

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program:
Ekologická a evoluční biologie



Václav Koucký

Bezobratlí živočichové indikující mořské louky se zaměřením na měkkýše.
Invertebrates indicative of seagrass meadows with a focus on molluscs.

Bakalářská práce

Vedoucí práce/Školitel:
doc. RNDr. Lucie Juříčková, Ph.D.

Praha, 2024

Poděkování:

Děkuji paní docentce Juříčkové a panu docentu Kraftovi za jejich pomoc a vstřícnost a svým přátelům a rodině za podporu.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 17.04.2024

Podpis:

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping loops and strokes, positioned below the 'Podpis:' label.

Obsah

- 1. Úvod**
- 2. Ekologie ekosystému mořských trávníků**
- 3. Biogeografie a taxonomie mořských trav**
- 4. Tafonomie ekosystémů mořských trávníků**
- 5. Infauna mořských trávníků**
- 6. Epifauna mořských trávníků**
- 7. Souhrn**
- 8. Použitá literatura**

Úvod

Studium paleohabitatů naší planety je důležité nejen kvůli rozšíření našich vědomostí, ale pohled na vývoj ekosystémů v čase geologického měřítka nám může posloužit k lepšímu pochopení těchto prostředí a pomoci nám odhadnout, co můžeme očekávat vzhledem ke globálním změnám prostředí (Pardi & Smith, 2012).

Mořské trávy jsou krytosemenné rostliny z čeledí Potamogetonaceae a Hydrocharitaceae. Původem se jedná o rostliny vyvinuté na souši, které se navrátily do mořského prostředí (Waycott et al., 2006). Z fosilií, které máme, můžeme odvodit, že mořské trávy se oddělily nejspíše již během rané evoluce krytosemenných a vznik této skupiny umístíme do pozdní křídly oceánu Tethys (Ivany et al., 1990; Kuo & den Hartog, 2006)

Porosty mořských trav tvoří vysoce produktivní ekosystémy klíčové pro život při mořském pobřeží všech kontinentů kromě Antarktidy (Short et al., 2007), společně s korálovými útesy a mangrovy tvoří mozaiku vysoce produktivních prostředí mělkých pobřežních vod (Mateo et al., 2006). I přes svůj význam je naše znalost biodiversity porostů mořských trav značně limitovaná. Studie zaměřené na faunu bývají omezené na konkrétní skupiny živočichů obývajících mořské trávníky jako ryby nebo některé skupiny bezobratlých. Studie zpracovávající celkové složení makrofauny jsou vzácné a kompletní druhové složení fauny většiny porostů mořských trav zůstává nezpracováno. Vzácné jsou rovněž studie mořských trav v kenozoiku (Reich, 2014), což může být způsobeno nízkým fosilizačním potenciálem mořských trav (Ivany et al., 1990). Pokud chceme studovat tento velmi významný ekosystém, musíme kvůli vzácnosti makrofosilií i fosilizovaného pylu mořských trav pracovat s řadou dalších indikátorů tohoto ekosystému. Mezi tyto indikátory patří Foraminifera, epifytické rostoucí koralinátní ruduchy, polypovci rodu *Dynamena* a mechovky, dále pak asociované druhy korálů, lasturnatek a ostnokožců, otolity ryb z čeledi Sciaenidae a pozůstatky sirén. Důležitými indikátory jsou také měkkýši (Reich, 2014), kteří jsou krom charakteristik mořských trav, jejich ekologie, biogeografie, taxonomie a tafonomie předmětem této práce.

Používání indikátorů k vyvození původního ekosystému závisí na uniformitarianistickém předpokladu, že ekosystémy byly oproti dnešku bez velkých kvalitativních rozdílů (Rull, 2010), což je u epifauny některých porostů potvrzeno (Reich, 2014).

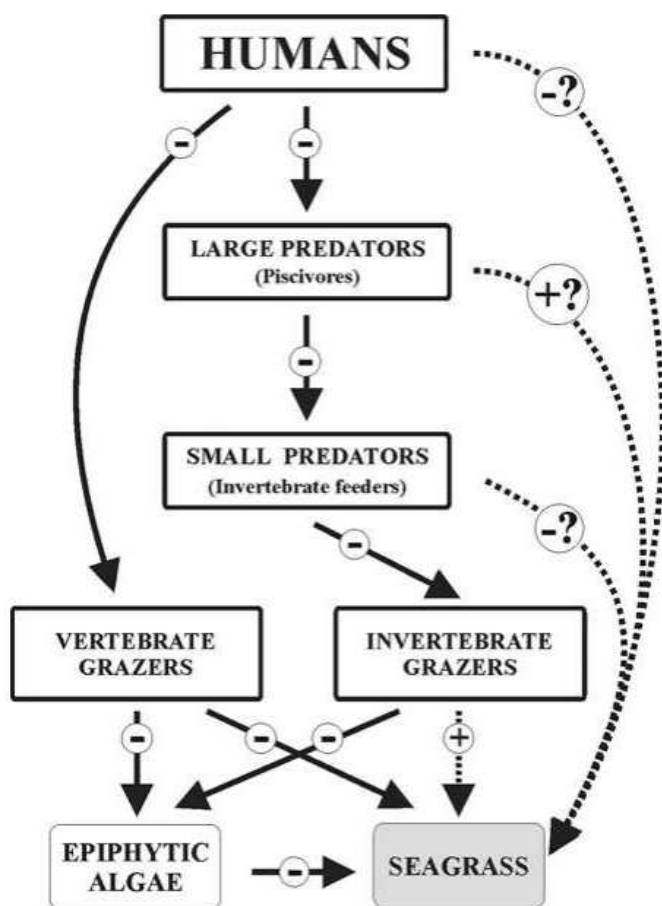
Tato bakalářská práce si klade dva cíle:

1. Identifikace indikačních druhů mořských trávníků v dostupné literatuře.
2. Zjištění variability použitelnosti jejich indikační hodnoty a definování možných úskalí těchto indikátorů.

Ekologie ekosystémů mořských trávníků

Mořské trávy jsou vodní krytosemenné rostliny plně adaptované k životu v moři. Vyskytují se v mělkých pobřežních vodách a do jisté míry jsou schopné proniknout do ústí řek a brakické vody, ve sladké vodě se však vůbec nevyskytují (den Hartog, 1967). Porosty mořských trav patří mezi nejvíce rozšířené a produktivní ekosystémy mělkých moří na světě. Mořské trávy poskytují fyzickou strukturu na jinak jednotvárném sedimentárním dně, čímž podporují biodiverzitu, množství biomasy a primární a sekundární produkci (Duffy, 2006). Porosty mořských trav také plní řadu dalších ekosystémových funkcí, chrání pobřeží, zlepšují usazování sedimentu, zachycují uhlík a slouží jako habitat pro mnoho juvenilních i dospělých mořských organismů (Lefcheck et al., 2019). Listy mořských trav slouží jako substrát pro růst epifytických řas, které zvyšují primární produkci ekosystému a slouží jako důležitý zdroj potravy pro býložravce, kteří jsou loveni predátory žijícími v porostech mořských trav i mimo ně a slouží tak jako klíčová součást potravních sítí (Orth et al., 1984).

V současnosti jsou důležitými součástmi potravní sítě rostliny, epifytické řasy, býložravci bezobratlí, predátoři bezobratlých, rybožraví predátoři a člověk (Obr. 01) (Valentine & Duffy, 2006).



Obr. 01) Schématická ilustrace zjednodušené potravní sítě porostů mořských trav. Plné šipky označují přímé a přerušované nepřímé vlivy. Znaménka plus a mínus označují kladné a záporné účinky, které má jedna skupina organismů na druhou, ve směru šipky. Nepřímé, kaskádové účinky lidí a dalších predátorů na mořské trávy jsou označeny otázníky, odrážející současný nedostatek dat k vyhodnocení těchto potenciálních vlivů. Hypotetické lidské dopady zahrnují pouze ty, které se dějí prostřednictvím potravní sítě, ne ty vyplývající z eutrofizace a jiných rušivých vlivů (Valentine & Duffy, 2006).

Eutrofizace, nadměrný rybolov, destrukce habitatů a znečištění mají za výsledek značné změny hojnosti, druhového složení, struktur ekosystémů a regionální i globální vymírání. V porostech mořských trav je velmi důležitá identita dominantního druhu mořských trav, která ovlivňuje biogeochemii sedimentů, koloběh živin, okysličení vodního sloupce, primární a sekundární produkci a řadu dalších faktorů (Duffy, 2006).

Jako obecné pravidlo se zdá, že déle žijící a více strukturálně komplexní mořské trávy mají větší druhovou diverzitu epifytů, ovšem pro úplné ověření tohoto tvrzení bylo zatím provedeno příliš málo studií. Epifytyckým porostům dominují počtem druhů i biomasou Rhodophyta, podobně jako v okolním prostředí. Jiné skupiny řas tvoří většinu perifytonu pouze za zvláštních okolností (Borowitzka et al., 2006).

Epifytická společenstva se neliší pouze u rostlin s výrazně rozdílnou morfologií, ale najdeme rozdíly mezi porosty zástupců stejného rodu s nevelkými morfologickými rozdíly i mezi různými lokalitami porostů mořských trav stejného druhu ve stejném prostředí i rozdíly v epifytických komunitách v rámci jedné rostliny včetně různé biodiverzity a biomasy perifytonu na dvou stranách jednoho listu (Borowitzka et al., 2006). Rozdíly najdeme i v epifytických porostech v různých ročních obdobích, jelikož se epifyty mořských trav liší v sezonalitě, některé se vyskytují celoročně, jiné pouze část roku (den Hartog, 1967).

Řidší porosty mořských trav např. *Nanozostera* spp., *Halodule* spp. a *Halophila* spp. vykazují menší vliv na své okolí, jejich hlavní funkcí je pouze stabilizace dna, zapojenější porosty většiny ostatních druhů mořských řas kromě stabilizace dna více tlumí pohyby vody a umožňují tak sedimentaci značného objemu hmoty z vodního sloupce (den Hartog, 1967).

Podobně jako u primárních producentů je v tomto ekosystému důležité i které druhy býložravců se v porostech mořských trav vyskytují (Duffy, 2006). Býložravci ve fauně ekosystémů mořských trav početně dominují, tudíž by měli hrát zásadní roli v ovlivňování struktury a funkce společenstev mořských trav (Valentine & Duffy, 2006). V dnešní době jsou počty velkých býložravců příliš nízké, aby zastávali svou ekologickou funkci (Jackson et al., 2001) a většina býložravců mořských trav jsou bezobratlí živočichové adaptovaní na konzumaci epifytických řas. V období hojného výskytu megaherbivorů byly nejspíš společenstva bentických bezobratlých chudší, v dnešní době bylo zjištěno, že spásání mořských trav dugongy má negativní impakt na biomasu těchto společenstev. Mlži jsou jedna z mála skupin, u kterých nebyl touto studií zjištěn významný pokles (Skilleter et al., 2007). V rozsáhlých oblastech zejména mírného pásma jsou spásací epifytických řas jedinými býložravci porostů mořských trav a hrají zde zásadní roli, bez jejich přítomnosti by epifytické řasy rostly na listech mořských trav tak hustě, že by jim bránily ve fotosyntéze a zahubily je (Valentine & Duffy, 2006).

Zdá se, že až po období před cca 2-3 miliony let byla většina primární produkce zkonsumována herbivory na rozdíl od současnosti, kdy skončí ve formě detritu. Můžeme tak

usoudit z fosilního záznamu a adaptací mořských trav podobných těm, které se vyvinuly u suchozemských rostlin rostoucích pod silným tlakem spásání (Valentine & Duffy, 2006).

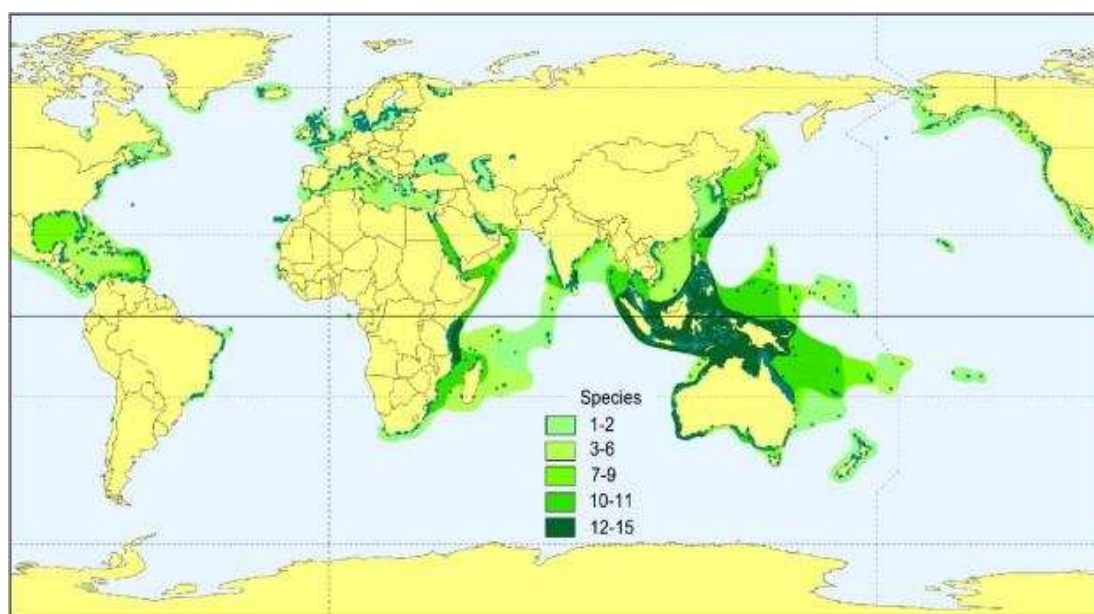
Porosty mořských trav nejsou ani dnes pouze zdroji detritu. Recentní druhy sirén a některé druhy vodního ptactva se z velké části nebo obligátně živí mořskými travami, některé z druhů ryb primárně se vyskytujících na korálových útesech konzumují mořské trávy, Pro mnoho dalších druhů zejména bezobratlých jsou porosty mořských trav důležité jako prostředí vývoje mláďat (Duffy, 2006; Valentine & Duffy, 2006), významnost této funkce se liší podle zeměpisné šířky a nejpodstatněji pozitivně ovlivňují společenstva subtropického pásu (McDevitt-Irwin et al., 2016).

U mořských trav se vyskytuje řada odlišných mechanismů šíření, patří mezi ně plovoucí plody, rhipidia (typ květenství), a viviparní semenáčky, které jsou schopné šíření na velké vzdálenosti. Některé druhy mořských trav naopak produkují semena v sedimentu nebo na něm a disperze mimo původní porosty je mimo významné disturbance minimální. Tyto druhy mořských trav zůstávají po dlouhá období na stejném místě a na nová stanoviště se rozšiřují zřídka (Kendrick et al., 2012). Mořské trávy se šíří propagulemi i vegetativně na podobné vzdálenosti, zásadně se však liší časová období tohoto rozšiřování, od hodin po tisíce let. Šíření na velké vzdálenosti za různá časová období je důležitá vlastnost pohybové ekologie mořských trav, jelikož má za výsledek vysokou genetickou spjitost, která působí proti alopatrické speciaci (McMahon et al., 2014). Dalšími vektory rozšiřování mořských trav je šíření semen mořským ptactvem (Valentine & Duffy, 2006) a megaherbivory (Tol et al., 2017).

Kromě dopadů lidské činnosti mohou na porosty mořských trav negativně působit také nemoci. Labyrinthuly (Heterokontha) způsobovaly zejména ve 30. letech 20. století chorobu zvanou "wasting disease", která dramaticky zredukovala rozlohu porostů mořských trav. Tato nemoc je nejspíš původcem odumírání porostů mořských trav i v současnosti (Bell et al., 2006).

Biogeografie a taxonomie mořských trav

Marinní rostliny musí mít několik vlastností: musí být adaptované na život v saliním médiu, být schopné růstu kompletně ponořené, mít kořenový systém ke stabilnímu zakotvení ve dně a hydrofilní mechanismus opylování. Ne všechny rostliny splňující tato kritéria se za normálních podmínek vyskytují v marinním prostředí a to i přes to, že mají větší rozpětí tolerance salinity než mořské trávy. Zdá se že tyto druhy jsou schopné žít ve slané vodě, ale nejsou schopné kompetovat s mořskými travami. Široká tolerance environmentálních podmínek spojená se sníženou schopností kompetice s více stenobiotickými druhy za stabilních podmínek je nejspíš obecným pravidlem ekologie (den Hartog & Kuo, 2006).



Obr. 02) Globální biodivezita a rozšíření mořských trav (2005 UNEP-WCMC)

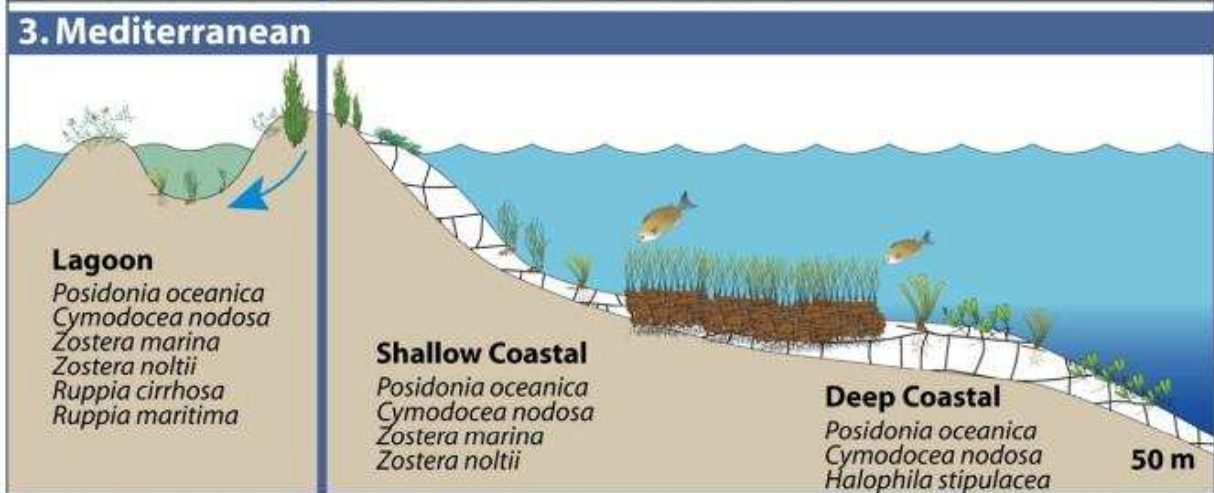
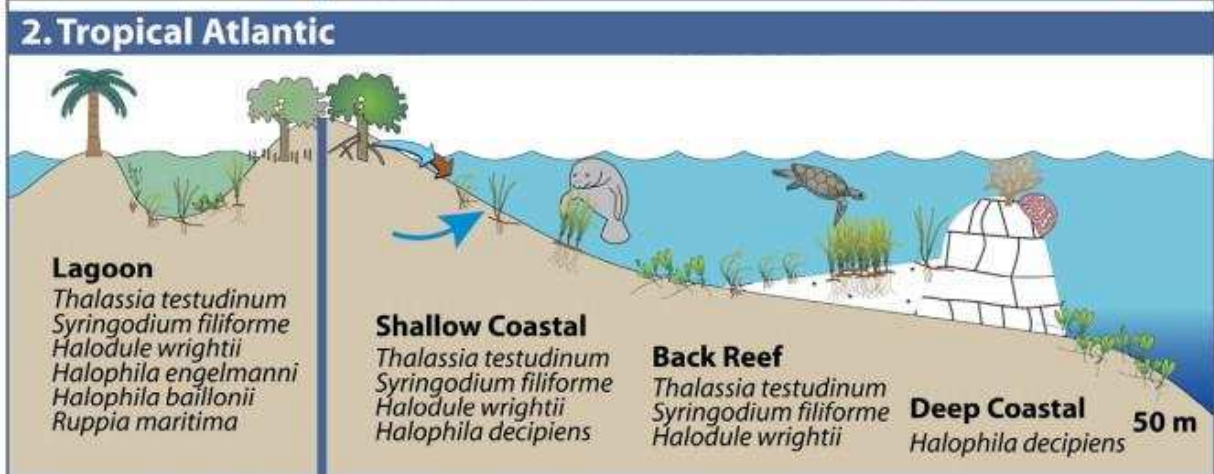
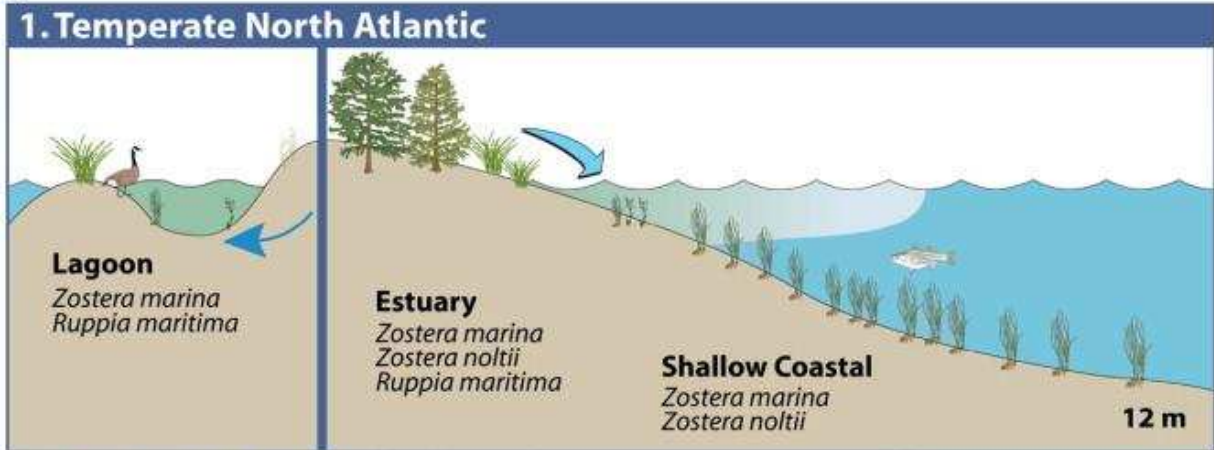
Všechny mořské trávy rostou v litorálním pásmu do hloubek 90 m (Duarte, 1991), limitujícími faktory jsou dostatečný přísun slunečního světla, teplota, salinita a antropogenní faktory. Oblasti s velkými rozdíly mezi úrovní hladiny při přílivu a odlivu mohou při odlivu vystavovat mořské trávy vysokým nebo nízkým teplotám, radiaci a vzduchu, což může rostliny poškozovat. Limitujícími faktory tropických mořských trávníků jsou hlavně vysoké teploty a vystavení radiaci. Tropické mořské trávy může také kvůli vysoké míře evaporace ohrozit hypersalinita a kvůli oligotrofní povaze velkého množství dnešních tropických oceánů nedostatek živin (Short et al., 2007).

Mořské trávy se mezi sebou značně liší teplotní tolerancí, *Halodule uninervis*, zástupce tropického rodu *Halodule* je uvnitř svého teplotního optima při teplotě 33 °C (Collier et al., 2011) a pouze jediný druh tohoto rodu zasahuje mimo tropické pásmo, naopak *Zostera marina* odolává v severních extrémech svého výskytu teplotě vody kolem 4 °C a nevyskytuje se ve vodách teplejších, než je Středozevní moře (Short et al., 2007).

Ne všechny druhy mořských trav mají stejné rozpětí odolnosti vůči salinitě, řada druhů zejména z rodů *Zostera*, *Cymodocea*, *Halodule* a *Halophila* jsou schopné růst i v ústí řek (den Hartog & Kuo, 2006).

Centrum druhové diverzity mořských trávníků se nachází v tropickém pásu, zejména v oblasti jihovýchodní Asie a severní Austrálie (Obr. 02), tato oblast je centrum druhové diverzity také pro korálové útesy, mangrovové lesy a tropické ryby. Pro zdůvodnění této oblasti jako centra druhové rozmanitosti existuje několik teorií: může jít o důsledek průsečíku příznivých mořských proudů, teplot v rámci optima mořských trav během dob ledových nebo o kombinaci důsledků neškodných teplot a změn úrovní mořské hladiny. Mořské trávy se vyskytují hojně i v pásu mírném a v oblastech teplých mořských proudů je můžeme najít i za polárním kruhem. Počet druhů mořských trav je relativně nízký (do 60) a druhové zastoupení mírného pásu se společně s druhy vyskytujícími se v arktických oblastech zhruba rovná počtu tropických druhů. Rozšíření mořských trav nám může pomoci pochopit tyto komplexní habitaty a jejich bioregionální charakteristiky (Short et al., 2007).

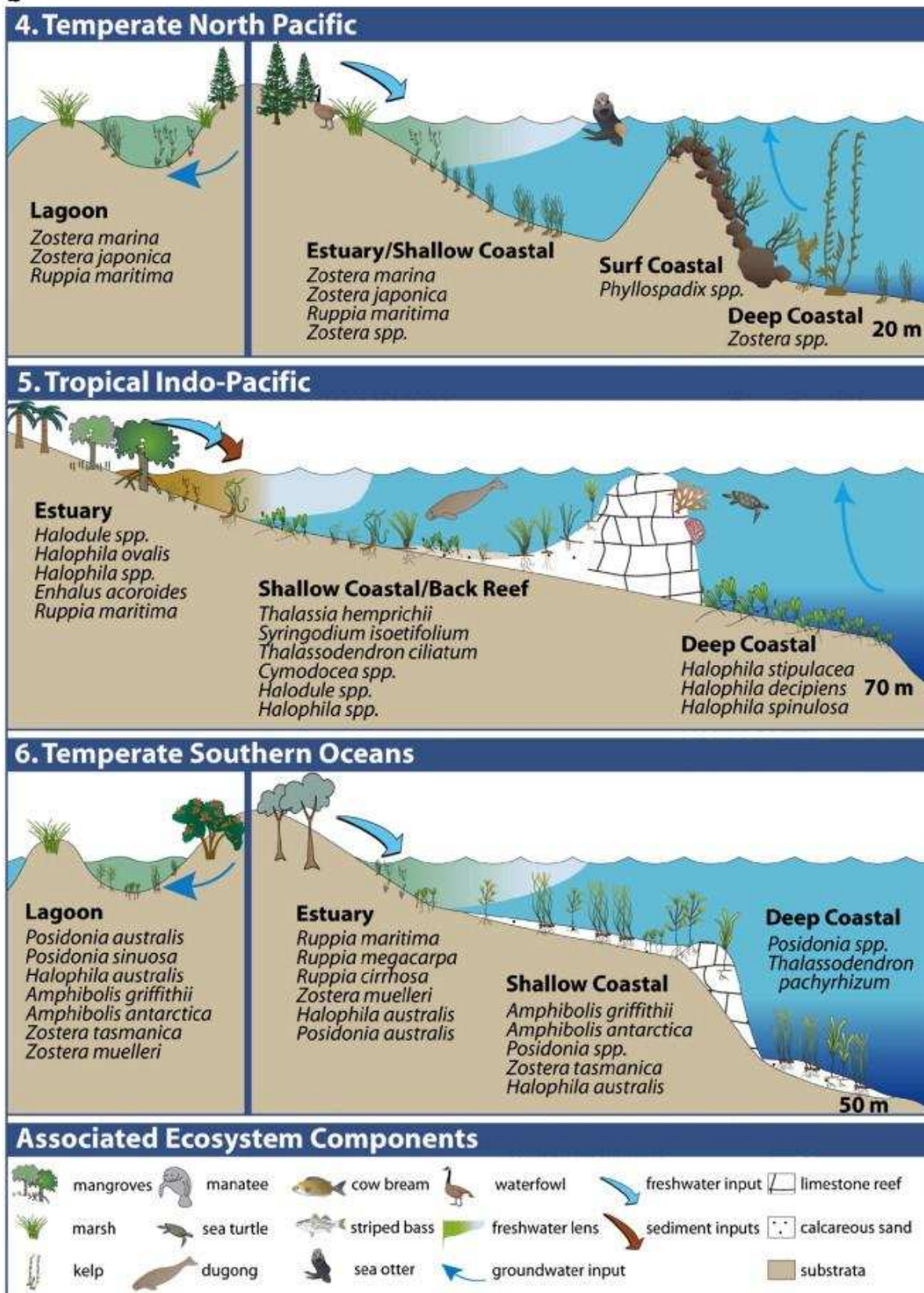
a



Seagrass Genera

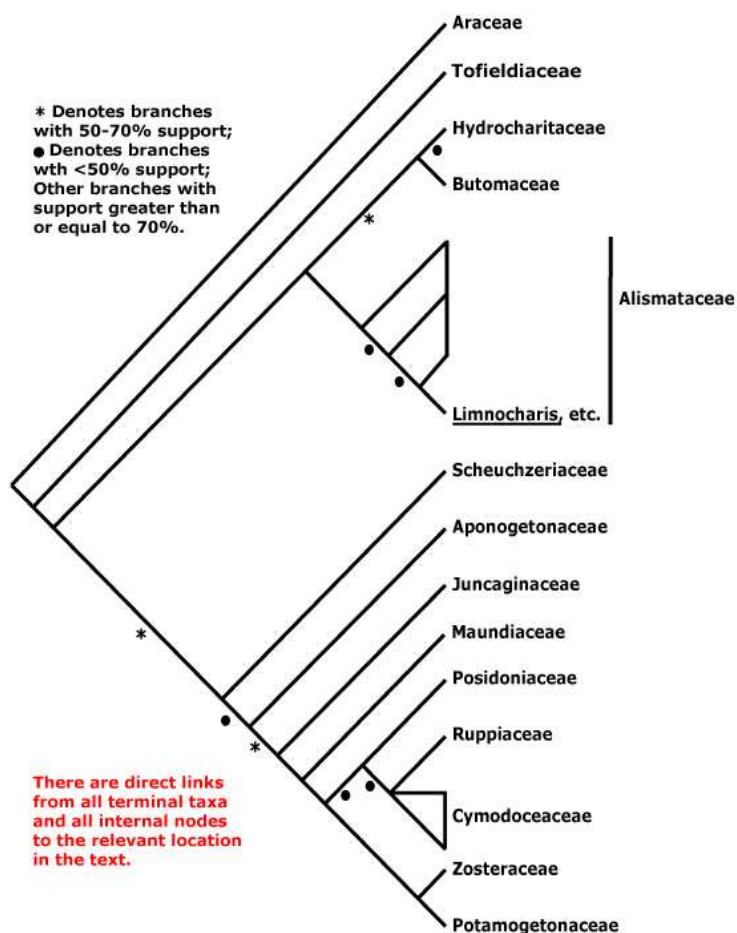
Tropical			Temperate/tropical		Temperate	
<i>Cymodocea</i>	<i>Syringodium</i>	<i>Halodule</i>	<i>Thalassodendron</i>	<i>Zostera</i>	<i>Phyllospadix</i>	
<i>Enhalus</i>	<i>Thalassia</i>	<i>Halophila</i>	<i>Ruppia</i>	<i>Amphibolis</i>	<i>Posidonia</i>	

b

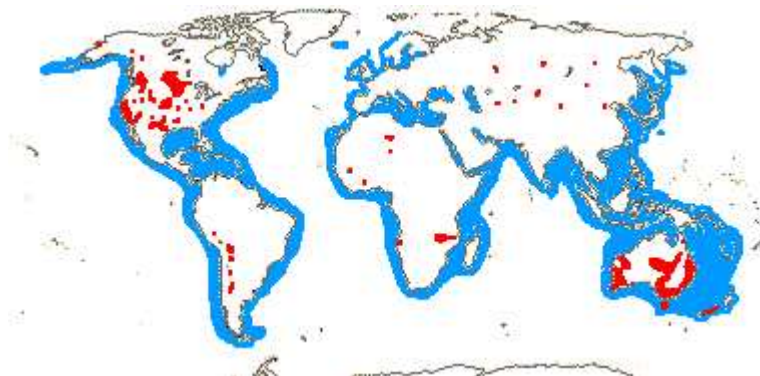


Obr. 03 a 04) Diagramy demonstrující geografické rozdíly v habitatech mořských trav (Short et al., 2007)

Mořské trávy tvoří ekologickou skupinu, dle současného konsensu jsou parafyletické. Čeledi obsahující pouze mořské trávy: Zosteraceae, Cymodoceaceae a Posidoniaceae spadají do řádu Alismatales, kde tvoří monofyletickou skupinu společně s Ruppiaceae a Potamogetonaceae (Chen et al., 2022; Li et al., 2021; Ross et al., 2016; Sokoloff et al., 2013; The Angiosperm Phylogeny Group et al., 2016), zdá se, že adaptace na mořské prostředí není pro tuto skupinu ancestrální, ale vyvinulo se třikrát (Les et al., 1997).



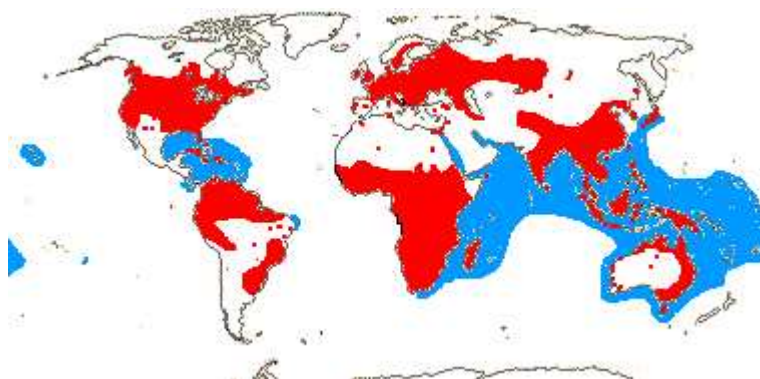
Obr. 05) Kladogram řádu Alismatales (Stevens, 2022)



Obr. 06) Rozšíření čeledi Ruppiaceae (Stevens, 2022)

Ruppiaceae, česky táhlicovité, jsou téměř kosmopolitně rozšířené (Výskyt Ruppiaceae, The Herbarium Catalogue, Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet [Http://Www.Kew.Org/Herbcat](http://www.kew.org/herbcat), 2024). Jedná se o čeleď vodních jednoletých či vzácně vytrvalých rostlin (Haynes et al., 1998). Do této čeledi patří pouze rod *Ruppia*. Rostliny se vyskytují celosvětově od sladké vody po hypersalinní podmínky (Short et al., 2007). Jeden druh je vázaný obligátně na mořské prostředí: *Ruppia* aff. *tuberosa*, avšak zařazení mezi mořské trávy je sporné (den Hartog & Kuo, 2006). Počet druhů *Ruppia* se může v budoucnu snadno změnit jelikož musí tento rod projít celosvětovou revizí (den Hartog, 2016). Ruppiaceae jsou sesterskou čeledí Cymodoceaceae, někdy jsou též řazeny pouze jako součást komplexu této čeledi (Silva et al., 2021).

Potamogetonaceae jsou čeleď akvatických, výjimečně semiakvatických rostlin s ponořenými nebo plovoucími listy a vynořenými květenstvími, žádné druhy nejsou marinní. Tato čeleď zahrnuje 3 rody (Lindqvist et al., 2006) a přibližně 100 druhů vyskytujících se zejména v mírném pásu severní polokoule (Haynes & Holm-Nielsen, 2003).



Obr. 07) Rozšíření čeledi Hydrocharitaceae (Stevens, 2022)

Další čeleď v rámci Alismatales obsahující mořské trávy je Hydrocharitaceae, tři ze šestnácti rodů (Xu & Chang, 2017) této čeledi jsou marinní, ostatní jsou sladkovodní (den Hartog & Kuo, 2006). Jedná se o jednoleté i vytrvalé byliny. Marinní rody této čeledi jsou *Enhalus*,

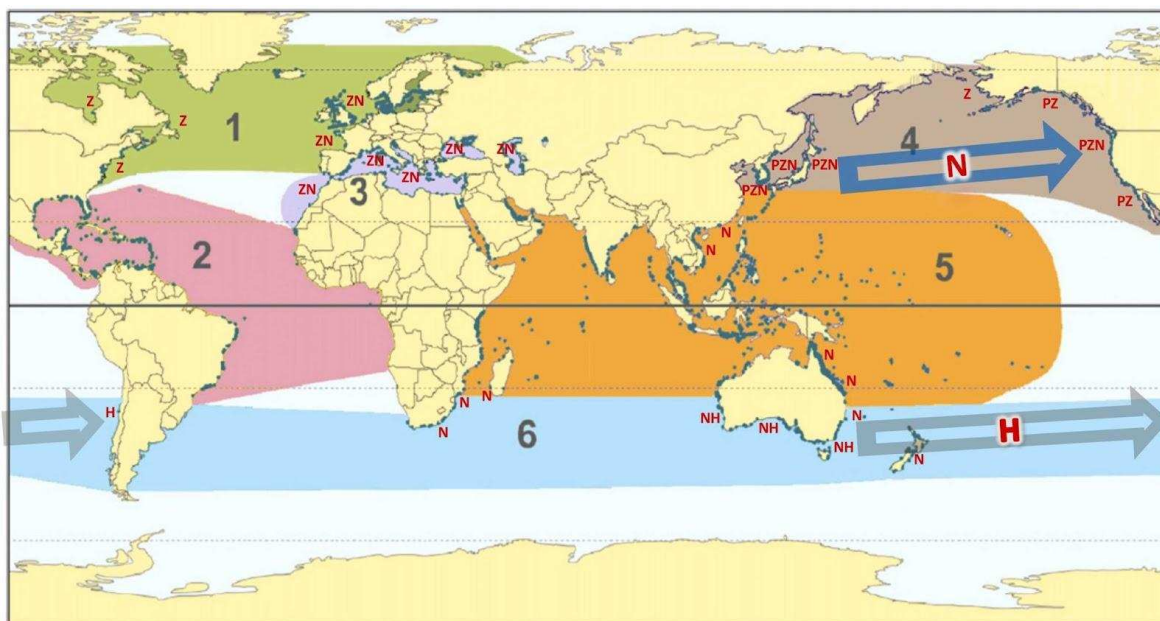
Thalassia a *Halophila*, vyskytují se podél pobřeží Indického a Tichého oceánu na východ až k Havaii a na Tahiti, ale nezasahují na americké pobřeží.

Enhalus je monotypický rod vyskytující se v tropech starého světa od Madagaskaru po Mikronésii, Melanésii a severozápadní Queensland, dále se také vyskytuje u ostrovů Karibiku. Tento rod najdeme na mělkých chráněných místech při pobřeží, kde roste gregariózně a pokrývá velká území s písčítými a bahnitými dny. *Enhalus* je asociován s jinými mořskými travami např. *Halophilou ovalis* (den Hartog, 1955).

Thalassia je rod sestávající ze dvou druhů, *Thalassia hemprichii* a *Thalassia testudinum*, morfologicky jsou si velmi podobné, geneticky je však jejich druhová samostatnost potvrzena. Dnes uznávaná hypotéza říká, že společný předek obou druhů se vyskytoval v moři Tethys a po jeho rozdělení kontinentálním driftem došlo k vzniku samostatných druhů (Tussenbroek et al., 2006), což také vysvětluje jejich rozšíření. *Thalassia hemprichii* se vyskytuje v tropickém pásu Indického oceánu, severní hranice jejího výskytu spočívá na únorové isothermě vody 21°C (den Hartog, 1955). *Thalassia testudinum* se vyskytuje v Karibiku, kde je jedním ze tří dominantních druhů mořských trav (Short et al., 2007). *Thalassia* se vyskytuje v mělkých chráněných zátokách, ústích řek a také v nevysychajících jezírkách oddělených při odlivu. S jinými druhy mořských trav tvořivají *T. hemprichii* i *T. testudinum* rozsáhlé porosty, kde někdy bývají nejzastoupenějšími druhy. *Thalassia hemprichii* se často vyskytuje na bahnitém korálovém písku (den Hartog, 1955). Rod *Thalassia* má obrovský vliv na udržení rovnováhy mnoha pobřežních ekosystémů (Tussenbroek et al., 2006).

Rod *Halophila* má ze všech rodů mořských trav největší počet druhů (Short et al., 2007) a rostliny nejmenšího vzrůstu (Kuo, 2020). Rod *Halophila* je primárně tropický, ale zasahuje do mírného pásu na severní i jižní polokouli. Dva druhy *H. ovalis* a *H. decipiens* jsou celosvětově rozšířené, zatímco většina ostatních druhů je limitovaná na jeden bioregion a některé jsou endemické (Short et al., 2007; Waycott et al., 2002). *Halophila stipulacea* je druh původní pro Rudé moře invadující Středozemní moře z východu po otevření Suezského průplavu (Short & Green, 2003). *Halophila ovalis* roste na různých podložích včetně korálových útesů většinou do 5 metrů pod hranicí odlivu, je odolná proti znečištění a roste i daleko mimo tropický pás na severní i jižní polokouli (den Hartog, 1955). *Halophila decipiens* je původně tropický druh, je často dominantní v kalné mělké nebo hluboké vodě (Josselyn et al., 1986), roste až do hloubek 58 metrů. Vyskytuje se v tropickém pásu Atlantiku a Indopacifiku a nepůvodně také v částech Středozemního moře a mírných pásích severní i jižní polokoule (Short et al., 2007).

Zosteraceae, Cymodoceaceae a Posidoniaceae jsou skupiny tvořené pouze mořskými rostlinami.



Obr. 08) Rozšíření čeledi Zosteraceae s vyznačenými bioregiony. Z - *Zostera*, P - *Phyllospadix*, H - *Heterozostera*, N - *Nanozostera* (Sullivan & Short, 2023)

Čeleď Zosteraceae se skládá ze čtyř rodů: *Zostera*, *Nanozostera*, *Heterozostera* a *Phyllospadix*. Tyto rody se liší morfologicky i geneticky (Sullivan & Short, 2023; Tomlinson & Posluzny, 2001). Rod *Phyllospadix* je k ostatním rodům sesterskou linií a jako jediný je to rod dvojdomý. Také se pouze rod *Phyllospadix* vyskytuje nejčastěji na kamenitém podloží, zatímco ostatní rody preferují podklad bahnitý a/nebo písčiny. Rody *Zostera*, *Nanozostera* a *Heterozostera* se liší především morfologií květů a výhonků, druhy rodu *Zostera* také často dosahují výrazně většího vzrůstu, až 1 m (Sullivan & Short, 2023).

Rod *Zostera* dominuje mírnému pásu severní polokoule (Short et al., 2007). Rod *Phyllospadix* se vyskytuje pouze na severní polokouli v Tichém oceánu. Druhy rodu *Heterozostera* jsou limitovány na oceány jižní polokoule. Rod *Nanozostera* má dva druhy: *N. muelleri* a *Nanozostera capensis* omezené na jižní polokouli a dva druhy: *Nanozostera japonica* a *Nanozostera noltii* vyskytující se v příbřežních habitatech jižní i severní polokoule (Sullivan & Short, 2023).

Zostera marina je nejrozšířenějším druhem této čeledi, ve svých rozsáhlých oblastech výskytu tvoří široké, většinou monokulturní porosty v chráněných zátokách i na odhalených prostranstvích. *N. noltii* se vyskytuje kolem pobřeží Evropy a severní Afriky, často roste společně se *Z. marina*, v těchto místech obsazuje *N. noltii* niku blíže ke břehu a *Z. marina* roste dále, do hloubek 12 metrů. *N. capensis* je dominantní mořskou trávou u Jižní Afriky. *N. japonica* se vyskytuje v Tichém oceánu od Vietnamu po severní Rusko a byla zavlečena na západní pobřeží Severní Ameriky od Britské Kolumbie po Oregon. *N. muellerii* je dominantním druhem Zosteraceae při pobřeží Austrálie, její oblast výskytu se částečně překrývá s oblastí výskytu *Heterozostera tasmanica* a *Heterozostera nigricaulis*. *H. nigricaulis* byla mořskými proudy nebo lodní dopravou přenesena z původních lokalit u jižní

a západní Austrálie k pobřeží Chile, kde nyní tvoří dvě významné klonální populace (Moore & Short, 2006; Short et al., 2007; Smith et al., 2018; Sullivan & Short, 2023).

Na severní polokouli se druhy čeledi Zosteraceae vyskytují od 70°30' s.š. v Norsku po Vietnam a na Jižní polokouli od Keni po Stewartův ostrov jižně od Jižního ostrova Nového Zélandu, což ze Zosteraceae činí nejrozšířenější čeleď mořských trav dle zeměpisné šířky (Moore & Short, 2006).



Obr. 09) Rozšíření čeledi Cymodoceaceae (Stevens, 2022)

Fylogenetické vztahy čeledí Cymodoceaceae a Ruppiaceae nejsou jisté (Silva et al., 2021), Cymodoceaceae zahrnují nyní pět uznávaných rodů: *Amphibolis*, *Cymodocea*, *Halodule*, *Syringodium* a *Thalassodendron* (Petersen et al., 2014). Tyto rody můžeme rozlišit do dvou morfologických skupin, *Amphibolis* a *Thalassodendron* mají sympodiální, dřevnaté kořeny, listy shazují i s pochvami a nacházíme u nich viviparii, *Cymodocea*, *Halodule* a *Syringodium* mají monopodiálně větvené kořeny a čepele listů opadávají dříve než jejich pochvy (den Hartog & Kuo, 2006).

Většina druhů čeledi Cymodoceaceae se vyskytuje v tropických a subtropických vodách, zvláště rod *Cymodocea* je v těchto oblastech významný, *Cymodocea serrulata* je jedním z dominantních druhů u pobřeží Indie (Short et al., 2007). Výjimky tvoří *Amphibolis griffithii*, *Amphibolis antarctica* a *Thalassodendron pachyrhizum* z vod temperátní Austrálie a *Cymodocea nodosa* ze Středozemního moře (Petersen et al., 2014). Druhotně se mimo tropické pásmo dostávají také *C. nodosa* do oblasti temperátního severního Atlantiku a *Halodule wrightii* do Středozemního moře a severních temperátních oblastí Atlantiku i Pacifiku (Short et al., 2007).



Obr. 10) Rozšíření čeledi Posidoniaceae (Stevens, 2022)

Posidoniaceae jsou jednodomé rostliny, jde o velké mořské trávy s dlouhými listy, a v porovnání s ostatními mořskými travami, s dlouhověkými listy a výhonky, rostliny se dožívají 4-30 let, listy 70-350 dní (Gobert et al., 2006), což není mez mořskými travami zcela ojedinělé, ale řada druhů je krátkověká a rostliny se dožívají většinou méně než rok (Duarte et al., 1994). Rod *Posidonia* je jediným rodem v čeledi Posidoniaceae, vyznačuje se disjunktním areálem výskytu. *Posidonia oceanica*, endemická pro Středoziemním moře, je oddělena od jižního, jihozápadního a jihovýchodního pobřeží Austrálie, kde rostou ostatní druhy rodu vzdáleností více než 17000 km. Fylogenetické rozdělení rodu je v dnešní době na jednoznačný druh *Posidonia oceanica*, ojedinělý na severní polokouli a druhy jižní polokoule, které jsou rozřazeny do dvou druhových komplexů: *Posidonia ostenfeldii* komplex a *Posidonia australis* komplex. Společný předek extantních druhů rodu *Posidonia* nejspíš rostl v moři Tethys (Aires et al., 2011) a je možné, že do oblasti výskytu podél pobřeží Austrálie se rod *Posidonia* dostal přenosem semen (Celdran et al., 2015). Rod *Posidonia* je v místech svého výskytu dominantní, jedná se o relativně hluboko rostoucí mořské trávy s vysokou biomasou (Gobert et al., 2006; Short et al., 2007). Někteří jedinci rodu *Posidonia* jsou mezi nejúspěšnějšími klony na světě, díky jejich závislosti na horizontálním, vegetativním rozmnožování pomocí rhizomů mohou jednotlivé klony žít prakticky neomezeně dlouho, pokud nejsou negativně ovlivňovány vnějšími vlivy. To může mít za výsledek dlouhověké klony jako jeden nalezený v Austrálii pokrývající 180 km starý nejspíš kolem 8500 let (Edgeloe et al., 2022).

Nejstarší známé fosílie jsou druhu *Posidonia cretacea* z křídy (den Hartog & Kuo, 2006). Většinu druhů nalezených z třetihor můžeme stejně jako druh *P. cretacea* zařadit do recentních rodů (den Hartog, 1970; den Hartog & Kuo, 2006), takže můžeme do jisté míry očekávat, že fosilní druhy měly podobné nároky jako jejich recentní protějšky, proto je znalost rozšíření a pochopení podmínek, ve kterých se mořské trávy vyskytují stejně jako jejich příbuzenských vztahů klíčové k interpretaci fosilního záznamu a rekonstrukci ekosystémů (Brasier, 1975). Z fosilií, které máme, např. fosílie podobné *Thalassodendronu* ze Severní Ameriky, kde se v dnešní době *Thalassodendron* nevyskytuje můžeme vyvodit, že v minulosti bylo rozšíření mořských trav značně odlišné od dnešního stavu. Z dvanácti rodů mořských trav máme pozůstatky pouze čtyř z nich, což není dostatečné množství k celistvé rekonstrukci

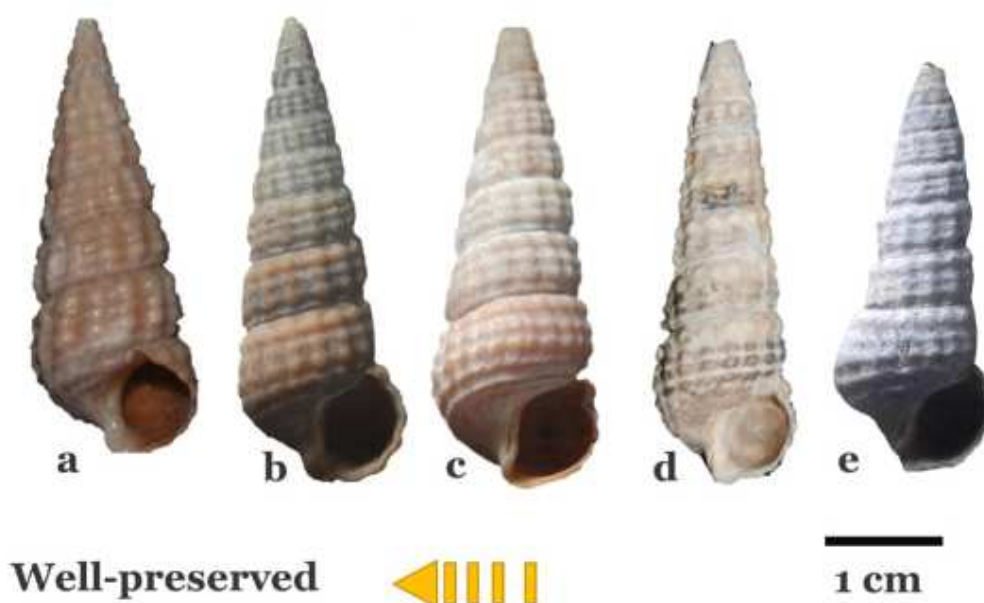
rozšíření mořských trav v minulosti, ani zjištění původu jednotlivých čeledí (den Hartog & Kuo, 2006)

Tafonomie ekosystémů mořských trávníků

Efremov (1940) poprvé popsal tafonomii jako studium “přechodů zvířecích pozůstatků z biosféry do litosféry”. Ústředním tématem tafonomie v Efremově pojetí byla analýza zkreslení fosilního záznamu oproti původnímu prostředí. Tento přístup k tafonomii se držel několik desítek let (Behrensmeyer et al., 2000; Behrensmeyer & Kidwell, 1985). Během sedmdesátých let se zaměření tafonomie přesunulo od pouhého zkoumání negativních vlivů na pozůstatky k vlivům pozitivním - informacím, které pozůstatky získávají. Z tafonomie fosilií se můžeme dozvědět mnoho o organismech žijících ve stejném prostředí (např. mrchožrouti, rozkladači atd.), o prostředí, které na pozůstatky působí před pohřbením a o fyzikálně-chemických procesech, které na pozůstatky působí po pohřbení (Fernández-Jalvo et al., 2011).

Tafonomie v moderním pojetí nám může posloužit jednak k identifikaci mořských trávníků, ale zároveň i k získání lepší představy o tomto ekosystému v minulosti.

Tafonomie mořských skeletálních organismů zahrnuje abrazi, disartikulaci, fragmentaci, bioerozi, inkrustaci, rozpouštění, precipitaci, orientaci a třídění, které jsou výsledkem biologických, chemických a mechanických procesů (Best & Kidwell, 2000). Schránky měkkýšů vybrané z lokalit hustě zarostlých mořskými travami se vyznačují vyšší mírou fragmentace, ale menšími stopami zaoblování okrajů a abraze než schránky z lokalit bez vegetace (Reich, 2014). Schránky vystavené většímu stresu prostředí a schránky, které strávily post-mortem delší dobu na povrchu před pohřbením vykazují větší známky degradace (Abdelhady et al., 2024), přítomnost mořských trávníků může sloužit jako ochrana proti proudění vody, které by jinak schránky obrousilo o pevný podklad (Obr. 11), což může vysvětlovat menší známky mechanické degradace (Beavington-Penney et al., 2006). Schránky více mechanicky poškozené obecně nacházíme častěji v lokalitách s pevným podkladem (Best & Kidwell, 2000), na kterém mořské trávy většinou nerostou (Koch, 2001; Piñeiro-Juncal et al., 2022). Častější fragmentaci lze vysvětlit funkcí mořských trávníků jako úkrytu nejen pro měkkýše, ale i jejich predátory (Leonard-Pingel, 2005), např. krabi schránky měkkýšů při jejich lovu rozbíjí a někteří plži schránky své kořisti navrtávají, toto navrtávání snižuje strukturální integritu schránek a zvyšuje tak pravděpodobnost jejich fragmentace (Abdelhady et al., 2024).

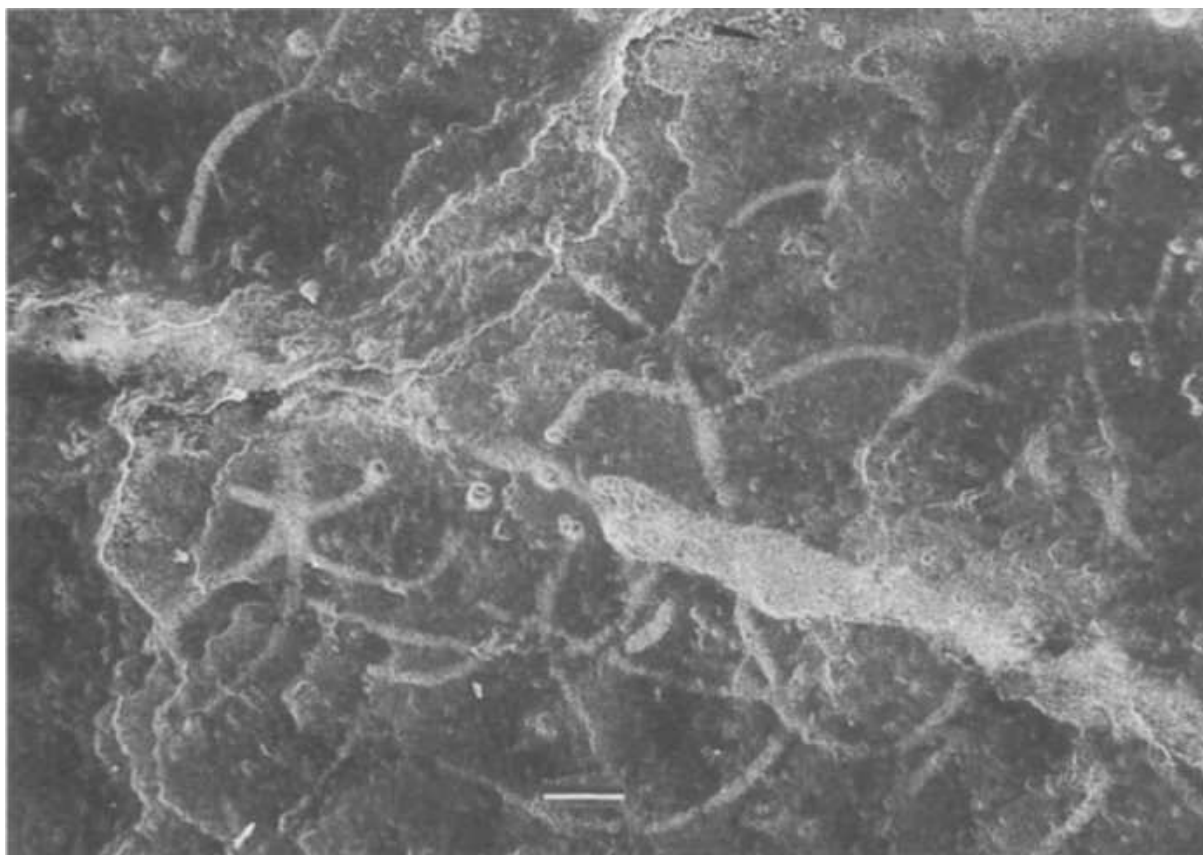


Obr. 11) Stupně abraze na schránce měkkýše *Pirenella conica* (Abdelhady et al., 2024)

V lokalitách mořských trávníků, zejména porostech *Rhizophora mangle* a *Thalassia testudinum*, se na schránkách výrazněji projevuje druhotná kalcifikace kvůli schopnosti porostu bránit proudění vody, kalcifikace je také významná v mangrovových porostech a na dalších lokalitách, což snižuje její indikační hodnotu (Jarochowska, 2012).

Mořské trávy se oproti řasám vyznačují tvorbou skutečných kořenů, které mohou při kontaktu se schránkami měkkýšů kvůli metabolismu rostliny způsobit kořenové leptání a zanechat tak unikátní tafonomickou stopu mořských trávníků, kořenové leptání se na povrchu schránek projevuje jemnými, křídovitými, často rozvětvenými čarami, které jsou rozlišitelné od ostatních typů degradace schránek (Cutler, 1995), což nám může sloužit jako velmi dobrý paleoindikátor mořských trávníků. Toto potvrzuje také Parsons (1989) ve své studii, když poukazuje na korelaci počtu schránek s projevy kořenového leptání a celkového pokrytí místa sběru mořskými travami. Odlehle hodnoty z této korelace mohou být způsobeny bývalou kolonizací sběrných míst vzorků mořskými travami nebo transportem schránek z míst s vegetací na místa holá (Best, 2008).

Nejlepším tafonomickým indikátorem je pro mořské trávníky kořenové leptání (Obr. 12), které je ovšem oproti ostatním stopám degradace vzácnější (Reich, 2014). Ostatní tafonomické stopy můžeme použít pouze pokud máme porovnání s dalšími lokalitami, naštěstí transport fosilizovaných organismů mimo původní habitat není u prostředí s rovným dnem zásadním problémem (Kidwell & Bosence, 1991).



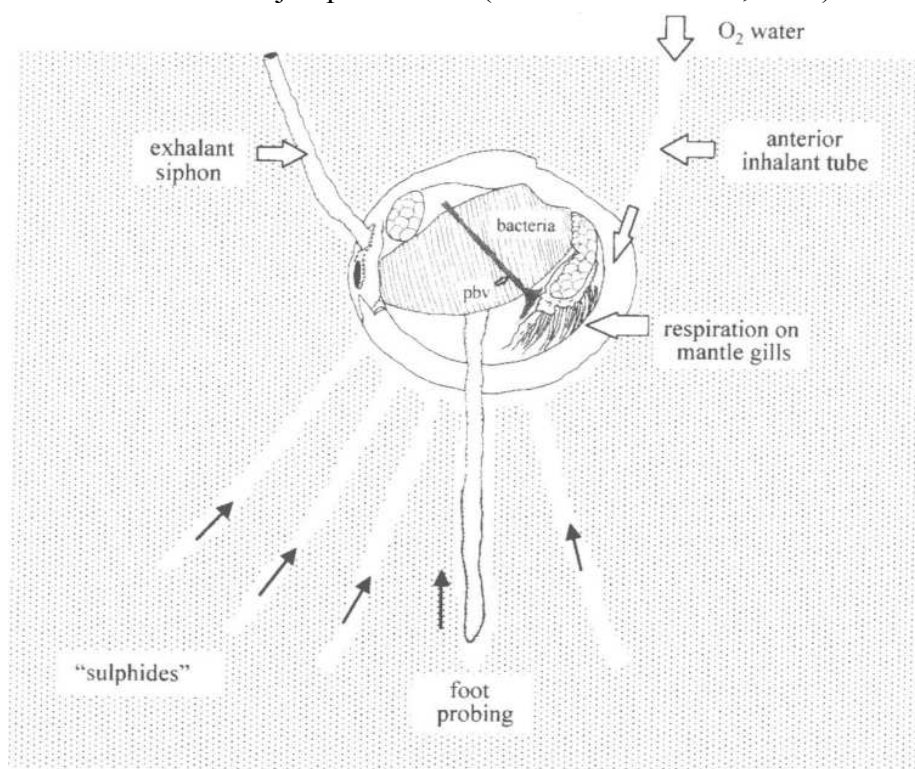
Obr. 12) Kořenové leptání na povrchu schránky měkkýše, měřítko = 100 μm (Cutler, 1995)

Infauna mořských trávníků

Infaunou nazýváme bezobratlé živočichy žijící v sedimentech ve vodním prostředí. Jejich role v ekosystému je klíčová i přes jejich malou velikost v porovnání s jinými ekosystémovými inženýry pobřeží a ústí řek (Gutiérrez et al., 2011).

Pro tuto práci je klíčové, že významnou součástí infauny jsou mlži. V porostech mořských trav navazují mlži-filtrátoři mutualistické vztahy, díky kterým zde přežívají ve vyšších počtech než mimo tyto porosty. Mořské trávy jim slouží jako ochrana před predátory (Heck & Orth, 2006) a mlži biodepozicí na povrchu sedimentů zvyšují množství živin dostupných pro mořské trávy (Reusch et al., 1994).

Významný symbiotický vztah má s mořskými travami čeleď Lucinidae (Obr. 13) (Heck & Orth, 2006). Mlži této čeledi mají v bakteriocytech, speciálních buňkách v žaberních filamentech, chemosymbiotické bakterie oxidující sulfidy (Duperron et al., 2013; Taylor et al., 2014; Taylor & Glover, 2000). Byť jsou Lucinidae schopni filtrace, u řady druhů bylo dokázáno, že značná část jejich výživy je zprostředkována tímto mutualistickým vztahem, u druhu *Loripes orbiculatus* dosahující až 63 % (Johnson et al., 1994). Pro Lucinidae i pro mořské trávy je jejich vztah prospěšný. Detrit nakumulovaný v porostech mořských trav by bez chemotrofních bakterií vedl k úrovním sulfidů, které by byly pro mořské trávy toxické (Carlson et al., 1994). Chemotrofní bakterie žijící v lucinidech mohou díky kyslíku, který mořské trávy vypouštějí do sedimentu, provádět oxidaci sulfidů s vyšší produktivitou a Lucinidae tak dosahují lepší kondice (van der Heide et al., 2012).

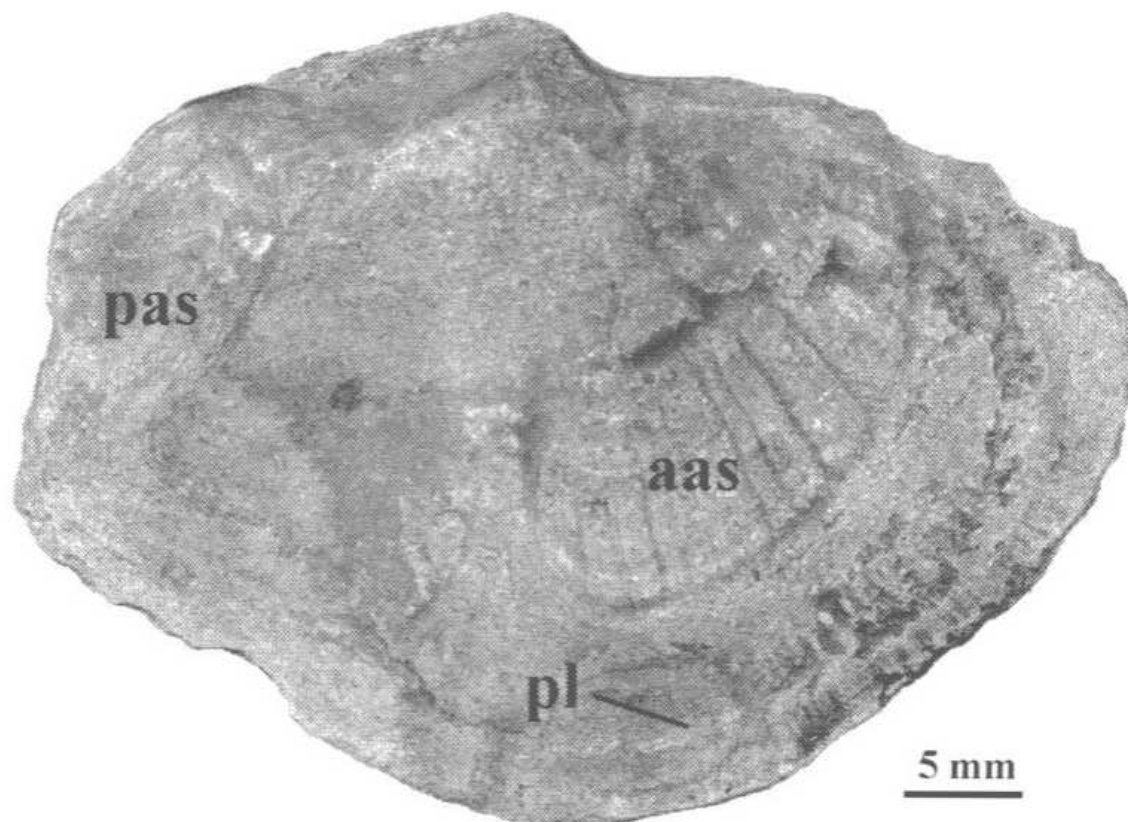


Obr. 13) Diagram životní pozice typického jedince Lucinidae, konkrétně rodu *Codakia*, pbv - paliální céva (Taylor & Glover, 2000)

Lucinidae se vyskytují ve většině porostů mořských trav, v tropech se nachází v 93-97 % všech porostů, toto číslo se se vzrůstající zeměpisnou šířkou snižuje, v subtropích se nachází v 83-90 % porostů a v mírném pásu v 50-56 % porostů. Další důležitý poznatek je, že se Lucinidae nevyskytují v porostech rodu *Phyllospadix*, který však porůstá zejména kamenité podloží (van der Heide et al., 2012). Existenci úspěšných porostů mořských trav, ve kterých se nevyskytují Lucinidae můžeme vysvětlit přítomností bakterií snižujících koncentrace sulfidů přímo v kořenovém systému mořských trav (Martin et al., 2020).

V mořských trávnicích se mohou Lucinidae často vyskytovat ve vysokých (100 jedinců na m²) až velmi vysokých (1000 jedinců na m²) koncentracích (van der Heide et al., 2012). Lucinidae také výrazně zvyšují primární produkci porostů mořských trav (Johnson et al., 2002).

Je možné, že Lucinidae se vyvinuli již v ordoviku (Pojeta et al., 1978), nicméně první fosílii, kterou můžeme s určitostí zařadit mezi Lucinidae máme ze siluru (Obr. 14) (Liljedahl, 1992). Dalším důkazem oboustranně prospěšného vztahu mezi Lucinidae a mořskými travami může být rychlá speciace Lucinidae po přibližně 340 mil. let jejich nízké diverzity korelující s počátkem výskytu a rozvojem mořských trávniců v křídě (Stanley, 2014).



Obr. 14) Silurský lucinid *Ilionia prisca*, pl - paliální linie, pas - posteriorní jizva adduktoru, pas - zadní svalový vtisk, aas - přední svalový vtisk (Taylor & Glover, 2000)

Přestože se Lucinidae často vyskytují v mořských trávnicích a tvoří s nimi symbiotické vazby, nemohou nám sloužit jako jistý indikátor porostů mořských trav, protože jsou vázány i na celou řadu jiných ekosystémů (Taylor & Glover, 2000), stejně jako další chemosymbiotická čeleď mlžů Solemyidae (Reich, 2014). Solemyidae jsou snadno odlišitelní, netypičtí mlži, mají protáhlý, válcovitý tvar schránky a jsou schopny reaktivního pohybu pomocí proudového pohonu vytlačáním vody zadním otvorem v plášti. Chemosymbiotické zástupce známe z šesti čeledí mlžů: Solemyidae, Nucinellidae, Mytilidae, Lucinidae, Thyasiridae a Vesicomysidae (Taylor & Glover, 2010). Solemyidae jsou geologicky nejstarší z těchto čeledí, máme nálezy fosilních zástupců z ordoviku (Taylor et al., 2008). Od lucinidů se liší také předáváním chemosymbiotických bakterií, solemyidi si symbionty předávají vertikálně přes gamety, u lucinidů pro tento způsob přenosu nejsou žádné důkazy (Taylor & Glover, 2000).

Chemosymbiotičtí mlži nejsou jednoznačnými indikátory, pokud je však ve fosilním záznamu mezi jinak dobře zachovalými schránkami měkkýšů nenacházíme, je méně pravděpodobné, že se jedná o pozůstatky ekosystému mořských trav (Reich, 2014).

Lucinidae a Solemyidae nejsou jediní měkkýši žijící jako infauna mořských trávniců, mezi další časté obyvatele porostů mořských trav patří někteří zástupci čeledí mlžů Nuculidae, Carditidae, Cardiidae, Veneridae a Tellinidae a plžů čeledí Ringiculidae a Cylichnidae jejichž použitelnost jako indikátorů kvůli jejich rozšíření v různých prostředích také není jednoznačná (Reich, 2014).

Byť nám výskyt fosilií žádných z výše zmíněných mlžů žijících jako infauna nemůže sloužit jako jednoznačný paleoindikátor mořských trav, neměl by nám být jejich výskyt ve fosilním záznamu lhostejný. Celkové druhové složení měkkýšů ve fosilním záznamu může být použito jako jeden z indikátorů k vyvození minulé přítomnosti mořských trav (James a Bone, 2007).

Semi-infauní čeledí vyskytující se v porostech mořských trav je čeleď Pinnidae (Prado et al., 2014). Zástupce recentních rodů nacházíme ve fosilním záznamu již od karbonu (Rosewater, 1961). Čeleď Pinnidae není limitována pouze na mořské trávnické prostředí (Printrakoon et al., 2019), pokud se však zachovávají v životní pozici ("life position"), tj. stejné fyzické pozici, ve které žili a zemřeli, může hojný výskyt schránek *Pinna* sloužit jako indikátor výskytu mořských trav (Reuter et al., 2012).

Epifauna mořských trávniců

Epifaunální bezobratlí jsou důležitou součástí ekosystémů mořských trav (Murphy et al., 2021). Důležitou, v některých ekosystémech i hlavní složku epifauny tvoří plži (Boström & Bonsdorff, 1997). Epifauna je po trofické stránce z větší části tvořena býložravci, část se živí přímo listy mořských trav (Rueda et al., 2009), část se živí řasami rostoucími epifyticky na listech mořských trav. Jak už bylo uvedeno výše, konzumací epifytických řas plní epifauna důležitou ekosystémovou funkci, jelikož neredukovaný porost epifytických řas by mořským

trávám bránil ve fotosyntéze. Důležité také je, že epifauna slouží jako zdroj potravy pro vyšší trofické stupně ekosystému (Murphy et al., 2021).

Novější studie vypovídají o tom, jak důležitou roli hraje spásání, mimo jiné i plži, pro mořské trávy a ukazují tak nepřesnost desítky let uznávaného paradigmatu, že na růst mořských trav mají vliv téměř pouze abiotické podmínky (Nowicki et al., 2018; Valentine & Duffy, 2006). V porostech mořských trav se vyskytuje řada plžů, kteří však nejsou na mořské trávy přímo vázáni, patří mezi ně zástupci těchto druhů a někteří zástupci zde uvedených rodů: Trochidae: Cantharidinae, např. *Jujubinus*, Calliostomatidae: *Calliostoma*, Phasianellidae: *Eulithidium*, *Tricolia*, Cerithiidae spp., Diastomidae: *Diastoma melanioides*, Strombidae: *Strombus*, zástupci Rissoidae, Columbelloidea: např. *Mitrella*, zástupci Conidae a Trochidae, Colloniidae: *Neocollonia*, Cerithiidae: *Cerithium*, *Bittium*, Dialidae: *Diala*, Modulidae: *Modulus modiolus*, Hydrobiidae: *Hydrobia*, Rissoidae: *Rissoina*, *Zebina* (Reich, 2014). Byť není žádný z těchto taxonů omezený výskytem pouze na porosty mořských trav, podobně jako u infaunálně žijících měkkýšů nám může sloužit jako indikátor jejich druhové složení ve fosilním záznamu (Reuter et al., 2012).

S mořskými travami je přímo asociovaný druh *Smaragdia viridis* (Obr. 15) a ostatní druhy rodu *Smaragdia* nejspíš také (Rueda et al., 2009; Unabia, 2011). Tato asociace sahá minimálně do miocénu (C. C. Unabia, 1980). *Smaragdia viridis* se vyskytuje ve Středozemním moři, Karibiku a nejspíš také při pobřeží západní Afriky (Holzer et al., 2011). Tento druh je specializovaný přímo na spásání mořských trav, vykazuje preferenci ke konzumaci mladých výhonků. Nejvyššího počtu jedinců dosahuje ve Středozemním moři v létě (Rueda et al., 2009). V Karibiku dosahuje až hustot 150 jedinců na m² a může mít na porosty mořských trav negativní vliv (Holzer et al., 2011). Díky potravní vazbě nám výskyt *Smaragdia viridis* sám o sobě může sloužit jako indikátor porostů mořských trávníků (Reuter et al., 2011).

Reich (2014) také zmiňuje používání trofického složení plžů ve fosilním záznamu jako indikátor porostů mořských trav. Recentním porostům mořských trav často početně dominují spásači perifýtonu, proto může být jejich přítomnost použita jako indikátor porostů mořských trav. Z jejich výsledků se jedná o dobrý indikátor, zdá se, že společenstva plžů mořských trávníků jsou si podobná i během dlouhých období např. miocén - recent a jsou i rozlišitelná od společenstev jiných ekosystémů. Ve své práci však také podotýká, že další výzkum je nutný k ověření obecnosti těchto výsledků.

Použití poměru plžů k mlžům má sporné výsledky, Cummins et al. (1995) našli v porostech mořských trav na lokalitě v Pigeon Creek vyšší poměr plžů k mlžům, avšak Jarochowska (2012) ve stejné lokalitě našla vysoký poměr plžů k mlžům v různých prostředích, nejvyšší v magrovech.



Obr. 15) *Smaragdia viridis* na listu *Thalassia testudinum*, můžeme si všimnout průsvitných linií po pasení (Holzer et al., 2011)

Souhrn

Makrofosílie mořských trav jsou vzácné, jelikož špatně fosilizují (Brasier, 1975). U suchozemských ekosystémů je klíčem k odhalení ekosystémů geologické minulosti často pyl, ale i ten se bohužel v případě mořských trav snadno rozkládá (Hesse et al., 1999). Kvůli tomuto nedostatku fosilií rostlinného původu musíme často bývalé rozšíření porostů mořských trav vyvozovat pomocí nepřímých indikátorů (Reich, 2014).

Jeden z potenciálně významných indikátorů porostů mořských trav jsou chemosymbiotičtí mlži, kteří s mořskými travami navazují mutualistické vztahy. Zejména čeleď Lucinidae se vyskytuje v porostech mořských trav hojně (Heck Jr. & Orth, 2006). Čeleď Lucinidae známe z fosilního záznamu již od siluru (Liljedahl, 1992) a k velkému rozvoji jejich diverzity došlo v křídě společně s počátkem výskytu mořských trávníků (Stanley, 2014). I přes hojný výskyt chemosymbiotických mlžů v porostech mořských trávníků se však nejedná o jednoznačný

indikátor, protože se nevyskytují ve všech porostech mořských trav (van der Heide et al., 2012) a najdeme je i v řadě dalších prostředí, kde dochází ke kumulaci sulfidů (Taylor & Glover, 2000). Byť nám výskyt Lucinidae ve fosilním záznamu nemůže sloužit jako jednoznačný indikátor porostů mořských trav, pokud je ve fosilním záznamu nenacházíme je méně pravděpodobné, že se zde mořské trávy nacházely (Reich, 2014).

Výskyt žádných infaunálních měkkýšů nám nemůže sloužit jako jistý indikátor mořských trávníků, o výskytu mořských trávníků nám však může vypovídat celkové složení infaunálních měkkýšů ve fosilním záznamu (James & Bone, 2007).

Jako další indikátor můžeme využívat zachování semi-infaunálních mlžů z čeledi Pinnidae v životní pozici (Reuter et al., 2012).

Důležitou součástí ekosystémů mořských trávníků jsou také epifaunální plži (Boström & Bonsdorff, 1997). Většina z nich není přímo vázaná na mořské trávy a spásá epifytické řasy, čímž pomáhá mořským travám (Valentine & Duffy, 2006). Důležitými epifaunálními plži jsou zástupci rodu *Smaragdia*, kteří se na rozdíl od většiny býložravých plžů mořských trávníků neživí perifytonem, ale okusují přímo listy mořských trav (Rueda et al., 2009; Unabia, 2011). *Smaragdia viridis* a pravděpodobně i ostatní druhy tohoto rodu jsou přímo vázané na porosty mořských trav, díky čemuž nám jejich výskyt může sloužit jako indikátor výskytu mořských trávníků (Reuter et al., 2011).

Za indikátor můžeme považovat také trofické složení společenstev plžů, jelikož si jsou podobná v různých časových obdobích a jsou i rozlišitelná od společenstev jiných ekosystémů. Ovšem k potvrzení obecnosti tohoto indikátoru musí proběhnout další výzkum (Reich, 2014).

Dalším potenciálním indikátorem může být poměr plžů k mlžům ve fosilním záznamu, ovšem výsledky o výpovědní hodnotě tohoto indikátoru jsou sporné (Cummins et al., 1995; Jarochovska, 2012).

Z dostupné literatury jsem zjistil, že žádný nepřímý indikátor není spolehlivým důkazem výskytu mořských trav. Ke zjištění výskytu mořských trávníků musíme v absenci fosilizovaných mořských trav využít všech indicií, které nám daná lokalita nabízí. Ty nejsou limitované pouze na biologické, ale patří mezi ně mimo jiné i sedimentologické, tafonomické a geochemické. Značnou překážkou v identifikaci prostředí v minulosti porostlého mořskými travami je nedostatek informací jak o porostech mořských trav recentních, tak i těch geologické minulosti a jediný způsob jak tuto překážku překonat je provést více studií.

Toto review má dva cíle, na které si nyní můžeme zodpovědět, pro připomenutí se jednalo o:

1. Identifikace indikačních druhů mořských trávníků v dostupné literatuře.
2. Zjištění variability použitelnosti jejich indikační hodnoty a definování možných úskalí těchto indikátorů.

Indikátory:

Chemosymbiotičtí mlži, konkrétně čeleď Lucinidae

Skupina použitelná k identifikaci po celou dobu existence mořských trávníků (Liljedahl, 1992; Stanley, 2014). Čeleď není omezená výskytem pouze na mořské trávníky, ale najdeme zástupce i v jiných prostředích bohatých na sulfidy (Taylor & Glover, 2000). Pokud lucinidy ve fosilním záznamu nenacházíme, je menší pravděpodobnost, že se zde nacházel porost mořských trav (Reich, 2014).

Čeleď Pinnidae

Skupina použitelná k identifikaci po celou dobu existence mořských trávníků (Rosewater, 1961). Zástupci této čeledi nejsou omezeni výskytem mořské trávníky, což z nich nedělá dobrý indikátor (Reich, 2014). Za určitých okolností jako např. fosilizace vysokého počtu jedinců v životní pozici je však k identifikaci porostů mořských trav můžeme využít (Reuter et al., 2012).

Rod *Smaragdia*

Rod *Smaragdia* je omezen výskytem na porosty mořských trav, tudíž se jedná o indikátor s vysokou výpovědní hodnotou (Rueda et al., 2009; Unabia, 2011). Nevyskytuje se však ve všech porostech mořských trav (Holzer et al., 2011; Rueda et al., 2009) a fosilní záznamy o něm máme až od miocénu (Unabia, 1980).

Celkové složení společenstva měkkýšů ve fosilním záznamu

Ve společenstvech měkkýšů mořských trávníků existuje vysoká variabilita, což nám znemožňuje určit jedno společenstvo jasně vypovídající o bývalé přítomnosti mořských trávníků. Hojný výskyt malých potenciálně epifytických plžů, konzumentů detritu a chemosymbiotických mlžů nám může napovědět o přítomnosti porostů mořských trav v minulosti (Reich, 2014). Potenciálním indikátorem může být poměr plžů k mlžům ve fosilním záznamu, ale pro potvrzení nebo vyvrácení tohoto indikátoru je nutné provést více studií (Cummins et al., 1995; Jarochovska, 2012)

Použitá literatura

- Abdelhady, A. A., Hassan, H. F., Balboul, B. A. A., Abdel-Raheem, K. H. M., Abu Shama, A., Ahmed, M., & Hussain, A. M. (2024). Taphonomic damage of molluscan shells in the Nile Delta under natural and anthropogenic sources of environmental variability. *Journal of African Earth Sciences*, *210*, 105159.
- Aires, T., Marbà, N., Cunha, R. L., Kendrick, G. A., Walker, D. I., Serrão, E. A., Duarte, C. M., & Arnaud-Haond, S. (2011). Evolutionary history of the seagrass genus *Posidonia*. *Marine Ecology Progress Series*, *421*, 117–130.
- Beavington-Penney, S. J., Wright, V. P., & Racey, A. (2006). The Middle Eocene Seeb Formation of Oman: An Investigation of Acyclicity, Stratigraphic Completeness, and Accumulation Rates in Shallow Marine Carbonate Settings. *Journal of Sedimentary Research*, *76*(10), 1137–1161.
- Behrensmeyer, A., Kidwell, S., & Gastaldo, R. (2000). Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology Supplement*. (Autumn, *26*, 103–147.
- Behrensmeyer, A., & Kidwell, S. M. (1985). Taphonomy's Contributions to Paleobiology. *Paleobiology*, *11*(1), 105–119.
- Bell, S. S., Fonseca, M. S., & Stafford, N. B. (2006). Seagrass Ecology: New Contributions from a Landscape Perspective. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 625–645). Springer Netherlands.
- Best, M. M. R. (2008). Contrast in Preservation of Bivalve Death Assemblages in Siliciclastic and Carbonate Tropical Shelf Settings. *PALAIOS*, *23*(12), 796–809.
- Best, M. M. R., & Kidwell, S. M. (2000). Bivalve taphonomy in tropical mixed siliciclastic-carbonate settings. II. Effect of bivalve life habits and shell types. *Paleobiology*, *26*(1), 103–115.
- Borowitzka, M. A., Lavery, P. S., & van Keulen, M. (2006). Epiphytes of Seagrasses. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 441–461). Springer Netherlands.
- Boström, C., & Bonsdorff, E. (1997). Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, *37*(1), 153–166.
- Brasier, M. (1975). An outline history of seagrass communities. *AN OUTLINE HISTORY OF SEAGRASS COMMUNITIES*.
- Carlson, Jr., Paul R., Yarbrow, L. A., & Barber, T. R. (1994). Relationship of Sediment Sulfide to Mortality of *Thalassia Testudinum* in Florida Bay. *Bulletin of Marine Science*, *54*(3), 733–746.
- Celdran, D., Lloret, J., Verduin, J., Keulen, M. van, & Marín, A. (2015). Linking Seed Photosynthesis and Evolution of the Australian and Mediterranean Seagrass Genus *Posidonia*. *PLOS ONE*, *10*(6), e0130015.
- Collier, C. J., Uthicke, S., & Waycott, M. (2011).

- Thermal tolerance of two seagrass species at contrasting light levels: Implications for future distribution in the Great Barrier Reef. *Limnology and Oceanography*, 56(6), 2200–2210.
- Cummins, Boardman, & Miller. (1995). *Sedimentology and taphonomy of a Holocene carbonate lagoon Pigeon Creek, San Salvador, Bahamas*.
- Cutler, A. H. (1995). Taphonomic implications of shell surface textures in Bahia la Choya, northern Gulf of California. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 114(2), 219–240.
- den Hartog, C. (2016). Sea-grass communities: Structure, distribution and classification. *Phytocoenologia*, 46(4), 397–414.
- den Hartog, C. (1955). Hydrocharitaceae. *Flora Malesiana - Series 1, Spermatophyta*, 5(1), 381–413.
- den Hartog, C. (1967). The structural aspect in the ecology of sea-grass communities. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 15(1–4), 648–659.
- den Hartog, C. (1970). *The Sea-grasses of the World*. North-Holland Publishing Company.
- den Hartog, C., & Kuo, J. (2006). Taxonomy and Biogeography of Seagrasses. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 1–23). Springer Netherlands.
- Duarte, C. M. (1991). Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40(4), 363–377.
- Duarte, C. M., Marbá, N., Agawin, N., Cebrián, J., Enríquez, S., Fortes, M. D., Gallegos, M. E., Merino, M., Olesen, B., Sand-Jensen, K., Uri, J., & Vermaat, J. (1994). Reconstruction of seagrass dynamics: Age determinations and associated tools for the seagrass ecologist. *Marine Ecology Progress Series*, 107(1/2), 195–209.
- Duffy, J. E. (2006). Biodiversity and the functioning of seagrass ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 311, 233–250.
- Duperron, S., Gaudron, S. M., Rodrigues, C. F., Cunha, M. R., Decker, C., & Olu, K. (2013). An overview of chemosynthetic symbioses in bivalves from the North Atlantic and Mediterranean Sea. *Biogeosciences*, 10(5), 3241–3267.
- Edgeloe, J. M., Severn-Ellis, A. A., Bayer, P. E., Mehravi, S., Breed, M. F., Krauss, S. L., Batley, J., Kendrick, G. A., & Sinclair, E. A. (2022). Extensive polyploid clonality was a successful strategy for seagrass to expand into a newly submerged environment. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289(1976), 20220538.
- Efremov. (1940). *Taphonomy: New branch of paleontology*.
- Fernández-Jalvo, Y., Scott, L., & Andrews, P. (2011). Taphonomy in palaeoecological interpretations. *Quaternary Science Reviews*, 30(11), 1296–1302.
- Gobert, S., Cambridge, M. T., Velimirov, B., Pergent, G., Lepoint, G., Bouqueneau, J.-M., Dauby, P., Pergent-Martini, C., & Walker, D. I. (2006). Biology of Posidonia. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 387–408). Springer Netherlands.
- Gutiérrez, J. L., Jones, C. G., Byers, J. E., Arkema, K. K., Berkenbusch, K.,

- Commito, J. A., Duarte, C. M., Hacker, S. D., Lambrinos, J. G., Hendriks, I. E., Hogarth, P. J., Palomo, M. G., & Wild, C. (2011). Physical Ecosystem Engineers and the Functioning of Estuaries and Coasts. In E. Wolanski & D. McLusky (Ed.), *Treatise on Estuarine and Coastal Science* (s. 53–81). Academic Press.
- Haynes, R. R., & Holm-Nielsen, L. B. (2003). Potamogetonaceae. *Flora Neotropica*, 85, iii–52.
- Haynes, R. R., Holm-Nielsen, L. B., & Les, D. H. (1998). Ruppiaceae. In K. Kubitzki (Ed.), *Flowering Plants · Monocotyledons: Alismatanae and Commelinanae (except Gramineae)* (s. 445–448). Springer.
- Heck Jr., K. L., & Orth, R. J. (2006). Predation in Seagrass Beds. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 537–550). Springer Netherlands.
- Hesse, M., Weber, M., & Halbritter, H.-M. (1999). Pollen walls of Araceae, with special reference to their fossilization potential. *Grana*, 38(4), 203–209.
- Holzer, K. K., Rueda, J. L., & McGlathery, K. J. (2011). Caribbean Seagrasses as a Food Source for the Emerald Neritid *Smaragdia viridis*. *American Malacological Bulletin*, 29(1/2), 63–67.
- Chen, L.-Y., Lu, B., Morales-Briones, D. F., Moody, M. L., Liu, F., Hu, G.-W., Huang, C.-H., Chen, J.-M., & Wang, Q.-F. (2022). Phylogenomic Analyses of Alismatales Shed Light into Adaptations to Aquatic Environments. *Molecular Biology and Evolution*, 39(5), msac079.
- Ivany, L. C., Portell, R. W., & Jones, D. S. (1990). Animal-Plant Relationships and Paleobiogeography of an Eocene Seagrass Community from Florida. *PALAIOS*, 5(3), 244–258.
- Jackson, J. B. C., Kirby, M. X., Berger, W. H., Bjorndal, K. A., Botsford, L. W., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J. A., Hughes, T. P., Kidwell, S., Lange, C. B., Lenihan, H. S., Pandolfi, J. M., Peterson, C. H., Steneck, R. S., Tegner, M. J., & Warner, R. R. (2001). Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*, 293(5530), 629–637.
- James, N. P., & Bone, Y. (2007). A late Pliocene–early Pleistocene, inner-shelf, subtropical, seagrass-dominated carbonate: Roe calcarenite, Great Australian Bight, Western Australia. *PALAIOS*, 22(4), 343–359.
- Jarochowska, E. (2012). High-resolution microtaphofacies analysis of a carbonate tidal channel and tidally influenced lagoon, Pigeon Creek, San Salvador Island, Bahamas. *PALAIOS*, 27(3), 151–170.
- Johnson, M. A., Fernandez, C., & Pergent, G. (2002). The ecological importance of an invertebrate chemoautotrophic symbiosis to phanerogam seagrass beds. *Bulletin of Marine Science*, 71(3), 1343–1351.
- Johnson, M., Diouris, M., & Pennec, M. L. (1994). *Endosymbiotic Bacterial Contribution in the Carbon Nutrition of Loripes lucinalis (Mollusca: Bivalvia)*.
- Josselyn, M., Fonseca, M., Niesen, T., & Larson, R. (1986). Biomass, production and decomposition of a deep water seagrass, *Halophila decipiens* ostenf. *Aquatic Botany*, 25, 47–61.

- Kendrick, G. A., Waycott, M., Carruthers, T. J. B., Cambridge, M. L., Hovey, R., Krauss, S. L., Lavery, P. S., Les, D. H., Lowe, R. J., Vidal, O. M. i, Ooi, J. L. S., Orth, R. J., Rivers, D. O., Ruiz-Montoya, L., Sinclair, E. A., Statton, J., van Dijk, J. K., & Verduin, J. J. (2012). The Central Role of Dispersal in the Maintenance and Persistence of Seagrass Populations. *BioScience*, *62*(1), 56–65.
- Kidwell, S. M., & Bosence, D. W. J. (1991). Taphonomy and Time-Averaging of Marine Shelly Faunas. *Topics in Geobiology*, 115–209.
- Koch, E. W. (2001). Beyond light: Physical, geological, and geochemical parameters as possible submersed aquatic vegetation habitat requirements. *Estuaries*, *24*(1), 1–17.
- Kuo, J. (2020). Taxonomy of the Genus *Halophila* Thouars (Hydrocharitaceae): A Review. *Plants*, *9*(12), Article 12.
- Kuo, J., & den Hartog, C. (2006). Seagrass Morphology, Anatomy, and Ultrastructure. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 51–87). Springer Netherlands.
- Lefcheck, J. S., Hughes, B. B., Johnson, A. J., Pfirrmann, B. W., Rasher, D. B., Smyth, A. R., Williams, B. L., Beck, M. W., & Orth, R. J. (2019). Are coastal habitats important nurseries? A meta-analysis. *Conservation Letters*, *12*(4), e12645.
- Leonard-Pingel, J. (2005). *Molluscan taphonomy as a proxy for recognizing fossil seagrass beds*
- Les, D. H., Cleland, M. A., & Waycott, M. (1997). Phylogenetic Studies in Alismatidae, II: Evolution of Marine Angiosperms (Seagrasses) and Hydrophily. *Systematic Botany*, *22*(3), 443–463.
- Li, H.-T., Luo, Y., Gan, L., Ma, P.-F., Gao, L.-M., Yang, J.-B., Cai, J., Gitzendanner, M. A., Fritsch, P. W., Zhang, T., Jin, J.-J., Zeng, C.-X., Wang, H., Yu, W.-B., Zhang, R., van der Bank, M., Olmstead, R. G., Hollingsworth, P. M., Chase, M. W., ... Li, D.-Z. (2021). Plastid phylogenomic insights into relationships of all flowering plant families. *BMC Biology*, *19*(1), 232.
- Liljedahl, L. (1992). The Silurian *Ilionia prisca*, Oldest Known Deep-Burrowing Suspension-Feeding Bivalve. *Journal of Paleontology*, *66*(2), 206–210.
- Lindqvist, C., De Laet, J., Haynes, R. R., Agesen, L., Keener, B. R., & Albert, V. A. (2006). Molecular phylogenetics of an aquatic plant lineage, Potamogetonaceae. *Cladistics*, *22*(6), 568–588.
- Martin, B. C., Middleton, J. A., Fraser, M. W., Marshall, I. P. G., Scholz, V. V., Hausl, B., & Schmidt, H. (2020). Cutting out the middle clam: Lucinid endosymbiotic bacteria are also associated with seagrass roots worldwide. *The ISME Journal*, *14*(11), 2901–2905.
- Mateo, M. A., Cebrián, J., Dunton, K., & Mutchler, T. (2006). Carbon Flux in Seagrass Ecosystems. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 159–192). Springer Netherlands.
- McDevitt-Irwin, J. M., Iacarella, J. C., & Baum, J. K. (2016). Reassessing the nursery role of seagrass habitats from temperate to tropical regions: A meta-analysis. *Marine Ecology Progress Series*, *557*, 133–143.
- McMahon, K., van Dijk, K., Ruiz-Montoya, L.,

- Kendrick, G. A., Krauss, S. L., Waycott, M., Verduin, J., Lowe, R., Statton, J., Brown, E., & Duarte, C. (2014). The movement ecology of seagrasses. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1795), 20140878.
- Moore, K. A., & Short, F. T. (2006). *Zostera: Biology, Ecology, and Management*. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 361–386). Springer Netherlands.
- Murphy, C. E., Orth, R. J., & Lefcheck, J. S. (2021). Habitat Primarily Structures Seagrass Epifaunal Communities: A Regional-Scale Assessment in the Chesapeake Bay. *Estuaries and Coasts*, 44(2), 442–452.
- Nowicki, R., Fourqurean, J., & Heithaus, M. (2018). The Role of Consumers in Structuring Seagrass Communities: Direct and Indirect Mechanisms: Structure, Ecology and Conservation. In *Seagrasses of Australia: Structure, Ecology and Conservation* (s. 491–540).
- Orth, R. J., Heck, K. L., & van Montfrans, J. (1984). Faunal Communities in Seagrass Beds: A Review of the Influence of Plant Structure and Prey Characteristics on Predator: Prey Relationships. *Estuaries*, 7(4), 339–350.
- Pardi, M. I., & Smith, F. A. (2012). Paleocology in an Era of Climate Change: How the Past Can Provide Insights into the Future. In J. Louys (Ed.), *Paleontology in Ecology and Conservation* (s. 93–116). Springer.
- Parsons, K. M. (1989). *Taphonomy as an Indicator of Environment: Smuggler's Cove, St. Croix, U.S.V.I.*
- Petersen, G., Seberg, O., Short, F. T., & Fortes, M. D. (2014). Complete genomic congruence but non-monophyly of Cymodocea (Cymodoceaceae), a small group of seagrasses. *TAXON*, 63(1), 3–8.
- Piñeiro-Juncal, N., Serrano, O., Mateo, M. Á., Diaz-Almela, E., Leiva-Dueñas, C., & Martinez-Cortizas, A. (2022). Review of the physical and chemical properties of seagrass soils. *Geoderma*, 428, 116219.
- Pojeta, J., Yochelson, E. L., & Brasier, M. D. (1978). The Origin and Early Taxonomic Diversification of Pelecypods [and Discussion]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 284(1001), 225–246.
- Prado, Caiola, & Ibáñez. (2014). Habitat use by a large population of *Pinna nobilis* in shallow waters. *Habitat Use by a Large Population of Pinna Nobilis in Shallow Waters*, 78(4), 449–595.
- Printrakoon, C., Roopnarine, P. D., & Yeemin, T. (2019). Ecology of Pinnidae (Mollusca: Bivalvia) from the Gulf of Thailand. *Acta Oceanologica Sinica*, 38(2), 52–69.
- Reich, S. (2014). *Seagrass mollusks as a model group for paleoecological and paleodiversity studies = Weekdieren van het zeegras als modelgroep voor paleomilieu en biodiversiteit studies = Seegrass Mollusken als Modelgruppe für Studien der Paläoökologie und Paläodiversität.*
- Reusch, T. B. H., Chapman, A. R. O., & Gröger, J. P. (1994). Blue mussels *Mytilus edulis* do not interfere with eelgrass *Zostera marina* but fertilize shoot growth through biodeposition. *Marine Ecology Progress Series*, 108(3), 265–282.

- Reuter, M., Piller, W. E., & Erhart, C. (2012). A Middle Miocene carbonate platform under silici-volcaniclastic sedimentation stress (Leitha Limestone, Styrian Basin, Austria)—Depositional environments, sedimentary evolution and palaeoecology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 350–352, 198–211.
- Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Kroh, A., Rögl, F., & Ćorić, S. (2011). The Quilon Limestone, Kerala Basin, India: An archive for Miocene Indo-Pacific seagrass beds. *Lethaia*, 44(1), 76–86.
- Rosewater, J. (1961). The family PINNIDAE in the Indo-Pacific. *Indo-Pacific Mollusca*, 1(4), 175–226.
- Ross, T. G., Barrett, C. F., Soto Gomez, M., Lam, V. K. Y., Henriquez, C. L., Les, D. H., Davis, J. I., Cuenca, A., Petersen, G., Seberg, O., Thadeo, M., Givnish, T. J., Conran, J., Stevenson, D. W., & Graham, S. W. (2016). Plastid phylogenomics and molecular evolution of Alismatales. *Cladistics*, 32(2), 160–178.
- Rueda, J. L., Salas, C., Urra, J., & Marina, P. (2009). Herbivory on *Zostera marina* by the gastropod *Smaragdia viridis*. *Aquatic Botany*, 90(3), 253–260.
- Rull, V. (2010). Ecology and Palaeoecology: Two Approaches, One Objective. *The Open Ecology Journal*, 3(2), 1–5.
- Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., & Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: A bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1), 3–20.
- Short, F., & Green, E. (2003). *World Atlas of Seagrasses*.
- Silva, S. L. da, Carvalho, R. de, & Magalhães, K. M. (2021). Chromosomal evolution in seagrasses: Is the chromosome number decreasing? *Aquatic Botany*, 173, 103410.
- Skilleter, G. A., Wegscheidl, C., & Lanyon, J. M. (2007). Effects of grazing by a marine mega-herbivore on benthic assemblages in a subtropical seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series*, 351, 287–300.
- Smith, T. M., York, P. H., Broitman, B. R., Thiel, M., Hays, G. C., van Sebille, E., Putman, N. F., Macreadie, P. I., & Sherman, C. D. H. (2018). Rare long-distance dispersal of a marine angiosperm across the Pacific Ocean. *Global Ecology and Biogeography*, 27(4), 487–496.
- Sokoloff, D. D., von Mering, S., Jacobs, S. W. L., & Remizowa, M. V. (2013). Morphology of *Maundia* supports its isolated phylogenetic position in the early-divergent monocot order Alismatales. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 173(1), 12–45.
- Stanley, S. M. (2014). Evolutionary radiation of shallow-water Lucinidae (Bivalvia with endosymbionts) as a result of the rise of seagrasses and mangroves. *Geology*, 42(9), 803–806.
- Stevens. (2022). *Alismatales*. <https://www.mobot.org/MOBOT/Research/APweb/orders/alismatalesweb.htm#Posidoniaceae>
- Sullivan, B. K., & Short, F. T. (2023). Taxonomic revisions in Zosteraceae (*Zostera*, *Nanozostera*, *Heterozostera* and *Phyllospadix*). *Aquatic Botany*, 187, 103636.
- Taylor, J. D., Glover, E. A., & Williams, S. T. (2014). Diversification of chemosymbiotic bivalves: Origins and

- relationships of deeper water Lucinidae. *Biological Journal of the Linnean Society*, 111(2), 401–420.
- Taylor, J., & Glover, E. (2000). Functional anatomy, chemosymbiosis and evolution of the Lucinidae. *Geological Society, London, Special Publications*, 177, 207–225.
- Taylor, J., & Glover, E. (2010). Chemosymbiotic Bivalves. In *The Vent and Seep Biota. Topics in Geobiology* (Roč. 33, s. 107–135).
- Taylor, J., Glover, E. A., & Williams, S. (2008). Ancient chemosynthetic bivalves: Systematics of Solemyidae from eastern and southern Australia (Mollusca: Bivalvia). *Memoirs of the Queensland Museum - Nature*, 54, 75–104.
- The Angiosperm Phylogeny Group, Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., & Stevens, P. F. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20.
- Tol, S. J., Jarvis, J. C., York, P. H., Grech, A., Congdon, B. C., & Coles, R. G. (2017). Long distance biotic dispersal of tropical seagrass seeds by marine mega-herbivores. *Scientific Reports*, 7(1), 4458.
- Tomlinson, P. B., & Posluszny, U. (2001). Generic limits in the seagrass family Zosteraceae. *TAXON*, 50(2), 429–437.
- Tussenbroek, B. I. van, Vonk, J. A., Stapel, J., Erftemeijer, P. L. A., Middelburg, J. J., & Zieman, J. C. (2006). The Biology of Thalassia: Paradigms and Recent Advances in Research. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 409–439). Springer Netherlands.
- Unabia, C. C. (1980). Smaragdia (Gastropoda: Neritidae), a seagrass animal. *Pacific Science*, 34, 340.
- Unabia, C. R. C. (2011). The snail Smaragdia bryanae (Neritopsina, Neritidae) is a specialist herbivore of the seagrass Halophila hawaiiiana (Alismatidae, Hydrocharitaceae). *Invertebrate Biology*, 130(2), 100–114.
- Valentine, J. F., & Duffy, J. E. (2006). The Central Role of Grazing in Seagrass Ecology. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 463–501). Springer Netherlands.
- van der Heide, T., Govers, L. L., de Fouw, J., Olf, H., van der Geest, M., van Katwijk, M. M., Piersma, T., van de Koppel, J., Silliman, B. R., Smolders, A. J. P., & van Gils, J. A. (2012). A Three-Stage Symbiosis Forms the Foundation of Seagrass Ecosystems. *Science*, 336(6087), 1432–1434.
- Výskyt Ruppiceae, *The Herbarium Catalogue, Royal Botanic Gardens, Kew. Published on the Internet*
<http://www.kew.org/herbcat>, 2024. (b.r.). Plants of the World Online. Získáno 17. duben 2024, z <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:27855-1>
- Waycott, M., Freshwater, D. W., York, R. A., Calladine, A., & Kenworthy, W. J. (2002). Evolutionary trends in the seagrass genus Halophila (Thouars): Insights from molecular phylogeny. *Bulletin of Marine Science*, 71(3), 1299–1308.

- Waycott, M., Procaccini, G., Les, D. H., & Reusch, T. B. H. (2006). Seagrass Evolution, Ecology and Conservation: A Genetic Perspective. In A. W. D. LARKUM, R. J. ORTH, & C. M. DUARTE (Ed.), *SEAGRASSES: BIOLOGY, ECOLOGY AND CONSERVATION* (s. 25–50). Springer Netherlands.
- Xu, Z., & Chang, L. (2017). Hydrocharitaceae. In Z. Xu & L. Chang (Ed.), *Identification and Control of Common Weeds: Volume 3* (s. 753–763). Springer.