionů litrů nebo 30 000 tun oceánské vody. Smyslem toho všeho ale není dodávat vodu. Cennou komoditou je zde energie.

Voda dokáže ve formě tepla uchovávat překvapivé množství energie. Představte si vedle sebe dvě koule o velikosti grapefruitu,² jednu naplněnou vodou ze severního pólu o teplotě asi -1,8 °C, druhou plnou vody z Perského zálivu o teplotě asi 30 °C. Teplejší voda uchovává více vnitřní energie, a pokud bychom byli schopni převést tuto přebytečnou energii na mechanickou práci, dokázali bychom zvednout SUV (vážící téměř dvě tuny) do výšky kolem 7 metrů, tedy do výšky dvoupatrového domu. To je ohromující množství energie – a právě takové se skrývá v jediném kilogramu vody. Vodu je opravdu těžké ohřát a vy jí musíte dodat obrovské množství energie, abyste dosáhli byť jen malé změny její teploty.³ Jakmile však vodu ohřejete, energie je v ní dobře uchována v podobě tepla, dokud jej voda neodevzdá a znovu se neochladí. To činí z vody úžasně účinnou zásobárnu energie. Miliony litrů teplé vody, které čerpá NELHA, přinášejí každý den mnoho tisíc gigajoulů energie skrytých právě v teplotě vody. Není pochyb o tom, že energie se ve vodě skrývá. Pro NELHA je výzvou tuto energii získat.

¹ Štíty sopek mají díky lávě, která z nich vytéká, relativně mírné a hladké svahy. Láva se postupně rozlévá po krajině a vytváří tak široké a nízké kužely, které vypadají jako na zem položené štíty.

² Volba tohoto ovoce není náhodná. Grapefruit má obvykle průměr kolem 12 cm, což znamená, že má přibližně stejný objem jako jeden kilogram vody.

³ Je to i důvod, proč je varná konvice jedním z energeticky nejnáročnějších zařízení ve vaší domácnosti.

Původní myšlenou bylo využít teplotní rozdíly ke spuštění tepelného motoru, který by dokázal vyrábět elektřinu. Tento proces je známý jako oceánská termální elektrárna (ocean thermal energy conversion, OTEC).⁴ Vnitřní energie se ve vodě skrývá při jakékoliv teplotě, ale abyste ji mohli získat, potřebujete kontrast: teplá voda se musí dát dohromady s něčím studeným. Pak potřebujete technologii, která by byla umístěna mezi horkou a studenou vodu a získávala část energie, jež mezi nimi proudí, což je v tomto případě tepelný motor sestavený společností Makai Ocean Engineering, jehož běh je založen na kontinuální cirkulaci čpavku.⁵ Současná verze elektrárny, otevřená roku 2015, je ukázková elektrárna připojená do rozvodné sítě, která je schopná dodávat 100 kilowattů elektrické energie. Aby tato technologie fungovala, potřebujete teplotní rozdíl 20 °C a na světě je dost tropických ostrovů, kde lze takového rozdílu dosáhnout. Tento zdroj energie představuje ideální základ pro rozvodnou síť – je velmi snadné jej regulovat a můžete jej zesilovat a zeslabovat, jak potřebujete. Největším kamenem úrazu (vedle nutnosti snadného přístupu k hlubokému oceánu v tropech) je to, že aby byla technologie efektivní z hlediska nákladů, musela by se celá značně zvětšit, přičemž stále zůstává otázkou, jak to udělat, zda se to vyplatí a zda by to nemělo nějaké nechtěné důsledky. Ovšem koncept získávání solární energie, která se v současné době může ukládat na povrchu oceánu, nepochybně funguje, pokud se nacházíte na tom správném místě.

⁴ V této souvislosti je užitečné představit si ledničku běžící pozpátku. Vaše chladnička odebírá elektrickou energii, kterou využívá k vytvoření teplotního rozdílu mezi vnitřkem lednice a okolím. OTEC je založena na přesně opačném procesu, kdy přeměňujeme teplotní rozdíl na elektrickou energii.

⁵ Způsob, jak to funguje, je úžasně jednoduchý, ale v provedení samozřejmě existuje spousta nuancí. Amoniak je kapalina, která se vaří při velmi nízkých teplotách, a přestože je při pokojové teplotě v plynném skupenství, můžete posunout jeho teplotu varu tak, aby se udržovala mezi teplotou horké a studené vody, pokud jej vystavíte tlaku. Při průchodu studenou vodou se amoniak ochladí a stává se kapalným. Jakmile dosáhne teplejší vody, začíná se vařit a mění se v plyn o vysokém tlaku. Toho lze využít k pohonu turbíny a výrobě elektřiny, aby pak studená voda způsobila opět kondenzaci amoniaku a všechno mohlo začít znovu.

Většina místních obyvatel označuje celý komplex jako OTEC, ale ukázková elektrárna je jen začátek. Celý tento kout okresu Kona, posazený na vrcholu lávového pole, jež zůstalo po výbuchu sopky Hualālai v roce 1801, je něco jako inkubátor pro malé podniky, které mohou využívat zásobování teplem a studenou vodou z oceánu. Keith mě vozí po okolí a ukazuje mi ohromující paletu podniků skrytých v nenápadných budovách hnízdících na černé skále. Jsou tu obrovské nádrže, ve kterých se pěstuje spirulina (rod sinic) a kde se správná teplota udržuje ohříváním a ochlazováním vodou z oceánu. Je tu firma, která pěstuje 50 až 60 procent snůšky jednoho z gigantů světa akvakultury: krevetky bělonohé *Litopenaeus vannamei*. Je tu další společnost pěstující ušň, mořského plže, kterého si oblíbili kuchaři po celém světě. Najdeme tu zařízení na výrobu vodíku, chov mlžů nebo pěstování mořských řas a také nemocnici pro tuleně. A kanceláře NELHA jsou navíc klimatizovány pomocí studené mořské vody. Studená slaná voda se využívá k ochlazení sladké vody z běžného vodovodu, která se následně čerpá do jednotlivých budov za pomoci solární energie. Obecně nejsem příznivcem příliš klimatizovaných budov, ale u laboratoře NELHA mohu přimhouřit oko.

NELHA je jen malý podnik a tento způsob získávání energie nevyřeší problémy celosvětové energetiky. Přesto ukazuje, že teplá voda – už jen teplá, ne přímo horká – je obrovskou zásobárnou energie. Pro lidstvo může být složité tuto energii získat, ale v planetárním měřítku je globální oceán gigantickou zásobárnou energie. I malé zvýšení teploty představuje obrovské množství akumulovaného tepla, a tak je teplota vody rozhodující mírou nashromážděné vnitřní energie. Nicméně tato vnitřní energie není na planetě rozložena rovnoměrně. Abychom pochopili, kde se nachází a jak obrovský vliv má, musíme se vrátit k tomu, odkud pochází a proč končí právě na některých místech.

Proč teplo?

Začíná to hvězdou. Když přemýšlíme o naší sluneční soustavě, často nás rozptyluje rozmanitost a tajemství ostatních planet, s nimiž sdílíme naše Slunce. Tito tuláci po naší noční obloze poskytují štědré palivo pro lid-

skou představivost, vhodně zabalené do sedmi obřích a nedostupných koulí. Slunce však tvoří 99,86 procent celkové hmotnosti sluneční soustavy a i když byste mohli tvrdit, že 99 procent rozmanitosti přinášejí planety, naše sluneční soustava je ve skutečnosti jeden velký jaderný reaktor obklopený kulatými zrnky prachu, které nemůže setřást. V srdci Slunce se každou sekundu přemění 4 miliony tun hmoty na energii, když kolosální teploty a tlak přinutí atomy vodíku, aby se spojily do atomů helia. Nově uvolněná energie rachotí uvnitř Slunce desítky tisíc let, než se dostane na povrch, ovšem jakmile se osvobodí ze svých okovů z plazmatu, rozlévá se do vesmíru všemi směry v podobě infračerveného, viditelného a ultrafialového záření. Zlomek této záplavy, kterou zachytí Země, je méně než jedna miliardtina z celkového množství. Fyzikální zákony vytvářejí z této energie základní měnu Země a stanovují pevný rozpočet pro všechno, co se na této planetě stane.⁶

Stejně jako u jiných rozpočtů, celek se rychle rozdělí podle okolností. Třetina energie se odráží přímo zpět do vesmíru a na Zemi skoro nemá vliv. Malá část je pohlcena atmosférou. Téměř dvě třetiny dopadají na povrch planety, a je-li tímto povrchem mořská voda, pak se surová energie ze Slunce nakonec dostane do zemského oceánu.

Ale dosažení zemského povrchu ještě nezaručuje příspěvek. Fyzika je strážcem brány, který na základě přísných kritérií vybírá, které paprsky světla propustí dál. Představte si, že se díváte přes oceán na vycházející slunce. Za klidného dne může být odraz nádherného oranžového východu slunce téměř dokonalý, jako by hladina oceánu byla zrcadlo. Důvodem je, že světlo dopadá na vodní hladinu pod ostrým úhlem, voda se skutečně chová

⁶ *Jaderné štěpení (a doufejme, že v budoucnu i jaderná fúze) leží mimo tento omezený rozpočet. Ovšem celková světlová dodávka jaderné energie je méně než jedna miliontina veškeré energie, která na Zemi dorazí od Slunce. Trochu přispívá i geotermální energie, spolu s přílivem a odlivem pocházejícím z přitažlivosti Slunce a Měsíce, kosmickým zářením, magnetickými bouřkami a několika dalšími příspěvky. Ale celkový součet všeho je pouze jedna čtyřicetina 1 % toho, co získáváme od Slunce (a téměř všechno z toho je geotermální energie).*

přesně jako zrcadlo a veškeré světlo se odráží zpět od nebe (nebo v případě východu slunce do objektivu vašeho čekajícího fotoaparátu). Ale jak den plyne a úhel mezi slunečními paprsky a vodní hladinou se zvětšuje, je pravděpodobnější, že sluneční záření překročí hranici vzduchu a vody. To znamená, že nejlepším místem, kde si uvědomíte účinek slunečního záření na oceán, jsou tropy. Poblíž rovníku je uprostřed dne slunce vysoko na obloze, a proto má sluneční záření největší šanci, že pronikne skrz hladinu oceánu. Jste-li blízko pobřeží, je tu velká šance, že toto světlo osvíti nejoblíbenější prvek oceánu: tropický korálový útes.

Zdravý korálový útes je jedním z nejrozmanitějších a nejvýjimečnějších přírodních prostředí. Samotný korál tvoří mořskou scenérii složenou z pestrobarevných shluklých hrbolů, velkých kopců, křehkých listů a rozvětvených výběžků připomínajících parohy. Kolem plavou barvami zářící ploskozubci a kdykoliv se zastaví, ohryzávají korály. Rybka *Sargocentron hastatum* číhá v tmavých puklinách a pozoruje okolní svět. Překrásné korálové ryby z čeledi *Chaetodontidae* střeží své políčko a jsou připravené bránit své teritorium při sebemenším napadení.⁷ A místní populace nahožábřých, mořských červů, krevet, mlžů, hub a mnoha dalších vytváří rušné a rozmanité oceánské město. Nahoře u povrchu nám připadá, jako kdyby tady dole byla spousta světla, jež velkoryse osvětluje pruhy, skvrny, mimikry, duhové barvy, písek a skály, které může přírodní svět vystavit na odív. Jenže voda není pro světlo zdaleka tak propustná, jak se obecně domníváme, a jak sestupujete do hloubky, okolí se stává nejprve modřejší a pak černější, protože voda absorbuje veškeré dostupné sluneční záření. Jako lidé pozorující svět kolem sebe tedy zaznameneáme hlavně to, že nic nevidíme.

⁷ Vždy jsem se divila, proč jsou anglické názvy tolika korálových ryb odvozené od suchozemských zvířat. Ryby čeledi *Mullidae* se nazývají „kozí ryby“ (*goatfish*), ryba *Semicossyphus reticulatus* má název odvozený od ovčí hlavy (*sheepshead wrasse*), ryby čeledi *Cirrhitidae* od ještěrba (*hawkfish*). Seznam se zdá být nekonečný. Je pravda, že ryby z čeledi *rozetrancovitých* (angl. *frogfish*) mohou opravdu vypadat jako zbloudilé ropuchy, ale ty, jejichž anglický název je odvozen od ropuchy, zastupují úplně jinou čeleď, *Batrachoididae*.

Ale fyzikální zákony nabízejí jiný pohled: světlo může zmizet, energie nikoliv. Viditelné záření se přeměňuje na vnitřní energii oceánu, takže fotografová ztráta je ziskem teploměru. Sluneční světlo vykoupé krásné korálové ryby hned dvakrát: poprvé ve světle, dokud voda nevytěží svůj podíl energie, a pak v teple. A tak je oceán zahříván sluncem.

Toto viditelné světlo – barvy duhy, jež tvoří viditelný svět kolem nás – je jen polovinou toho, co přichází od slunce. Druhá polovina slunečního záření dopadajícího na zemský povrch je infračervené záření: barvy, které se nacházejí za červeným pruhem duhy a které jsou pro lidské oko neviditelné. Položíte-li ve tmě ruku na teplý předmět, můžete cítit jeho teplo, protože vysílá infračervené záření, které přenáší energii. Víte, že poblíž je něco horkého, i když vaše oči zrovna nic nevidí. Infračervené záření přichází od Slunce a jeho paprsky se dotýkají oceánu, jenže voda je pro tyto vlnové délky natolik neprůhledná, že už ve vrstvě silné jen zlomek milimetru je tato část úplně pohlcena a poté znovu vyzářena zpět do atmosféry. Zdánlivě nesmyslně je to tedy viditelné světlo, které je zodpovědné za ohřívání oceánu, a to, co si představujeme jako tekoucí teplo – infračervené záření –, k tomu vůbec nepřispívá. Sluneční světlo ohřívá vodu v oceánu, kdekoli se jí dotkne, vlévá do ní energii a vytváří tak obrovský rezervoár tepla. Za méně než deset minut od chvíle, kdy záření opustí Slunce, je energie nadlouho uschována v oceánu jako ve skladišti a udržuje ostražitě korálové ryby pěkně v teple. Zabere to dlouhou dobu, než se voda zahřeje nebo ochladí, takže vody v tropech zůstávají téměř stejně teplé během dne i v noci.

Zahřívání je nejdramatičtější na rovníku, což propůjčuje naší planetě vlhký pás obývaný tropickými rybami. Jenže Země opisuje křivku kolem Slunce a přiklání se k němu buď severní, nebo jižní polokoulí, takže přímý příspěvek tepla ze slunečního záření klesá. Blíže k pólům je oceán už skutečně velmi odlišné místo.

Chladno mimo tropy

Severní polární kruh prochází těsně za severní hranicí Atlantského oceánu Grónskem, pak směřuje přes 2000 kilometrů dlouhý pruh otevřeného moře,

letmo se dotkne Islandu a překračuje šedé rozbouřené vody na pobřeží severního Norska. Každoročně o zimním slunovratu se v poledne slunce jen nakrátko otre o obzor, pak se skryje za zakřivení Země a další den přenechá Arktidu nelítostné temnotě okolního vesmíru. Dokonce i o šest měsíců později, kdy sluneční záření dopadá na hladinu oceánu nepřetržitě po dobu 24 hodin, jsou paprsky světla zeslabené tím, jak v důsledku náklonu zemské osy dopadají pod malým úhlem a procházejí silnou vrstvou atmosféry. Důsledkem je velmi odlišná tvář oceánu: je tu zima a poměrně tma. Stále je tu spousta života, ale detaily byly evolucí doladěny tak, aby odpovídaly místním výzvám. Každý tvor v sobě nese otisk prostředí.

V půli cesty mezi Islandem a Grónskem, 400 metrů pod hladinou, se pohybuje potměšilá skvrna. Plave pomalu, za čtyři sekundy urazí 1 metr a šedá skvrnitá kůže jí volně visí na dlouhém těle. Ostré rohy a hladká silueta blízce příbuzných druhů jsou zde nahrazeny jemným vzhledem připomínajícím starý vytahaný svetr, který byste nikdy nevyhodili, protože je příliš pohodlný. Tento hrbolatý tvor je 4,5 metru dlouhý a váží ohromných 400 kilogramů. Rychlost není jeho disciplínou. Žralok malohlavý (též žralok grónský) nikdy nikam nespěchá. Vlastně to ani není potřeba. Jedinec této velikosti se pravděpodobně narodil kolem začátku průmyslové revoluce a tyto vody brázdí po 240 let. Předpokládá se, že tento druh se může dožít nejméně 300 let (možná i více), pohlavně dospívá až ve věku kolem 150 let a po celý život přirůstá zhruba o jeden centimetr každý rok. Pokud víme, je to nejdéle žijící obratlovec na světě. Zdá se, že tato výjimečná délka života přímo souvisí s chladem, který zpomaluje životní procesy⁸ a prodlužuje žralokovi desetinásobně život. Tento pomalý obr tráví svůj poklidný život ve vodě o teplotě kolem 0 °C, většinou skrytý několik stovek metrů pod hladinou. Jednou z největších záhad spojených s tímto tvorem je, jakým způsobem loví kořist – nacházíme dospělé žraloky grónské s žaludky plnými ryb, jako jsou platýši

⁸ Název nedávného mezinárodního projektu, v jehož rámci probíhalo studium tohoto druhu, byl úžasné výstižný: „Starý a studený – biologie žraloka grónského“.

a rejnoci, a někdy dokonce i s čerstvě zabítným tuleněm. Kterýkoliv z těchto druhů by mohl tomuto plíživému se predátorovi snadno uplavat. K záhadě navíc přispívá i to, že skoro všichni žraloci grónští jsou aspoň částečně oslepeni parazitem, který žije alespoň v jednom z jejich očí. Taková překážka nebude vadit v inkoustové černi oceánských hlubin, ale bude limitující pro lov v blízkosti hladiny. Často se domníváme, že čelní místa na vrcholu potravního řetězce musí být obsazena těmi nejrychlejšími, nejbystřejšími a nejagresivnějšími tvory, obdařenými těmi nejnebezpečnějšími zbraněmi přírody v podobě zubů, spárů a váhy. Jenže v temných studených hlubinách nám žralok grónský ukazuje, že existuje i jiný způsob života a jiný způsob lovu.

Kontrast mezi tropickým korálovým útesem a přirozeným prostředím líného žraloka grónského v Arktidě podtrhuje průběh teploty vody v blízkosti hladiny oceánu. Určuje jej expozice slunečnímu záření, která těsně souvisí se zeměpisnou šířkou a ročním obdobím. Osluněná moře na rovníku potěší návštěvníky teplotami kolem 30 °C, ale v centrální Arktidě může teplota vody spadnout až na -1,8 °C. Globální rezervoár energie v oceánu na rovníku překypuje bohatstvím, avšak blíže k pólům toho nabízí jen nepatrně. A přesto je každá podrobná mapa teploty povrchu moře krásnou studií malých výjimek z tohoto pravidla, přičemž každá otevírá novou bránu ke složitosti oceánu, který se nachází pod povrchem. Na mapách jsou k nalezení chladná i teplá místa nepatříčně rozmístěná podél pobřeží, elegantní víry vlažné vody daleko od břehu a nápadné vinoucí se průsaky studené vody do přátelštějšího prostředí. Některé z nich prozkoumáme v této knize později, ale základem, který se skrývá za celou tou krásnou složitostí těchto tvarů, je to, že teplota oceánu se pohybuje mezi -2 °C a 30 °C a významně koreluje s tím, jak blízko rovníku se nacházíte. Ale toto schéma uskladnění energie není jen o hladině. I hlubiny mají co vyprávět.

V srpnu 2013 pracovala výzkumná loď R/V *Apalachee* v Mexickém zálivu poblíž místa výbuchu, který o tři roky dříve zabil jedenáct pracovníků na ropné plošině Deepwater Horizon. Zeměpisná šířka tohoto místa je poblíž 29. stupně severní šířky, mnohem blíže rovníku než pólům, a typická teplota vody u hladiny v této roční době je kolem 30 °C. Vědci na palubě, jejichž

práci koordinoval tým z Florida State University, odebírali vzorky hluboko žijících ryb, aby vyhodnotili dopad vzniklé ropné skvrny. Jedním úlovkem bylo hnědošedé, 3,7 metru dlouhé mládě žraloka grónského. Vyzvedli ho na horké letní slunce v zelených síťových nosítkách a položili na palubu: i mrtvé však mělo vyšší tělesnou teplotu než kdykoliv během života. Byl to první jedinec svého druhu, který byl odchycený v Mexickém zálivu – což je natolik pozoruhodné, že si to vysloužilo zprávu na několika zpravodajských serverech, nicméně badatelé překvapení nebyli. Co tedy žralok původem z polárních oblastí dělal na vrcholu léta v Mexickém zálivu?

Hák, na který se žralok chytil, se vznášel 1749 metrů pod hladinou moře. A tam byla teplota vody 4 °C, tedy v rámci komfortní zóny žraloka grónského. Svrchní vrstvy oceánu mohly být dostatečně teplé na to, aby se ve vodě dalo koupat, ale v hloubce ne, což je normální. Žralok by byl v takové hloubce doma kdekoli mezi severním pólem a místem, kde narazil na hák, protože hlubiny oceánu jsou téměř všude takto studené. Zářivě pestrá barevná mapa povrchové teploty oceánu s pěkným širokým červeným pruhem podél rovníku odpovídá mapě povrchových teplot. Teplotní rozdíl mezi vodou u hladiny, která je vystavená jasnému slunečnímu světlu, a hlubinnými vodami, jichž se sluneční světlo nedotklo desítky let, může být dramatický. V Mexickém zálivu je teplá povrchová vrstva silná pouze 100 až 200 metrů, ale obrovská část pod ní je hluboká téměř 4000 metrů. V hloubkách pod 1000 metrů je zdejší studená slaná voda velmi podobná studené slané vodě, která se nachází v téměř každé hloubce v severním Atlantiku. Přitéká tam z Karibiku a nepřetržitě se obměňuje. Nad ní jsou ještě další slabší vrstvy.

Oceán, který my lidé vidíme – sluncem zalitá voda, do níž se můžete snadno vrhnout a která je plná života, osobitosti a jídla – tvoří jen nepatrný zlomek celého oceánu. Tropické korálové útesy jsou výjimkou, třebaže takovou, která je pro život v oceánu nepostradatelná a díky níž je mimořádná radost žít na této planetě. Nemá to ale znamenat, že se v tento okamžik vzdáte zájmu o hlubiny oceánu jen kvůli tomu, že se jeví lepší nechat je na pokoji. Ta studená temná voda dole je totiž stejně zajímavá, nezbytná

a důležitá jako cokoliv, co se děje na povrchu. Samotný pohled shora na plochou mapu teploty oceánu nestačí. Musíme věnovat pozornost i tomu, jak se věci mění s hloubkou.

Voda ve vrstvách

Tenká slupka slané vody, která zapouzdřuje naši planetu, sahá do hloubky 4 kilometrů, měří 12 740 kilometrů v průměru a má dramatickou vnitřní anatomii. Ta se projevuje v teplotě a salinitě a je postavena na vodorovných vrstvách. Detaily se mění s tím, jak putujete planetou: proudy se nakonec smísí se svým okolím, voda na některých místech klesá, jinde stoupá a jednotlivé vrstvy vody se rozrušují, když kloužou po obřích hřebenech podmořských pohoří. Ovšem celkový vzorec je jasný. V hlubokých oceánech existuje obecně skupina tří nebo čtyř hlavních vrstev, které jsou oceánografům známé jako vodní masy. Každá z nich má odlišný charakter a historii a právě tyto vrstvy jsou těmi největšími součástkami oceánského motoru. První lekce nauky o struktuře oceánu říká, že oceán je uspořádán ve vrstvách, které se spolu obecně vzájemně nemísí.

Nejvýraznější vnitřní hranice oceánu je definována teplotou a je známá jako termoklina. Termoklina je tenká vrstva oceánu, v níž dochází k rychlé změně teploty s hloubkou a která představuje přechod mezi vrstvami, jež mají různou teplotu. Ale když oceánografové mluví o „termoklině“, obecně mají na mysli ten nejostřejší přechod ze všech: hranici mezi teplou vodou zahřívanou Sluncem a mnohem chladnější temnou vodou níže. Jasně vymezená teplá horní vrstva, známá jako „směšovací vrstva“, existuje nad většinou globálního oceánu a je hnacím ústrojím planety, jež spojuje sluneční elektrárnu s oceánským motorem, který běží díky její vnitřní energii. Rozlehlé oceánské pánve jsou naplněny mnohem chladnější vodou, které se sluneční paprsky nedotkly často po celá staletí. V Tichém oceánu činí hloubka termokliny typicky 60 až 200 metrů a pod ní se charakter oceánské vody dramaticky mění. To je důvod, proč NELHA může čerpat studenou vodu z oceánu poblíž Havaje, pokud čerpá z hloubky 1000 nebo více metrů, tedy pod termoklinou.

Oceán, který my lidé vidíme, představuje pouze víko celého systému; toto víko je ale naprosto zásadně důležité pro celý motor. Zůstaňme pro tuto chvíli právě zde, u směšovací vrstvy teplé vody při povrchu. Ta je – jako všechno ostatní v oceánu – v pohybu. A tak je čas podívat se na jednu z výjimek z obecného pravidla, že teplota je nejvyšší na rovníku a rovnoměrně klesá směrem k pólům. Důsledky jsou rozmanité, krásné, až děsivé, ale jako už tolikrát v historii, když se objeví lidé, příběh má tendenci skončit nějakým dramatem.

Umělecké dílo nakreslené teplotou

Mnoho zvláštností týkajících se teploty oceánu bylo námořníkům známo již po staletí. Jedním z prvních lidí, kteří z těchto místních zvláštností začali tkát globální vzor, byl nekonečně nadšený německý přírodovědec a polyhistor, který si získal pozornost tím, že popsal široké pásy naší planety nejen s dovedností vědce, ale také srdcem básníka.

Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von Humboldt byl neposedný intelektuál s hlubokou vášní pro přírodní svět.⁹ Narodil se roku 1769 v Berlíně (tehdy součástí Pruska) a zvolil si cestu globálního výzkumu, což by znamenalo velké zklamání pro jeho matku, pokud by se jeho rozhodnutí dožila. Doufala, že se syn stane vysoko postaveným pruským státním úředníkem. Ten byl místo toho plný zvědavosti, když dlouhá léta cestoval do exotických destinací, studoval a hledal odpovědi na kdejaké otázky. V pozdějším věku začal nahlížet na přírodu (včetně její lidské složky) jako

⁹ Humboldt, výjimečný ve své schopnosti propojit vědecké, kulturní a umělecké aspekty světa, které vnímal, inspiroval jak Charlese Darwina, tak Ralpha Waldo Emersona. Chcete-li projít celý příběh jeho života, doporučuji výbornou knihu *The Invention of Nature* (Vynález přírody, česky vyšlo v roce 2015 v nakladatelství Dobrovský) od Andrey Wulf. Mezi jeho mnohé pozoruhodné úspěchy patří i to, že byl první, kdo uznal člověkem způsobenou změnu klimatu – v roce 1800.

na jednu velkou propojenou síť,¹⁰ což bylo v přímém rozporu s většinou vědců té doby, kteří byli zcela pohlceni kategorizací všech věcí do pěkných a přesných škatulek.

V roce 1802 Humboldt poprvé spatřil Tichý oceán, když se vydal na plavbu z Limy v Peru na sever, během které pozoroval pobřeží Jižní Ameriky až po Mexiko. Mnohem později v obřím díle nazvaném *Kosmos: náčrt fyzického popisu světa* (nikdo ho tedy nemohl nařknout z nedostatku ctižádosti) popsal oceánský proud, který je během oné plavby vedl:

V určitých obdobích roku je teplota tohoto studeného oceánského proudu v tropech pouze 15 °C, zatímco nedotčená přiléhající voda vykazuje teplotu v rozmezí 27,5 °C až 28,7 °C. Na té části pobřeží Jižní Ameriky jižně od města Paita, která se nejvíce sklání západním směrem, se proud náhle odvrací od břehu stejným směrem a stočí se na západ tak prudce, že loď plující na sever náhle přechází ze studené do teplé vody.

Na Celsiově teplotní stupnici (přičemž už tehdy do své vědecké práce zahrnul převodní tabulku, protože se běžně používaly stupně Celsia i Fahrenheita) zaznamenával, že voda v oceánu měla 16 °C místo 28 °C, které byste mohli v této zeměpisné šířce očekávat. A nejen to. Existovala i ostrá rozhraní mezi teplou a studenou vodou. Lima leží pouze 12 šířkových stupňů jižně od rovníku, nachází se tedy podle našich měřítek v tropech. Na moderní mapě globální teploty povrchu moře je anomálie vidět ještě jasněji. Jazyk studené vody se plazí po západní straně Jižní Ameriky a táhne se od poloviny Chile až do Peru. Zastaví se těsně pod rovníkem, kolem 4. stupně jižní šířky. Tato zvláštnost měla obrovský vliv na globální politiku, poušť Atacama, spoustu rybářů a překvapivé i na množství prasat. Humboldt by měl velkou radost.

¹⁰ Předběhl tím o 170 let některé myšlenky, které James Lovelock později začlenil do hypotézy Gaia.

Nejpozoruhodnějším obyvatelem tohoto studeného proudu je sardel peruánská neboli ančovička: malá ryba velkého významu. Má štíhlé stříbřitě tělo, zespodu světlejší, na hřbetě tmavší a velké kulaté oči, které vypadají, jako kdyby zabíraly většinu hlavy. Může dosáhnout délky nanejvýš 20 centimetrů, ale malou velikost si vynahrazuje tím, že se s miliony dalších sdružuje v obrovských hustých hejnech. Tato hejna sdílejí v této oblasti studenou povrchovou vodu se spoustou dalších: makrelami, sardinkami, mořskými štikami a parmicemi, které zase představují potravu pro větší predátory, jakými jsou pelamida obecná, lachtani a různé druhy mořských ptáků. Tento úzký pruh oceánu nabízí mobilní hostinu, luxusní výjimku ve srovnání s velkou částí otevřeného oceánu. Abychom se dobrali základní příčiny této biologické hojnosti, musíme se vrátit na úplný začátek potravního řetězce. Velcí predátoři, jako je pelamida chilská, se živí menšími rybami, jako jsou ančovičky, které hltají kril, drobná stvoření podobná krevetám, jež si dávají k obědu fytoplankton, který pilně tráví čas přeměnou sluneční energie v něco, co může využít zbytek potravního řetězce. Zatím je to dobré. Jakmile je přeměněn dostatek sluneční energie, zbytek potravního řetězce je sytý a šťastný. Ohromující hustota tohoto ekosystému musí být nakrmena stejně tak ohromující populací fytoplanktonu. Co však dělá tato neobvyklá záplava nejmenších elektráren na Zemi tady, ve studeném proudu, a ne v teplé vodě hned vedle?

Tím se dostáváme k jednomu z nejvýznamnějších důsledků rozdělení oceánu do vrstev. Fytoplankton je rozmanitá, složitá a krásná skupina tvorů, jejichž základní potřeby jsou však docela jednoduché. Potřebují sluneční světlo, živiny, oxid uhličitý a vodu (poslední uvedená složka nebyla v oceánu nikdy považována za limitující faktor). Jsou to první dvě složky, které působí jako brzda. Horní (obecně teplá) vrstva oceánu má dostatek slunečního záření. Živiny tam ale mohou být docela rychle spotřebovány. Dole v hlubších a chladnějších vodách skrytých pod horní vrstvou bývá dostatek živin (v další kapitole uvidíme, proč), ale žádné sluneční světlo. Drobný jednobuněčný fytoplankton je schopen splnit opravdu velkolepý úkol: vybudovat základ potravního řetězce celého oceánu. Může to však

udělat pouze tehdy, když je přítomno jak světlo, tak živiny – jak energie, tak suroviny – a náš do vrstev rozdělený oceán má tendenci udržovat tyto rozhodující ingredience oddělené: světlo nahoře, živiny dole. Studený proud pozorovaný Humboldtem (a později po něm i pojmenovaný) je místem, kde se tento základní problém velmi efektivně řeší.

Jediná kolem se prohánějící ančovička, která nabírá kril, se obvykle zdržuje v horních 50 metrech oceánu. Rozhodující dění se odehrává jak nahoře, tak dole – a pro ančovičku vmáčknutou uprostřed to má své důsledky. Na hladině oceánu žene vítr vodu směrem na západ, do Tichého oceánu. Po celé délce tohoto pobřeží je teplá povrchová vrstva neustále tlačena od pevniny a tlak je tak silný, že se teplá voda úplně vzdaluje od břehu. Možná si myslíte, že by tam pak mohla zůstat díra, jenže dole pod ančovičkou, v hloubce kolem 300 metrů, se dává do pohybu voda z chladné spodní vrstvy oceánu, aby tuto mezeru zaplnila. Směřuje k východu, dokud nenarazí na pobřeží, a pak stoupá vzhůru. Naše ančovička plave v prosluněné vodě pocházející z hlubin oceánu. Oceánografové, kteří berou věci doslovně, nazývají toto vzestupné proudění jako vzednutí (angl. *upwelling*). Zpod teplého víka uniká studená, na živiny bohatá voda, a když se setká se slunečním svitem, objevují se veškeré ingredience potřebné pro život v obrovském množství. Neděje se to na každém pobřeží, ale zrovna tady se to odehrává ve velkém stylu. Fytoplankton se může ve svitu slunce hloupě přejídat a ukládat si obrovské zásoby sluneční energie.

Na takovémto porušení pravidel, podle nichž oceán normálně funguje, velmi záleží. Tato úzká oblast zaujímá asi 0,05 procenta povrchu globálního oceánu, přináší však 15 až 20 procent celosvětového úlovku ryb. Až donedávna byl roční úlovek sardele peruánské ze všech druhů volně žijících ryb stále největší a v roce 1971 dosáhl maxima 13,1 milionů tun neboli kolem 200 miliard jedinců (je ale třeba poznamenat, že tento mimořádný výlov způsobil v následujícím roce propad populace). V roce 2018 činil úlovek sardele peruánské přibližně 5 milionů tun z celkových zhruba 90 milionů tun celosvětově ulovených ryb. Budiž vám v tuto chvíli odpuštěno, že se divíte, proč peruánské ančovičky nebyly k dostání na pultě vašeho místního