



**PETER
WOHLLEBEN**

PIERRE L. IBISCH

JAK FUNGUJE LES?

Poznejte svět díky lesům

Úžasné postřehy o lese,
lidech i naší budoucnosti

KAZDA



JAK FUNGUJE LES?

PETER WOHLLEBEN
PIERRE L. IBISCH

JAK FUNGUJE LES?

POZNEJTE SVĚT DÍKY LESŮM

*Úžasné postřehy o lese,
lidech i naší budoucnosti*



Publikováním této knihy podporujeme projekt bukového pralesa Wohllebenovy LESNÍ AKADEMIE v regionu Eifel.

V ryze přírodním stavu by bylo 90 procent plochy Německa pokryto lesem. Pověštině by šlo o bukové či smíšené lesy s převahou buků a dubů. Staré bukové lesy jsou deštnými pralesy Evropy – a právě tak jako s tropickými porosty to i s nimi vypadá velice špatně. Bukové lesy starší než 180 let zabírají pouze 0,16 % celkové rozlohy země. Porosty, které jsou součástí našeho pralesního projektu, důsledně chráníme, abychom je zachovali pro budoucí generace.

V chráněných lesních oblastech regionu Eifel se ve starých lesích přirozeným způsobem ukládá oxid uhličitý, což ulehčuje klimatu. Projekt současně hraje důležitou roli z hlediska zachování biodiverzity.

Zachránci lesa

Chráníme les

VÍCE INFORMACÍ O NAŠICH AKTIVITÁCH

wohllebens-waldakademie.de/ludwig.verlag

Obsahuje-li tato publikace odkazy na webové stránky třetích stran, neneseme za jejich obsah žádnou odpovědnost, protože je nepřijímáme za své, ale pouze odkazujeme na jejich stav v době prvního zveřejnění.

Vydalo Nakladatelství KAZDA, s.r.o., v roce 2024.

Nové sady 2, 602 00 Brno

www.knihykazda.cz

info@knihykazda.cz

tel.: +420 725 565 486

Původní vydání: Waldwissen: Vom Wald her die Welt verstehen. Erstaunliche Erkenntnisse über den Wald, den Menschen und unsere Zukunft od Petera Wohllebena a Pierra L. Ibische

Copyright © 2023 Ludwig Verlag, Mnichov

Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH, Mnichov, Německo

1. vydání

Překlad: Magdaléna Havlová

Odborná korektura: Vojtěch Zavadil

Odpovědný redaktor: Marek Chvátal

Návrh obálky: Pavel Ševčík

Autor fotografie: nature78

Fotobanka: Depositphotos.com

Sazba: Artedit spol. s r. o., Praha

Tisk a vazba: Iva Vodáková – Durabo, Čelákovice

Digitální formáty: www.drusala.cz

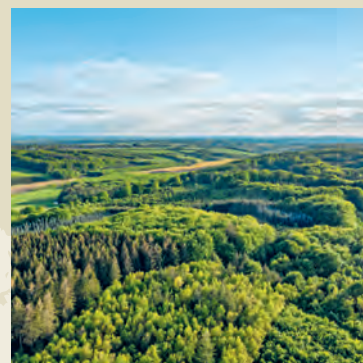
ISBN: 978-80-7670-209-7





OBSAH

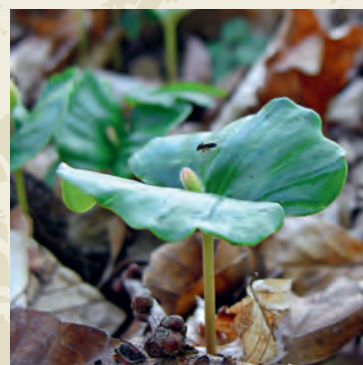
Úvodem	12
Proč právě les?	15
Les je víc než jen úhrn stromů	23
Lesy jsou systémy	24
Lesy jsou nepředvídatelné	32
Mnoho částí, ještě více interakcí	32
Biodiverzita: Rozmanitost života	33
Vliv „nemrtvých“ aktérů	36
Komplexita nevypočitatelná, překvapující, podceňovaná	38
Všichni jsou důležití, avšak některé komponenty jsou důležitější	44
Ani pořádek nic neřeší	47
Chaos a tvůrčí destrukce	48
Přírodu nelze předvídat ani řídit. Proč?	52
Členitý „lesní organismus“	58
Symbióza: Od soupeření k soužití	58
„Wood Wide Web“	65
Fetáci a dealeri	70
Všichni jsme lišejníky: O metaorganismech a holobiontech	71
Nepochopitelné a podceňované: Rostliny a jejich mikrobiomy	74
<i>E pluribus unum</i> : Les jako organismus?	80
Počítačová síť: Les zpracovává informace	83
Informace ve správný čas na správném místě	85
Život jako management informací	86
Dobrá paměť je i otázkou věku	87
Čeho je moc, to mnohdy málo pomáhá	87
Informace, pohlavní rozmnožování a biologická zdatnost	90
Od komunikace k funkci... a inteligenci	92
Všechno je energie	95
Získávat, využívat a ukládat energii, aniž bychom se ocitli v plamenech	95
Je to všechno nakonec k ničemu?	96
Lesy jako stroje času	98
Hospodaření s omezeným množstvím energie – eficeience, suficeience a resilience	110
Stavitelé uhlíkového světa	116
Proč vlastně uhlík?	116
Váha a výška, mládí a stáří	117
Živí nebo mrtví	118
Když dřevo prachniví, les žije	118
Lesní fyzika: Lesy jako vodní nádrže a klimatizace	122
Na počátku byla voda	122
Lesní vod(árny)	125
Síla „zelené vody“	130
Výrobci deště a počasí: Létající řeky a lesní pumpy	139
Ekosystém – sousedství a vztahy na dálku	144



Lesy pro lidi, lidé pro lesy	145
Socioekologické systémy: prostě jen sociální a ekologické?	145
Ekonika: Učme se od lesa, jak hospodařit.....	148
Člověk a les – krátká historie dlouhého vztahu	153
Slova lesa	154
Obrazy lesa	156
Lesní pojmosloví a otázka systému	161
Pojmosloví jako program.....	161
Oddělení a porosty: Rozčleňování a stavění lesa	168
Les blízký přírodě – něco jako dýmovnice?	169
Od lesního organismu k ekosystému	172
Co prospívá lesu a člověku	179
Co přispívá zdraví lesa?	181
Prostor a čas	181
Čím divočejší, tím lepší.....	182
Proč les stůně?	186
Užívání dřeva a lesní hospodářství	189
Zpřístupňování	189
Technika.....	192
Výsadba.....	195
Nové druhy.....	196
Péče.....	197
Sklizeň.....	198
Lov	205
Nebezpečí požáru a nejenom to: Tak trochu jiné hrozby	212
Domov, fabrika, či les? Rozvoj sídlišť a průmyslu.....	214
Pro nás potrava, pro biosféru jed: Zemědělství	217
Pohonné látky civilizace: Výroba energie a těžba surovin	218
Potrhané a rozřezané: Dopravní infrastruktura, informační a energetické kanály.....	220
Člověk kazisvět? Jiné zdroje než dřevo, jejich využívání a další aktivity v lese	223
Na suchu: Změny vodního režimu krajiny.....	223
Systémy v plamenech: Změny přirozeného režimu ohně	223
Invazivní a jiné problematické druhy	226
Odpad: Bod zvratu	227
Lidmi rozpoutaná klimatická krize a údajná adaptace	232
Největší hrozící pohroma: Klimatická změna a body zvratu.....	232
Dobře míněno, avšak... Ochrana klimatu a adaptace na klimatickou změnu	238
„Choroby“ lesa a jejich příčiny	244
Pacient les – a co je s jeho ošetřovateli?	246
Trauma lesního hospodářství: Ztráta významu	252
Můj les, můj majetek, moje právo?	253
Nedostatek vědění, (s)vědomí a jistoty	257
Nová definice rozvoje	258
Kdo jsme a co bychom měli chtít.....	260



Co je dobrý život?	264
Přínosy ekosystémů jako základ lidského blaha.....	265
Člověk a les: O žití a cítění.....	266
Proč obhospodařovat les?	273
Komu slouží obhospodařování lesa?	274
Znejistění jako výzva	275
O vědění a hospodaření	276
Sociálně ekologické aspekty hospodaření a šetření	278
Cíle a měření hospodářského úspěchu.....	278
Hospodaření a rizikový management	288
Evidence a hodnocení lesních ekosystémů a jejich obhospodařování	290
Chytřejší díky zkušenostem: (Ne)vědění a adaptivní přínosů ekosystému	292
Otázka spravedlnosti: Sociálně ekologická lesní governance	293
Čtyři hraniční linie ve vztahu k lesu: Aktuální výzvy a úkoly	294
Organizace a kontrola lesního provozu	297
Komunikace a účast	298
Sociálně ekologická lesní politika	299
20 principů sociálně ekologického obhospodařování lesa – manifest	303
Nový kompas pro les – orientace na cestě	307
Hlad po dřevě: Podpora zásobovacích přínosů ekosystému	309
Jak dostat dřevo z lesa?	311
Nové stromy	312
Hříšní brouci a obětí beránci	322
Péče pilou?.....	328
Kácet ano, ale s mírou	329
Od luk a plantáží zpět ke skutečnému lesu.....	335
Dřevo není všechno: Podpora regulačních přínosů ekosystému	337
Cestou necestou.....	338
Výsadba	341
Lesní lázně a tak dále: Podpora kulturních přínosů ekosystému	344
Zpřístupnění a technika.....	345
Výsadba a péče.....	345
Konec lovu aneb Když lesní zvěř není plachá	346
Motorová pila versus turistika.....	348
A co tu máme pro turisty?.....	353
Lesní hospodářství výhradně jen v lese?	355
Budoucnost: Jak by to mohlo a mělo pokračovat?	359
Jinak než radikálně to nepůjde!	362
Za klimatické scelování krajiny	365
Transformovat strach a smutek.....	368
Vědět o lese a cítit les: Naděje na závěr	369
Poznámky	370
Zdroje vyobrazení	383





ÚVODEM

Lesy, to nejsou jen nádherné, mnohotvárné ekosystémy, mají totiž také nedozírný význam pro život na celé planetě. Aktivně řídí koloběh vody, ochlazují krajinu a jsou domovem nesčetných, pouze náznakem probádaných rostlinných a živočišných druhů.

Zásadní otázka zní, zda si dokážeme udržet dost lesů na to, abychom zachovali veškeré jejich schopnosti. Tomu se staví do cesty náš hlad po dřevě, který chceme rovněž nasytit. Všechny ty jednoduché odpovědi, které dosud mělo lesní hospodářství pohotově, vedou, jak se mezitím zjistilo, definitivně do slepé uličky. Nejenom globálně, nýbrž i přímo za našimi humny už teď umírají smrkové či borovicové plantáže na tisících čtverečních kilometrech. Lidé je vysazovali ve víře, že les jsou především stromy, s nimiž lze zacházet tak, aby kromě spousty dřeva dodaly i všechny ostatní lesní benefity. S tím by ovšem stromy a ostatní organismy žijící spolu s nimi v lese rozhodně nesouhlasily, kdyby mohly. Místo toho zcela potichu zavírají krám, což nám většinou začne docházet až tehdy, když už je pro zasažené plochy pozdě.

Tuto knihu jsme napsali, protože milujeme les – a protože se o něj obáváme. Život bez stromů, bez ptáků, bez šumění listů v korunách starých buků, bez kmenů obrostlých mechem, bez hub ve zpuchřelém mrtvém dřevě, bez kořenitě vonícího vzduchu za teplých dní či bez onoho zvláštního skřípění, když se lesem prohání vítr, je pro nás nepředstavitelný. Proto chceme podniknout všechno pro to, abychom tuto studnici života zachovali – pro nás pro všechny.

Existují totiž už strategie, jak to můžeme společně zvládnout.

S tímto cílem vás nejprve uneseme do světa těch úplně nejmenších, abychom se podívali, jak molekuly,

bakterie a houby společně se stromy a všemi ostatními živými bytostmi vytvářejí obrovitý organismus s nejpodivuhodnějšími schopnostmi. Následně vás vyzveme k jízdě na horské dráze. Vrhá se strmě dolů do hlubin lidské pýchy, která v kostýmu lesního hospodáře věří tomu, že umí les vypěstovat, a všechny neblahé důsledky svého konání bez rozpaků svaluje na druhé. Ve vírech klimatické katastrofy nás bude přecházet zrak a sluch.

Ale žádný strach, zase pojedeme vzhůru. Přemýšlíme o naší úloze ve světě a učíme se od přírody hospodařit jinak než dosud. Přitom se pokoušíme o řešení, která se neřídí strnulými předpisy, nýbrž jsou pružná a neustále při nich získáváme poznatky, jak pracovat s lesem a ne proti němu.

Les je bioreaktor s rozhodujícím významem pro globální ekosystém, v němž my lidé představujeme pouze závislou složku. Proto může být lesní hospodářství pouze a jenom ekologické. Navíc musí probíhat s lidmi a pro lidi. Hospodaření jako sociální konání – sociálně ekologické hospodaření!

Sociálně ekologické lesní hospodaření se zásadním způsobem liší od tradičních postupů. My jej krok za krokem náležitě osvětlíme, abychom viděli, jak daleko se od sebe v průběhu času navzájem vzdálily nároky a skutečnost.

Náš výhled do budoucna rozhodně zadržává důvod k naději – pokud si uvědomíme, že jsme stále ještě součástí ekosystémů naší Země. Ochrana těchto ekosystémů naší domovské planety musí tudíž mít nejvyšší prioritu v zájmu zajištění důstojného života pro všechny.



*Bukový prales Uhoľka-Širokij
Luh v ukrajinských Karpatech.
(Pierre L. Ibisch, červen 2019)*



Proč právě les?

Proč by nás vůbec mělo téma les zajímat? Odpověď na tuto otázku je nasnadě: zaprvé bychom bez lesa neexistovali, zadruhé jsme schopni les zničit, což také neustále činíme. A dosud jsme byli pramálo úspěšní v tom, abychom tento negativní vývoj zvrátili.

Z tohoto prostého zjištění nutně vyplývá spousta dalších komplikovaných otázek. Proč lidstvo navzdory svému tisíciletému vědění o důležitosti lesa nedokázalo projít společenským vývojem bez jeho ničení? Bylo by odloučení celkového rozvoje od spotřeby dřeva a plenění lesa vůbec schůdnou cestou? Proč se lesnictví, už více než 300 let rozšířenému po celém světě, nepodařilo zánik lesů zbrzdit? Je zachování lesa problém, který lze lépe řešit na základě hlubšího vědění? Potřebujeme nové či jiné poznatky? Anebo tu jde spíše o politiku než o to, co víme? Potřebujeme pro zachování lesa „ekologičtější lesní politiku“, nebo „političtější ekologii lesa“?

Lesy lidi fascinovaly odedávna. Les je místo, kde je mnoho bytostí zjevně větších a věkovitějších, než jsme my sami. Už to samo o sobě nutí k přemýšlení. Staré stromy nás spojují s minulostí a budoucností. Lesy jsou nepřehledné a mnohdy ještě i neprobádané a tajemné. Tvoří tím protiklad našeho moderního světa, stvořeného lidmi, našeho prostředí, které charakterizují

rovné linie a pravé úhly, plánovitost a vypočitatelnost. Lesy mohou být divoké, to znamená, že mají svoji vlastní „vůli“; to, co se v nich děje, se řídí vlastními pravidly. Lesy mají v zásobě překvapení a mohou být nebezpečné pro ty, kdo se v nich nevyznají. Mohou nás ale také (za)chránit a (u)krýt. Lesy jsou někdy temné a jindy prosvětlené, zelené, pestré, chladné, vlhké, jsou cítit dřevem, zemí či hnilobou. Oslovují naše smysly a podněcují fantazii a tvořivost.

A přece, většina lidí na této planetě v lese nežije, ba ani jej nenavštěvuje. Je možné, že les už nemá s každodenním životem a jeho světem co činit? Je snad ta tenká pupeční šňůra, která s ním spojovala ještě naše prarodiče, přetržená? Jak velice klamný tento dojem může být, o tom se přesvědčíme na dalších stránkách této knihy.

Nyní žijeme v období, které vědci označují jako antropocén. Důvod pro tento název je znepokojující: lidstvo může ovlivnit budoucnost naší planety tak dalece, jak to dřív bylo dopřáno jen asteroidům či geologickým silám.

Evoluce nás vybavila k tomu, abychom nabyli značného vlivu na celou biosféru. Lhostejno, kde se život odehrává – v oceánech, v lesích či na horách –, vměšujeme se do něho všude. Tyto naše aktivity mění klima a produkujeme látky, které nikdy předtím na Zemi nebyly. Jsme příčinou vymírání četných druhů a ovlivňujeme průběh evoluce na celé planetě. Tuto moc jsme získali, aniž bychom to plánovali a aniž bychom měli možnost ji odmítnout. Avšak jsme už také schopni rozpoznat negativní důsledky svého chování. Navíc dokážeme přemýšlet a pociťovat zodpovědnost. Nyní musíme pracovat na tom, abychom tento pocit proměnili v činy a ochránili biosféru, včetně nás lidí, před sebou samými.

Naše veskrze legitimní touha po dobrém životě a rozvoji nadělila mnoha lidem blahobyt – a nám všem navíc i gigantické problémy. Velké krize a výzvy nás udržují ve střehu: globální klimatické změny, obtíže se zásobováním, ubývání vody, energie a půdy, hlad, choroby, konflikty a války. Proč bychom se vlastně měli starat o les, když zjevně existují mnohem naléhavější otázky?

Občas slyšíme už dnes hlasy – a mnohé z nich patří dokonce vědcům, upřímně se strachujícím o budoucnost –, že jsme to žel nechali dojít tak daleko, že záchrana světa bude muset proběhnout tak nějak „nedbale“,¹ že na purismus už prostě není čas. Bylo by sice krásné uchovat také bohatství přírodních lesů, nicméně to už nepůjde.

Záchrana světa na účet posledních existujících lesů? Pro příběh lidských civilizací je do značné míry charakteristické, že les musel ustupovat, aby rostoucí počet lidí mohl žít stále lépe. Kde roste les, tam nelze intenzivně produkovat potraviny. Les soupeří s námi lidmi o prostor, který podle všeho potřebujeme, abychom si postavili svoje příbytky, mohli obdělávat pole a chovat užitková zvířata. Avšak les nám překáží i tam, kde se chceme po našich silnicích a kolejích rychle pohybovat krajinou, a k tomu máme dojem, že v moderní době les zabírá v industrializovaných zemích příliš mnoho místa, které nutně potřebujeme, abychom mohli s pomocí fotovoltaiky a větrných turbín získávat obnovitelnou energii a vyřešit tak gigantický problém s klimatem. Lesu stále ještě rozumíme málo, abychom si mohli myslet, že ho můžeme prostě a jednoduše přemístit. Když starý stromový porost vymýtíme, jinde vysadíme nový – avšak mladá plantáž nemůže les,

jehož jsme se zbavili, nahradit, může snad jen trochu uklidnit naše svědomí.

Důležitým ospravedlněním naší touhy po zachování lesa je skutečnost, že chceme mít prospěch z jeho produktů. Většinu lidí – především těch, kteří chtějí či musí vydělávat peníze obhospodařováním lesa – přichází v této souvislosti na mysl dřevo. I když nám lidem lesy tak často stály v cestě, bylo to právě dřevo stromů, které umožnilo naše vítězné tažení světem.

Na počátku byl oheň. Umožnil nám připravovat stravitelnější pokrmy a dal nám k dispozici nové potraviny, které by bez tepelné úpravy byly jedovaté či těžko požitelné. Díky ohni jsme mohli lovit a efektivně utvářet své životní prostředí. Dříví na zátop bylo první oporou schopnou učinit nás méně závislými na rozmarech přírody. Dovolilo nám proniknout do oblastí dříve lidskému životu nepříteliš nakloněných. Energie, kterou stromy uložily, se dala dopravovat na jiná místa a tam ji bylo možné s časovou prodlevou zase uvolnit. Topné dřevo dávalo nám lidem šanci přestát chladná období a vnést světlo do temnoty domů a jeskyní.

Palivové dříví bylo rovněž první pohonnou látkou moderní doby. Spalování stromů pohánělo parní stroje a stálo tak v počátcích industrializace.² Poté co pálení dřeva mimo táborové ohně či útulná kamna a krby v průmyslových zemích poněkud vyšlo z módy, objevila v něm poslední léta údajně ekologické palivo, použitelné dokonce i k výrobě proudu ve speciálních elektrárnách.

I jako stavební materiál nám dřevo urovnávalo cestu k civilizaci. Zbraně, zemědělské náčiní, nádoby jako kupříkladu sudy a vědra, nábytek a v neposlední řadě domy, to vše lidem pomáhalo usnadnit si život a stát se o něco méně závislými na přírodě a na nepravidelném zásobování surovinami. Doba kamenná by se ve skutečnosti měla nazývat spíše „dobou dřevěnou“,³ protože spousta nástrojů a nářadí, jako byly sekery, šipy, luky a motyky, se vyráběla především ze dřeva a jen z malé části z kamene. Když lidé na území dnešní Anglie zhruba před 5000 lety transportovali desítky tun těžké kamenné bloky na vzdálenost až 250 kilometrů, aby si vytvořili jedinečné kultovní místo Stonehenge, mohlo se jim to podařit jen s pomocí dřeva. Tehdy muselo dojít k obrovským zásahům do lesů. Co ale mnozí z nás nevědí, nedaleko Stonehenge vznikla další svatyně s názvem Woodhenge.⁴

Zatímco kovy po jisté době vytlačily kámen z lidské technologie výroby náradí, zůstalo dřevo i nadále všudypřítomné – nejen v podobě postelí, polic, beden a palet, ale i v produkci nástrojů vysoké kultury, jako jsou housle nebo klavíry. Aktuálně se dřevo považuje rovněž za obzvlášť moderní materiál pro stavbu budov.⁵ Veliké části lidstva skýtá dodnes v podobě trámů a latěk střechem nad hlavou a i tam, kde se staví ze skla, oceli a betonu, je nepostradatelné jako bednění či lešení.

Dřevo ale hrálo stěžejní roli také při naší cestě ke globalizaci. Bylo materiálem pro stavbu flotil, s nimiž se některé společnosti vydaly objevovat pro sebe svět a coby kolonizátoři si jej podmanit. To započalo už v antice a Středomoří je varovným příkladem, jak může stavba lodí a sídlišť, stejně jako zemědělství a získávání dřevěného uhlí, nenávratně poškozovat lesní ekosystémy, nebo je dokonce přivést k zániku.⁶ Osudy středomořského prostoru nám jasně ukazují, jak může ničení přírodních zdrojů přispět k oslabení a nakonec k rozpadu politických systémů. Za to, že tamní historie navzdory zkáze lesa pokračovala, vděčí tato oblast pouze dovozu surovin z jiných částí světa.

Nedostatek dřeva psal hlavně v Evropě dějiny životního prostředí. Ve více zemích byly lesy už počátkem novověku v tak bídém stavu, že se hospodářské a politické důsledky zdály být hrozné.

Saský důlní specialista Carl von Carlowitz dosáhl proslulosti svou výzvou, aby se jeho současníci z ekonomických důvodů systematicky věnovali produkci dřeva. V roce 1713 uveřejnil svůj spis *Sylvicultura oeconomica*. Sice jím asi ještě neudeřila hodina zrodu koncepce trvalé udržitelnosti, nicméně šlo o vznik lesnictví ve smyslu plánovaného vysazování stromů, podobného pěstování zemědělských plodin, aby se tak umožnilo „udržovat“ zdroje dřeva pod kontrolou.

I přes tak letité úvahy a pokusy o řešení pokračuje zkáza lesa v celosvětovém měřítku především vlivem šíření zemědělství, podněcuje ji však též lačnění po vzácných pralesních dřevinách. Dokonce i v průmyslových zemích, jako je Německo, kde nedochází k překotnému nárůstu obyvatelstva, se lesy kácí kvůli zakládání povrchových dolů či stavbě silnic. To tedy znamená, že tyto lesy pro společnost nemají žádnou cenu – anebo ve srovnání se zmíněnými alternativami nemají dostatečnou cenu.



Woodhenge je kultovní místo z kruhovitě uspořádaných dřevěných kůlů, vzdálené pouhé 3 kilometry od proslulého Stonehenge. Je důkazem toho, že dřevo mělo též nemalý kulturní význam. Protože běhu času dokázaly vzdorovat pouze jamky po původních sloupech, byla památka rekonstruována.





Stát Bahia na východě
Brazílie. Pobřežní deštný
prales s neobyčejnou hojností
druhů musel ustoupit chovu
dobytka.
(Pierre L. Ibisch, duben 2015)

Už jenom z hlediska využívání dřeva je záhodno se intenzivně zasazovat o les a jeho přetrvání. Dávno je totiž jasné, jak dalece jsou fungující lesy součástí našeho globálního životního prostředí, takže bez nich bychom nemohli vůbec existovat. Jestliže takovou záruku lidské existence a našeho blaha ztrácíme, musí politici a ekonomové vlastně diagnostikovat selhání trhu a něco proti tomu podniknout. To se ale zatím víceméně neděje. Lesu se tudíž nedaří o nic lépe než ostatním složkám ekosystému, v nichž už delší dobu spatřujeme základy života, ať už jde o moře a jeho ryby, úrodné půdy, biodiverzitu, či světové klima.

A jak je to s už celá desetiletí vynakládaným mezinárodním úsilím o zastavení zkázy základů našeho bytí? Tak třeba Spojené národy svolaly v roce 1992 světový summit s tématem „Životní prostředí a rozvoj“. Výsledkem byly globální zákony týkající se životního prostředí, takzvané konvence. Ty se zaměřují na klima, rozmanitost biologických druhů či šíření pouští. Na jednacím stole spočinula také konvence zaměřená na zachování lesů, ta nicméně nebyla předmětem seriózních úvah. Je ale možná záchrana světa bez lesů?

Téma budoucnosti lesů má žel ještě horší pozici než ostatní oblasti politiky životního prostředí. Právě

v případě lesa se jasně definované a víceméně časově limitované ekonomické zájmy zdají být obzvlášť neslučitelné s dlouhodobými cíli „udržitelnosti“. To platí hlavně v silně zalesněných zemích, jako jsou Brazílie, Kanada či Rusko. Těm je zatěžko se už jen rozhodnout pro efektivní zachování lesů, protože s přeměňováním lesa či využíváním dřeva se tam zjevně pojí mimořádně četné krátkodobé rozvojové alternativy a možnosti zisku. Avšak nejinak je tomu v průmyslových zemích, které už nedisponují velkými lesními plochami, natož aby z lesa čerpaly svoji ekonomickou sílu. Tak byly kupříkladu snahy Evropské komise o zavedení lesní strategie v Evropské unii bojkotovány členskými státy, mimo jiné i Německem, které to zdůvodňovalo nevyvážeností strategických řešení. Pohled na ekologické cíle (klima a biodiverzitu) je prý příliš jednostranný a nebere dostatečně v úvahu význam obhospodařovaných lesů a dřeva pro bioekonomii. A navíc tak jako tak nebylo v plánu nechat si od společenství do zacházení s lesy mluvit. Tytéž státy nicméně kritizovaly jiné země, třeba Brazílii, že pro zachování lesů nedělají dost.

Může snad být příčinou těchto krátkozrakých postojů fakt, že spousta lidí les ve skutečnosti vůbec nezná? Tady mohou následující stránky pomoci zjednat nápravu.



Ostrov Vilm v Baltském moři je od roku 1936 chráněnou oblastí, od roku 1959 byl pro veřejnost uzavřeným letoviskem vládních orgánů tehdejší NDR. V roce 1994 se stal součástí biosférické rezervace Jihovýchodní Rujana. Poslední velké kácení se datuje rokem 1527, v roce 1812 byla těžba dřeva zcela zastavena. Tento malý „prales“ je také evropskou oblastí ochrany ptactva, fauny a flóry. (Pierre L. Ibisch, květen 2017)

Les je víc než jen úhrn stromů

Lesy jsou ekosystémy. Výraz je odvozen z řeckého slova *oikos*, což znamená dům, domácnost. Systémy jsou organizované a uspořádané celky. To bez vysvětlení skutečně není snadné pochopit. Nějaké domácnosti v přírodě – co tam asi pohledávají?

Je to téměř paradoxní. Pozemská příroda nás bezprostředně obklopuje a naše existence na ní zcela závisí. Jenže nám stále ještě chybí obecně srozumitelná slova, která by všem dávala jasně vědět, o čem jde.

Pojem a koncept ekosystému toho skrývá tolik, že se často dopouštíme určitého zjednodušení, aby se dal používat i mimo odborné kruhy.

Ekosystém je často definován jako společenstvo neboli biocenóza složená z živých organismů a biotopu. Tato definice ovšem není v duchu původce této myšlenky Arthura Tansleye, který „vynalezl“ ekosystém právě proto, aby se vyhnul pojmu společenstvo. V podstatě mu šlo o systémové, tj. vzájemné působení, ne jen o součet jednotlivých částí.

Na jedné straně platí, že „les je něčím víc nežli úhrnem svých stromů“, na straně druhé se ekosystém nevytvoří automaticky tím, že budeme držet různé živé organismy na jednom a téže místě. Zoologické

a botanické zahrady nejsou žádné ekosystémy, pro své zachování totiž vyžadují náročnou péči a údržbu.

Pochopit ekosystém je tak důležité, že se vyplatí podívat se na něj blíže. Přitom je třeba porozumět nejen centrálním složkám ekosystémů, nýbrž především procesům, které v nich probíhají, pohonné látce, která je udržuje při životě, jejich působení a jejich funkcím. Chápat a obhospodařovat takové ekosystémy, jako jsou lesy, neznamená ani tak znát co nejlépe detaily a jednotlivě je i zpracovávat, jako spíše myslet v souvislostech. V následujících kapitolách knihy se proto budeme zabývat mnoha fyzikálními, chemickými a biologickými skutečnostmi, které se s lesy pojí. Kdo chce žít ze stromů a lesů, ten nemůže přehlížet molekuly, pokud nechce ignorovat život jako takový. Avšak buďte bez obav, svoje místo tu má i člověk – jako součást ekosystémů.

Poměr částí k celku

Na tomto místě je záhodno vzpomenout Alexandra von Humboldta – následujme jeho „snahu chápat jevy fyzické skutečnosti v jejich všeobecných souvislostech, přírodu jako vnitřními silami rozpohybovaný a oživený celek“. I když jde zdánlivě „jen“ o les, měli bychom se cítit zavázání Humboldtovu kosmickému chápání vědy: „Jednotlivosti ve vědění o přírodě jsou ve své vnitřní podstatě silou osvojování schopny se vzájemně oplodňovat“¹ a „v učení o vesmíru se jednotlivé vnímá pouze v jeho poměru k celku, jako součást světových jevů.“²

1 A. von Humboldt (1845): Kosmos. Entwurf einer physischen Weltbeschreibung. Úplné vydání ve 2 svazcích, H. M. Enzensberger, Eichborn, Frankfurt nad Mohanem, 2004, s. 3.

2 Tamtéž, s. 25.

Lesy jsou systémy

„Je načase nahradit čistě redukcionistické, molekulární nazírání novým a skutečně celostním vnímáním živého světa, pro něž budou stát v popředí evoluce, emergence a biologie vlastní komplexita.“

Carl Woese (2004)¹

Slovo „systém“ používáme v běžném jazyce dosti často. Ve starořečtině označoval výraz *systema* „organizovaný, z jednotlivých částí se skládající celek“. Sloveso *synistanai* znamená „skládat, organizovat, dávat do pořádku“. Význam ve smyslu „řada souvisejících principů, faktů, idejí atd.“ se prvně objevuje po roce 1630. Užívání tohoto pojmu pro „zvířecí tělo jakožto organizovaný celek, sumu životních procesů v organismu“ je doloženo od osmdesátých let téhož století.²

Už počínaje antikou se lidé ptají, proč vůbec existuje v přírodě řád, jakou cestou vznikají formy a jak to všechno do sebe zapadá. Avšak teprve ve století dvacátém vznikla všeobecná teorie systému, jejímž tvůrcem byl Ludwig von Bertalanffy.³ Inspirovala četná vědní odvětví a vedla ke zcela novému způsobu myšlení v souvislostech. Systemika je základním předpokladem vědy o „domácnosti“ přírody – ekologie.

Systémy se skládají z komponent (složek), které na sebe vzájemně působí. Vstupují do rozličných interakcí a výměn, které mají svoje důsledky, z nichž nejdůležitější je skutečnost, že tyto komponenty vytvářejí větší celek, jenž má zcela jiné vlastnosti. Tomuto jevu se říká emergence. Systémy mají nově vznikající, tj. emergentní

vlastnosti. Systémy mohou být oživené a neoživené. Neoživené systémy jsou kupříkladu atomy nebo molekuly, tvořené jednotlivými komponentami, jež se mohou navzájem přitahovat a vstupovat do vazeb. Když spolu například dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku zreagují a vznikne molekula, objeví se voda. Z neviditelných plynů se při určitých teplotách rodí viditelná kapalina s emergentními vlastnostmi, které s vlastnostmi oněch původních plynů nemají nic společného.

Z jednotlivých atomů uhlíku slučováním vznikají diamant, grafit nebo fullereny. Tři různé látky měkké či tvrdé, rozpustné či nerozpustné, vodivé či nevodivé. Už jen cenový rozdíl mezi téměř bezcenným grafitem a tolik ceněným diamantem může sotva být větší: 20 gramů grafitu stojí 50 centů, cena dvacetigramových diamantů se může vyšplhat na desítky milionů eur. V případě uhlíku rozhoduje o emergentních vlastnostech látky prostorové uspořádání a způsob, jímž se atomy navzájem spojují. Už tady docházíme k překvapivému poznání: vlastnosti jevu neurčují dílčí části, nýbrž jejich souvztažnosti!

Uhlík má pro život – v tom nejskutečnějším slova smyslu – elementární význam. A když se k šesti atomům uhlíku přidruží dvanáct atomů vodíku a šest atomů kyslíku, může vzniknout glukóza neboli hroznový cukr.

V přírodě je tato chemická reakce základem téměř veškerého života, který známe. Jsou to jednobuněčné řasy a chloroplasty v zelených rostlinách, které nejprve postupně rozkládají vodu na vodík a kyslík, načež spustí reakci oxidu uhličitého, molekuly skládající se z atomu uhlíku a dvou atomů kyslíku, s vodíkem, aby nakonec vznikla glukóza a opět voda. Potřebuji k tomu



Se svou velikou silou
a přizpůsobivostí dokážou lesy
obsadit i ta nejnemožnější
stanoviště. „Skalní buk“ v pralese
Monte Cimino v italském Lazio
patří ke světovému kulturnímu
dědictví UNESCO „Původní
bukové lesy Karpat a dalších
oblastí Evropy“. (Pierre L. Ibisch,
září 2018)

světelnou energii, která pochází ze Slunce. Jako odpadní produkt se uvolňuje kyslík. Proces se nazývá fotosyntéza, doslova „skládání světlem“.

Jiné organismy, jako třeba živočichové, mohou ve svých buňkách nechat proběhnout řetězec chemických reakcí, které dokážou fotosyntézu takřka obrátit: rozkládají glukózu za pomoci kyslíku a produkují přitom vodu a oxid uhličitý. Umí tak pro svůj život získávat energii, která byla předtím rostlinami vložena do molekuly cukru. Tento proces se označuje jako dýchání. Všechny živé organismy jsou samy o sobě systémy, které existují a fungují díky součinnosti svých molekul a buněk. Ve chvíli, kdy tato spolupráce ustane, organismy umírají a rozpadají se na prvočinitele.

Přísně organizované interakce molekul v organismech, které spolu mají co do činění – v našem případě jeden požírá druhý –, vedou k emergentním vlastnostem nejen samotné živé bytosti, ale i většího systému. V daných souvislostech to znamená, že neživé prostředí z hornin, vody a plynů v atmosféře se stává prostředím živým – biosférou. Živé organismy ovlivňují své prostředí. Když rostliny produkují více kyslíku, než kolik ho živočichové zpětně vstřebávají, mění se složení atmosféry. K tomu došlo poměrně dramaticky na počátku vývoje rostlin. Po rozvoji fotosyntézy se zhruba před 2,2 miliardy let v atmosféře nahromadil dosud neznámý plyn, kyslík.⁴ Ten je velmi reaktivní: způsobuje například rezavění železa, a když se setká s vodíkem, dojde k explozivní reakci a vznikne voda. Pro rané organismy byl tento agresivní kyslík zpočátku jedem, takže se mu nejprve musely přizpůsobit a vyvinout strategie, jak ho učinit neškodným – až se na něm staly závislé.

To je pro systémy typické: emergentní vlastnosti mohou vyvolat další důsledky a řetězové reakce, které nezdědka zpětně působí na svého původce. Tomu se říká zpětná vazba. V tomto případě život „vynalezl“ fotosyntézu a vypustil spolu s cukrem do oběhu živiny, které umožnily vznik nových forem života, jako jsou například živočichové. Tak život udílením „licencí“ novým organismům sám sebe posílil, respektive zkopíroval: to je pozitivní zpětná vazba. Pro „starousedlíky“ nicméně zase tak pozitivní nebyla. Jednobuněčné organismy ze skupiny archeí, jež stály na počátku evoluce všech ostatních tvorů, byly vytlačeny do míst, kde se pro ně jedovatý kyslík nevyskytuje. Žijí kupříkladu

v horkých pramenech nebo, od té doby, co existují zvířata, v jejich střevech (což se zdá být tak trochu nedůstojné „vynálezců“ života).

Kyslík se brzy stal motorem evoluce.⁵ Život se svým vlastním produktem neotrávil, spíše jím připravil základ pro opravdovou explozi nejrozmanitějších forem. Až do té doby vděčily všechny organismy za svou existenci rozkladu anorganických molekul, například sulfátů. Poté spustil vývoj obou klíčových inovací – fotosyntézy a dýchání – pravidelnou eskalaci zpětných vazeb.

Nejrůznější vzájemné vztahy a vlivy uvnitř systémů – reakce, protireakce, zpětné vazby – dávají navíc vzniknout klíčové systémové vlastnosti, kterou bereme jako danou. Systémy se totiž organizují samy, aniž by jim to muselo být nařízeno zvenku. Jednotlivé části se setkávají a vstupují do interakcí, čímž se utváří řád a často se dochází také k procesům, které stávající pořádek a organizaci ještě posilují a stabilizují. Moment – molekuly v našem těle spolupracují a udržují nás při životě, aniž by jim to bylo centrálně a detailně odněkud přikazováno a řízeno? Nejsou tu zapotřebí síly, které tomu všemu šéfuji? Malé strpení, i tuto mlhu rozptýlíme.

Ekosystém vzniká z rozličných živých organismů, které organizovaně vstupují do vztahů a vzájemně na sebe působí.

Uspořádání a stavba systému však nepodléhají tak přísným parametrům jako jeho jednotlivé složky. I tak se ale ekosystémy mohou stát většími celky. Lesní ekosystém se liší od bažinného či stepního ekosystému zastoupenými biologickými druhy, vnějším vzhledem a speciálními funkcemi. Protože spolu vnitřní komponenty systému navzájem reagují mnohem intenzivněji než s faktory mimo systém, vznikají více či méně zřetelné hranice. Ty jsou ale přesto otevřené. Pták může přeletět z lesa na blízkou pláž, písek z ekosystému dun může vítr odvést do sousedního borového háje. I tak ale zůstane les lesem a duny dunami. Nicméně i tady vystává táž otázka, jako v souvislosti s naším tělem: Jak se takové systémy udržují a organizují?

Podívejme se na jeden z těchto systémů, konkrétně na les, poněkud důkladněji. Jeho nejnapadnějším znakem jsou stromy. Ční vysoko nad zemí, a tím i nad jiným rostlinstvem, takže jde o systémový proces par

excellence. Zelené plochy potřebují sluneční světlo; čím více ho mohou mít, tím lépe. Je tudíž nábílední, že se v průběhu evoluce vytvořily konstrukční materiály umožňující rostlinám být větší, a tudíž ničím nestíněné a blíží světlu, a vyvinout korunu, jež se rozroste do mnohem větší šíře, než by jim dopřávalo místo, na němž zakořenily.

Díky celulóze, a především díky ligninům čili vývoji dřeva, mohly rostliny vytvářet skutečné věže – zrodily se stromy. Ligniny (z latinského *lignum*, tj. dřevo) jsou komplexní organické molekuly složené z více stavebních prvků. Ukládají se v buněčných stěnách, jimž tak dávají větší pevnost. Tvoří až třetinu sušiny dřevnatých rostlin a patří tak v přírodě k nejčastěji se vyskytujícím látkám produkovaným živými organismy. Vznik stromů si můžeme představit jako jakési evoluční závody ve zbrojení. Stín prvního stromku přinesl nevýhody rostlinám držícím se při zemi, které tato situace přiměla k tomu, aby rovněž vytvářely konstrukce ženoucí do výšky a možná také rychleji rostly. Rychlý růst snižuje stabilitu rostlin, čemuž lze zabránit pouze vyšší investicí materiálu. To všechno ale něco stojí – a už tehdy se jako dnes řešila otázka, jak nalézt levnější alternativy.

Některé rostliny, jako třeba liány, si to usnadnily a jaly se šplhat vzhůru po stromech. Jiné, takzvané epifyty, si udělaly pohodlí přímo nahoře na kmenech stromů či ve větvích korun. Proč by měly investovat do utváření kmene, když už to udělal někdo jiný? Má to ovšem háček: životní podmínky jsou nahoře o poznání drsnější než u země. Rostliny potřebují kromě světla a vzduchu také vodu a živiny. Bez kontaktu s půdou je obtížné se k nim dostat, pokud ovšem nejste obzvlášť vynalézaví. Hezkým příkladem jsou bromélie, rostliny příbuzné ananasu. Některé z nich vytvářejí ze svých listů veliký trychtýř, do něhož chytají dešťovou vodu – v závislosti na druhu jí může být i mnoho litrů. A protože sedí takříkajíc na nesprávném místě, to znamená nikoliv dole u kořenů, nýbrž nahoře, přijímají vláhu zkrátka přes listy.

Jiné rostliny zvolily během evoluce přesně opačnou taktiku a zahájily své soupeření o světlo vlastně v jeho cíli: nejprve vyklíčí nahoře na stromech, kam se jejich semena dostanou třeba ptačím transportem, pak spustí kořeny k zemi a zesílí. Takové „poloviční“ epifyty mohou v extrémním případě svého někdejšího hostitele zcela obrůst, zadusit jej a zaujmout tak fakticky jeho

místo – to dělají „škrtiči“ z řad fíkovníků. Ty lesní rostliny, které nevytvářejí kmen a setrvávají na zemi, musí vzít zavděk tím, že budou mít světla poskrovnu, anebo využít pro ně v tomto směru příhodnější čas, kdy stromy – buď zjara, nebo za sucha – listy nemají.

Veškeré tyto inovace v ekosystémech se odehrávají prostřednictvím souhry mutací čili změn v genetických programech, které v sobě uchovávají řešení různých životních úkolů, a díky přírodnímu výběru: to, co se osvědčí, postupuje dál. Čím více změn a výzev systém navozuje, tím intenzivněji se musí jeho složky „dřít“ a nalézat řešení. Vznik stromů a trojrozměrné struktury lesů nesmírně nažhavlil evoluci růstových forem a rozšířil škálu životních strategií rostlin – jde o další příklad eskalace zpětnovazebních procesů.

Výhoda možnosti stát se stromem je tak značná, že tato varianta růstu během evoluce vykrystalizovala v mnoha na sobě navzájem nezávislých scénářích. Stromovité organismy nepocházejí z jediného „prapředka“, naopak vznikaly z kapradin, z přesliček, z rostlin příbuzných jehličnanům i z kvetoucích druhů nezávisle na sobě a vícekrát. První stromy se objevily v období devonu, před zhruba 400 miliony let (Cladoxylopsida).⁶ *Eospermatopteris*, rostlina s kapradovitými listy, dosahovala výšky 30 i více metrů. V karbonu, před zhruba 300–360 miliony let, existovaly rozsáhlé bažinaté lesy tvořené stromy *Sigillaria* a *Lepidodendron*, což byli příbuzní plavuní s kůrou zdobenou vzory ve tvaru knoflíků či kosočtverců. Jejich zbytky ještě dnes v přehojném množství spočívají pod zemí, odkud je vynášíme na denní světlo v podobě černého uhlí. V období dinosaurů nazývaném jura se zrodily první jehličnaté stromy, už blízké těm dnešním. Tak se i některé až 170 milionů let staré fosilie jinanů (*Ginkgo*) podobají svému jedinému dnes žijícímu příbuznému.⁷

Vznik stromů dal evoluci na planetě Zemi zcela nový směr: stromy začaly zasahovat do klimatu. V období karbonu vznikly tím, že stromy prvních velkých lesů přijímaly obrovské množství oxidu uhličitého a jejich kmény se v bažinách rozkládaly jen neúplně, vůbec poprvé velké zásobárny uhlíku, jejichž původci byly suchozemské organismy. Uhlík má nejenom stěžejní význam jakožto stavební prvek života, nýbrž – ve spojení s kyslíkem či vodíkem z atmosféry – zásadním způsobem ovlivňuje životní podmínky na naší planetě.

OXID UHLIČITÝ: MALÁ MOLEKULA, VELKÉ DŮSLEDKY

Molekula CO_2 je čímsi naprosto zvláštním, protože odlišně zachází s různými světelnými a tepelnými paprsky. Dlouhovlnné světlo a teplo absorbuje, krátkovlnné světlo nikoliv. Důsledkem je, že energeticky bohaté záření z vesmíru proniká na zemský povrch jako přes skleněnou tabuli, velká část tepelných paprsků odražených od zemského povrchu ale zůstává uvězněná ve skleníku atmosféry, jenž Zemi obklopuje. To vede k oteplení, a proto koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře reguluje teplotu. Oxid uhličitý se z nitra Země uvolňuje například při sopečných erupcích.

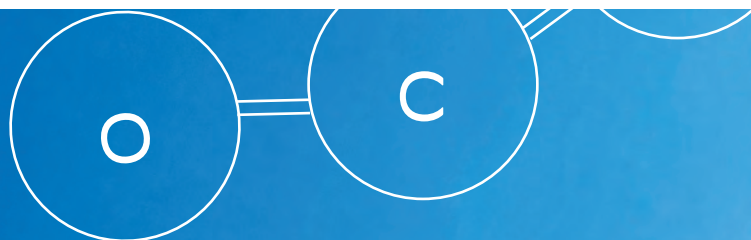
Pokud by se oxid uhličitý zase někde neukládal, museli bychom počítat s neustálým oteplováním. K vázání oxidu uhličitého dochází mimo jiné ve vápenatých schránkách mořských živočichů, jako jsou dírkonošci, měkkýši atd. – voda, vápenaté soli a CO_2 spolu reagují a vytvářejí uhličitán vápenatý. Když potom tyto schránky klesnou na mořské dno, tvoří se vápenec, který může oxid uhličitý vázat po stovky milionů let

a bránit mu ve vstupu do atmosféry. Jiný mechanismus odchytu uhlíku se odvíjí přes fotosyntézu rostlin, které vyrábějí ze vzduchu a vody cukr a pokládají tak základní kámen pro veškerou tvorbu biomasy.

V dřívějších vývojových fázích Země byla koncentrace CO_2 v atmosféře podstatně vyšší: před zhruba 60–52 miliony let připadaly 2000 z každého milionu částic v atmosféře právě na oxid uhličitý (takže 2000 miliontin čili ppm, respektive 2 %). Když atmosféra obsahovala hodně CO_2 a na Zemi bujela vegetace, stoupala i hladina kyslíku. To způsobilo, že hmyz, jako například vážky, mohl nabýt gigantických rozměrů, takže rozpětí křídel některých druhů dosahovalo až 70 centimetrů.¹

V období před 55–40 miliony let došlo ke skokovému úbytku CO_2 v atmosféře, možná v důsledku jeho sníženého uvolňování geologickými procesy. Zhruba před 24 miliony let se koncentrace CO_2 v atmosféře podle všeho ustálila pod 500 ppm a stala se podstatně stabilnější než předtím.²





V rámci výzkumu klimatických změn vědci intenzivně zkoumali spojitost mezi globálními teplotami a koncentrací oxidu uhličitého. S představou skleníku v mysli rozlišovali mezi horkými, teplými, chladnými a ledovými obdobími. Rozdílné klimatické periody byly mimo jiné výsledkem vzájemného působení geologických událostí, polohy kontinentálních tektonických desek, slunečního záření, tvorby ledu a ledovců i rozvoje vegetace. Rovněž vývoj klimatu je systémový proces, vyplývající ze vzájemného působení jednotlivých komponent. Důsledek byl, že se neopakovaly stále stejné klimatické poměry, nýbrž permanentně vznikaly zcela nové situace.

Od dob dinosaurů (období křídý) převládaly po mnoho milionů let teplé a horké fáze, kdy byly teploty o více než 5–10 °C vyšší než dnes. Před 34 miliony let se skleník změnil v lednici: teploty prudce poklesly, Antarktidu pokryl ledovec. Pro pozdější ledové doby bylo příznačné, že se ledovce tu více, tu méně rozšířily také na severní polokouli. Periodicky se

vracející doby ledové se staly důležitým stimulem biologické evoluce a ekologických procesů v Severní Americe a Eurasii. Značný dopad měly rovněž v tropech, protože během chladných období celosvětově ubylo srážek. Před zhruba 3,3 milionu let vstoupily klima, atmosféra a biosféra do stadia, jaké tu ve srovnání s posledními 60 miliony let, ba dokonce s mnohem delším obdobím, ještě nikdy nebylo.³ Krom rozdělení světadílů na zeměkouli byl pro novou situaci důležitý také život.

1 C. Barras (2019): Scientists have discovered the world's oldest forest – and its radical impact of life. *Science*: 10.1126/science.aba6333.

2 P. Pearson, M. Palmer (2000): Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature* 406: 695–699. 10.1038/35021000.

3 T. Westerhold et al. (2020): An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years. *Science* 369: 1383–1387. 10.1126/science.aba6853.





*Stáří 15–20 milionů let: Fosilní stromy nám vyprávějí o dávných lesních ekosystémech. „Kamenný les“ v Sigri na řeckém ostrově Lesbos tvořily za jeho života mimo jiné borovice, cedry, sekvojovité jehličnany, habry, olše, duby, vavříny, skořicovníky a topoly. Takový subtropicko-tropický les již dnes v Evropě nenajdeme.
(Pierre L. Ibisch)*

Oxid uhličitý (CO₂) a metan (CH₄) jsou důležité skleníkové plyny, díky nimž panuje na planetě Zemi teplota vhodná pro život.

Skutečnost, že dějiny planety zaznamenaly zrod na uhlík bohaté a kořeny prorostlé půdy, patrně přispěla k tomu, že obsah oxidu uhličitého v atmosféře poklesl, čímž se změnilo také klima. V silurském období (před 444–419 miliony let) byly půdy už pozoruhodně hutné a do hloubky prostoupené kořeny. V devonu (před 419–360 miliony let) už dřevité rostliny a stromy převládaly, což vedlo k ještě vyšší spotřebě uhlíku a patrně alespoň zčásti zapříčinilo pozdější doby ledové (od 34 milionů let před naší současností).⁸

Největší výzvou během vývoje stromů ale nebylo utváření solidních a trvanlivých kmenů, nýbrž zásobování vodou od kořenů vzhůru do listů. Také v této souvislosti se v lese projeví mimořádně významné systémové důsledky a nově vznikající vlastnosti. První jednobuněčné rostliny pluly ve vodě, kterou jim stačilo pouze přijímat. Na souši musely rostliny začít s vodou hospodařit. Její příjem zpočátku probíhal víceméně pasivně. Mnohé mechy mohou zcela nasáknout vodou a zase vyschnout, aniž by odumřely. Moderní rostliny vyvinuly něco jako vodovodní potrubí, aby se vlaha dostala od země do místa fotosyntézy. V listoví se odpaří a vzniká tah, nasávání dodávající další vodu. Pro velké, i více než 100 metrů vysoké stromy je to nicméně čím dál tím obtížnější.

S velikostí stromů pochopitelně stoupá také spotřeba vody – celková plocha listů vzrostlého buku může přesáhnout 1000 čtverečních metrů. To znamená, že prorůstání kořenů půdou musí být mnohem rozsáhlejší, než je tomu u trav a bylin ve stepích. Kořeny musí především sahat hlouběji, což je navíc nutné také pro ukotvení obrovských kmenů. Navíc pevnější zakořenění způsobuje změny v samotné půdě. Zvětrávání hornin se urychluje, půda je kypřejší, provzdušněná a obohacená výměškami s obsahem živin.

S prvními stromy a lesy vzniklo nejenom nové životní prostředí na zemském povrchu, nýbrž i celé podzemní království živočichů forem, takzvaná rhizosféra⁹ – kořeny prostoupená ožívá půda. Zrod lesů započal v bažinách a na úrodných půdách, stromy ale se zpožděním, ve středním karbonu, dokázaly osídlit

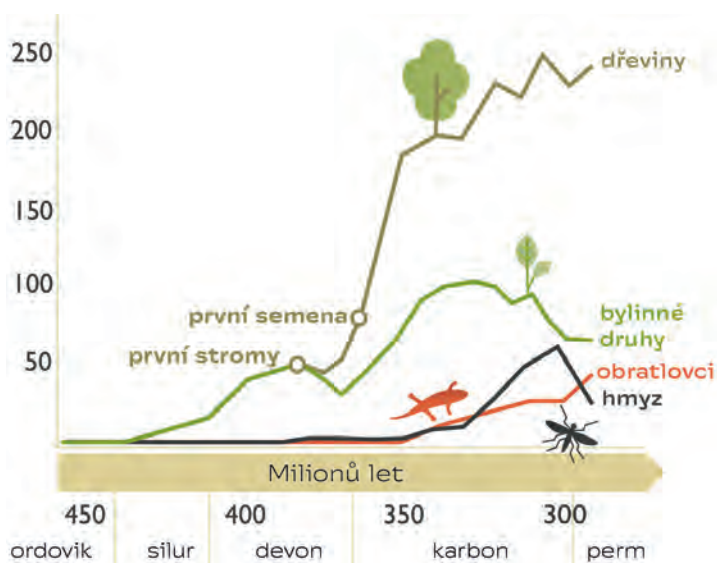
též živinami neoplývající jílovité půdy a křemičité písky.

Je třeba si vždy znovu připomínat, že evoluce je neuvěřitelně dynamický proces odehrávající se v systémech. Evoluční teorie se dlouho prezentovala jako vyprávění o procesu utváření druhů, takže převládá dojem, že se evoluce týká výhradně rostlin a živočichů. Ve skutečnosti však biologickou evoluci vždy doprovází evoluce ekologická. Změnily se tudíž nejen jednotlivé komponenty, nýbrž i rozsáhlejší celek, prostředí obklopující živé organismy a vzájemné vztahy mezi nimi.

Zvláště zřetelně se po objasnění několika málo příkladů ukazuje, že určité vlastnosti organismů vytvářejí nové podmínky pro jejich vlastní prospívání, stejně jako dosud nebývalé životní prostředí a nové možnosti vzájemného ovlivňování s jinými organismy a mezi nimi. Jednoduše řečeno, s vývojem nového typu životního prostředí – lesů – vzrůstala také rozmanitost živočišných druhů na planetě.¹⁰

Počty druhů v prvohorách (známé fosilie)

Jakmile byly stromy a lesy četnější a rozmanitější, rozšířilo se také spektrum jiných skupin organismů



Pramen: G. J. Retallack (1997): Early forest and their role in Devonian global change. Science 276: 583–585.

A ještě něco je jasné: v systémech s velice početnými komponentami existuje velická spousta možností jejich vzájemného ovlivňování. Už vás pomalu jímá závrať? Nás také, a proto je načase popřemýšlet o komplexitě.

Lesy jsou nepředvídatelné

Zjistili jsme tedy, že lesy jsou komplexní systémy, v nichž je navzájem propojeno velice mnoho rozličných komponent. Proto je někdy opravdu nesnadné jim porozumět.

Mnoho částí, ještě více interakcí

U komplexních systémů nelze z jejich vlastností bezprostředně usuzovat na jejich chování. Takže se dočkáme mnohých překvapení. Jednodušší systémy jako třeba atomy, tvořené elektrony, protony a neutrony

i jejich jednotlivými částmi, jako jsou kvarky, mohou být ještě poměrně snadno předvídatelné. Rozmanitost možných druhů atomů se při 118 dosud známých chemických prvcích drží v určitých mezích.

Z nich 94 se vyskytuje v přírodě, 83 existuje už od vzniku planety, ostatní vyrobili lidé. Z těchto prvků – jako jsou vodík, kyslík, uhlík, dusík či železo – vzešlo všechno, co tvoří hmotu: veškeré plyny, tekutiny i pevné látky. Jak již zaznělo, určitá rozmanitost přichází do světa už s relativně jednoduchými atomy (vzpomeňme na uhlík, nabývající mimo jiné podoby diamantu a grafitu). Atomy mohou mít v závislosti na okolnostech při stejném počtu protonů různé zastoupení neutronů. Takové atomy, označované jako izotopy, mají poněkud odlišné vlastnosti, například atomy kyslíku (jež mají vždy 8 protonů) s 10 neutrony (^{18}O) jsou o něco těžší než ty, které neutronů obsahují jen 8 (^{16}O).

Celek a části: Kolik molekul vlastně existuje? A z kolika atomů a molekul se skládají živé systémy?

V molekulové databázi zaznamenali chemikové 2,5 milionu druhů molekul ze 17 atomů. V souvislosti s farmaceutickým výzkumem bylo vypočteno, že na základě 17 atomů – a sice výhradně uhlíku, dusíku, kyslíku, křemíku a halových prvků – může vzniknout 166,5 miliardy různých molekul. Syntetická chemie dosud vytvořila přibližně 60 milionů sloučenin.¹

Živé organismy a nejdůležitější organické molekuly se nicméně zakládají na mnohem menším počtu prvků a molekul, které se spolu nemohou libovolně slučovat. Lidský organismus je utvořen z nepředstavitelného počtu atomů (7×10^{27}), ale jen z mála stavebních prvků:

kyslík – 65 % (24 % atomů)
uhlík – 18 % (12 % atomů)
vodík – 10 % (62 % atomů)
dusík – 3,2 % (1,1 % atomů)
vápník – 1,5 % (0,22 % atomů)
fosfor – 1 % (0,22 % atomů)

To znamená, že 99 % pokrývá pouhých šest prvků. K tomu přistupuje ještě 11 prvků stopových. Viděno z tohoto úhlu je naše tělo obdivuhodně komplexní.

¹ L. Ruddigkeit et al. (2012): Enumeration of 166 billion organic small molecules in the chemical universe database GDB-I. Journal of Chemical Information and Modeling 52: 2864–2875.

Rozmanitost vlastností hmoty narůstá, když se spojují rozdílné atomy. Chemikové studují, jak spolu prvky vstupují do interakcí – slučují se do molekul vody, sulfátů či glukózy.

Biodiverzita: Rozmanitost života

Podívejme se na příkladu nás lidí na to, jak vzniká komplexita živých organismů. Velké počty atomů a molekul tvoří buňky, které se organizují do tkání a orgánů. Počet těchto buněk v lidském těle je rovněž velmi značný:¹¹ 3,72 bilionu. I za předpokladu, že každá buňka nemůže vstoupit do vztahů vzájemného ovlivňování se všemi ostatními buňkami, počty možných interakcí a procesů v našem těle vyložené expodují.

A komplexita ještě narůstá, když se vydáme na další úroveň. Máme tu zhruba osm miliard lidí, kteří potenciálně mohou vstupovat do vzájemných interakcí nejen spolu, ale i s ostatními živými organismy na planetě, vytvářejícími s nimi globální ekosystém. Člověk

je pouze jedním ze snad až deseti milionů různých druhů¹² (z nichž ale podle odhadu nebylo 86 % na souši a 91 % v oceánech dosud objeveno a vědecky popsáno). Všechny tyto druhy jsou stejně jako *Homo sapiens* tvořeny tisíci, miliony, miliardami, biliony jednotlivých živých entit.

Většinu dodnes neznámých zvířecích a rostlinných druhů lze objevit v tropech. Poněkud překvapivé může být, že dokonce ani ve velice důkladně prozkoumaných evropských zemích některé skupiny organismů zjevně nejsou dostatečně známy. Vědci v rámci studie prováděné v jižním Německu zjistili, že u čtyř čeledí řádu dvoukřídlých (konkrétně smutnicovitých, bejlomorkovitých, pakomárovitých a hrbilkovitých) je patrně ještě 1800–2200 druhů neznámých.¹³

Další studie se zaměřila na houby způsobující choroby dřeva třešní v Německu. I zde byly výsledky ohromující: celkem 82 druhů bylo identifikováno s vysokou a 20 druhů s nízkou jistotou; kromě toho asi 70 druhů nebylo možné přiřadit k žádnému známému

Taxonomie: Život dostává jméno

Švédský biolog Karl von Linné zavedl ve čtyřicátých letech 18. století systematické pojmenovávání druhů. Druhy, u nichž se předpokládala blízká příbuznost, se slučovaly do rodů s latinskými názvy. Všechny duby se například přiřazovaly k rodu *Quercus*. Druhovému označení odpovídá křestnímu jménu u člověka, avšak stojí na druhém místě. *Quercus rubra* je tedy dub červený, dub korkový se jmenuje *Quercus suber*. V průběhu oněch 250 let od počátků taxonomie bylo mimochodem dodnes identifikováno a klasifikováno jen 1,2 milionu druhů – méně než 15 % v roce 2011 odhadovaného celkového počtu. A jestli nevymřely... tak by při dosud zaznamenaném objevitelském tempu trvalo ještě půl tisíciletí, než by byly podchyceny všechny.¹

Dříve se druhy klasifikovaly na základě svého vzezření a typických znaků, aby pak přicházely rostoucí měrou ke slovu genetické metody, umožňující kvantitativní srovnání podobnosti dědičného materiálu.

Dlouho se vycházelo z předpokladu, že nové druhy vznikají štěpením druhu původního. To je nepochybně důležitý proces při utváření biologické rozmanitosti, nicméně se dochází ke stále hlubšímu poznání důležitosti inovací cestou kooperace, kombinace a fúze mezi různými druhy i uvnitř nich. Čím více víme o tom, jak velice na sebe organismy vzájemně působí, spojují se a vyměňují si genetický materiál nehledě na druhové hranice, jak se slučují a spočívají s cílem stát se metaorganismy, tím obtížnější definice jednotlivých druhů je.

¹ L. Sweetlove (2011): Number of species on Earth tagged at 8,7 million. Nature 10.1038/news.2011.498.

druhu, což ukazuje, že třešňové dřevo i v tak dobře probádané oblasti, jakou je Německo, představuje životní prostředí, v němž přebývá značný počet dosud nepopsaných druhů.¹⁴ To platí pro všechny typy prostředí, pokud bychom je podrobili bližšímu průzkumu.

Jen v roce 2019 bylo popsáno zhruba 1900 nových druhů hub.¹⁵ V rámci jedné z mnoha publikací na toto téma bylo představeno nejenom 72 předtím neznámých druhů, nýbrž i 28 nových rodů, to znamená forem, jež se opravdu zřetelně liší od těch dosavad známých.¹⁶ Sem patří mimo jiné i nálezy z Německa, jako třeba rod *Jeremyomyces*, rostoucí na větvích vrby bílé, *Piniphoma* na pozůstatcích borového dřeva a *Typhicola* na listech orobince. Další nové druhy byly objeveny kupříkladu na listech či větvích ořešáku královského, olše lepkavé nebo dubu letního. Vedle Německa se 47 druhů patřily do první desítky území s největším počtem nově objevených hub další evropské země Itálie (63) a Španělsko (75).¹⁷ Zatímco u rostlin máme celosvětově popsanou více než polovinu druhů, v případě hub je ještě více než 90 % druhů neznámých – takže skoro všechny.¹⁸

Tím ale ještě nejsme u konce. Výše zmíněný odhad deseti milionů druhů na celém světě nezahrnuje živé organismy bez buněčného jádra, to znamená veškeré bakterie. Tam je rozlišování druhů žel ještě obtížnější než u jiných organismů. Rozmanitost je tak obrovská, že snadno ztratíme přehled. Badatelé si ve vztahu k bakteriím nezdíka vypomáhají pojmem „taxonomických jednotek“.

Právě v království bakterií, u nichž přesně nevíme, jak je lze vůči sobě navzájem jakožto druhy vymezit, se vyskytuje nejvíce jednotlivých exemplářů. V jedné norské studii se zkoumalo 30 gramů povrchové vrstvy půdy z bukového lesa. V každém gramu zeminy bylo napočítáno 1,5 miliardy bakterií! Badatelé konstatovali, že by se tyto malinkaté bytůstky daly roztřídit do zhruba 40 000 často se vyskytujících „druhů“.¹⁹ Se zohledněním dalších, vzácnějších, těžko doložitelných „druhů“ se odhaduje, že by ve třicetigramovém vzorku půdy mohl žít až milion druhů bakterií.²⁰ V tomto ohledu se ale názory stále ještě různí: jedna aktuální studie vychází u bakterií v celosvětovém pohledu z menšího počtu, konkrétně z 0,8–1,9 milionu taxonomických jednotek.²¹

Pokaždé znovu nás může ohromit (nebo také vyděsit), že my lidé sice masivně přetváříme biosféru a – v neposlední řadě i námi vyvolanou klimatickou změnou – globálně a zásadně poddrýváme podmínky potřebné pro život a vývoj, avšak pořád ještě nejsme schopni zodpovědět principiální otázku, kolik forem života vlastně existuje. V případě tak těžko rozlišitelných jednobuněčných organismů to ještě lze jakž takž pochopit – víme ale tedy alespoň, kolik je různých stromů, které utvářejí lesy naší planety? Odpověď zní ne, nevíme. Obsáhlá mezinárodní studie provedená na bázi velkého souboru dat došla naopak k závěru, že ještě existuje zhruba 9200 druhů stromů, které vědci teprve musí objevit.²² Dosud je na světě popsáno kolem 64 000 druhů stromů, z nichž 43 % se vyskytuje v Jižní Americe, 22 % v Eurasii, 16 % v Africe, 15 % v Severní Americe a 11 % v Oceánii.²³ Jen v samotné Jižní Americe se očekává, že k dosud popsaným 27 000 druhů ještě přibude zhruba 3900 dalších.

Vědecké kruhy zveřejňují popisy nových druhů stromů neustále. Někdy je pojmenovávají po známých osobnostech, což může přispět k tomu, aby si širší veřejnost uvědomila, že tyto naše největší pozemské souputníky teprve postupně poznáváme. Tak počátkem roku 2022 proběhla tiskem zpráva o novém druhu z čeledi láhevnikovitých *Uvariopsis dicaprio* v kamerunském pralese Ebo.²⁴ Jeho objevitelé tak uctili amerického herce Leonarda di Capria, intenzivně se zasazujícího o ochranu přírody v této oblasti. Zmíněný strom je skutečně příkladem četných druhů, které, sotva jsou objeveny, už stojí na červených seznamech ohrožených forem života. Mnohé z nich jsou velice vzácné a často bývají rozšířeny pouze na malém teritoriu v botanicky málo probádaných oblastech.

Někdy jsou tyto endemické nové druhy rozlohou omezených regionů opravdu jedinečné, bez bližšího příbuzenstva, takže botanikové zároveň s jejich popisem etablojí hned i nový rod.

To byl také případ stromu *Aenigmanu alvareziae* z peruánského národního parku Manu, popsaného v roce 2021.²⁵ Objevy nápadných nových druhů se ale uskutečňují také v mnohem lépe poznávaných oblastech. Tak byl v australském Queenslandu roku 2021 nalezen nový druh *Endiandra wongawallanensis* z čeledi vavřínovitých.²⁶ Existuje pouze 1000 exemplářů tohoto

stromu.²⁷ Jen několik desítek přeživších vykazuje další kandidát: byl objeven roku 1994 v australském národním parku Blue Mountains a dostal jméno *Wollemia nobilis*. Tento strom patří do skupiny araukárií a je živoucí fosilií – předtím byl znám pouze ze zkamenělin starých miliony let.

Skutečnost, že je počet druhů stromů v lesích naší planety velmi rozdílný, má nejrůznější příčiny. Většinu druhů najdeme ve vlhkých tropech. Sluneční energie, nutná k tomu, aby rostliny prospívaly, je tu k dispozici v nejvyšší míře, což obzvlášť intenzivně probouzí možnosti evoluce, především je-li k dispozici dostatek vody. Počet druhů navíc stoupá i díky mnohotvárnosti terénu, klimatu a půd.

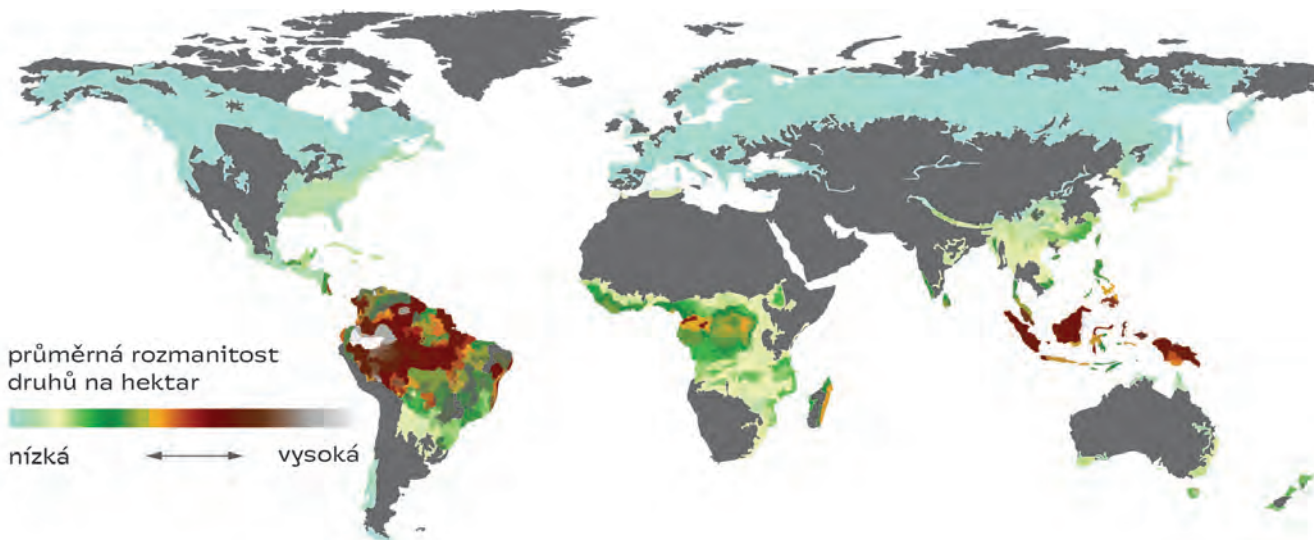
Nároky kladené na život na suchých a chladných hranicích polopouští, vysokohorských i polárních oblastí

jsou tak značné, že tam lze vyvinout jen poměrně málo řešení umožňujících růst stromů. K tomu přistupuje skutečnost, že klima těchto hraničních zón v minulosti nezměnilo silně kolísalo. Velké části boreálního jehličnatého lesa v Severní Americe, severní Skandinávii a Rusku rostou dnes tam, kde se v dobách ledových rozkládaly krajiny beze stromů, často dokonce pokryté ledovcem (latinsky *borealis* = severní).

Ve vztahu k rozmanitosti druhů hraje konkrétně u stromů roli i to, jak byly ekosystémy v minulosti klimaticky stabilní. V některých pohořích totiž existují oblasti, které byly během novějších dějin planety méně postiženy klimatickými výkyvy. Plnily tak důležitou funkci refugií,²⁸ kde mohly některé druhy přetrvat a po další klimatické změně se zase uchytit v rozsáhlejších prostorech. Tato pohoří jsou tak nejenom útočišti, ale i skutečnými epicentry druhové rozmanitosti. V arktických

Stromy – mapa rozmanitosti druhů

Oblasti, kde druhy stromů vykazují největší rozmanitost, najdeme především v tropech na severu Jižní Ameriky a v jihovýchodní Asii. Největší zalesněná oblast planety – boreální jehličnatý les na dalekém severu Severní Ameriky a Eurasie – je na druhy chudá (podle Liang et al. 2022)¹



¹ J. J. Liang et al. (2022): Co-imitation towards lower latitudes shapes global forest diversity gradients. *Nature Ecology and Evolution* 6: 1423–1437. 10.1038/s41559-022-01831-x.

a mírných zónách to neplatí, protože klimatické podmínky tam silně kolísají, tím patrnější to však je v tropech. Ke špičkám na poli biodiverzity se řadí jihoamerické Andy, Východoafrická vysočina, hory v oblastech Sečuán a Jün-nan v Asii, stejně jako pohoří Papuy-Nové Guiney. I horský region Atlantického deštného pralesa v Brazílii a hory severního Bornea a Kostariky byly vyhodnoceny jako oblasti pyšníci se přímo „megadiverzitou“ rostlin. Především severní Andy a horský region Yungas v Andách patří k druhově nejbohatším oblastem planety. Například severní části And jsou domovem zhruba 45 000 rostlinných druhů, z nichž je přibližně 44 % endemických.²⁹

Vliv „nemrtvých“ aktérů

Zní to jako hádanka: Kdo nežije, ač je produktem biologické evoluce? Kdo nemůže zemřít, avšak vládne nad životem a smrtí? Odpověď zní: Viry.

*Stromovitá kapradina u potoka
v tropickém pralesu v Ekvádoru,
Komunální chráněná ekologická
oblast Siete Iglesias.
(Pierre L. Ibisch, březen 2013)*





Je paradoxní, že vůbec nejpočetnější biologičtí aktéři nejsou skutečné živé bytosti, nýbrž struktury stojící mezi komplexními molekulami a živočichy. Viry jsou tvořeny genovou informací uloženou v takzvané kapsidě a neprobíhá u nich látková výměna; k rozmnožování využívají buňky všech možných organismů. Nejsou to živí, ale spíše „nemrtví“ aktéři se značným vlivem na biosféru. V té se podle odhadu nachází 10 kvintilionů virů (což je desítka s 31 nulami) napadajících bakterie.³⁰ Pro srovnání, na zeměkouli je odhadem asi 3,04 bilionu stromů (to znamená trojka s 12 nulami).³¹

I stromy musí s viry žít (a umírat). Tito slepí pasažéři často ani nezpůsobují viditelné symptomy chorob, takže bývají odhaleni spíše náhodně, za pomoci moderních metod molekulární genetiky.³² Znamější jsou takové viry, které zapříčiňují onemocnění užitkových rostlin.³³

Některé viry se označují jako viry lesní, protože je nalézáme zásadně v uzavřených lesích, kde jimi mouchy infikují opice, zatímco sají jejich krev. Tyto lesní viry mohou snadno přeskočit na člověka, když se intaktní lesy mýtí a lesní zvěř se setkává s lidmi. Příkladem je třeba virus Mayaro,³⁴ který dokáže vyvolat těžké, i když nikoliv smrtelné onemocnění. S postupujícím narušením souvislých ploch tropických lesů narůstá riziko šíření skutečně nebezpečných chorob,

jakou je například ebola.³⁵ V mnoha případech je rozhodující kontakt s netopýry sídlícími v lesích, kteří, jak se zdá, četné viry hostí. V případě nově se vyskytujícího viru Nipah v Malajsii vedlo patrně vypalování lesů a ztráta zdrojů potravy k tomu, že kaloni pronikli do plantáží a nakazili prasata i lidi.³⁶

Přestože viry nejsou svébytné organismy, mají potenciál rozhodovat o přežití či záhubě jiných druhů, a tak do značné míry ovlivňovat evoluci. Mohou zasahovat i do ekologických procesů globálního významu, například když napadnou a oslabí druhy, pro něž je typická fotosyntéza. V průběhu nedávné pandemie viru SARS-CoV-2 si mnozí z nás uvědomili, jak rychlý a šokující může být zásah těchto „drobečků“ do tak komplexního systému, jakým je lidské tělo, či dokonce celá naše civilizace.

Komplexita nevypočitatelná, překvapující, podceňovaná

Jestliže stále ještě přehlédnutelný počet prvků znamená obrovskou spoustu možných kombinací a chemických sloučenin, je jasné, že se rozmanitost života v tomto směru rovná přímo explozi. A navíc systémy života se skládají z komponent, které jsou rovněž systémy.

Viry – zdívočelý genetický materiál, nebo zdegenerovaný život?

Otázka po původu života odjakživa fascinuje vědce i širokou veřejnost. Porozumění evoluční historii virů by nám tento počátek mohlo trochu poodkrýt.

Žádné přesvědčivé vysvětlení původu virů však dodnes nemáme. Mohly povstat z mobilních genetických komponent, které získaly schopnost pohybovat se mezi buňkami, což znamená, že viry jsou genetický materiál, který se vymkl kontrole a toulá se živou přírodou. Mohou ale také být potomky kdysi volně žijících organismů uplatňujících strategii parazitárního množení, které v jistém okamžiku už nebyly samy o sobě životaschopné. Viry možná existovaly už před evolucí buněčného života a třeba k ní dokonce i vedly.¹ Hloubka naší nevědomosti vzhledem k faktu, že viry mohou ohrozit život organismů a existenci rostlinných i živočišných druhů, to znamená doslova a do písmene rozhodovat o životě a smrti, je udivující.

¹ D. R. Wessner (2010): The origins of viruses. Nature Education 3(9): 37.