

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



Fakulta životního
prostředí

**Velký bariérový útes jako indikátor stavu
životního prostředí**
**The Great Barrier Reef as an indicator
of the state of the environment**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bakalant: Simona Klesová

Vedoucí práce: Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Simona Klesová

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Velký bariérový útes jako indikátor stavu životního prostředí

Název anglicky

The Great Barrier Reef as an indicator of the state of the environment

Cíle práce

Práce bude ucelenou studií o vzácném ekosystému, který představují korálové útesy. Bude vycházet ze zahraniční literatury. Cílem je seznámit veřejnost se vznikem a vývojem korálových útesů od nejzazší historie po dnešek, nebezpečím klimatické změny, která tyto ekosystémy ovlivňuje, budoucností a ochranou těchto lokalit.

Metodika

V literární rešerši studentka popíše dávnou historii a vznik korálových útesů, jejich ekologii, rozdělení a význam pro ekosystémy Země. Popíše rozdělení a lokalizaci korálových útesů, jejich obyvatele.

V badatelské části práce studentka vyhledá a rozebere všechny negativní aspekty klimatické změny a její dopad na Velký bariérový útes, jako jeden z nejvzácnějších a nejznámějších útesů. Zamyslí se nad ochranou korálových útesů a jejich budoucností. Součástí práce bude jednoduchá statistika stavu a ohrožení těchto ekosystémů na Zemi.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

Velký bariérový útes, korál, životní prostředí, klimatická změna

Doporučené zdroje informací

- Fricke H. W., 1987: Svědectví korálových útesů. Panorama, Praha, 232 s.
- Heron S. F. at al., 2017: Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment. UNESCO World Heritage Centre, Paris.
- Lieske E. et Myers R., 2005: Ryby korálových útesů: Indopacifik a Karibik. Svojtka & Co., Praha, 400 s.
- Pfleger V., 1989: Korálový útes. Academia, Praha, 160 s.
- Scubazoo, 2008: Útes Výprava za podmořským světem. Euromedia Group – Knižní klub, Praha, 360 s.
- Smith R. M., 2011: Austrálie. Computer Press, Brno, 404 s.
- Wilkinson C. R., 1998: Status of coral reefs of the world: 1998. Australian Institute of Marine Science, Dampier.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Ing. Jana Soukupová, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 13. 12. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 1. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Velký bariérový útes jako indikátor stavu životního prostředí vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Karlových Varech dne 31.3.2022

.....
Simona Klesová

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat paní Ing. Janě Soukupové, Ph.D., za to, že byla mou vedoucí práce, za její laskavý, ochotný přístup, za její cenné rady a za její pomoc. Poděkování patří i mé rodině a Alexovi za trpělivost a za podporu.

Abstrakt

Korálové útesy jsou mimořádným ekosystémem. Poskytují pro lidskou populaci potravu, živobytí i bohatství.

Vzhledem k vysoké citlivosti korálnatců na znečišťující vlivy prostředí mohou sloužit jako spolehlivé indikátory čistoty moří.

S globální změnou klimatu a dalšími ohrožujícími vlivy však jejich počet a rozmanitost rychle klesá a směřuje k zániku.

Tato bakalářská práce prochází vznikem a vývojem korálových útesů od nejzazší historie po současnost včetně geologie, paleontologie a paleoekologie.

Popisuje rozdělení korálových útesů a životní podmínky na nich včetně obyvatel útesů a jejich biologické rozmanitosti a sociálních vztahů.

Velká pozornost je zaměřena na skvost mezi útesy, na australský Velký bariérový útes.

Práce se ve velké míře zaměřuje na nebezpečí a ohrožení korálových útesů, kterým čelí v současné době a bohužel čelit budou. Jde převážně o klimatické změny, globální oteplování, ostatní nepříznivé vlivy, bělení a nemoci korálů.

Zvláštní důraz je kladený na současnou a budoucí ochranu korálových útesů, která je podstatná pro zachování těchto skvostů pro budoucí generace a činnosti s tím související, jako je vytvoření mořských, podvodních parků, korálových školek a založení nadace na ochranu Velkého bariérového útesu.

CITES - Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin a UNESCO - Organizace spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu mohou být ve velké míře této ochraně nápomocny.

Prestižní Nobelova cena za ekonomii taktéž pomáhá chránit korálové útesy.

Tato práce dokumentuje, jaká nenahraditelná ztráta korálů a korálových útesů pro lidstvo by to byla a zda budou zachovány závisí pouze na nás, na lidech.

Klíčová slova:

Velký bariérový útes, korál, životní prostředí, klimatická změna

Abstract

Coral reefs are an extraordinary ecosystem. They provide food, livelihoods and wealth for the human population.

Due to the high sensitivity of corals to environmental pollutants, they can serve as reliable indicators of the purity of the seas.

However, with global climate change and other threatening effects, their numbers and diversity are rapidly declining and heading for extinction.

This bachelor thesis goes through the origin and development of coral reefs from recent history to the present, including geology, paleontology and paleoecology.

It describes the distribution of coral reefs and the living conditions on them, including the reef inhabitants and their biodiversity and social relationships.

Big attention is paid to the gem among the cliffs, to the Australian Great Barrier Reef.

The work largely focuses on the dangers and threats of coral reefs that they currently face and unfortunately will face. These are mainly climate change, global warming, other adverse effects, bleaching and coral diseases.

Special emphasis is placed on the current and future protection of coral reefs, which is essential for preserving these gems for future generations and related activities, such as the creation of marine, underwater parks, coral nurseries and the establishment of the Great Barrier Reef Foundation.

CITES - Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora and UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization can be of great help to this protection.

The prestigious Nobel Prize in Economics also helps protect coral reefs.

This work documents what the irreplaceable loss of corals and coral reefs would be for humanity and whether they will be preserved depends only on us, on humans.

Keywords:

Great barrier reef, coral, environment, climate change

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Historie korálů a korálových útesů	12
3.1 Koráli - Staré řecké báje a pověsti	12
3.2 Geologická minulost korálových útesů	13
3.3 Paleontologie korálových útesů	13
3.4 Paleoekologie korálových útesů	14
3.5 Korálové útesy podle Charlese Darwina	17
3.6 Evoluce korálových útesů	17
3.7 Přínosy poznatků geologie, paleontologie a průzkumu Země	18
4. Korálové útesy a jejich rozdělení	20
5. Velký bariérový útes	22
5.1 Korálové moře	23
5.2 Historie a vznik Velkého bariérového útesu	24
5.3 Objevení Velkého bariérového útesu	24
5.4 Vliv evropského osídlení na kvalitu vody ve Velkém bariérovém útesu	24
5.5 Rozdělení útesů Velkého bariérového útesu	25
5.6 Přírodní podmínky na Velkém bariérovém útesu	25
5.7 Míra ohrožení a následná ochrana Velkého bariérového útesu	26
5.8 Ostrovy Velkého bariérového útesu	26
5.9 Zajímavosti Velkého bariérového útesu	29
6. Životní podmínky na korálových útesech	29
7. Obyvatelé korálových útesů	30
7.1 Ekosystém korálového útesu	31
7.2 Ryby korálových útesů	31
7.2.1 Zoogeografie	32
7.2.2 Rozdělení korálových ryb	32
7.2.3 Sociální vztahy	33
7.2.4 Čištění a jiné služby	33
7.2.5 Nebezpečné mořské ryby	34
7.3 Biologická rozmanitost	34

8. Ohrožení korálových útesů	35
8.1 Klimatické změny, globální oteplování	35
8.2 Ostatní nepříznivé vlivy pro koráli a korálové útesy	36
8.3 Adaptace a tolerance korálů a korálových útesů	38
8.4 Bělení korálů	39
8.5 Nemoci korálů - korálový chorobopis	43
8.6 Hvězdice	45
9. Ochrana korálových útesů	47
9.1 Ekologická paměť	47
9.2 Mořský park a nadace na ochranu Velkého bariérového útesu	48
9.3 Podmořské a podvodní parky	49
9.4 Naděje pro koráli – korálové školky a transplantace	49
9.5 CITES - Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin	52
9.6 UNESCO - Organizace spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu	55
9.7 Nobelova cena za ekonomii pomáhá chránit korálové útesy	58
9.8 Postoj australské vlády k ochraně Velkého bariérového útesu	60
10. Současný význam korálů a útesů	62
11. Současný stav a predikce do budoucna	63
12. Potápěčský ráj	70
13. Diskuse	71
14. Závěr a přínos práce	74
15. Přehled literatury a použitých zdrojů	75

1. Úvod

Korálové útesy jsou ekologicky a ekonomicky důležité ekosystémy, které se nacházejí ve světových tropických a subtropických oceánech. Jsou uznávány pro svůj jedinečný a celosvětový význam. Poskytují potravu, živobytí a útočiště pro široké množství mořských ryb a mořských živočichů. Jsou to přirozeně nejrozmanitější ekosystémy v oceánu, srovnatelné s deštnými pralesy na souši.

„Vzhledem k vysoké citlivosti korálnatců na znečišťování mohou sloužit jako indikátory čistoty moří.“ (Pfleger, 1989)

Koráloví polypi k svému životu potřebují dosti speciální podmínky. Hlavním faktorem je teplota vody. Dále pro svůj růst vyžadují minimální sedimentaci a dostatek slunečního záření. Nezbytný je také dostatečné množství kyslíku a vyhovující salinita vody. Kvůli těmto nárokům roste korálový útes velmi pomalu.

Navzdory jejich důležitosti a nevyčísitelné hodnotě, většina korálových útesů je pod obrovským tlakem řady lidských činností, jako je nadměrný rybolov používající nešetrné techniky, intenzivní zemědělství, vypouštění odpadu, turismus a cestovní ruch.

Nejničivější dopad má ale měnící se klima vyznačující se stále častějšími extrémními výkyvy počasí, hurikány a tropické bouře.

Mezi lidmi a útesy byl vždy blízký vztah, ale tato doba posunula tento vztah nesprávným směrem. Lidé mají dlouhou dobu špatný vliv na podmořský svět a dostáváme se do stavu, ze kterého by se již korálové útesy nemusely vzpamatovat a mohli bychom o ně trvale přijít.

Je zapotřebí, abychom usměrnili své potřeby v zájmu zdraví korálů a korálových útesů.

Při ochraně korálů a korálových útesů hraje velkou roli postavení vlády a vedoucích činitelů té dané země. Australská vláda si uvědomuje, že hodnoty Velkého bariérového útesu jsou obzvláště vysoké, což znamená, že tomuto věnují dostatečnou pozornost a vynakládají dostatečnou sumu peněz na jejich ochranu.

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce, literární rešerše, je seznámit veřejnost se vznikem a vývojem korálových útesů od nejzazší historie po současnost včetně geologie, paleontologie a paleoekologie.

Popsat rozdělení korálových útesů a životní podmínky na nich včetně obyvatel útesů a jejich biologické rozmanitosti a sociálních vztahů.

Upřednostnit skvost mezi útesy, australský Velký bariérový útes.

Zaměřit se na nebezpečí a ohrožení korálových útesů, kterým čelí v současné době a bohužel čelit budou. Jde převážně o klimatické změny, globální oteplování, ostatní nepříznivé vlivy, bělení a nemoci korálů.

Zvláštní důraz klást na současnou a budoucí ochranu korálových útesů, která je podstatná pro zachování těchto skvostů pro budoucí generace a činnosti s tím související, jako je vytvoření mořských, podvodních parků, korálových školek a založení Nadace na ochranu Velkého bariérového útesu.

Uvědomit si, jaká nenahraditelná ztráta korálů a korálových útesů pro lidstvo by to byla a zda budou zachovány závisí pouze na nás, na lidech.

3. Historie korálů a korálových útesů

3.1 Koráli – Staré řecké báje a pověsti

„Perseus zvedl zbraně a mošnu a podivil se. Rostliny a větvičky, na kterých mošna s Medusinou hlavou ležela, zkameněly. Proměnily se v korály. Některé z nich potřísnila Medusina krev a dostaly červenou barvu. Korály se rozrůstaly a mořské nymfy rozmnožovaly ten div pod hladinou. V mořských hlubinách se rozrostly korálové keře.“ (Petiška, 1996)



Obrázek 1: Perseus

(<https://sites.google.com/site/starovekebajeapovesti/perseus>).

Možná se jedná o první literární vysvětlení vzniku korálů, se kterými se setkával člověk již před několika tisíci lety. Národy žijící na pobřeží teplých moří byly výživou odkázány na moře a jeho život. Taktéž asijské a australské kmeny se musely seznámit s korálovými útesy a jejich životem při osídlování ostrovů v Tichém oceánu. Zřejmě první zpráva o korálech pochází z Babylonu. V souvislosti s lovem perlorodek a hledáním perel vyprávěli starověcí potápěči o světě korálů. Jejich zkušenosti se dostávaly díky obchodu dále do světa. Korálu se ve starověku přisuzovaly nadpřirozené síly ochraňující před hromy, blesky a před velkými bouřemi (Pfleger, 1989).

3.2 Geologická minulost korálových útesů

Během geologické minulosti Země se změny v rozdělení pevnin a moří promítly do vzniku a zániku korálnatců a korálových útesů. Pravěké korálnatce, vytvářející pevnou vápenitou kostru, známe z doby z ordoviku před 440 milióny let. Patřili k početným skupinám korálů drsnatých (*Rugosa*) a deskatých (*Tabulata*). S dnešními korály z řádu větevníků (*Scleractinia*) mají společný základní stavební plán žahavců a vylučování vápenité kostry. Již tenkrát vytvářeli kolonie nebo žili jednotlivě. I když se na stavbě útesů podíleli i další živočichové, domníváme se, že i pro vznik prvohorních korálových útesů byla rozhodující vyšší teplota mořské vody. Jejich existence trvala asi 200 miliónů let. Zřejmě v souvislosti s ústupem mělkých moří v permu drsnatí a deskatí koráli vymřeli. Dnešní útesoví koráli se zřejmě vyvinuli z předků podobných sasankám asi před 180 milióny let a náleželi k různým čeledím, z nichž ještě dnes žijí zástupci čeledí *Thamnasteriidae* a *Astrocoenidae* (Pfleger, 1989).

3.3 Paleontologie korálových útesů

Paleontologové určují podle výskytu fosilních korálů, jaké byly v minulosti podmínky prostředí a dále vznik a stáří korálových formací. Před 400 milióny let naše planeta rotovala podstatně rychleji než dnes (400 dní v roce, den měl 22 hodin), toto zjištění astronomů vědci potvrdili z denních přírůstkových pruhů fosilních korálů. Výzkumem korálů bylo zjištěno, že v jejich kostrách se zafixovaly události jako chladná období, kvalita mořské vody, účinky průmyslové revoluce, zkoušky atomových zbraní i data zemětřesení (Pfleger, 1989).

Paleoklimatické změny a koráli - korálové kostry slouží jako vynikající záznamníky paleo environmentálních podmínek v tropických pobřežních vodách. Izotopové, stopové a drobné elementární znaky korálových koster se předvídatelným způsobem liší v důsledku teploty, slanosti, oblačnosti, vypouštění řek, vzlínání, oceánské cirkulace a dalších oceánských rysů. Korálová jádra jako taková poskytují přirozený archiv tropického paleoklimatu a paleoceanografických podmínek v meziročních až stoletých časových horizontech. Paleoklimatické záznamy korálů poskytují jedinečný pohled na proměnlivost klimatu. Jsou jedním z mála zdrojů dat (v časových úsecích desetiletí a delších) a

jediným přímým zdrojem záznamů o většině světových tropických oceánů. Mohou poskytovat záznamy jak o místních změnách, tak o variabilitě v globálním měřítku. I když je $\delta^{18}\text{O}$ stále nejoblíbenějším nástrojem pro paleothermometrii, je nyní často doplňován nebo nahrazován záznamy stroncia a vápníku. $\delta^{18}\text{O}$ je věrným záznamníkem pro analýzu rozsáhlých vzorců variability klimatu. Měření $\Delta^{14}\text{C}$ založená na korálech jsou užitečnými indikátory změn ve vodních masách v tropickém oceánu.

Srovnání mezi korálovými záznamy a oceánografickými pozorováními prokázalo přesnost korálových paleorekordů pohybu vodní hmoty. Rekonstrukce cirkulace založené na korálech poskytují záznamy o změnách cirkulace, které mohou být užitečné pro pochopení toho, jak se cirkulace oceánů změnila v reakci na klimatické podmínky.

Dnes nám přístrojové a satelitní zdroje poskytují neustále se zlepšující globální obraz důležitých parametrů, jako jsou teploty oceánů, salinita a obsah CO_2 . Místní přístrojová pole monitorují pobřežní oblasti, globální integrované pozorovací systémy je spojují a přinášejí nám tato data.

Bohužel mnoho otázek, které dnes potřebujeme zodpovědět, vyžaduje záznamy, které neexistují. Přes svá omezení nám paleodata poskytují most mezi dnešními pozorovacími systémy a variabilitou minulosti (Grottoli et al. 2007).

3.4 Paleoekologie korálových útesů

Paleoekologie používá data z fosilií a subfosilií k rekonstrukci ekosystémů minulosti. Tento obor také zahrnuje studium fosilních organismů a pozůstatků s nimi spojených, včetně jejich životního cyklu, jejich interakce, jejich životního prostředí, jejich způsobu smrti a pohřbívání, k rekonstrukci paleoprostředí.

Fosilní záznamy byly studovány kvůli pokusům o objasnění vztahů, které mají zvířata ke svému okolí, což by částečně pomohlo k pochopení současného stavu biologické diverzity.

Cílem paleoekologie je tudíž stavba co nejpřesnějšího a nejdetailnějšího modelu životního prostředí, v němž původně žily organismy, které jsou dnes nacházeny jako fosilie. Taková rekonstrukce bere v potaz komplexní interakce mezi faktory životního prostředí, jako jsou teploty, zásoby potravy a stupeň slunečního ozáření.

Korálové útesy jsou jedním z nejstarších ekosystémů na světě, mají bohatou a pestrou historii po stovky milionů let. Historie živých útesových organismů poskytuje základní pohled na řadu základních evolučních a ekologických procesů v dlouhodobých časových rámcích, čímž moderní ekologie bohužel nedisponuje. Mnohé ze složek současných útesů jsou kalcifikující organismy, které zanechávají záznam o své přítomnosti ve fosilních záznamech. Paleoekologie korálových útesů byla tedy prováděna na tropických ekosystémech po celém světě s aplikacemi v ekologii, evoluci, biogeografii, riziku vyhynutí, ochraně a managementu a biologii globálních změn.

Zkoumání ekologických a evolučních změn v kontextu k proměnlivosti prostředí poskytuje ideální rámec pro pochopení paleoekologie korálových útesů a zasazení moderní krize biodiverzity do historického kontextu.

Útesy v mnoha podobách se nacházejí v celém fosilním záznamu a představují jedny z nejstarších ekosystémů na Zemi. Korálové útesy jsou jedním z nejstarších útesových systémů na Zemi.

V geologii vycházíme z Huttonovy zásady, že „současnost je klíčem k minulosti.“ Nyní víme, že i minulost může poskytnout klíčové pohledy na moderní procesy, zejména při předpovídání budoucích pravděpodobných stavů ekosystémů.

Studie paleoekologie útesů poskytla několik zajímavých a užitečných údajů, pomocí kterých lze částečně zažehnat moderní krizi biodiverzity.

Paleontologové použili starověké útesy jako modelové ekosystémy při studiu ekologické sukcese nebo vysvětlení změn ve společenstvích konkrétního místa v průběhu času.

Některé z fyzikálních změn, které se podle projekcí mohou vyskytnout v nadcházejícím století, se již opakovaně objevovaly během posledních dvou milionů let čtvrtohorního období, tak i ve vzdálenější minulosti. Jedná se o hladinu moří a vzestup teploty, naopak se nejedná o míru nárůstu CO₂.

Vývoj čtvrtohorních korálových útesů pokračoval v průběhu klimatických změn, nebo se obnovil tak rychle, že nezanechal žádný záznam o jejich zániku.

Jedním z hlavních rozdílů mezi kvartérními útesy a útesy, které čelí klimatickým změnám v nadcházejících desetiletích je to, že dnešní útesy byly poznamenány lidskými vlivy, takže frekvence antropogenních poruch mohla snížit jejich odolnost vůči porušení.

Jednou z nejkritičtějších výzev, kterým dnes ekologové čelí, je pochopit měnící se geografické rozložení druhů v reakci na současné a předpokládané globální oteplování.

Moderní ekologové mohou o vztahu mezi biodiverzitou korálů a potenciálem pro růst útesů pouze spekulovat.

Korálové útesy mají bohatou a slavnou historii, sahající až do stovek milionů let.

Živé korálové útesy mají prastaré protějšky, historii korálových útesů tak lze rekonstruovat zkoumáním jejich kosterních pozůstatků a sedimentárního záznamu.

Studium těchto záznamů je v kompetenci paleoekologie korálových útesů a bylo z těchto záznamů získáno mnoho informací, které lze snadno aplikovat na řadu biologických a geologických problémů.

Paleoekologické studium korálových útesů poskytlo informace moderní ekologii, vědě o životním prostředí, biologii ochrany přírody a změně klimatu (Pandolfi et al. 2011).

Paleoekologické události ve fosilním záznamu, které předznamenávají odumírání útesových společenstev zkoumají biologové spolu se specialisty na fosilní bioerozi. Vychází najevo, že vrtavé organizmy nejsou zabijáky útesů, ale jsou integrovány do jejich ekologických funkcí. I mimo strukturu útesu jsou velmi životaschopné a přežívají i velká vymírání.

Je známo, že většina fosilních útesů odumřela po změnách úrovně mořské hladiny nebo byla zadušena přínosem usazenin. Efektivní ochranou by bylo zastavení odlesňování pobřeží, které vede k zvýšení sedimentace a nadbytku živin.

Velké škody na korálech v minulých letech způsobily vrtavé živočišné houby z čeledi *Clionidae*. Studie ukázaly, že faktory prostředí jako intenzita vlnění, množství živin ve vodě, porozita podkladu nemá vliv na vitalitu těchto hub samotně, ale ve vzájemném působení s jiným faktorem. Ukázalo se také, že tyto houby hubí kolonie korálů oslabené značnými výkyvy teplot. Důležitým poznatkem je, že polypi zdravých korálů dokážou houby zneškodnit (Mikuláš, 2000).

3.5 Korálové útesy podle Charlese Darwina

Během své výzkumné výpravy v letech 1832 až 1836 na lodi Beagle pod velením kapitána Fitzroye, R. N. Charles Darwin vyložil svou teorii o formaci atolových útesů. Tato teorie zní, že díky zdvihům a poklesu zemské kůry pod oceány se tvoří atoly neboli při pozvolném poklesu ostrova sopečného původu mají korálové útesy dostatek času dorůst a vytvářet kruhovou strukturu lemující ostrov. Jde o jediný a dodnes aktuální model vzniku a vývoje korálových útesů a atolů (Darwin, 2013).

Podle Darwina se tenkrát korálové útesy nacházely v oblastech, kde v minulosti došlo k poklesu země. Tato teorie poklesu vysvětlila jak vznik atolů, tak bariérových útesů (Pfleger, 1989).

3.6 Evoluce korálových útesů

Globální změna klimatu potenciálně ohrožuje každý jednotlivý korál a s ním spojenou faunu. Toto vede k otázce, zda je vůbec možné zachovat korálové útesy po budoucí generace. Navzdory tomuto zdánlivě pochmurnému výhledu však korálové útesy, podobné těm, které známe dnes, existují přibližně 215 milionů let a v jiném taxonomickém přestrojení asi 500 milionů let. Přežili vyhynutí dinosaurů a klimatické změny v dobách ledových. Tohle dokazuje pozoruhodnou evoluční odolnost a naznačuje, že je zde i prostor pro ekologickou odolnost. Krize a vymírání nejsou pro korálové útesy ničím novým. Postupem času došlo k mnoha útesovým krizím a nespočetným vymíráním, ale korálové útesy přetrvaly. Každá krize však přinesla velká vymírání a změnu fauny. V některých případech to evoluci trvalo miliony let tyto škody nahradit (Riegl et al. 2009).

Fosilní záznam zaznamenává vzestup, pád a obnovu útesů. Je to ne příliš obsáhlý záznam kvůli globálním útesovým mezerám po vyhynutí a délce doby před obnovou útesu. Interval, kdy útesy buď zcela chybí, nebo se výrazně zkracují, se pohybují od 1×10^6 let až po 10×10^6 let. Doba potřebná k oživení může být implementována do současné ekologické krize. Současná biotická mořská krize naznačuje pochmurný budoucí vývoj útesů.

Ačkoli evoluce se nedá předvídat, odhady rozmanitosti a míry zotavení po masovém vymírání lze odvodit z fosilního záznamu. Studie role fotosymbiózy zooxanthell v geologické minulosti poskytuje nové pohledy na pozitivní i negativní vývoj na

živých korálových útesech. Integrace biologie a fosilního záznamu nabízí potenciál pro lepší pochopení současných problémů korálových útesů, včetně fenoménu bělení (Stanley et al. 2008).

Zvyšující se koncentrace atmosférického CO₂ má za následek destabilizaci klimatu, vyvolání globálního oteplování a změnu chemického složení oceánů. Koráli se stávají pod teplotním stresem citlivějšími na sluneční světlo, takže kombinace poškozování ozónové vrstvy a globálního oteplování je pro ně obzvláště škodlivá. Fosilní záznam biogenních útesů a společenstev produkujících uhličitany může přispět k našemu pochopení živých druhů a k prognózám, jak mohou tyto komunity reagovat na antropogenně vyvolané změny životního prostředí. Útesové komunity jsou geologicky produktivní i křehké, za příznivých podmínek produkují silné vápencové nánosy a v důsledku regionálních nebo globálních environmentálních narušení trpí rozsáhlým vymíráním.

Ve dvacátém prvním století bude studium korálových útesů, uhličitánových sedimentů a vápenců i nadále zásadní pro pochopení minulosti, přítomnosti a budoucnosti mořských ekosystémů a globálního klimatu,

Hlavní chemickou složkou uhličitánových sedimentů a vápenců je uhličitán vápenatý (CaCO₃). Organismy vylučují CaCO₃ buď jako kalcit nebo aragonit. Mineralogické rozdíly spočívají v krystalové struktuře a rozpustnosti minerálů při teplotách a tlacích vyskytujících se na souši a v oceánech. Aragonit se snadněji sráží v teplých mořských vodách, které jsou přesycené CaCO₃, ale je lépe rozpustný v chladnějších mořských vodách a ve sladké vodě. Energie potřebná k vysrážení a udržení aragonitové nebo kalcitové skořápky se tedy liší v závislosti na stavu nasycení vod uhličitánem, ve kterých organismus žije. Aragonit je navíc strukturálně pevnější než kalcit, což je charakteristika zvláště důležitá pro organismy se vzpřímenými růstovými formami, včetně rozvětvených korálů a některých velkých mechorostů (Hallock et al. 2009).

3.7. Přínosy poznatků geologie, paleontologie a průzkumu Země

Korálové útesy po celém světě čelí alarmujícím tempem obrovskému poškození. Geologické přístupy v ekologii korálových útesů poskytují jedinečný historický pohled na devastaci těchto útesů a to prostřednictvím přírodních i lidských procesů.

Principy z geofyziky, paleontologie, geochemie a fyzikální a chemické oceánografie poskytují nové poznatky o fungování korálových útesů, doplňují ekologické studie v reálném čase a poskytují informace pro vytváření realistické environmentální politiky.

Rekonstrukcí ekologické historie korálových útesů lze vyhodnotit, zda nedávné dramatické změny ekosystémů útesů jsou či nejsou novými událostmi nebo zda jsou součástí dlouhodobého trendu či cyklu. Předmětem zkoumání jsou příčiny změn, mezi které patří škody způsobené hurikány, rozšíření predátorů požírajících koráli, epidemie chorob, vzestup hladiny moří, zatížení živinami, globální oteplování a acidifikace oceánů.

Předpovědi o budoucnosti korálových útesů vedou k praktickým strategiím pro úspěšnou obnovu a řízení útesových ekosystémů (Riegl, 2007).

Běžnou životní strategií mořských organismů již 3,7 miliardy let je srážení uhličitánů, stejně jako výstavba jejich útesů. Dnešním korálům a organismům tvořícím útesy se příznivě daří v teplých, mělkých, dobře osvětlených, tropických mořských vodách, kde jsou schopny stavět obrovské uhličitánové stavby.

Bylo věnováno značné úsilí pochopení fosilních útesů, jejich anatomii a morfologii. Zvláštní roli v tomto hraje dálkový průzkum Země. Interpretace satelitních snímků poskytuje rozsáhlou škálu podstatných informací z tropických útesů.

Sedimentologie, kdy jsou moderní prostředí kontrastována s horninovým záznamem, byla srovnávána s pozorováními provedenými z oběžné dráhy. Satelitní mapování patří mezi klíčovou technologii pro určení krize korálových útesů. Slouží nejen přímo k mapování korálových komunit, ale také nepřímo k vytvoření klimatologie jejich fyzického prostředí. Aplikace dálkového průzkumu Země a tropických korálových útesů má za cíl sdělit, jak by tato rychle rostoucí technologie mohla být nápomocna pro řešení krize korálových útesů (Purkis, 2017).

V letech 2015–2016 vyvolaly rekordní teploty pantropickou epizodu bělení korálů. V létě na jižní polokouli od března do dubna 2016 byli pomocí leteckých průzkumů měřeny úrovně bělení na 1 156 jednotlivých útesech v délce 2 300 km Velkého bariérového útesu, největšího systému korálových útesů na světě. Přesnost leteckých měření byla ověřena podrobnými podvodními průzkumy bělení na 260 místech, na 104 útesech, což umožnilo porovnat údaje o leteckém a podvodním

bělení s teplotami odvozenými ze satelitu a se souvisejícími modelovými předpověďmi bělení. Závažnost bělení na jednotlivých útesech v roce 2016 úzce korelovala s úrovní místního vystavení teploty: nejnižnější oblast Velkého bariérového útesu unikla pouze s malým vyblednutím, protože letní teploty se tam blížily průměru. Gradienty živin a zákalu od pobřeží k moři přes Velký bariérový útes měly minimální vliv na závažnost bělení. Podobně bylo bělení stejně závažné na útesech, které jsou otevřené nebo uzavřené pro rybolov. Úroveň úmrtnosti po bělení, měřená pod vodou po 7-8 měsících, úzce korelovala s vzdušnými skóre naměřenými na vrcholu bělení. Podobně útesy s vysokým skóre vzdušného bělení také zaznamenaly velké posuny v druhovém složení v důsledku rozsáhlé úmrtnosti druhů citlivých na teplo. Útesy s nízkým skóre bělení se nezměnily ve složení, a některé vykazovaly menší nárůst korálové pokrývky. Na Velkém bariérovém útesu došlo ke dvěma dřívějším událostem hromadného bělení v letech 1998 a 2002, které byly méně závažné než v roce 2016. Geografická stopa každé ze tří událostí je charakteristická a odpovídá teplotním vzorcům mořské hladiny odvozeným ze satelitů. Letecké průzkumy naznačují, že minulá expozice bělení v letech 1998 a 2002 nezmenšila závažnost bělení v roce 2016. Tento soubor dat skóre leteckého bělení poskytuje historickou základnu pro srovnání s budoucími událostmi bělení (Hughes et al. 2018).

4. Korálové útesy a jejich rozdělení

Korálové útesy se rozprostírají v teplých, mělkých a prosluněných tropických vodách. Jedná se o pevné útvary tvořené především pozůstatky vnějších koster takzvaných tvrdých korálů, skupin korálnatců, malých organismů žijících v koloniích.

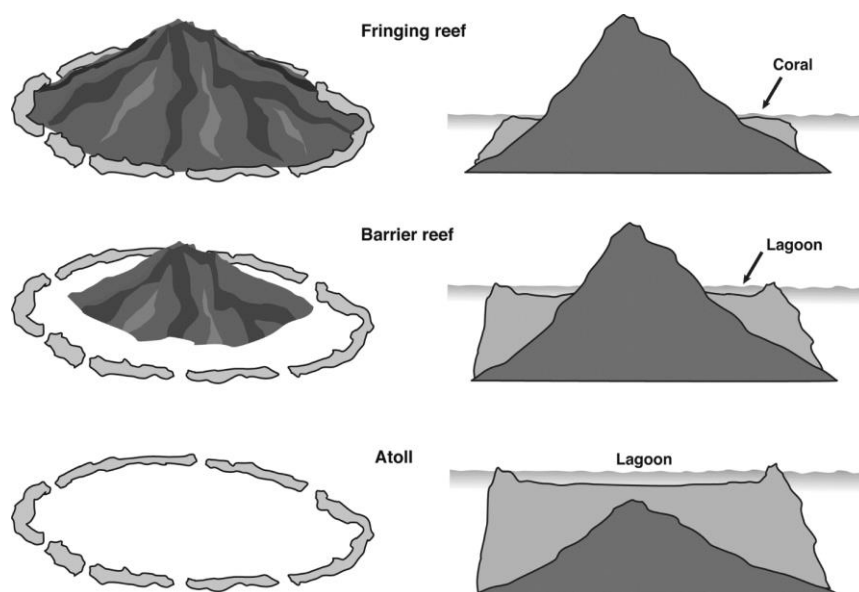
Korálnatci tvořící útes mají dobré podmínky pro život pouze v čisté, mělké vodě s dostatkem slunečního světla s teplotou vody nejméně 18 °C, ideálně však 25-29 °C. Korálnatci nejlépe prospívají v oblastech s průměrnou slaností vody 3,6%, což znamená 36 mg soli na litr vody, a s minimální činností vln. Nepospívají jim usazeniny přinášené řekami. Takové podmínky nalezneme pouze ve vybraných tropických a subtropických oblastech světa. Největší koncentraci korálových ostrovů nalezneme v Indo-pacifické oblasti od Rudého moře ke střednímu Tichému oceánu. Menší množství korálových útesů nalezneme v oblasti Karibského moře.

Jsou známé tři hlavní druhy korálových útesů. Jedná se o lemový útes, bradlový (bariérový) útes a atol. Nejhojněji vyskytované jsou lemové útesy, které najdeme u pevniny. S pobřežím jsou spojeny pouze úzkou šíjí nebo vůbec ne. Vznikají vzestupným růstem korálnatců u pevninských šelfů.

Bradlové útesy mohou být velice hluboké a široké, od pevniny jsou oddělené pásem vody, který se nazývá laguna.

Atoly jsou rozlehlé prstencovité útesy, které obklopují centrální lagunu. Většina atolů se nachází poměrně daleko od pevniny, například v jižním Tichomoří.

Části útesů nacházející se u atolů a bradlových útesů vyčnívají nad hladinu v podobě nízkých korálových ostrůvků, které vznikají ukládáním úlomků samotných korálnatců působením vln (Scubazoo, 2008).



Obrázek 2: Rozdělení korálových útesů

(<https://www.cambridge.org/core/books/abs/marine-conservation/coral-reefs/F69B8ED056D73FBD3F02DE87BEC9101D>).

Jak bylo zmíněno, korálové útesy se tradičně rozdělují na tři základní typy: lemové útesy, bariérové útesy a atoly. Toto rozdělení odpovídá i stupni vývoje. Lemový útes představuje rané stádium, bariérový útes a atol zralé stádium. Vývoj korálového útesu ovlivňují faktory jako měnící se výška hladiny, pohyby dna, teplota vody a pronikání sladké vody. Výsledkem působení těchto faktorů jsou nejrůznější tvary útesů (Lieske et Myers, 2005).

Geograficky můžeme korálové útesy soustředit do dvou hlavních regionů na indo-pacifický a západoatlantský. Vznikli na konci paleogénu. Indo-pacifické korálové útesy utváří celkem 700 druhů korálnatců a západoatlantské útesy pouhých 62 druhů (Clarkson, 1998).

5. Velký bariérový útes



Obrázek 3: Velký bariérový útes

(<https://www.ikoktejl.cz/wp-content/uploads/2017/12/Barrier-reef.jpg>).

Australský Velký bariérový útes je největší souvislý korálový útes na světě. Rozkládá se při severovýchodním pobřeží Austrálie na Queenslandském kontinentálním šelfu v délce skoro 2 000 km, šířce zhruba 30-150 km a pokrývá území 207 200 km².

Skládá se z 2 500 jednotlivých útesů, které jsou rozděleny na tři velké sekce: severní (mezi 10-16° jižní šířky), centrální (16-21° jižní šířky) a jižní (21-24° jižní šířky). Rozdělení je založeno na složení korálového společenstva a na hloubce vody, která klesá jižním směrem (Pfleger, 1989).

Tato pýcha Austrálie, Velký bariérový útes, začíná u ostrova Lady Elliott Island a táhne se v délce 2 092 km na sever k ostrovu Bramble Cay u pobřeží Papuy-Nové Guiney. Přestože se hovoří o jednom útesu, jedná se ve skutečnosti o více než 2 900 různých korálových útesů a svěžích tropických ostrůvků o celkové rozloze 233 100 km². Charakter jednotlivých útesů je rozdílný. Na jihu vytvářejí řetězec písečných ostrůvků a korálových útvarů, na nichž se postupně rozrůstala vegetace. Na severu tvoří útesy, dlouhé pásy, které leží blíže k pobřeží (Smith, 2011).

5.1 Korálové moře

Korálové moře je okrajovým mořem Tichého oceánu. Jeho průměrná hloubka je 2 243 m a salinita 34-35 ‰. Nalézá se jihovýchodně od Nové Guineje, východně od severovýchodní Austrálie a západně od Nových Hebrid. Na severu je ohraničeno Šalamounovým mořem a na jihu Tasmanovým mořem.

Moře bylo pojmenováno pro své četné korálové útvary, kterým dominuje Velký bariérový útes, rozprostírají se 1 900 km po australském severovýchodním pobřeží.

Moře má subtropické klima a od ledna do dubna je vystaveno tajfunům.

Největšími ekonomickými zdroji jsou rybářské oblasti a ložiska ropy.



Obrázek 4: Korálové moře - mapa

(<https://www.britannica.com/place/Coral-Sea>).

5.2 Historie a vznik Velkého bariérového útesu

Austrálie spatřila první korálové útesy před stovkami milionů let, ale ty dnešní včetně menší bariéry nacházející se u severozápadního pobřeží jsou staré zhruba 15 milionů let, kdy se severní okraj světadílu posunul do teplejších vod. Jak pohyb světadílu pokračoval, začaly se útesy rozšiřovat směrem na jih a tímto způsobem byly dokončeny základy Velkého bariérového útesu zhruba před dvěma miliony let. V této době začala na útesy působit výška hladiny oceánu. Při vzednutí moře útesy rostly spolu s ním a kdykoliv hladina moře poklesla, útesy na vzduchu odumřely a zanechaly po sobě vápencové hradby. Tyto hradby při opětovném zvednutí hladiny osídlily zárodky nových polypů. Současný útes pochází přibližně z doby kolem roku 6000 př. n. l., kdy po poslední velké době ledové hladina moře opět stoupla (Reader's Digest Výběr ©2002).

Při vzniku australského bariérového útesu se uplatnilo jen několik zvláštních podmínek, které ulehčily vývoj a růst. V první řadě se jednalo o značně široký kontinentální šelf, který poskytl vhodný základ pro usazení korálů v mělké vodě. Druhý faktor, který působil při zrodu útesů v minulosti a který se uplatnil ve všech mořích, byl kolísání mořské hladiny během ledových a poledových dob a s tím spojené kolísání teploty. Indopacifickou provincii to ovlivnilo nepatrně, a proto zde měly útesy možnost nerušeného růstu po dlouhou geologickou dobu (Pfleger, 1989).

5.3 Objevení Velkého bariérového útesu

„Roku 1770 se kapitán Cook pokojně plavil podél australského pobřeží směrem na sever – natolik pokojně, že mu začínalo být divné, proč je Tichý oceán tak klidný. Vtom však rozeklaný okraj korálového útesu prorazil trup lodi Endeavour a málem ji potopil, což mohlo změnit běh dějin. Velký mořeplavec narazil na jeden z velkých přírodních divů světa.“ (Reader's Digest Výběr ©2002)

5.4 Vliv evropského osídlení na kvalitu vody ve Velkém bariérovém útesu

Vliv evropského osídlení na kvalitu vody ve Velkém bariérovém útesu v Austrálii je dlouhodobým a kontroverzním tématem. Eroze a transport sedimentů v povodích řek v této oblasti se od evropského osídlení podstatně zvýšily, ale rozsah těchto změn není přesně známý.

Zde je uvedena analýza poměrů Ba / Ca v korálech *Porites* z útesu Havannah na vnitřním Velkém bariérovém útesu, který je ovlivněn řekou Burdekin. Záznam uvádí toky sedimentů od roku 1750 do roku 1998. V rané části záznamu se suspendovaný sediment z říčních záplav dostal do oblasti vnitřních útesů jen příležitostně, zatímco po roce 1870, po začátku evropského osídlení, je zaznamenán pěti až desetinásobný nárůst sedimentů vyskytujících se během povodní.

Výsledkem je, že od evropského osídlení vedlo využívání půdy a přelidnění k významné degradaci polosuchých říčních povodí, což znamenalo podstatně zvýšený nárůst sedimentů vstupujících do vnitřního Velkého bariérového útesu (McCulloch et al. 2003).

5.5 Rozdělení útesů Velkého bariérového útesu

Zdejší útesy je možné rozdělit do dvou hlavních kategorií. První kategorie zahrnuje oceánické útesy, které se nacházejí v otevřeném oceánu, objevují se v hloubce pod 180 metrů a nemají vápencový základ. Druhá kategorie zahrnuje šelfové útesy, které se vyskytují v relativně mělké vodě.

Bariérové útesy se vyskytují především v severní části blízko přímořského okraje šelfu. Většina zdejších útesů je označována za tabulové, mají oválný tvar a leží mezi přímořským okrajem kontinentálního šelfu a pevninou. Lemové útesy rostou od břehu pevniny a kontinentálních ostrovů (Pfleger, 1989).

5.6 Přírodní podmínky na Velkém bariérovém útesu

Na Velkém bariérovém útesu je převládajícím větrem jihovýchodní pasát. Vytváří pěnivý příboj, který se souvisle láme na jihovýchodní návětrné straně útesu a umožňuje zde hojný růst korálů a vápenitých řas. Tato strana má pravidelný obrys a je obvykle velmi kompaktní. Na druhé, severozápadní závětrné, straně útesu je poměrně klidná voda, zde působí útes jako vlnolam a hromadí se zde písek, který sem přes okraj útesu přinesly vlny. Toto území má nepravidelný okraj a mohou zde růst křehčí koráli. Při nízkém odlivu, kdy jsou mnohé útesy odhaleny, zde vlnobití časem nahromadilo korálovou suť a písek do tvarů písčiny ostrůvků.

Velký význam zde mají písčiny a zpevněné korálové valouny, tvořící písčné ostrůvky. Tyto ostrůvky poskytují útočiště pro živočichy, kteří získávají potravu z útesu, ale nejsou vyloženě mořskými. Většinou se jedná o mořské ptáky a želvy,

kteří potřebují chráněná a klidná území pro hnízdění a pro noční odpočinek (Pfleger, 1989).

5.7. Míra ohrožení a následná ochrana Velkého bariérového útesu

Hlavním ohrožením australských útesů jsou cyklóny, bělení korálů a hvězdice s trnovou korunou. Ohrožení lidskou činností je minimální, s výjimkou některých útesů poblíž pobřeží, protože hustota obyvatelstva je nízká a ekonomický status je vysoký.

Australské útesy, zejména Velký bariérový útes, jsou kritickým útočištěm pro dugongy a mořské želvy, jsou zde i hlavní hnízdiště pro keporkaky. Populace těchto ohrožených zvířat se bohužel výrazně snižuje a tak ochrana těchto zvířat tvoří hlavní prioritu vládních plánů.

Velká část Velkého bariérového útesu je v dobrém stavu, protože větší část je vzdálená od pevninských vlivů, ale vnitřní šelfové útesy odolávají následkům zvýšeného odtoku sedimentů a živin způsobených pastvou dobytka. Zemědělský průmysl však pracuje na snížení těchto dopadů. Většina měst podél pobřeží modernizuje čištění odpadních vod a turistická letoviska jsou nyní povinna čistit odpadní vody, aby se zabránilo jakémukoli odtoku k útesům.

Útesy jsou pod efektivní správou a ochranou s místní podporou. Australská vláda si uvědomuje, že hodnoty zdrojů korálových útesů jsou obzvláště vysoké, což znamená, že tomuto věnují dostatečnou pozornost (Wilkinson, 1998).

5.8 Ostrovy Velkého bariérového útesu

Velký bariérový útes patří ke klasickým symbolům Austrálie a jde o největší korálový útes na světě. Je to stavba živých tvorů viditelná z Měsíce. Táhne se podél východního pobřeží celých 2000 km a má asi 600 ostrovů. V chráněných vodách mezi korálovým útesem a pevninou jsou roztroušeny stovky těchto ostrovů.

Na několika z nich vyrostla luxusní letoviska, ne všechny se však nacházejí na samotném útesu. Jedná se o následující lokality (z jihu na sever):



Obrázek 5: Ostrovy Velkého bariérového útesu

(https://www.denik.cz/ze_sveta/barierovy-utes-v-ohrozeni-unesco.html).

Fraser Island, leží jižně od Velkého bariérového útesu. S délkou 120 km se jedná o největší písčný ostrov na světě. Nachází se zde křišťálově čisté potoky, jezera ke koupání a stezky deštným pralesem. Jedná se o nedotčený ostrov vhodný k rybaření, procházkám po pláži a nikoli však ke koupání v moři a potápění za koráli kvůli nebezpečným zpětným proudům a agresivním žralokům.

Lady Elliot Island, leží jižně od obratníku Kozorooha, je to korálový ostrůvek a součást útesu.

Heron Island, jedná se o ráj potápěčů a malý korálový ostrůvek přímo na útesu. Lze zde vidět karety obrovské, které mezi půlkou října a březnem vylézají na břeh, kde kladou vajíčka do písku. Heron Island je i zastávkou pro tisíce migrujících rybáků a buňáků.

Great Keppel Island, leží 70 km od Velkého bariérového útesu, obklopuje ho však korál a má podmořskou pozorovatelnu. Jeho bílé pláže se řadí mezi jedny z nejlepších na ostrovech. Rozlohou i počtem návštěvníků patří k větším ostrovům.

Brampton Island, přístup na ostrov je obtížný. Ostrov tvoří hornaté zalesněné vnitrozemí s divokou přírodou. Ostrov je spojený útesem se sousedním neobydleným ostrovem **Carlisle Island**.

Lindeman Island, jedná se o nejjižnější ostrov souostroví Whitsunday Islands. Jméno dostal od Jamese Cooka, proplouvajícího tudy zrovna v období po svatodušních svátcích. Na ostrově se nachází Národní park Lindeman Island.

Hamilton Island, nejlíbivější mezinárodní letovisko v Korálovém moři. Na ostrově lze vidět papoušky lori mnohobarvé a ochočené klokany.

Long Island, leží blízko pevniny a daleko od útesu, jedná se o 11 km dlouhý, úzký a kopcovitý ostrov s vynikajícími plážemi. Na tomto ostrově se nachází ekologicky zaměřené Paradise Bay. Většinu jeho území pokrývá národní park s deštným pralesem.

South Molle Island, nachází se 60 km od Velkého bariérového útesu, korálové útesy jsou však v jeho okolí. Ostrov zabírá z větší části národní park.

Daydream Island, nachází se kousek od pobřeží u Shute Harbour, jedná se o nejmenší ze všech letoviskových ostrovů.

Hayman Island, nejsevernější ostrov souostroví Whitsunday s dlouhou písčitou pláží. Několik malých neobydlených ostrůvků leží v těsné blízkosti, lze na ně při odlivu přejít.

Magnetic Island, ostrov zvaný místními „Maggie“ pojmenoval James Cook, jemuž na tomto místě selhal kompas. Jedná se o předměstí Townsville, největšího města v severním Queenslandu. Většinu ostrova pokrývá národní park, který je domovem mnoha druhů ptáků a dalších zvířat včetně koalů. Nádherné pláže jsou chloubou ostrova.

Orpheus Island, ostrov je národním parkem. V průplavu u jižního cípu ostrova se údajně nachází největší množství měkkých korálů z celého útesu. Ostrovní podvodní zahrady v krytých zátokách se pyšní více než stovkou druhů ryb a 340 z 350 známých druhů útesových korálů.

Hinchinbrook Island, přezdíváný „největší ostrovní národní park na světě“ i když se jedná spíše o kontinentální než korálový ostrov. Je vzdálen 5 km od útesu. Má jemné písčité pláže a ve vnitrozemí hory, deštný prales, vodopády i buš. Lze zde vidět malé klokany.

Bedarra Island, Tully je nejbližším městem na pevnině, proslulé nejvyšším průměrným ročním úhrnem srážek v Austrálii. Patří do skupiny ostrovů Family Islands.

Dunk Island, většinu plochy ostrova pokrývá národní park, kde lze poznat pravý tropický deštný prales.

Fitzroy Island, nachází se 6 km od pobřeží. Kolem ostrova se rozprostírá útes, vnitrozemí pokrývá deštný prales. Navštívit zde lze záchranou stanici želv.

Green Island, letoviskový ostrov přímo na útesu. Je zde podvodní pozorovatelná, údajně první svého druhu na světě, která nabízí úžasný pohled na korálové zahrady až tři sáhy pod vodou. Na ostrově se nachází Marineland Melanesia s krokodýly, trnuchami, obrovskými želvami a melanéskými artefakty.

Lizard Island, nachází se 30 km od severního pobřeží Queenslandu a je celý národním parkem s tropickým pralesem, s mangrovovými močály a s tucty půvabných pláží. Ostrov leží na okraji jedné z nejbohatších australských rybářských zón, kde lze spatřit púltunové marlíny (Lingea – Berlitz ©2015).

5.9 Zajímavosti Velkého bariérového útesu

- 1/3 měkkých korálů, 360 druhů tvrdých korálů
- 4000 druhů ústřic
- 1500 druhů mořských hub, 800 druhů echinoderms
- 500 mořských řas
- 23 druhů mořských savců
- 6 druhů mořských želv
- Hvězdice trnitá - predátor, který ničí korálové útesy
- plavby na útes

6. Životní podmínky na korálových útesech

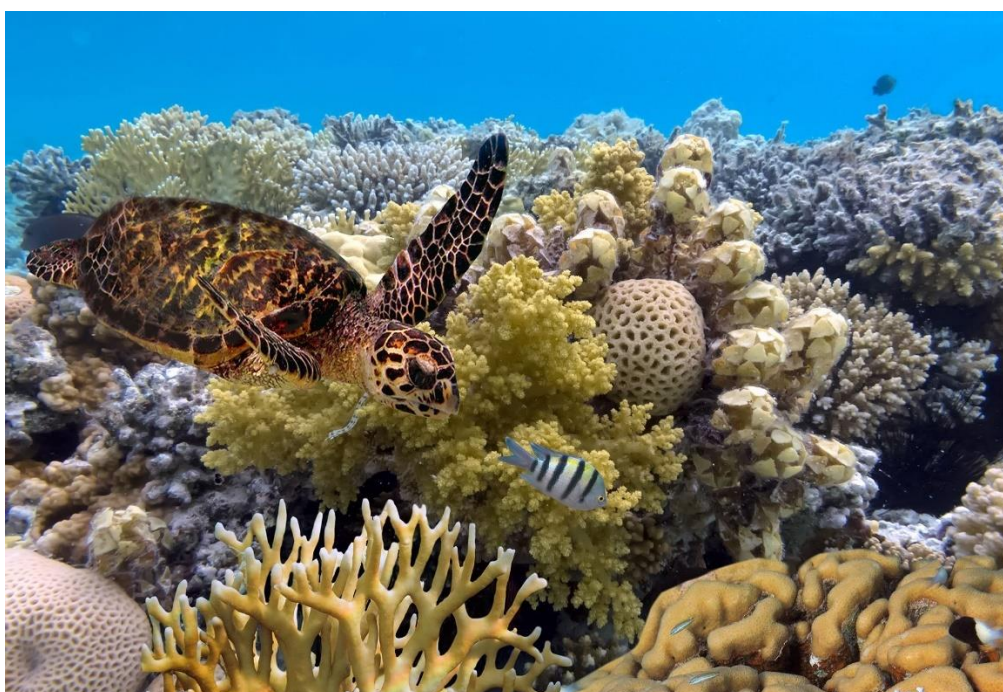
Korálové útesy, obrovská podmořská sídla, mají svůj denní rytmus a řád, v němž v řetězci vzájemných vztahů a spolupráce má každý své přesné místo. Vzniká tak jedinečný nedělitelný celek, neobyčejně citlivý a zranitelný. I nepatrná změna, odchylka teploty vody o 12 °C, stačí odstartovat katastrofu, která začíná tím, že vymizí citlivé řasy zooxantely, které žijí v symbióze s korálovými polypy a končí odumřením celého útesu.

Koráloví polypi k svému životu potřebují dosti úzce vymezené podmínky jako je teplota vody od 16 do 36 °C, optimální je 23 až 25 °C, a noční teploty vzduchu nesmějí klesnout pod 20 °C. Dále pro svůj zdárný růst vyžadují minimální sedimentaci, která úzce souvisí s dostatkem slunečního záření. Optimální množství světla pro růst korálů je do hloubky 27 m. Nezbytný je také dostatek kyslíku a vyhovující salinita vody, která může kolísat jen těsně kolem 35. V důsledku těchto

specifických nároků a taktéž nepatrné velikosti polypa roste korálový útes velmi pomalu (Neumanová, 2003).

Koráli tvořící útesy vyžadují dostatek slunečního záření, vodu prostou sedimentujícími částicemi o vyšší teplotě a salinitě nejméně 20‰ a k přichycení stabilní tvrdý podklad. Nejlépe vyvinuté korálové útesy se nachází v mělkých tropických mořích. I v nejprůzračnější vodě se koráli tvořící útesy vyskytují do hloubky 60 m, spodním limitem jejich výskytu je 100–120 m. Většina korálů přestává růst a vyvíjet se při teplotě pod 20°C a hyne při teplotě pod 16°C (Lieske et Myers, 2005).

7. Obyvatelé korálových útesů



Obrázek 6: Obyvatelé korálových útesů

(<https://www.nationalgeographic.org/article/great-barrier-reef>).

I když pokrývají pouze jedno procento zemského povrchu, jsou korálové útesy domovem více než pětadvaceti procent mořských druhů ryb. Jedná se o největší živé útvary na světě, vytvořené nespočetnými drobnými organismy v průběhu tisíciletí. Kromě stálých obyvatel od řas a chaluh přes korýše, houby, polypovce, medúzy až k mnoha druhům ryb, mořských želv a savců, je dočasně navštěvují i delfíni, velryby nebo žraloci (Scubazoo, 2008).

Korálový útes je samostatným světem, který poskytuje domov miliardám jiných živočichů. Na Velkém bariérovém útesu žije kromě asi 400 druhů korálů, více než 4 000 druhů měkkýšů, 350 druhů ostnokožců (ježovky, mořské hvězdice a mořské okurky) a 4 000 druhů mořských hub. Kolem útesu proplová více než 1 500 druhů tropických ryb téměř všech barev. Jsou zde kytovci, rejnoci, mořské želvy i dugongové, přezdívaní mořské krávy. Žádné místo na zemi, ani deštný prales, nenabízí tak obrovskou různorodost živočichů.

Během několika dnů při jarním úplňku nastává jeden z nejúžasnějších přírodních jevů, kdy korály vychrlí miliardy vajíček, která nádherně zabarví vodu (Smith, 2011).

7.1 Ekosystém korálového útesu

„Útesy jsou plné barev a přírodní rozmanitosti, od polypů, kteří je staví, po nesčetné množství živočichů, kteří v jejich blízkosti žijí. Jejich existence je však v současné době vážně ohrožena. Ochrana těchto krásných ekosystémů má smysl a význam.“ (Nick Baker, novinář a přírodovědec)

„Korálovým útesům se nepřezdívá „deštné lesy moří“ jen náhodou; jejich neskutečná krása a spolu s ní ohromující množství živočichů i rostlin, které tento ekosystém vytvářejí je v současnosti vážně ohrožena. Jedná se o pestrý a zároveň křehký biotop.“ (Scubazoo, 2008)

„Velký bariérový útes bývá považován za největší živou formaci na světě. Miliony živých tvorů zde tvoří největší biomasu na Zemi, která je domovem nejbohatšího ekosystému této planety.“ (Reader's Digest Výběr ©2002)

„Australský útes je největší stavba na světě vytvořená živočichy a rostlinami a podobně jako obdobné, i když menší, protějšky v Indickém a Atlantském oceánu má biologicky nejproduktivnější a nejrozmanitější společenstva.“ (Pfleger, 1989)

7.2 Ryby korálových útesů

Korálové útesy obývá nejméně 4 000 druhů ryb, nejrůznějších tvarů a barev.



Obrázek 7: Ryby korálových útesů

(<https://cdn.britannica.com/84/192984-138-F1156664/corals-Great-Barrier-Reef.jpg>)

7.2.1 Zoogeografie

Obecně lze říci, že druhová rozmanitost klesá se stoupající vzdáleností od kontinentů a velkých ostrovů v kontinentálním šelfu, s klesající velikostí ostrovů a taktéž s přibývajícím vzdáleností od tropické oblasti. Rozšíření korálových ryb a dalších organismů a z něj vyplývající druhové složení a rozmanitost konkrétního korálového útesu lze vysvětlit kombinací několika faktorů:

1. evoluční historie flóry a fauny příslušného útesu
2. prehistorické rozdělení a pohyby litosférických desek
3. schopnost jednotlivých druhů rozšiřovat se a kolonizovat nové oblasti
4. dostupnost vhodných lokalit
5. vliv změn ve světovém klimatu a ve výšce mořské hladiny

(Lieske et Myers, 2005)

7.2.2 Rozdělení korálových ryb

Na typickém korálovém útesu je více než 75 % druhů ryb aktivních ve dne, kdy tráví čas na povrchu útesu nebo v malé vzdálenosti nad ním. Většinou se jedná o barevné a nápadné ryby, které jsou svým životem vázané na korálový útes. Patří sem většina piskounů, sapínů, bradáčů, kaniců, klipek, bodloků, ploskozubců, chňapalů, pomců, ostenců, štětíkovců a některé parmice.

Zhruba 30 % útesových ryb tvoří „skryté“ druhy, které lze zaznamenat jen zřídka při náhodném pozorování. Zpravidla se jedná o malé a velmi dobře maskované druhy nebo druhy, které většinu času tráví schované uvnitř struktury útesu. Do této skupiny patří murény, většina hlaváčů, slizounů, jehel i ropušnic. Některé druhy jsou denní, jiné noční, některé druhy jsou aktivní během celých 24 hodin. Mnohé murény, ropušnice a některé parmice bývají aktivnější v noci, kdy tráví více času mimo úkryty.

Asi 10 % útesových ryb tvoří noční druhy, které jsou přes den schované v jeskyních a různých štěrbinách a v noci vyplouvají za potravou na povrch útesu nebo do vod v jeho těsné blízkosti, jedná se například o pruhatce, parmovce a očaře.

Překvapivě velké množství útesových ryb asi 10 % žije na písčitém, bahnitém či štěrkovém dnu nebo v něm. Na povrchu dna nebo těsně pod ním žijí hadaři, ještěrohavci, platýsi, písečníci, zploštělci a mnozí hlaváči (Lieske et Myers, 2005).

7.2.3 Sociální vztahy

U ryb se vyvinuly rozmanité životní strategie, které jim umožňují v přeplněném světě korálového útesu úspěšně se vyrovnat se společnou existencí a vzájemnou konkurencí. Některé druhy se vyskytují ve skupinách, jiné žijí v párech nebo jednotlivě. Strategie tvorba hejna je používána mnohými druhy, které žijí trvale daleko od ochrany poskytované útesem ve volné vodě nebo které volnou vodou proplouvají. Samotný počet jedinců v mnohých hejnech zajišťuje, že všichni jejich příslušníci kromě několika nešťastníků přežijí útok predátora. Pro predátora je mnohem obtížnější vybrat si určitého jedince z velkého množství natěsnaných, identicky vypadajících ryb, neustále se pohybujících než ulovit osaměle plovoucí rybu. Některé druhy tvořící hejna spoléhají na rozrušující zbarvení, například kresbu tvořenou kontrastními příčnými pruhy, které dále ztěžuje predátorovi výběr konkrétního jedince (Lieske et Myers, 2005).

7.2.4 Čištění a jiné služby

Malé rybky poskytují čistící služby velkým rybám v jednom z nejpozoruhodnějších a nejdokonalejších partnerství vod kolem útesů. Hejna pruhovaných kněžníků tvoří jakési čistírný tým, že plavou do spirály, aby o sobě daly vědět zákazníkům z řad papouščíků, murén a obřích rejnoků. Tyto ryby mající zájem o čištění stojí ve vodě téměř bez hnutí s otevřenými žábry a čistíci jim zatím

obírají parazity. Bez zábran a beze strachu jim vplují dokonce i do úst, která by je za jiných okolností zhltna.

Rybky zvané klauni se ukrývají před svými nepřáteli mezi jedovatými chapadly sasanečků, které je na oplátku ochraňují před jejich nepřáteli.

V případě některých hlaváčů a krevet, kteří žijí pohromadě, můžeme být svědkem ještě zajímavějšího a užšího partnerství. Hlaváč hlídkuje, kreveta vyhrabe společné doupě a když zavětrí nebezpečí, hlaváč upozorní krevetu a obě zmizí v doupěti (Reader's Digest Výběr ©2002).

7.2.5 Nebezpečné mořské ryby

Některé ryby korálových útesů mohou být potenciaálně nebezpečné, ale člověku, který se chová rozumně a nevšímá si neznámých ryb, nehrozí prakticky žádné riziko. S výjimkou žraloka tygřího a žraloka bělavého na korálových útesech neexistují živočichové, kteří by považovali člověka za svou možnou kořist. Z lidské neznalosti jejich anatomie, chování a obranných mechanismů pramení většina špatných zkušeností s obyvateli moře.

Existují tři typy nebezpečných ryb: ryby, které koušou, které mají jedové trny a které jsou jedovaté při požití (Lieske et Myers, 2005).

7.3 Biologická rozmanitost

Celosvětový pokles korálového pokryvu má vážné důsledky na zdraví korálových útesů. Zničující pokles korálového pokryvu způsobil souběžný pokles biologické rozmanitosti ryb, a to jak v mořských rezervacích, tak v oblastech otevřených rybolovu. Čím větší je závislost druhů na živých korálech, tím větší je pozorovaný pokles. Několik vzácných korálů dokonce lokálně vyhynulo. Poznatkem je, že biologická rozmanitost ryb je ohrožena všude tam, kde dochází k trvalé degradaci útesů a mořské rezervace nebudou vždy schopné zajistit jejich přežití (Jones et al. 2004).

Globální úbytek korálových útesů zdůrazňuje potřebu porozumět mechanismům, které regulují strukturu komunity a udržují biologickou rozmanitost v těchto systémech. Neutrální teorie, která předpokládá, že jedinci jsou demograficky identičtí bez ohledu na druh, se snaží vysvětlit všudypřítomné rysy struktury komunity a vzorce biodiverzity.

Seskupení korálů se výrazně liší od předpovědí neutrálního modelu pro vzorce podobnosti společenstev a relativní početnosti druhů. V rámci místních komunit neutrální modely neodpovídají relativnímu rozdělení četnosti. Relativní početnost druhů v místních komunitách se také výrazně liší od předpovědí neutrální teorie: korálová společenstva vykazují hodnoty podobnosti komunit, které jsou mnohem variabilnější a v průměru nižší, než může neutrální teorie produkovat. Empirické komunitní podobnosti se odchyľují od neutrálního modelu v opačném směru, než jaký předpovídaly předchozí kritiky neutrální teorie (Dornelas et al. 2006).

8. Ohrožení korálových útesů

„Vzhledem k vysoké citlivosti korálnatců na znečišťování mohou sloužit jako indikátory čistoty moří.“ (Pfleger, 1989)

„Útesy poskytují pro miliony lidí potravu, živobytí i bohatství, ale většině z nich hrozí zánik do roku 2050. Přehledka útesů zahrnujících Velký bariérový útes názorně dokumentuje, jaká nenahraditelná ztráta by to byla.“ (Scubazoo, 2008)

8.1 Klimatické změny, globální oteplování

Korálové útesy jsou mimořádným ekosystémem. Závisí na nich život více než poloviny lidstva a život 80 % mořských druhů. Bohužel s globální změnou klimatu však jejich bohatství rychle klesá. Při naplnění nejčernějších předpovědí, za pouhých třicet let by mohly korálové útesy zcela zkolabovat. Nikdo si neumí představit, co pak nastane.

V posledních desetiletích korálové útesy čelí bezprecedentním hrozbám jako nadměrný rybolov používající často nešetrné techniky. Dalšími faktory přispívající k ničení korálových útesů jsou intenzivní živočišné zemědělství, vypouštění odpadu, turismus a s ním spjatá pobřežní výstavba. Mění se klima vyznačující se stále častějšími extrémními výkyvy počasí má ale bezesporu nejničivější dopad. Tropicke bouře, hurikány a změny ve směru a síle větru v letních obdobích s sebou přinášejí masy teplé vody, která se drží v pobřežních oblastech po týdny i měsíce a rozsévají zkázu v podobě vybělených a pomalu umírajících korálů (Majerová, 2020).

Aktuální změně klimatu dominují dostatečně velké lidské vlivy, které překračují hranice přirozené variability. Hlavním zdrojem globální změny klimatu jsou člověkem vyvolané změny ve složení atmosféry. Tyto poruchy jsou primárně důsledkem emisí spojených s využíváním energie. V místním a regionálním měřítku hraje vliv také urbanizace a změny ve využívání půdy. Ačkoliv došlo k pokroku v monitorování a chápání změny klimatu, přetrvává mnoho vědeckých, technických a institucionálních překážek, které brání přesnému plánování, přizpůsobení se a zmírnění dopadu změny klimatu. Stále existuje značná nejistota ohledně rychlosti změn, kterou lze očekávat, i když je jasné, že tyto změny se budou stále více projevovat způsoby, jako jsou změny extrémních teplot a srážek, pokles sezónního a trvalého pokryvu sněhu, ledu a vzestup hladiny moře. Antropogenní změna klimatu bude nyní pravděpodobně pokračovat po mnoho staletí (Karl et Trenberth, 2003).

Bylo již zmíněno, korálové útesy jsou ikonické, ohrožené ekosystémy, které existují už asi 500 milionů let, ale jejich pokračující ekologická perzistence se v současné době jeví nejistě. Nejzávažnějšími rozsáhlými hrozbami jsou tropogenní modifikace chemické a fyzikální dynamiky atmosféry, která způsobuje smrt korálů bělením a nově se objevující choroby v důsledku zvýšeného tepla a ozáření, stejně jako pokles kalcifikace způsobené acidifikací oceánů v důsledku zvýšeného CO₂ (Riegl et al. 2009).

8.2 Ostatní nepříznivé vlivy pro koráli a korálové útesy

I přes snahu ochránit útesy je většina útesů trvale nebo dočasně pod neustálým tlakem negativní lidské činnosti. Jednou z nejhorších činností je využívání útesů pro vojenské účely a jako základen pro atomové pokusy. Důsledkem jsou zpusťosené útesy a po četných explozích radioaktivně zamořená atmosféra. Zamoření radioaktivním stronciem zničilo faunu a flóru. Většina exploatačních zásahů byla provedena bezmyšlenkovitě a bez elementárních znalostí o životě korálového útesu. Vzniklé škody již člověk neumí napravit. Zničení porostů, vypalování a stavební práce na pobřeží odkryli zem, která byla následně splavena do moře, kde se usazuje na korálech, které dusí (Pfleger, 1989).

Každý den se miliony lidí na celém světě spoléhají na to, že jim útesy poskytnou potravu, a každý den se tisíce rybářských lodí snaží uspokojit tuto poptávku. Mnoho světových populací ryb se tímto dostalo do stadia, ze kterého se jen těžko zotaví. Korálové útesy v některých částech tropů jsou rybáři ničeny. Ti při vidině rychlého úlovku používají výbušniny a pro podporu obchodu s živými rybami pro restaurace a akvária vypouštějí kyanidy (Scubazoo, 2008).

Časté vláčení těžkých rybářských sítí zvrší jemné sedimenty v blízkosti útesů. Tyto sedimenty se vznášejí až 5 let ve vodě, než znovu dosednou na dno. Rozptýleny ve vodě snižují obsah rozpuštěného kyslíku, a tím jsou taktéž poškozováni korálnatci. I když je zakázaný lov dynamitem, je značně rozšířen a těžce narušuje korálové útesy.

Katastrofální účinek mají odpady. Denně jsou splavovány na karibských a havajských ostrovech do moří stovky tun rostlinných zbytků z cukrové třtiny a městské odpady. Příčinou se stává zakalení vody, zvýšená sedimentace, obohacení fosfáty, tvorba anaerobní vrstvy a vývoj sirovodíku. Pobřežní útes se pozvolna zotavuje teprve po odvedení splašků daleko do moře. Vlivem odpadu dochází k porušení citlivé biologické rovnováhy na útesu, k přemnožení některých skupin jako mnohoštětinatců, hub nebo sumýšů. Nadměrné množství tekutých odpadů způsobuje snížení salinity a tím ohrožení korálnatců, kteří odumírají již v roztoku, složeném z 75 % mořské vody a 25 % sladké vody. Za takové situace se snižuje i produkce uhličitanu vápenatého.

Zvláště akutní je znečišťování moří ropou a oleji, které působí na organismy smrtelně. V rozpuštěném stavu se dostávají do potravní sítě živočichů a těžké komponenty se usazují v sedimentu. Hůře působí na živočichy detergenty sloužící k rozpouštění olejů při haváriích tankerů, které jsou stokrát jedovatější než surová ropa. O škodlivosti ropy svědčí fakt, který vypovídá, že k oxidaci 1 litru je zapotřebí 320 000 litrů mořské vody nasycené kyslíkem. Olejový film na hladině škodí nejen korálům, ale také dalším živočichům, jako rybám a mořským ptákům. Varujícím je, na mnoha pobřežích, kde se vyskytují korálové útesy, se začíná nebo je v plánu těžba ropy. Do potravního řetězce se postupně zabudovávají toxické látky, a tak se stává, že poslední obětí je často i sám původce této situace, člověk (Pfleger, 1989).

Mezi největší hrozby pro hlubokomořské koráli a na ně navázané ekosystémy patří komerční rybolov do sítí vlečených po dně, hlubinná těžba ropy a jiných minerálů, vedení kabelů a potrubí po mořském dně a průmyslové znečištění (Otevřená data o klimatu ©2021).

Poškozování se nevyhýbá ani Velkému bariérovému útesu. Při budování a rozšiřování přístavů v Austrálii jsou ničeny jeho části.

„Vzhledem k citlivosti korálových útesů by mělo být jejich odumírání varovným signálem pro člověka, aby přestal znečišťovat oceán a zachránil tak bohatý podmořský svět, protože tím zachraňuje i sám sebe. A nemusel by se ani stydět poučit se od takových primitivních organismů, jako jsou korálnatci a řasy, kteří provozují bezodpadovou technologii s úspěchem již nejméně 500 miliónů let“ (Pfleger, 1989).

Všechny lidské činnosti, jak na moři tak na souši, mají nakonec nějaký dopad na útesy naší planety (Scubazoo, 2008).

8.3 Adaptace a tolerance korálů a korálových útesů

Rozmanitost, četnost a rozsah lidských dopadů na korálové útesy se zvyšují do té míry, že útesy jsou nyní ohroženy globálně. Předpokládaný nárůst oxidu uhličitého a teploty v příštích 50 letech přesahuje podmínky, za kterých korálové útesy vzkvátaly za posledních půl milionu let. Předpokladem je, útesy se však spíše změní, než úplně zmizí. Některé druhy korálů již vykazují mnohem větší toleranci vůči změně klimatu a bělení než jiné. Mezinárodní integrace strategií řízení, které podporují odolnost útesů, musí být energicky implementovány a doplněny silnými politickými rozhodnutími ke snížení míry globálního oteplování (Hughes et al. 2003).

Reakce korálových útesů na změnu klimatu závisí na schopnosti korálových symbióz přizpůsobit se nebo aklimatizovat na vyšší teploty. Koráli obsahující neobvyklé symbionty řas, které jsou tolerantní k teplotám a jsou běžně spojované s prostředím s vysokou teplotou, jsou mnohem hojnější na útesech, které byly vážně postiženy nedávnými změnami klimatu. Tento adaptivní posun ve společenstvích

symbiontů naznačuje, že tyto zdevastované útesy by mohly být odolnější vůči budoucímu tepelnému stresu a mohly by přežít po delší dobu než se původně předpokládalo (Baker et al. 2004).

Znalosti, jak útesy reagují na aktuální environmentální podmínky jsou klíčem k pochopení toho, jak se korálové útesy přizpůsobí měnícímu se prostředí. Globální environmentální data o teplotě, slanosti, světle, stavu nasycení uhličitánem a živinách byla v nedávné době sestavena pro téměř 1 000 útesových lokalit. Výsledné údaje byly statisticky analyzovány s cílem předefinovat environmentální limity současných útesů a s cílem identifikovat útesy okrajové. Teplotní limity a meze slanosti korálových útesů, jak jsou určeny touto analýzou, jsou velmi blízké těm, které určili předchozí výzkumy. Přesné výživové hladiny, které by mohly být považovány za omezující pro korálové útesy nebyly v rozsahu této analýzy zřejmé. Identifikace okrajového prostředí útesu a nová klasifikace útesů založená na environmentálních podmínkách poskytuje lepší globální předpověď, jak budou útesy reagovat na měnící se podmínky prostředí (Kleypas et al. 1999).

8.4 Bělení korálů



Obrázek 8: Vybělený korál

(<https://d.newsweek.com/en/full/572420/03-22-reef-01.jpg>).

Bělení korálů znamená, pestrobarevné koráli vyblednou a jsou průsvitně bílé. Vědci, kteří se zabývají studiem korálů se domnívají, že bělení korálů je úzce spojeno se stoupaním teploty v oceánech a je způsobeno ultrafialovým zářením. Nejzávažnější případy bělení vyvolává kombinace těchto dvou faktorů. Korálové útesy je živá masa tvořená koloniemi dravých živočichů, korálových polypů, kteří mají tvrdou vnější kostru tvořenou uhličitanem vápenatým neboli vápencem. Živí koráli stavějí a budují na kostrách předchozích generací. Ve tkáních korálů v symbiotickém vztahu žijí mikroskopické řasy zooxanthelly, které poskytují polypům kyslík, živiny a využívají oxid uhličitý, který na oplátku vylučují polypi. Koráli jsou citliví na změny v teplotě vody. Pokud teplota stoupne, koráli začnou z těla vylučovat řasy, což vede ke ztrátě pigmentu a jejich následnému zbělení. Takto oslabení koráli jsou náchylní k chorobám a umírají. Koráli se dokážou rychle vzpamatovat, takže pokud se útesům poskytne ochrana, znovu ožijí (Kýr, 2015).

Ve většině případů je bělení korálů přisuzováno zvýšené teplotě, ale byly zdokumentovány i případy zahrnující vysoké sluneční záření a onemocnění. S ohledem na obavy o stav celosvětových útesů je nutno přezkoumat znalost fyzikálních a biologických faktorů podílejících se na bělení, mechanismech ztráty zooxanthel, pigmentu a ekologických důsledcích pro korálová společenstva. Získaná data o bělení vyvolaném teplotou a ozářením naznačují, že opakovaná bělení mohou být důsledkem neustále rostoucí teploty moře, která v budoucnu vystaví koráli stále nepřátelštějšímu prostředí. Buněčné mechanismy bělení zahrnují různé procesy, které zahrnují degeneraci zooxanthel in situ, uvolnění zooxanthel z mezenteriálních vláken a uvolnění řas v hostitelských buňkách, které se oddělí od endodermu. Fotoprotektivní obrana, zejména karotenoidní pigmenty v zooxanthelách, pravděpodobně hrají důležitou roli při omezování bělicí reakce. Schopnost korálů adaptivně reagovat na opakující se epizody bělení není známa, ale předběžné důkazy naznačují, že fenotypové reakce korálů i zooxanthel mohou být významné (Brown, 1997).

Mnoho korálů bělí v důsledku zvýšené teploty mořské vody, což způsobuje, že ztrácejí své životně důležité symbiotické řasy (*Symbiodinium spp.*). Pokud se tyto symbiózy nepřizpůsobí narůstajícímu globálnímu oteplování bude bělení ohrožovat

korálové útesy po celém světě. Někteří koráli se částečně přizpůsobili vyšším teplotám tím, že hostili speciálně upravené *Symbiodinium*. Pokud budou schopny i jiné druhy korálů hostit tyto nebo podobné taxony *Symbiodinium*, mohou se poměrně snadno přizpůsobit teplejším biotopům (Rowan, 2004).

Většině korálů vyhovuje nejlépe teplota vody 23–29 °C. Stresující pro koráli je vyšší teplota, která způsobí, že koráli symbiotickou řasu ze svých buněk vypudí. Tento jev se nazývá zbělení korálů. To neznamená, že korál odumře, nicméně vypuzení symbiotické řasy pro něj představuje ztrátu živin, a tedy oslabení. Pokud se jedná o teplotní výkyv krátkodobý, mohou se koráli uzdravit. Délétrvající vlna veder však způsobí smrt celého korálového útesu. Příčinou vypuzení řasy a zbělení korálů jsou i další stresové faktory jako například znečištění vody nebo abnormální množství světla (Otevřená data o klimatu ©2021).

Teplota v tropických mořích se za posledních 100 let zvýšila téměř o 1°C a v současnosti se zvyšuje přibližně 1-2°C za století. Útesotvorní koráli, které jsou základem pro zdravé korálové útesy se pohybují blízko svých teplotních maxim. Jsou stresováni, pokud jsou vystaveni i mírnému zvýšení teploty vody o 1-2°C a nastává bělení.

Bělicí události v roce 1998, nejhorší v historii, zaznamenaly v některých částech úplnou ztrátu živých světových korálů. Toto bělení korálů poukazuje na fakt, že se jedná o následek zvyšující se teploty moře.

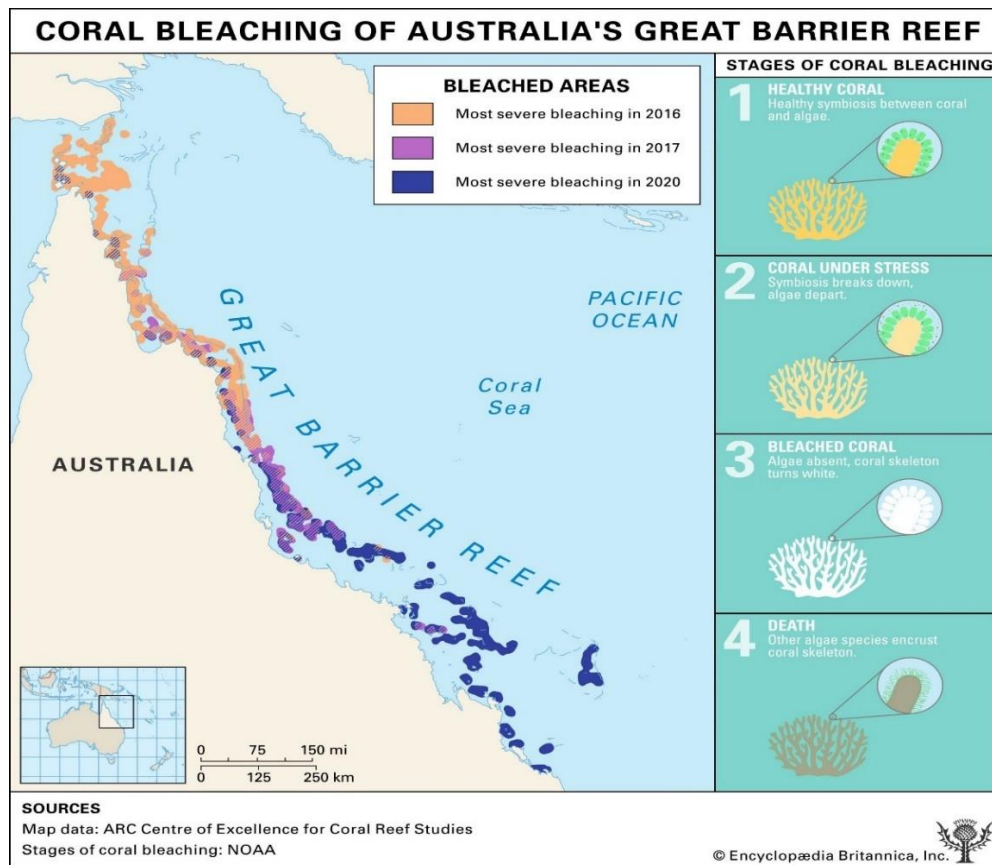
Použit je výstup čtyř hlavních globálních modelů změny klimatu sloužících k předpovědi, jaká bude frekvence a intenzita bělení a k jaké změně dojde v průběhu příštích sta let. Výsledky z této analýzy jsou zářející a vzbuzují velké obavy. Teploty moře vypočtené všemi modely (ECHAM3/LSG, ECHAM4/OPYC3 s aerosoly a bez nich, model CSIRO DAR) a na základě IPCC Scenario A (zdvojnásobení úrovně oxidu uhličitého do roku 2100, IPCC 1995) ukazuje, že tolerance korálů tvořících útesy budou během několika příštích desetiletí překročena. Stejně závažná událost masivního bělení jako v roce 1998 se během dvaceti let stane běžnou a bělicí akce budou probíhat každoročně ve většině tropických oceánů v příštích 30-50 letech. Není pochyb, že zvýšení frekvence bělení tohoto rozsahu bude mít drastické důsledky pro korálové útesy.

Argumenty, že koráli se přizpůsobí předpovídaným vzorům změny teploty jsou nepodložené a důkazy naznačují, že genetická schopnost korálů k aklimatizace je již překonána. Koráli se mohou také přizpůsobit v evoluční době, ale takové změny budou trvat stovky let, což naznačuje, že kvalita světových útesů bude klesat. Největší souvislý systém korálových útesů na světě Velký australský bariérový útes není výjimkou a do roku 2030 bude každý rok čelit vážným bělícím událostem. Jižní a centrální oblasti Velkého bariérového útesu budou vážně ovlivněny zvýšením teploty moře v příštích 20-40 letech. Severní lokality na tom budou lépe, oteplují se pomaleji a budou zaostávat za změnami jižní oblasti o 20 let. Tato predikce nezní pozitivně pro tropické mořské ekosystémy a není vyloučena úplná ztráta korálových útesů (Hoegh-Guldberg, 1999).

Mořská voda má pH okolo 8,2 je tedy slabě zásaditá. Zvyšování koncentrace CO₂ v atmosféře způsobuje, že je i více rozpuštěno CO₂ v mořské vodě a její pH klesá. Za poslední století se snížilo asi o 0,1. Tato nevelká změna v pH znamená, že je dnes v mořské vodě o 30 % více vodíkových iontů H⁺ než před sto lety. U člověka by tato změna v pH krve způsobila bezvědomí.

Snížení pH mění nejen množství vodíkových iontů H⁺, ale také snižuje množství iontů CO₃²⁻, které jsou stavebním kamenem pro vápenaté schránky korálů a dalších mořských živočichů stavějících schránku z CaCO₃. Pro koráli se tak tvorba schránky stává náročnější a jejich růst a obnova po zbělení je pomalejší. Pokud okyselování oceánů bude pokračovat tímto tempem, bude růst korálů dál zpomalovat, až rychlost rozpouštění jejich vápenatých schránek převáží nad jejich růstem. Podle studií by k tomu mohlo dojít někdy po roce 2054 (Otevřená data o klimatu ©2021).

Vědci se obávají, že v důsledku rozsáhlých požárů v Austrálii, dojde k velkému bělení korálů na Velkém bariérovém útesu. S požáry souvisí nárůst teploty mořské vody.



Obrázek 9: Bělení korálů na Velkém bariérovém útesu v letech 2016-2020
 (<https://www.britannica.com/story/great-barrier-reef-coral-bleaching>)

8.5 Nemoci korálů – korálový chorobopis

Mikrobiální onemocnění jsou nebezpečnou hrozbou pro korálové útesy. První případy byly zdokumentovány počátkem sedmdesátých let. V posledních letech se navýšil počet nově popsanych chorob, jejich šíření, frekvence i počet napadených druhů korálů. Rychlost a agresivita, s kterou choroby zabíjejí celé korálové kolonie je vyšší, než se kdy předpokládalo. Většina je odpovědí na biotický a abiotický stres. Příčinou biotického stresu je onemocnění samo o sobě způsobené bakteriemi, houbami, prvoky a zřejmě i viry. Abiotický stres způsobují fyzikální a chemické faktory jako změny teploty vody, záření UV, sedimentace a znečištění. Uvedené faktory usnadňují nástup vlastní infekce. Korálový polyp může být nakažen delší dobu, ale onemocnění se neprojeví, pokud je zdravý. Rozvine se až po zásahu některého ze stresových faktorů. Neškodná bakterie se může stát nebezpečným patogenem ve chvíli, kdy je polyp nějak oslaben.

Jedna z prvních nemocí, která byla zjištěna v roce 1972 na Floridě, je **černá korálová sněť** (BBD, black bend disease), která vytváří kruhové zóny s vystouplým lemem. Široké jsou 130 mm a dlouhé až 2 m, mají kaštanově hnědou až černou barvu, často jsou jakoby bíle poprášeny. Onemocnění vyvolávají tři typy mikroorganismů, působící vždy společně: vláknitá sinice *Phormidium corallyticum*, gramnegativní a chemolitotrofní bakterie *Desulfovibrio* sp. (redukuje sloučeniny síry na sirovodík) a vláknitá bakterie *Beggiatoa* sp. (využívá sirovodík k oxidaci na síru). Jsou to právě produkty těchto bakterií, co korálové polypy zabíjí. Nemoc napadá řadu druhů, kromě větevníku dlanitého (*Acropora palmata*) a větevníku parožnatého (*Acropora cervicornis*). V současnosti byla zjištěna ve 26 zemích západního Atlantiku, v části Rudého moře a Indopacifiku (okolo Fidži, Austrálie, Filipín). Další chorobou je **korálová žloutenka** (YBD, yellowblotch disease), v roce 1994 byla poprvé popsána na Floridě a její příčina není dosud známa. Na korálové kolonii se projevuje bledými kruhovými skvrnami, které jsou tvořeny průhlednou tkáňovou hmotou nažloutlé barvy. Obklopují plně pigmentovanou zdravou část kolonie, nebo tvoří pásy na jejích okrajích. Tyto skvrny či pásy stále ještě obsahují symbiotické řasy zooxantely, ale v redukovaném počtu. Po povrchu korálu postupuje žlutavá hmota, pomalu zabíjí jednotlivé polypy a kolonie hyne rychlostí 715 cm za rok. Onemocnění napadá pouze útesovníky z rodu *Montastrea*.

Roku 1977 v Karibském moři bylo popsáno onemocnění větevníků (*Acropora palmata*, *A. cervicornis* a *A. prolifera*), které se projevuje vylupováním tkání polypů a odhalováním vybělených skeletů **bílá korálová sněť** (WBD, whiteband disease). Začíná na bázi kolonie a pokračuje až do konců větví. Postupuje rychlostí 5 mm za den. Nepodařilo se zatím prokázat původce.

Onemocnění podobné, se stejnými příznaky jako u WBD, postihuje řadu druhů korálů v Karibiku (v Indopacifiku nebylo zaznamenáno) rodů *Siderastrea*, *Colpophyllia*, *Dichocoenia*, *Montastrea*. Bylo pojmenováno **bílý mor** (WP, white plague). Jeho agresivita je daleko větší, úbytek zdravé kolonie postupuje rychlostí 2 cm za den (malé kolonie dokáže zabít během jednoho až dvou dnů). Jako infekční agens byla identifikována gramnegativní bakterie *Sphingomonas*.

Poslední dva typy nemocí byly zaměňovány s fenoménem označovaným jako **blednutí korálů** (coral bleaching), jehož prudký nárůst se datuje od osmdesátých let. V tomto případě na počátku vymizí symbiotické řasy zooxantely, což se projeví ztrátou barvy. Korálový polyp ještě krátkou dobu přežije,

ale v důsledku nedostatku kyslíku a živin, produkovaných těmito řasami, hyne. Jako původce tohoto jevu byly donedávna označovány pouze změny prostředí, především růst teploty vody, záření UV a změny salinity. Byl již popsán nový druh bakterie, nazvané *Vibrio coralliilyticus*, která byla identifikována jako patogenní agens v případě blednutí kolonií na korálových útesech v Rudém moři (Neumanová, 2003).

8.6 Hvězdice



Obrázek 10: Hvězdice trnová koruna

(<https://www.wwf.org.au/news/blogs/the-starfish-that-eat-the-reef>).

Útes samotný, podobně jako všechny ostatní formy života, které ho obklopují, vede nepřetržitý boj o přežití s mnoha ničivými vlivy, z nichž bouře patří k těm mírnějším. Bojuje dokonce sám se sebou, protože jednotlivé druhy korálů se napadají navzájem jedovatými látkami a sloučeninami rozkládající tkáň. Místo symbiózy, která je prospěšná pro obě strany, spolu vedou zápas, z nějž nakonec nemusí vyjít vítězně ani jeden. Některé z ryb se živí polypy, neboť získaly odolnost proti žahnutí jejich chapadly. Zákeřnější jsou různí červi, slávky a houby, které se do korálu zavrtávají a rozpouštějí jej kyselými výměšky. Největším nepřítelem je však mořská hvězdice *Acanthaster planci*, která se na korál přisaje a svými zaživacími šťávami pak polyp doslova rozpustí.

V roce 1988 provedený výzkum zjistil, že takto byla velmi vážně poškozena a místy dokonce zcela zničena celá třetina vzácného a jedinečného Velkého bariérového útesu, který je vzácným habitatem mnoha unikátních životních forem (Reader's Digest Výběr ©2002).

Leží na mořském dně, hýří barvami a udivují svými bizarními tvary, ale především drsným nebo ježatým povrchem těla. Jedná se o hvězdy mořských hlubin i mělčin, nádherné hvězdice z podtřídy *Asteroidea*. Hvězdice mají obvykle jen pět ramen, ale existují i druhy, které jich mají podstatně více. Hvězdice rodu *Heliaster*, žijící podél západního pobřeží Severní Ameriky, mají až padesát ramen. Hvězdice svým tělem dokáží klamat. Za flegmatickým zevnějškem se skrývají nelítostní predátoři, kteří jsou schopní ulovit velké mlže, žahavé korály nebo dokonce i ryby. Záleží na druhu a velikosti hvězdice. Dnes je nám známo na 1 600 druhů hvězdic, které se liší velikostí, tvarem a barvami. Největší z nich měří v rozpětí ramen téměř 140 centimetrů a nejmenší sotva tři centimetry. Obávaná hvězdice druhu *Acanthaster planci*, známá pod jménem trnová koruna, požírá koráli. Toto ekologické monstrum pokryté jedovatými trny, vybavené dvanácti rameny se vyskytuje v Indickém a Tichém oceánu a ve vodách Rudého moře. Velké skupiny těchto jedovatých hvězdic dokáží pozřít celé kolonie korálů a v současné době vytrvale likvidují i Velký bariérový útes v Austrálii. Průměrný věk hvězdic lze odhadnout díky mořským akváriím. Hvězdice *Asterias rubens* a *Marthasterias glacialis*, které se dožívají až desíti let jsou zřejmě nejdéle žijícími druhy (Sláma, 2016).

Při přemnožení některé hvězdice mohou ohrozit populace své potenciální kořisti. Zdárným příkladem je *Acanthaster planci*, nazývána někdy trnová koruna, která při přemnožení požírá koráli v takové míře, že korálové útesy nemohou dorůstat a postupně odumírají. Produkuje i poměrně silný jed na svých ostnech. Přemnožení této hvězdice způsobuje redukce populace jejích predátorů jako ryb, malých žraloků a dravého předožábrého plže tritonky (*Charonia*), který představuje zajímavý objekt pro sběratele (Smrž, 2015).

9. Ochrana korálových útesů

„Je nezbytné, abychom usměrnili své krátkodobé potřeby v zájmu dlouhodobého zdraví útesů celého světa.“

Již dlouhou dobu mají lidé špatný vliv na podmořský svět a v současné době se dostáváme do bodu, ze kterého by se již oceány a útesy nemusely nikdy vzpamatovat. Musíme jednat rychle k zajištění jejich budoucnosti.

Lidé považovali suroviny poskytované oceánem a útesy za nevyčerpatelné. Ryb byla hojnost a vlny odnášely odpad a zanechaly pobřeží zase čisté. Lidská populace rostla až do současného stavu a naše chování mělo a má na životní prostředí vážný dopad.

Biotopy, na které jsme se spoléhali tak dlouho, značně trpí.

Mezi lidmi a útesy byl vždy úzký vztah, ale současná doba tento vztah posunula nesprávným směrem. Je na nás, abychom zachránili tyto krásné biotopy, abychom zkoumali jejich život a stanovili hranice jejich využití (Scubazoo, 2008).

Důvody, proč je důležité chránit korálové útesy je fakt, že jsou domovem čtvrtiny všech mořských rostlin a živočichů. Z hlediska rozmanitosti živočišných a rostlinných druhů jsou korálové útesy na druhém místě za tropickými deštnými pralesy. Vědci varovně zvedají prst a upozorňují nás, že 70 procent všech korálů světa bude během 20 až 40 let zničeno, pokud se nezabrání nadměrnému znečišťování moří a přílivu turistů (Kýr, 2015).

9.1 Ekologická paměť

Ekologická paměť je definovaná jako schopnost minulosti ovlivňovat současnou trajektorii ekosystémů. Je důležitá pro pochopení toho, jak společenstva druhů reagují na rychlé změny v režimech narušení v důsledku antropogenní změny klimatu. Koráli, kteří již přežili klimatickou změnu se stávají odolnějšími vůči horku. Vědci si vysvětlují schopnost přežití u korálů procesem, jemuž říkají „ekologická paměť“. Zde ukazují vznik ekologické paměti během hromadného bělení korálů Velkého bariérového útesu v roce 2016 a opět v roce 2017. Poté, co útes zasáhla vlna veder v létě roku 2016, následovalo masivní vymírání korálů. Ti koráli, kteří přežili, byli o rok později vystaveni velmi podobnému problému. Vlna veder se vrátila a nastalo další bělení.

Stalo se ale něco nečekaného, kdy koráli, kteří zvládli krizi v roce 2016, byli při nové katastrofě mnohem odolnější, jako by se dokázali přizpůsobit. Bělení korálů bylo slabší i když vlna horka byla ještě horší než rok předtím. Jako hlavní příčinu a vysvětlení se uvádí to, že druhy korálů více citlivé na teploty předloni zemřeli, ale ty odolnější se přizpůsobili a většina přeživších byli odolnější druhy. Tímto se složení druhů korálů na útesu mění (Hughes et al. 2019).

9.2. Mořský park a nadace na ochranu Velkého bariérového útesu

V roce 1975 byl Velký bariérový útes vyhlášen chráněným mořským parkem. Spravuje ho organizace Great Barrier Reef Marine Parks Authority, která má za cíl udržovat rovnováhu mezi nápořem turistů a ochranou zdejšího ekosystému (Smith, 2011).

Mořský park Great Barrier Reef Marine Park je zaměřený na korálové útesy a odlehlé nedotčené oblasti. Program reprezentativních oblastí si klade za cíl zvýšit ochranu biologické rozmanitosti v tomto regionu vytvořením sítě oblastí, kde není povoleno jakékoliv narušení řady stanovišť a komunit v rámci mořského parku. V celé oblasti světového dědictví bylo definováno 70 útesových a neútesových bioregionů. Cílem je maximalizovat ochranu biologické rozmanitosti a zároveň minimalizovat ekonomické, kulturní a sociální náklady (Day et al. 2002).

Nadace velkého bariérového útesu

"Je jistě naší odpovědností udělat vše, co je v našich silách, abychom vytvořili planetu, která poskytne domov nejen pro nás, ale pro veškerý život na Zemi."

Sir David Attenborough

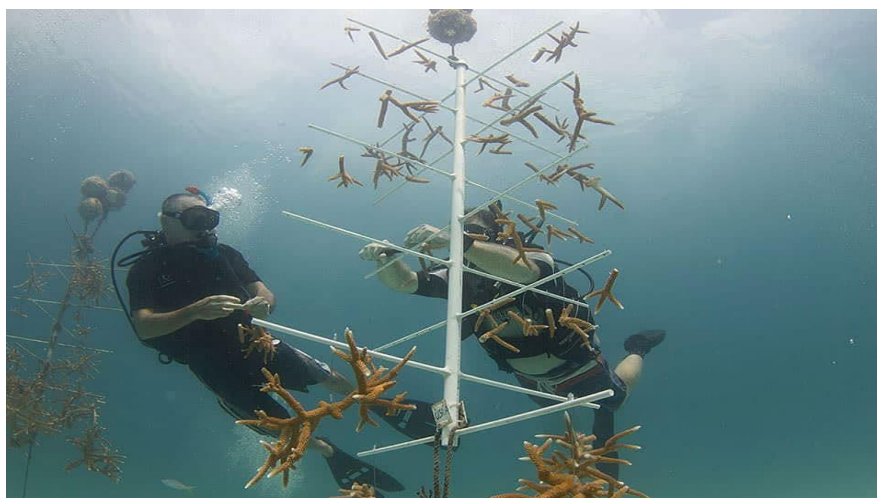
Nadace Great Barrier Reef Foundation zachraňuje Velký bariérový útes a veškerou jeho živou faunu a flóru pro budoucí generace. Velký bariérový útes je domovem některých z nejunikátnějších tvorů na planetě. Tyto ohrožené druhy potřebují pomoc. Finanční prostředky, které jsou získávány, pomáhají chránit korálové útesy a zvířata, která jsou na nich závislá. V úzké spolupráci se Správou mořského parku Velkého bariérového útesu pomáhají regenerovat a obnovovat Velký bariérový útes a posilovat jeho odolnost vůči hrozícímu nebezpečí (Great Barrier Reef Foundation ©2022).

9.3 Podmořské a podvodní parky

V posledních letech se propaguje důsledná ochrana korálových útesů vzhledem k všeobecně známému znečišťování moří a odumírání jejich fauny a flóry. Trendem se stává zřizování podmořských parků u Austrálie a dále ve světě. Tak jsou postupně vyhlášovány další mořské parky, zahrnující především korálová společenstva. Cílem je, alespoň místně zabránit nadměrnému podmořskému lovu ryb a sběru dalších živočichů, sloužících jako suvenýry. Vzhledem k atraktivnosti mořských suvenýrů jako korálů, lastur a hvězdic prosperuje obchod s tímto zbožím i navzdory všem zákazům. Chráněná území bohužel nelze z nejrůznějších důvodů účinně kontrolovat (Pfleger, 1989).

Podvodní parky, které chrání mořský život, existují na mnoha místech světa. Na podvodních parcích a na turistech, které tyto parky lákají, závisí velmi často ekonomický blahobyt celých národů. Z podvodních parků a chráněných mořských oblastí mají užitek i rybáři, poněvadž nabízejí útočiště intenzivně loveným druhům, jejichž příslušníci zde mohou v nerušených podmínkách vyrůstat a množit se, což zajišťuje pokračující existenci takových druhů i mimo chráněné oblasti. Chceme-li dosáhnout maximálního a vyváženého prospěchu z mořských zdrojů využívaných pro potravu, vzdělání, ekonomický rozvoj a rekreaci je vytváření podvodních parků nezbytností (Lieske et Myers, 2005).

9.4 Naděje pro koráli – korálové školky a transplantace



Obrázek 11: Korálová školka

(<https://oceanservice.noaa.gov/ocean/corals/hope-for-corals.html>).

Ochránci korálů zaměřovali své úsilí na ochranu těchto neocenitelných mořských skvostů před přímými environmentálními hrozbami. K této ochraně hledají způsoby, jak proaktivněji řešit obnovu korálových útesů.

Naučili se pěstovat koráli ve školkách a vysazovat je na poškozené útesy. Koráloví farmáři, jak jsou přezdíváni, pěstují na podmořském dně nalezené kousky korálů až do doby, dokud je lze znovu zasadit na stávající útesy, čímž podporují obnovu těchto ekosystémů.

V průměru nejrychleji rostoucí tvrdé neboli kamenité koráli rostou přibližně stejnou rychlostí jako lidské vlasy, asi 10 centimetrů za rok. Ostatní koráli rostou jen zlomkem tohoto tempa. V prostředí školky s nízkým stresem mohou ochránci přírody pěstovat koráli mnohem rychleji, což dává útesům šanci bojovat.

Velmi důležité je, že ochránci přírody mohou řídit rozmanitost populace korálů ve školkách. Ne všechny koráli jsou si rovny. Některé koráli jsou schopny odolávat stresu nebo se z něj zotavovat lépe než jiné. Podpora této rozmanitosti mezi koráli znamená, že celková populace bude odolnější vůči změnám, jako je oteplování oceánských vod.

Vědci hledají způsoby, jak aktivně budovat odolnost korálů prostřednictvím korálových školek v oceánu a v laboratoři. Chtějí vědět, jaké faktory umožňují korálům přizpůsobit se měnícímu se klimatu a jak mohou zasáhnout, aby korálům pomohli. Další výzkum pomůže posunout úsilí o záchranu korálových útesů na vyšší úroveň. Vědci si uvědomují naléhavost situace a tempo studia se zrychlilo. Cílem je pěstovat více odolnějších korálů (NOAA National Ocean Service ©2022).

Korálové školky a výsadby korálů v Karibiku, Indo-Pacifiku a v Rudém moři se v posledních dvou desetiletích rozšířily a přinesly bohaté znalosti a zkušenosti pro zvýšení výnosů korálové biomasy prostřednictvím šíření fragmentovaných kolonií dospělých korálů nebo larv. Úspěch těchto programů však není zaručen a to zejména tam, kde postup typu "jedna velikost vyhovuje všem" není přizpůsoben místním taxonům a útesům (Omori et al. 2008).

Korálové útesy nadále degradují a ani nejlepší nástroje na obnovu a ochranu korálových útesů nedosahují ochrany, kterou bychom potřebovali. Dokážeme pouze snížit tempo degradace, zatímco zhoršující se globální změny předpovídají žalostný osud korálových útesů.

Slibným nástrojem na záchranu korálů je tzv. zahradnický koncept, který vychází z dobře zavedené vědecké disciplíny suchozemského zalesňování.

Tento koncept vychází ze dvou kroků. První krok zahrnuje odchov sazenic korálů ve speciálně navržených podvodních školkách až do velikosti umožňující přesazení.

Druhý krok je výsadba do poškozených oblastí korálových kolonií.

S rozsáhlou degradací útesů v celosvětovém měřítku se budeme moci vyrovnat pouze zřízením rozsáhlých školek a dalších transplantačních akcí spolu s dalšími nástroji řízení (Rinkevich, 2008).

Typy a počty druhů stromů v lese, jako korálové kolonie v korálovém útesu, vytvářejí jedinečné ekosystémy tím, že vytvářejí biologickou rozmanitost, formulují trojrozměrné struktury stanovišť a mění místní biologické a environmentální podmínky. V důsledku intenzivního antropogenního tlaku oba ekosystémy ztratily svou odolnost, schopnost obnovy a přirozené seberehabilitace bez aktivního lidského zásahu. Zatímco lesnické postupy včetně pěstování lesa byly vyvíjeny a testovány po celém světě téměř dvě století, disciplína obnovy útesů je stará méně než deset let.

Lesnické postupy a zásahy jsou podrobeny po dlouhou dobu přísným vědeckým testům. Zato oblasti obnovy útesů jsou ještě dostatečně nedefinovány, protože ještě nebyly dobře prostudovány. Jeden z nových nástrojů obnovy korálových útesů je koncept „zahradnictví korálových útesů“, kde plánované a používané podvodní školky představují principy lesnictví a využívají poznatky získané z lesních a lesnických projektů.

Dále je možné využít nedávno vyvinutý přístup plovoucí školky.

V budoucnu bude potřeba nejen vyvinout vylepšené metody pro obnovu korálových útesů, ale také přizpůsobit tomuto již nám známé poznatky z pěstitelských zkušeností a vědy (Precht, 2006).

Degradace korálových útesů je za posledních 20 let široce sledována. Míra obnovy je bohužel nedostatečná, proto jsou v různých oblastech světa zkoumány nové metody obnovy. Mezi účinné a běžně používané metody obnovy korálových společenstev patří transplantace korálových kolonií nebo fragmentů. Výzkum byl prováděn např. na fragmentech *Acropora pulchra*. Proměnné, které byly studovány, byly původ a délka fragmentů, jejich nová orientace, poškození tkáně a poloha ve

fragmentu. Bylo zjištěno, že všechny tyto faktory způsobují rozdíl v aspektech růstu korálů, jako je frekvence větvení a rychlost extenze kostry. Tyto dva faktory jasně určují úspěšnost fragmentu, který se vyvine do velké kolonie, která má mnohem vyšší pravděpodobnost, že přežije a vyroste. Je zřejmé, že účinnost generování korálů prostřednictvím fragmentové kultury lze ještě zvýšit, pokud se vezmou v úvahu zde zkoumané proměnné. Jakmile se vytvoří korálové kolonie, mohou být znovu fragmentovány, aby vytvořili více korálů, nebo mohou být transplantovány (Soong et Chen, 2003).

9.5 CITES - Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin



Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora

Obrázek 12: Logo CITES – Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (<https://cites.org>).

„Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora, CITES, Washingtonská úmluva) byla smluvena dne 3. března 1973 ve Washingtonu a začala platit od 1. července 1975. Československo podepsalo úmluvu 28. února 1992 jako 114. stát a úmluva vstoupila pro naši zemi v platnost 28. května 1992. Česká republika převzala závazky z úmluvy od rozdělení ČSFR dne 1. 1. 1993. CITES je prováděna v Evropské unii jednotným způsobem na základě legislativy Evropské unie (EU), která u nás začala platit od data vstupu ČR do EU dne 1. 5. 2004. Dnes je signatářem CITES již 183 smluvních stran včetně všech 27 členských států EU a EU jako celku.

Účelem úmluvy je postavit mezinárodní obchod s volně žijícími živočichy a planě rostoucími rostlinami pod společnou kontrolu všech zemí světa, aby se docílila ochrana ohrožených druhů fauny a flóry před úplným vyhubením vlivem bezohledného získávání pro obchodní účely. Úmluva omezuje zejména obchod s jedinci ohrožených druhů získaných z volné přírody, kontroluje však i obchod s živočichy odchovanými v zajetí nebo člověkem vypěstovanými rostlinami druhů, které jsou v přírodě ohroženy. Ve většině případů se však úmluva nedotýká domestikovaných zvířat a kulturních rostlin.“

Dle statistických údajů je využívání divoké přírody pro účely mezinárodního obchodu druhou nejvýznamnější příčinou ubývání druhů na naší planetě, a to hned za ničením přirozených stanovišť.

Obchoduje se s živými nebo mrtvými živočichy a rostlinami, ale i s nejrůznějšími výrobky a odvozeninami, od potravin a léčiv přes kožené zboží až po exotické turistické suvenýry. Nejčastěji se obchoduje s kůžemi plazů, vlnou a kožešinami, živými exotickými ptáky a tropickými ozdobnými rybkami, kaviárem, mušlemi a **mořskými koráli**, kaktusy, orchidejemi a planě rostoucími cibulovinami a vzácným tropickým dřevem.

Předmětem ochrany CITES je v současnosti více než 5000 druhů zvířat a kolem 29 000 taxonů rostlin.

Podle stupně ohrožení své existence v přírodě jsou rozděleny do tří kategorií:

- 1) Druhy přímo ohrožené vyhynutím jsou vyjmenovány v příloze I k CITES.
- 2) Druhy z přílohy II k CITES, jejichž situace v přírodě není kritická, ale které by mohly být ohroženy, pakliže by využívání pro mezinárodní obchod nebylo regulováno.
- 3) Druhy z přílohy III k CITES jsou ohrožené na území určitého státu, který požádal o regulaci mezinárodního obchodu s nimi.

Živočichové a rostliny pod ochranou CITES

PŘÍLOHA CITES II (příloha B podle předpisů EU)

Téměř 5 000 druhů živočichů a kolem 30 000 druhů rostlin, které by mohly být ohroženy, pokud by mezinárodní obchod s nimi nebyl přísně regulován. Zahrnuje i druhy snadno zaměnitelné za exempláře druhů z přílohy I a II.

Mezinárodní obchod je povolen pouze na základě zvláštních povolení (tzv. permity CITES), které musí být předloženy celním orgánům jak při vývozu tak i dovozu. Hlavní důraz je kladen na povolení ze země vývozu, které musí zejména potvrdit, že vývozem nedochází k ohrožení divokých populací daného druhu na přežití. Pro dovoz do EU se vyžaduje také dovozní povolení od pověřených úřadů EU (v ČR Ministerstvo životního prostředí) s některými výjimkami pro exempláře osobního nebo rodinného charakteru. Vědecké orgány vyhodnocují údaje o rozsahu obchodu podle vydávaných povolení a srovnávají je s údaji o stavu populací zvířat a rostlin v přírodě, a pokud by obchod byl příčinou jejich nadměrného poklesu, doporučí regulaci obchodu (např. systémem pevně stanovených kvót) anebo přerazení daného druhu do přílohy I (tj. celosvětový zákaz obchodu).

Příklady: všechny *) opice, kytovci, vydry a kočkovité šelmy, dále hroši, pekari, žirafa, řada druhů antilop, nandu pampový, plameňáci, všechny *) druhy dravců, sov, papoušků (s výjimkou andulky, korely, agapornise růzovohrdlého a alexandra malého) a kolibříků, loskuták, rýžovník aj. ptáci, různé druhy želv, všichni *) krokodýli, leguáni, varani a čeleď hroznýšovitých, některé druhy exotických žab a ryb, motýlů, sklípkanů, měkkýšů, **mořských korálů**, všechny druhy *) orchidejí a kaktusů, některé agáve, aloe, sukulentní pryšcovité, tilandsie a masožravé rostliny, ženšen, některé dřeviny a další druhy (MŽP ©2020).

*) Kromě druhů zahrnutých v příloze I.



Obrázek 13: Zakázané suvenýry z dovolené

(<https://www.celnisprava.cz/cz/celni-urad-praha-ruzyne/fyzicke-osoby/letecka-doprava/prilet/mimo-eu/Stranky/cites.aspx>).

9.6 UNESCO - Organizace spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu



Obrázek 14: Logo UNESCO - Organizace spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu (<https://whc.unesco.org>).

„Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví

Generální konference UNESCO, scházející se v Paříži ve dnech 17. října až 21. listopadu 1972 na svém sedmnáctém zasedání, majíc na paměti, že kulturnímu dědictví a přírodnímu dědictví ve stále větší míře hrozí zničení nejen v důsledku tradičních příčin rozkladu, ale i na základě měnících se sociálních a ekonomických podmínek, které situaci vyhrocují ještě hrozivějšímu jevy poškození či zničení; berouc v úvahu, že ubývání či zničení kterékoliv položky kulturního nebo přírodního dědictví představuje nenahraditelné ochuzení dědictví všech národů světa; berouc v úvahu, že ochrana tohoto dědictví na národní úrovni není často úplná kvůli rozsahu prostředků, jež vyžaduje, a kvůli nedostatečným ekonomickým, vědeckým a technickým zdrojům země, kde se vlastnictví, které má být chráněno, nachází; připomínajíc, že Ústava Organizace stanovuje, že bude udržovat, zvětšovat a šířit znalosti zajišťováním ochrany světového dědictví a doporučováním nezbytných mezinárodních úmluv dotyčným národům; berouc v úvahu, že stávající mezinárodní úmluvy, doporučení a rezoluce týkající se kulturního a přírodního vlastnictví ukazují, jaký význam má pro všechny národy světa ochránění tohoto jedinečného a nenahraditelného vlastnictví, a" náleží jakémukoliv národu; berouc v úvahu, že části kulturního či přírodního dědictví mají výjimečný význam a z tohoto důvodu je třeba je zachovat jako součást světového dědictví lidstva jako celku;

berouc v úvahu, že vzhledem k objemu a závažnosti nových nebezpečí, jež ohrožují kulturní a přírodní dědictví, je povinností mezinárodního společenství jako celku účastnit se ochrany kulturního a přírodního dědictví výjimečné světové hodnoty tím, že bude poskytovat kolektivní pomoc, která, i když nebude nahrazovat opatření dotyčného státu, bude sloužit jako jeho účinné doplnění;

berouc v úvahu, že pro tento účel je nezbytné přijmout nová ustanovení formou úmluvy vytvářející účinný systém kolektivní ochrany kulturního a přírodního dědictví výjimečné světové hodnoty, organizovaný na stálém základě a v souladu s moderními vědeckými metodami;

rozhodnuvši, na svém šestnáctém zasedání, že tato otázka se stane předmětem mezinárodní úmluvy;

přijímá tohoto šestnáctého dne listopadu 1972 tuto Úmluvu.“ (United Nations ©2022)

Od roku 1972 Úmluva UNESCO o světovém dědictví ochraňuje přírodní a kulturní místa výjimečné světové hodnoty. Seznam světového dědictví zahrnuje i korálové útesy. Tyto celosvětově významné útesy, které se rozprostírají po celé planetě, zahrnuje i Velký bariérový útes v Austrálii.

Korálové útesy jsou uznávány pro svůj jedinečný a celosvětový význam, jedná se o společné dědictví lidstva. Korálové útesy jsou ekologicky a ekonomicky důležité ekosystémy, které se nacházejí ve světových tropických a subtropických oceánech. Hostí více než čtvrtinu všech druhů mořských ryb a dalších mořských živočichů. Jsou to přirozeně nejrozmanitější ekosystémy v oceánu, jsou srovnatelné s deštnými pralesy na souši.

Navzdory jejich důležitosti a hodnotě, většina korálových útesů je pod obrovským tlakem lidské činnosti, která má za následek zvýšenou teplotu oceánů, rostoucí atmosférický oxid uhličitý a okyselování oceánů (Heron et al. 2017).

Snahy australských ochranářů byly korunovány v říjnu 1979, kdy byla první část Velkého bariérového útesu prohlášena mořským parkem. V roce 1981 vyhlásilo UNESCO Velký bariérový útes světovou přírodní rezervací. Jedná se o rozmanité korálové útesy sekce jižní, označené jako Capricornia Section (Pfleger, 1989).

Velký bariérový útes byl zapsán v roce 1981 na seznam světového dědictví UNESCO. Výbor pro světové dědictví UNESCO v roce 2021 odložil zařazení Velkého bariérového útesu mezi ohrožené přírodní památky. Odborná veřejnost má obavy o stav tohoto unikátního ekosystému, Austrálie však nesouhlasila s jeho přidáním na seznam ohrožených míst.

Výbor pro světové dědictví UNESCO jednající v čínském Fu-čou rozhodnutí týkající se útesu odložil po intenzivním tlaku ze strany Austrálie. Útes přináší značné příjmy australskému odvětví turistického ruchu. Canberra se obává, že pokud by byl zařazen mezi ohrožené památky, mohlo by to v očích cestovatelů snížit jeho atraktivitu.

Země bojuje již léta proti zařazení na seznam památek v ohrožení.

Nově v červnu roku 2021 navrhlo UNESCO zapsání útesu mezi ohrožená místa na základě konzultací s odborníky a organizacemi. Experti poukazují zejména na blednutí korálů, které je důsledkem klimatických změn. Blednutí signalizuje postupný úhyn korálů. Řasy dodávají barvu útesu a také korálům zajišťují živiny z mořské vody. Koráli se začnou řas zbavovat, když je voda v oceánu příliš teplá.

Pouze lehce vybledlí koráli se mohou při poklesu teploty vody ještě vzpamatovat, ale hůře postižení hladovějící koráli jsou náchylnější k nemocem a umírají (Česká televize ©2021).

Mezinárodní organizace UNESCO napomáhá k udržování mírových vztahů, prosperity, vzdělanosti a mezikulturního dialogu mezi národy. Velkou část jejího poslání tvoří snaha o udržení kulturní pestrosti celého světa a zprostředkování hodnot, které lidé z různých jeho částí považují za důležité. Jedním z nejvýraznějších projevů těchto aktivit je seznam světového dědictví UNESCO. Uvedená místa v seznamu jsou velmi pestrá, objevují se v něm jak přírodní a kulturní památky, tak i celé krajiny. Ve všech případech se jedná o místa pozoruhodná.

Velký bariérový útes je jedinečnou živoucí pokladnicí mořské fauny i flóry a byl by zapsán pro své přírodní bohatství, které nejlépe vynikne pod hladinou, kde na členitých útesech tvořených schránkami přibližně 400 druhů korálů pulzuje bohatý ekosystém poskytující životní prostor stovkám druhů ryb, tisícům měkkýšů, větším ohroženým druhům jako jsou dugongové, karety obrovské nebo různé ptáky (Pohunek, 2020).

9.7 Nobelova cena za ekonomii pomáhá chránit korálové útesy

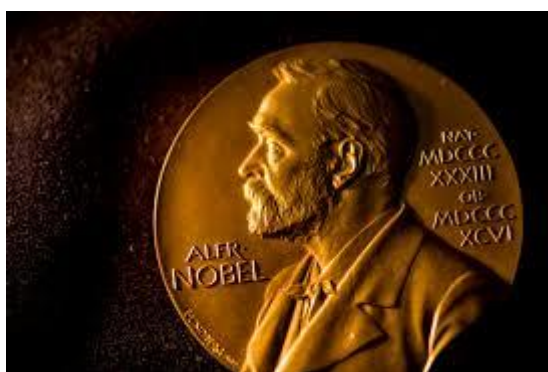
Alfred Nobel (1833-1896), švédský vynálezce a podnikatel.

Nobelova cena je mezinárodní ocenění spravované Nobelovou nadací ve Stockholmu ve Švédsku a je udělována od roku 1901 na základě závěti Alfreda Nobela.

V tomto úryvku závěti Alfred Nobel diktuje, že celý jeho zbývající majetek by měl být použit k poskytnutí „cen těm, kteří v předchozím roce přinesli lidstvu největší prospěch.“

Nobelova cena se uděluje za úspěchy dosažené ve fyzice, chemii, medicíně, literatuře a v boji za mír. Každá cena se skládá z medaile, osobního diplomu a peněžní odměny.

V roce 1968 Švédská národní banka založila Nobelovu cenu za ekonomii. Nobelova cena za ekonomii je udělován od roku 1969 (Nobel Prize ©2022).



Obrázek 15: Nobelova cena

(<https://www.nobelprize.org>).

Nobelova cena za ekonomii pomáhá chránit korálové útesy.

Americký ekonom Harry Max Markowitz získal v roce 1990 Cenu Švédské národní banky za rozvoj ekonomické vědy na památku Alfreda Nobela za Teorii portfolia.

Teorie portfolia se zakládá na tom, že pomáhá investorům, jež se snaží minimalizovat rizika spojená s investováním, maximalizovat výnosy.

Výzkumníci z australské University of Queensland využili tuto teorii. Bylo určeno padesát útesů či rezervací s koráli po celém světě, které s velkou pravděpodobností přežijí klimatickou krizi a budou schopny znovu osídlit další útesy a to v případě, že zde nebudou žádné jiné hrozby.

Cílem je zaměřit se na ochranné projekty a jejich investice, které mají silný potenciál uspět. Teorie bere ochranu přírody jako investiční příležitost.

„Je to v podstatě strategie, která nám má pomoci při rozhodování o tom, co chránit, pokud chceme mít koráli i na konci století.“ profesor a jeden z vedoucích projektu Ove Hoegh-Guldberg

Výzkumníci rozdělili světové korálové útesy do tzv. „bioklimatických jednotek“ o rozloze 500 km čtverečních. Výběr byl rozdělen do pěti kategorií. Do těchto kategorií patřila například teplota (historie i projekce), acidifikace oceánů nebo invazivní druhy. Důležitá byla i spojitost s ostatními koráli.

Cílem studie nejsou jen ekologické přínosy, ale také sociální a ekonomické výhody. Studie poukázala na to, že prudký pokles korálů odpovídal rychlému nárůstu povrchových teplot moře. To je jeden z hlavních důvodů, proč dochází k jejich bělení. „I kdyby se podařilo nárůst teploty omezit na 1,5° C nad úroveň před industrializací, zmizelo by 70 až 90 % dnešních korálů. K takovému tragickému scénáři navíc dojde při snížení globálních emisí CO₂ do roku 2030 téměř na polovinu oproti úrovním z roku 2010“, dodává The Guardian (World News Media ©2020).

Nobelova cena za chemii může znamenat pro koráli „*Světlo na konci tunelu.*“ Koráli čelí bezprostřednímu ohrožení s probíhající změnou klimatu. Vědci se snaží s pomocí elegantní molekulárně genetické metody CRISPR/Cas9 porozumět, jak se koráli se stresovými podmínkami vypořádávají.

Obecně známý fakt je, že globální změny klimatu ovlivňují výskyt, rozšíření a prosperitu řady živočišných i rostlinných druhů. Zástupci třídy korálnatců, stejně jako další organismy, obývající rozmanité prostředí korálových útesů, nejsou výjimkou.

Výzkum v posledních letech identifikoval řadu genů, které by korálům mohly pomoci se s rostoucí teplotou oceánů vypořádat. Vědci ze Stanford University a Queensland University of Technology z australského Brisbane se rozhodli určit konkrétní roli takových genů a jejich proteinových produktů. Použili k tomu perspektivní molekulárně biologickou metodu, zvanou CRISPR/Cas9. Tato zkratka označuje revoluční techniku, za kterou obdržely vědkyně Emmanuelle Charpentier a Jennifer Doudna Nobelovu cenu za chemii.

Komplex CRISPR/Cas9 je odvozený od mechanismu bakterií, který využívají v boji proti virové infekci. Jak již jeho název napovídá, sestává ze dvou částí: z CRISPR – krátkého úseku RNA a z Cas9 – enzymu patřícího do skupiny endonukleáz.

Molekula RNA je schopna zacílit přesně námi určený úsek genetické informace buňky, který následně enzym Cas9 dokáže přestříhnout, stejně tak, jako jakési molekulární nůžky. Díky této vlastnosti nám CRISPR/Cas9 umožňuje snadno vymazat či upravit konkrétní části genetické informace. Toho využili vědci, zkoumající termoadaptivní vlastnosti korálů.

Výsledky studie ukázaly, že injekce CRISPR/Cas9 do oplozených vajíček korálu *Acropora millepora* dokázala účinně upravit gen pro molekulu HSF1 (Heat Shock Transcription Factor 1), která je při stresu organismu odpovědná za produkci tzv. proteinů teplotního šoku. Vědci následně podrobili larvy, které se vyvinuly z takto geneticky upravených vajíček, různým teplotním podmínkám. Zjištěním bylo, že larvy bez funkčního proteinu HSF1 přežily sice bez problému ve vodě o teplotě 27°C, ale masivně umíraly již při 34°C. U kontrolní skupiny larev, které gen pro HSF1 zmutovaný neměly, toto vymírání pozorováno nebylo.

Poznatky ukazují, že molekula HSF1, jejíž produkce je vysoce zachována napříč celou říší eukaryotických organismů, představuje i u korálnatců důležitý ochranný nástroj proti vysokým teplotám. Tuto fascinující metodu CRISPR/Cas9 lze ke studiu korálů použít. CRISPR/Cas9 se již uplatňuje u editace genomu hospodářských rostlin za účelem zvýšení odolnosti a výtěžku, při studiu lidských genetických chorob, jako je cystická fibróza nebo výzkum léčby rakoviny. Do budoucna s ním vědci dokáží daleko více (CZECHSIGHT ©2022).

9.8 Postoj australské vlády k ochraně Velkého bariérového útesu

Velký bariérový útes je odolný vůči změně klimatu, poněvadž ho vlastní prosperující země, která mu poskytuje ochranu, kterou si zaslouží a určitě by se nevydali cestou Amazonského deštného pralesa nebo parků Afriky. Toto si myslela většina odborníků zabývající se koráli.

Realita je bohužel taková, pokud se nepodaří omezit emise skleníkových plynů, Velký bariérový útes a většina korálových útesů bude v nadcházejícím století umírat v důsledku hromadného bělení a nevratné acidifikace. Pokud zde nebude silná politická vůle, která bude schopná čelit této neutěšené situaci světových útesů, tak současné procesy, které jsou již v pohybu, se stanou nezastavitelnými a způsobí masové vymírání, jaké svět nezažil 65 milionů let.

Když budeme chtít, můžeme zachránit světové útesy. Abychom tohoto dosáhli, musíme věnovat vědeckou expertízu a politické síly vývoji zelených technologií,

kteří dramaticky sníží emise skleníkových plynů a omezí acidifikaci oceánů (Veron, 2010).

Australská vláda přislíbila miliardu australských dolarů na ochranu Velkého bariérového útesu. Učinila tak měsíce poté, co nebyl zařazen na seznam ohrožených přírodních dědictví UNESCO. Státní financování by mělo podpořit novou technologii adaptace na klima, investice do programů pro kvalitu vody a ochranu klíčových druhů v biologicky rozmanitém útesu.

Třináct veřejných osobností, složených z herců, bývalých politiků a novinářů se rozhodlo napsat a poté zveřejnit otevřený dopis, ve kterém vyzvalo představitele země, aby jednali rychle a zachránili útes.

„Vyzýváme hlavní světové producenty emisí, aby podnikli nejambicióznější opatření v oblasti klimatu v rámci Pařížské dohody,“ stálo v dopise. *„Ještě je čas zachránit Velký bariérový útes, ale Austrálie a svět musí jednat hned.“*

Průzkum australské vlády v roce 2019 zjistil, že stav Velkého bariérového útesu se zhoršil ze „špatného“ na „velmi špatný“.

V roce 2020 vědci z ARC Center of Excellence pro studium korálových útesů vydali studii, v níž je uvedeno, že útes za poslední tři desetiletí ztratil 50 procent svých korálových populací.

UNESCO provedlo též monitorovací misi a ve výsledné zprávě uvedlo, že navzdory snaze a práci Austrálie na zlepšení situace útesu „není možné pochybovat o tom, že oblast čelí značnému nebezpečí“. Australská vláda se proti tomuto závěru ostře ohradila. Předseda vlády Scott Morrison označil útes za „nejlépe spravovaný“ na světě. „Dnes posouváme náš závazek na novou úroveň,“ řekl (VLTAVA LABE MEDIA ©2022).

Vědci spočítali, že Velký bariérový útes má hodnotu bilion korun. Finanční hodnota Velkého bariérového útesu po započtení ekonomických, sociálních či ikonických hledisek byla vyčíslena na 56 miliard australských dolarů. Tuto částku vyčísli zveřejněná studie, kterou si nechala vypracovat nadace Great Barrier Reef Foundation bojující za ochranu největšího korálového útesu.

„Stejně jako Velký bariérový útes sám o sobě, tak i čísla, která zpráva ukazuje, jsou obrovská a jen zdůrazňují, jak významný přínos útesu pro australské hospodářství je.“ prohlásil šéf nadace Steve Sargent.

Ze studie vyplývá, že díky útesu je v Austrálii 64 000 pracovních míst a že v letech 2015 až 2016 přinesl tento přírodní div australské ekonomice 6,4 miliardy kanadských dolarů (Česká televize ©2021).

10. Současný význam korálů a útesů

V současné době je nám známo, že útes je prostředí s největší produkcí biomasy. Nalezneme zde mnoho organismů, které mají značný význam pro výživu lidí v tropické oblasti.

Některé korálové organismy jsou důležité ve farmaceutickém průmyslu. Takto byl před léty zjištěn derivát nenasycené mastné kyseliny zvaný prostaglandin, který byl v nedávné době chemicky syntetizován. Klinicky se jej využívá při léčbě onemocnění srdečního oběhu, astmatu, žaludečních vředů, usnadňuje porod a přerušuje těhotenství bez vedlejších škodlivých účinků.

V geologické minulosti korálových útesů bylo velké množství biomasy přeměněno fyzikálně chemickou cestou na ropu, která se uložila ve značné míře v pórovitém vápencovém útesu, přímo na místě vzniku. Proto jsou fosilní i recentní korálové útesy naftonosné. Většina světových nalezišť hospodářského významu jsou tedy mořského původu.

Není zanedbatelná ani produkce uhličitane vápenatého, ročně se pohybuje mezi 400 – 2 000 t/ha. Vzhledem k čistotě jde o žádaný materiál ve stavebnictví.

Korálové útesy obklopující kontinenty a ostrovy je chrání před destruktivním náporům moře a ovlivňují utváření pobřeží vlivem vysoké sedimentace mezi zemí a útesem. Pro turistiku je exotická krása četných útesů a atolů velmi přitažlivá a vzhledem k letecké dopravě snadno dosažitelná (Pfleger, 1989).

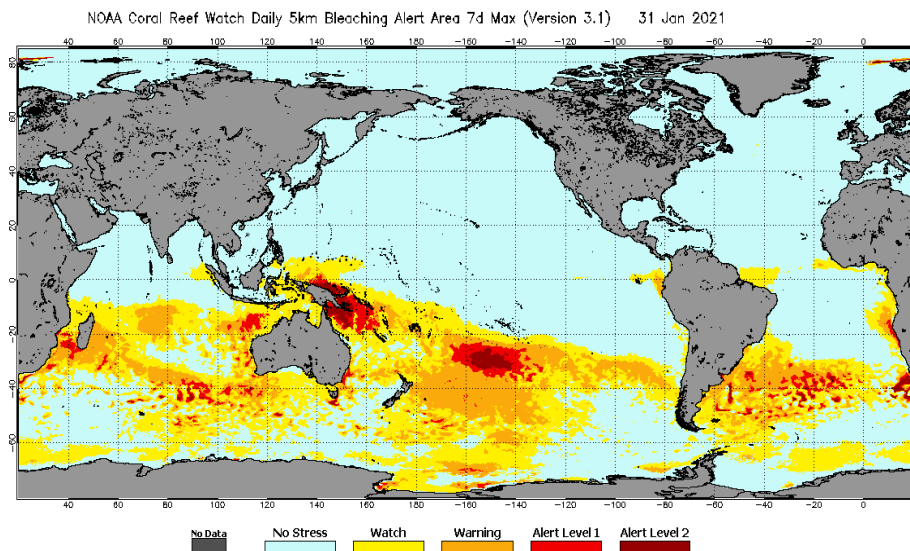
11. Současný stav a predikce do budoucna

Monitorování teplot oceánů a bělení korálů se věnuje oddělení Coral Reef Watch americké NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), na jejichž stránkách lze najít aktuální stav ohrožení korálových útesů.

Dálkové monitorování korálových útesů a rozvoj využitelné inteligence jsou rozhodující pro včasnou detekci, zemskou reakci, komunikaci a budoucí predikci odolnosti. Cílem je tyto ekosystémy lépe chránit před další degradací a ztrátou. V reakci na tyto obavy pro zvýšení odolnosti korálových útesů v oteplujícím se světě založila NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) v roce 2000 program Coral Reef Watch (CRW). Již více než 20 let využívá NOAA CRW dálkový průzkum Země, modelová in situ data k pozorování, předpovídání a podávání zpráv svým uživatelům o prostředí korálových útesů po celém světě. CRW poskytuje jediný globální systém včasného varování před fyzickými změnami životního prostředí ekosystému korálových útesů. Její satelitní monitoring a modelové Outlook předpovědi téměř v reálném čase úspěšně a přesně monitorují a předpovídají všechny hlavní masové události bělení korálů pozorované globálně od roku 1997. Produkty CRW pomáhají monitorovat dopady klimatu na ekosystémy útesů po celém světě a lépe porozumět vazbám mezi environmentálními podmínkami a dopady na ekosystémy. Dokáží posoudit, kdy jsou útesy zranitelné anebo odolné vůči změně klimatu a jejím dopadům. Provádí včasné, účinné, ochranné reakce a adaptační opatření, čímž se zlepšuje řízení a regulace korálových útesů v oteplujícím se světě. Ochranná opatření zahrnují snížení místních stresorů v době vysokého tepelného stresu (NOAA Satellite and Information Service ©2022).

V 80. letech minulého století bylo zpozorováno první rozsáhlé zbělení korálů a v posledních dekádách nabývá tento jev nejen na rozsahu, ale i na frekvenci a intenzitě. Tropické oblasti přišli od té doby o 50 % svých korálových útesů. V letech 2014–2017 došlo k zatím největšímu zaznamenanému celosvětovému zbělení, tehdy zasáhlo 38 % korálových útesů světa.

Snímky ze sledování prováděného satelity NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) ukazují velmi nepříznivé podmínky trvalého charakteru:

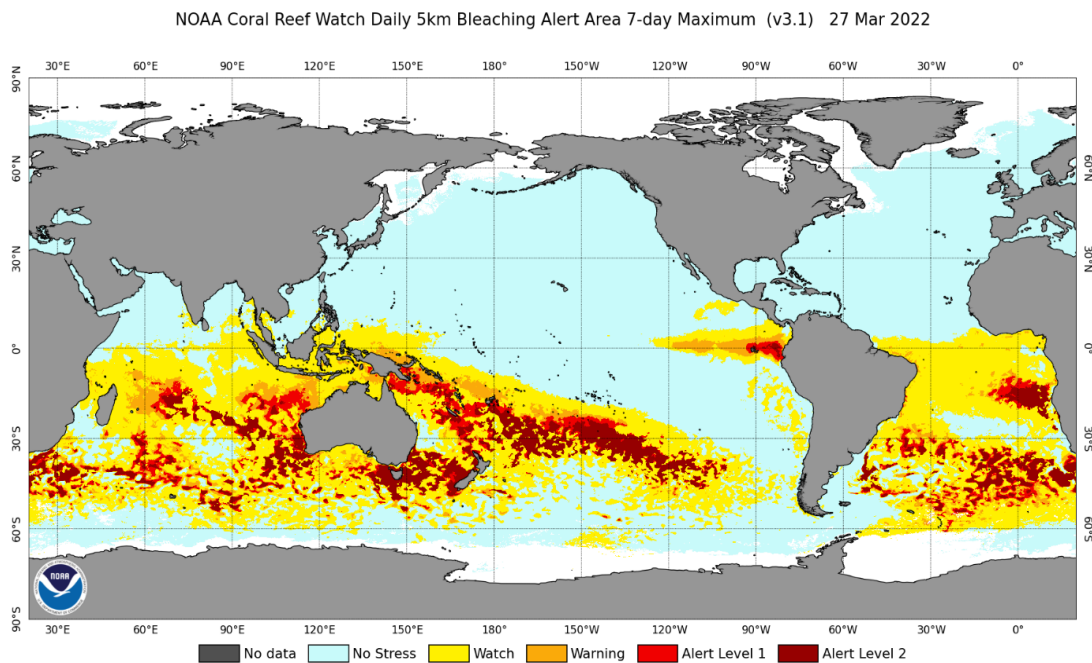


Obrázek 16: Globální bělení korálů k datu 31.1.2021
(<https://faktaoklimatu.cz/explainery/vymirani-koralovych-utesu>).

Zneklidňující na tomto snímku je především skutečnost, že se nejedná o budoucí hypotetický scénář, nýbrž o současný stav, o aktuální negativní dopad, který má na koráli probíhající klimatická změna.

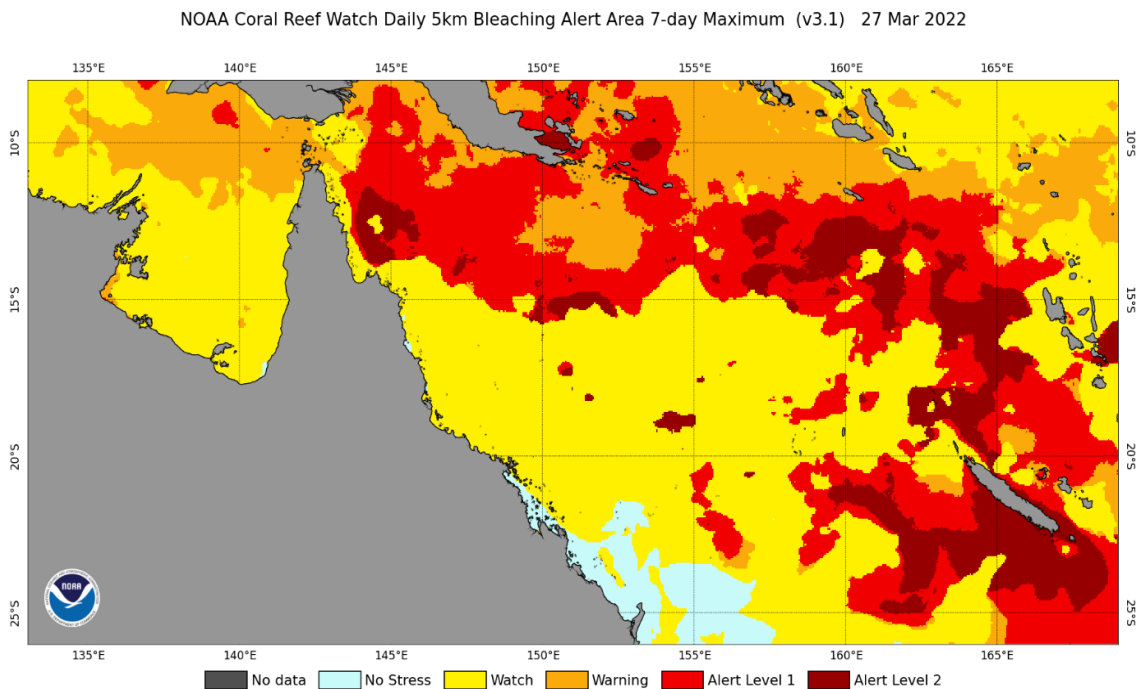
Zpráva IPCC (Mezivládní panel pro změnu klimatu) SR15 odhaduje, že i kdyby se podařilo udržet oteplení planety do 1,5 °C, ztratíme 70–90 % zbývajících korálových útesů a při oteplení o 2 °C prakticky žádní teplovodní koráli nepřežijí (Otevřená data o klimatu ©2021).

Současný stav:



Obrázek 17: Globální bělení korálů k datu 27.3.2022

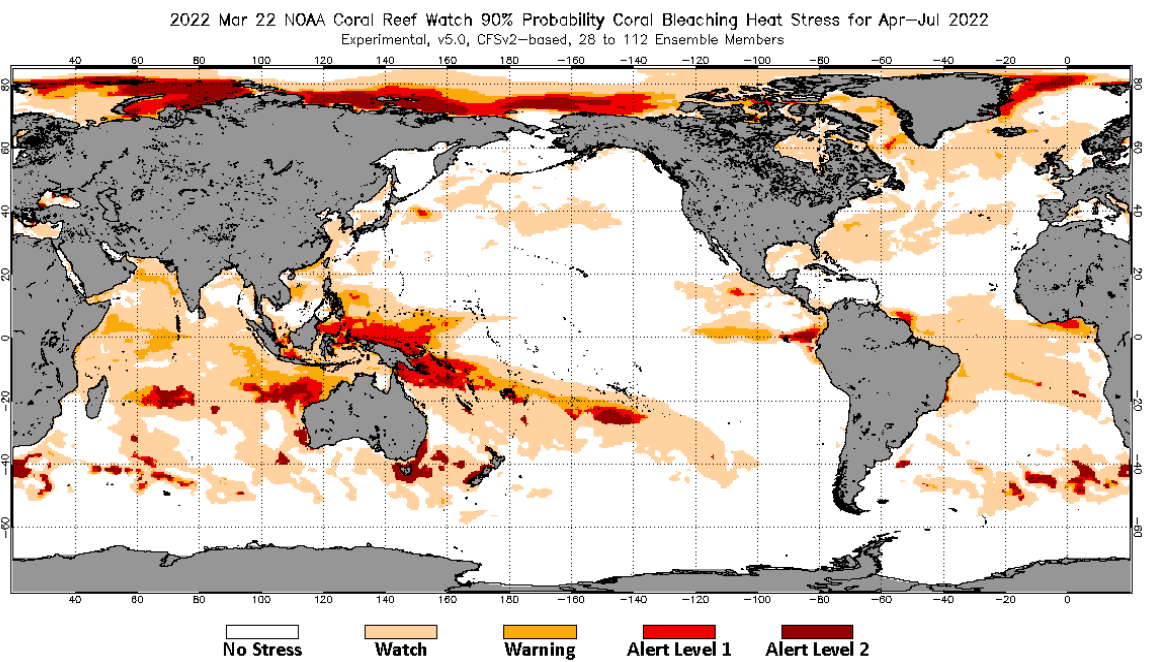
(https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_baa-max-7d_v3.1_global_current.png)



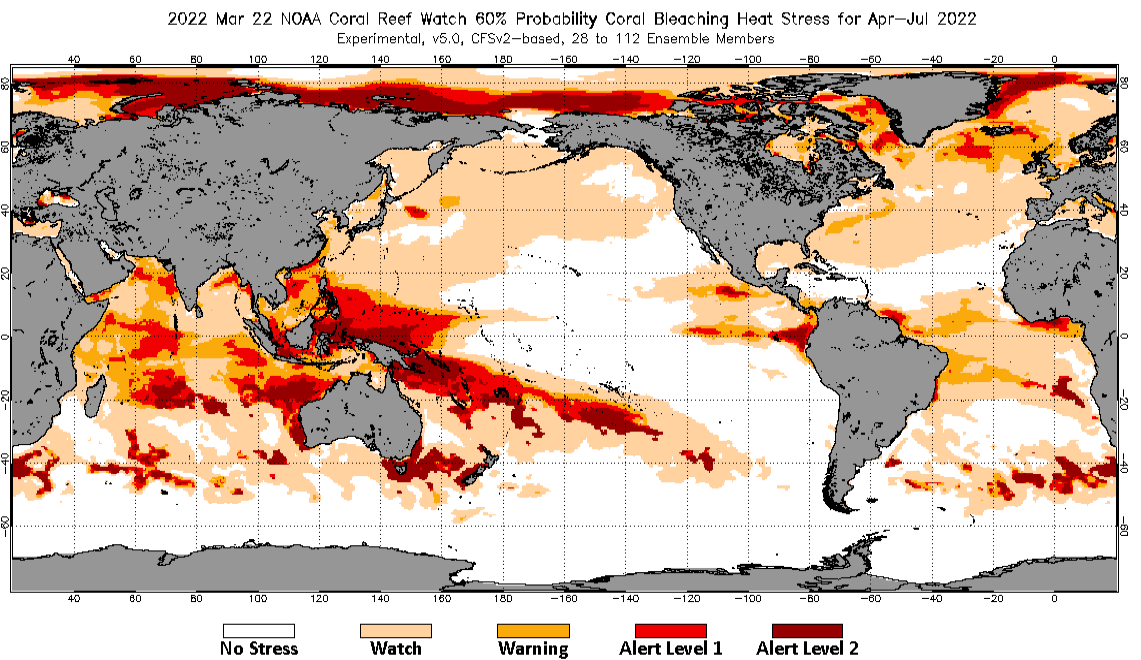
Obrázek 18: Velký bariérový útes bělení korálů k datu 27.3.2022

(https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_baa-max-7d_v3.1_gbr_current.png).

Predikce do budoucna:



Obrázek 19: 90% předpověď globálního bělení korálů v období duben až červen 2022
(https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/outlook_cfs.php).

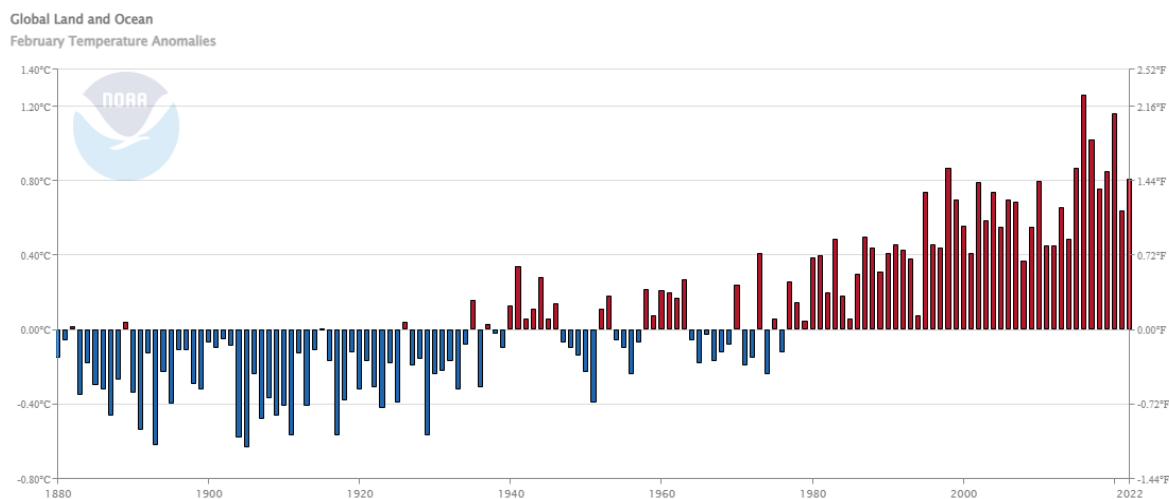


Obrázek 20: 60% předpověď globálního bělení korálů v období duben až červen 2022
(https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/outlook_cfs.php).

Statistika:

Únor 2022

Globální povrchová teplota v únoru 2022 byla sedmá nejvyšší v historii, a to o 0,81 °C (1,46 °F) nad průměrem 20. století. Tato hodnota byla o 0,17 °C (0,31 °F) teplejší než loňská únorová hodnota (2021), ale o 0,45 °C (0,81 °F) chladnější než rekordně teplý únor z roku 2016.

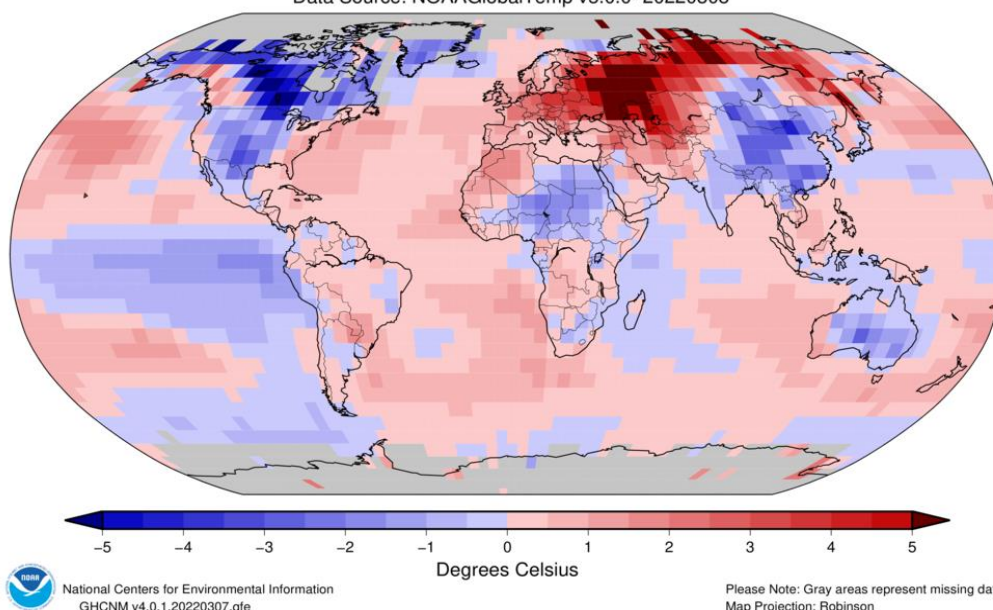


Obrázek 21: Globálně země a oceán - teplotní anomálie

(<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>).

Land & Ocean Temperature Departure from Average Feb 2022
(with respect to a 1991–2020 base period)

Data Source: NOAA GlobalTemp v5.0.0–20220308



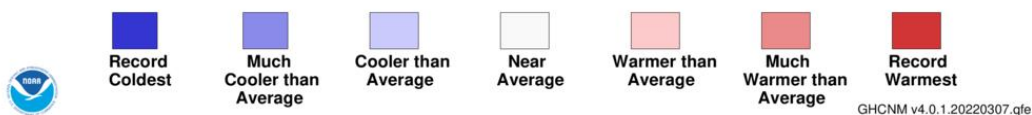
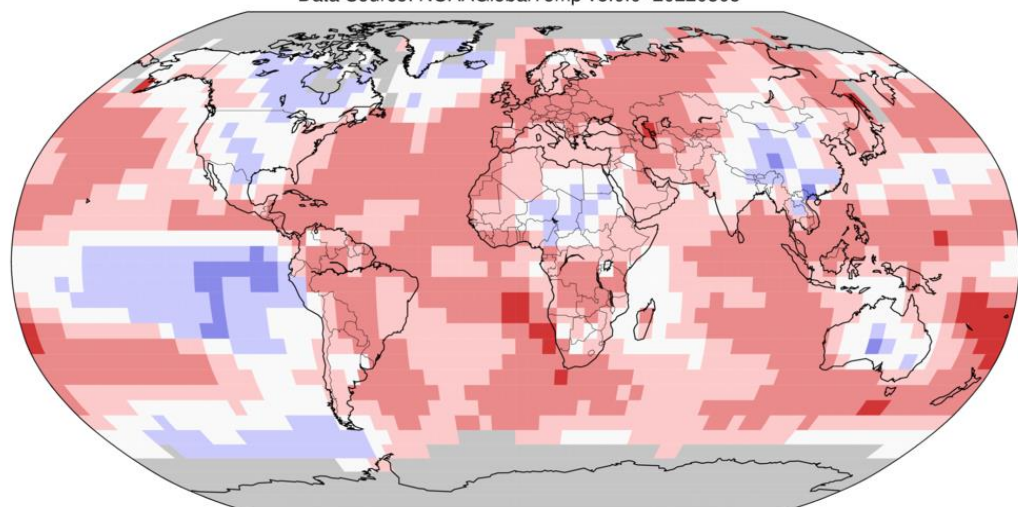
Obrázek 22: Země & oceán – teplotní odchylka od průměru

(<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>).

Land & Ocean Temperature Percentiles Feb 2022

NOAA's National Centers for Environmental Information

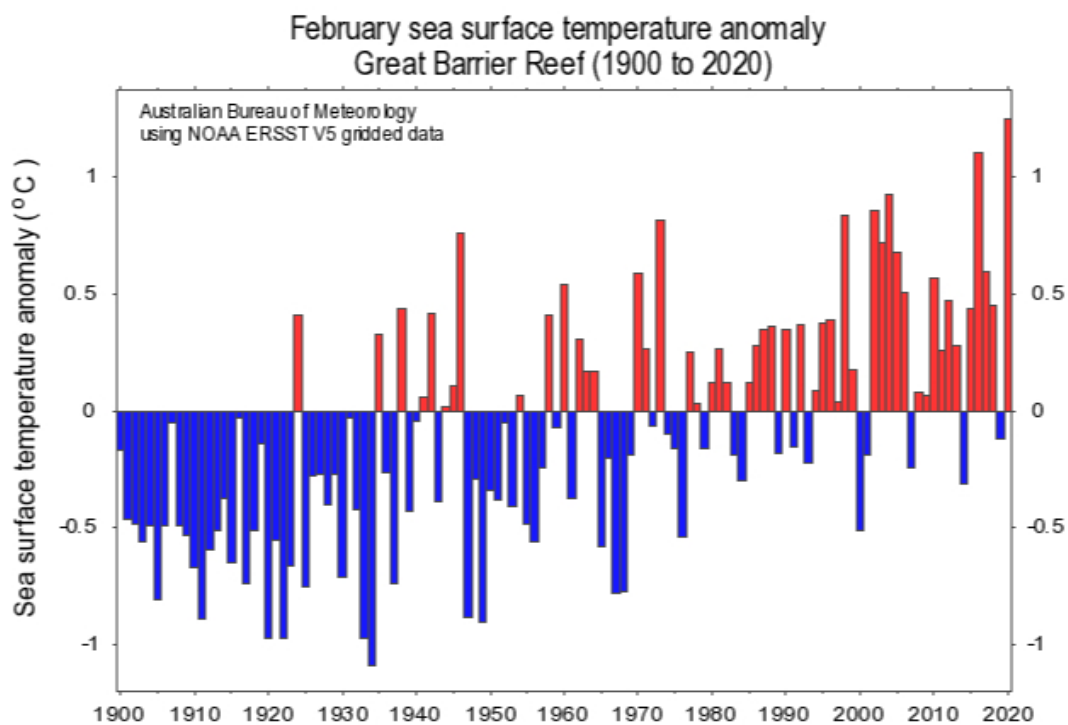
Data Source: NOAAGlobalTemp v5.0.0-20220308



Obrázek 23: Země & oceán - teplotní percentily

(<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>).

S nadprůměrnou maximální teplotou a podprůměrnou minimální teplotou měla Austrálie téměř průměrnou únorovou teplotu. Regionálně měla Západní Austrálie nejvyšší maxima (+1,47 °C / +2,65 °F) a průměrné teploty (+0,79 °C / +1,42 °F) za měsíc. Maximální teploty nad 40 °C (104 °F) byly pozorovány na několika místech v oblastech západního a jižního pobřeží v Západní Austrálii 5. února a znovu 11. února. Velmi vysoké teploty na začátku měsíce přispěly k rozvoji několika požárů v regionu (NOAA National Centers for Environmental Information ©2022).



Obrázek 24: Velký bariérový útes – únorové teplotní anomálie mořského povrchu
(<https://www.abc.net.au/news/2020-03-15/cyclone-great-barrier-reef-bleaching-record-sea-temperatures/12050102>).



Obrázek 25: Rozsah bělení korálů v roce 2020
(vlastní zpracování).

Z těchto uvedených dat vyplývá, že zvyšování teploty má mimořádně špatný vliv na koráli a korálové útesy, zejména se jedná o bělení korálů.

12. Potápěčský ráj

Pro bohatou korálovou formaci je Velký bariérový útes považován za jeden z nejlepších potápěčských rájů na světě.



Obrázek 26: Potápěčský ráj

(<https://www.viator.com/en-MY/tours/Cairns-and-the-Tropical-North/Snorkeling-Day-on-Tusa-6/d754-35398P1>).

Nejúžasnějším místem na světě pro příznivce podvodní podívané je bezesporu Velký bariérový útes. Tento 1944 km dlouhý zázrak tvořený živými koráli uchvacuje představivost jasně zbarvených organismů majících tvar paroží, květín či mozku. Jedná se o největší živý útvar světa, kde se shromažďují nejvznešenější tropické ryby. Jedná se o jednu z hlavních turistických destinací v Austrálii. Potápěči obdivují v místních vodách ryby, které je možné spatřit v některých z tropických akvárií. Nádherně zbarvení pomci, klauni zdobení a bičonoši maurští proplouvají před očima uchvácených potápěčů. Lze spatřit také žraloky, trnuchy a jedovaté ropušnice (Lingea – Berlitz ©2015).

Velký bariérový útes poskytuje celoroční potápění, i když ty nejlepší podmínky jsou od konce srpna do začátku prosince. Nejlepší viditelnost v Korálovém moři je od června do září. Od začátku listopadu do konce března jsou ve vodách přítomné medúzy, proto se doporučuje používat ochranné vesty (Go2 ©2022).

13. Diskuse

Autoři a vědci citovaní v této bakalářské práci se shodují s názorem Nicka Bakera, novináře a přírodovědce: „*Útesy jsou plné barev a přírodní rozmanitosti, od polypů, kteří je staví, po nesčetné množství živočichů, kteří v jejich blízkosti žijí. Jejich existence je však v současné době vážně ohrožena. Ochrana těchto krásných ekosystémů má smysl a význam.*“ (Nick Baker) K tomuto výstižnému názoru se přikláním i já.

Korálové útesy dle mého názoru výstižně vyjadřuje i:

„*Korálovým útesům se nepřezdívá „deštné lesy moří“ jen náhodou; jejich neskutečná krása a spolu s ní ohromující množství živočichů i rostlin, které tento ekosystém vytvářejí je v současnosti vážně ohrožena. Jedná se o pestrý a zároveň křehký biotop.*“ (Scubazoo, 2008)

Pandolfi et al. tvrdí, že v geologii vycházíme z Huttonovy zásady, že „*současnost je klíčem k minulosti.*“ a že nyní víme, že i minulost může poskytnout klíčové pohledy na moderní procesy, zejména při předpovídání budoucích pravděpodobných stavů ekosystémů.

Podle mého se jedná o tvrzení pravdivé. Pochopení současného dění nám může vysvětlit a objasnit minulost a naopak pochopení historie a minulosti nám může pomoci k pochopení současnosti s predikcí do budoucna.

Riegl et al. tvrdí, že krize a vymírání nejsou pro korálové útesy ničím novým. Postupem času došlo k mnoha útesovým krizím a nespočetným vymíráním, ale korálové útesy přetrvaly. Každá krize však přinesla velká vymírání a změnu fauny. V některých případech to evoluci trvalo miliony let tyto škody nahradit. Můj názor k tomuto je takový, že i krize, která není pozitivní, může koráli posílit a to tak, že se stanou odolnějšími.

Korálové útesy, tato obrovská podmořská sídla, mají svůj pevně daný rytmus a řád, v němž v řetězci vzájemných vztahů a spolupráce má každý své přesné místo. Vzniká tak jedinečný nedělitelný celek, neobyčejně citlivý a zranitelný. I nepatrná změna může spustit pohromu. Mou otázkou a nejen mou je, jaké místo v tomto řetězci zastává člověk?

Nemohu opomenout citaci pana doktora Pfliegera, která provází moji práci. „*Vzhledem k vysoké citlivosti korálnatců na znečišťování mohou sloužit jako indikátory čistoty moří.*“ a další „*Vzhledem k citlivosti korálových útesů by mělo být jejich odumírání varovným signálem pro člověka, aby přestal znečišťovat oceán a zachránil tak bohatý podmořský svět, protože tím zachraňuje i sám sebe. A nemusel by se ani stydět poučit se od takových primitivních organismů, jako jsou korálnatci a řasy, kteří provozují bezodpadovou technologii s úspěchem již nejméně 500 miliónů let.*“ (Pfleger, 1989) V těchto citátech, se kterými se plně ztotožňuji, je řečeno v podstatě vše.

Ztotožňuji se i s tím, že mezi lidmi a útesy byl vždy blízký vztah, ale tato doba posunula tento vztah nesprávným směrem. Lidé mají dlouhou dobu špatný vliv na podmořský svět a dostáváme se do stavu, ze kterého by se již korálové útesy nemusely vzpamatovat a mohli bychom o ně trvale přijít. Je zapotřebí, abychom usměrnili své potřeby v zájmu zdraví korálů a korálových útesů.

Při ochraně korálů a korálových útesů hraje velkou roli postavení vlády a vedoucích činitelů té dané země. Australská vláda si uvědomuje, že hodnoty Velkého bariérového útesu jsou obzvláště vysoké, což znamená, že tomuto věnují dostatečnou pozornost a vynakládají dostatečnou sumu peněz na jejich ochranu. Věřím, že australská vláda si uvědomuje jedinečnost a nenahraditelnost Velkého bariérového útesu.

Velký bariérový útes je odolný vůči změně klimatu, poněvadž ho vlastní prosperující země, která mu poskytuje ochranu, kterou si zaslouží a určitě by se nevydali cestou Amazonského deštného pralesa nebo parků Afriky. Toto si myslela většina odborníků zabývajících se koráli. Toto jsem si myslela i já, ale cítila jsem zklamání, když v roce 2021 Velký bariérový útes nebyl na naléhání australské vlády zapsán na seznam světového dědictví UNESCO mezi ohrožené přírodní památky.

Austrálie argumentovala tím, že útes přináší značné příjmy australskému odvětví turistického ruchu a že se obávají, pokud by byl zařazen mezi ohrožené památky, mohlo by to v očích cestovatelů snížit jeho atraktivitu. S tímto bohužel nemohu souhlasit. Můj názor je, že se jedná o nesprávné rozhodnutí. Zapsání Velkého bariérového útesu na seznam světového dědictví UNESCO nesníží jeho atraktivitu ba naopak a ještě by byla poskytnuta jeho potřebná a naléhavá ochrana.

Globální změna klimatu potenciálně ohrožuje každý jednotlivý korál a s ním spojenou faunu. Toto vede k otázce, zda je vůbec možné zachovat korálové útesy po budoucí generace. Navzdory tomuto zdánlivě pochmurnému výhledu však korálové útesy, podobné těm, které známe dnes, existují přibližně 215 milionů let a v jiném taxonomickém přestrojení asi 500 milionů let. Přežili vyhynutí dinosaurů a klimatické změny v dobách ledových.

Věřím v to, že koráli a korálové útesy zdárně přežijí i následující změny i když negativní a budou zachovány pro následující generace. Máme nové znalosti, poznatky, technologie, které to umožní.

Krásně a výstižně řečeno na závěr:

"Je jistě naší odpovědností udělat vše, co je v našich silách, abychom vytvořili planetu, která poskytne domov nejen pro nás, ale pro veškerý život na Zemi."

Sir David Attenborough

14. Závěr a přínos práce

Nespočetněkrát zde bylo řečeno, že koráli a korálové útesy jsou mimořádným a bohatým ekosystémem. Poskytují pro lidskou populaci a ostatní živočichy nejen potravu, živobytí, bohatství ale i domov a útočiště.

Z této práce vyplývá, že když chceme poznat současnost a potřeby korálů a korálových útesů, musíme znát jejich historii a minulost pomocí oborů jako jsou geologie, paleontologie, paleoekologie a dalších.

Korálové útesy, tato obrovská podmořská sídla, mají svůj pevně daný rytmus a řád, v němž v řetězci vzájemných vztahů a spolupráce má každý své přesné místo. Vzniká tak jedinečný nedělitelný celek, neobyčejně citlivý a zranitelný. I nepatrná změna může spustit pohromu.

Chtěla bych opět vyzdvihnout citát „*Vzhledem k vysoké citlivosti korálnatců na znečišťování mohou sloužit jako indikátory čistoty moří.*“ (Pfleger, 1989), s kterým se ztotožňuji, je velmi pravdivý a provází nás celou touto bakalářskou prací a to již od názvu, kde je zakomponovaný.

Dlouhou dobu mají lidé špatný vliv na podmořský svět. Musíme urychleně jednat, zajistit jejich budoucnost a uvědomit si, že změny, které uskutečníme, jsou někdy změnami nevratnými a to bychom měli mít na mysli. Všechny lidské činnosti, jak na moři, v oceánech tak na souši mají nějaký dopad na koráli a korálové útesy naší planety. Je opravdu nezbytné, abychom usměrnili své potřeby v zájmu zdraví útesů.

Chlouba Austrálie, Velký bariérový útes, je taktéž symbolem Austrálie. Vědci spočítali, že hodnota Velkého bariérového útesu je vyčíslena na bilion korun, mnoho z nás si však uvědomuje, že pravá hodnota je penězi nevyčíslitelná.

Závěrem, tato práce by neměla být jen odstrašující kritikou toho, jak je s koráli a korálovými útesy nakládáno, ale měla by být také upřímným poděkováním všem, kdo se snaží tuto korálovou krásu ochránit, vytvořit jí kvalitní podmínky pro život a zachovat současným a budoucím generacím.

15. Přehled literatury a použitých zdrojů

Odborné publikace

Baker A. C., Starger C., Mcclanahan T. R., Glynn P. W., 2004: Coral reefs: Corals' adaptive response to climate change. *Nature* 430. P. 741.

Brown B. E., 1997: Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16. P. 129-138.

Clarkson E. N. K., 1998: *Invertebrate Palaeontology and Evolution*. John Wiley & Sons, 468 s.

Darwin Ch., 2013: *The Structure and Distribution of Coral Reefs*. Cambridge University Press, 236 s.

Day J. C., Fernandes L., Lewis A., De'ath G., Slegers S., Barnett B., Kerrigan B., Breen D., Innes J., Oliver J., Ward T., Lowe D., 2002: The Representative Areas Program for protecting biodiversity in the Great Barrier Reef World Heritage Area. *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium 2000*. Bali, Indonesia. P. 687-696.

Dornelas M., Connolly S. R., Hughes T. P., 2006: Coral reef diversity refutes the neutral theory of biodiversity. *Nature* 440. P. 80–82.

Fricke H. W., 1987: *Svědectví korálových útesů*. Panorama, Praha, 232 s.

Grottoli A. G. et Eakin C. M., 2007: A review of modern coral $\delta^{18}\text{O}$ and $\Delta^{14}\text{C}$ proxy records. *Earth-Science Reviews* Volume 81, Issues 1-2. P. 67-91.

Hallock P., 2009: Evolution and function of coral reef ecosystems. In: Čilek V. (ed.): *Earth System: History and Natural Variability - Volume IV*. EOLSS Publications. P. 33.

Heron S. F., Eakin C. M., Douvère F., Anderson K., Day J. C., Geiger E., Hoegh-Guldberg O., Van Hooidonk R., Hughes T., Marshall P., Obura D., 2017: Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment. UNESCO World Heritage Centre, Paris, 16 s.

Hoegh-Guldberg O., 1999: Climate Change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research* 50. P. 839-866.

Hughes T. P., Kerry J. T., Simpson T., 2018: Large-scale bleaching of corals on the Great Barrier Reef. *Ecology* Volume 99, Issue 2. P. 501.

Hughes T. P., Kerry J. T., Connolly S. R., Baird A. H., Eakin C. M., Heron S. F., Hoey A. S., Hoogenboom M. O., Jacobson M., Liu G., Pratchett M. S., Skirving W. J., Torda G., 2019: Ecological memory modifies the cumulative impact of recurrent climate extremes. *Nature climate change* Volume 9, Issue 1. P. 40-43.

Hughes T. P., Baird, A. H., Bellwood D. R., Card M., Connolly S. R., Folke C., Grosberg R., Hoegh-Guldberg O., Jackson J. B. C., Kleypas J., Lough, J. M., Marshall P. A., Nyström M., Palumbi S. R., Pandolfi J. M., Rosen B., Roughgarden J., 2003: Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. *Science* Volume 301, Issue 5635. P. 929-933.

Jones G. P., McCormic M. I., Srinivasan M., Eagle J. V., 2004: Coral decline threatens fish biodiversity in marine reserves. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101. P. 8251–8253.

Karl T. R. et Trenberth K. E., 2003: Modern global climate change. *Science* Volume 302, Issue 5651. P. 1719-1723.

Kleypas J. A., McManus J. W., Menez L. A. B., 1999: Environmental limits to coral reef development: Where do we draw the line? *American Zoologist* 39. P. 146–159.

Kolektiv autorů, 2002: Austrálie a Nový Zéland. Reader's Digest Výběr, Praha, 160 s.

Kolektiv autorů, 2015: Austrálie inspirace na cesty. Lingea - Berlitz, 256 s.

Kýr K., 2015: Tajemství a záhady historie. E-knihy jedou, 230 s.

Lieske E. et Myers R., 2005: Ryby korálových útesů: Indopacifik a Karibik. Svojtka & Co., Praha, 400 s.

Majerová E., 2020: Až vymřou koráli. Vesmír 99: 144.

McCulloch M. T., Fallon S. J., Wyndham T., Hendy E. J., Lough J. M., Barnes D., 2003: Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European settlement. Nature 421. P. 727–730.

Mikuláš R., 2000: Minulost, přítomnost a budoucnost korálových útesů. Vesmír 79: 546.

Neumanová K., 2003: Křehký svět korálových útesů. Vesmír 82: 622-626.

Omori M., Iwao K., Tamura M., 2008: Growth of transplanted *Acropora tenuis* 2 years after egg culture. Coral Reefs 27. P. 165.

Pandolfi J. M., 2011: The Paleoecology of Coral Reefs. In: Dubinsky Z., Stambler N. (eds.): Coral Reefs: An Ecosystem in Transition. Springer Science & Business Media. P. 13-24.

Petiška E., 1996: Staré řecké báje a pověsti. Albatros, Praha, 234 s.

Pfleger V., 1989: Korálový útes. Academia, Praha, 160 s.

Pohunek J., 2020: Světové klenoty UNESCO. Albatros Media, Praha, 488 s.

Precht W. F., 2006: Coral Reef Restoration Handbook: The coral gardening concept and the use of underwater nurseries: lessons learned from silvics and silviculture. CRC Press, Boca Raton, 384 s.

Purkis S. J., 2017: Remote Sensing Tropical Coral Reefs: The View from Above. Annual Review of Marine Science Volume 10, Issue 1. P. 1-20.

Riegl B., 2007: Extreme climatic events and coral reefs: how much short-term threat from global change? In: Aronson R. B. (ed.): Geological Approaches to Coral Reef Ecology. Springer-Verlag, Berlin. P. 315–341.

Riegl B., Bruckner A., Coles S. L., Renaud P., Dodge R. E., 2009: Coral Reefs Threats and Conservation in an Era of Global Change. Annals of the New York Academy of Sciences Volume 1162, Issue 1. P. 136-186.

Rinkevich B., 2008: Management of coral reefs: we have gone wrong when neglecting active reef restoration. Marine pollution bulletin Volume 56, Issue 11. P. 1821-1824.

Rowan R., 2004: Thermal adaptation in reef coral symbionts. Nature 430. P. 742.

Scubazoo, 2008: Útes Výprava za podmořským světem. Euromedia Group – Knižní klub, Praha, 360 s.

Sláma V. A., 2016: Záhadná zoologie. Albatros Media, Praha, 224 s.

Smith R. M., 2011: Austrálie. Computer Press, Brno, 404 s.

Smrž J., 2015: Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů. Nakladatelství Karolinum, Praha, 194 s.

Soong K. et Chen T., 2003: Coral transplantation: regeneration and growth of *Acropora* fragments in a nursery. Restoration Ecology Volume 11, Issue 1. P. 62–71.

Veron J. E. N., 2010: A Reef in Time. The Great Barrier Reef from Beginning to End. Harvard University Press, Cambridge, MA, 304 s.

Wilkinson C. R., 1998: Status of coral reefs of the world: 1998. Australian Institute of Marine Science, Dampier, 184 s.

Internetové zdroje

CZECHSIGHT, ©2022: Vědci se snaží poznat, jak koráli reagují na změnu klimatu – slouží jim k tomu chytré molekulární nůžky (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.czechsight.cz/vedci-se-snazi-poznat-jak-korali-reaguji-na-zmenu-klimatu-pomoci-molekularnich-nuzek>>.

Česká televize, ©2021: Kolik stojí Velký bariérový útes? Vědci spočítali, že má cenu bilion korun (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2163171-kolik-stoji-velky-barierovy-utes-vedci-spocitali-ze-ma-cenu-bilion-korun>>.

Česká televize, ©2021: UNESCO odložilo zařazení Velkého bariérového útesu mezi ohrožené památky (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://ct24.ceskatelevize.cz/svet/3345060-unesco-odložilo-zarazeni-velkeho-barieroveho-utesu-mezi-ohrozene-pamatky>>.

Go2, ©2022: Největší korálový útes na světě (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.go2australia.cz/top-australie/velky-barierovy-utes>>.

Great Barrier Reef Foundation, ©2022: Great Barrier Reef Foundation (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.barrierreef.org>>.

MŽP, ©2020: CITES – základní informace (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cites_obchod_ohrozenymi_druhy/\\$FILE/ODOIMZ-CITES_ZAKLADNI_%20INFO-200327.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cites_obchod_ohrozenymi_druhy/$FILE/ODOIMZ-CITES_ZAKLADNI_%20INFO-200327.pdf)>.

NOAA National Centers for Environmental Information, ©2022: Global Climate Report - February 2022 (online) [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>>.

NOAA National Ocean Service, ©2022: Hope for Corals: Growing Species Resilience in Coral Nurseries (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://oceanservice.noaa.gov/ocean/corals/hope-for-corals.html>>.

NOAA Satellite and Information Service, ©2022: Coral Reef Watch Satellite Monitoring and Modeled Outlooks (online) [cit. 2022.03.29], dostupné z <<https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/index.php>>.

Nobel Prize, ©2022: The Nobel Prize (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.nobelprize.org>>.

Otevřená data o klimatu, ©2021: Proč umírají korálové útesy? (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/explainery/vymirani-koralovych-utesu>>.

United Nations, ©2022: Úmluva o ochraně světového kulturního a přírodního dědictví (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.osn.cz/wp-content/uploads/2015/03/umluva-o-ochrane-svetoveho-kulturniho-a-prirodniho-dedictvi-unesco.pdf>>.

VLTAVA LABE MEDIA, ©2022: Ochrana Velkého bariérového útesu: Austrálie přislíbila miliardy (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <https://www.denik.cz/ze_sveta/klima-ochrana-velky-barierovy-utes-australie-slib-miliony-20230128.html>.

World News Media, ©2020: Jak Nobelova cena za ekonomii pomáhá chránit korálové útesy (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z <<https://www.wn24.cz/jak-nobelova-cena-za-ekonomii-pomaha-chranit-koralove-utesy>>.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Perseus (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://sites.google.com/site/starovekebajeapovesti/perseus>>.

Obrázek 2: Rozdělení korálových útesů (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://www.cambridge.org/core/books/abs/marine-conservation/coral-reefs/F69B8ED056D73FBD3F02DE87BEC9101D>>.

Obrázek 3: Velký bariérový útes (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://www.ikoktejl.cz/wp-content/uploads/2017/12/Barrier-reef.jpg>>.

Obrázek 4: Korálové moře – mapa (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://www.britannica.com/place/Coral-Sea>>.

Obrázek 5: Ostrovy Velkého bariérového útesu (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<https://www.denik.cz/ze_sveta/barierovy-utes-v-ohrozeni-unesco.html>.

Obrázek 6: Obyvatelé korálových útesů (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://www.nationalgeographic.org/article/great-barrier-reef>>.

Obrázek 7: Ryby korálových útesů (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://cdn.britannica.com/84/192984-138-F1156664/corals-Great-Barrier-Reef.jpg>>.

Obrázek 8: Vybělený korál (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://d.newsweek.com/en/full/572420/03-22-reef-01.jpg>>.

Obrázek 9: Bělení korálů na Velkém bariérovém útesu v letech 2016-2020 (online)
[cit. 2022.03.21], dostupné z
<<https://www.britannica.com/story/great-barrier-reef-coral-bleaching>>.

Obrázek 10: Hvězdice trnová koruna (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://www.wwf.org.au/news/blogs/the-starfish-that-eat-the-reef> >.

Obrázek 11: Korálová školka (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://oceanservice.noaa.gov/ocean/corals/hope-for-corals.html>>.

Obrázek 12: Logo CITES – Úmluva o mezinárodním obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://cites.org>>.

Obrázek 13: Zakázané suvenýry z dovolené (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://www.celnisprava.cz/cz/celni-urad-praha-ruzyne/fyzicke-osoby/letecka-doprava/prilet/mimo-eu/Stranky/cites.aspx>>.

Obrázek 14: Logo UNESCO - Organizace spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://whc.unesco.org>>.

Obrázek 15: Nobelova cena (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://www.nobelprize.org>>.

Obrázek 16: Globální bělení korálů k datu 31.1.2021 (online) [cit. 2022.03.29], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/explainery/vymirani-koralovych-utesu>>.

Obrázek 17: Globální bělení korálů k datu 27.3.2022 (online) [cit. 2022.03.29], dostupné z <https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_baa-max-7d_v3.1_global_current.png >.

Obrázek 18: Velký bariérový útes bělení korálů k datu 27.3.2022 (online) [cit. 2022.03.29], dostupné z <https://coralreefwatch.noaa.gov/data_current/5km/v3.1_op/daily/png/ct5km_baa-max-7d_v3.1_gbr_current.png >.

Obrázek 19: 90% předpověď globálního bělení korálů v období duben až červen 2022 (online) [cit. 2022.03.29], dostupné z <https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/outlook_cfs.php>.

Obrázek 20: 60% předpověď globálního bělení korálů v období duben až červen 2022 (online) [cit. 2022.03.29], dostupné z <https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/bleachingoutlook_cfs/outlook_cfs.php>.

Obrázek 21: Globálně země a oceán - teplotní anomálie (online) [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>>.

Obrázek 22: Země & oceán – teplotní odchylka od průměru (online) [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>>.

Obrázek 23: Země & oceán - teplotní percentily (online) [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202202>>.

Obrázek 24: Velký bariérový útes – únorové teplotní anomálie mořského povrchu (online) [cit. 2022.03.30], dostupné z <<https://www.abc.net.au/news/2020-03-15/cyclone-great-barrier-reef-bleaching-record-seas-temperatures/12050102>>.

Obrázek 25: Rozsah bělení korálů v roce 2020 (vlastní zpracování).

Obrázek 26: Potápěčský ráj (online) [cit. 2022.03.21], dostupné z <<https://www.viator.com/en-MY/tours/Cairns-and-the-Tropical-North/Snorkeling-Day-on-Tusa-6/d754-35398P1>>.