

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Biologie a ochrana zájmových organismů

Katedra: Katedra biologických disciplín

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Ing. Josef Rajchard, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Mořská akvaristika a blednutí korálů

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Michal Berec, Ph.D

Konzultant bakalářské práce: Mgr. Milan Říha, Ph.D

Autor bakalářské práce: Martina Merzová

České Budějovice, 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina MERZOVÁ**
Osobní číslo: **Z11264**
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**
Študijní obor: **Biologie a ochrana zájmových organismů**
Název tématu: **Mořská akvaristika a blednutí korálů**
Zadávací katedra: **Katedra biologických disciplin**

Z á d á n í p r o v y r a b o v á n í :

1. Literární teorie zaměřená na problematiku blednutí korálů (coral bleaching), především detekce hlavních faktorů způsobujících blednutí, hlavní dopady na korály a celý ekosystém korálového útesu.
2. Průzkum povědomí o problematice blednutí korálů mezi českou laickou veřejností.
3. Průzkum trhu s mořskou akvaristikou, detaxníkové šetření a práce v terénu (průzkum vybraných zařízení). Zjištění aktuálního stavu chovu korálniců v ČR (dovoz, úmrtnost, úmrtnost při transportu atd.), časté problémy chovu, zda se chovatelé či dovozci (prodejci) setkali s blednutím korálů či sasenek ve svých akváriích, monitoring znalostí chovatelů ohledně problematiky blednutí korálů a legislativy spojené s jejich chovem.
4. Zhodnocení obchodu a chovu korálniců v zajetí v České Republice.

Rozsah grafických prací: 5
Rozsah pracovní zprávy: 20
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná
Seznam odborné literatury:

Brown, B.E. (1997). Coral bleaching: causes and consequences, *Coral Reefs* 16, Suppl.:S129-S138


Hodgson G., Lieheler Jennifer (2002) *The Global Coral reef crisis - Trends and solution*, ISBN 0 972305106, pp.:77

Marshall P., Schuttenberg H. (2006) *A reef manager's guide to coral bleaching*, published by Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia. ISBN 1 876945 40 0, pp:178

Hoggh-Gulldberg O (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar. Freshwater Res.* 50 (8): 839-866. doi:10.1071/MF99078

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Michal Berec, Ph.D.**
Katedra biologických disciplín
Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Milan Říha, Ph.D.**
Katedra biologie ekosystémů

Datum zadání bakalářské práce: **23. března 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2015**


prof. Ing. Miloš Šich, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
TECHNICKÁ FAKULTA
střední oddělení
Sudovská 15
370 05 Česká Budějovice


doc. RNDr. Ing. Josef Bajdák, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 23. března 2015

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě- v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou - elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích

Martina Merzová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Michalu Berecovi za vedení bakalářské práce, dále Milanovi Říhovi za cenné rady a trpělivost.

V neposlední řadě také děkuji mé mamince a přátelům za podporu.

Abstrakt

Tato práce shrnuje základní poznatky o problematice blednutí korálů. Současné poznatky ukazují, že blednutí korálů je vážný a plošně rozšířený fenomén, který je vážným ohrožením mnoha korálových útesů. Jeho hlavní příčinou je změna teploty oceánů, způsobená globálními klimatickými změnami.

Součástí této práce bylo dotazníkové šetření mezi českou laickou veřejností, v českých akváriích a průzkum trhu s mořskou akvaristikou. Z výsledků vyplývá, že problematika blednutí korálů je dobře známá mezi rekreačními potápěči. Mezi studenty Jihočeské univerzity již méně. Obchod a chov korálnatců v zajetí v ČR je dle dvou dotázaných chovatelů prozatím velice nízký a pohybuje se v řádu 400-500 kusů korálů za rok a nepředstavuje velkou zátěž pro korálové útesy. Stav chovu korálnatců v českých akváriích je uspokojivý. Blednutí korálů se vyskytlo v Olomouckém akváriu, ale situace byla vyřešena. V Děčíně a v Brně se nevyskytlo vůbec. Akvárium v Praze zaznamenalo blednutí korálů s následným úmrtím tvrdých korálů a věnuje se chovu už pouze měkkých druhů korálů.

Klíčová slova: korál, blednutí, symbióza, zooxanthelly, teplota, El Niño, nemoci

Abstract

This work summarizes current knowledge about phenomenon of coral bleaching. Current data suggest that coral bleaching is a serious and widespread phenomenon across the board, which is a serious threat to many coral reefs. Its main cause is the change in ocean temperatures caused by global climate change.

Part of the work was a questionnaire among Czech general public, as well as in the Czech aquariums and market research with marine aquarium. The results show that the problem of coral bleaching is well known among recreational divers. Among students of University of South Bohemia has less. Business and corals breeding in captivity in the Czech Republic, according to two respondents breeders far are very low and ranges in the order of 400-500 pieces of coral per year and no great burden for coral reefs. Status of breeding corals in Czech aquariums is satisfactory. Coral bleaching occurred in the Olomouc aquarium, but the situation has been resolved. In Děčín and Brno has occurred at all. Aquarium in Prague recorded coral bleaching with subsequent death of hard corals and is dedicated to breeding had only soft coral species.

Key words: coral, bleaching, symbiosis, zooxanthella, temperature, El Niño, diseases

Obsah

1. Úvod	10
2. Literární rešerše	11
2.1 Korál	11
2.2 Symbióza	13
2.3 Blednutí	14
2.4 Historie blednutí	16
2.5 Stresové faktory hlavní	19
2.5.1 Teplota	19
2.5.2 El Niño	20
2.6 Stresové faktory vedlejší	22
2.6.1 Bouře	22
2.6.2 Sedimentace	23
2.6.3 Salinita	23
2.7 Druhové rozdíly v náchylnosti pro ztrátu zooxanthell	24
2.8. Příklad dopadu blednutí na konkrétní korálový útes - Velký bariérový útes	24
2.9 Dopad blednutí na ekosystémy	26
2.10 Nejvíce ohrožené druhy korálů	27
2.11 Dopad blednutí na ekosystémové služby pro lidská společenství	29
2.12 Predikce budoucího vývoje rozšíření a dopadu blednutí korálů	30
2.13 Ochrana korálových útesů	31
2.13.1 Coral Reef Alliance	31
2.13.2 WWF	31
2.13.3 IUCN	31
2.13.4 CITES	32
2.14 Nemoci korálů	32
2.14.1 <i>Serratia marcescens</i>	33
2.14.2 <i>Vibrio carchariae</i>	33
2.14.3 <i>Aurantimonas coralicida</i>	34
2.14.4 <i>Vibrio</i> sp	34
3. METODIKA	35
4. VÝSLEDKY	36
4.1 Výsledky dotazníku pro mořská akvária v ČR	36
4.2 Výsledky dotazníku pro studenty Jihočeské univerzity	38

4.3 Výsledky dotazníku pro české potápěče	39
4.4 Výsledky dotazníku pro české chovatele korálů	41
5. DISKUZE.....	42
6. ZÁVĚR.....	44
7. LITERATURA	45
8. PŘÍLOHY.....	54

1. Úvod

Korálové útesy tvoří nejrozmanitější ekosystémy na Zemi. Svou rozlohou zabírají méně než 0,1% světového povrchu oceánů, a přesto poskytují domov cca 25% mořským druhům. Nejčastěji se nachází v mělkých tropických vodách, ale nalezneme je i ve studené vodě a ve velkých hloubkách (Spalding a Grenfell, 1997). Korálové útesy poskytují služby v oblasti cestovního ruchu, rybolovu a ochrany pobřeží. Roční globální ekonomická hodnota korálových útesů se odhaduje na 29,8-37,5 miliard USD (Cesar a kol., 2005). Nicméně, korálové útesy jsou v současnosti ve velkém ohrožení. Změna globálního klimatu a znečištění moří může totiž vést v blízké budoucnosti k rozsáhlé degradaci těchto unikátních ekosystémů (Mulhall, 2009).

V posledních letech se objevila nová hrozba s názvem blednutí korálů, která má na svědomí masivní úhyn korálů. Masové blednutí postihlo stovky, až tisíce kilometrů korálových útesů. Hlavní příčinou tohoto blednutí je stres, vyvolaný především zvýšenou teplotou vody. Blednutí bohužel ve většině případů končí smrtí korálů (Brown, 1997), a tak rozsáhlé blednutí vede k plošným úhynům velkých částí korálových útesů. Navíc úmrtnost korálů se zvyšuje od roku 1870 a četnost a rozsah blednutí korálů dramaticky vzrostly od konce 70. let toho století (Rayner a kol., 2003). V literární rešerši jsem se zaměřila na detailní popis tohoto fenoménu a jeho dopadů nejen pro korály, ale i další živočichy žijící na korálovém útesu a ekonomiku místních obyvatel.

Koráli jsou chováni v mořských akváriích po celém světě. Mořská akvária přispívají k informovanosti lidí o biodiverzitě útesů, jejich ochraně a také obchodu s korály. Poskytují také pracovní místa a jsou ekonomicky přínosné pro dodavatelské země (Wood, 2001).

V metodické části této práce jsem se zaměřila na problematiku blednutí korálů v českých akváriích, informovanost českých potápěčů, studentů, a zdali mají zkušenost s blednutím korálů i jejich prodejci a chovatelé. Ke zjištění informovanosti těchto čtyř skupin byly použity dotazníky.

Cíle práce

1. Literární rešerše zaměřená na problematiku blednutí korálů.
2. Průzkum povědomí o problematice blednutí korálů mezi českou laickou veřejností.
3. Průzkum trhu s mořskou akvaristikou v ČR.
4. Zhodnocení obchodu a chovu korálnatců v zasetí v ČR.

2. Literární rešerše

2.1 Korál

Korál je mořský bezobratlý živočich třídy Anthozoa, žijící především v koloniích. Najdeme ovšem i solitérní druhy, které jsou tvořeny jen jedním polypem. Všechny cca 6 000 druhů žije přisedle. Obývají především tropické oceány, ale byli nalezeni i ve studených severských mořích. Rostou v čisté mělké vodě a potřebují dostatek slunečního záření. Ovšem jsou i koráli, kteří nepotřebují sluneční záření a vyskytují se v hloubkách až 3 000 metrů pod hladinou moře (rod *Lophelia*). Koráli tvoří rozsáhlé kolonie, tzv. korálové útesy, které jsou domovem mnoha druhů ryb, měkkýšů, korýšů a dalších druhů mořských živočichů (Barnes, 1987).

Korály dělíme na hermatypické (Obr. 1) a ahermatypické (Obr. 2). Tyto dvě skupiny se dále dělí dle počtu chapadel a symetrických linek. Hermatypické koráli jsou takzvané kamenné koráli. Jejich základ tvoří vápenatá kostra. Patří sem čtyři rody, a to *Scleractinia*, *Millepora*, *Tubipora* a *Heliopora*. Koráli žijí v prostředí chudém na živiny a k zajištění dostatku živin využívají symbiózy s řasami. Řasy jsou přímo v jejich tkáních a jedná se tak o endosymbioty. Endosymbioti jsou fotosyntetické řasy a nazývají se zooxanthelly. Polypí zajišťují zooxanthellám živiny a místo k životu. Zooxanthelly zachytávají sluneční záření, oxid uhličitý a mění je v cukry, kterými se polypí živí. Zooxanthelly potřebují pro proces fotosyntézy dostatek světla, proto korály v symbióze s těmito řasami najdeme v hloubce do 60 metrů (Wells, 1933).

Ahermatypičtí koráli (známé jako měkké) mají také ve svých tkáních symbiotické zooxanthelly, ale tyto řasy nejsou hlavním zdrojem jejich živin, jak je tomu u tvrdých korálů. Většina z nich se živí zooplanktonem. Od tvrdých korálů je lze rozeznat podle toho, že jsou pružné. Jejich kostry jsou proteinové, ale mohou být i inkrustované uhličitanem vápenatým. Mají osm chapadel a jsou také nazývány jako Octocorallia. Do této skupiny patří například korál červený (*Corallium rubrum*), či korály čeledí Alcyonacea a Pennatulacea (Williams, 2011).



Obr. 1: Hermatypický korál *Pocillopora meandrina* (foto Dana Riddle)



Obr. 2: Ahermatypický korál *Dendronephthya hemprichi* (foto Charles Delbeek)

Korálové útesy pokrývají cca 285 000 km² dna mělkých moří po celém světě a poskytují domov velkému množství mořských živočichů. Korálové útesy také chrání pobřeží před záplavami, erozí a při bouřích zmírňují dopad vlnobití (Hoegh-Guldberg, 1999). Útesotvorní koráli rostou pouze v teplých, mělkých vodách tropického pásu (Spalding a Grenfell, 1997). Jsou známé tři základní typy útesů. 1)

lemové útesy, které se nachází přímo u břehu moře, 2) bariérové útesy, které jsou od břehu odděleny lagunou a 3) atoly, které se skládají z kruhovitého bariérového útesu a obklopují lagunou (Murphy, 2002). Největším korálovým útesem na Zemi je Velký bariérový útes (viz kapitola 2.8).

2.2 Symbióza

Zooxanthelly jsou symbiotické řasy, které jsou umístěny v endodermu žahavců, jako jsou korály, mořské sasanky a medúzy. V tvrdých korálech žijí v tkáních na chapadlech (Obr. 3). Vyskytují se převážně v teplých, oligotrofních (s nedostatkem živin) mořských vodách. V tkáních svých hostitelů se nachází v hojném počtu, a to od stovek tisíc až po miliony na cm^2 (Muscatine, 1990).



Obr. 3: Umístění zooxanthell na chapadlech korálů (NOAA [online])

Koráli si sami neumějí vytvořit dostatečné množství živin, aby přežili, a proto jsou v symbióze právě s těmito řasami, které jim díky fotosyntéze obstarávají 95% živin, a to cukry a aminokyseliny (Muscatine, 1990). Dále zooxanthelly produkují CaCO_3 (uhličitan vápenatý), který je hlavní stavební složkou korálové kostry. Kromě toho, že zooxanthelly poskytují korálům živiny a tak i energii, odvádí z korálů dusík a oxid uhličitý, které se uvolňují z metabolismu korálů (Glynn, 1990). Korálový polyp, jako

hostitel, poskytuje svým zooxanthellám chráněné prostředí, ve kterém mohou žít, stabilní příjem oxidu uhličitého, který zooxanthelly potřebují na fotosyntetické procesy a rostlinné živiny (amoniak a fosfát), které odvádí koráli jako odpadní metabolity a pro zooxanthelly tvoří základní anorganické živiny (Trench, 1979).

Korál své zooxanthelly nemá doživotně. Pokud se dostane do "stresové situace", může je ze svých tkání vypudit. Tento stav se nazývá blednutí korálů (Hoegh-Guldberg, 2005).

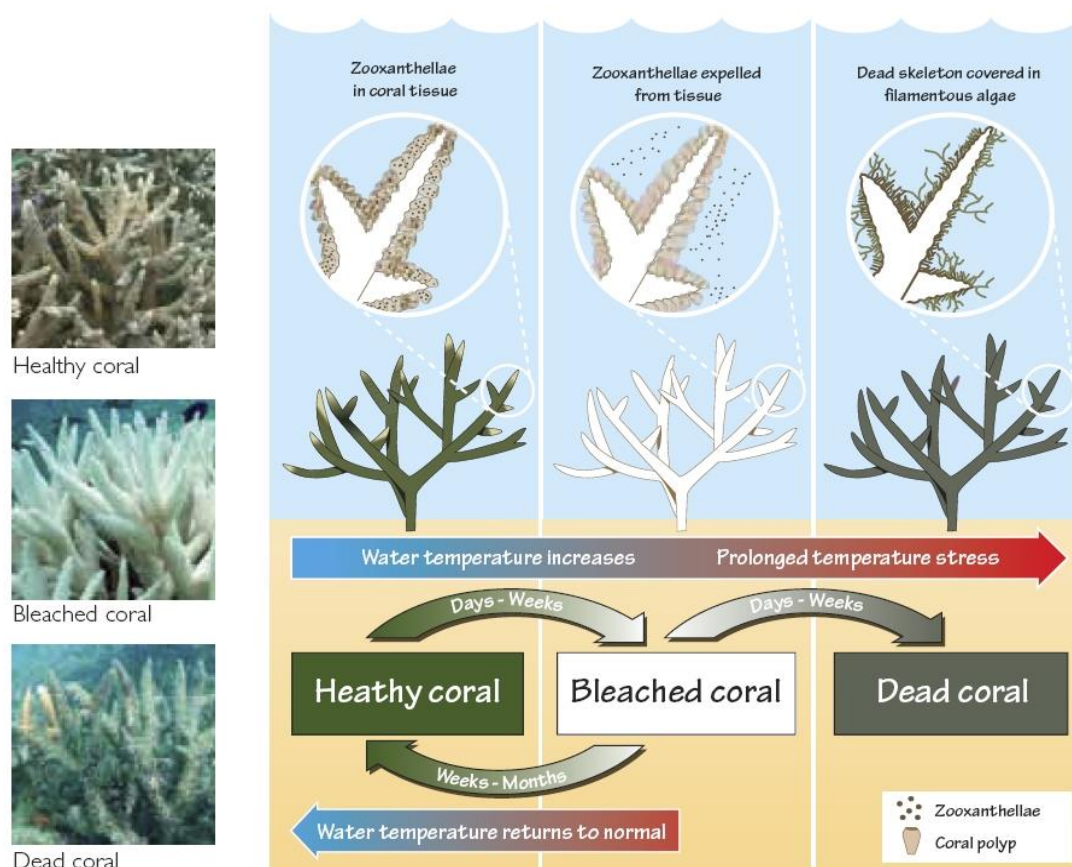
2.3 Blednutí

Blednutí je označováno jako ztráta korálových symbiontů, nebo rostlinných, či živočišných pigmentů v důsledku stresového zatížení a často vede ke ztrátě energie, která vede k závažnému oslabení organismu a při delším trvání k jeho úhynu (Hoegh-Guldberg, 2005). Stresové situace mohou zapříčinit různé faktory, jako silné bouře, nemoci, sedimentace, herbicidy, těžké kovy, změny v salinitě vody a změny teploty vody. V posledních letech je hlavní příčinou blednutí změna teploty vody v místě výskytu korálů (viz kapitola 2.5.1). Blednutí způsobuje mortalitu u více jak 90% korálů (Marschall a Schuttenberg, 2006), čímž má obrovský vliv na produktivitu, růst a biologickou rozmanitost celých korálových společenstev (Van Oppen a Lough, 2009).

K blednutí dochází při poklesu hustoty, nebo koncentrace zooxanthell v tkáních korálů. Většina korálových útesů obvykle obsahuje $1-5 \times 10^6$ zooxanthell na cm^2 živé povrchové tkáně. Pokud dojde k blednutí, dojde ke ztrátám 60-90% zooxanthell (Glynn, 2006). V případě, že blednutí nebylo rozsáhlé a pokud nebyli koráli vystaveni stresovým faktorům po delší dobu, obvykle získají koráli své zooxanthelly zpět během několika týdnů, či měsíců. Je-li ztráta zooxanthell dlouhodobá a koráli jsou stále "ve stresu", dochází k jejich úmrtí (Brown, 1997).

Byly vysloveny hypotézy na vysvětlení buněčných mechanismů blednutí. Všechny mají v základu extrémní teplotu moře, jako jednu z hlavních příčin blednutí. Vysoká teplota vody a silné UV záření se podílí na narušení enzymových systémů v zooxanthellách. Tyto enzymové systémy poskytují ochranu proti kyslíkové toxicitě (tzn. ochranu před reaktivními formami kyslíku- kyslíkovými volnými radikály, které

ničí proteiny v zooxanthellách). Při velkém nadbytku světla a teplotě nad 30°C tak zooxanthelly začnou uvolňovat toxické formy kyslíku do tkání korálů. Dojde-li k tomuto ději, korál zooxanthelly ze svých tkání uvolní a dojde tak k vyblednutí (Marchall a Shuttenberg, 2006). Glynn (2006) ve svých hypotézách uvádí, že blednutí je adaptivní mechanismus, který umožňuje, aby se korál spojil s jiným typem zooxanthell a zvýšil tak svou odolnost vůči stresovým faktorům.



Obr. 4.: Vliv teploty na stav korálu (Marchall a Schuttenberg, 2006)

Obrázek 4 zobrazuje, jak dochází ke ztrátě zooxanthell a pigmentu vlivem vzrůstající teploty. Zdravý korál má zooxanthelly v tkáních. Když teplota vzroste, korál se zooxanthell zbaví tak, že je vypudí, ale je pořád živý. Pokud teplota klesne a vrátí se ke své původní hodnotě, tak se korál uzdraví, to znamená, že zooxanthelly získá zpět. Pokud však teplota dále vzrůstá, dojde k jeho úmrtí, jelikož se zooxanthelly do tkání nevrátí a korál nemá dostatek energie k přežití. K tomuto stavu, kdy je korál zdravý a

pak následně vybledlý, dochází v několika dnech až týdnech. Rekonvalescence trvá několik měsíců.

2.4 Historie blednutí

První potvrzený záznam o blednutí korálů z důvodu tepelného stresu je zřejmě od Yonge a Nichollse (1931). Tito dva vědci uvádí, že u souostroví Isles (Velký Bariérový Útes) v roce 1929, vybledlo mnoho korálů (zvláště *Goniastrea* sp. a *Favia* sp.) kvůli vysoké teplotě vody. O několik týdnů později bylo pozorováno obnovení jejich zbarvení.

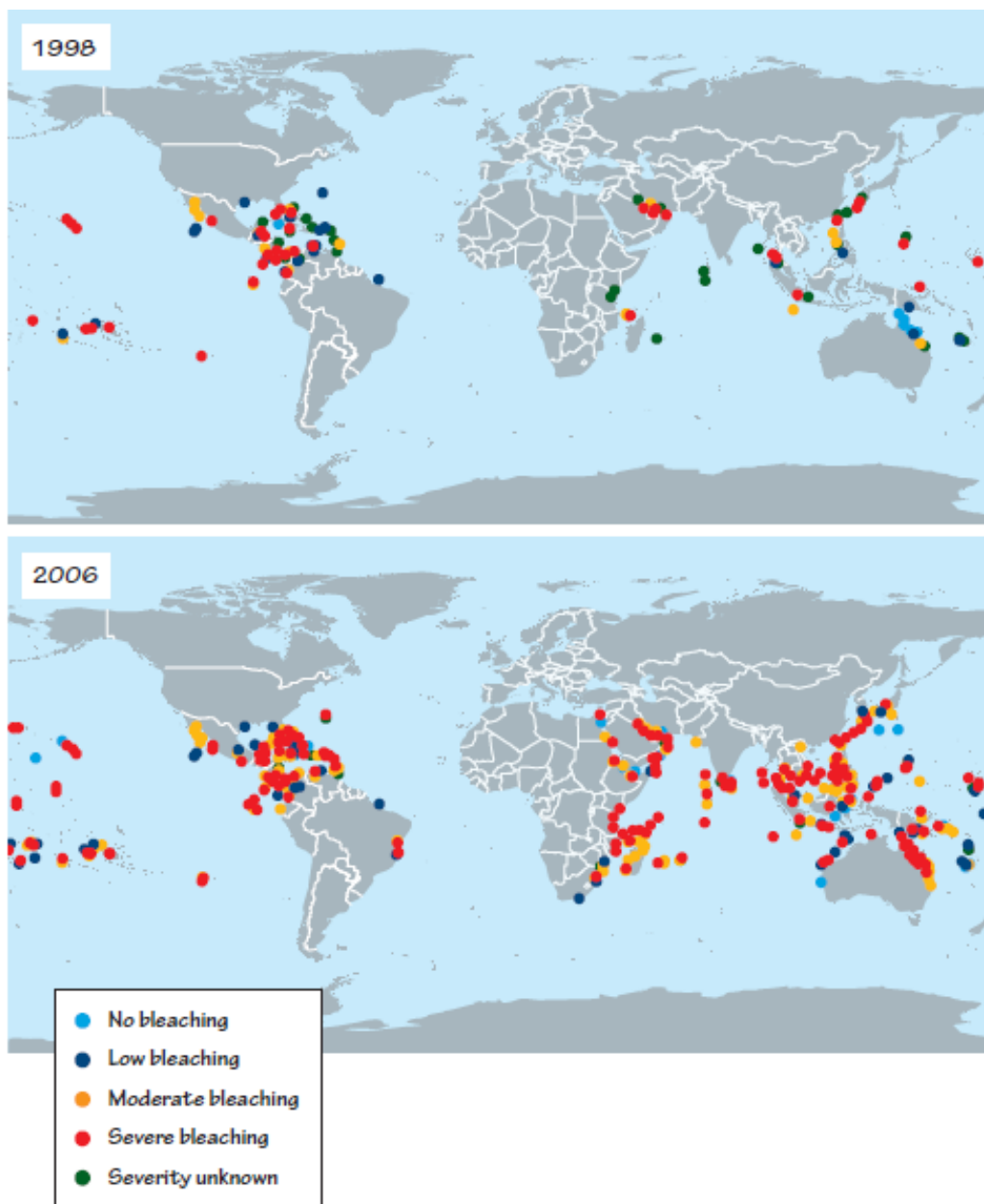
Goreau (1964) je pravděpodobně první člověk, který vydal zprávu o masivním blednutí korálových útesů okolo Port Royal (Jamajka) po hurikánu Flora v roce 1963. Autor došel k závěru, že hlavní příčinou tohoto blednutí byla nízká salinita vody po velkých deštích a povodních.

Prvními významnými dokumenty, pojednávající o blednutí a následné úmrtnosti korálů byly Extensive “bleaching” and death of reef corals on the Pacific coast of Panama (Glynn, 1984) a Widespread coral mortality and the 1982–83 El Niño warming event (Glynn, 1983). Z těchto dokumentů byly sestavovány další a novější souhrny blednutí korálů a byly publikovány řadou autorů (např. Wilkinson, 2002; Wellington a Glynn, 2007). V roce 1990 pak World Conservation Monitoring Center (WCMC) a World Fish Center (WFC) zveřejnili v rozvinutých databázích publikované a nepublikované záznamy o blednutí korálů z celého světa. V roce 2001 byly tyto soubory dat spojeny a aktualizovány do jedné databáze, která je udržována WFC jako Reef Base databáze. I přes rostoucí zájem a doplňování dat není tato databáze kompletní. Většina dostupných záznamů se skládá z popisů míst, kde došlo k blednutí, s různou mírou detailů a závažnosti blednutí. Hloubka vody a druhy postižených korálů se často nezaznamenávají. Závažnost blednutí se dělí do kategorií a to 1) žádné blednutí v lokalitě, 2) slabé blednutí v lokalitě, 3) středně těžké blednutí v lokalitě, 4) těžké blednutí v lokalitě, 5) závažnost neznámá (Tab. 1; Marschall a Schuttenberg, 2006)

Tab. 1: Kategorie rozsahu blednutí

Kód	Kategorie	Popis	Poznámky
0	Žádné blednutí	Žádné blednutí	Žádné blednutí, pokud je míra postižení méně jak 1%
-1	Blednutí (neznámý rozsah)	Zaznamenáno blednutí	Zaznamenáno blednutí, ale nejsou podrobnosti o jeho závažnosti
1	Slabé blednutí	Postižení blednutím do 10%	Pokud není % odhad, blednutí mírné, rozptýlené, či příležitostné
2	Mírné	Postižení blednutím 10-50%	Pokud není % odhad, blednutí je významné, střední
3	Těžké blednutí	Postižení blednutím více jak 50%	Pokud není % odhad, blednutí je těžké, závažné, hojné

Vědci věří, že analýza záznamů blednutí korálů přinese důležité informace o blednutí korálů v prostoru a čase a vztahu mezi blednutím, proměnlivostí klimatu a změn v regionálním i celosvětovém měřítku (Van Oppen a Lough, 2008). Na obrázku 5 je jasně ilustrován zvyšující se výskyt blednutí za poslední dekády. V roce 1998 nebylo blednutí až tak výrazné, ale pouze o 8 let později došlo k rapidnímu nárůstu výskytu blednutí (Marschall a Schuttenberg, 2006).



Obr. 5: Mapa srovnání lokalit s výskytem blednutí korálů v roce 1998 a v roce 2006 (Marschall a Schuttenberg, 2006)

2.5 Stresové faktory hlavní

2.5.1 Teplota

Koráli žijí v poměrně úzkém teplotním rozpětí a anomálně nízké, či vysoké teploty vody mohou vyvolat jejich blednutí. K blednutí dochází při náhlém poklesu teploty (o 3°C až 5°C po dobu 5-10 dní), avšak častěji je blednutí pozorováno při zvýšení teploty vody (1-2°C po dobu 5-10 týdnů). K těmto anomálním změnám teploty dochází především díky změnám směru proudění vody či ohřívání rozsáhlých ploch oceánů např. vlivem El Niña (viz níže; Glynn, 1990).

Glynn (1993), Brown a Suharsono (1990) se shodují, že míra zvýšení teploty vody je spojena také s intenzitou ultrafialového záření a povětrnostním podmínkám. Bylo zjištěno, že pokud nastane úplné bezvětří a nebe je bez mraků, které snižují průnik UV záření, teplota vody roste rychleji a koráli v mělkých vodách jsou postiženi jak touto zvýšenou teplotou, tak i UV zářením.

Teplota moře v tropických oblastech se v uplynulých 100 letech zvýšila o 1°C (Hoegh-Guldberg, 1999), v současné době se tempo růstu ještě mírně zvýšilo a v příštím století je očekáván vzrůst o další 1-2°C. Madronich (1995) ve své studii napsal, že to, jak UV záření ovlivní, či neovlivní korály, bude poznatelné během 50 let, při bližším pozorování. Avšak již dnes výsledky fyziologických, biochemických a ekologických průzkumů naznačují, že tepelná tolerance korálových útesů bude během několika příštích desetiletí překročena každoročně (Hoegh-Guldberg, 2005). Hoegh-Guldberg (2005) dále také uvádí, že schopnost korálů se adaptovat k těmto teplotním změnám bude příliš pomalá na odvrácení poklesu kvality světových korálových útesů. Z rychlosti změn, které jsou předpovídaný, někteří autoři (Brown, 1997; Coles a Jokiel, 1977; Lesser, 1996) vyvozují významný problém z hlediska stability mořských ekosystémů a varují, že globální oteplování moří se neobejde bez ztráty a degradace korálových útesů.

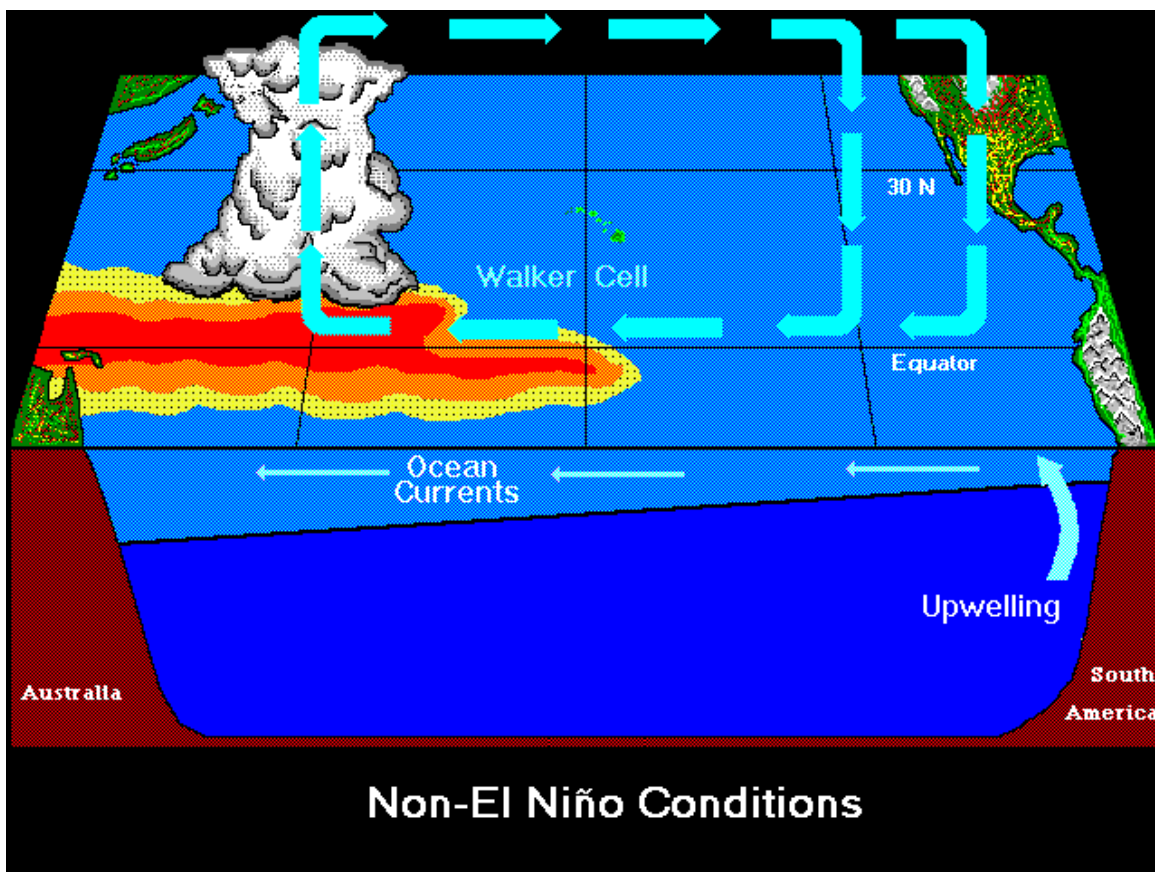
2.5.2 El Niño

El Niño je název pro klimatický jev, který byl poprvé pozorován ve vodách Tichého oceánu u pobřeží Jižní Ameriky. Jedná se o rozsáhlé změny proudění vzduchu, které mají za následek změny v proudění oceánských proudů. Při El Niňu dochází k zeslabení pasátů a prohřáté vody západního Pacifiku se přesouvají k pobřeží Jižní Ameriky (dochází k zeslabení studeného Humboldtova proudu, který má za následek oteplení pobřežních vod Jižní Ameriky). V Jižní Americe nastává období dešťů a zvýšené vlhkosti, zatímco v Austrálii panuje suché a horké počasí (Obr. 7). Tento jev se opakuje po 3-7 letech. Protikladem k El Niňu je La Nina. Při ní dochází k zesílení pasátů, následným zesílením Peruánského proudu (studený oceánský proud), který přináší chladné vody až do rovníkových oblastí (Bohn a Hulme, 1997).

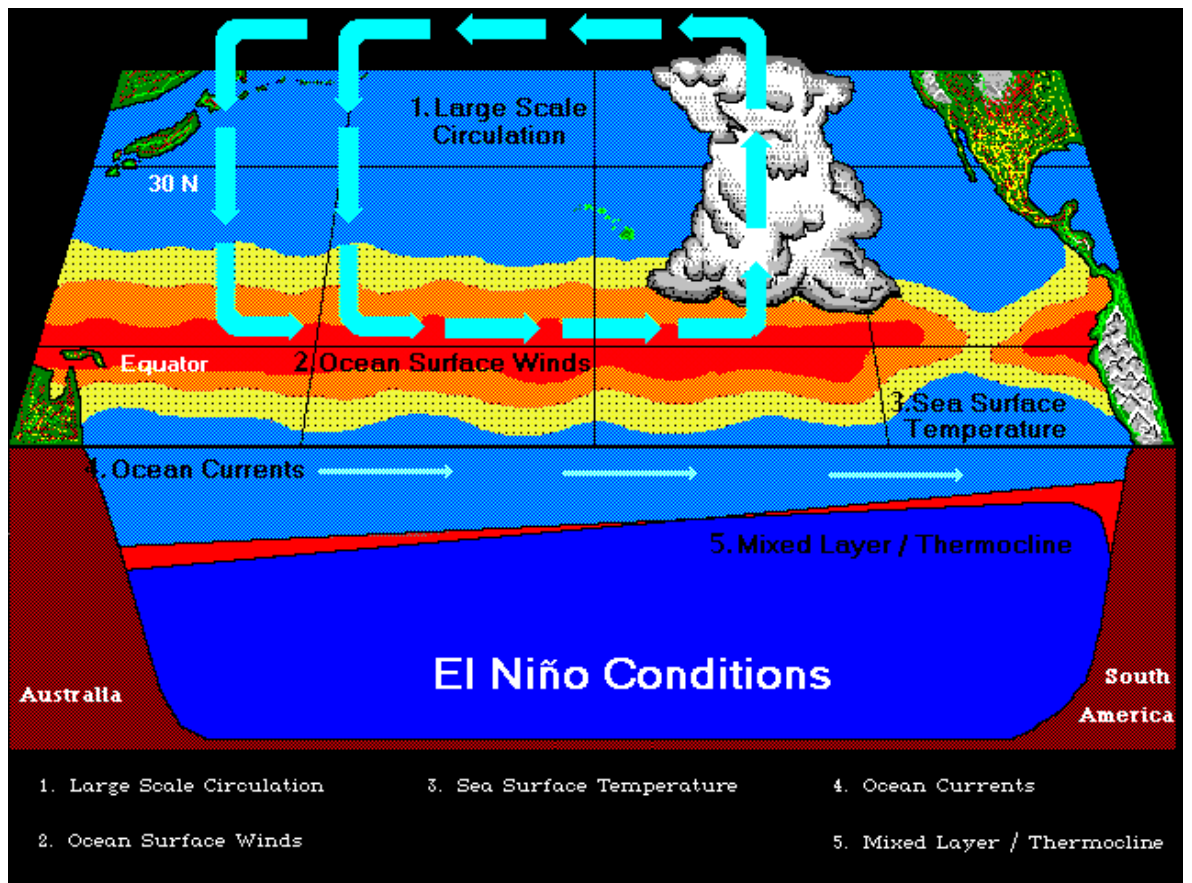
Za normálních podmínek (Obr. 6) východní pasáty, které vanou podél rovníku od jihoamerického pobřeží směrem k Austrálii, způsobují i pohyb vody tímto směrem. Voda se při tomto pohybu ohřívá (vliv slunečního záření). Oproti tomu u jihoamerického pobřeží je teplota hladiny oceánu nižší. Jednak sem proudí poněkud chladnější voda, pocházející z Humboldtova proudu, jednak se zde k povrchu dostává výstupnými pohyby i chladnější voda z větších hloubek. Nad oblastí západního Pacifiku převažují vzestupné pohyby vzduchu, nad chladnější vodou ve východním Pacifiku naopak sestupné pohyby. Z tohoto důvodu je v Pacifiku větší srážková činnost v západní části než ve východní (Philander, 1990).

Jev El Niño je s velkoplošným blednutím korálů značně spojen. První hromadné blednutí korálů v letech 1982-1983 u pobřeží Tichého oceánu měl za následek právě El Niño. Tento klimatický jev byl určen jako příčina smrti u 99% korálových útesů na Galapágách a u více než 50% korálových útesů u Panamy (Glynn, 1993). K dalšímu a mnohem silnějším El Niňu došlo v roce 1997-1998, kdy měl za následek rozsáhlé blednutí korálů na celém světě (Wilkinson a kol., 1999). Očekává se, že u El Niña se zvýší frekvence, intenzita i doba jeho trvání a budoucnost přežití korálových útesů se tak sníží (Hoegh-Guldberg, 1999). Právě tyto události ukázaly vysokou citlivost korálů na malé změny teploty a teplota se tak stala hlavním předmětem zájmu vědců, především ve spojení s očekávaným globálním oteplováním a jeho vlivem na budoucnost korálových útesů.

V současné době NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) používá speciální bóje CREWS (Coral Reef Early Warning System). Pomocí těchto bójí vyhodnocuje NOAA intenzitu slunečního záření, rychlost větru a povrchovou teplotu moře. Díky získaným datům lze příchod El Niña předvídat a dozvědět se více o jeho destruktivním procesu (NOAA [online]).



Obr. 6: Normální atmosférická a oceánská cirkulace v rovníkovém Pacifiku (Metelka [online])



Obr. 7: Atmosférická a oceánská cirkulace v rovníkovém Pacifiku během teplé epizody El Niña (Metelka [online])

2.6 Stresové faktory vedlejší

2.6.1 Bouře

Korálové útesy mohou být poškozeny přírodními událostmi, jako jsou hurikány, cyklony a tsunami. Bouře jsou přirozenou součástí mořských ekosystémů, ovšem silné vlnobití, které je doprovází, může korály poškodit (McClary, 2008). Mořská voda při bouřích absorbuje oxid uhličitý, jehož množství roste v důsledku používání fosilních paliv. Výsledkem toho je, že se voda okyseluje a snižuje se koncentrace uhličitánu vápenatého, který koráli potřebují pro budování svých kolonií (Eyre a kol., 2014). Očekávaný nárůst frekvence tropických cyklonů a změna klimatu

v kombinaci s okyselováním oceánů může mít negativní dopad na budoucnost korálových útesů (Eyre a kol., 2014).

2.6.2 Sedimentace

Sedimenty, které se usazují na korálech, pochází z lidské činnosti, jako je čištění lesů, odstraňování mangrovů a přímořské zeleně, ale také z velkých řek, které ústí do moří a oceánů (McClary, 2008). Se sedimenty se také můžeme setkat po velkých bouřích, které víří písek a usazeniny na dně moře (Goreau, 1973).

Ukládání sedimentů na korálových útesech může významně ovlivnit zdraví korálů a to tak, že blokuje přísun světla. Tím pádem zpomaluje fotosyntézu probíhající v zooxanthellách. Zpráva z roku 2004 uvádí, že sedimenty byly hlavním stresovým faktorem pro korálové útesy na Havaii, Puerto Ricu a na Panenských ostrovech (Ogston a kol., 2004). Je ovšem relativně málo příkladů blednutí korálů, které by byly spojeny výhradně se sedimentací. Nebylo prokázáno, že zatížení sedimenty by mohlo vést ke ztrátě zooxanthell, ani k vyšší pravděpodobnosti výskytu blednutí (Dodge a Vaisnys, 1977).

2.6.3 Salinita

V minulosti byly prováděny pokusy, zda má salinita vliv na zdraví korálů a může souviset s blednutím korálů. Coles (1978), Ferrier-Pages (1999) a Corrège (2006) se shodují, že salinita ovlivňuje stav korálů. Tito vědci prováděli pokusy s různými druhy korálů a dospěli k tomu, že nízká, či vysoká koncentrace soli ovlivňuje proces fotosyntézy. Je to způsobeno poklesem chlorofylu v buňkách zooxanthell. Při vystavení korálů nízké salinitě byl pozorován podobný průběh vypuzení zooxanthell, jako u samotného blednutí. Zooxanthelly nezásobovaly korál potřebným kyslíkem a korál je tak ze svých tkání vypudil (Kerswell, 2003). K rapidnímu snížení salinity dochází při silných deštích a povodních (Goreau, 1964). Korálové útesy, které se nachází v blízkosti ústí řek, mohou být stresováni více, protože řeky jsou

hlavním zdrojem usazenin, pesticidů, herbicidů a zejména při povodních snižují salinitu, což vede ke ztrátě zooxanthell (Goreau, 1992).

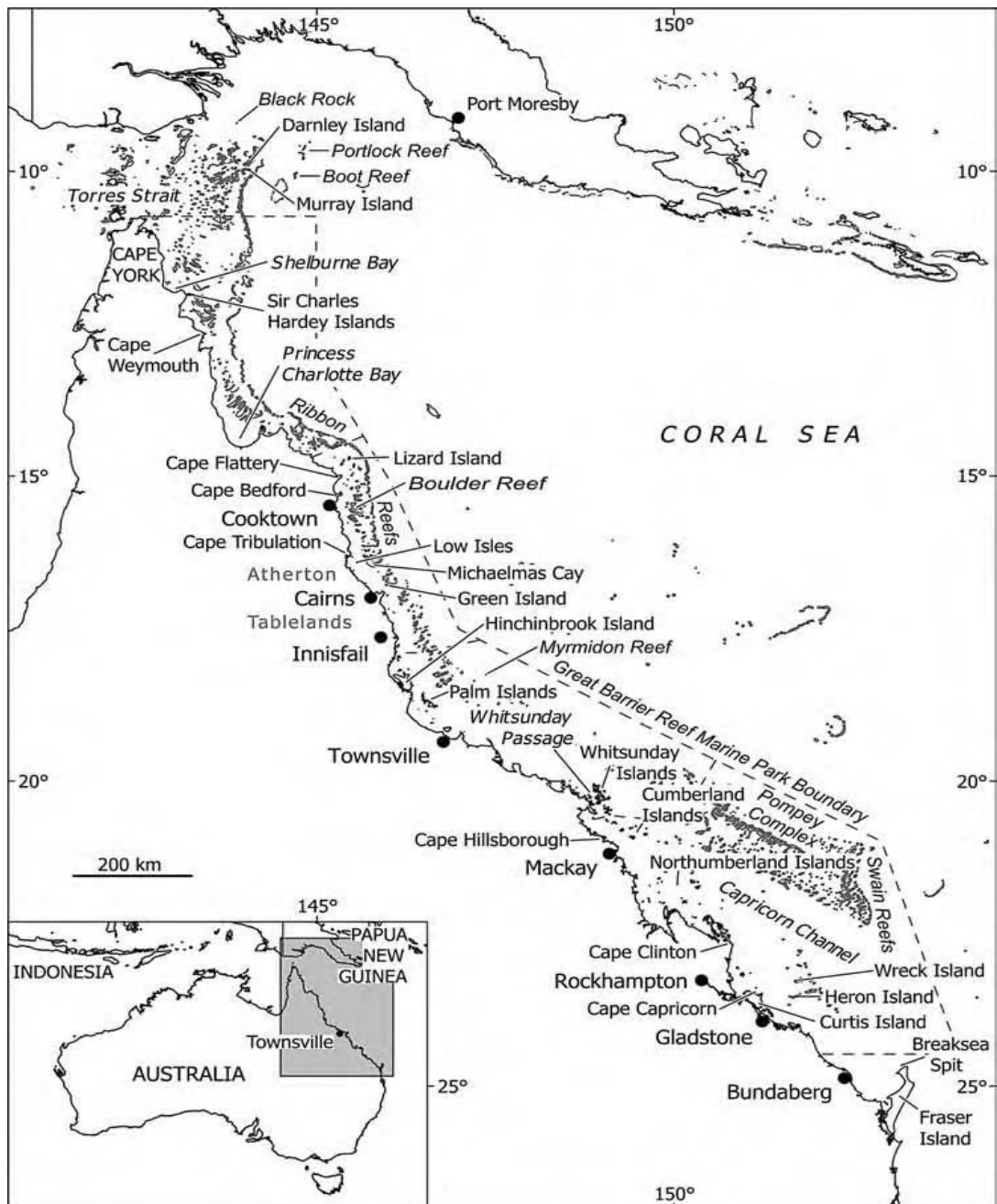
2.7 Druhové rozdíly v náchylnosti pro ztrátu zooxanthell

Některé populace korálů a jejich zooxanthell mohou být schopné přizpůsobit se extrémním podmínkám, předpokládaných během globální změny klimatu (Glynn, 1993). Například "adaptive bleaching hypothesis" (Buddemeier a Fautin, 1993) uvádí, že koráli mohou hostit různé druhy zooxanthell a že pokud dojde k blednutí, tak se korál zbaví méně odolnějších druhů zooxanthell ve prospěch těch zooxanthell, které se dokáží lépe vypořádat s působícím zatížením blednutí (Sampayo a kol., 2008). Existuje 8 subtypů zooxanthell, které jsou označovány písmeny A-H a které vykazují nejrozličnější fyziologické reakce na nízké a vysoké teploty a na intenzitu záření. Tkáně korálů obsahují nejčastěji subtypy C a D, které jsou více teplotně odolné, než ostatní subtypy (Baker, 2003).

Analýzy z let 1991-2006 prokázaly, že 77% korálů hostí ve svých tkáních pouze jeden subtyp zooxanthell a že pouze 23% korálů je schopno hostit více subtypů zooxanthell. To, jak dochází k symbióze s více subtypy zooxanthell a zda jsou díky tomu koráli lépe odolní vůči stresovým faktorům, je však zatím předmětem zkoumání (Goulet, 2006).

2.8. Příklad dopadu blednutí na konkrétní korálový útes - Velký bariérový útes

Velký bariérový útes (dále jen VBÚ) je největším korálovým společenstvím na světě (Obr. 8). Jeho rozloha je 348 000 km². Nachází se u pobřeží Queenslandu v Austrálii a je tvořen 2 900 korálovými útesy. V roce 1981 byl zařazen na listinu UNESCO, jako přírodní dědictví. Žije zde 400 druhů korálů, z toho asi 360 druhů tvrdých korálů. Kromě toho zde žijí také delfini, velryby, mořské želvy, mnoho druhů ryb, měkkýšů či ohrožení dugongové (Hopley a kol., 2007).



Obr. 8: Velký bariérový útes (Hopley a kol., 2007)

Blednutí korálů postihlo i tento útes. K velkému blednutí korálů na VBÚ došlo v letech 1980, 1982, 1992, 1994, 1998, 2002 a 2006 (Hoegh-Guldberg, 1999). Na některých místech se úmrtnost korálů vyšplhala až k 90%. Konkrétně byla poškozena hlavně severní část útesu. Mezi lety 1995-2009 se ztráta kompenzovala nárůstem nových korálů, avšak tato kompenzace nedokázala pokrýt tak obrovské ztráty a celková analýza potvrdila úbytek populace korálů do roku 2012 o 50,7 % (Ward a kol., 1999).

Korálové útesy poskytují domov mnoha druhům ryb. Některým rybám slouží koráli jako hlavní zdroj potravy, například řada druhů čeledi Chaetodontidae, Labridae, či Tetraodontidae (Jones a kol., 2004). Rody korálů jako *Acropora*, *Montipora* a *Pocillopora* jsou nejvíce náchylné druhy k blednutí a právě těmito druhy se ryby nejvíce živí (Grottoli a kol., 2004). Bylo zjištěno, že blednutí tak mělo za následek pokles nejen korálů, ale i druhů ryb, takto potravně vázaných. Zda se tyto ryby dokáží přeorientovat na jiný druh potravy, je zatím předmětem zkoumání (Cole a kol., 2008).

Hromadné blednutí korálů v letech 2002 a 2006 mělo za následek také pokles turistického ruchu- viz kapitola 2.11 (Marschall a Schuttenberg, 2006).

V Austrálii bylo vypracováno několik regionálních hodnocení předpokládaných změn, ke kterým by mohlo v budoucnu dojít v důsledku globálních změn klimatu. Dle "Australian Greenhouse Office" by mohlo dojít k těmto změnám v oblasti Velkého bariérového útesu: 1) zvýšení průměrné teploty v rozmezí 0,4-2,08°C do roku 2030 a 1-6°C do roku 2050; 2) častější období extrémního tepla; 3) častější El Niño; 4) zvyšující se srážky přicházející z tropického severu; 5) častější cyklony provázené silnými bouřemi a silným větrem; 6) možná změna mořských proudů, které budou mít vliv v pobřežních vodách (Hopley a kol., 2007). Autoři (Wilkinson, 1999; Hoegh-Guldberg a kol., 2005; Guinotte a kol., 2003; Lough, 2001) předpokládají, že klimatické změny budou mít značný vliv na korálový útes a může dojít k jeho velkému narušení.

2.9 Dopad blednutí na ekosystémy

Globální oteplování má vliv na mělká tropická a subtropická moře. Pokud bude teplota oceánů nadále vzrůstat, můžeme očekávat nárůst frekvence závažnosti a rozsahu blednutí korálových útesů. Úmrtnost korálů by mohla regionálně překročit 95% s druhy na pokraji vyhynutí. Zvýšení teploty o 1-2°C by mohlo způsobit, že regiony mezi 30° severní a 30° jižní rovnoběžkou budou mít zkušenost s trvalým oteplováním, které spadá do letálních limitů většiny útesových druhů korálů. V souvislosti s nárůstem teploty moře bude docházet k tání ledovců a tak stoupne i hladina moře. Vzestup hladiny moře by mohl potlačit růst korálů kvůli snížení

intenzity slunečního záření. I kdyby se nezvýšila intenzita slunečního záření a neobjevilo se výrazné oteplování moří, tak degradace korálových útesů bude stále pokračovat vzhledem k neustálému znečišťování a nadměrnému využívání. A to především díky neustále rostoucí lidské populaci (Goreau a Hayes, 1994).

2.10 Nejvíce ohrožené druhy korálů

Blednutí, nemoci, zhoršená kvalita vody, stres, to vše má za následek úbytek korálů. Zde jsou vybrané 3 rody korálů, které podléhají stresovým faktorům nejvíce.

Rod Acropora (Obr. 9) je nejvíce náchylný na nemoci, konkrétně na "White band disease" a špatně se vyrovnává se zvýšením teploty. Nejhůře jsou na tom tři druhy a to *Acropora cervicornis*, *Acropora palmata* a *Acropora suharsonoi*, které jsou kriticky ohrožené. Během 30 let se jejich populace snížily o 80% (IUCN [online]).

Tento rod je také nejvíce rozšířen mezi akvaristy. Vyžaduje však čistou vodu a dostatek světla, aby mohl dobře růst (Shimek, 2005).



Obr. 9: Korál rodu *Acropora* (petshome [online])

Rod Millepora (Obr. 10) je také náchylný k blednutí. Druh *Millepora boschmai* je považován za vyhynulý od roku 1983 po silném El Niňu v Indonésii. Kriticky ohroženým druhem je *Millepora striata* (IUCN [online]).

V akváriu potřebují silný proud vody a hodně světla. Koráli rodu *Millepora* bývají označovány, jako koráli ohnivé. To proto, že na povrchu jejich těl se nachází nematocysty, které obsahují jed, podobně jako u medúz. Přímý kontakt bývá hodně bolestivý (Shimek, 2005).



Obr. 10: Korál rodu *Millepora* (wikimedia [online])

Rod *Porites* (Obr. 11) je náchylný k blednutí a nemocem. Druh *Porites pukoensis*, vyskytující se pouze na Havaii, je kriticky ohrožený. Mezi ohrožené druhy patří *Porites eridani* a *Porites ornata* (IUCN [online]).

Při chovu v akváriu je potřebné zajistit silný proud vody a dostatek světla (Veron, 1993).



Obr. 11: Korál rodu *Porites* (Courtesy David Brough [online])

2.11 Dopad blednutí na ekosystémové služby pro lidská společenství

Pobřežní komunity v tropických oblastech po celém světě jsou závislé na korálových útesech. Rybolov, cestovní ruch a široký sortiment zboží jsou důležitou součástí ekonomiky přímořských států a degradace korálových útesů v důsledku blednutí bude mít na jejich ekonomiku negativní dopad (Moberg a Folke; 1993). Blednutí může mít i sociální dopad na lidská společenství (např. ztráta práce, pokles životní stability i na jejich kulturu). Zda dojde k poklesu cestovního ruchu, ovšem záleží také na informovanosti turistů. Například průzkum z Filipín ukázal, že turisté nevěděli o hromadném blednutí korálů, které proběhlo v letech 1997-1998. Výsledkem bylo, že Filipínská ekonomika neutrpěla žádné náhlé ztráty. Dá se ovšem předpokládat, že v dnešní "moderní internetové době" se informace o vybledlých korálových útesech rozšíří mnohem rychleji, především tedy mezi rekreačními potápěči a šnorchlisty, jako tomu bylo v roce 2002 a 2006, kdy došlo k blednutí na VBÚ a Australská ekonomika zažila pokles o několik miliónů dolarů (Marchall a Shuttenberg, 2006).

Blednutí má vliv také na rybolov. U některých druhů ryb se snížil jejich počet (převážně u těch, které se živí korály) a tak se rybáři zaměřili na jiné druhy (Glynn, 1993). V některých oblastech byl rybolov redukován, aby nedocházelo k devastaci mořských ekosystémů (Marchall a Schuttenberg, 2006).

2.12 Predikce budoucího vývoje rozšíření a dopadu blednutí korálů

Neočekává se, že by koráli a korálové útesy vymizely úplně, avšak pravděpodobně se jejich struktura a společenstva rozdělí na druhy odolné blednutí a na druhy, které blednutí nepřežijí (Hughes a kol., 2003; McClanahan a kol., 2004).

Odolnost a potenciál mořských ekosystémů, především tedy korálových útesů, se zotavit z předešlých devastací závisí na řadě faktorů. Patří mezi ně prostorový rozsah a intenzita poškození, časový model tohoto poškození a dostupnost zbytkových populací doplnit devastované či poškozené populace (Bellwood a kol., 2004.).

Cílem ochrany korálových útesů je maximalizovat odolnost korálových útesů vůči stresovým faktorům, které mohou být řízeny lidmi, jako je například snížení skleníkových plynů, které přispívají ke globálnímu oteplování (Hughes a kol., 2003). Měly by se tak učinit okamžité kroky ke snížení atmosférické koncentrace skleníkových plynů, které jsou také rozhodující pro budoucnost korálových společenstev (Van Oppen a Lough, 2009). Stejně řízený by měl být i rybolov na problematických lokalitách, kde již byly útesy zdecimovány výše zmíněnými faktory (kapitola Stresové faktory hlavní, Stresové faktory vedlejší), aby bylo možné zachovat funkčnost ekosystému (Bellwood a kol., 2004; Marshall a Schuttenberg, 2006). V oblastech se zvýšeným rybolovem bude nutné zavést opatření pro obnovení populace. Dále, by se měl podporovat vznik nových chráněných mořských oblastí. Chráněné mořské oblasti jsou hodnotné, jelikož poskytují určitý stupeň ochrany před negativním vlivem těžby a slouží jako reprodukční "nádrže" na obnovu zasažených populací. Měla by se také podpořit ochrana odolných a přizpůsobivých korálových útesů v oblastech méně náchylných k blednutí (Salm a kol., 2006).

Nápomocné by mohly být i ekologické modely, kde by byl popsán dopad blednutí na jednotlivé taxony s odlišnou teplotou, teplotní tolerancí, rychlostí růstu a míry reprodukce (Wooldridge a kol., 2005). Tyto kombinované fyzikální a ekologické modely by byly také rozhodující při odhadu schopnosti útesů se přizpůsobit vyšším teplotám oceánů, jakož i jiným místním (rybolov) a globálním (oteplování) stresovým faktorům. Modely by mohly být použity k prověření ekologického dopadu na korály a jejich zooxanthelly, například teplotní tolerance zooxanthell (Grottoli a kol., 2006).

2.13 Ochrana korálových útesů

Ochrana korálů je prioritou mnoha organizací (viz níže). Hlavním cílem je omezit turismus v chráněných lokalitách, omezení rybolovu a zákaz používání nevhodných metod lovu ryb, jako je dynamit. Tyto organizace se nezabývají jen ochranou, ale i výzkumem těchto ekosystémů a aplikací výsledků výzkumů do managementu ochrany. Jedním z důležitých výzkumných záměrů je výzkum vlivu teplotních změn či sedimentace na korálové útesy a jejich stav.

Přehled organizací a mezinárodních dohod zabývajících se ochranou korálů:

2.13.1 Coral Reef Alliance (CORAL) je mezinárodní organizace, která vznikla v roce 1994. Jejím cílem je sjednotit komunity na ochranu korálových útesů. Chrání mořské oblasti, kontroluje pobřežní a rekreační turismus (Coral Reef Alliance [online]).

2.13.2 WWF (World Wildlife Fund) se aktivně podílí na ochraně korálů od roku 1970. Přehled úspěchů WWF v oblasti ochrany korálových útesů:

1) Nový územní plán australského Velkého bariérového útesu Marine Park, který vytvořil největší světovou síť mořských vysoce chráněných oblastí.

2) Nová angažovanost pro ochranu korálů a mangrove na každém kontinentu, včetně závazku vlády Fidži chránit alespoň 30% svých moří v chráněných mořských oblastech do roku 2020.

3) Přijetí programu "Marine Turtle Conservation" americkým senátem, zřízení fondu pro ochranu mořského prostředí želv, kde se očekává, že velká část financí bude použita pro ochranu korálů a mangrove.

4) Nařízení EU k odstranění vlečných sítí v blízkosti britské Darwin Mounds.

2.13.3 IUCN (International Union for Conservation of Nature) je mezinárodní unie pro ochranu přírody, která je nejstarší a největší globální organizací na světě v oblasti životního prostředí. Byla založena v roce 1948 (IUCN [online]). Tato organizace má mnoho projektů, které se snaží předejít blednutí korálů (IUCN [online]). Mezi její projekty patří například: Testování odolnosti korálů vůči změnám teploty. Včasné varování před blednutím a plán reakce na blednutí. Monitorovací programy na posouzení odolnosti korálů vůči blednutí.

2.13.4 CITES (Convention on International Trade in Endangered Species) je jedna z nejdůležitějších dohod chránících jak živočichy, tak rostliny. Vznikla v roce 1975 původně jako Washingtonská úmluva. Jejím cílem je celosvětová kontrola obchodu s ohroženými druhy volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin (CITES [online]). Všichni koráli patří do přílohy II. Podle stupně ohrožení jsou exempláře děleny do 3 kategorií. V první skupině jsou kriticky ohrožené druhy (příloha I). Ve druhé skupině (příloha II) jsou druhy, které by mohly být ohroženy, pokud obchod s nimi nebude regulován. Ve třetí skupině (příloha III) jsou druhy, které jsou ohroženy jen na určitém území, v určitém státě (CIZP [online]).

2.14 Nemoci korálů

Blednutí korálů je vyvoláno, jak již bylo zmíněno v kapitole 2.5, stresovými faktory hlavními a vedlejšími. V takovémto stavu je korál oslabený a má sníženou schopnost odolat invazi konkurenčních druhů a nemocí (Glynn, 1996). Nemoc znamená jakékoliv zhoršení zdraví způsobené infekcemi, viry, bakteriemi, nebo jinými mnohobuněčnými parazity (Raymundo a kol., 2008).

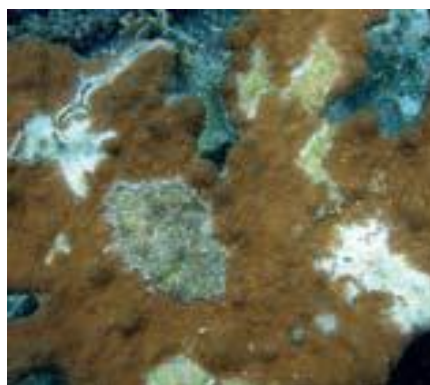
Globální oteplování je jedním z hlavních spouštěčů nemocí korálů a rozmachu virů. Jednak jak již bylo řečeno, jsou koráli oslabení a za druhé některé patogeny jsou v teplejší vodě schopné efektivnější nákazy. V teplejší vodě se daří především virům, dále bakteriím např. *Vibrio shiloi* a *Vibrio coralliilyticus* či plísním např. *Aspergillus sydowii* (Raymundo a kol., 2008). Díky těmto faktorům bylo často zdokumentováno, že k nemocem postihující korály, došlo ve stejné době jako k blednutí, nebo krátce po blednutí (Baird, 2000; McClanahan a kol., 2004; Miller a kol., 2006; Bruno a kol., 2007). Z toho vyplývá jasná součinnost mezi blednutím a nemocemi. Alarmující skutečností je, že při dalších změnách podmínek prostředí vlivem klimatu se očekává další zvýšení virulence mikrobů (Rosenberg a Ben-Haim, 2002; Lesser a kol., 2007), které v součinnosti se zvýšeným výskytem blednutím může mít ještě silnější dopad na korálové útesy.

V Karibském moři bylo zaznamenáno největší rozšíření korálových onemocnění (Weil, 2004) a mnoho jejich ohnisek je spojeno právě s výskytem blednutí. V roce 1970 bylo mnoho druhů čeledi Acroporidae postihnuto bakterií *Vibrio carchariae* a

od té doby se zde výskyt nemocí exponenciálně zvýšil. Kvůli tomuto rychlému vývoji nových virulentních onemocnění a jejich rychlému šíření v regionech, byla karibská oblast označena jako "hot spot" pro nemoci. Například po blednutí v roce 2005 onemocnělo a následně uhynulo mnoho korálových kolonií (např. *Briareum asbestinum* a *Erythropodium caribaeorum*). Další druhy korálů (*Montastreae* sp a *Diploria* sp) byly nejvíce zasažené nemocemi "white plague" a "yellow band disease" (Miller a kol., 2006; Weil a kol., 2006). Odhaduje se, že minimálně 82% korálů zde prodělalo alespoň jednou jakoukoliv nemoc, která je spojena se zvýšením teploty vody. Hlavní tři nemoci, které se zde vyskytují v sezoně, kdy je teplota vody vyšší, jsou bakteriální onemocnění "yellow band", "white plague" a "white patch" (viz níže; Raymundo a kol., 2008).

Podrobnější popis nejdůležitějších patogenů korálů:

2.14.1 *Serratia marcescens*. Tento druh bakterie způsobuje onemocnění v angličtině známé, jako "White patch disease" (Obr. 12). Poprvé popsáno v roce 1996 na korálovém útesu Key West na Floridě. Toto onemocnění postihuje především druh *Acropora palmata*. Nemoc se šíří v průměru 2,5 cm² za den. Přispívá k tomu i zvýšená teplota vody (Sutherland a Ritchie, 2004). Multifokální nebo difúzní léze, dříve byla tato nemoc nazývána jako bílé neštovice (Raymundo a kol., 2008).



Obr. 12: *Serratia marcescens*. - "White patch disease" (Obrázky nemocí jsou převzaty z knihy Coral diseases handbook)

2.14.2 *Vibrio carchariae*. Tento druh bakterie způsobuje onemocnění v angličtině známé, jako "White band disease" (Obr. 13) Česky "bílá pásová nemoc", byla poprvé zaznamenána roku 1977 v okolí Saint Croix. V současné době se vyskytuje v celém Karibiku, Rudém moři, Indonésii a na Velkém bariérovém Útesu (Green



Obr. 13: *Vibrio carchariae* - "White band disease"

a Bruckner, 2000). Toto onemocnění způsobuje ztrátu tkání od několika mm až po 10 cm za den (Gladfelter, 1991). Od roku 1980 tato nemoc téměř vyhubila korál *Acropora cervicornis*. Na Amerických Panenských ostrovech klesla populace *Acropora palmata* z původních 85% na 5% během 10 let (Gladfelter, 1991). Vyznačuje se lineárním samostatným pásem, 2-10 cm širokým, byla pozorována pouze na korálech rodu *Acropora* (Raymundo a kol., 2008).

2.14.3 *Aurantimonas coralicida*. Jedná se také o druh bakterie, která způsobuje onemocnění v angličtině známé, jako "White plague" (Obr. 14). Česky: bílý mor, byl poprvé zaznamenán na Floridě, roku 1977. Existují tři typy této nemoci. Největší úmrtnost korálů byla

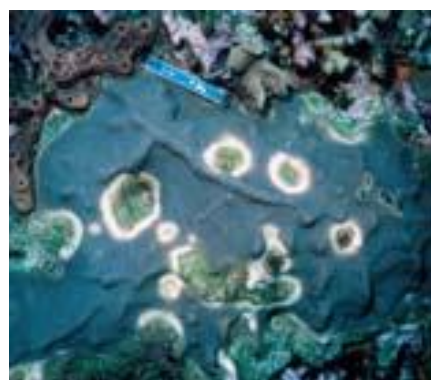


Obr. 14: *Aurantimonas coralicida* - "White plague"

zjištěna u typu II a III, a to 2 cm za den. Nejmenší úmrtnost u I. typu, a to 3 mm za den (Richardson a kol., 1998). Postihl např. druh

Diploria labyrinthiformis. V roce 1998 byla tato nemoc zaznamenána na útesu Puerto Rico - Karibik (Richardson a kol., 1998). Fokální nebo multifokální léze ve tvaru jednotného pásu (Raymundo a kol., 2008).

2.14.4 *Vibrio* sp. Jedná se o bakteriální onemocnění, známé také jako "yellow band disease" (Obr. 15). Tato nemoc napadá kolonie korálů v době, kdy koráli prodělali stres ze znečištění, či ze změny teploty vody. Vyskytuje se na korálových útesech v Karibiku. Nejčastěji postihuje rod *Montastraea*. Fokální, multifokální a difúzní léze, které jsou ohraničené světle žlutou barvou (Cervino a kol., 2008).



Obr. 15: *Vibrio* Spp - "Yellow band disease"

3. METODIKA

Cílem mé práce bylo zjistit, jaký je stav korálů v českých akváriích. Metodická část proto zahrnovala dotazníkové šetření výskytu blednutí v akváriích v Olomouci, Děčíně, Brně, Praze, Ostravě a v ZOO Ohrada. Odpovědi byly získány, ale pouze ze tří akvárií zmíněných výše (Brno, Olomouc, Děčín). Dotazníky byly sbírány v období od 27. 10. 2013- 25. 2. 2014. Zbylá akvária jsem navštívila osobně, abych stav v nich zhodnotila. Dotazník je uveden v příloze 8.5.

Kromě těchto zmíněných akvárií, byl poslán ještě dotazník do akvárií v Evropě. Tento dotazník byl odeslán z toho důvodu, aby mohla být posouzena situace v našich akváriích, oproti těm, která jsou v zahraničí. Konkrétně do akvárií ve Vídni, Mnichově, Londýně a Helsinkách, ale bohužel odpovědi ze zahraničí nebyly obdrženy.

Dalším cílem mé práce bylo zhodnotit obchod a chov korálnatců v České Republice. Byl sestaven dotazník pro české chovatele korálů (viz příloha 8.6).

Posledním cílem bylo šetření povědomí o problematice blednutí korálů mezi studenty Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a českými, rekreačními potápěči. Studenti byli dotazováni přes sociální síť Facebook pomocí internetového dotazníku Survio (<http://www.surveio.com/survey/d/J1G9K4Q9G3R2B3B7Y>, viz příloha 8.7.) Potápěči byli dotazováni přes emailové adresy RNDr. Martinou Karáskovou (Balzarovou), která mi posléze jejich odpovědi poskytla ke zpracování (viz příloha 8.8).

4. VÝSLEDKY

4.1 Výsledky dotazníku pro mořská akvária v ČR

Název výzkumu: Mořská akvaristika a blednutí korálů

Počet odpovědí: 3

Tab. 2: Přehled odpovědí z českých akvárií

	Brno	Olomouc	Děčín
Chov korálů	1 rok	18 let	1 rok
Druhy chovaných korálů	<i>Acropora,</i> <i>Caulastrea,</i> <i>Pocillopora,</i> <i>Pavona,</i> <i>Lobophylia,</i> <i>Montipora</i>	<i>Acropora,</i> <i>Caulastrea,</i> <i>Pavona,</i> <i>Lobophylia,</i> <i>Montipora</i>	Měkké koráli
Blednutí korálů	Ne	Ano	Ne
Příčina blednutí	-	Špatná kvalita vody, teplota, vliv světla	-
Nemoci korálů	-	White plague, White patch	-
Rybí predace	Ne	Klipky, pomci	Osteneček indický, osteneček černý
Blednutí sasanek	Ne	Ano	Ne

Nejdéle se chovu korálů věnuje akvárium v Olomouci, a to 18 let (Tab. 2). S blednutím korálů a sasanek se setkala také pouze Olomouc. Dle dodaných informací byla příčinou špatná kvalita vody, nepřiměřená teplota vody a nedostatečná intenzita světla v akváriu (koráli chované v akváriích potřebují jeho dostatečnou intenzitu). Blednutí se vyskytovalo hlavně v letních měsících, kdy bylo těžké udržet teplotu vody takovou, aby vyhovovala korálům. Rybí predace na korálech se vyskytla v Olomouci, a to pravděpodobně predací klipkami a pomci, dále také v Děčíně ostencem indickým a černým. Se dvěma typy nemocí ("white plague" a "white patch") se setkala opět pouze Olomouc. Informace o nejčastěji chovaných druzích korálů viz příloha 8.9.

Pražské akvárium na Výstavišti jsem navštívila v roce 2013, v měsíci říjnu. Tvrdé korály sloužily v tomto akváriu jen jako záchytné body pro korály měkké, nebo vyplňovaly dno, jako pouhá dekorace (viz obrázková příloha). Z měkkých korálů se v akváriích nacházely tyto druhy: *Sarcophyton ehrenbergi*, *Capnella*, *Discosoma*, *Pachycerianthus*. Ze sasaneček pak tyto druhy: *Aiptasia* a *Marcodactyla doreensis*. Stav korálu v tomto akváriu však nebyl dobrý. 90 % tvrdých korálů očividně prodělalo blednutí, či predaci od některých druhů ryb (klipky, pomci). Akvárium v Ostravě jsem navštívila v roce 2013, v měsíci září. Nacházel se zde pouze jeden měkký korál bez označení. Akvárium v ZOO Ohrada na Hluboké nad Vltavou jsem navštívila v roce 2013, v měsíci červenci. Tvrdým i měkkým korálům se očividně v akváriu daří dobře, jelikož na nich nebyly patrné žádné stopy po blednutí či nemoci.

4.2 Výsledky dotazníku pro studenty Jihočeské univerzity

Název dotazníku: Blednutí korálů

Sběr dat: 25. 2. 2014- 26. 2. 2014

Počet odpovědí: 62

Tab. 3: Výsledky dotazníkového šetření u studentů Jihočeské univerzity

<i>Zájem o více informací o blednutí korálů</i>						
	Určitě ano	Asi ano	Určitě ne	Asi ne		
%	6,45	40,32	3,23	50		
<i>Návštěva akvárií v ČR a Evropě</i>						
	Praha	Olomouc	Brno	Vídeň	Londýn	Jiné
%	50	0,0	1,61	9,68	4,84	46,77
<i>Odpovědi Ano/Ne</i>						
	Ano			Ne		
Zajímání se o podmořský svět	20			42		
Znalost pojmu blednutí korálů	17			49		
Zkušenost s potápěním	4			58		

Z výsledků vyplývá (Tab. 3), že 49 dotázaných studentů nezná pojem blednutí korálů a 50% z dotázaných nemá zájem se o tomto pojmu dozvědět více. Nejčastěji navštěvovaným akváriem je Pražské akvárium na Výstavišti.

4.3 Výsledky dotazníku pro české potápěče

Název dotazníku: Mořská akvaristika a blednutí korálů

Sběr dat: 3. 3. 2014- 9. 3. 2013

Počet odpovědí: 100

Tab. 4: Výsledky dotazníkového šetření u českých rekreačních potápěčů

Věkové kategorie dotázaných potápěčů (roky)								
	0-15 let	16-30 let	31-45 let	45 a více let				
%	4	16	53	27				
Doba věnovaná potápění, či šnorchlování								
	Méně jak 1 rok	2-3 roky	3-10 let	Více jak 10 let				
%	4	28	44	24				
Návštěva mořského akvária								
	Olomouc	Děčín	Ostrava	Brno	Ohrada	Liberec	Praha	Žádné
%	3	6	5	6	4	1	42	33
Setkání se s nemocí korálů								
	Ano, nemoci podobné blednutí	Možná, ale neví jistě	Ne					
%	24	64	12					
Odpovědi Ano/Ne (v procentech)								
	Ano	Ne						
Znalost faktu, že všechny korály patří do CITES přílohy II	89	11						
Znalost pojmu blednutí korálů	80	20						
Mořské akvárium v bytě	6	94						
Přírodovědecké vzdělání	10	90						
Zájem o více informací o blednutí korálů	87	13						
Aktivní zapojení do ochrany korálů	100	0						
Návštěva mořského akvária	56	44						

v zahraničí				
Znalost faktu, že koráli mají symbiotické řasy	53	47		
<i>Hrozba pro korálové útesy (odpověď/osoba)</i>				
Znečištění moří	Globální oteplování	Turismus a lodní doprava	Nepřiměřený rybolov a jeho destruktivní metody (např. dynamit)	"Nemyslím si, že koráli jsou v ohrožení"
37	22	17	23	1
<i>Souvislost a podpora blednutí (odpověď/ osoba)</i>				
Ztráta symbiotických řas	Zvýšená teplota vody	Globální oteplování	Oteplování moří a stres	"Nevím"
27	35	24	12	2

Mezi potápěči je blednutí korálů známý pojem (Tab. 4). Setkalo se s ním 80% dotázaných potápěčů a pouze 10% z dotázaných má přírodovědecké vzdělání. Nejčastěji odpovídali potápěči ve věku 31-45 let a s dobou věnovanou potápění či šnorchlování 3-10 let. I mezi dotazovanými potápěči byla nejčastěji navštěvovaným akváriem Praha. Všichni dotazovaní potápěči se aktivně zapojují do ochrany korálových útesů (např. pomáhají se sběrem odpadků v moři i na pláži, nesbírají mušle, nekupují na tržištích výrobky z korálů, atd.). Za největší hrozbu pro korálové útesy dotazovaní považují znečištění moří a nepřiměřený rybolov a jeho destruktivní metody. Pouze jeden z dotázaných si nemyslí, že koráli jsou v ohrožení. Podle dotazovaných potápěčů má největší souvislost s blednutím korálů zvýšená teplota vody a ztráta symbiotických řas.

Z odpovědí lze tedy posuzovat, že čeští potápěči o blednutí korálů ví, podílí se na ochraně korálových útesů a stav korálových útesů je zajímavá.

4.4 Výsledky dotazníku pro české chovatele korálů

Název dotazníku: Mořská akvaristika a blednutí korálů

Sběr dat: 5. 3. 2014- 6. 3. 2013

Počet odpovědí: 2

Odpovědi byly obdrženy od dvou chovatelů. Od pana Filipa Kalinovského, který vlastní firmu Coral Reef, která prodává mořské živočichy a akvária, se sídlem v Dolní Lhotě. Druhý chovatel, pan Jan Hájek, jehož firma "Mořské akvárium" se zabývá realizací a stavbou mořských akvárií, se sídlem v Třebíči.

Tab. 5: Výsledky dotazníkového šetření chovatelů a prodejců korálů v ČR

	Jan Hájek	Filip Kalinovský
Blednutí korálů	Ano	Ano
U jakých druhů	<i>Acropora</i> , <i>Sarcophyton</i> zelený	<i>Acropora</i>
Dovoz/Pěstování	Dovoz	Dovoz i pěstování
Úmrtnost (%)	≤1	3-5
Dovoz (ks/rok)	200	200-300

Oba dva chovatelé se setkali s blednutím korálů (Tab. 5). Hlavním problémem byla teplota a osvětlení při převozu. Nejčastěji se s ním setkali u druhů *Acropora*. Oba dva chovatelé koráli dováží a pan Kalinovský je i pěstuje. Roční úmrtnost korálů při jejich převozu je 1-5%. Roční dovoz činí 400-500 kusů.

5. DISKUZE

V této práci jsem shrnula současné poznatky o blednutí korálů a jeho vlivu na korálové útesy. Z dostupné literatury je patrné, že nejdůležitějším faktorem stojícím za blednutím korálů je změna teploty vody, spojená s globální změnou klimatu. V další části mé bakalářské práce jsem pomocí dotazníku hodnotila znalost problematiky blednutí korálů mezi veřejností a chovateli korálů. Toto šetření ukázalo poměrně dobré znalosti především u sportovních potápěčů a samozřejmě chovatelů korálů.

Stručně řečeno, blednutí korálů je biologická reakce na změny ve fyzickém prostředí dnešních korálových útesů. Budoucnost korálových útesů závisí na schopnosti korálů se na tyto změny adaptovat. Podle Marschalla (2006) je v současné době mezi vědci velká nejistota o míře rozsahu blednutí a přesných dopadech tohoto zhoršení. Ohrožení nejsou ovšem jen koráli, ale i ryby, měkkýši a jiní mořští živočichové, kteří využívají korály jako svůj domov, či jako zdroj potravy. Podle Hoegh-Gulberga (1999) se bude blednutí korálů v letech 2050-2070 pravidelně vyskytovat každý rok. El Niño tudíž už nebude mít jen sezonní vliv. Pokud se koráli budou zotavovat z blednutí 4 roky, jak tomu bylo v roce 1998 na VBÚ (Marschall, 2006), je opravdu jen otázkou času, kdy bude většina korálů vybledlá a neschopná rozmnožování. Očekává se, že blednutí vážně poškodí útesy a změní dominanci druhů korálů (Marschall a Shuttenberg, 2006). Ekonomické dopady budou v řádech několika bilionů dolarů po celém světě. Nedávná studie prokázala, že do roku 2020 bude ztráta financí z tohoto turismu v Austrálii v desítkách milionů amerických dolarů. Na Seychelách, na Zanzibaru okolo 5-6 milionů amerických dolarů (Hodgson a Liebeler, 2002).

Dle nejnovějších předpokladů některých vědců byl rok 2014 pro korály stresující a zlepšení se neočekává ani v příštích dvou letech. Blednutí se v loňském roce vyskytlo napříč Pacifickým oceánem. Dle dotazovaného profesora Hoegh-Gulberga z Queenslandské univerzity v Austrálii je situace natolik kritická, že bude překonán dopad blednutí z roku 1998. Je to způsobeno vyšší teplotou vody a očekávaného příchodu El Niña (Mathiesen, 2014).

Budoucnost korálových útesů bohužel tedy není příliš dobrá a je nutné se s maximálním úsilím snažit o jejich ochranu a zamezit aktivitám, které stojí za jejich

destrukcí. Je však nutné konstatovat, že prozatím je možné zabránit pouze maloplošným destrukčním vlivům, které závisí na rozhodnutí lokálních vlád a komunit. Pro zamezení vlivu globální změny klimatu je nutná globální politická dohoda, která je v současné době v nedohlednu. Proto nezbyvá jen doufat, že přirozená adaptace korálů na změny klimatu bude dostatečně rychlá, aby se naši potomci s těmito ekosystémy setkali v dalším století.

Ze zjištěných výsledků vyplývá, že blednutí korálů je pojem, který je známý i v České republice. Nejen mezi chovateli a prodejci korálů, ale také mezi potápěči. U studentů Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích byla znalost této problematiky již menší. Vysvětlení mezi skupinami těchto rozdílů bude patrně v zájmu o problematiku spojenou s alespoň obecnou znalostí vodních ekosystémů, která je jistě vyšší u lidí, kteří mají své volnočasové aktivity spojené s pobytem u vody a je tak logicky vysvětlitelný jejich vyšší zájem o jevy vyskytující se v tomto ekosystému. Navíc jak je z dotazníků patrné, řada potápěčů se s tímto jevem již setkala, což pravděpodobně ovlivnilo jejich zážitek z daného ponoru a tato negativní zkušenost jim mohla utkvět v paměti. Studenti byli z různých oborů a fakult. Nejvíce odpovědi pocházelo od studentů nebiologických oborů. Z toho tedy vyplývá, že zájem o problematiku blednutí korálů a o oceán jako takový, byl nižší. Chovatelé/ prodejci korálů a mořská akvária se s blednutím setkali. Jeho příčinou byla neodpovídající teplota v akváriu. Dovoz tvrdých korálů pohybující se v rozmezí 400-500 kusů korálů za rok svědčí o tom, že se chovu korálů v domácnosti nevěnuje mnoho lidí. Pravděpodobně je to způsobeno náročností jejich chovu a potřeba stabilních podmínek v akváriu. Důvodem může být také vyšší finanční náročnost, než je tomu u akvárií sladkovodních. Nejčastěji se dováží koráli z Indonésie, ale je potřeba povolení od Ministerstva životního prostředí.

V České Republice se chovem korálů zabývají mořská akvária v Praze, Děčíně, Ostravě, Hradci Králové, Olomouci a Brně. Koráli jsou ovšem nároční na chov, jelikož každý druh potřebuje specifickou teplotu, čistou vodu a odlišný stupeň síly proudu vody. Měkké koráli jsou v těchto akváriích běžně viditelné a jsou více vyhledávány pro chov, než koráli tvrdé. Je to zřejmě tím, že měkké koráli jsou vzhledově zajímavější a ve vodě se vlní. Také k životu nepotřebují nutně zooxanthelly a jsou vhodné pro začínající akvaristy, kdežto tvrdé koráli jsou na chov

náročnější a bez zooxanthell po čase umírají. Například v Pražském akváriu se věnují chovu už pouze měkkých korálů.

6. ZÁVĚR

Na závěr mohu konstatovat, že blednutí korálů je celosvětový problém a bude závažným problémem i v budoucnu. Největší zátěž pro korály představuje a bude představovat zvýšená teplota moří a oceánů.

Z dotazníkového šetření vyplývá, že povědomost o blednutí korálů je dobrá především u lidí, jejichž aktivity jsou spojené s vodou, tedy u potápěčů. U studentů Jihočeské univerzity pak už méně, z důvodu studia jiné fakulty, než biologické.

Obchod a chov korálnatců v zajištění v ČR je dle dvou dotázaných chovatelů prozatím velice nízký a pohybuje se v řádu 400-500 kusů korálů za rok a nepředstavuje velkou zátěž pro korálové útesy. Takto malé dovozy také naznačují poměrně malé rozšíření chovu korálů v ČR.

Stav chovu korálnatců v českých akváriích je uspokojivý. Blednutí korálů se vyskytlo v Olomouckém akváriu, ale situace byla vyřešena. V Děčíně a v Brně se nevyskytlo vůbec. Akvárium v Praze zaznamenalo blednutí korálů s následným úmrtím tvrdých korálů a věnuje se chovu už pouze měkkých druhů korálů. V akváriu v Ostravě probíhá rekonstrukce a v akváriu v ZOO Ohrada jsou koráli zdraví a daří se jim.

7. LITERATURA

- Atwood D. K., Sylvester J. C., Corredor J. E., Morell J. M., Mendez A., Nodal W. J., Huss B. E., Foltz C. (1988): Sea surface temperature anomalies for the Caribbean, Gulf of Mexico, Florida Reef Tract and the Bahamas considered in light of the 1987 regional coral bleaching event., *Proc Assoc Is Mar Lab Carib* 21: 47
- Baird A. H. (2000): *Microbial menace: coral disease on the Great Barrier Reef. (Exploring reef science)* CRC Reef Research Centre, Townsville
- Baker A. (2003): Flexibility and specificity in coral/algal symbiosis: Diversity, ecology and biogeography of Symbiodinium, *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 34: 661-689
- Barnes R. D. K. (1987): *Invertebrate Zoology (5th ed.)*. Orlando, FL, USA
- Bohn L., Hulme M. (1997): El Niño: the heartbeat of climates. *The World Today* 53: 306-309
- Bellwood D. R., Hughes T. P., Folke C., Nyström M. (2004): Confronting the coral reef crisis. *Nature* 429: 827–833
- Brown B. E. (1997): Adaptations of reef corals to physical environmental stress, *Advances in Marine Biology* 31: 221-299
- Brown B. E. (1997): Coral bleaching: causes and consequences, *Coral Reefs* 16: 129-138
- Brown B. E., Suharsono (1990): Damage and recovery of coral reefs affected by El Niño related seawater warming in the Thousand Islands, Indonesia. *Coral Reefs* 8: 163-170
- Bruno J. F., Selig E. R., Casey K. S., Page C. A., Willis B. L., Harvell C. D., Sweatman H., Melendy A. M. (2007): Thermal stress and coral cover as drivers of coral disease outbreaks. *PLoS Biol* 5: 124
- Buddemeier R. W., Fautin D. G. (1993): Coral bleaching as an adaptive mechanism, *Bioscience* 43: 320–326
- Cervino J. M., Thompson F. L., Gomez- Gil B., Lorence E. A., Goreau T. J., Hayes R. L., Bartels E. (2008): The *Vibrio* core group induces yellow band disease in

Caribbean and Indo-Pacific reef-building corals, *Journal of Applied Microbiology*, 105: 1658-1671

Cesar H. J. S., Burke L., Pet-Soede L. (2003): *The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation*, The Netherlands: Cesar Environmental Economics Consulting. p. 4. Retrieved 21 September 2013

Cole A. J., Prachett M. S., Jones G. P. (2008): Diversity and functional importance of coral-feeding fishes on tropical coral reefs, *Fish and Fisheries* 9: 1-22

Coles S. L., Jokiel P. L. (1977): Effects of temperature on photosynthesis and respiration in hermatypic corals. *Marine Biology* 43: 209-216

Coles S. L., Jokiel P. L. (1978): Synergistic effects of temperature, salinity and light on the hermatypic coral *Montipora verrucosa*, *Marine Biology*, vol. 49: 187-195

Corrège T. (2006): Sea surface temperature and salinity reconstruction from coral geochemical tracers, in *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 232: 408-428

Dodge R. E., Vaisnys J. R. (1977): Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging, *Journal of Marine Research*, 35: 715-730

Donner S. D., Skirving W. J., Little C. M., Oppenheimer M., Hoegh-Guldberg O. (2005): Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biol* 11: 2251–2265

Eyre B. D., Andersson A. J., Cyronak T. (2014): Benthic coral reef calcium carbonate dissolution in an acidifying ocean, *Nature Climate Change* 4, 11: 969

Ferrier- Pages C., Gattuso J. P., Jaubert J. (1999): Effect of small variations in salinity on the rates of photosynthesis and respiration of the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*, *Marine ecology* vol. 181: 309-314

Gladfelter W. B. (1991): *Population Structure of Acropora palmata on the Windward Fore Reef, Buck Island National Monument, St. Croix, U. S. Virgin Islands*. U. S. Virgin Islands: U. S. Department of the Interior, National Park Service

Gleeson M. W., Strong A. E. (1995): Applying MCSST to coral reef bleaching. *Adv Space Res* 16: 151-154

- Glynn P. W. (1983): Extensive “bleaching” and death of reef corals on the Pacific coast of Panama, *Environ Conserv* 10: 149–154
- Glynn P. W. (1984): Widespread coral mortality and the 1982–83 El Niño warming event. *Environ Conserv* 11: 133–146
- Glynn P. W. (1990): Coral mortality and disturbances to coral reefs in the tropical eastern Pacific. F’p. 55- 126 in *Global Ecological Consequences of the 1982-83 El-Nino Southern Oscillation*, P. W. Glynn, ed. Elsevier, Amsterdam
- Glynn P. W., D’Crox L. (1990): Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Nino-coincident coral mortality, *Coral Reefs* 8, 181-191
- Glynn P. W. (1993): Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* 12, 1-17
- Glynn P. W. (1996): Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Global Change Biology* 2: 495-509.
- Glynn P. (2006): Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications in *Global Change Biology*, vol 2: 495-509
- Goreau T. F. (1964): Mass expulsion of zooxanthellae from Jamaican coral reef communities after hurricane Flora. *Science* 145: 383–386
- Goreau T. F. (1973): The ecology of Jamaican coral reefs. II. Geomorphology, zonation, and sedimentary phases. *Bulletin of Marine Science*, vol. 23: 399-464
- Goreau T. J. (1964): Mass expulsion of zooxanthellae from Jamaican reef communities after Hurricane Flora. *Science* 145: 383-386
- Goreau T. J. (1992): Bleaching and reef community change in Jamaica: 1951–1991. *American Zoologist*, 32: 683-695
- Goreau T. J., Hayes R. M. (1994): Coral bleaching and ocean 'hot spots". *Ambio* 23: 176-180
- Goulet T. L. (2006): Most corals may not change their symbionts, *Mar Ecol Prog Ser* 321: 1-7
- Green E., Bruckner A. W. (2000): The significance of coral disease epizootiology for coral reef conservation. *Biological Conservation* 96: 347-361

- Grottoli A. G., Rodrigues L. J., Juarez C. (2004): Lipids and stable carbon isotopes in two species of Hawaiian corals, *Porites compressa* and *Montipora verrucosa*, following a bleaching event., *Marine Biology* 145: 621–631
- Grottoli A. G., Rodrigues L. J., Palardy J. E. (2006): Heterotrophic plasticity and resilience in bleached corals. *Nature* 440: 1186–1189
- Guinotte J. M., Buddemeier R. W., Kleypas J. A. (2003): Future coral reef habitat marginality: temporal and spatial effects of climate change in the Pacific basin, *Coral Reefs* 22: 551–558
- Hoegh-Guldberg O. (1999): Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research* 50, 839-866
- Hoegh-Guldberg O. (2005): Low coral cover in a high-CO₂ world, *J. Geophys. Res.*, 110
- Hoegh-Guldberg O., Fine M., Skirving W. (2005): Coral bleaching following wintry weather. *Limnol. Oceanogr.* 50: 265–271
- Hopley D., Smithers S. G., Parnell K. E. (2007): *The Geomorphology of the Great Barrier Reef*, Cambridge University press, UK
- Hughes T. P., Baird A. H., Bellwood D. R., Card M., Connolly S. E., Folke C., Grosberg R., Hoegh- Guldberg O., Jackson J. B. C., Kleypas J., Lough J. M., Marshall P., Nystrom M., Palumbi S. R., Pandolfi J., Rosen B., Roughgarden J. (2003): Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs., *Science* 301: 929–933
- Jones G. P., McCormick 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 USA* 101: 8251–8253
- Kerswell A. P., Jones R. J. (2003): Effects of hypo-osmosis on the coral *Stylophora pistillata*: nature and cause of 'low-salinity bleaching', *Marine ecology vol.* 253: 145-154
- Lesser M. P. (1996): Elevated temperatures and ultraviolet radiation cause oxidative stress and inhibit photosynthesis on symbiotic dinoflagellates, *Limnology and Oceanography* 41, 271-283

- Lesser M. P. (1997): Oxidative stress causes coral bleaching during exposure to elevated temperatures, *Coral reefs* 16: 187-192
- Lesser M. P., Bythell J. C., Gates R. D., Johnstone R. W., Hoegh- Guldberg O. (2007): Are infectious diseases really killing corals? Alternative interpretations of the experimental and ecological data. *J Exp Marine Biology Ecology* 346: 36–44
- Lough J. M. (2001): Climate variability and change on the Great Barrier Reef. In Wolanski, E. (ed.) *Oceanographic Processes of Coral Reefs: Physical and Biological Links in the Great Barrier Reef*, Boca Raton, FL, CRC Press: 269–300
- Madronich S., McKenzie R. L., Caldwell M. M., Bjorn L. O. (1995): Changes in ultraviolet radiation reaching the Earth's surface. *Ambio* 24: 143-151
- Marshall P., Schuttenberg H. (2006): *A reef manager's guide to coral bleaching*, published by Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville, Australia
- McClanahan T. R. (2004): The relationship between bleaching and mortality of common corals. *Marine Biology* 144: 1239–1245
- McClanahan T. R., Baird A. H., Marshall P. A., Toscano M. A. (2004): Comparing bleaching and mortality responses of hard corals between southern Kenya and the Great Barrier Reef, Australia. *Mar Pollut Bull* 48: 327–335
- Miller J., Waara R., Muller E., Rogers C. (2006): Coral bleaching and disease combine to cause extensive mortality on reefs in US Virgin Islands. *Coral Reefs* 25: 418
- Moberg F., Folke C. (1999): Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics* 29: 215–233
- Muscatine L. (1990): The role of symbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals, *Coral Reefs* 25, 1-29
- Ogston A. S., Storlazzi C. D., Field M. E., Presto M. K. (2004): Sediment resuspension and transport patterns on a fringing reef flat, Molokai, Hawaii: *Coral Reefs*, v. 23: 559–569
- Osgood K. E. (2008): *Climate Impacts on U. S. Living Marine Resources: National Marine Fisheries Service Concerns, Activities and Needs*, U. S. Dep. Commerce, NOAA

- Philander S. G. H. (1990): El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press, San Diego
- Raymundo L. J., Couch C. S. and Harvell D. C. (2008): Coral disease handbook, Melbourne, Australia
- Rayner N. A., Parker D. E., Horton E. B., Folland C. K., Alexander L. P., Rowell D. P., Kent E. C., Kaplan A. (2003): Global analyses of SST, sea ice and night marine air temperature since the late nineteenth century, J Geophys Res 108
- Richardson L. L., Aronson R. B. (1998): In press. Infectious diseases of reef corals. Intl. Coral Reef Symp., Indonesia
- Rosenberg E., Ben-Haim Y. (2002): Microbial diseases of corals and global warming. Environ Microbiol 4: 318–326
- Sampayo E. M., Ridgway T, Bongaerts P., Hoegh- Guldberg O. (2008): Bleaching susceptibility and mortality of corals are determined by fine-scale differences in symbiont type, PNAS Environmental Sciences 105: 10444-10449
- Salm R. V., Done T. J., McLeod E. (2006): Marine protected area planning in a changing climate. Coast Estuarine Stud 61: 207–221
- Sheppard C. R. C. (2003): Predicted recurrences of mass coral mortality in the Indian Ocean. Nature 425: 294–297
- Shimek R. (2005): Marine invertebrates, Neptune City, T. F. H. Publications, USA
- Spalding M. D., Grenfell A. M. (1997): New estimates of global and regional coral reef areas, Coral Reefs, vol. 16
- Sutherland K. P., Ritchie K. B. (2004): White pox disease of the Caribbean elkhorn coral, *Acropora palmata*. In Coral health and disease, Pp: 289-300. Springer Berlin Heidelberg
- Trench R. K. (1979): The cell biology of plant-animal symbiosis, Annual Reviews of Plant Physiology 30: 485-531
- Van Oppen M. J., Lough J. M. (2008): Coral bleaching: patterns, processes, causes and consequences (Vol. 205). Springer Science & Business Media
- Veron J. E. N. (1993): Corals of Australia and the Indo- Pacific, University of Hawaii Press; 2 Rev Ed edition

- Ward T. J., Vanderklift M. A., Nicholls A. O., Kenchington R. A. (1999): Selecting marine reserves using habitats and species assemblages as surrogates for biological diversity, *Ecological Applications* 9: 691-698
- Weil E. (2004): Coral reef diseases in the wider Caribbean. In: Rosenberg E., Loya Y. (eds) *Coral health and disease*. Springer, Heidelberg: 35–68
- Weil E., Smith G., Gil-Agudelo D. (2006): Status and progress in coral reef disease research. *Dis Aquat Org* 69: 1–7
- Wellington G. M., Glynn P. W. (2007): Responses of coral reefs to El Niño–Southern Oscillation seawarming events. In: Aronson RB (ed) *Geological approaches to coral reef ecology*. Springer, New York: 342–385
- Wells J. W. (1933): *Corals of the Cretaceous of the Atlantic and Gulf coastal plains and western interior of the United States*, O. O., Ithaca
- Williams G. C. (2011): The Global Diversity of Sea Pens (Cnidaria: Octocorallia: Pennatulacea). *PLoS ONE* 6: 1-10
- Wilkinson C. R. (1999): Global and local threats to coral reef functioning and existence: review and predictions, *Mar. Freshw.* 50: 867–878
- Wilkinson C., Linden O., Cesar H., Hodgson G., Rubens J., Strong A. E. (1999): Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean: An ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28: 188-196
- Wilkinson C. R. (2002): *Status of coral reefs of the world: 2002*. Global Coral Reef Monitoring Network, Australian Institute of Marine Science, Townsville
- Wood E. (2001): *Collection of coral reef fish for aquaria: Global trade, conservation issues and management strategies*, Marine Conservation Society, UK. 80pp
- Wooldridge S., Done T., Berkelmans R., Jones R., Marshall P. (2005): Precursors for resilience in coral communities in a warming climate: a belief network approach. *Marine Ecology Prog Ser* 295: 157–169
- Yonge C. M., Nicholls A. G. (1931): The structure, distribution and physiology of the zooxanthellae. (Studies on the physiology of corals IV) *Sci Rep Great Barrier Reef Exped* : 135–176

Webové zdroje

About IUCN. IUCN. [online]. 2014 [cit. 2014-01-12]. Dostupné z: <http://www.iucn.org/about/>

Acropora . *Pets Home.ro*. [online]. 1.1.2008 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.petshome.ro/ROMANA/PESTI/NEVERTEBRATE/ACROPORA.html>

CCCR Projects. IUCN. [online]. 2014 [cit. 2014-01-12]. Dostupné z: <http://www.iucn.org/cccr/projects/>

Coral Bleaching background. *NOAA's Coral Health and Monitoring program*. [online]. 23.1.2015 [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: <http://www.coral.noaa.gov/research/climate-change/coral-bleaching.html>

Dana Riddle and Sara Peck. ReefWatchers Volunteer Group Documents Coral Spawnings in Hawai'i. *Coralscience.org*. [online]. [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.coralscience.org/main/articles/reproduction-10/pocillopora-meandrina>

Increasing protection: corals and mangroves. WWF. [online]. 2014 [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: http://wwf.panda.org/what_we_do/how_we_work/conservation/marine/protected_areas/increasing_protection/corals_mangroves/

Jan Beneš. Přílohy CITES. Česká inspekce životního prostředí. [online]. 2014 [cit. 2014-02-14]. Dostupné z: <http://www.cizp.cz/CITES/Prilohy-CITES>

Karl Mathiesen. Major coral bleaching in Pacific may become worst die-off in 20 years, say experts. *The guardian*. [online]. 19.12.2014 [cit. 2015-03-03]. Dostupné z: <http://www.theguardian.com/environment/2014/dec/19/major-coral-bleaching-pacific-may-worst-20-years>

Ladislav Metelka. El Niño. Oddělení meteorologie a klimatologie. [online]. 2014 [cit. 2014-02-14]. Dostupné z: http://old.chmi.cz/HK/OK/ELNINO/ok_nino.htm

Marion McClary. The Encyclopedia of Earth. *Threats to coral reefs*. [online]. 14.6.2012 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: <http://www.eoearth.org/view/article/156613/>

McClary M. Threats to coral reefs. The encyclopedia of world. [online]. 14.1.2015 [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: <http://www.eoearth.org/view/article/156613>

Murphy R. C. (2002): Coral reefs: Cities under the seas, The Darwin Press

Tim Wijgerde. Azooxanthellate corals. *Coralscience.org*. [online]. [cit. 2015-03-03].
Dostupné z: <http://www.coralscience.org/main/articles/nutrition-6/azooxanthellate-corals>

Obura, D., Fenner, D., Hoeksema, B., Devantier, L. & Sheppard, C. *Millepora striata*. *The IUCN Redlist of Threatened Species*. [online]. 1.1.2008 [cit. 2015-02-12].
Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/details/133466/0>

Richards Z. *Acropora speciosa*. *The IUCN Redlist of Threatened Species*. [online]. 2008 [cit. 2014-03-01]. Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/details/133338/0>

Sheppard, A., Fenner, D., Edwards, A., Abrar, M. & Ochavillo, D. 2014.. *Porites eridani*. *The IUCN Redlist of Threatened Species*. [online]. 3.1.2008 [cit. 2015-02-12]. Dostupné z: <http://www.iucnredlist.org/details/132897/0>

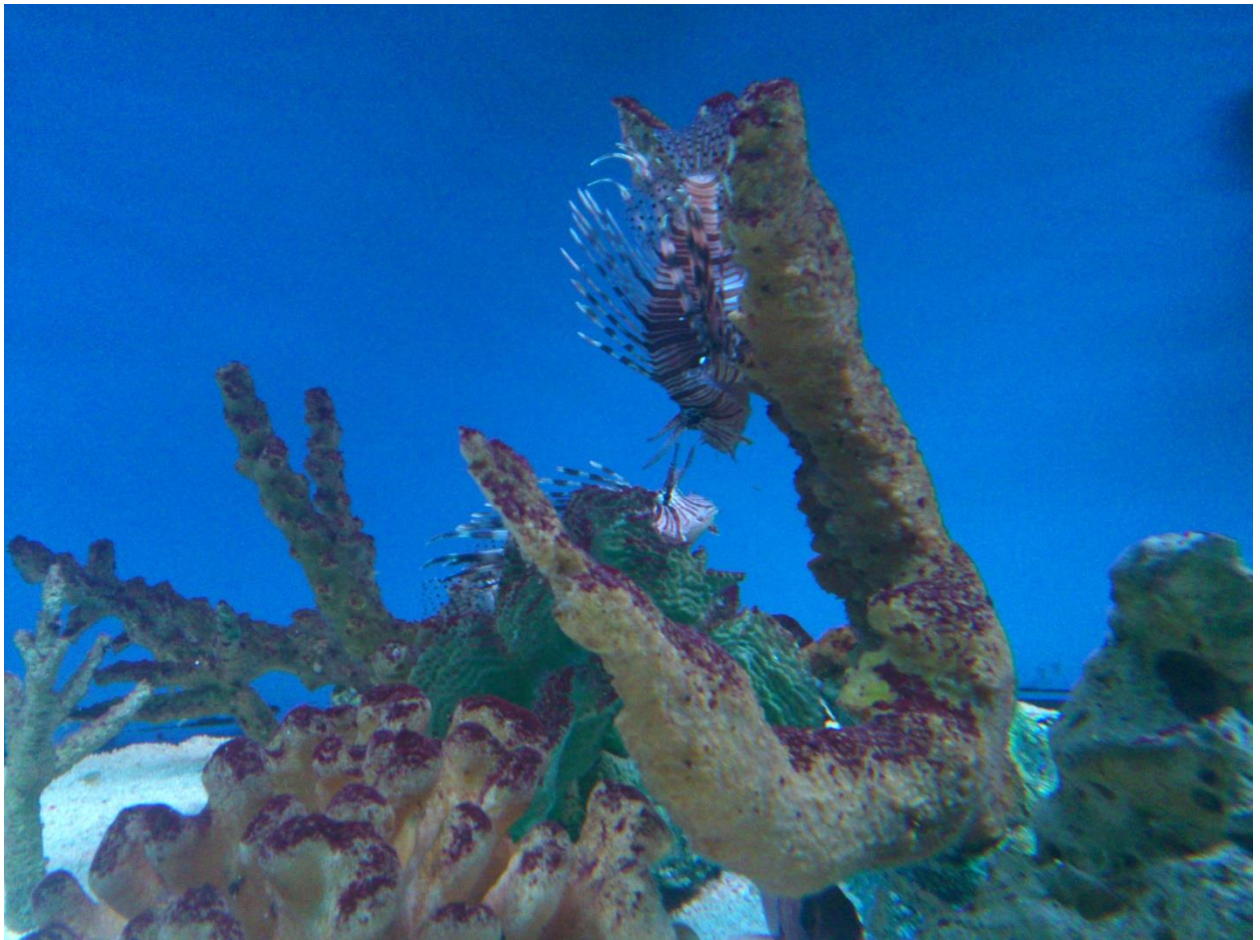
Status of Corals. NOAA Coral reef conservation program. [online]. 2014 [cit. 2014-02-10]. Dostupné z: <http://coralreef.noaa.gov/conservation/status/>

The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 12.02 2015

What is CITES. CITES. [online]. 2014 [cit. 2014-02-14]. Dostupné z: <http://www.cites.org/eng/disc/what.php>

What we do. Coral Reef Alliance. [online]. 2014 [cit. 2014-01-11]. Dostupné z: <http://coral.org/what-we-do/improve-reef-management/increase-local-management-capacity/>

8. PŘÍLOHY



Obr. 16: Mrtví koráli v pražském akváriu, v pozadí dva perutýni ohnivý (*Pterois volitans*), (Autor: Martina Merzová, 29. 9. 2013)



Obr. 17: Mrtvý korál v pražském akváriu (Autor: Martina Merzová, 29. 9. 2013)



Obr. 18: Mrtví koráli v pražském akváriu - dekorace mořského dna (Autor: Martina Merzová, 29. 9. 2013)



Obr. 19: Mrtví koráli v pražském akváriu (Autor: Martina Merzová, 29.9.2013)

8.5. Dotazník pro mořská akvária v ČR

Jak dlouho se věnujete chovu korálů?

Jaké druhy korálů chováte u Vás v akváriu?

Kdo se u Vás o korály stará?

Setkali jste se s blednutím korálů?

Pokud ano, jaký stresový faktor zapříčinil jejich blednutí?

Jak dlouho trvalo, než se korály zotavili z blednutí?

Setkali jste se s blednutím sasaneč?

Setkali jste se někdy s nějakým typem těchto nemocí u Vašich korálů? (white patch, white plague, ulcerative white spots, jiná)

Setkali jste se již s rybí predací? Pokud ano, u jakých druhů ryb to bylo?

8.6. Dotazník pro chovatele korálů

- 1) Setkali jste se v běžné praxi s blednutím korálů?
- 2) Pokud ano, u jakých druhů se blednutí vyskytovalo nejvíce?
- 3) Pěstujete korály, nebo si je necháváte dovážet?
- 4) Pokud si je necháváte dovážet, jaká je procentuální úmrtnost korálů při převozu?
- 5) Pokud si korály necháváte dovážet, kolik Vám jich dovezou v průměru za rok?

8.7 Dotazník pro studenty Jihočeské univerzity

Jakou fakultu JČU studuješ?

Zajímáš se o podmořský svět?

Navštívil/a jsi některé mořské akvárium?

Setklal/a jsi se s pojmem blednutí korálů? Pokud ano, kde?

Chtěl/a by jsi o blednutí korálů vědět víc?

Už jsi někdy zkoušel/a potápění s přístrojem?

8.8. Dotazník pro české potápěče

- 1) Víte, že koráli jsou celosvětově chráněni úmluvou CITES?
- 2) Co podle Vás nejvíce ohrožuje korálové útesy?
- 3) Setkali jste se někdy s termínem blednutí korálů? (angl. coral bleaching)
- 4) S čím si myslíte, že blednutí souvisí?
- 5) Chtěli byste se dozvědět více o problematice blednutí korálů?
- 6) Viděli jste někdy predaci na korálech?
- 7) Uměli byste rozeznat od sebe korál postižený blednutím a predací?
- 8) Setkali jste se někdy s nějakou nemocí korálů?
- 9) Zapojujete se aktivně do ochrany mořského ekosystému při Vašich potápěčských/šnorchlovacích cestách?

- 10) Myslíte si, že je o mořské organismy držené v zajetí dobře postaráno?
- 11) Máte doma mořské akvárium?
- 12) Jak dlouho se věnujete mořské akvaristice a chovu korálů?
- 13) Jaké korály chováte?
- 14) Setkali jste se někdy s blednutím korálů ve Vašem akváriu?
- 15) Co myslíte, že bylo stresovým faktorem?
- 16) Setkali jste se někdy s blednutím sasanek?
- 17) Setkali jste se v domácích podmínkách s predací na korálech?
- 18) Navštívili jste někdy mořské akvárium?
- 19) Jaké mořské akvárium jste navštívili v ČR?
- 20) Navštívili jste mořské akvárium v zahraničí?
- 21) Viděli jste nějaká negativa ve stavu korálů držených v zajetí?
- 22) Jak na Vás celkově návštěva akvária působila?
- 23) Přejde Vám, že cena vstupného je úměrná poskytované péči mořským organismům?
- 24) Pohlaví
- 25) Věk
- 26) Jak dlouho se potápíte/šnorchlujete?
- 27) Máte přírodovědecké vzdělání?
- 28) Jste držitelem certifikace Reef Check Eco Diver?
- 29) Slyšeli jste někdy o tom, že koráli mají v sobě symbiotické řasy?

8.9. Přehled nejčastěji chovaných druhů korálů v ČR

Acropora

Čeled': Acroporidae

Rozšíření: Indo-Pacifik, Z Tichomoří, JV Asie, Nová Kaledonie, Filipíny, Fidži, Papua

Zbarvení: hnědé, zelené, někteří pestrobarevní

Ochrana: Vulnerable (dle druhů)

Příklad druhů: *Acropora sensis*, *Acropora aculeus*, *Acropora Awi*, *Acropora globiceps*

Lobophylia

Čeleď: Mussidae

Rozšíření: Indický a Tichý oceán, Madagaskar, Rudé moře, Japonsko, V Čína, Pacifik

Zbarvení: červené, modré, zelené, fialové

Ochrana: Least concern

Příklad druhů: *Lobophylia corymbosa*, *Lobophylia hemprichii*, *Lobophylia costata*, *Lobophylia serratus*

Pocillipora

Čeleď: Pocilloporidae

Rozšíření: Indický a Tichý oceán

Zbarvení: žluté, růžové, modré, zelené

Ochrana: Least concern

Příklad druhů: *Pocillopora capitata*, *Pocillopora effusus*, *Pocillopora inflata*, *Pocillopora zelli*

Montipora

Čeleď: Acroporidae

Rozšíření: Indický oceán, Pacifik, Afrika, Madagaskar, Srí Lanka, JV Asie, Japonsko, Papua, Nová Kaledonie, Mikronésie, Fidži, Rudé moře

Zbarvení: hnědé, růžové, zelené

Ochrana: Least concern

Příklad druhů: *Montipora ambigua*, *Montipora cactus*, *Montipora grisea*, *Montipora undata*

Pavona

Čeľad: Agariciidae

Rozšíření: Indo- Pacifik, Japonsko, Austrálie, Rudé moře

Zbarvení: světle hnědé, zeleno-hnědé

Ochrana: Vulnerable

Příklad druhů: *Pavona clavus*, *Pavona Minor*, *Pavona venosa*, *Pavona minuta*