

Korálové útesy v různých částech světa zažívají další vlnu blednutí

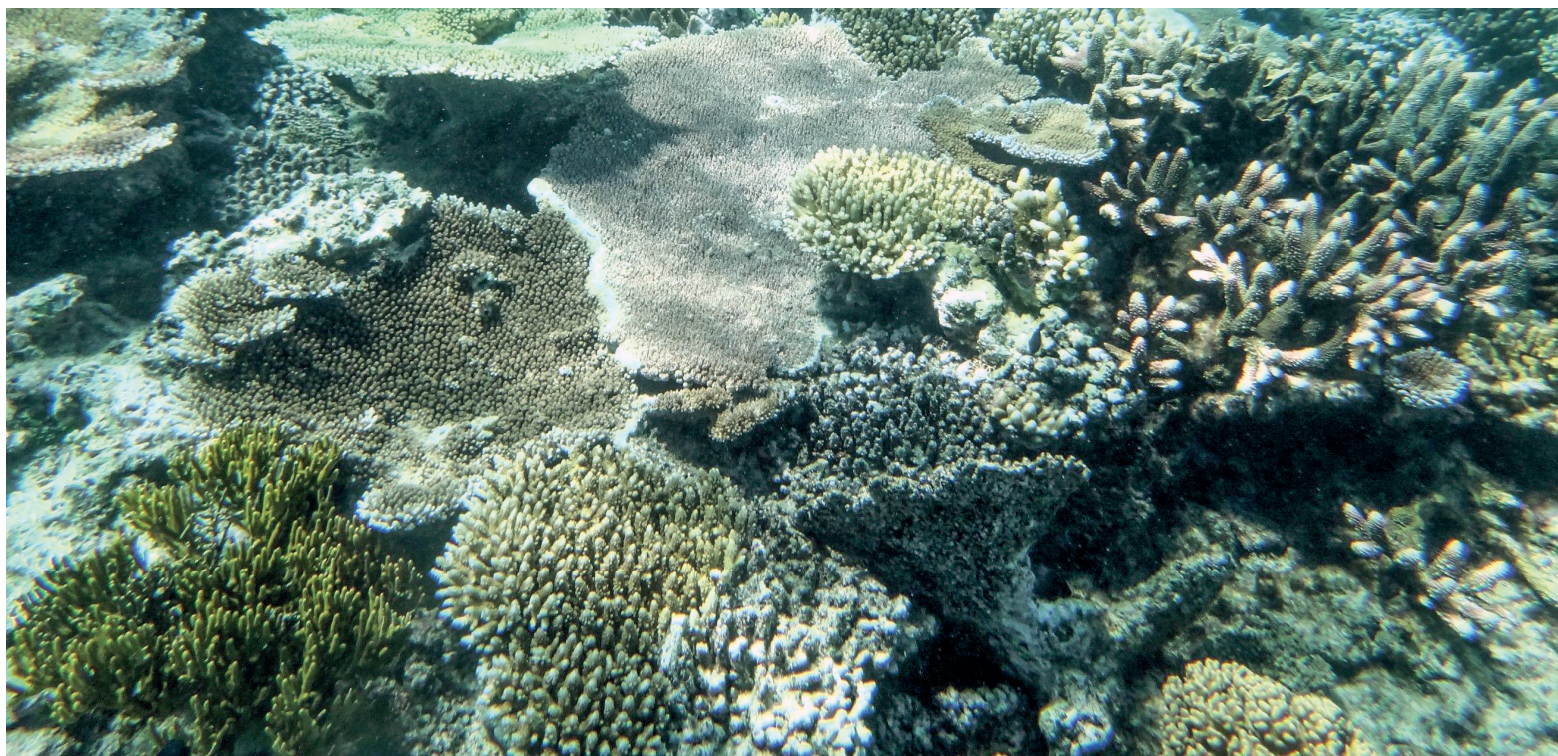
Jan Plesník, Lubomír Hanel

I go to coral reefs that I went to ten years ago when they were swarming with fish and sharks, and now they are barren deserts.

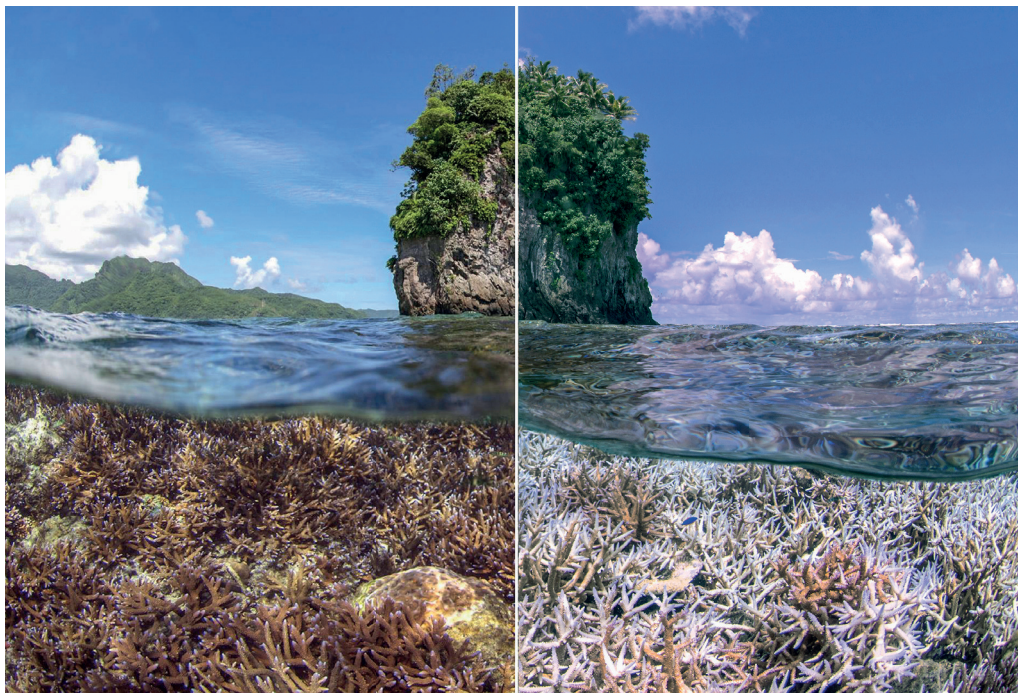
Steve Backshall: Young people know far more about eco issues than we did (2014)

V dubnu 2024 oznámil v tiskové zprávě Národní úřad Spojených států pro oceán a atmosféru (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), že korálové útesy ve světě zažívají v pořadí již čtvrté globální blednutí korálnatců (Anthozoa). Začalo v létě 2023 na severní polokouli v Karibském moři a následně na přelomu let 2023 a 2024 tvrdě zasáhlo zmiňované ekosystémy na jih od rovníku. Nevyhnulo se ani ikonickému Velkému bariérovému útesu vytvořenému

korály podél severovýchodního pobřeží Austrálie. Ještě v dubnu 2025 bylo v globálním měřítku vystaveno teplé vodě vyvolávající jejich blednutí 84 % korálů. V období 2023–2025 zpustošil tepelný stres útesy v 82 zemích celého světa a všechny hlavní mořské oblasti. Navíc se ukazuje, že rozsah a intenzita oslabení korálů včetně úmrtnosti byla během poslední epizody mnohem větší než ve třech předcházejících vlnách v letech 1998, 2010 a 2014–2017.



Velký bariérový útes, táhnoucí se podél severovýchodního pobřeží Austrálie v délce 2 300 km a šířce 60 až 250 km a tvořený více než 3 500 korálových útesů a tisícovkou ostrovů a ostrůvků, zasáhlo od roku 1998 celkem osm hromadných blednutí korálů. Foto Lubomír Hanel



Nápadný rozdíl mezi zdravým a vybledlým korálovým útesem u tichomořského ostrova Americká Samoa.
Foto NOAA Climate

Změna barvy korálů není žádnou žhavou novinkou

Nápadnou proměnu původně žlutohnědých korálů v bledé průhledné organismy známe více než sto let: po několika dnech horkého a klidného počasí zaznamenal L. R. Carry v roce 1911 poškození korálového útesu na Floridě (Mayer 1914). Nicméně první rozsáhlá studie o blednutí korálů, označovaném také jako bělení nebo vybělení, vyvolaném zvýšenou teplotou vody v rozsáhlých výsecích Velkého bariérového útesu, pochází z roku 1929 (Yonge & Nichols 1931). Od té doby byl uvedený proces zaznamenán pravidelně, a to v různých částech světa. V letech 1998–2017 bylo blednutí hlášeno z 3 351 lokalit v 81 zemích, a to ještě nejsou podchyceny zdaleka všechny případy (Sully *et al.* 2019). Obdobné regionální události probíhají řádově na tisících kilometrech čtverečních mořského dna pokrytého korály během překvapivě krátké doby, často týdnů.

První celosvětové blednutí korálů zasáhlo v roce 1998 útesy v celém tropickém a subtropickém podnebném pásu a padlo mu za obět 16 % všech tehdy na Zemi žijících korálů, přičemž v Indickém oceánu jich uhynula dokonce celá polovina (Plass-Johnson *et al.* 2015). Právě tato událost, již se dostalo značné publicity i v hromadných sdělovacích prostředcích, vzedmula

dosud trvající zájem vědců a ochránců přírody o zmiňovaný proces.

Blednutí korálů zahrnuje hned několik na sebe navazujících procesů

Proměna zbarvení korálů je způsobena narušením symbiózy mezi jednobuněčnými mikroskopickými řasami rodu *Symbiodinium* ze skupiny obrněnek (Dinoflagellata) a naprostou většinou korálnatců. Kulovité řasy žijící uvnitř buněk korálů, někdy označované také jako zooxantely, obsahují zelené barvivo chlorofyl a karotenoidy. Hostitelský organismus, tj. korál, získává od řas produkty fotosyntézy, jako je kyslík a energeticky bohaté cukry. Korálový polyp (jednotlivý organismus korálnatců přisedlý k substrátu nebo k jinému polypu) naopak řase nabízí prostor a ochranu a zásobuje ji oxidem uhličitým, fosfáty a dalšími anorganickými látkami, které k životu nezbytně potřebuje. Korálnatci získávají symbiózou až 90 % potřebné energie. Tento typ mutualismu (vzájemně prospěšného vztahu mezi dvěma či více organismy) korálům umožnil existovat v na živiny relativně chudém prostředí nejméně 210 milionů let.

Jakmile teplota vody přesáhne určitý limit a současně světelné záření včetně ultrafialového

Čím jsou korálové útesy pozoruhodné a co je ohrožuje

Korálové útesy patří mezi ekosystémy s nejvyšší druhovou bohatostí (počtem druhů v určitém prostoru v daném čase) na jednotku plochy, podle některých názorů jsou dokonce vůbec druhově nejbohatším typem prostředí na Zemi (Hobson 2025). Hostí totiž více než čtvrtinu vědě dosud známých druhů mořských organismů a možná až celý milion druhů, pokud počítáme také neobjevené taxony (Fisher *et al.* 2015, Morrison *et al.* 2019). Korálové ekosystémy vykazují rovněž vysokou početnost nebo biomasu v nich žijících organismů a značnou produktivitu (Bellwood *et al.* 2019). Lidem poskytují ryby a další mořské živočichy a také suroviny pro výrobu léků a biomateriálů, chrání pobřeží před bouřemi a erozí a podporují turistiku a rekreaci: závisí na nich v různé míře asi miliarda obyvatel naší planety (Rivera *et al.* 2020).

Naneštěstí jsou korálové útesy mimořádně zranitelné jakýmkoli zásahy zvenčí (disturbancemi). Trpí znečišťováním prostředí cizorodými látkami, nemocemi, neudržitelným rybolovem prováděným často pomocí výbušnin nebo kyanidu, predací hvězdic trnových korun (*Acanthaster planci*), těžbou hmoty útesů pro výstavbu silnic, nadměrným přísunem živin, zejména dusíku a fosforu, a okyselováním oceánu. Za největší hrozbu pro korálové útesy je na celosvětové úrovni považováno právě blednutí korálů (IPCC 2007, IPBES 2019).

Není divu, že podle některých odhadů se rozloha živých korálových útesů od konce 50. let 20. století snížila na polovinu: většina tohoto úbytku přitom nastala od 70. let (IPBES *l.c.*, Eddy *et al.* 2021). V současnosti je vyhubením ohroženo 44 % z 892 druhů korálnatců vytvářejících v teplých mořích útesy, zatímco v roce 2008 to byla pouze třetina (Hobson *l.c.*, IUCN 2025).

zahltí fotosyntetické ústrojí řas, zmiňované jednobuněčné organismy začnou produkovat pro korálnatce jedovatý reaktivní kyslík. Aby přežil, musí korálový polyp symbiotické řasy, které jej nyní existenčně ohrožují, buď sám co nejdříve zkonsumovat, nebo je ze svého organismu vypudit. Ztrátou řas nebo poškozením jejich barviva se tkáň korálů stávají průhlednými, takže jimi prosvítá vnitřní bílá kostra tvořená uhličitánem vápenatým. Koráli, jež se zdají být



Každoročně navštíví korálové útesy na 350 milionů turistů a finanční hodnota této činnosti se vyšplhá na 36 miliard USD (745 miliard Kč). Ostrov Mahé na Seychelách. Foto Jan Plesník



Korálové útesy hostí na jednotku plochy vysoký počet druhů mořských organismů. Foto Jan Plesník

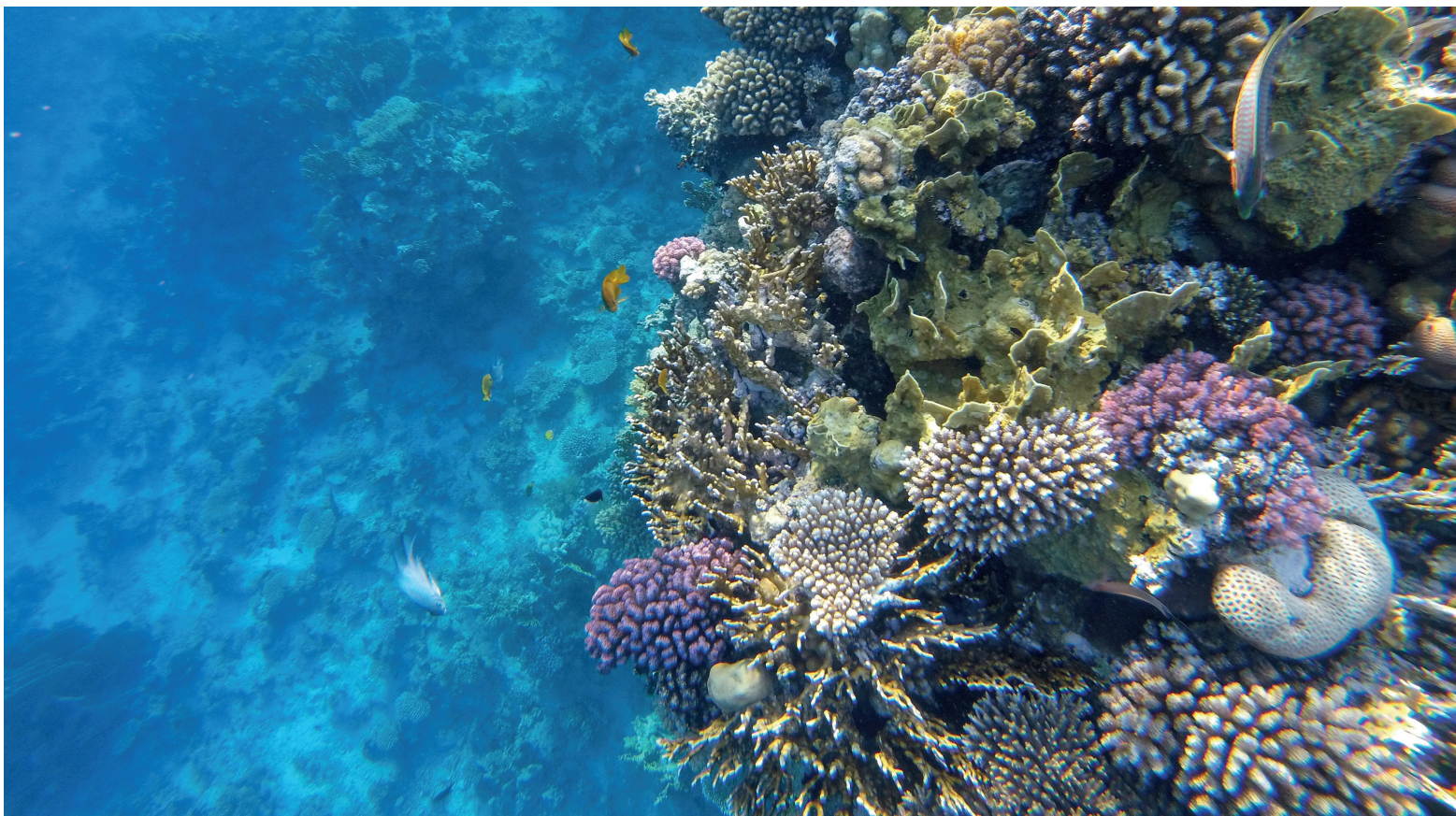
vizuálně zcela vybledlí, tak ztratili nejméně 70 % symbiotických řas.

Protože vybledlí koráli zůstávají nadále živí, je pro jejich další osud klíčové, aby opět získali nové zooxantely snášející vyšší teplotu a obnovili tak symbiózu. Určitou dobu se předpokládalo, že k tomu využijí dostupné již odolné řasy z vnějšího prostředí. Výzkumníci ale potvrdili, že korálnatcům pro tento účel mohou vhodně posloužit i symbionti, jež v jejich tkáních dokázali teplotní šok úspěšně přežít. Nicméně i když blednutí korálnatců přežijí, rostou pomaleji, bývají náchylnější k nejružnějším nemocem a mívají nižší úspěšnost rozmnožování. Jestliže v popsaném procesu neuspějí, uhynou hladověním (van Oppen & Lough 2018, Briggs *et al.* 2024).

Zesvětlení korálů s sebou přináší i poškození stavby korálových útesů organismy, které ji dokáží narušit, a úbytek biotopů vhodných pro další organismy. Značně oslabené a zranitelné zbytkové populace korálů trpí také zvýšenou predací (Baker *et al.* 2008). Ukazuje se, že k blednutí korálů může docházet nejen v mělčinách, ale i v chladnější mořské vodě v hloubce 30–150 m (Diaz *et al.* 2023).

O příčinách a důsledcích – nebo obráceně?

Co všechno spouští blednutí korálnatců? Z výše uvedeného biochemicko-fyziologického popisu procesů bělení korálů je zřejmé, že je jím na prvním místě zvýšená teplota mořské vody. Nicméně proměnu barevných korálnatců v průsvitné organismy v místním a regionálním měřítku může spustit přísun studené vody, vysoká intenzita slunečního záření, těžké kovy, zejména měď a kadmium, změny slanosti vody, znečištění pesticidy, nadměrná koncentrace živin (eutrofizace), lov ryb kyanidy, okyselení (acidifikace) oceánu a patogenní organismy, jako jsou bakterie rodu *Vibrio* (van Oppen & Lough *l.c.*). K bělení korálnatců přispívají i místní meteorologické podmínky ohřívající mořskou hladinu, jako je jasná obloha, značná vlhkost a vysoká teplota vzduchu (Richards *et al.* 2024). Závažným problémem zůstává skutečnost, že koráli žijí v symbióze s řasami obvykle v biotopech, v nichž bývá teplota vody jen o 1–2 °C nižší, než je hodnota, při níž začíná bělení (Douglas 2003). Platí přitom, že blednutí korálů je tím intenzivnější, čím je delší období, kdy korálový útes čelí vyšší teplotě.



Zdravé korálové útesy vynikají velkou druhovou bohatostí, biomasou a produktivitou (Šarm aš-Šajch, egyptské Rudé moře). Foto Jiří Mach



Zástupci větvníků rodu *Acropora* patří mezi hlavní druhy tvořící korálové útesy. Foto Lubomír Hanel

Málo se ví, že změnu zbarvení korálových polypů, byť v místním měřítku, mohou spustit rovněž čtyři chemické sloučeniny obsažené v běžně používaných opalovacích krémech, odkud se z kůže spláchnou do moře. UV filtry, které obsahují, totiž u zooxantel potlačují fotosyntézu (Zhong *et al.* 2019, NASEM 2022).

Pokud jde o globální blednutí uvedených pozoruhodných ekosystémů, má se za to, že je vyvolává přesun obrovského objemu teplé mořské vody způsobený jevem El Niño. Nicméně zatímco v roce 1998 a 2010 souviselo hromadné bělení korálnatců s vrcholem tohoto fenoménu, v období 2014–2017 a 2023–2025 začalo ještě před jeho nástupem (Reimer *et al.* 2024).

Rozsah blednutí korálů bývá rozdílný: změna zbarvení zasahuje jak jejich jednotlivé kolonie v určitém útesu, tak obrovské části světového oceánu. Navíc odlišná reakce na blednutí byla zaznamenána v rámci určité populace korálnatců, mezi populacemi téhož druhu a mezi populacemi rozdílných druhů. Na stres vyvolaný zvýšenou teplotou jsou některé genotypy (kompletní genetické informace určitého jedince, tj. soubory

všech genů daného organismu) a druhy korálnatců, a tudíž i celé korálové útesy citlivější než jiné (Richardson *et al.* 2020, van Woessik *et al.* 2022, Palacio-Castro *et al.* 2023). Přitom se také u korálnatců uplatňuje fenotypová plasticita, tedy nedědičná schopnost genotypu vytvářet na základě rozdílného působení podmínek prostředí různé fenotypy, tedy soubory všech pozorovatelných vlastností a znaků živého organismu (Grottoli *et al.* 2006, Drury *et al.* 2022).

O tom, zda určitá kolonie korálů přežije, rozhoduje, jak se ostatně dá očekávat, její celkové zdraví projevující se odolností (rezistencí), pružností (reziliencí) a životaschopností (Donovan *et al.* 2021). V tomto směru mají výhodu korálnatci schopní si včas vytvářet tukové zásoby nebo se živit jako heterotrofní organismy organickým materiálem z vodního sloupce.

Jak ven ze začarovaného kruhu

Dosud byla vypracována celá řada doporučení pro péči o korálové útesy zaměřených jak na metody snižující negativní dopady blednutí, tak na jejich co nejrychlejší obnovu. Zachování korálových útesů bude záležet na snížení emisí skleníkových plynů, omezení místních negativně působících činitelů a na obnově uvedených ekosystémů (van Woessik *et al. l.c.*).

Korálnatci nyní zažívají teploty, kterým nebyli vystaveni posledních 400 000 let: stres vyvolaný vzrůstem teploty prostředí na ně dopadající od nástupu průmyslové výroby vzrostl pětinasobně (Grottoli *et al.* 2025). Zdá se, že bez ohledu na úsilí omezovat dopady probíhající a očekávaných změn podnebí snižováním emisí skleníkových plynů budou korálové útesy hlavně v blízkosti rovníku ohroženy celoročním nebezpečím blednutí (Hughes *et al.* 2018, Mellin *et al.* 2024). Známy Mezivládní panel pro změnu klimatu předpokládá, že zvýšení průměrné teploty Země o 2 °C ve srovnání se začátkem průmyslové revoluce povede ke ztrátě 99 % všech korálových útesů (IPCC 2023). Jiné prognózy a scénáře jsou poněkud optimističtější: vycházejí z výše uvedené rozdílné schopnosti jedinců, populací a druhů úspěšně přežít teplotní šok (Jury *et al.* 2024). Někteří korálnatci žijící v Rudém moři již dnes tolerují zvýšení teploty vody dokonce o 7 °C (Hobson 2025).

Pro prognózy ploch zasažených zesvětlením korálnatců se využívají údaje o teplotě mořské



Kolonie korálů před a po vyblednutí. Foto The Ocean Agency

hladiny a dalších fyzikálně-chemických vlastnostech získávané družicemi a podvodními dálkově řízenými roboty: při jejich analýze se stále častěji uplatňuje umělá inteligence (Boonnam *et al.* 2022, Liu *et al.* 2024, Rivera-Sosa *et al.* 2025).

Jelikož určité bakterie žijící v korálech pomáhají polypům přežít teplotní šok, posilují se jimi korálové útesy, na nichž se očekává blednutí (Doering *et al.* 2021, Santoro *et al.* 2021, Maire & van Oppen 2021). Snížit stres vyvolaný zvýšenou teplotou může také ozařování modrým světlem (Gong *et al.* 2023). Někteří odborníci jsou přesvědčeni, že současný nepříliš povzbudivý stav četných korálových útesů by mohly zlepšit ekologické sítě tvořené jadrovými korálovými ekosystémy o rozloze tisíců km² s vysokou genetickou rozmanitostí a nemalým rozmnožovacím potenciálem korálů, v nichž bude zakázán rybolov a které budou vzájemně propojené koridory nebo nášlapnými kameny pro šíření larev korálů prostorem (Morelli *et al.* 2020).

Jestliže ale koráli, kteří odolali blednutí, dokáží vytvářet nové larvy, mořská voda je kvalitní a je k dispozici vhodné podloží, i těžce poškozené útesy se mohou samovolně obnovit. Přirozené ozdravení vybledlých nebo jinak poškozených korálových útesů ale trvá obvykle nejméně 10–15 let: koráloví polypi se začnou rozmnožovat nejdříve po deseti letech. Proto se vědci

a ochránci přírody snaží popsaný přírodní proces významně urychlit: hovoříme tak o podporované evoluci (van Oppen *et al.* 2015). Zahrnuje kromě již zmiňovaných postupů mj. využití jedinců z populací přirozeně odolných vysokým teplotám, a to včetně kříženců různých druhů, vysazování nebo repatriace korálů a jejich řas několik generací chovaných v akvakultuře při vysoké teplotě („zahradničení s korály“), zvyšování genetické rozmanitosti podporou pohlavního rozmnožování korálnatců nebo přenos korálů do (zatím) chladnějších částí oceánu (Hein *et al.* 2019, Buerger *et al.* 2020, Yu *et al.* 2020, Caruso *et al.* 2021, Chan *et al.* 2023, Humanes *et al.* 2025). Pro zvýšení odolnosti korálů a jejich symbiontů vůči teplotnímu stresu mohou být využity soudobé molekulárně genetické postupy, jako je editace genu/genomů metodou CRISPR-Cas9 (Levin 2017, Cleves *et al.* 2018, 2020, Strader & Quigley 2022, Selmoni *et al.* 2024, Warner *et al.* 2025). Zatím ale vše nasvědčuje tomu, že přes některé úspěchy zůstává obnova korálových útesů nákladnou záležitostí omezenou na malé plochy (Hughes *et al.* 2023). ■

Seznam literatury najdete na www.casopis.ochranaprirody.cz