

**BADANIA I HODOWLA  
KORALOWCÓW  
– WYBRANE ZAGADNIENIA**

**MONOGRAFIA**

**Kraków 2023**



# **Badania i hodowla koralowców – wybrane zagadnienia**

## **Monografia**

**Anna M. Dymek<sup>1</sup>**

**Przemysław Pol<sup>1</sup>**

**Dorota Protasewicz<sup>2</sup>**

**Jakub Dymek<sup>3</sup>**

**Roman Kujawa<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Zakład Hodowli Drobного Inwentarza,  
Instytut Zootechniki Państwowego Instytut Badawczy,  
ul. Krakowska 1, 32-083 Balice k. Krakowa

<sup>2</sup> GETSALES Sp. z o.o., Żołędowo,  
ul. Jastrzębia 12/1, 86-021 Osielsko

<sup>3</sup> Zakład Biologii i Obrazowania Komórki,  
Instytut Zoologii i Badań Biomedycznych, Uniwersytet Jagielloński,  
ul. Gronostajowa 9, 30-387 Kraków

<sup>4</sup> Katedra Ichtologii i Akwakultury, Wydział Bioinżynierii Zwierząt,  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie,  
ul. Oczapowskiego 2, 10-719 Olsztyn



Wydawnictwo Naukowe  
Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego

ISBN 978-83-7607-353-8

Kraków 2023

*Recenzenci:*

prof. dr hab. Alicja Boroń  
dr hab. Wojciech Fijałkowski

Wydawnictwo finansowane ze środków  
przeznaczonych na finansowanie publikacji przygotowanych  
w Zakładzie Hodowli Drobego Inwentarza  
Instytutu Zootechniki PIB nr 504-140-100

*Opracowanie redakcyjne tekstu i redakcja techniczna:*  
mgr Danuta Dobrowolska

*Skład i łamanie:*  
dr Roman Turowski

*Druk:*  
Marta Kumorek Poligraficzny Zakład Usługowy „Drukmar”, Zabierzów



## Spis treści

|  |    |
|--|----|
| 1. Słowo od autorów .....  | 7  |
| 2. Wstęp .....   | 7  |
| 3. Stanowisko systematyczne i klasyfikacja koralowców .....                  | 12 |
| 4. Wybrane aspekty biologii koralowców .....                                 | 13 |
| 4.1. Budowa morfologiczna .....  | 14 |
| 4.2. Układ nerwowy .....   | 14 |
| 4.3. Układ podporowy .....   | 16 |
| 4.4. Układ pokarmowy i odżywianie .....                                      | 17 |
| 4.5. Rozmnażanie .....   | 18 |
| 5. Parametry wody mające wpływ na wzrost i rozwój kolonii koralowców . . . . | 21 |
| 6. Omówienie zakresu i wyników badań dotyczących hodowli koralowców . . .    | 22 |
| 6.1. Opis zbiorników wykorzystywanych do badań .....                         | 22 |
| 6.2. Gatunki koralowców wybrane do badań .....                               | 25 |
| 6.3. Metody prowadzonych badań .....   | 35 |
| 6.3.1. Przygotowanie zwierząt .....  | 35 |
| 6.3.2. Przygotowanie zbiorników .....  | 36 |
| 6.3.3. Wykonywanie pomiarów .....  | 37 |
| 6.4. Wpływ poziomu alkaliczności wody na rozwój kolonii koralowców .         | 37 |
| 6.4.1. Koralowce długopolipowe .....   | 37 |
| 6.4.2. Koralowce krótkopolipowe .....  | 42 |
| 6.4.3. Koralowce miękkie .....   | 46 |
| 6.5. Wpływ zasolenia na rozwój koralowców .....                              | 51 |
| 6.5.1. Koralowce długopolipowe .....   | 51 |
| 6.5.2. Koralowce krótkopolipowe .....  | 55 |
| 6.5.3. Koralowce miękkie .....   | 60 |
| 6.6. Wpływ cyrkulacji wody na rozwój koralowców .....                        | 65 |
| 6.6.1. Koralowce długopolipowe .....   | 65 |
| 6.6.2. Koralowce krótkopolipowe .....  | 70 |
| 6.6.3. Koralowce miękkie .....   | 75 |
| 7. Dyskusja .....  | 80 |
| 8. Podsumowanie .....  | 83 |
| 9. Piśmiennictwo .....   | 84 |
| Streszczenie / Summary .....   | 92 |



## 1. Słowo od autorów

Niniejsza monografia ma w zamierzeniu jej autorów stanowić źródło informacji z dziedziny akwakultury morskiej, jaką stanowi hodowla koralowców. Praca ta może być interesująca zarówno dla naukowców, którzy podejmują tematykę badawczą związaną z koralowcami, jak również hodowców tej grupy zwierząt bezkręgowych.

## 2. Wstęp

Słowo „rafa” pochodzi z języka staronordyjskiego („rif”) i oznacza wysoką strukturę usytuowaną na dnie morskim i sięgającą ku powierzchni wody, przez co stanowi zagrożenie dla statków. Taką strukturę może stanowić grzbiet skalny, mielizna lub też rafa koralowa, uformowana przez organizmy rafotwórcze, m.in. koralowce (Roberts i in., 2009; Wood, 1999).

Rafy koralowe to jeden z najzasobniejszych w gatunki ekosystem na Ziemi, którego bioróżnorodność jest porównywana z występującą w lasach deszczowych. Klasyczna definicja raf koralowych mówi, że są to znaczne wapienne nagromadzenia utworzone przez szkielety organizmów rafotwórczych (koralowce, otwornice, pierścienice, mięczaki i mszywioty), często spajane przez glony wapienne, znajdujące się w płytkich wodach obszarów tropikalnych (Sheppard i in., 2017; Wood, 1999). Są one widoczne nawet z góry jako obszary o zachwycającej kolorystyce, którą zawdzięczają żyjącym w rafach zwierzętom (Sheppard i in., 2017). W aspekcie ekologicznym i geologicznym rafy koralowe cechują się długowiecznością, a ich wzrost jest równoważony przez bioerozję. Tworzą także lokalne wyżyny topograficzne, które mają wpływ na procesy hydrodynamiczne i sedymentacyjne danego obszaru. Co więcej, tworzą strukturalne siedlisko dla wielu gatunków.

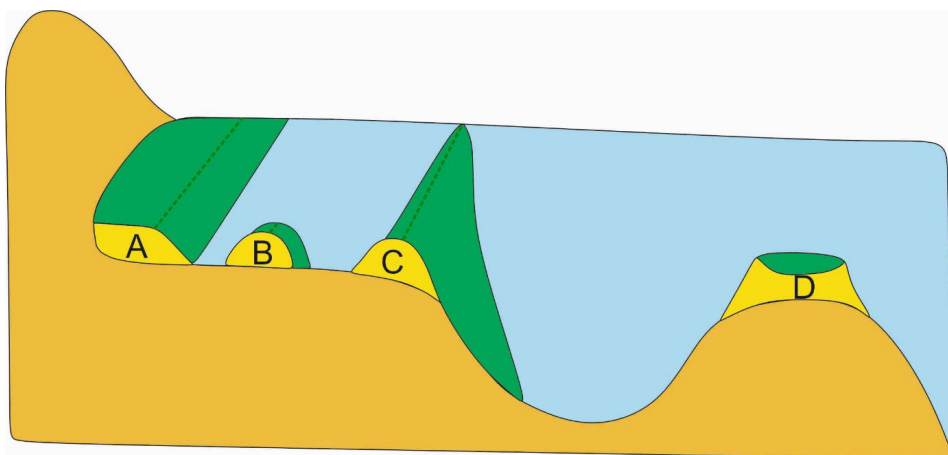
Istnieją jednak gatunki głębinowe koralowców, zamieszkujące chłodne wody obu półkul Ziemi, które również mogą tworzyć złożone struktury na dnie morskim. Nie spełniają one kryteriów słownikowej ani klasycznej definicji rafy koralowej, jednakże wykazują cechy charaktery-

styczne określone w aspekcie ekologicznym i geologicznym. Dlatego też jest kwestią sporną, czy struktury te można klasyfikować jako rafy koralowe (Roberts i in., 2009). W niniejszej pracy termin „rafy koralowe” będzie odnosić się do klasycznej definicji Wooda (1999) określającej je jako struktury występujące w ciepłych, płytkich wodach.

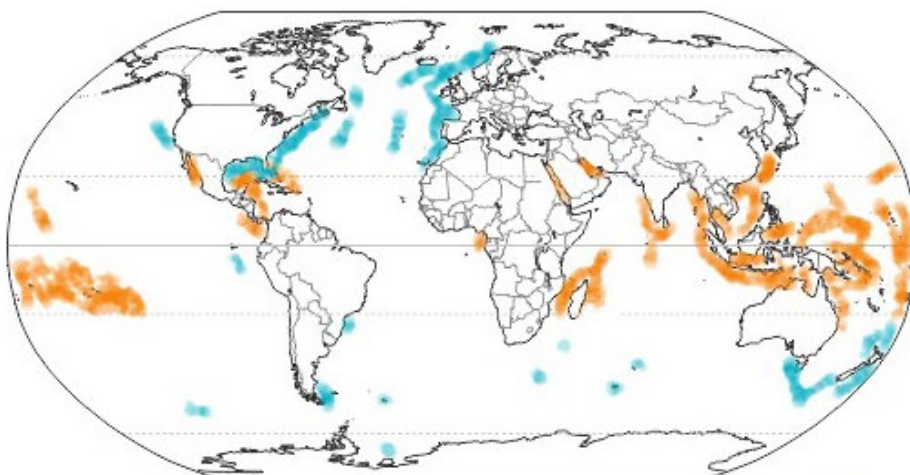
Wyróżnia się cztery podstawowe typy raf: przybrzeżna, barierowa, płaska i atol (Spalding i in., 2001) (ryc. 1). Rafa przybrzeżna jest usytuowana w pobliżu linii brzegowej wysp i kontynentów, a od brzegu oddziela ją płytka i wąska laguna. Jest to najczęściej występujący rodzaj rafy. Rafa barierowa znajduje się dalej od brzegu i na większej głębokości niż rafa przybrzeżna. Jest też oddzielona od brzegu głębszą i szerszą laguną niż w przypadku tej ostatniej. Rafa płaska jest małą, odizolowaną częścią szelfu kontynentalnego. Rzadko dociera do powierzchni wody. Zwykle jest położona między rafą przybrzeżną a barierową. Atol to formacja otoczona laguną i znajdująca się z dala od linii brzegowej. Darwin jako pierwszy wysunął hipotezę, w jaki sposób dochodzi do powstania atolu. Według jego teorii, koralowce początkowo kolonizują izolowaną wyspę, najczęściej wulkaniczną, która następnie ulega zatopieniu. Dalszy rozwój koralowców powoduje formowanie się rafy i ostatecznie powstanie atolu (Sheppard i in., 2017; Spalding i in., 2001).

Powierzchnię raf koralowych na Ziemi szacuje się na około 284 300 km<sup>2</sup>, co stanowi 0,089% powierzchni oceanów oraz <1,2% powierzchni szelfu kontynentalnego (Spalding i in., 2001). Rafy zajmują głównie obszar tropikalny, w pobliżu równika, gdzie wody są najcieplejsze, przede wszystkim na obszarze Indo-Pacyfiku (łączna powierzchnia raf na tym terenie to 261 200 km<sup>2</sup>) (ryc. 2). Ponad 100 krajów obejmuje swoimi granicami fragmenty tego morskiego ekosystemu. Największe obszary raf koralowych są położone na terenie: Australii, Indonezji, Filipin, Papui Nowej Gwinei, Fidżi i Malediwów. Wiele raf koralowych zostało wpisane na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO, m.in. Wielka Rafa Koralowa (Australia), Rafa Koralowa Belize, Rafa Koralowa Nowej Kaledonii, Rafa Koralowa Tubbataha (Filipiny), atol Aldabra (Republika Seszeli), Archipelag Socotra ([whc.unesco.org](http://whc.unesco.org), dostęp: 17.01.2023).

Najczęstszymi budowniczymi raf są koralowce. Są one prostymi organizmami bezkręgowymi o cylindrycznym kształcie ciała, z wieńcem ramion położonym wokół szczytowo usytuowanego otworu gębowego. Bezkręgowce te żyją przeważnie w koloniach, których wapienny szkielet po śmierci zwierząt stanowi podstawowy budulec raf. Jednak, nie wszystkie gatunki koralowców należą do organizmów rafotwórczych. Zalicza się do nich około 794 gatunki koralowców twardych. Są to głównie masywne koralowce, które rosnąc tworzą duże struktury (Spalding i in., 2001).



Rycina 1. Schematyczne przedstawienie rodzajów raf koralowych:  
 A – przybrzeżna, B – płaska, C – barierowa, D – atol.  
 Wykonano na podstawie: Spalding i in. (2001)



Rycina 2. Obszary występowania koralowców w wodach ciepłych (pomarańczowy) oraz chłodnych (niebieski). Wykonano na podstawie: Witt i in. (2012)

Ekosystem raf koralowych stanowi miejsce życia znacznej liczby gatunków bezkręgowców (m.in. gąbki, parzydełkowce – omówione szerzej w dalszej części pracy, mięczaki, szkarłupnie, skorupiaki) (ryc. 3), ryb chrzęstnoszkieletowych i kościstych, żółwi morskich, ssaków morskich, jak delfiny czy fiszbinowce, ale także alg (glonów) i roślin wyższych (trawy morskie i mangrowce). Wykazano, że obszar usytuowanej w pobliżu Karaibów rafy koralowej o powierzchni 5 m<sup>2</sup> jest miejscem bytowania 534

gatunków, należących do 27 typów i 44 gromad (Sheppard i in., 2017; Small i in., 1998). Całkowitą liczbę gatunków roślin i zwierząt żyjących w rafach koralowych na całym świecie szacuje się natomiast w zakresie od 600 000 aż do 9 milionów (Knowlton, 2001). Precyzyjne określenie tej wartości jest bardzo trudne, ponieważ obecnie znanych jest prawdopodobnie tylko około 10% gatunków zamieszkujących rafy (Sheppard i in., 2017).



Rycina 3. Fragment rafy koralowej utrzymywanej w zbiorniku sztucznym (fot. Anna Dymek)

Wielu mieszkańców raf żyje ze sobą w symbiozie (ściślej kooperacji przynajmniej dwóch gatunków, która przynosi obopólne korzyści lub jest neutralna dla jednego z nich), czego przykładem są amfiprion płamisty (błazenek) i ukwiał (ryc. 4). Dzięki wzajemnej relacji amfiprion ma zapewnioną ochronę przed drapieżnikami, natomiast ukwiał przed rybami ustnikowatymi (Chaetodontidae). Ruch błazenka ułatwia także przepływ wody pomiędzy czułkami ukwiała. Symbioza umożliwia dodatkowo wzajemne dostarczanie składników odżywczych (Verde i in., 2015; Cleveland i in., 2011).

Rafa koralowa ulega jednak stopniowej degradacji, na co wskazywali badacze już w XX w. (Cortes, 1996; Hughes, 1994; Johannes, 1975; McClanahan, 1988; Pendleton, 1995). Zagrożenie dla bioróżnorodności raf koralowych stanowią głównie ocieplenie i zakwaszenie oceanów, spowodowane zarówno czynnikami globalnymi (emisja gazów cieplarniowych),





Rycina 4. Symbioza amfipriona plamistego z ukwiałem (fot. Anna Dymek)

nianych), jak i lokalnymi (zanieczyszczenia chemiczne, nadmierne rybołówstwo). Prowadzą one m.in. do chorób i bielenia koralowców, co skutkuje spadkiem liczebności tych budujących rafy zwierząt bezkręgowych (Anthony i in., 2008; 2011; Barkley i in., 2015; Bruno i Selig, 2007; Bruno

i Valdivia, 2016; Crook i in., 2013; Fabricius i in., 2011; Hoegh-Guldberg i in., 2007; Hughes i in., 2011; McCulloch i in., 2012; Norström i in., 2009; Schutte i in., 2010; Stallings, 2009).

Szybki rozwój akwarystyki morskiej i związany z nią handel organizmami morskimi spowodowały, że w ostatnich kilku dekadach koralowce stały się popularnymi organizmami hodowanymi w akwariach, zarówno w instytucjach publicznych (np. ogrody zoologiczne czy oceanaria), jak i prywatnych domach (Rhyne i in., 2014). Są one również hodowane w placówkach naukowych, gdyż stanowią obiekt badań, m.in. związanych ze stresem cieplnym. Badania takie mają na celu sprawdzenie, jaki może być wpływ ocieplenia oceanów, spowodowanego globalną zmianą klimatu, na rafy koralowe (Cziesielski i in., 2019). Drugim, często podejmowanym kierunkiem badań jest analiza żywienia różnych gatunków koralowców hodowanych w akwariach (Ding i in., 2021; Hii i in., 2009; Kuanui i in., 2016).

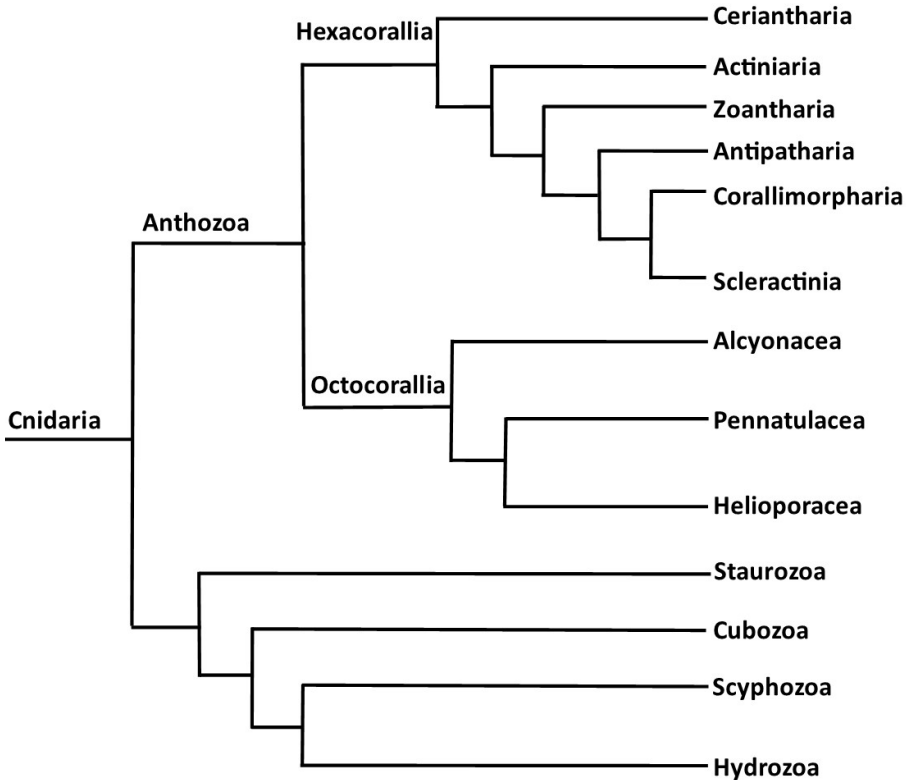
Globalny handel zwierzętami ma wpływ na stan biologiczny raf koralowych (Tlusty, 2002). Ze względu na rosnący popyt na morskie organizmy, w tym koralowce, zasadne wydaje się podjęcie badań mających na celu opracowanie optymalnych, efektywnych warunków hodowli tych bezkręgowców. Mogłoby to wpłynąć na zredukowanie zwierząt pozyskiwanych z naturalnych siedlisk, a tym samym przyczyniłoby się do ochrony rafy koralowej.

### **3. Stanowisko systematyczne i klasyfikacja koralowców**

Koralowce są klasyfikowane jako gromada Anthozoa w typie parzydełkowców (Cnidaria), dwuwarstwowych zwierząt tkankowych o promienistej symetrii ciała. Zwierzęta te mogą występować w dwóch formach morfologicznych: polipa i meduzy. W przeciwieństwie do przedstawicieli pozostałych gromad wyróżnianych w linii filogenetycznej parzydełkowców, czyli Cubozoa, stułbiopławów Hydrozoa, krążkopławów Scyphozoa i Staurozoa (ryc. 5), koralowce występują jedynie w postaci polipa (Daly i in., 2007; Palmer i Traylor-Knowles, 2018; Won i in., 2001).

Wśród koralowców wyróżnia się dwie podgromady – sześciopromienne (Hexacorallia) oraz ośmiopromienne (Octocorallia). W pierwszym wymienionym taksonie sklasyfikowanych jest około 4300 współcześnie żyjących gatunków koralowców twardych (Scleractinia), ukwiałów (Actiniaria, Ceriantharia), a także tzw. kolczników (Antipatharia), ukwiałków (Zoantharia) i koralników (Corallimorpharia), natomiast w drugiej podgromadzie – około 3000 współcześnie żyjących gatunków koralowców miękkich i gorgonii (Alcyonacea) oraz piórówek (Pennatulacea), a także tzw. niebieskich koralu (Helioporacea) (Daly i in., 2003, 2007).





Rycina 5. Zależności filogenetyczne wśród parzydełkowców.  
Wykonano na podstawie: Daly i in. (2003, 2007)

Hodowcy wprowadzili dodatkowy, niezwiązany z filogenezą podział koralowców twardych (Scleractinia), oparty na budowie morfologicznej tych zwierząt – wyróżnili koralowce krótkopolipowe (ang. *short polyp scleractinian coral*, SPS) oraz długopolipowe (ang. *long polyp scleractinian coral*, LPS). Podział ten jest powszechnie stosowany w handlu organizmami morskimi (Rhyne i in., 2012).

#### 4. Wybrane aspekty biologii koralowców

Koralowce są bezkręgowcami wyłącznie morskimi i stanowią podstawę ekosystemu rafy koralowej. Takson ten obejmuje zarówno gatunki żyjące pojedynczo, jak i kolonijnie. Większość prowadzi osiadły tryb życia, ale niektóre gatunki mogą aktywnie poruszać się (Daly i in., 2007; Palmer

i Traylor-Knowles, 2018; Won i in., 2001). Żyją w płytkich, dobrze naświetlonych i natlenionych wodach przede wszystkim strefy ciepłej i gorącej, jednakże ponad 600 gatunków koralowców twardych bytuje na głębokości poniżej 50 m w chłodnych wodach Arktyki i Antarktyki (Roberts i in., 2009).

#### **4.1. Budowa morfologiczna**

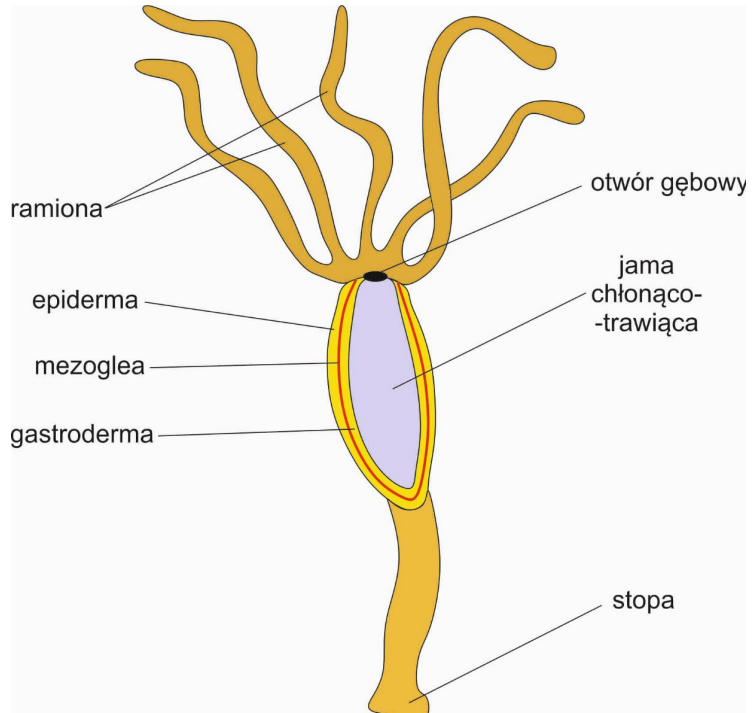
Wszystkie koralowce występują wyłącznie w formie polipa (ryc. 6). W ciele pojedynczego polipa koralowca można wyróżnić część przednią, tarczę gębową, na której znajduje się otoczony ramionami otwór gębowy oraz tułów i część tylną. Otwór gębowy prowadzi do gardzieli, która przechodzi w jamę chłono-trawiącą, znajdującą się w tułowie. Jest ona podzielona promieniście ułożonymi przegrodami w liczbie sześciu lub ośmiu. Na podstawie tej cechy taksonomicznej wyróżnia się koralowce sześć- i ośmiopromienne (Bayer, 1956; Fabricius i Alderslade, 2001). Odcinek tułowiowy może być zakończony tzw. stopą, przy pomocy której polip przytwierdza się do podłoża.

Ciało polipa pokrywa epiderma (ektoderma), natomiast układ chłono-trawiący wyściela gastroderma (endoderma). Epidermę budują komórki: nabłonkowo-mięśniowe, interstycjalne, nerwowe, zmysłowe i parzydełkowe, natomiast gastroderma jest złożona z komórek nabłonkowo-mięśniowych oraz gruczołowych (Li i in., 2015) (ryc. 7). Pomiędzy ekto- i endodermą znajduje się galaretowata substancja – mezoglea, zawierająca m.in. lamininę, fibronektynę, kolagen typu IV oraz aminokwasy (Sarras i in., 1991).

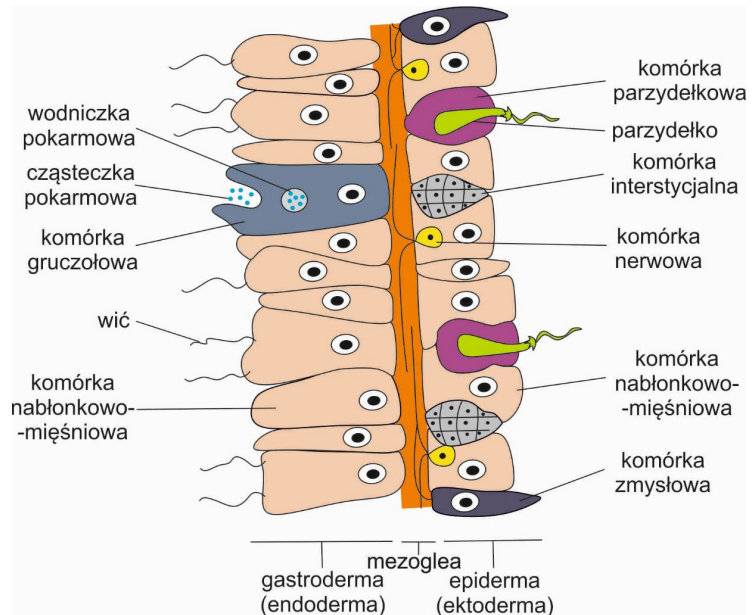
#### **4.2. Układ nerwowy**

Parzydełkowce to najstarsza ewolucyjnie grupa zwierząt, u których pojawił się układ nerwowy. Komórki nerwowe są u nich rozsiane pomiędzy komórkami nabłonkowymi, tworząc rozproszony układ nerwowy w postaci dwóch sieci. Jedna z nich jest związana z endodermą, natomiast druga z ektodermą (Watanabe i in., 2009). Układ nerwowy budują neurony dwu- i wielobiegunowe. Za pomocą badań immunocytochemicznych wykazano, że neurony uwalniające różne rodzaje neuropeptydów są rozmieszczone w organizmie w sposób spolaryzowany (Koizumi i in., 2004).

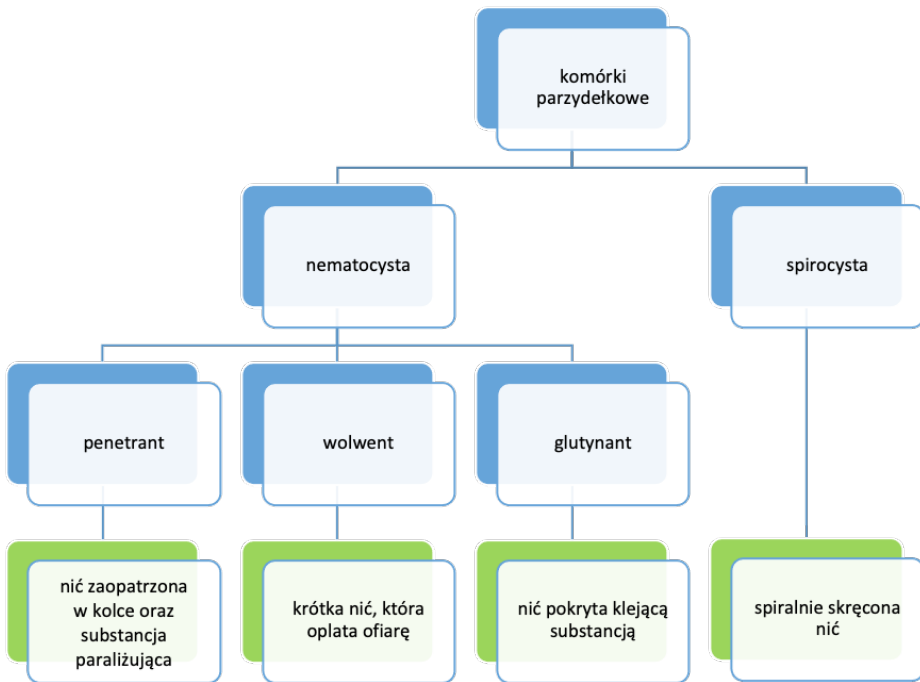
Pojedyncze nabłonkowe komórki zmysłowe oraz komórki parzydełkowe (knidocyty), zawierające parzydełka typu nematocysta lub spirocysta (ryc. 8) są połączone z układem nerwowym za pomocą synaps (David i in., 2008; Mariscal i in., 1977; Thorington i Hessinger, 1990; Westfall, 2004). Komórki parzydełkowe służą zarówno do obrony, jak i zdobywania pokarmu. Cechą charakterystyczną nematocystów jest obecność



Rycina 6. Budowa morfologiczna polipa.  
Wykonano na podstawie: Technau i Steele (2011)



Rycina 7. Schemat budowy histologicznej ściany ciała polipa.  
Wykonano na podstawie: Li i in. (2015)



Rycina 8. Schemat prezentujący rodzaje komórek parzydełkowych koralowców

knidocytu, czyli wyrostka czuciowego, którego podrażnienie prowadzi do wyrzucenia nici parzydełkowej z wnętrza komórki oraz knidocysty, która jest pęcherzykiem wypełnionym paraliżującą cieczą. Wśród nematocystów można wyróżnić penetranty, wolwenty i glutynanty. Drugi typ parzydełek obecny u tych organizmów, czyli spirocysta nie posiada knidocytu, a spiralnie skręcona nić po wyrzucie poza komórkę wraca do pierwotnego położenia (Błaszak, 2013).

### 4.3. Układ podporowy

Koralowce twarde mają szkielet zewnętrzny, natomiast w mezoglei koralowców miękkich obecne są płytki, tzw. skleryty. Elementy szkieletu, zarówno koralowców twardych jak i miękkich są wytwarzane podczas procesu kalcyfikacji, do zajścia którego niezbędne są jony wapnia oraz jony węglanowe (McCulloch i in., 2012). Proces kalcyfikacji zachodzi w różnych miejscach tkanki, w tzw. centrach kostnienia.

Na podstawie dostępnych danych empirycznych przyjmuje się, że szkielet koralowców zbudowany jest z polimorficznego aragonitu węglanowego, który w warunkach ziemskich jest substancją metastabilną. Jedynie gatunek kopalny koralowca *Coelosmilia* sp., datowany na górną

krede, posiadał pierwotny szkielet kalcytowy (Stolarski i in., 2007). Najnowsze badania wykazały jednak, że żyjący samotnie *Paraconotrochus antarcticus*, bytujący w Oceanie Południowym u wybrzeży Antarktydy na głębokości 50–700 m oraz w temperaturze 0,5–3°C tworzy szkielet kalcytowo-aragonitowy. Kalcyt buduje warstwę wewnętrzną, podczas gdy aragonit zewnętrzną (Stolarski i in., 2021).

Dodatkowo, funkcje układu podporowego u koralowców miękkich pełni szkielet hydrostatyczny (Fabricius, 1995; Fabricius i Alderslade, 2001; Sebens, 1984). Przy zamkniętym otworze gębowym objętość wody w jamie chłono-trawiącej jest zasadniczo stała, natomiast dzięki skurczowi i rozkurczowi włókien mięśniowych obecnych w ścianie ciała zwierzę może zmieniać swoją średnicę i wysokość (Kier, 2012).

#### 4.4. Układ pokarmowy i odżywianie

Układ pokarmowy koralowców rozpoczyna się otoczonym wieńcem ramion otworem gębowym, położonym na tarczy gębowej. Tarcza ta posiada zwieracze, tzw. sfinktery. Otwór gębowy prowadzi do spłaszczonej gardzieli, w której znajdują się dwa syfonoglify, będące orzęsionymi fałdami usprawniającymi ruch wody w układzie pokarmowym. Końcowym elementem układu pokarmowego jest jama chłono-trawiąca, do której wpływa woda wraz z cząstkami pokarmowymi. Są one następnie wychwytywane, trawione przy pomocy enzymów i wchłaniane. Niestrawione resztki usuwane są przez otwór gębowy (Błaszak, 2013).

Koralowce pobierają substancje pokarmowe na kilka sposobów: poprzez wychwytywanie cząsteczek rozpuszczonych w wodzie, przez drapieżnictwo oraz dzięki symbiozie z bruzdnicami, tzw. zooksantellami (Houlbrèque i Ferrier-Pagès, 2009).

Liczne gatunki koralowców są w stanie pobierać rozpuszczoną materię organiczną (głównie w postaci aminokwasów), rozpuszczone wolne aminokwasy oraz mocznik, nawet jeśli stężenie tych substancji jest na poziomie nanomolowym (Al-Moghrabi i in., 1993; Ferrier, 1991; Goreau i in., 1971; Grover i in., 2006, 2008; Stephens, 1960, 1962; Stephens i Schinske, 1961). Koralowce mogą także pobierać cząsteczki z osadów powierzchniowych pokrywających rafy koralowe (Anthony, 1999, 2000; Anthony i Fabricius, 2000). Co więcej, żywe cząstki materii organicznej (zooplankton) również są wykorzystywane przez koralowce i to one stanowią główne źródło składników pokarmowych dla tych zwierząt (Hedelberg i in., 2004).

Uzupełnieniem diety opartej na zooplanktonie jest drapieżnictwo. Komórki parzydełkowe oraz ramiona wokół otworu gębowego umożliwiają większym koralowcom polowanie na mięczaki, skorupiaki, a nawet

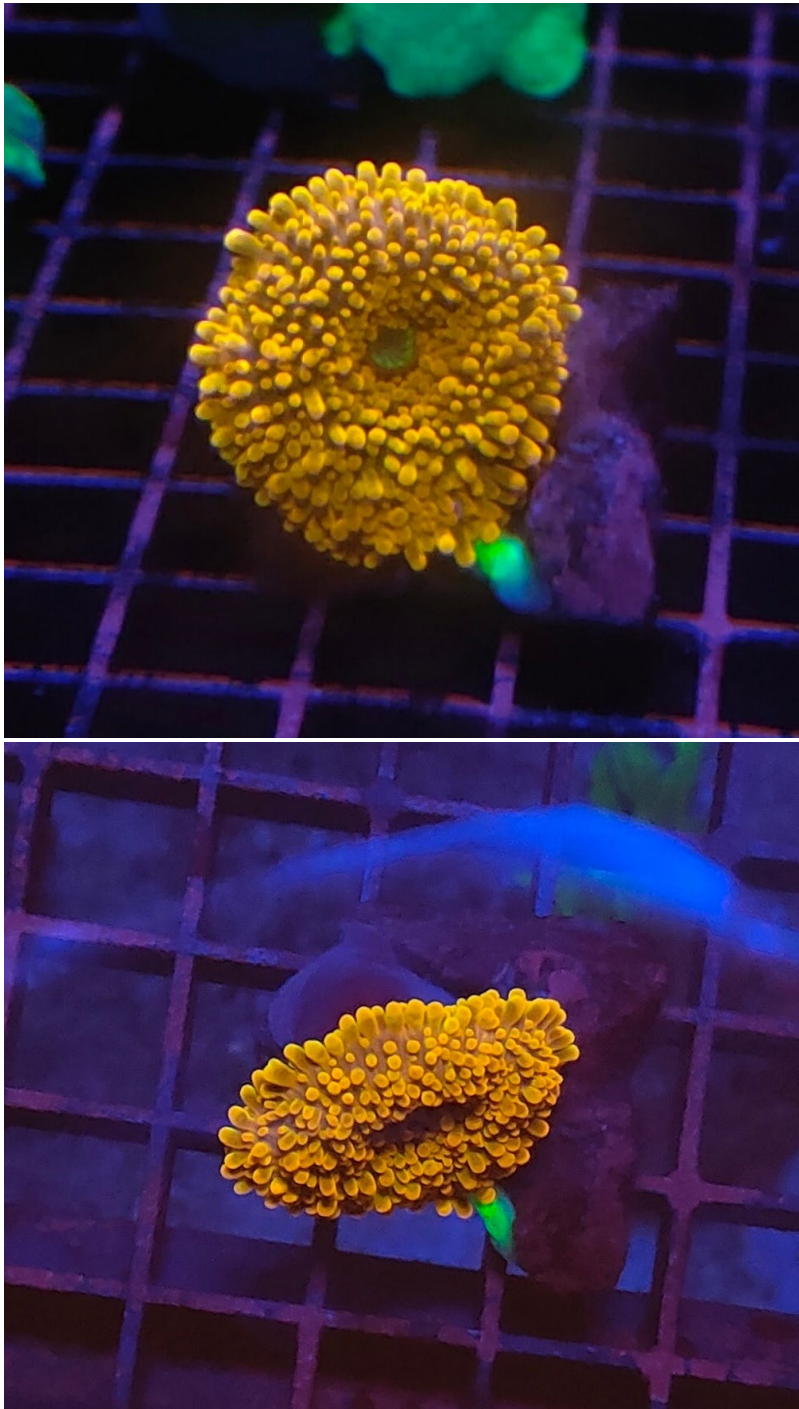
drobne ryby (Lewis i Price, 1975). Oprócz tego, wiele gatunków koralowców żyje w symbiozie mutualistycznej z zooxantellami (*Symbiodinium*), niewielkimi jednokomórkowymi bruzdnicami (wielkość komórki 5–13  $\mu\text{m}$ ), należącymi głównie do gromady Dinophyceae (Fabricius i in., 2004). Są one zdolne do przeprowadzania fotosyntezy; powstałą materię organiczną wykorzystują koralowce (LaJeunesse, 2020). Około 80% produktów fotosyntezy, takich jak węglowodany i tlen, jest transportowane do komórek koralowców, natomiast pozostałe są wykorzystywane do procesu oddychania i wzrostu zooxantelli (Davies, 1984; Edmunds i Davies, 1986). Pojedynczy polip może być gospodarzem milionów zooxantelli na centymetr kwadratowy. Substancje otrzymane dzięki symbiozie z zooxantellami zaspokajają większość dziennego zapotrzebowania koralowców na pokarm (LaJeunesse 2020).

#### **4.5. Rozmnażanie**

Koralowce wykazują mnogość strategii rozrodczych. Mogą rozmnażać się zarówno bezpłciowo, poprzez podział lub pączkowanie, jak i płciowo, praktykując zapłodnienie zewnętrzne lub wewnętrzne. Rozmnażanie bezpłciowe przyczynia się do zwiększenia powierzchni kolonii, natomiast płciowe do zróżnicowania genetycznego kolejnych pokoleń polipów. Istnieją gatunki, wśród których dominuje jeden typ strategii rozrodczej, jak również takie, w których są one ze sobą w równowadze (Baums i in., 2005; Bronsdon i in., 1997; Ceplitis, 2001; Coffroth i Lasker, 1998; Le Goff-Vitry i in., 2004; Magalon i in., 2005; Sun i in., 2001). W wielu przypadkach na sposób rozmnażania w danym czasie mają wpływ czynniki biotyczne i abiotyczne (Le Goff-Vitry i in., 2004; Henry i Kenchington, 2004).

Kolonia koralowców rośnie przez pączkowanie pojedynczych polipów (ryc. 9), natomiast dzięki fragmentacji, np. poprzez odłamanie fragmentu kolonii, możliwe jest jej rozproszenie na nowe obszary (Jackson, 1977; Tunnicliffe, 1981; Highsmith, 1982; Lirman, 2000).





Rycina 9. *Ricordea* sp. z widocznym obok nowym polipem:  
A – widok z boku, B – widok z góry (fot. Przemysław Pol)

Rozród płciowy wymaga wytworzenia gamet męskich – plemników oraz żeńskich – oocytów. Gametogeneza, czyli rozwój gamet zachodzi w powstających w obrębie gastrodermy gonadach. Wśród koralowców występują zarówno gatunki gonochoryczne (rozdzielнопłciowe), np. *Astrangia danae*, *A. lajollaensis*, *Goniopora queenslandiae decima*, *Porites andrewsi*, *P. lobata*, *P. lutea*, *P. murrayensis*, *Balanophyllia pruvoti*, *Porites clavaria*, *Pavona cactus*, jak i hermafrodytyczne (posiadające gonady obu płci), np. *Astroides calycularis*, *Favia fragum*, *Favia pallida* (= *doreyensis*), *Goniastrea cf Ius* (= *australensis*), *Manicina areolata*, *Pocillopora damicornis* (= *brevicornis*), *Siderastrea radians*, *Stylophora pistillata*. Istnieje także gatunek *Cladopsammia rolandi*, którego kolonie są hermafrodytyczne, natomiast polipy gonochoryczne (Fadlallah, 1983).

Ważnym sposobem rozmnażania płciowego jest wśród koralowców zapłodnienie zewnętrzne. Polega ono na synchronicznym uwalnianiu gamet przez wiele polipów tego samego gatunku. Zwiększa to pulę plemników i oocytów jednocześnie uwolnionych do wody oraz maksymalizuje możliwość zapłodnienia (Gouezo i in., 2020). Czynniki środowiskowe mają istotny wpływ na określanie czasu tarła. Na dojrzewanie gonad wpływa m.in. długość dnia i różnice wysokości temperatury, natomiast faza księżyca ma znaczenie przy przygotowaniu do tarła. Prawdopodobnie ostatnim kluczowym czynnikiem, wskazującym na dokładny czas uwalniania gamet jest zachód słońca. Zjawisko masowego uwalniania gamet zachodzi przeważnie raz w roku. Odnotowano, że w Wielkiej Rafie Koralowej odbywa się ono w październiku/listopadzie, w zachodniej Australii w marcu, w Japonii w czerwcu/lipcu, natomiast w południowym Tajwanie w kwietniu/maju (Oliver i in., 1988; Babcock i in., 1994; Fan i Dai, 1995, 1998; Twan i in., 2006).

Z zapłodnionej komórki jajowej zaczyna formować się larwa, planula. Pobiera ona substancje pokarmowe ze zgromadzonego w oocycie żółtka, a później także odżywia się rozpuszczoną w wodzie materią organiczną. W zaawansowanym stadium rozwoju planula jest wolnożyjącą orzęsioną larwą o wydłużonym kształcie (wzdłuż osi oralno-aboralnej). Przed ostatecznym przeobrażeniem się, planula musi znaleźć odpowiednie podłoże, do którego będzie mogła się przyczepić. Podłoże to powinno być twarde (skaliste lub szkieletowe) a także wykazywać się obecnością okrzemek i bakterii. Oprócz tego, preferowane jest podłoże poziome (Fadlallah, 1983). Wkrótce po przyczepieniu się do podłoża w organizmie planuli rozpoczynają się zmiany prowadzące do przekształcenia się w polip. Zmiany te obejmują m.in. proces szkieletogenezy, tzn. rozwoju elementów szkieletu (Jell, 1980).

Drugim rodzajem rozmnażania płciowego koralowców jest zapłodnienie wewnętrzne. Grupy plemników są uwalniane do wody, któ-



ra umożliwiają im przedostanie się do komórek jajowych innych organizmów. Do zapłodnienia dochodzi w polipie, gdzie następnie przez kilka tygodni rozwija się larwa, planula. Taka larwa jest zdolna do metamorfozy krótko po opuszczeniu organizmu rodzicielskiego i najczęściej przychodzi się do dna w odległości kilku metrów od osobników dorosłych (Szmant, 1986; Carlon i Olson, 1993). Wiele gatunków koralowców żyjących w pobliżu równika uwalnia planule co miesiąc, co wskazuje na okresowość gametogenezy zgodnie z fazami księżyca.

## 5. Parametry wody mające wpływ na wzrost i rozwój kolonii koralowców

Koralowce naturalnie występują w rejonach położonych w strefie tropikalnej, natomiast niektóre gatunki żyją na dużych głębokościach i preferują wody chłodniejsze (0°–18°C) (Keller i Os'kina, 2008). Gatunki wykazujące symbiozę z zooxantellami zamieszkują wody płytkie (głębokość do 50 m), jednakże na obszarach o dużej przejrzystości koralowce takie są spotykane nawet na głębokości 80 m, jak w przypadku *Leptoseris* spp. na Hawajach (Kahng i in., 2012). Koralowce głębinowe zwykle bytują na obszarze 200–1000 m ppm. Najbardziej ekstremalnym siedliskiem życia koralowców są wody Antarktyki, w których były one odnajdywane na głębokości 6328 m oraz w temperaturze -1,1°C (Vaughan i Wells, 1943; Keller, 1976). Ze względu na specyficzne warunki bytowania, koralowce głębinowe nie są zalecane do hodowli akwarystycznej.

Hodowla koralowców wymaga utrzymywania w zbiorniku wodnym odpowiednich warunków, aby zapewnić zwierzętom dobrostan. Do najważniejszych parametrów wody istotnych dla bezkręgowców morskich należą: zasolenie, temperatura, odczyn (pH), alkaliczność (kH) oraz zawartość związków chemicznych, takich jak: amoniak, azotany, azotyny, fosforany, wapń i magnez (Gallardo-Collí i in., 2019; Meuthen i in., 2011). Odpowiednia cyrkulacja wody również jest kluczowa w utrzymaniu koralowców w dobrym zdrowiu. Ważnym czynnikiem umożliwiającym ich hodowlę jest także dobór odpowiedniego rodzaju pokarmu, który zapewni zwierzętom składniki niezbędne do wzrostu i rozwoju kolonii.

Większość gatunków koralowców zamieszkuje obszary płytsze, gdzie temperatura wody zawiera się w zakresie 23–29°C. Dlatego też, w zależności od wybranych do hodowli gatunków, temperatura wody w zbiorniku powinna oscylować wokół wartości, która jest dla nich naturalna. Zbyt wysoka temperatura przyczynia się do zjawiska bielenia koralowców – tracą zooxantelle, co prowadzi do chorób, a nawet śmierci zwierząt (Jones i in., 1998). Według różnych scenariuszy, do 2100 r.

temperatura oceanów może wzrosnąć o 1,8–4°C, co spotęguje obserwowane już na szeroką skalę bielenie (Palmer i Traylor-Knowles, 2018; Solomon i in., 2007).

Odczyn wody jest zależny od zawartości jonów wodorowych H<sup>+</sup>. Odczyt pH wskazuje, czy woda ma odczyn kwaśny (<7) czy też zasadowy (>7). Korale preferują wody o pH 8,2 lub 8,3. Ze względu na postępujące zmiany klimatyczne, takie jak wzrost CO<sub>2</sub> w atmosferze, powodujące m.in. ocieplenie się i zakwaszanie oceanów, poziom pH może obniżyć się do 7,8 pod koniec XXI wieku (Caldeira i Wickett, 2005; Doney i in., 2009; Hoegh-Guldberg i in., 2017; Hughes i in., 2018; Orr i in., 2005). Odczyn wody wpływa także na zawartość jonów węglanowych (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) i wodorowęglanowych (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Wykazano, że w wodzie morskiej o temperaturze 25°C i pH 7,7 jest największa ilość rozpuszczonego HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Przy wyższym pH zawartość jonów wodorowęglanowych spada, powodując wzrost ilości rozpuszczonych jonów węglanowych (Millero, 1979).

Alkaliczność wody jest związana z zawartością rozpuszczonych jonów węglanowych (Gallardo-Collí i in., 2019; Meuthen i in., 2011). Im jest ona wyższa, tym większy jest poziom KH. Wzrost zawartości jonów wodorowych i tym samym podniesienie pH wpływa natomiast na spadek poziomu alkaliczności (McMahon i in., 2018). Ze względu na zachodzący u koralowców proces kalcyfikacji, w którym niezbędnym elementem są jony węglanowe, optymalny poziom KH jest istotny dla prawidłowego rozwoju i wzrostu tych morskich bezkręgowców.

Celem eksperymentów wykonanych na potrzeby niniejszej pracy było wskazanie wpływu wybranych warunków środowiska, czyli poziomu alkaliczności i zasolenia oraz cyrkulacji wody na wzrost i rozwój kolonii wybranych gatunków koralowców.

## **6. Omówienie zakresu i wyników badań dotyczących hodowli koralowców**

### **6.1. Opis zbiorników wykorzystywanych do badań**

Do przeprowadzenia badań przygotowane zostały trzy zbiorniki (oznaczone jako A1, A2, A3) o wymiarach zewnętrznych 60 x 50 x 50 cm i pojemności 150 l każdy, umieszczone na stelażach wykonanych ze stali nierdzewnej (ryc. 10). Zbiorniki oraz stelaże zostały wykonane na zamówienie. Ich kształt oraz wielkość były dobrane pod specyfikę badań.

Poniżej każdego zbiornika, wewnątrz stelaża znajdował się podzielony na trzy przegrody otwarty system filtracji, tzw. sump o wymiarach 60 x 40 x 35 cm i pojemności 84 l z poziomem wody w pierwszej komorze ustalonym na 21 cm. Łącznie w obiegu znajdowało się 160 l wody. Na

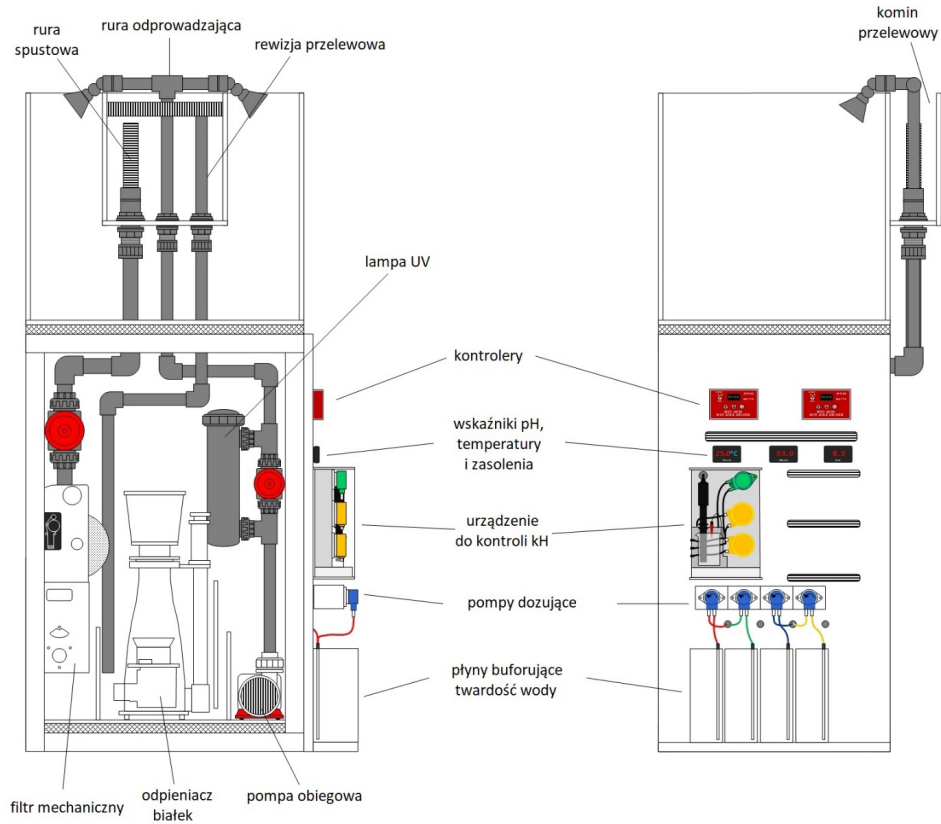
zewewnętrznej szybie górnego zbiornika, w jego środkowej części umieszczony był zewnętrzny komin przelewowy, wewnątrz którego został zamontowany system hydrauliczny. System ten był zbudowany z rury spustowej, rewizji przelewowej oraz rury odprowadzającej wodę z sumpą do akwarium głównego.

Otwarty system filtracji składał się z trzech komór. Pierwsza komora była przeznaczona do filtracji mechanicznej, stanowił ją automatyczny filtr mechaniczny w postaci tzw. Roller Mat. Dawniej jako filtry mechaniczne stosowano luźno położoną na mediach filtracyjnych watę, włókninę, gąbki lub tzw. skarpety filtracyjne. Usuwały one z wody większe zawiesiny, jednakże należało je regularnie, często wielokrotnie w ciągu dnia, wymieniać na nowe. Nowoczesne automatyczne filtry mechaniczne eliminują ww. wady. Konstrukcje te są zbudowane z korpusu z kasetą, na którą nawinięta jest włóknina. Brudna woda wewnątrz filtra jest przepychana pod ciśnieniem przez włókninę. Gdy poziom wody w filtrze podniesie się ponad wyznaczoną wysokość, wówczas czujnik pływakowy aktywuje silnik przesuwający włókninę. Dzięki temu poziom wody w filtrze ponownie opada, a gdy cała rolka włókniny jest zabrudzona, wymienia się ją na nową.

Druga komora w sumpie była przeznaczona dla odpieniacza białek oraz złoża do filtracji biologicznej. Odpieniacz białek jest urządzeniem służącym do usuwania z wody związków organicznych zanim ulegną one rozkładowi, m.in. resztek paszy oraz produktów przemiany materii. Zanieczyszczenia wychwycone przez urządzenie są wylewane do kubka znajdującego się na jego górnej części. Filtrację biologiczną stanowiły złoża o wysokim stopniu porowatości oraz dużej powierzchni czynnej, na których rozwijały się bakterie nitryfikacyjne.

W trzeciej komorze została umieszczona w pełni sterowalna pompa obiegowa z silnikiem typu DC, którą woda wracała z sumpą do akwarium. Przepływ wody przez system filtracji został określony na 1600 l/godz., co umożliwiało 10-krotną wymianę wody w obiegu w ciągu godziny. Na elementach hydrauliki wychodzącej od pompy obiegowej zainstalowano zawór membranowy stanowiący tzw. bypass, dzięki któremu można było sterować przepływem wody przez filtr UV, który miał chronić zwierzęta przed wirusami oraz rozwojem niepożądanych organizmów, m.in. okrzemek i sinic.

Nad akwarium został zamontowany system oświetlenia, który składał się z trzech żarówek niebieskich oraz trzech żółtych T5, zapewniających oświetlenie o długości fali 390–500 nm, co odpowiadało spektrum 435–450 nm, odpowiedniemu dla koralowców i zooksantelli. Żarówki były zawieszane 20 cm nad lustrem wody w celu zapewnienia równomiernego oświetlenia zbiornika.



Rycina 10. Schemat przedstawiający zbiornik do przetrzymywania koralowców. Wykonano na podstawie rzeczywistej konstrukcji.

Przed przystąpieniem do doświadczenia wszystkie zbiorniki zostały zalane wodą, tak aby mogły przejść cykl azotowy oraz proces dojrzewania. Cykl azotowy w akwarium polega na rozwijaniu się korzystnych bakterii, pomagających w przemianach amoniaku do azotynów, a następnie azotynów do azotanów, które w niewielkim stężeniu są nieszkodliwe dla ryb. Dojrzewanie zbiorników jest natomiast dłuższym procesem, polegającym na uzyskaniu m.in. stabilnej i zdrowej populacji bakterii i widłonogów, dzięki którym w akwarium nie ma zakwitów okrzemek, glonów zielonych czy też sinic.

W celu przyspieszenia procesu dojrzewania zbiorników każdego dnia przez okres dwóch tygodni na złoża biologiczne dodawano komercyjne kultury bakterii nityfikacyjnych oraz probiotycznych, wraz z pożywkami dla nich. Cały cykl azotowy w zbiornikach został zakończony w ciągu 11 dni od daty zalania. Przed rozpoczęciem doświadczenia KH w każdym z testowanych zbiorników wynosiło 8. Na dzień każdego zbior-

nika umieszczono konstrukcję z kratki rastrowej, na której w dalszej części eksperymentu umieszczono koralowce osadzone na podstawkach. Przed wprowadzeniem koralowców do zbiorników woda została poddana oczyszczeniu z patogenów za pomocą lampy UV 18W.

## 6.2. Gatunki koralowców wybrane do badań

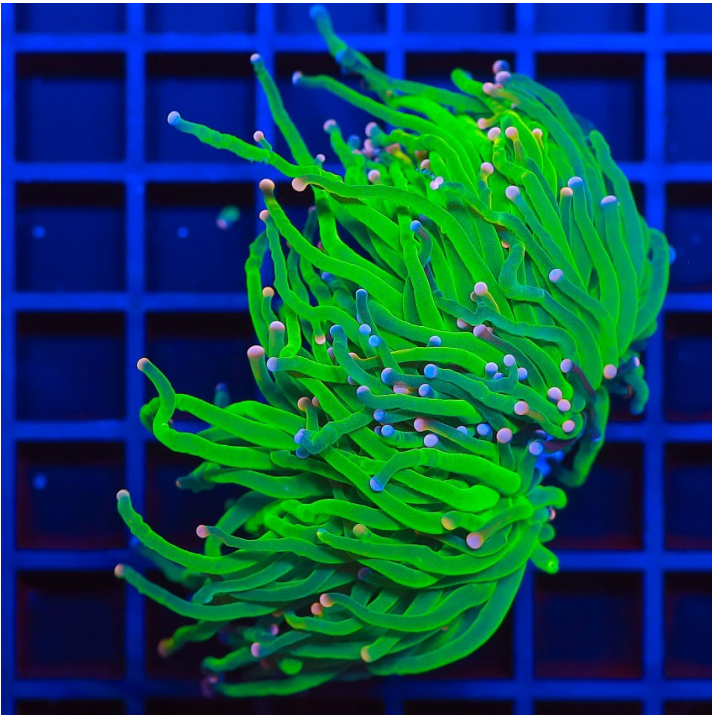
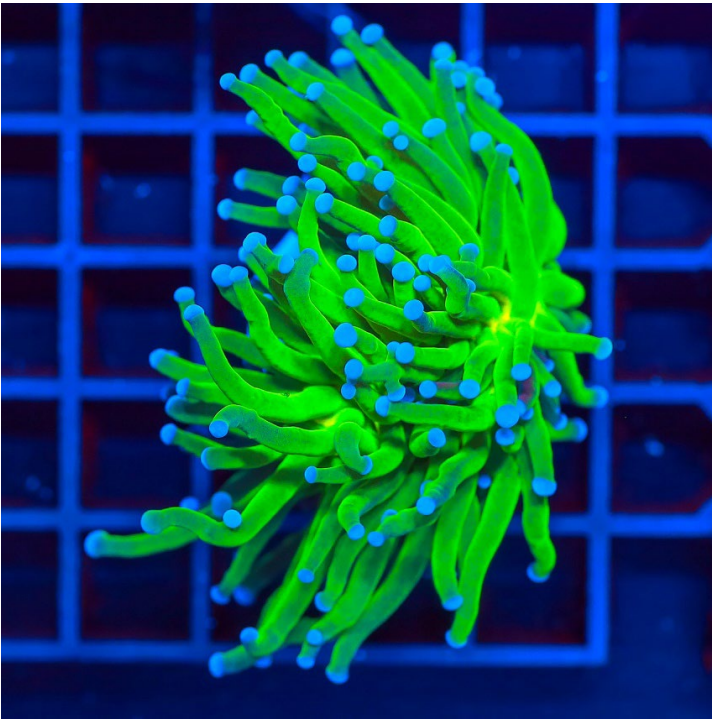
Najczęściej hodowane gatunki koralowców należą do wszystkich trzech wymienionych wcześniej grup morfologicznych. Koralowce długopolipowe (LPS) są hodowane ze względu na ich budowę morfologiczną, która umożliwia efektywne „falowanie polipów” w akwarium; krótkopolipowe (SPS) są chętnie wybierane ze względu na intensywną kolorystykę, natomiast koralowce miękkie ze względu na łatwość hodowli, bowiem w związku z brakiem szkieletu zewnętrznego mają one mniejsze wymagania hodowlane niż koralowce twarde. Wśród LPS najczęściej są hodowane *Euphyllia* sp., *Pavona* sp., *Acanthastrea* sp., natomiast wśród SPS *Acropora* sp. i *Montipora* sp. Koralowce miękkie trzymane w akwariach to głównie *Zoanthus* sp., *Sinularia* sp., *Sarcophyton* sp., *Rhodactis* sp. (dane własne).

Do badań wybrano po trzy gatunki spośród koralowców LPS (ryc. 1113; tab. 1), SPS (ryc. 14–16; tab. 1) oraz miękkich (ryc. 17–19; tab. 1) pochodzące z lokalnej hurtowni zoologicznej. Zostały one wybrane ze względu na zróżnicowaną morfologię oraz ich popularność jako gatunków hodowanych w akwariach.

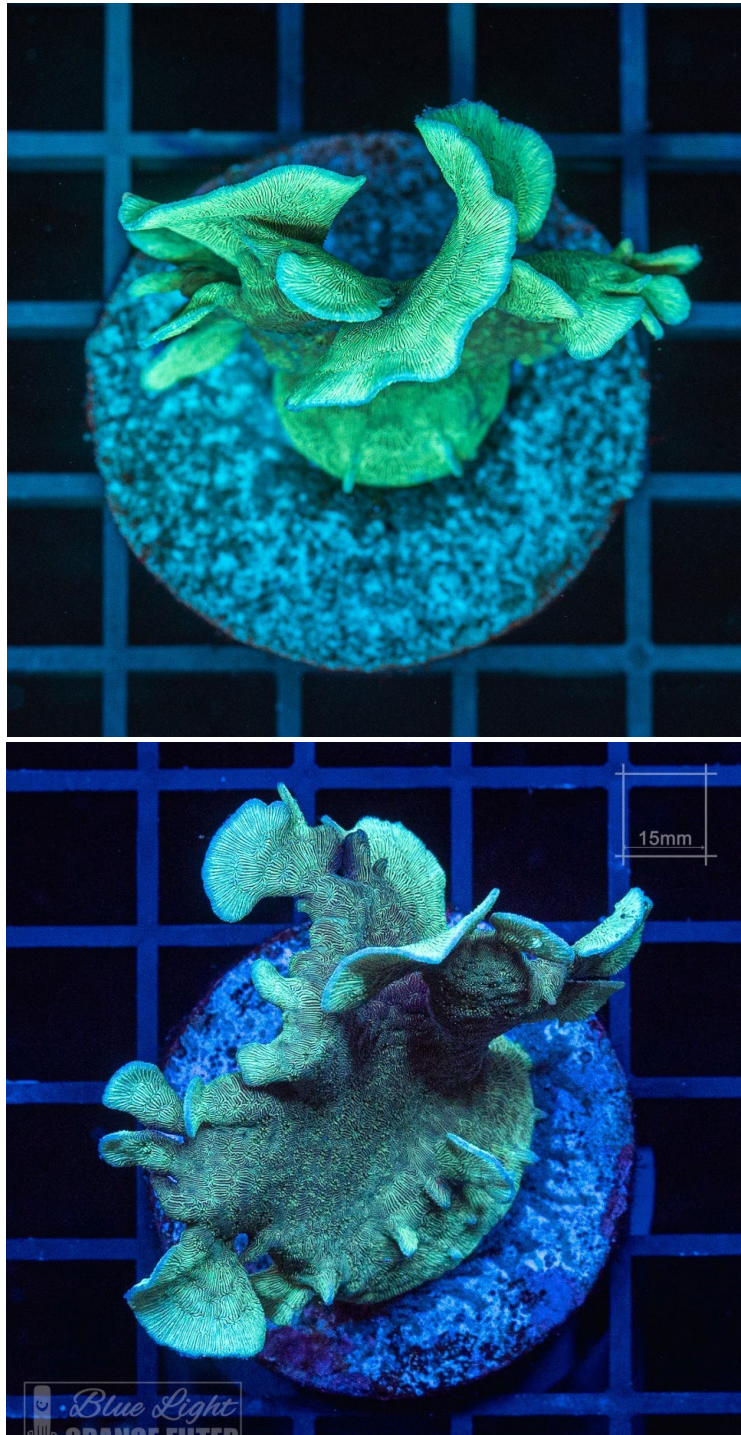
Tabela 1. Gatunki koralowców wybrane do badań

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| Koralowce długopolipowe  | <i>Euphyllia glabrescens</i>   |
|                          | <i>Pavona cactus</i>           |
|                          | <i>Caulastrea furcata</i>      |
| Koralowce krótkopolipowe | <i>Seriatopora guttatus</i>    |
|                          | <i>Montipora digitata</i>      |
|                          | <i>Pocillopora damicornis</i>  |
| Koralowce miękkie        | <i>Sarcophyton crassicaule</i> |
|                          | <i>Zoanthus durbanensis</i>    |
|                          | <i>Lobophyton pauciflorum</i>  |



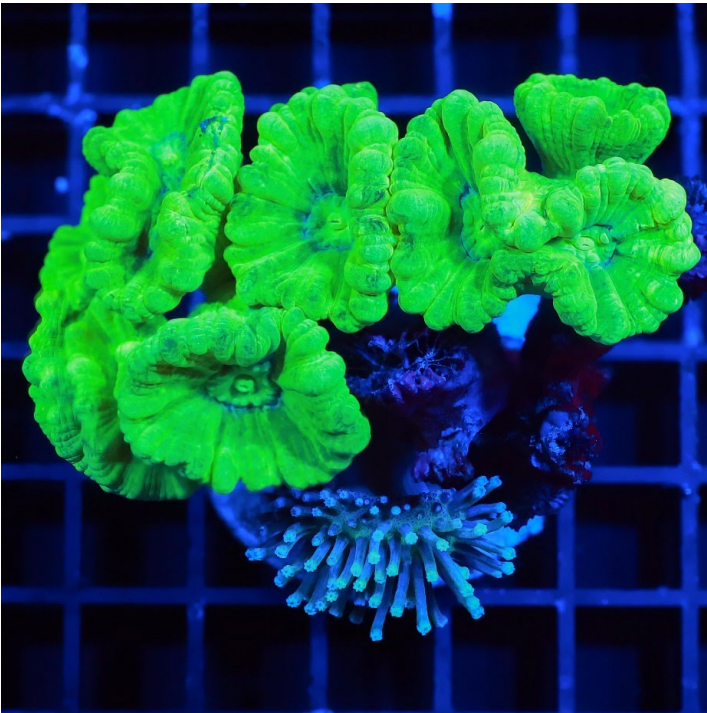
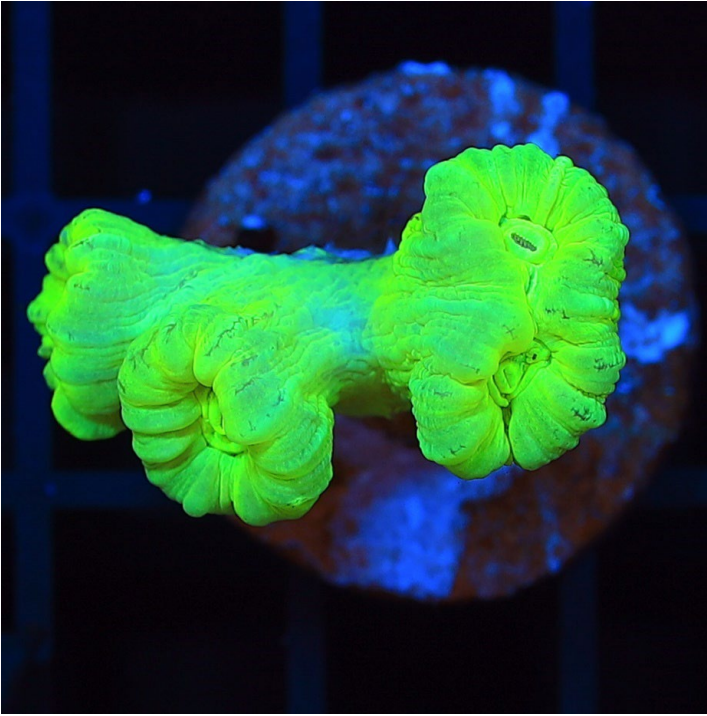


Rycina 11. Morfologia fragmentu kolonii koralowca długopolipowego *E. glabrescens* (fot. Dorota Protasewicz)



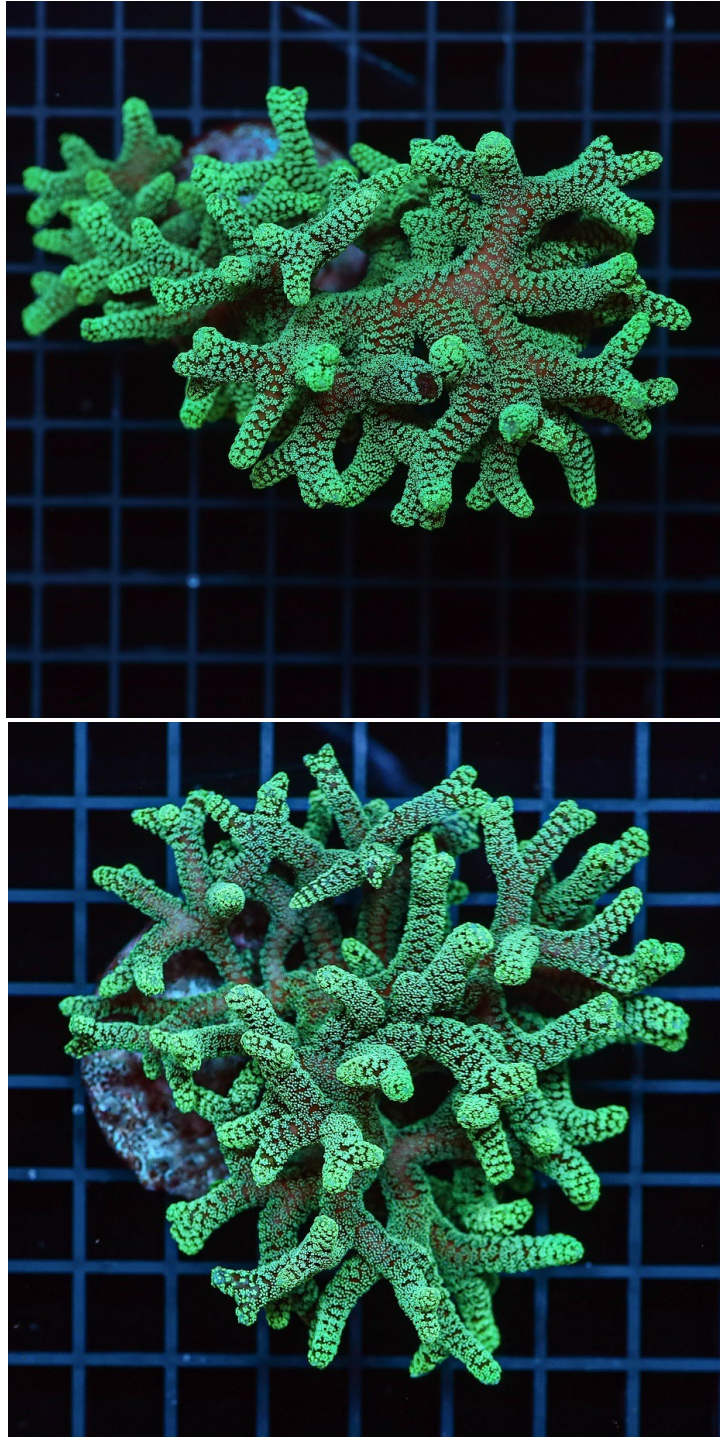
Rycina 12. Morfologia fragmentu kolonii koralowca długopolipowego *P. cactus* (fot. Dorota Protasewicz)



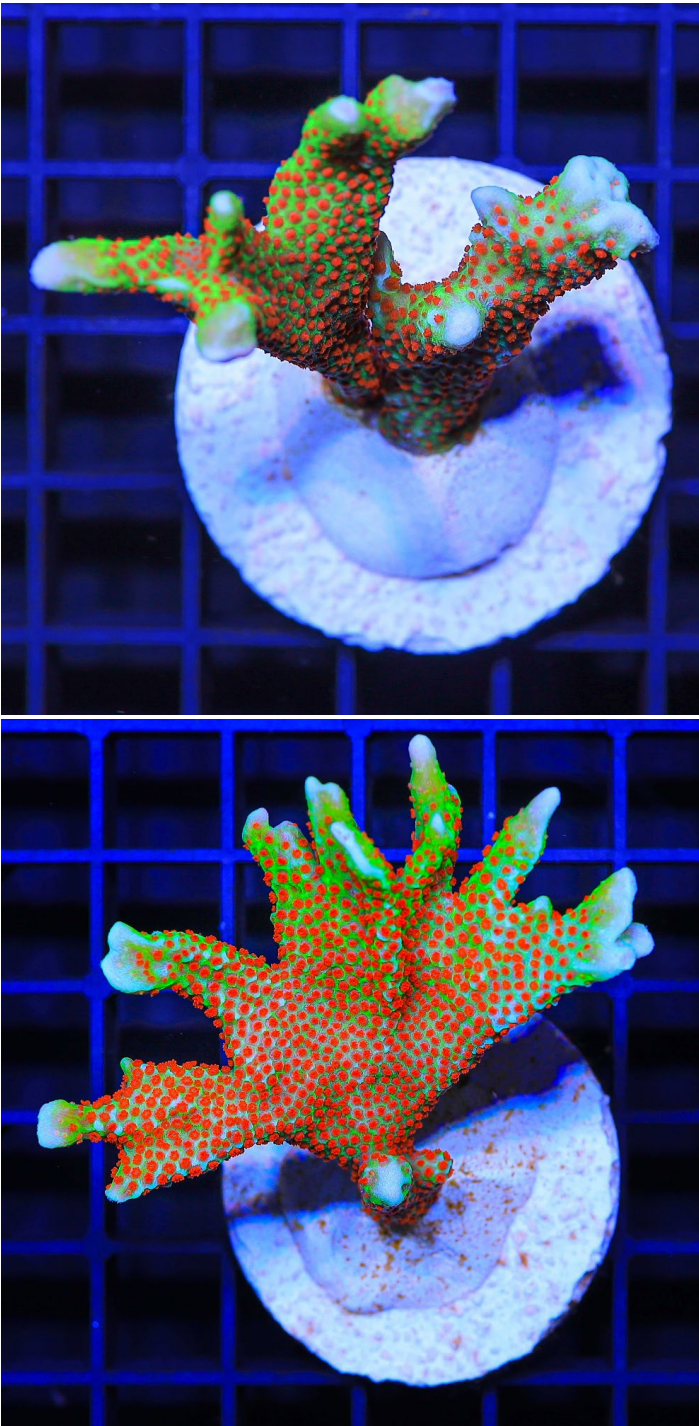


Rycina 13. Morfologia fragmentu kolonii koralowca długopolipowego *C. furcata* (fot. Dorota Protasewicz)





Rycina 14. Morfologia fragmentu kolonii koralowca krótkopolipowego *S. guttatus* (fot. Dorota Protasewicz)

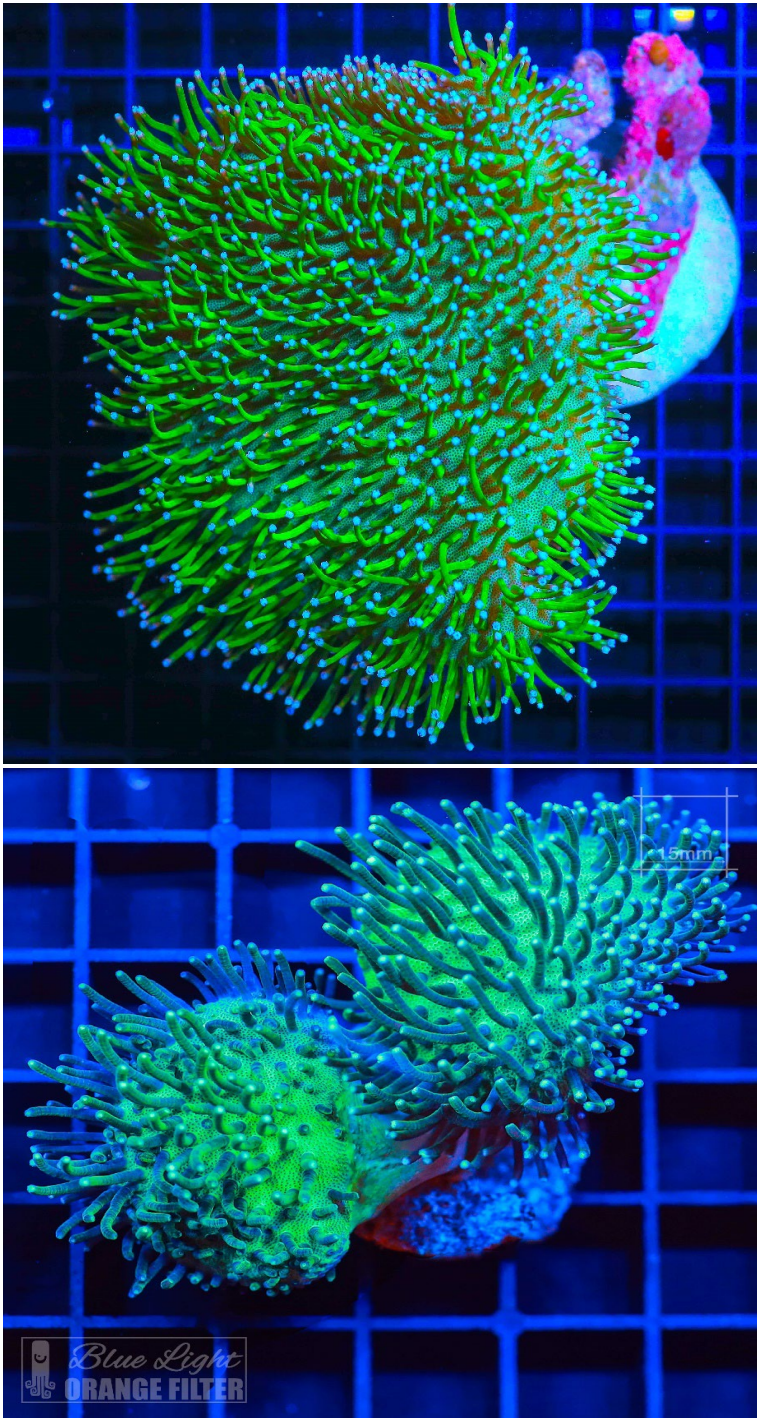


Rycina 15. Morfologia fragmentu kolonii koralowca krótkopolipowego *M. digitata* (fot. Dorota Protasewicz)





Rycina 16. Morfologia fragmentu kolonii koralowca krótkopolipowego *P. damicornis* (fot. Dorota Protasewicz)

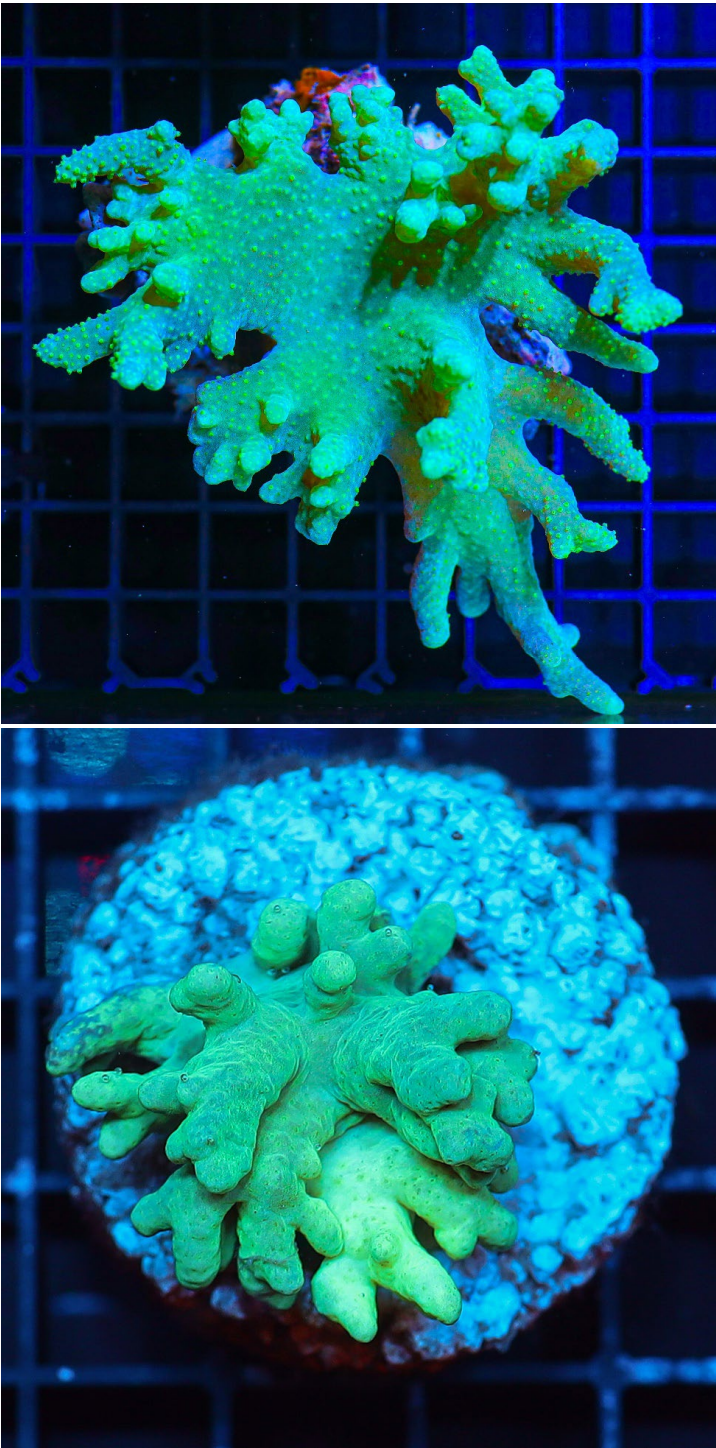


Rycina 17. Morfologia fragmentu kolonii koralowca miękkiego *S. crassicaule* (fot. Dorota Protasewicz)





Rycina 18. Morfologia fragmentu kolonii koralowca miękkiego *Z. durbanensis* (fot. Dorota Protasewicz)



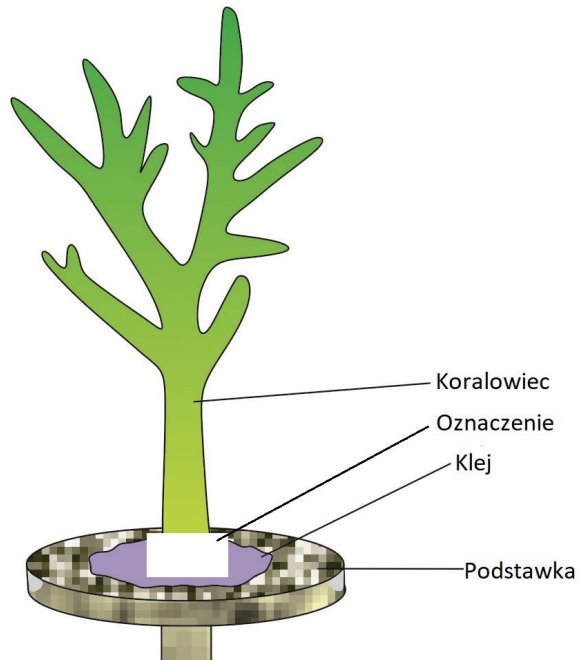
Rycina 19. Morfologia fragmentu kolonii koralowca miękkiego *L. pauciflorum* (fot. Dorota Protasewicz)

### 6.3. Metody prowadzonych badań

#### 6.3.1. Przygotowanie zwierząt

Kolonie maceczne wybranych do badań gatunków umieszczono w zbiorniku o pojemności 2000 l i zasoleniu 35 ppt w celu aklimatyzacji. Przez okres dwóch tygodni sprawdzano czy osobniki są w dobrej kondycji, tzn. czy są odpowiednio wybarwione, a polipy wysunięte. Z kolei, przystąpiono do procedury dzielenia koralowców na mniejsze fragmenty kolonii, tzw. szczepki. Każda kolonia była wyjmowana z akwarium i wykładana na nasączoną wodą z akwarium ligninę, a następnie dzielona na mniejsze fragmenty przy pomocy nożyc wykonanych ze stali nierdzewnej. Każda szczepka była ważona i umieszczana w pojemniku z wodą pochodzącą z akwarium doświadczalnego.

Jednocześnie przygotowano syntetyczne, biologicznie neutralne podstawki wykonane z lekkich materiałów o wysokiej porowatości, które umieszczono na 10 minut w wodzie morskiej pochodzącej ze zbiornika doświadczalnego. Po tym czasie każdą podstawkę wyjmowano z wody, umieszczano na niej warstwę akwarystycznego kleju cyjanoakrylowego w żelu i umieszczano na niej przygotowaną szczepkę o znanej masie. Następnie, na podstawce z koralowcem umieszczano wodoodporne oznaczenie z numerem, datą oraz masą początkową badanego fragmentu kolonii (ryc. 20). Całość ponownie ważono, aby po odjęciu od otrzymanego wyniku masy zwierzęcia uzyskać wagę podstawki z klejem wraz z oznaczeniem.



Rycina 20. Schemat przedstawiający fragment kolonii (szczepkę) koralowca umieszczonego na podstawce z klejem



### *6.3.2. Przygotowanie zbiorników*

Badania przeprowadzono oddzielnie w odniesieniu do poszczególnych grup: koralowców długopolipowych, krótkopolipowych oraz miękkich. Osobno analizowano takie parametry, jak: alkaliczność, zasolenie i cyrkulację wody.

Wszystkie zbiorniki były zaopatrzone w systemy kontrolujące poszczególne parametry wody, takie jak: miernik temperatury, pH, kH, zasolenia. Przez cały czas trwania eksperymentu temperatura we wszystkich zbiornikach była utrzymywana na stałym poziomie 25°C; pH na poziomie 8,1; kH na poziomie 8°n (w wyjątkiem zbiorników, w których testowano wpływ kH); natomiast zasolenie na poziomie 35 ppt (w wyjątkiem zbiorników, w których testowano wpływ zasolenia).

#### *Alkaliczność*

W przypadku analizy alkaliczności wody w zbiorniku A1 poziom KH był stopniowo obniżany, podczas gdy w zbiorniku A3 podnoszony o 0,25 dKH/dzień, aż do uzyskania 5,5 dKH w zbiorniku A1 i 10,5 dKH w zbiorniku A3. W zbiorniku A2 kH zostało utrzymane na poziomie 8 dKH. Następnie, urządzenie do monitorowania poziomu KH zostało zaprogramowane, aby automatycznie utrzymywać zadany poziom KH (odpowiednio 5,5; 8; 10,5 dKH) poprzez testowanie wody co 1 godzinę i w przypadku odnotowania zmian – poprzez dodawanie odpowiedniego płynu buforującego.

#### *Zasolenie*

W celu sprawdzenia wpływu zasolenia wody na wzrost kolonii koralowców jego poziom w zbiornikach A1 i A2 był stopniowo zmieniany o 0,25 ppt/dzień. Ostatecznie, poziom zasolenia został ustalony na 31 ppt w zbiorniku A1, 33 ppt w zbiorniku A2, natomiast w zbiorniku A3 pozostał nie zmieniony (35 ppt). Zasolenie w zbiornikach było monitorowane za pomocą dedykowanego urządzenia i utrzymywane na stałym poziomie.

#### *Cyrkulacja wody*

Do określenia wpływu cyrkulacji wody na wzrost kolonii koralowców we wszystkich zbiornikach przepływ wody został ustalony na 2000 l/godz. W zbiorniku A1 nie ustawiono dodatkowej cyrkulacji; w zbiornikach A2 i A3 zamontowano urządzenia, za pomocą których uzyskano dodatkową cyrkulację 3000 l/godz. W zbiorniku A2 cyrkulacja została ustalona na tryb falowania, natomiast w zbiorniku A3 na tryb ciągły.



### 6.3.3. Wykonywanie pomiarów

Na początku każdego eksperymentu umieszczono po 10 szczepiek danego gatunku koralowca w osobnych zbiornikach: A1, A2 i A3. Po 10 dniach aklimatyzacji zwierząt do przyjętych i uzyskanych warunków środowiska, z każdej grupy 10 fragmentów kolonii wybrano 5 cechujących się najlepszą kondycją ogólną, tzn. wykazujące najlepszą, właściwą dla gatunku kolorystykę oraz odpowiedni poziom wysunięcia polipów. Następnie zważono je, oznaczając otrzymane wartości masy jako Pomiar 1. Kolejnych pomiarów dokonywano co 2 tygodnie, tzn. w czternastym, dwudziestym ósmym, czterdziestym drugim i pięćdziesiątym ósmym dniu eksperymentu.

Pomiary masy ciała były wykonywane przy pomocy wagi (Steinberg) z dokładnością do 0,01 g. Dla każdego gatunku średnią masę kolonii oraz odchylenie standardowe obliczono przy użyciu MS Excel (Microsoft Corporation). Analiza statystyczna została wykonana za pomocą testu ANOVA przy użyciu oprogramowania Statistica 13 (StatSoft).

## 6.4. Wpływ poziomu alkaliczności wody na rozwój kolonii koralowców

### 6.4.1. Koralowce długopolipowe

Zaobserwowano, że najmniejszy przyrost masy kolonii wykazywały zwierzęta w wodzie o kH równym 5,5 (tab. 2–5). Największy przyrost masy kolonii miał natomiast miejsce w wodzie o kH 8 i 10,5. Wyniki otrzymane w obu tych warunkach były porównywalne (ok. 2% różnicy) u badanych gatunków.

Wyjątkiem była kolonia *P. cactus*, u której różnica w przyroście masy pomiędzy wodą o alkaliczności 8 i 10,5 wynosiła 5% (ryc. 21–22). Tempo wzrostu kolonii *E. glabrescens* i *C. furcata* było podobne: największe przy kH 8 oraz 10,5, natomiast najmniejsze przy kH 5,5. W przypadku *P. cactus* tempo wzrostu kolonii było zróżnicowane, największe zaobserwowano przy kH 10,5, podczas gdy najmniejsze przy kH 5,5.

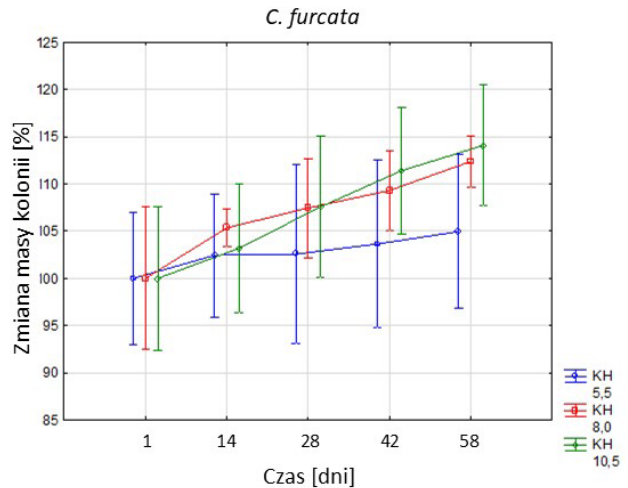
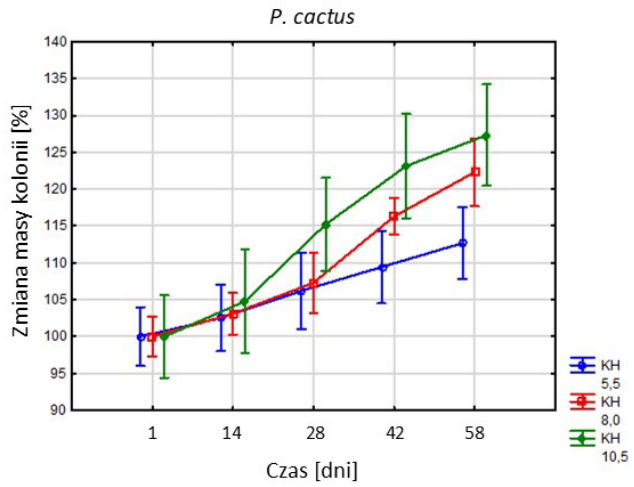
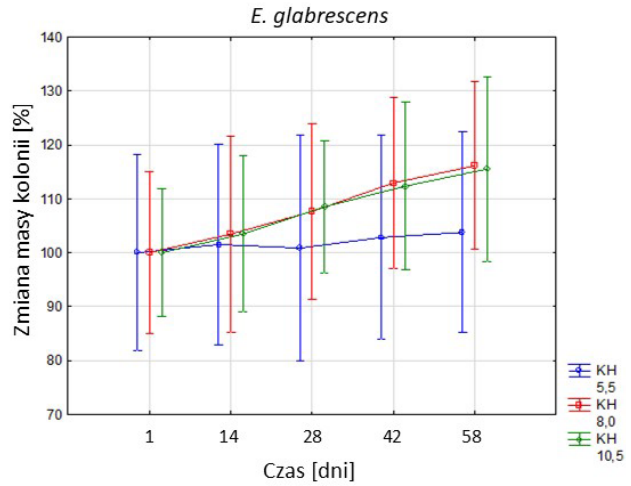
Porównanie wszystkich trzech badanych gatunków wykazało, że najbardziej intensywne zwiększenie masy wykazywała kolonia *P. cactus* (ryc. 21–22). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii odnotowano w przypadku tego gatunku hodowanego w wodzie o różnym poziomie alkaliczności, a także u *C. furcata* w kH 8 i 10,5 (tab. 5–7).

Tabela 2. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *E. glabrescens*

| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 46,10            | 39,50   | 53,50    | 6,74 |
|      | 14           | 46,80            | 39,60   | 54,60    | 6,90 |
|      | 28           | 46,50            | 36,90   | 55,30    | 7,74 |
|      | 42           | 47,40            | 40,20   | 55,90    | 7,03 |
|      | 58           | 47,84            | 40,60   | 56,30    | 6,92 |
| 8,0  | 1            | 46,18            | 39,70   | 53,40    | 5,60 |
|      | 14           | 47,78            | 38,30   | 56,30    | 6,77 |
|      | 28           | 49,72            | 40,60   | 56,80    | 6,08 |
|      | 42           | 52,16            | 42,40   | 57,50    | 5,91 |
|      | 58           | 53,62            | 44,20   | 59,70    | 5,79 |
| 10,5 | 1            | 46,28            | 39,30   | 51,20    | 4,42 |
|      | 14           | 47,88            | 39,40   | 54,30    | 5,39 |
|      | 28           | 50,22            | 43,80   | 56,30    | 4,56 |
|      | 42           | 52,00            | 44,40   | 59,90    | 5,77 |
|      | 58           | 53,46            | 45,20   | 61,70    | 6,40 |

Tabela 3. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *P. cactus*

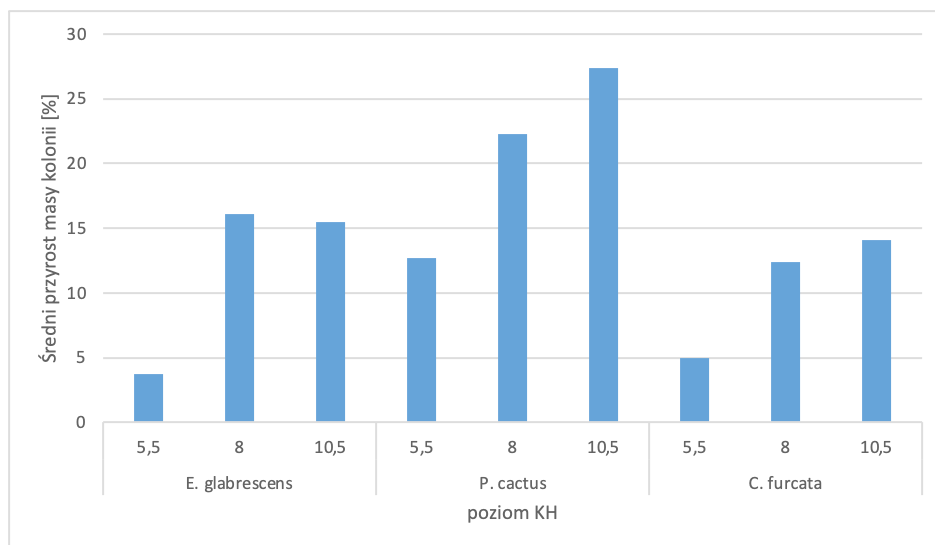
| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 33,28            | 32,30   | 34,90    | 1,07 |
|      | 14           | 34,12            | 33,10   | 36,20    | 1,21 |
|      | 28           | 35,34            | 33,90   | 37,60    | 1,38 |
|      | 42           | 36,42            | 34,50   | 38,10    | 1,33 |
|      | 58           | 37,50            | 35,80   | 39,30    | 1,31 |
| 8,0  | 1            | 33,74            | 32,80   | 34,70    | 0,73 |
|      | 14           | 34,78            | 33,60   | 35,50    | 0,76 |
|      | 28           | 36,20            | 34,50   | 37,40    | 1,11 |
|      | 42           | 39,24            | 38,40   | 39,90    | 0,67 |
|      | 58           | 41,26            | 39,30   | 42,40    | 1,25 |
| 10,5 | 1            | 33,80            | 32,40   | 36,30    | 1,52 |
|      | 14           | 35,42            | 33,80   | 38,60    | 1,91 |
|      | 28           | 38,94            | 37,00   | 41,50    | 1,71 |
|      | 42           | 41,62            | 39,30   | 43,80    | 1,93 |
|      | 58           | 43,04            | 40,70   | 45,20    | 1,87 |



Rycina 21. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców długopoliowych hodowanych w wodzie o różnych wartościach kH, wyrażone w procentach. Przedział ufności 95%

Tabela 4. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *C. furcata*

| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 33,44            | 30,30   | 35,00    | 1,88 |
|      | 14           | 34,26            | 31,40   | 36,20    | 1,76 |
|      | 28           | 34,30            | 30,00   | 36,80    | 2,55 |
|      | 42           | 34,66            | 30,70   | 37,10    | 2,39 |
|      | 58           | 35,10            | 31,50   | 37,30    | 2,19 |
| 8,0  | 1            | 33,26            | 30,00   | 34,80    | 2,02 |
|      | 14           | 35,04            | 34,50   | 35,90    | 0,53 |
|      | 28           | 35,74            | 33,60   | 37,00    | 1,41 |
|      | 42           | 36,36            | 34,50   | 37,30    | 1,13 |
|      | 58           | 37,38            | 36,40   | 38,20    | 0,74 |
| 10,5 | 1            | 33,80            | 30,70   | 36,50    | 2,06 |
|      | 14           | 34,88            | 32,10   | 37,20    | 1,86 |
|      | 28           | 36,36            | 33,80   | 39,40    | 2,04 |
|      | 42           | 37,66            | 35,40   | 40,40    | 1,84 |
|      | 58           | 38,56            | 36,30   | 41,10    | 1,74 |



Rycina 22. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech wartościach alkaliczności (kH); \* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

Tabela 5. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *E. glabrescens*

| KH   | Czas [dzień] | {1}      | {2}      | {3}      | {4}      | {5}      | {6}      |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |              | M=46,100 | M=47,840 | M=46,180 | M=53,620 | M=46,280 | M=53,460 |
| 5,5  | 1 {1}        |          | 0,997    | 1,000    | 0,387    | 1,000    | 0,410    |
|      | 58 {2}       | 0,997    |          | 0,998    | 0,659    | 0,998    | 0,684    |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000    | 0,998    |          | 0,399    | 1,000    | 0,422    |
|      | 58 {4}       | 0,387    | 0,659    | 0,399    |          | 0,413    | 1,000    |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000    | 0,998    | 1,000    | 0,413    |          | 0,437    |
|      | 58 {6}       | 0,410    | 0,684    | 0,422    | 1,000    | 0,437    |          |

Tabela 6. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *P. cactus*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| KH   | Czas [dzień] | {1}      | {2}      | {3}      | {4}      | {5}      | {6}      |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |              | M=33,280 | M=37,500 | M=33,740 | M=41,260 | M=33,800 | M=43,040 |
| 5,5  | 1 {1}        |          | 0,001    | 0,994    | 0,000    | 0,989    | 0,000    |
|      | 58 {2}       | 0,001    |          | 0,002    | 0,002    | 0,003    | 0,000    |
| 8,0  | 1 {3}        | 0,994    | 0,002    |          | 0,000    | 1,000    | 0,000    |
|      | 58 {4}       | 0,000    | 0,002    | 0,000    |          | 0,000    | 0,321    |
| 10,5 | 1 {5}        | 0,989    | 0,003    | 1,000    | 0,000    |          | 0,000    |
|      | 58 {6}       | 0,000    | 0,000    | 0,000    | 0,321    | 0,000    |          |

Tabela 7. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *C. furcata*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| KH   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      |              | M=33,44 | M=35,10 | M=33,26 | M=37,38 | M=33,80 | M=38,56 |
| 5,5  | 1 {1}        |         | 0,710   | 1,000   | 0,026   | 1,000   | 0,002   |
|      | 58 {2}       | 0,710   |         | 0,616   | 0,391   | 0,869   | 0,064   |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000   | 0,616   |         | 0,018   | 0,997   | 0,002   |
|      | 58 {4}       | 0,026   | 0,391   | 0,018   |         | 0,051   | 0,908   |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000   | 0,869   | 0,997   | 0,051   |         | 0,005   |
|      | 58 {6}       | 0,002   | 0,064   | 0,002   | 0,908   | 0,005   |         |



## 6.4.2. Koralowce krótkopolipowe

Stwierdzono, że podobnie jak u koralowców długopolipowych, przyrost masy kolonii koralowców krótkopolipowych był najmniejszy w wodzie o kH równym 5,5, natomiast największy w wodzie o kH 8 oraz 10,5 (tab. 8–10; ryc. 23–24). W przypadku wszystkich trzech badanych gatunków tempo wzrostu kolonii było największe w wodzie o alkaliczności 8 oraz 10,5, natomiast najmniejsze przy kH równym 5,5 (ryc. 23). U żadnego gatunku nie zaobserwowano spadku masy kolonii – w każdym przypadku wynik ostatniego pomiaru był większy niż wynik pierwszego pomiaru. Średni wzrost masy kolonii *M. digitata* był porównywalny w wodzie o alkaliczności 8 i 10,5. W przeciwieństwie do tego, kolonia *P. damicornis* wykazywała o 4% większy wzrost masy przy kH 10,5 niż przy kH 8. W przypadku *S. guttatus* przyrost masy kolonii był o 7% większy w wodzie o alkaliczności 10,5 niż przy wartości 8 (ryc. 24). Porównanie badanych gatunków wykazało, że najbardziej intensywne zwiększanie masy kolonii wykazywał *S. guttatus*. Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii odnotowano wyłącznie u *S. guttatus* w wodzie o alkaliczności 10,5 (tab. 11–13).

Tabela 8. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *S. guttatus*

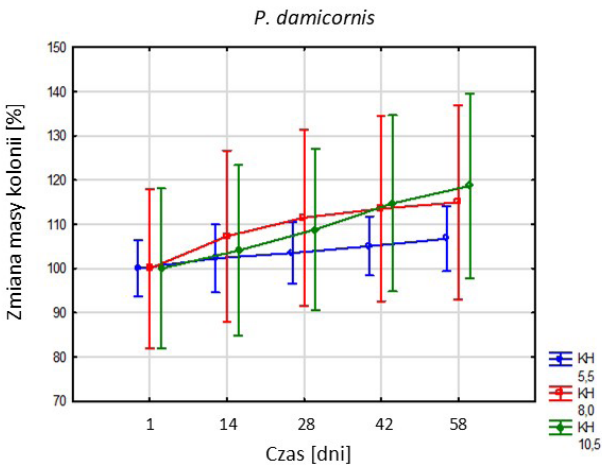
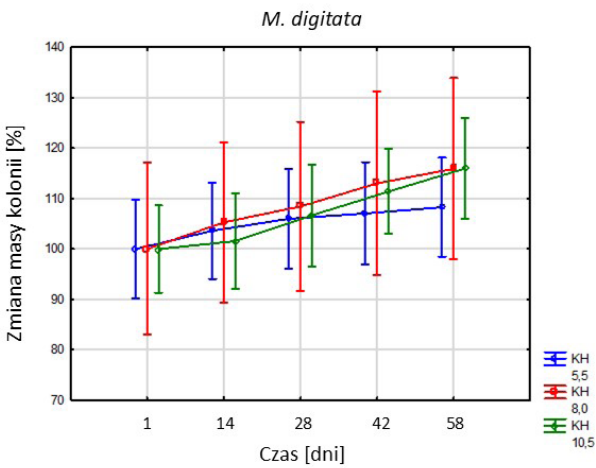
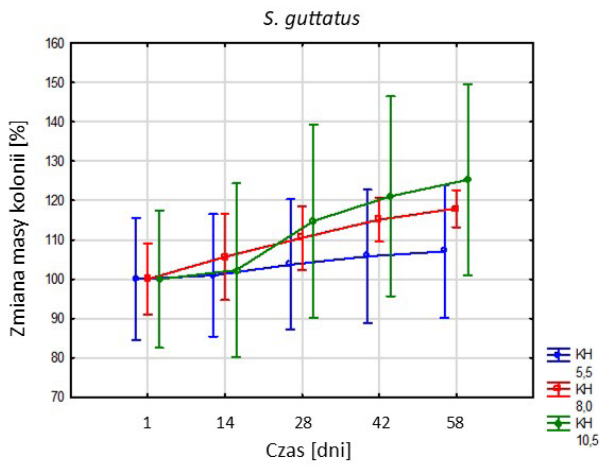
| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 18,94            | 15,30   | 21,10    | 2,38 |
|      | 14           | 19,12            | 15,50   | 21,30    | 2,37 |
|      | 28           | 19,64            | 15,80   | 22,00    | 2,53 |
|      | 42           | 20,04            | 16,10   | 22,50    | 2,58 |
|      | 58           | 20,28            | 16,30   | 22,70    | 2,57 |
| 8,0  | 1            | 19,06            | 17,50   | 21,00    | 1,40 |
|      | 14           | 20,14            | 17,90   | 22,00    | 1,68 |
|      | 28           | 21,06            | 19,70   | 22,80    | 1,25 |
|      | 42           | 21,94            | 20,80   | 23,10    | 0,86 |
|      | 58           | 22,48            | 21,60   | 23,60    | 0,73 |
| 10,5 | 1            | 19,08            | 15,90   | 21,20    | 2,68 |
|      | 14           | 19,52            | 15,80   | 22,10    | 3,40 |
|      | 28           | 21,90            | 17,80   | 26,10    | 3,78 |
|      | 42           | 23,10            | 18,80   | 27,20    | 3,90 |
|      | 58           | 23,90            | 19,60   | 27,70    | 3,74 |

Tabela 9. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *M. digitata*

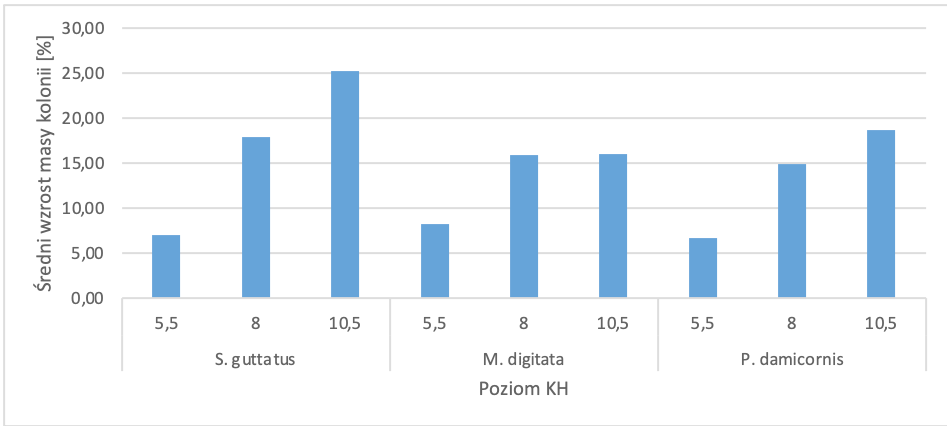
| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 22,66            | 20,50   | 25,00    | 1,78 |
|      | 14           | 23,48            | 21,60   | 25,80    | 1,74 |
|      | 28           | 24,02            | 22,10   | 26,60    | 1,80 |
|      | 42           | 24,26            | 22,40   | 26,70    | 1,85 |
|      | 58           | 24,54            | 22,70   | 26,80    | 1,80 |
| 8,0  | 1            | 22,74            | 19,50   | 26,40    | 3,12 |
|      | 14           | 23,94            | 20,80   | 27,60    | 2,92 |
|      | 28           | 24,66            | 21,40   | 28,30    | 3,08 |
|      | 42           | 25,70            | 21,70   | 28,80    | 3,33 |
|      | 58           | 26,36            | 22,20   | 29,50    | 3,29 |
| 10,5 | 1            | 23,02            | 21,20   | 25,10    | 1,61 |
|      | 14           | 23,38            | 21,50   | 26,00    | 1,77 |
|      | 28           | 24,56            | 22,40   | 26,60    | 1,87 |
|      | 42           | 25,64            | 24,00   | 27,40    | 1,56 |
|      | 58           | 26,70            | 24,50   | 28,90    | 1,85 |

Tabela 10. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *P. damicornis*

| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 21,76            | 20,70   | 23,50    | 1,12 |
|      | 14           | 22,26            | 20,80   | 24,00    | 1,34 |
|      | 28           | 22,52            | 21,40   | 24,40    | 1,20 |
|      | 42           | 22,86            | 21,80   | 24,70    | 1,17 |
|      | 58           | 23,22            | 22,20   | 25,30    | 1,29 |
| 8,0  | 1            | 21,44            | 16,00   | 23,70    | 3,11 |
|      | 14           | 23,00            | 17,20   | 25,20    | 3,35 |
|      | 28           | 23,90            | 18,00   | 26,10    | 3,42 |
|      | 42           | 24,34            | 18,20   | 27,10    | 3,62 |
|      | 58           | 24,64            | 18,00   | 27,40    | 3,80 |
| 10,5 | 1            | 21,62            | 16,20   | 23,70    | 3,14 |
|      | 14           | 22,50            | 16,90   | 24,70    | 3,36 |
|      | 28           | 23,52            | 18,30   | 26,20    | 3,17 |
|      | 42           | 24,80            | 19,00   | 27,90    | 3,46 |
|      | 58           | 25,66            | 19,50   | 28,80    | 3,62 |



Rycina 23. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców krótkopopolipowych hodowanych w wodzie o różnych wartościach kH, wyrażone w procentach. Przedział ufności 95%



Rycina 24. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech wartościach alkaliczności (kH); \* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

Tabela 11. Wyniki testu Tukey’a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *S. guttatus*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| kH   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      |              | M=18,94 | M=20,28 | M=19,06 | M=22,48 | M=19,08 | M=23,90 |
| 5,5  | 1 {1}        |         | 0,951   | 1,000   | 0,238   | 1,000   | 0,039   |
|      | 58 {2}       | 0,951   |         | 0,967   | 0,715   | 0,969   | 0,218   |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000   | 0,967   |         | 0,270   | 1,000   | 0,047   |
|      | 58 {4}       | 0,238   | 0,715   | 0,270   |         | 0,276   | 0,938   |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000   | 0,969   | 1,000   | 0,276   |         | 0,048   |
|      | 58 {6}       | 0,039   | 0,218   | 0,047   | 0,938   | 0,048   |         |

Tabela 12. Wyniki testu Tukey’a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *M. digitata*

| kH   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      |              | M=22,66 | M=24,54 | M=22,40 | M=26,36 | M=23,02 | M=26,70 |
| 5,5  | 1 {1}        |         | 0,799   | 1,000   | 0,165   | 1,000   | 0,107   |
|      | 58 {2}       | 0,799   |         | 0,826   | 0,819   | 0,905   | 0,694   |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000   | 0,826   |         | 0,182   | 1,000   | 0,119   |
|      | 58 {4}       | 0,165   | 0,819   | 0,182   |         | 0,252   | 1,000   |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000   | 0,905   | 1,000   | 0,252   |         | 0,169   |
|      | 58 {6}       | 0,107   | 0,694   | 0,119   | 1,000   | 0,169   |         |

Tabela 13. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *P. damicornis*

| kH   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|      |              | M=21,76 | M=23,22 | M=21,44 | M=24,64 | M=21,62 | M=25,66 |
| 5,5  | 1 {1}        |         | 0,965   | 1,000   | 0,620   | 1,000   | 0,303   |
|      | 58 {2}       | 0,965   |         | 0,921   | 0,969   | 0,949   | 0,762   |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000   | 0,921   |         | 0,513   | 1,000   | 0,228   |
|      | 58 {4}       | 0,620   | 0,969   | 0,513   |         | 0,573   | 0,993   |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000   | 0,949   | 1,000   | 0,573   |         | 0,269   |
|      | 58 {6}       | 0,303   | 0,762   | 0,228   | 0,993   | 0,269   |         |

#### 6.4.3. Koralowce miękkie

Wśród koralowców miękkich najmniejszy przyrost masy kolonii został zaobserwowany u *S. crassicaule* i *L. pauciflorum* w wodzie o kH 5,5, natomiast u *Z. durbanensis* w wodzie o tej samej wartości kH nastąpił spadek masy kolonii. W wodzie o alkaliczności 8 oraz 10,5 u wszystkich analizowanych gatunków, z wyjątkiem *Z. durbanensis*, nastąpił znaczny przyrost masy kolonii; u *L. pauciflorum* był on większy w wodzie o kH 10,5 niż kH 8, natomiast u *S. crassicaule* trend był odwrotny (tab. 14–16; ryc. 25–26). Tempo wzrostu kolonii *S. crassicaule* i *L. pauciflorum* było największe w wodzie o alkaliczności 8 i 10,5, natomiast najmniejsze przy kH 5,5 (ryc. 25). Spośród wszystkich analizowanych gatunków największy przyrost masy kolonii zaobserwowano u *S. crassicaule* i *L. pauciflorum* (ryc. 26). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii odnotowano wyłącznie u *S. crassicaule* w wodzie o alkaliczności 8 oraz 10,5 (tab. 17–19).

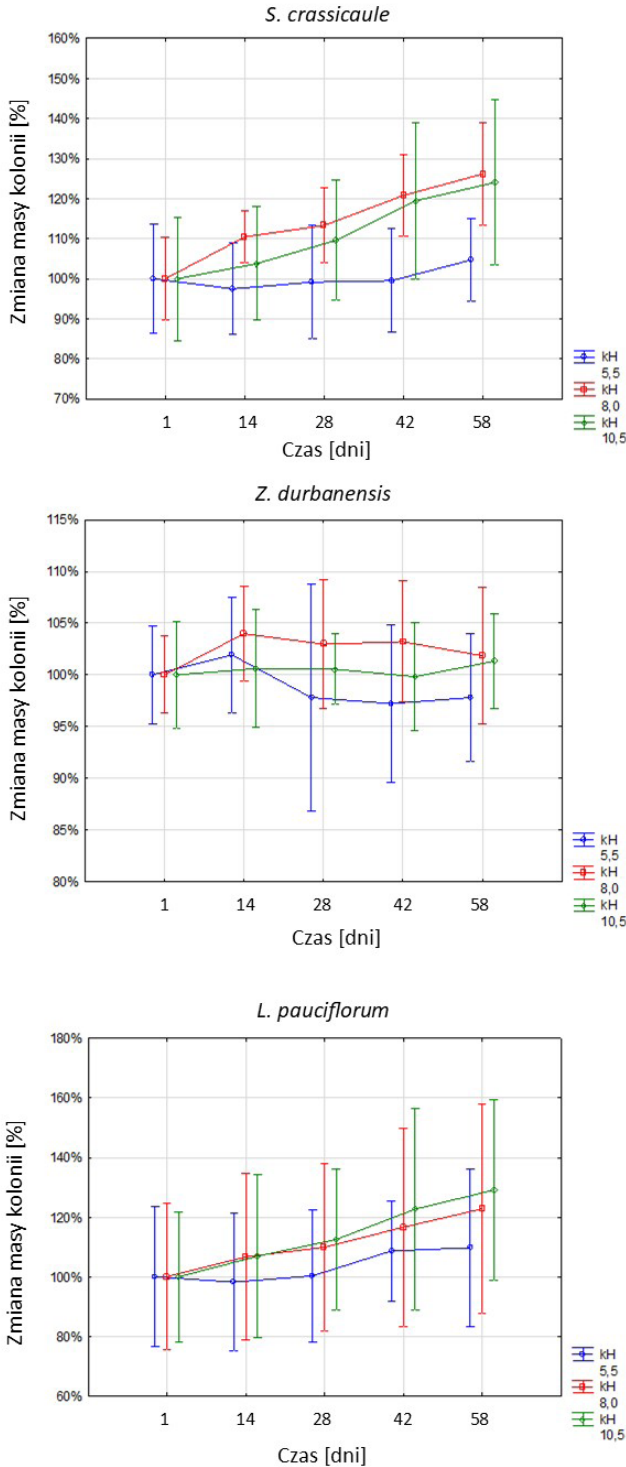


Tabela 14. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *S. crassicaule*

| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|------|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 5,5  | 1            | 61,82            | 51,20   | 69,30    | 6,81  |
|      | 14           | 60,26            | 50,70   | 65,20    | 5,70  |
|      | 28           | 61,30            | 51,50   | 68,50    | 7,01  |
|      | 42           | 61,52            | 52,60   | 68,40    | 6,43  |
|      | 58           | 64,72            | 57,10   | 70,10    | 5,13  |
| 8,0  | 1            | 61,14            | 56,40   | 69,40    | 5,09  |
|      | 14           | 67,54            | 63,60   | 72,20    | 3,17  |
|      | 28           | 69,28            | 62,60   | 75,50    | 4,62  |
|      | 42           | 73,88            | 67,70   | 81,30    | 5,03  |
|      | 58           | 77,14            | 69,40   | 86,80    | 6,28  |
| 10,5 | 1            | 61,32            | 52,60   | 70,80    | 7,61  |
|      | 14           | 63,64            | 52,70   | 70,90    | 7,02  |
|      | 28           | 67,22            | 56,60   | 75,30    | 7,42  |
|      | 42           | 73,26            | 57,70   | 83,00    | 9,69  |
|      | 58           | 76,06            | 60,00   | 84,80    | 10,18 |

Tabela 15. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *Z. durbanensis*

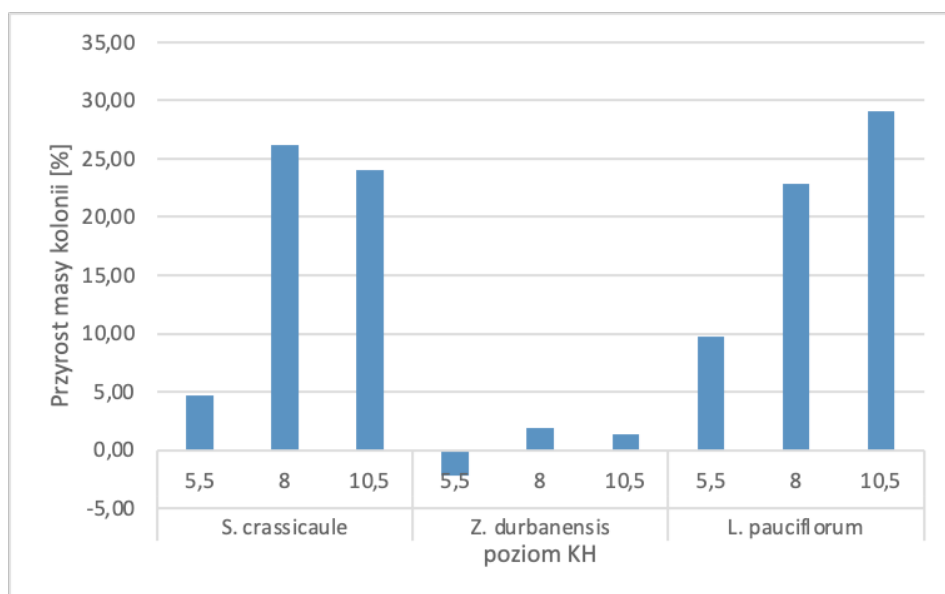
| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 5,5  | 1            | 59,16            | 55,60   | 60,90    | 2,25 |
|      | 14           | 60,30            | 57,50   | 63,30    | 2,67 |
|      | 28           | 57,86            | 51,90   | 62,30    | 5,23 |
|      | 42           | 57,52            | 51,70   | 60,70    | 3,61 |
|      | 58           | 57,86            | 52,90   | 60,10    | 2,95 |
| 8,0  | 1            | 59,26            | 57,30   | 61,20    | 1,78 |
|      | 14           | 61,62            | 59,30   | 64,60    | 2,20 |
|      | 28           | 61,02            | 58,60   | 65,30    | 2,99 |
|      | 42           | 61,16            | 58,70   | 65,10    | 2,80 |
|      | 58           | 60,36            | 56,20   | 64,30    | 3,13 |
| 10,5 | 1            | 58,84            | 54,90   | 61,40    | 2,46 |
|      | 14           | 59,20            | 55,40   | 62,50    | 2,72 |
|      | 28           | 59,16            | 57,10   | 61,20    | 1,61 |
|      | 42           | 58,74            | 56,50   | 61,60    | 2,49 |
|      | 58           | 59,62            | 56,90   | 62,10    | 2,19 |



Rycina 25. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców miękkich hodowanych w wodzie o różnych wartościach kH, wyrażone w procentach. Przedział ufności 95%

Tabela 16. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *L. pauciflorum*

| kH   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|------|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|      |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 5,5  | 1            | 72,24            | 48,40   | 81,50    | 13,67 |
|      | 14           | 70,94            | 47,60   | 79,70    | 13,38 |
|      | 28           | 72,48            | 52,10   | 84,50    | 12,86 |
|      | 42           | 78,52            | 63,20   | 86,40    | 9,74  |
|      | 58           | 79,28            | 52,50   | 90,00    | 15,35 |
| 8,0  | 1            | 71,76            | 48,90   | 82,70    | 14,20 |
|      | 14           | 76,58            | 50,70   | 89,90    | 16,12 |
|      | 28           | 78,86            | 54,00   | 95,10    | 16,17 |
|      | 42           | 83,70            | 56,10   | 105,80   | 19,27 |
|      | 58           | 88,12            | 57,30   | 106,10   | 20,20 |
| 10,5 | 1            | 71,04            | 51,90   | 82,40    | 12,46 |
|      | 14           | 75,94            | 50,20   | 90,80    | 15,66 |
|      | 28           | 79,94            | 59,80   | 92,40    | 13,53 |
|      | 42           | 87,16            | 61,70   | 108,40   | 19,39 |
|      | 58           | 91,72            | 69,60   | 109,90   | 17,31 |



Rycina 26. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech wartościach alkaliczności (kH); \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Tabela 17. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *S. crassicaule*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| kH   | Czas [dzień] | {1}      | {2}      | {3}      | {4}      | {5}      | {6}      |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |              | M=61,820 | M=64,720 | M=61,140 | M=77,140 | M=61,320 | M=76,060 |
| 5,5  | 1 {1}        |          | 0,986    | 1,000    | 0,024    | 1,000    | 0,041    |
|      | 58 {2}       | 0,986    |          | 0,965    | 0,096    | 0,972    | 0,153    |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000    | 0,965    |          | 0,017    | 1,000    | 0,029    |
|      | 58 {4}       | 0,024    | 0,096    | 0,017    |          | 0,018    | 1,000    |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000    | 0,972    | 1,000    | 0,018    |          | 0,032    |
|      | 58 {6}       | 0,041    | 0,153    | 0,029    | 1,000    | 0,032    |          |

Tabela 18. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *Z. durbanensis*

| kH   | Czas [dzień] | {1}      | {2}      | {3}      | {4}      | {5}      | {6}      |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |              | M=59,160 | M=57,860 | M=59,260 | M=60,360 | M=58,840 | M=59,620 |
| 5,5  | 1 {1}        |          | 0,961    | 1,000    | 0,972    | 1,000    | 1,000    |
|      | 58 {2}       | 0,961    |          | 0,947    | 0,619    | 0,989    | 0,872    |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000    | 0,947    |          | 0,981    | 1,000    | 1,000    |
|      | 58 {4}       | 0,972    | 0,619    | 0,981    |          | 0,926    | 0,997    |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000    | 0,989    | 1,000    | 0,926    |          | 0,996    |
|      | 58 {6}       | 1,000    | 0,872    | 1,000    | 0,997    | 0,996    |          |

Tabela 19. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *L. pauciflorum*

| kH   | Czas [dzień] | {1}      | {2}      | {3}      | {4}      | {5}      | {6}      |
|------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|      |              | M=72,240 | M=79,280 | M=71,760 | M=88,120 | M=71,040 | M=91,720 |
| 5,5  | 1 {1}        |          | 0,979    | 1,000    | 0,609    | 1,000    | 0,395    |
|      | 58 {2}       | 0,979    |          | 0,972    | 0,946    | 0,959    | 0,808    |
| 8,0  | 1 {3}        | 1,000    | 0,972    |          | 0,580    | 1,000    | 0,369    |
|      | 58 {4}       | 0,609    | 0,946    | 0,580    |          | 0,535    | 0,999    |
| 10,5 | 1 {5}        | 1,000    | 0,959    | 1,000    | 0,535    |          | 0,332    |
|      | 58 {6}       | 0,395    | 0,808    | 0,369    | 0,999    | 0,332    |          |

## 6.5. Wpływ zasolenia na rozwój koralowców

### 6.5.1. Koralowce długopolipowe

Zaobserwowano, że największy przyrost masy kolonii wśród analizowanych koralowców długopolipowych wykazywały zwierzęta w wodzie o zasoleniu 35 ppt, natomiast najmniejszy przy zasoleniu 31 ppt. Wynik pośredni w każdym przypadku został odnotowany przy zasoleniu 33 ppt (tab. 20–22, ryc. 27–28). Tempo wzrostu kolonii *E. glabrescens* było podobne w wodzie z każdym z trzech analizowanych poziomów zasolenia, natomiast u *P. cactus* i *C. furcata* tempo wzrostu było najszybsze w wodzie o zasoleniu 35 ppt. Spośród wszystkich trzech analizowanych gatunków najbardziej intensywnie zwiększenie masy kolonii w każdym z trzech poziomów zasolenia wody wykazywał *E. glabrescens* (ryc. 28). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii odnotowano u *E. glabrescens* w wodzie o zasoleniu 33 ppt i 35 ppt oraz u *C. furcata* w wodzie o zasoleniu 35 ppt (tab. 23–25).

Tabela 20. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *E. glabrescens*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 31              | 1            | 32,34            | 22,34   | 42,42    | 8,40  |
|                 | 14           | 35,34            | 24,25   | 44,44    | 9,38  |
|                 | 28           | 38,38            | 25,14   | 49,23    | 11,54 |
|                 | 42           | 40,34            | 27,22   | 52,12    | 11,45 |
|                 | 58           | 46,24            | 31,61   | 60,97    | 13,65 |
| 33              | 1            | 32,90            | 27,54   | 38,35    | 4,42  |
|                 | 14           | 36,14            | 28,76   | 46,23    | 6,32  |
|                 | 28           | 39,86            | 32,98   | 46,17    | 4,78  |
|                 | 42           | 42,96            | 35,69   | 45,92    | 4,44  |
|                 | 58           | 50,34            | 43,34   | 56,54    | 5,31  |
| 35              | 1            | 34,50            | 22,42   | 39,27    | 6,85  |
|                 | 14           | 37,22            | 23,64   | 43,62    | 8,26  |
|                 | 28           | 39,36            | 25,71   | 45,64    | 8,43  |
|                 | 42           | 42,50            | 28,83   | 49,73    | 8,99  |
|                 | 58           | 54,54            | 38,95   | 62,52    | 9,47  |

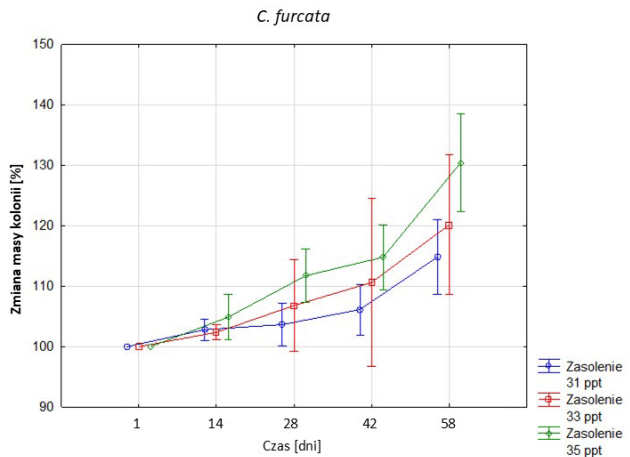
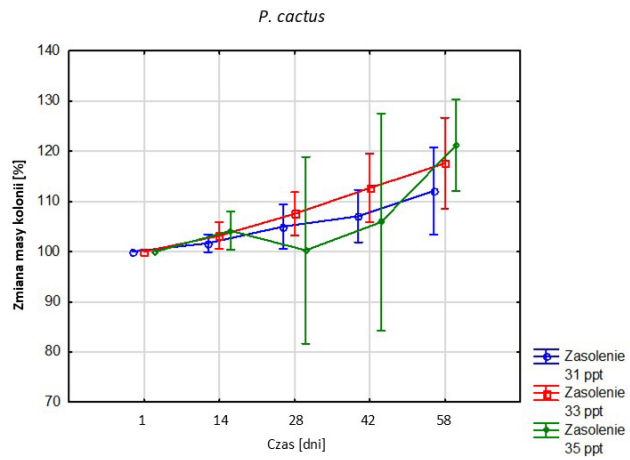
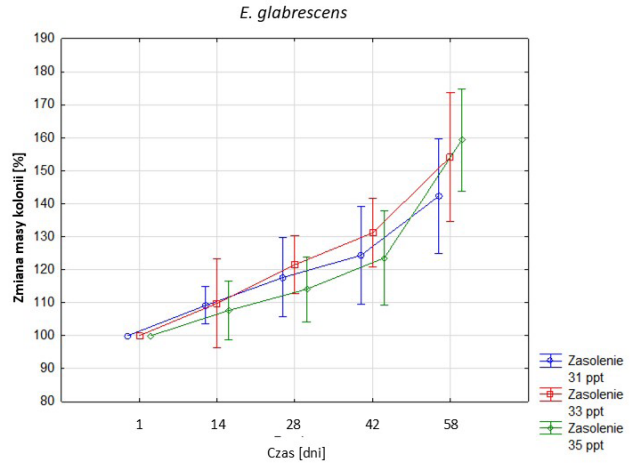


Tabela 21. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *P. cactus*

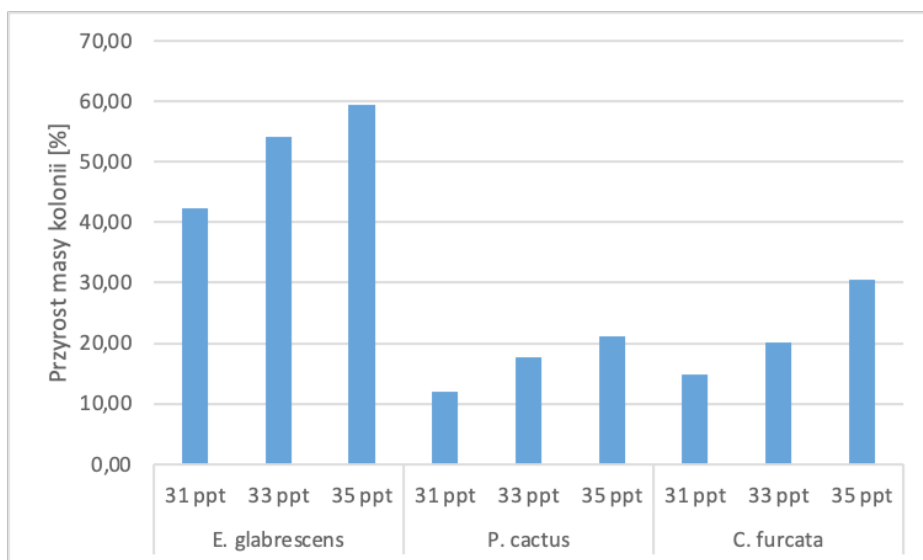
| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 31              | 1            | 23,08            | 21,00   | 25,73    | 1,87 |
|                 | 14           | 23,46            | 21,53   | 26,34    | 1,82 |
|                 | 28           | 24,20            | 22,85   | 26,96    | 1,60 |
|                 | 42           | 24,66            | 23,47   | 27,12    | 1,43 |
|                 | 58           | 25,78            | 24,83   | 27,44    | 1,07 |
| 33              | 1            | 23,90            | 22,24   | 24,67    | 0,96 |
|                 | 14           | 24,66            | 22,72   | 25,75    | 1,18 |
|                 | 28           | 25,70            | 23,64   | 27,13    | 1,37 |
|                 | 42           | 26,92            | 24,96   | 28,62    | 1,62 |
|                 | 58           | 28,10            | 25,87   | 29,97    | 2,04 |
| 35              | 1            | 27,30            | 22,39   | 32,63    | 4,93 |
|                 | 14           | 28,44            | 22,48   | 34,72    | 5,25 |
|                 | 28           | 27,04            | 22,75   | 34,63    | 4,63 |
|                 | 42           | 28,54            | 23,73   | 37,26    | 5,32 |
|                 | 58           | 33,16            | 25,45   | 42,78    | 6,77 |

Tabela 22. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *C. furcata*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 31              | 1            | 13,80            | 12,54   | 14,83    | 1,07 |
|                 | 14           | 14,18            | 12,93   | 15,14    | 0,98 |
|                 | 28           | 14,28            | 13,46   | 14,92    | 0,76 |
|                 | 42           | 14,62            | 13,83   | 15,31    | 0,75 |
|                 | 58           | 15,82            | 14,32   | 16,54    | 0,97 |
| 33              | 1            | 13,22            | 12,31   | 14,75    | 1,18 |
|                 | 14           | 13,54            | 12,63   | 15,37    | 1,31 |
|                 | 28           | 14,16            | 12,82   | 17,33    | 1,96 |
|                 | 42           | 14,70            | 12,96   | 19,22    | 2,69 |
|                 | 58           | 15,94            | 14,47   | 20,15    | 2,48 |
| 35              | 1            | 12,96            | 12,13   | 14,27    | 0,83 |
|                 | 14           | 13,60            | 12,34   | 15,34    | 1,08 |
|                 | 28           | 14,48            | 13,55   | 16,21    | 1,04 |
|                 | 42           | 14,86            | 14,26   | 16,12    | 0,72 |
|                 | 58           | 16,90            | 15,27   | 18,84    | 1,28 |



Rycina 27. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców długopolipowych hodowanych w wodzie o różnych poziomach zasolenia, wyrażone w procentach. Przedział ufności 95%



Rycina 28. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech wartościach zasolenia; \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Tabela 23. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *E. glabrescens*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=32,34 | M=49,44 | M=32,90 | M=51,94 | M=34,50 | M=58,54 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,070   | 0,999   | 0,027   | 0,999   | 0,001   |
|           | 58 {2}       | 0,070   |         | 0,086   | 0,997   | 0,146   | 0,631   |
| 33        | 1 {3}        | 0,999   | 0,086   |         | 0,034   | 0,999   | 0,002   |
|           | 58 {4}       | 0,027   | 0,997   | 0,034   |         | 0,062   | 0,863   |
| 35        | 1 {5}        | 0,999   | 0,146   | 0,999   | 0,062   |         | 0,004   |
|           | 58 {6}       | 0,001   | 0,631   | 0,002   | 0,863   | 0,004   |         |

Tabela 24. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *P. cactus*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=23,08 | M=25,78 | M=23,90 | M=28,10 | M=27,30 | M=33,16 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,846   | 0,999   | 0,284   | 0,466   | 0,002   |
|           | 58 {2}       | 0,846   |         | 0,961   | 0,911   | 0,984   | 0,039   |
| 33        | 1 {3}        | 0,999   | 0,961   |         | 0,471   | 0,682   | 0,006   |
|           | 58 {4}       | 0,284   | 0,911   | 0,471   |         | 0,999   | 0,276   |
| 35        | 1 {5}        | 0,466   | 0,984   | 0,682   | 0,999   |         | 0,151   |
|           | 58 {6}       | 0,002   | 0,039   | 0,006   | 0,276   | 0,151   |         |

Tabela 25. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *C. furcata*. Statystycznie istotne różnice zostały zaznaczone kolorem czerwonym

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=13,80 | M=15,82 | M=13,22 | M=15,94 | M=12,96 | M=16,90 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,248   | 0,985   | 0,197   | 0,931   | 0,021   |
|           | 58 {2}       | 0,248   |         | 0,073   | 0,999   | 0,039   | 0,828   |
| 33        | 1 {3}        | 0,985   | 0,073   |         | 0,055   | 0,999   | 0,004   |
|           | 58 {4}       | 0,197   | 0,999   | 0,055   |         | 0,029   | 0,886   |
| 35        | 1 {5}        | 0,931   | 0,039   | 0,999   | 0,029   |         | 0,002   |
|           | 58 {6}       | 0,021   | 0,828   | 0,004   | 0,886   | 0,002   |         |

### 6.5.2. Koralowce krótkopolipowe

Odnotowano, że największy przyrost masy kolonii u wszystkich trzech analizowanych gatunków został zaobserwowany w wodzie o zasoleniu 33 i 35 ppt, natomiast najmniejszy przyrost miał miejsce przy zasoleniu 31 ppt (tab. 26–28, ryc. 29–30). Tempo wzrostu kolonii w wodzie o zasoleniu 33 i 35 ppt było podobne zarówno dla *S. guttatus*, jak i *P. damicornis* i było wyższe niż w wodzie o zasoleniu 31 ppt (ryc. 29). Gatunki te uzyskały ostatecznie około 20% wzrost masy kolonii w wodzie z wyższymi wartościami zasolenia (33 i 35 ppt), natomiast *M. digitata* 16% wzrost w wodzie o tych samych parametrach zasolenia (ryc. 30). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii nie zostały zaobserwowane u badanych gatunków (tab. 29–31).

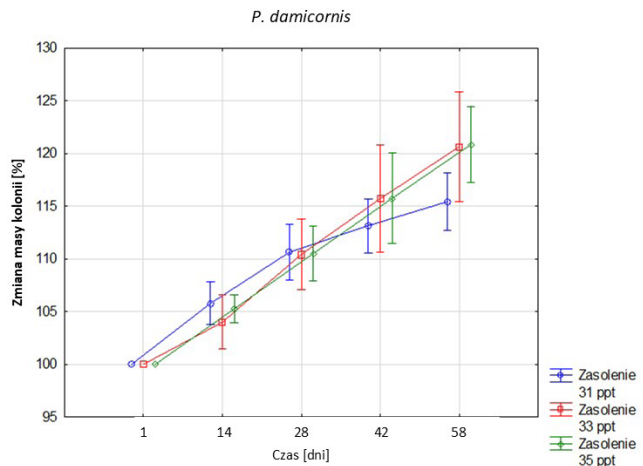
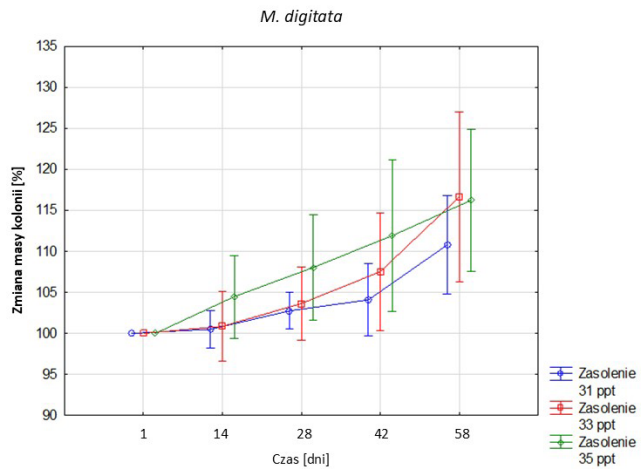
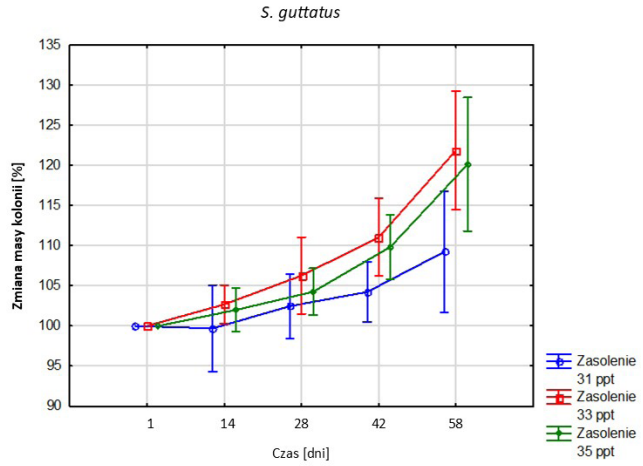
Tabela 26. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *S. guttatus*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 31              | 1            | 15,46            | 13,73   | 18,13    | 2,03 |
|                 | 14           | 15,40            | 13,65   | 17,95    | 2,03 |
|                 | 28           | 15,82            | 14,12   | 18,22    | 1,92 |
|                 | 42           | 16,10            | 14,55   | 18,51    | 2,01 |
|                 | 58           | 16,82            | 15,24   | 18,94    | 1,66 |
| 33              | 1            | 15,86            | 14,23   | 17,87    | 1,63 |
|                 | 14           | 16,28            | 14,66   | 18,12    | 1,63 |
|                 | 28           | 16,86            | 15,37   | 19,43    | 1,91 |
|                 | 42           | 17,62            | 16,00   | 19,91    | 1,99 |
|                 | 58           | 19,36            | 16,93   | 22,84    | 2,55 |
| 35              | 1            | 15,30            | 14,24   | 17,82    | 1,48 |
|                 | 14           | 15,60            | 14,51   | 18,16    | 1,49 |
|                 | 28           | 15,94            | 14,85   | 18,44    | 1,43 |
|                 | 42           | 16,80            | 15,82   | 19,72    | 1,63 |
|                 | 58           | 18,42            | 16,62   | 22,84    | 2,52 |

Tabela 27. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *M. digitata*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 31              | 1            | 15,42            | 12,92   | 17,33    | 2,20 |
|                 | 14           | 15,52            | 12,86   | 17,95    | 2,42 |
|                 | 28           | 15,84            | 13,23   | 18,22    | 2,25 |
|                 | 42           | 16,06            | 13,36   | 18,94    | 2,44 |
|                 | 58           | 17,10            | 13,86   | 20,36    | 2,67 |
| 33              | 1            | 14,96            | 12,34   | 16,97    | 1,87 |
|                 | 14           | 15,08            | 12,72   | 17,22    | 1,90 |
|                 | 28           | 15,50            | 12,92   | 17,73    | 2,01 |
|                 | 42           | 16,08            | 13,54   | 18,95    | 2,19 |
|                 | 58           | 17,42            | 14,72   | 20,62    | 2,31 |
| 35              | 1            | 14,64            | 12,32   | 17,66    | 2,05 |
|                 | 14           | 15,24            | 13,63   | 17,91    | 1,69 |
|                 | 28           | 15,74            | 14,36   | 18,22    | 1,56 |
|                 | 42           | 16,28            | 15,00   | 18,76    | 1,48 |
|                 | 58           | 16,92            | 15,56   | 19,54    | 1,62 |

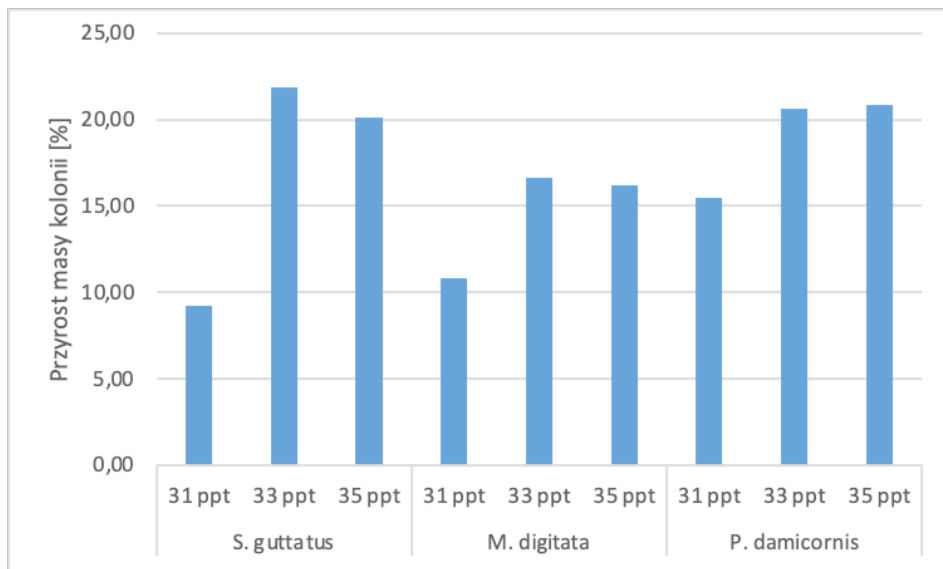




Rycina 29. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców krótkopolipowych hodowanych w wodzie o różnych poziomach zasolenia, wyrażone w procentach. Przedział ufności 95%

Tabela 28. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *P. damicornis*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 31              | 1            | 25,16            | 18,53   | 30,76    | 4,69 |
|                 | 14           | 26,58            | 19,65   | 31,83    | 4,70 |
|                 | 28           | 27,86            | 19,92   | 33,74    | 5,29 |
|                 | 42           | 28,46            | 20,67   | 34,22    | 5,19 |
|                 | 58           | 29,08            | 20,71   | 35,47    | 5,61 |
| 33              | 1            | 25,00            | 19,32   | 30,23    | 4,28 |
|                 | 14           | 26,00            | 20,55   | 32,12    | 4,55 |
|                 | 28           | 27,58            | 22,16   | 33,76    | 4,64 |
|                 | 42           | 28,88            | 23,54   | 35,13    | 4,79 |
|                 | 58           | 30,10            | 24,33   | 36,21    | 4,91 |
| 35              | 1            | 26,48            | 20,72   | 33,18    | 4,97 |
|                 | 14           | 27,90            | 21,44   | 34,92    | 5,38 |
|                 | 28           | 29,24            | 22,66   | 35,66    | 5,31 |
|                 | 42           | 30,70            | 23,33   | 37,82    | 6,06 |
|                 | 58           | 32,04            | 24,74   | 39,43    | 6,23 |



Rycina 30. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech wartościach zasolenia;

\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Tabela 29. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy ciała osobników *S. guttatus*

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=15,46 | M=16,82 | M=15,86 | M=19,36 | M=15,30 | M=18,42 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,890   | 0,999   | 0,054   | 0,999   | 0,227   |
|           | 58 {2}       | 0,890   |         | 0,973   | 0,378   | 0,838   | 0,807   |
| 33        | 1 {3}        | 0,999   | 0,973   |         | 0,104   | 0,997   | 0,370   |
|           | 58 {4}       | 0,054   | 0,378   | 0,104   |         | 0,041   | 0,975   |
| 35        | 1 {5}        | 0,999   | 0,838   | 0,997   | 0,041   |         | 0,182   |
|           | 58 {6}       | 0,227   | 0,807   | 0,370   | 0,975   | 0,182   |         |

Tabela 30. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *M. digitata*

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=15,42 | M=17,10 | M=14,96 | M=17,42 | M=14,64 | M=16,92 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,814   | 0,999   | 0,683   | 0,991   | 0,874   |
|           | 58 {2}       | 0,814   |         | 0,620   | 0,999   | 0,476   | 0,999   |
| 33        | 1 {3}        | 0,999   | 0,620   |         | 0,476   | 0,999   | 0,700   |
|           | 58 {4}       | 0,683   | 0,999   | 0,476   |         | 0,346   | 0,999   |
| 35        | 1 {5}        | 0,991   | 0,476   | 0,999   | 0,346   |         | 0,557   |
|           | 58 {6}       | 0,874   | 0,999   | 0,700   | 0,999   | 0,557   |         |

Tabela 31. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *P. damicornis*

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=25,16 | M=29,08 | M=25,00 | M=30,10 | M=26,48 | M=32,04 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,831   | 1,000   | 0,658   | 0,998   | 0,315   |
|           | 58 {2}       | 0,831   |         | 0,807   | 0,999   | 0,965   | 0,940   |
| 33        | 1 {3}        | 1,000   | 0,807   |         | 0,628   | 0,997   | 0,292   |
|           | 58 {4}       | 0,658   | 0,999   | 0,628   |         | 0,872   | 0,990   |
| 35        | 1 {5}        | 0,998   | 0,965   | 0,997   | 0,872   |         | 0,541   |
|           | 58 {6}       | 0,315   | 0,940   | 0,292   | 0,990   | 0,541   |         |

## 6.5.3. Koralowce miękkie

Wykazano intensywny przyrost kolonii wszystkich trzech badanych gatunków w wodzie o zasoleniu 35 ppt, natomiast niewielki przyrost w wodzie o zasoleniu 31 i 33 ppt (tab. 32–34, ryc. 31–32). Tempo wzrostu kolonii *S. crassicaule* było zróżnicowane, od najmniejszego w wodzie o zasoleniu 33 ppt, do największego w wodzie o zasoleniu 35 ppt. *Z. durbanensis* i *L. pauciflorum* charakteryzowało podobne, niskie tempo wzrostu w wodzie o zasoleniu 31 i 33 ppt, natomiast wyższe w wodzie o zasoleniu 35 ppt (ryc. 31). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii nie zostały zaobserwowane u badanych gatunków (tab. 25–27).

Tabela 32. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *S. crassicaule*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 31              | 1            | 66,68            | 51,25   | 91,00    | 15,49 |
|                 | 14           | 66,98            | 51,33   | 90,73    | 15,36 |
|                 | 28           | 67,24            | 51,96   | 90,62    | 15,02 |
|                 | 42           | 67,82            | 53,00   | 90,85    | 14,88 |
|                 | 58           | 67,78            | 53,52   | 83,37    | 11,59 |
| 33              | 1            | 72,18            | 43,13   | 88,83    | 19,25 |
|                 | 14           | 69,14            | 29,96   | 90,02    | 25,17 |
|                 | 28           | 69,86            | 32,03   | 91,24    | 24,93 |
|                 | 42           | 70,88            | 32,73   | 91,53    | 24,72 |
|                 | 58           | 74,56            | 42,22   | 92,35    | 21,57 |
| 35              | 1            | 65,54            | 47,14   | 86,67    | 15,96 |
|                 | 14           | 67,92            | 48,37   | 89,33    | 16,74 |
|                 | 28           | 70,34            | 50,32   | 92,72    | 17,53 |
|                 | 42           | 71,96            | 51,13   | 94,34    | 17,75 |
|                 | 58           | 74,78            | 53,77   | 97,62    | 17,82 |

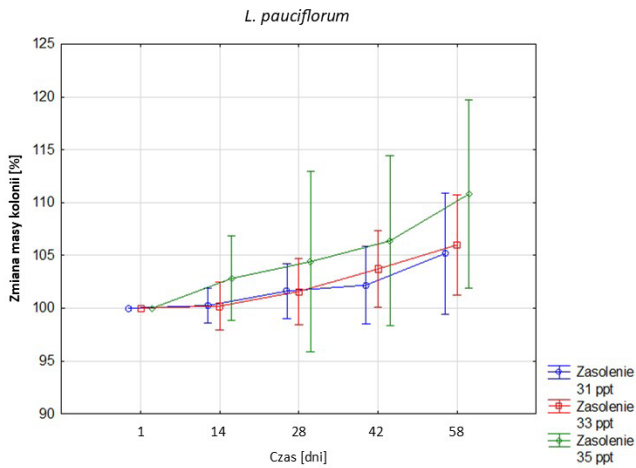
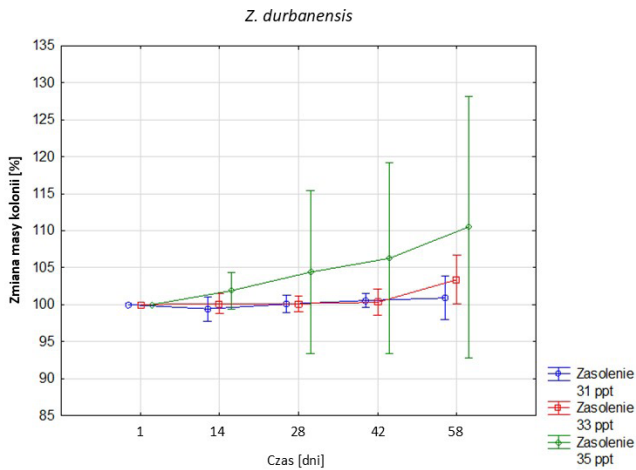
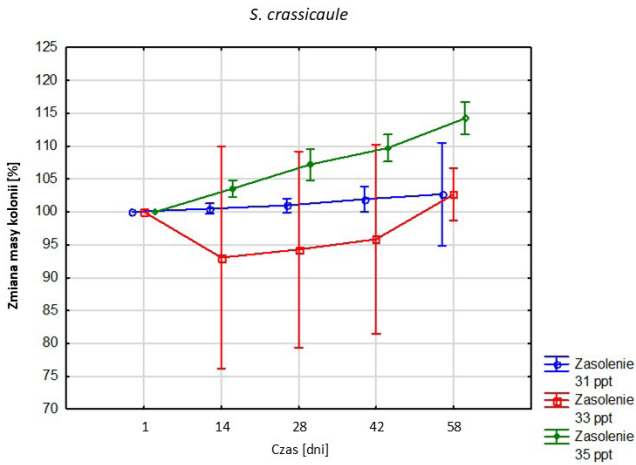
Tabela 33. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *Z. durbanensis*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 31              | 1            | 71,64            | 57,00   | 91,12    | 12,93 |
|                 | 14           | 71,28            | 57,01   | 91,25    | 13,29 |
|                 | 28           | 71,74            | 57,13   | 91,57    | 13,27 |
|                 | 42           | 72,08            | 57,07   | 91,75    | 13,28 |
|                 | 58           | 72,40            | 57,44   | 92,72    | 13,95 |
| 33              | 1            | 71,04            | 64,72   | 83,14    | 7,32  |
|                 | 14           | 71,16            | 64,97   | 83,75    | 7,72  |
|                 | 28           | 71,10            | 65,43   | 82,52    | 6,98  |
|                 | 42           | 71,22            | 65,22   | 81,75    | 6,70  |
|                 | 58           | 73,36            | 65,96   | 82,83    | 6,59  |
| 35              | 1            | 81,88            | 79,00   | 89,47    | 4,29  |
|                 | 14           | 83,42            | 80,13   | 91,00    | 4,42  |
|                 | 28           | 85,40            | 79,36   | 94,73    | 7,23  |
|                 | 42           | 86,90            | 78,38   | 97,92    | 8,02  |
|                 | 58           | 90,34            | 78,83   | 106,45   | 10,78 |

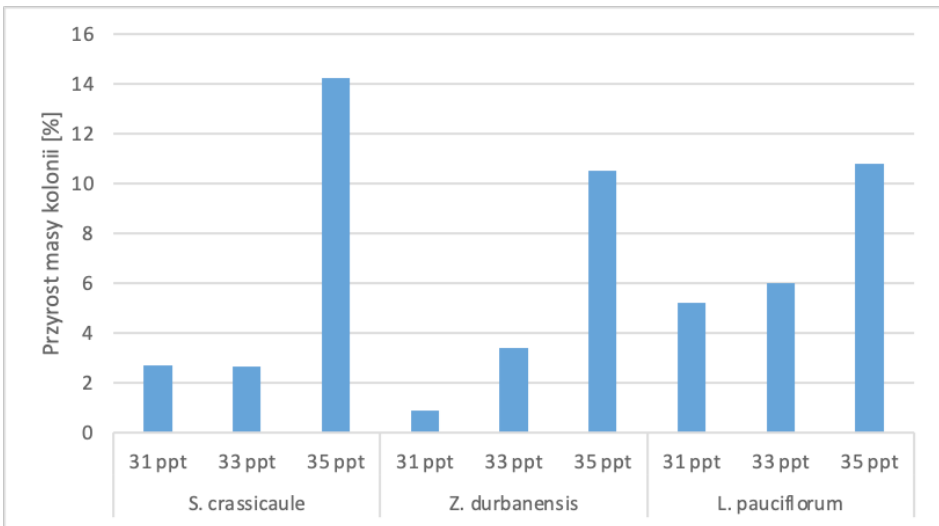
Tabela 34 Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *L. pauciflorum*

| Zasolenie [ppt] | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|-----------------|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|                 |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 31              | 1            | 79,02            | 59,63   | 89,33    | 11,75 |
|                 | 14           | 79,24            | 59,95   | 91,25    | 12,10 |
|                 | 28           | 80,24            | 62,00   | 91,97    | 11,71 |
|                 | 42           | 80,74            | 61,94   | 94,63    | 12,45 |
|                 | 58           | 82,96            | 65,83   | 97,22    | 12,01 |
| 33              | 1            | 70,54            | 51,25   | 92,65    | 16,80 |
|                 | 14           | 70,58            | 52,38   | 91,00    | 16,33 |
|                 | 28           | 71,42            | 53,94   | 91,24    | 15,86 |
|                 | 42           | 72,86            | 54,62   | 92,12    | 15,78 |
|                 | 58           | 74,34            | 56,37   | 93,06    | 15,48 |
| 35              | 1            | 79,16            | 57,25   | 93,74    | 14,53 |
|                 | 14           | 81,56            | 57,93   | 101,32   | 16,39 |
|                 | 28           | 83,14            | 57,32   | 109,26   | 19,24 |
|                 | 42           | 84,62            | 58,44   | 110,11   | 19,02 |
|                 | 58           | 88,14            | 60,32   | 114,72   | 19,72 |





Rycina 31. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców miękkich hodowanych w wodzie o różnych poziomach zasolenia, wyrażone w procentach. Przedział ufności 95%



Rycina 32. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech wartościach zasolenia; \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Tabela 35. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *S. crassicaule*

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=66,68 | M=67,78 | M=72,18 | M=74,56 | M=65,54 | M=74,78 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,999   | 0,995   | 0,977   | 0,999   | 0,974   |
|           | 58 {2}       | 0,999   |         | 0,998   | 0,988   | 0,999   | 0,986   |
| 33        | 1 {3}        | 0,995   | 0,998   |         | 0,999   | 0,989   | 0,999   |
|           | 58 {4}       | 0,977   | 0,988   | 0,999   |         | 0,959   | 1,000   |
| 35        | 1 {5}        | 0,998   | 0,999   | 0,989   | 0,959   |         | 0,955   |
|           | 58 {6}       | 0,974   | 0,986   | 0,999   | 1,000   | 0,955   |         |

Tabela 36. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *Z. durbanensis*

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=71,64 | M=72,40 | M=71,04 | M=73,36 | M=81,88 | M=92,54 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,999   | 0,999   | 0,999   | 0,671   | 0,055   |
|           | 58 {2}       | 0,999   |         | 0,999   | 0,999   | 0,737   | 0,069   |
| 33        | 1 {3}        | 0,999   | 0,999   |         | 0,999   | 0,618   | 0,045   |
|           | 58 {4}       | 0,999   | 0,999   | 0,999   |         | 0,812   | 0,092   |
| 35        | 1 {5}        | 0,671   | 0,737   | 0,618   | 0,812   |         | 0,634   |
|           | 58 {6}       | 0,055   | 0,069   | 0,045   | 0,092   | 0,634   |         |

Tabela 37. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *L. pauciflorum*

| Zasolenie | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|-----------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|           |              | M=79,02 | M=82,96 | M=70,54 | M=74,34 | M=79,16 | M=91,74 |
| 31        | 1 {1}        |         | 0,998   | 0,951   | 0,996   | 1,000   | 0,785   |
|           | 58 {2}       | 0,998   |         | 0,801   | 0,948   | 0,998   | 0,944   |
| 33        | 1 {3}        | 0,951   | 0,801   |         | 0,998   | 0,948   | 0,294   |
|           | 58 {4}       | 0,996   | 0,948   | 0,998   |         | 0,996   | 0,502   |
| 35        | 1 {5}        | 1,000   | 0,998   | 0,948   | 0,996   |         | 0,793   |
|           | 58 {6}       | 0,785   | 0,944   | 0,294   | 0,502   | 0,793   |         |

## 6.6. Wpływ cyrkulacji wody na rozwój koralowców

### 6.6.1. Koralowce długopolipowe

Zaobserwowano, że największy przyrost masy kolonii wykazywały zwierzęta w wodzie bez dodatkowej cyrkulacji. W przypadku stosowania w wodzie dodatkowej cyrkulacji przyrost był większy w trybie ciągłym niż w trybie falowania (tab. 38–40, ryc. 33–34). Dla kolonii *E. glabrescens* i *P. cactus* tempo wzrostu było znacznie większe przy braku dodatkowej cyrkulacji niż przy jej obecności. Wyniki otrzymane dla tych gatunków w obu warunkach dodatkowej cyrkulacji były porównywalne. W przypadku *C. furcata* tempo wzrostu było zróżnicowane, najmniejsze zaobserwowano w wodzie z cyrkulacją w trybie falowania, natomiast największe przy braku dodatkowej cyrkulacji (ryc. 33). Porównanie wszystkich trzech badanych gatunków wykazało, że najbardziej intensywnie zwiększenie masy wykazywała kolonia *E. glabrescens* (ryc. 34). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy ciała nie zostały zaobserwowane u badanych gatunków (tab. 41–43).

Tabela 38. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *E. glabrescens*

| Cyrkulacja  | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|---|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|   |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 2000 l/<br>godz., brak<br>dodatkowej<br>cyrkulacji      | 1            | 43,58            | 35,23   | 48,00    | 5,55  |
|   | 14           | 46,62            | 37,35   | 58,95    | 8,22  |
|   | 28           | 50,76            | 44,86   | 58,43    | 5,31  |
|   | 42           | 53,20            | 46,28   | 59,12    | 5,78  |
|   | 58           | 54,54            | 48,33   | 59,86    | 5,13  |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>falowania | 1            | 39,46            | 33,68   | 46,82    | 6,51  |
|   | 14           | 39,38            | 33,72   | 46,41    | 6,36  |
|   | 28           | 41,70            | 33,85   | 55,29    | 9,16  |
|   | 42           | 42,42            | 34,00   | 56,24    | 9,22  |
|   | 58           | 43,94            | 36,03   | 57,52    | 9,21  |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>ciągłym   | 1            | 44,80            | 36,54   | 55,25    | 7,14  |
|   | 14           | 45,18            | 35,97   | 57,00    | 7,98  |
|   | 28           | 46,78            | 36,89   | 59,75    | 8,72  |
|   | 42           | 49,50            | 37,23   | 62,72    | 9,90  |
|   | 58           | 52,02            | 38,82   | 65,74    | 10,43 |

Tabela 39. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *P. cactus*

| Cyrkulacja  | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|---|--------------|------------------|---------|----------|------|
|   |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji          | 1            | 17,48            | 14,00   | 23,58    | 3,87 |
|   | 14           | 18,72            | 15,53   | 24,33    | 3,51 |
|   | 28           | 19,42            | 16,24   | 24,95    | 3,47 |
|   | 42           | 20,14            | 17,15   | 25,92    | 3,52 |
|   | 58           | 20,88            | 18,00   | 27,15    | 3,72 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>falowania | 1            | 16,74            | 13,92   | 19,48    | 2,39 |
|   | 14           | 16,88            | 13,94   | 19,43    | 2,25 |
|   | 28           | 17,08            | 14,36   | 19,88    | 2,15 |
|   | 42           | 17,60            | 14,59   | 20,00    | 2,31 |
|   | 58           | 18,00            | 15,63   | 20,34    | 2,00 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie ciągłym      | 1            | 16,98            | 14,00   | 20,17    | 2,44 |
|   | 14           | 17,08            | 14,43   | 20,59    | 2,49 |
|   | 28           | 17,52            | 14,92   | 21,43    | 2,62 |
|   | 42           | 17,94            | 15,27   | 21,95    | 2,59 |
|   | 58           | 18,50            | 15,83   | 22,32    | 2,56 |

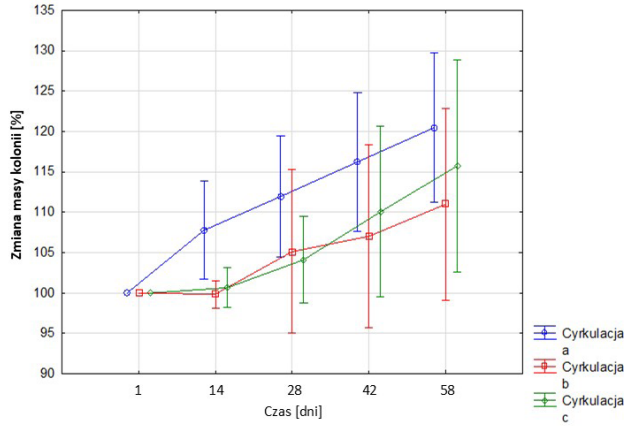
Tabela 40. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *C. furcata*

| Cyrkulacja  | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|---|--------------|------------------|---------|----------|------|
|   |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji          | 1            | 29,48            | 22,44   | 36,25    | 5,40 |
|   | 14           | 30,30            | 23,56   | 36,43    | 4,93 |
|   | 28           | 31,80            | 27,03   | 37,78    | 3,95 |
|   | 42           | 32,94            | 28,66   | 38,33    | 4,14 |
|   | 58           | 34,34            | 29,27   | 40,97    | 4,83 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>falowania | 1            | 34,09            | 28,73   | 37,57    | 4,34 |
|   | 14           | 34,22            | 28,72   | 37,83    | 4,20 |
|   | 28           | 34,56            | 28,88   | 38,95    | 4,33 |
|   | 42           | 34,80            | 29,08   | 39,00    | 4,15 |
|   | 58           | 35,50            | 29,74   | 40,24    | 4,37 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie ciągłym      | 1            | 28,92            | 21,97   | 35,11    | 5,07 |
|   | 14           | 30,42            | 23,73   | 36,00    | 4,61 |
|   | 28           | 30,60            | 22,93   | 37,00    | 5,23 |
|   | 42           | 31,40            | 23,71   | 38,23    | 5,43 |
|   | 58           | 32,84            | 24,13   | 40,95    | 6,30 |

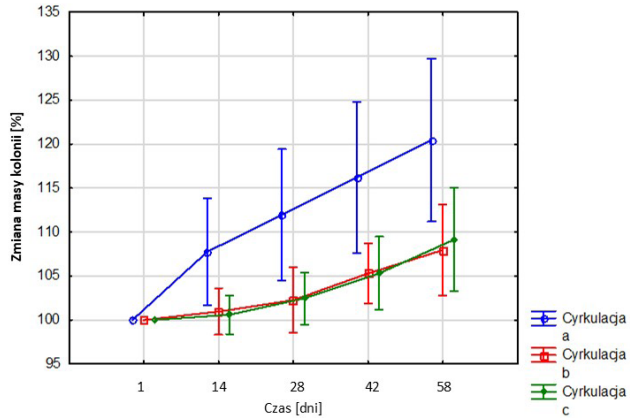


Rycina 33. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców długopłopowych hodowanych w wodzie o różnym stopniu cyrkulacji wyrażone w procentach. Cyrkulacja a – 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji; cyrkulacja b – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie fałowania; cyrkulacja c – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym. Przedział ufności 95%

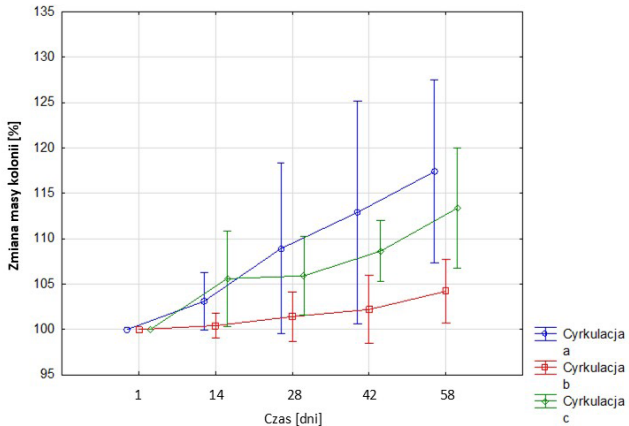
*E. glabrescens*

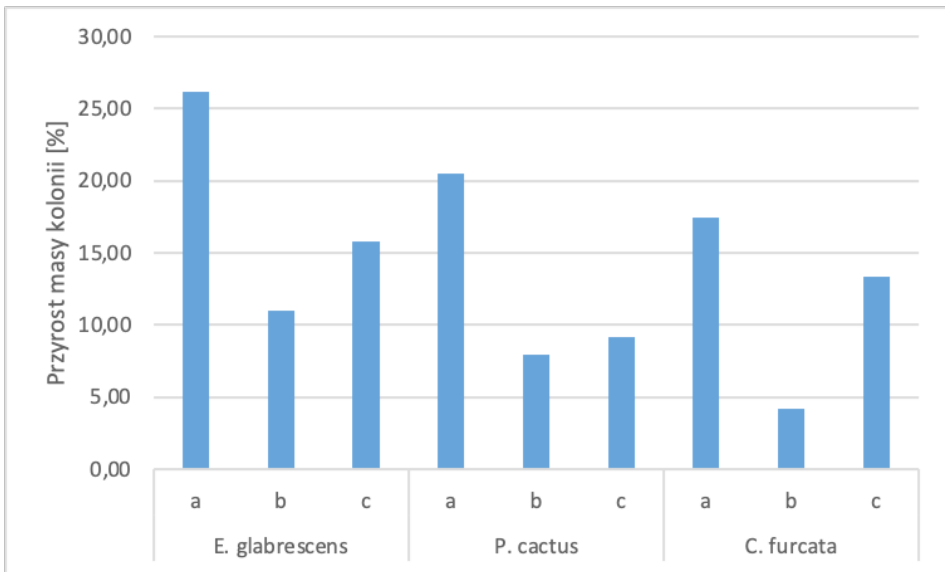


*P. cactus*



*C. furcata*





Rycina 34. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech stopniach cyrkulacji wody. Oznaczenia: a – 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji; b – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania; c – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym; \*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Tabela 41. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *E. glabrescens*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=43,58 | M=54,54 | M=39,46 | M=43,94 | M=44,80 | M=52,02 |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,237   | 0,952   | 1,000   | 0,999   | 0,507   |
|  | 58 {2}       | 0,237   |         | 0,044   | 0,268   | 0,353   | 0,994   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie falowania | 1 {3}        | 0,952   | 0,044   |         | 0,933   | 0,870   | 0,130   |
|  | 58 {4}       | 1,000   | 0,268   | 0,933   |         | 0,999   | 0,552   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,999   | 0,353   | 0,870   | 0,999   |         | 0,663   |
|  | 58 {6}       | 0,507   | 0,994   | 0,130   | 0,552   | 0,663   |         |

Tabela 42. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii z rodzaju *P. cactus*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=71,64 | M=72,40 | M=71,04 | M=73,36 | M=81,88 | M=92,54 |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,999   | 0,999   | 0,999   | 0,671   | 0,055   |
|  | 58 {2}       | 0,999   |         | 0,999   | 0,999   | 0,737   | 0,069   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie falowania | 1 {3}        | 0,999   | 0,999   |         | 0,999   | 0,618   | 0,045   |
|  | 58 {4}       | 0,999   | 0,999   | 0,999   |         | 0,812   | 0,092   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,671   | 0,737   | 0,618   | 0,812   |         | 0,634   |
|  | 58 {6}       | 0,055   | 0,069   | 0,045   | 0,092   | 0,634   |         |

Tabela 43. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *C. furcata*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=17,48 | M=20,88 | M=16,74 | M=18,00 | M=16,98 | M=18,50 |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,458   | 0,998   | 0,999   | 0,999   | 0,993   |
|  | 58 {2}       | 0,458   |         | 0,254   | 0,629   | 0,313   | 0,787   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie falowania | 1 {3}        | 0,998   | 0,254   |         | 0,982   | 0,999   | 0,927   |
|  | 58 {4}       | 0,999   | 0,629   | 0,982   |         | 0,993   | 0,999   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,999   | 0,313   | 0,994   | 0,993   |         | 0,960   |
|  | 58 {6}       | 0,993   | 0,787   | 0,927   | 0,999   | 0,960   |         |

## 6.6.2. Koralowce krótkopolipowe

Największy wzrost masy kolonii został zaobserwowany wśród gatunków przetrzymywanych w zbiornikach z cyrkulacją w trybie falowania oraz bez dodatkowej cyrkulacji, natomiast najmniejszy w wodzie z cyrkulacją w trybie ciągłym (tab. 44–46, ryc. 35–36). Tempo wzrostu kolonii *S. guttatus* i *M. digitata* było podobne: najwyższe przy braku dodatkowej cyrkulacji oraz z dodatkową cyrkulacją w trybie falowania, natomiast znacznie niższe przy dodatkowej cyrkulacji w trybie ciągłym. W przypadku *P. damicornis* największe tempo wzrostu stwierdzono przy dodatkowej cyrkulacji w trybie falowania, natomiast najmniejsze przy zastosowaniu dodatkowej cyrkulacji w trybie ciągłym (ryc. 35). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy kolonii nie zostały zaobserwowane wśród badanych gatunków (tab. 47–49).

Tabela 44. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *S. guttatus*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|--|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|  |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1            | 23,36            | 17,14   | 40,54    | 9,81  |
|  | 14           | 24,78            | 17,22   | 42,27    | 10,30 |
|  | 28           | 25,50            | 17,14   | 44,38    | 11,18 |
|  | 42           | 26,16            | 16,97   | 44,87    | 11,24 |
|  | 58           | 27,24            | 17,27   | 47,24    | 12,00 |
| 2000 l/godz. + 3000<br>l/godz. w trybie<br>falowania | 1            | 28,94            | 25,44   | 37,75    | 4,99  |
|  | 14           | 29,24            | 26,25   | 37,53    | 4,73  |
|  | 28           | 30,76            | 27,52   | 37,49    | 4,18  |
|  | 42           | 31,50            | 27,87   | 37,65    | 3,81  |
|  | 58           | 33,92            | 31,39   | 38,11    | 2,91  |
| 2000 l/godz. + 3000<br>l/godz. w trybie<br>ciągłym   | 1            | 31,68            | 22,53   | 38,53    | 6,16  |
|  | 14           | 31,20            | 22,35   | 37,96    | 5,91  |
|  | 28           | 31,56            | 22,42   | 38,23    | 5,93  |
|  | 42           | 32,14            | 22,91   | 38,98    | 5,93  |
|  | 58           | 32,56            | 23,13   | 39,48    | 6,04  |

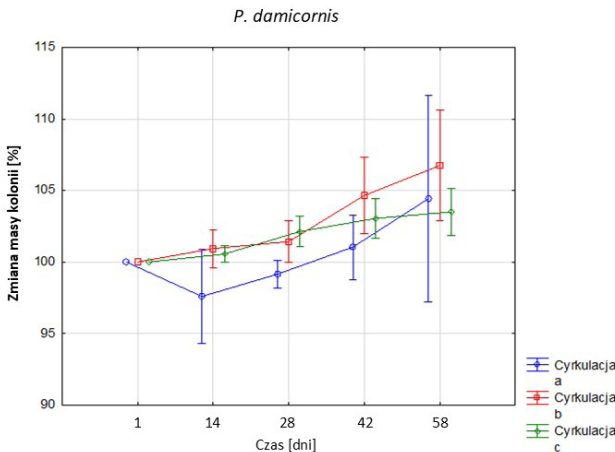
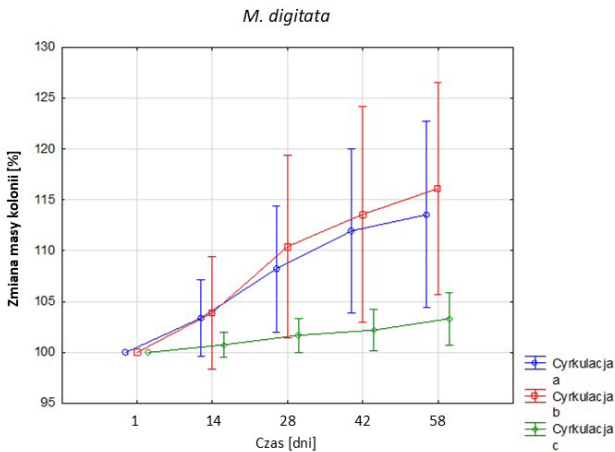
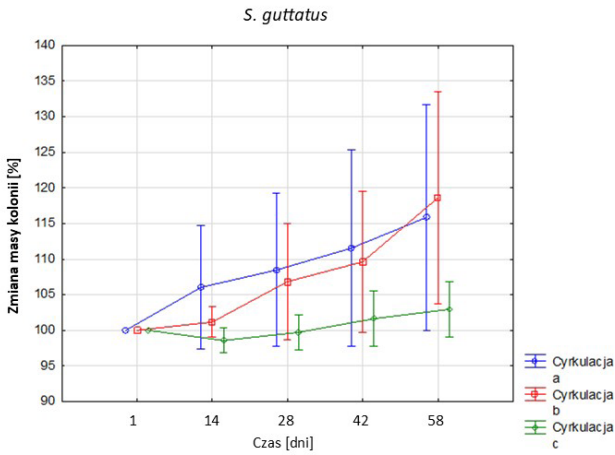
Tabela 45. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *M. digitata*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|--|--------------|------------------|---------|----------|------|
|  |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1            | 19,30            | 17,34   | 22,63    | 2,24 |
|  | 14           | 19,96            | 17,42   | 23,48    | 2,43 |
|  | 28           | 20,88            | 17,93   | 24,72    | 2,55 |
|  | 42           | 21,56            | 18,66   | 24,89    | 2,25 |
|  | 58           | 21,88            | 18,65   | 25,66    | 2,52 |
| 2000 l/godz. + 3000<br>l/godz. w trybie<br>falowania | 1            | 20,22            | 15,29   | 26,84    | 4,59 |
|  | 14           | 21,04            | 15,66   | 27,22    | 4,95 |
|  | 28           | 22,46            | 16,13   | 29,94    | 5,90 |
|  | 42           | 23,04            | 17,02   | 29,98    | 5,81 |
|  | 58           | 23,58            | 17,45   | 31,12    | 6,07 |
| 2000 l/godz. + 3000<br>l/godz. w trybie<br>ciągłym   | 1            | 20,44            | 14,83   | 26,00    | 3,99 |
|  | 14           | 20,60            | 15,00   | 26,57    | 4,09 |
|  | 28           | 20,82            | 14,95   | 26,94    | 4,29 |
|  | 42           | 20,92            | 15,13   | 27,22    | 4,33 |
|  | 58           | 21,12            | 15,65   | 27,43    | 4,23 |

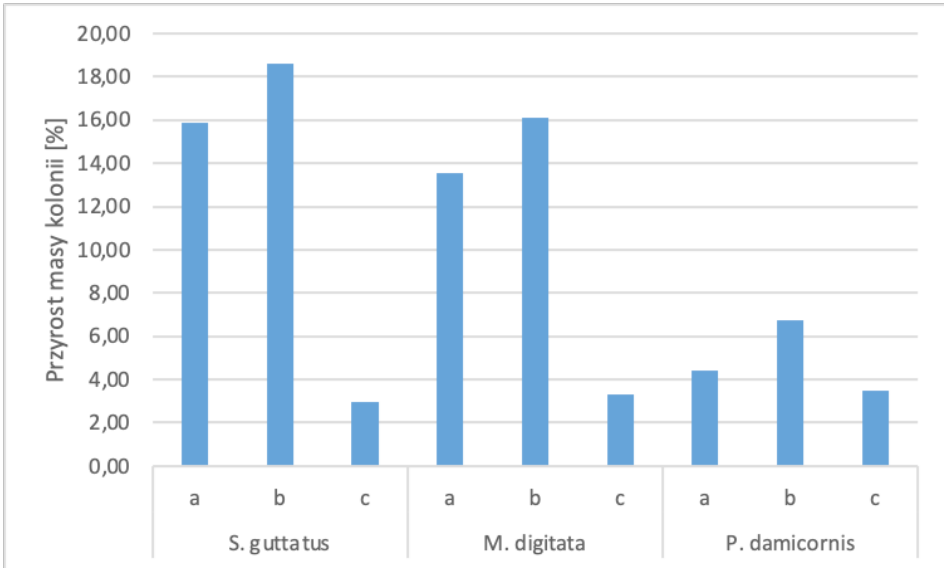
Tabela 46. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *P. damicornis*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|--|--------------|------------------|---------|----------|------|
|  |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1            | 31,42            | 28,33   | 35,44    | 3,16 |
|  | 14           | 30,70            | 26,36   | 35,16    | 3,61 |
|  | 28           | 31,16            | 27,83   | 35,23    | 3,24 |
|  | 42           | 31,74            | 28,14   | 36,01    | 3,18 |
|  | 58           | 32,76            | 28,16   | 36,27    | 3,06 |
| 2000 l/godz. + 3000<br>l/godz. w trybie<br>falowania | 1            | 29,06            | 24,82   | 32,44    | 2,77 |
|  | 14           | 29,34            | 24,71   | 32,52    | 2,88 |
|  | 28           | 29,48            | 24,89   | 32,51    | 2,88 |
|  | 42           | 30,40            | 25,75   | 33,00    | 2,76 |
|  | 58           | 30,98            | 26,73   | 33,31    | 2,52 |
| 2000 l/godz. + 3000<br>l/godz. w trybie<br>ciągłym   | 1            | 38,80            | 25,92   | 46,16    | 7,62 |
|  | 14           | 39,04            | 25,97   | 46,78    | 7,80 |
|  | 328          | 39,64            | 26,39   | 46,83    | 7,84 |
|  | 42           | 39,96            | 26,84   | 46,91    | 7,73 |
|  | 58           | 40,12            | 27,00   | 46,93    | 7,68 |





Rycina 35. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralowców krótkopolipowych hodowanych w wodzie o różnym stopniu cyrkulacji, wyrażone w procentach. Cyrkulacja a – 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji; cyrkulacja b – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania; cyrkulacja c – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym. Przedział ufności 95%



Rycina 36. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech stopniach jej cyrkulacji.

Oznaczenia: a – 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji; b – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania; c – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym;  
\*  $P < 0,05$ , \*\*  $P < 0,01$ , \*\*\*  $P < 0,001$

Tabela 47. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *S. guttatus*

| Cyrkulacja                                     | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=23,36 | M=27,24 | M=28,94 | M=33,92 | M=31,68 | M=32,56 |
| 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,963   | 0,851   | 0,277   | 0,528   | 0,420   |
|  | 58 {2}       | 0,963   |         | 0,999   | 0,734   | 0,936   | 0,874   |
| 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania | 1 {3}        | 0,851   | 0,999   |         | 0,901   | 0,992   | 0,973   |
|  | 58 {4}       | 0,277   | 0,734   | 0,901   |         | 0,996   | 0,999   |
| 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,528   | 0,936   | 0,992   | 0,996   |         | 0,999   |
|  | 58 {6}       | 0,420   | 0,874   | 0,973   | 0,999   | 0,999   |         |

Tabela 48. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *M. digitata*

| Cyrkulacja                                     | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=19,30 | M=21,88 | M=20,22 | M=23,58 | M=20,44 | M=21,12 |
| 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,918   | 0,999   | 0,586   | 0,997   | 0,980   |
|  | 58 {2}       | 0,918   |         | 0,987   | 0,985   | 0,993   | 0,999   |
| 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania | 1 {3}        | 0,999   | 0,987   |         | 0,791   | 0,999   | 0,999   |
|  | 58 {4}       | 0,586   | 0,985   | 0,791   |         | 0,833   | 0,932   |
| 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,997   | 0,993   | 0,999   | 0,833   |         | 0,999   |
|  | 58 {6}       | 0,980   | 0,999   | 0,999   | 0,932   | 0,999   |         |

Tabela 49. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *P. damicornis*

| Cyrkulacja                                     | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=31,42 | M=32,76 | M=29,06 | M=30,98 | M=38,80 | M=40,12 |
| 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,998   | 0,974   | 0,999   | 0,221   | 0,102   |
|  | 58 {2}       | 0,998   |         | 0,847   | 0,992   | 0,422   | 0,223   |
| 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania | 1 {3}        | 0,974   | 0,847   |         | 0,989   | 0,051   | 0,020   |
|  | 58 {4}       | 0,999   | 0,992   | 0,989   |         | 0,173   | 0,077   |
| 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,221   | 0,422   | 0,051   | 0,173   |         | 0,998   |
|  | 58 {6}       | 0,102   | 0,223   | 0,020   | 0,077   | 0,998   |         |

## 6.6.3. Koralowce miękkie

Wykazano, że w przypadku *S. crassicaule* największy przyrost masy kolonii miał miejsce przy braku dodatkowego falowania oraz przy dodatkowej cyrkulacji w trybie falowania, natomiast kolonie *Z. durbanensis* i *L. pauciflorum* wykazywały najwyższy przyrost w wodzie z dodatkową cyrkulacją w trybie falowania (tab. 50–52, ryc. 37–38). Tempo wzrostu kolonii *S. crassicaule* było na podobnym poziomie zarówno przy braku dodatkowej cyrkulacji, jak i z dodatkową cyrkulacją w trybie falowania; jednocześnie w tych warunkach było wyższe niż przy dodatkowej cyrkulacji w trybie ciągłym. W przypadku *Z. durbanensis* i *L. pauciflorum* tempo wzrostu było podobne; najwyższe przy zastosowaniu dodatkowej cyrkulacji w trybie falowania, natomiast najniższe przy braku dodatkowej cyrkulacji oraz przy cyrkulacji w trybie ciągłym (ryc. 37). Porównanie wszystkich trzech badanych gatunków wykazało, że najbardziej intensywne zwiększenie masy wykazywała kolonia *L. pauciflorum* (ryc. 37). Statystycznie istotne różnice pomiędzy pierwszym i ostatnim pomiarem masy ciała nie zostały zaobserwowane u badanych gatunków (tab. 53–55).

Tabela 50. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *S. crassicaule*

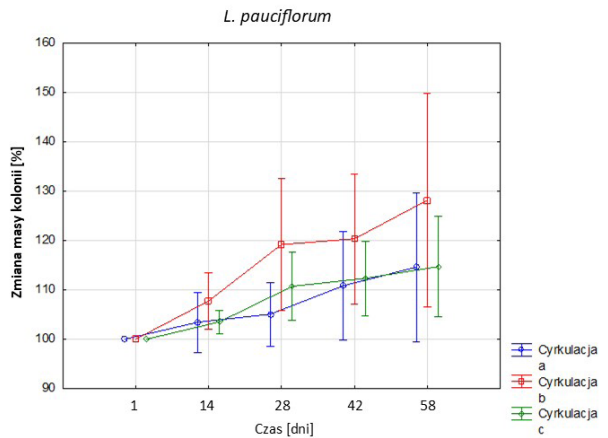
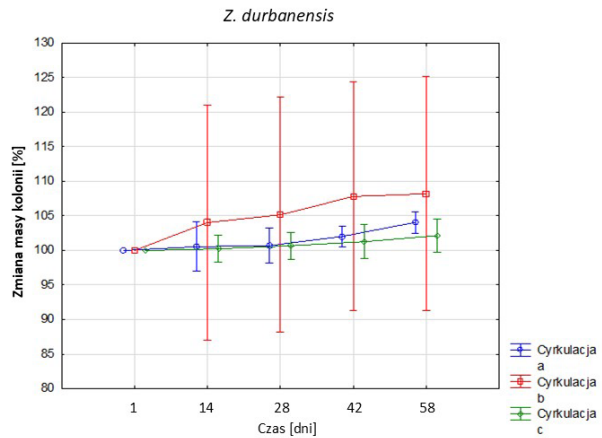
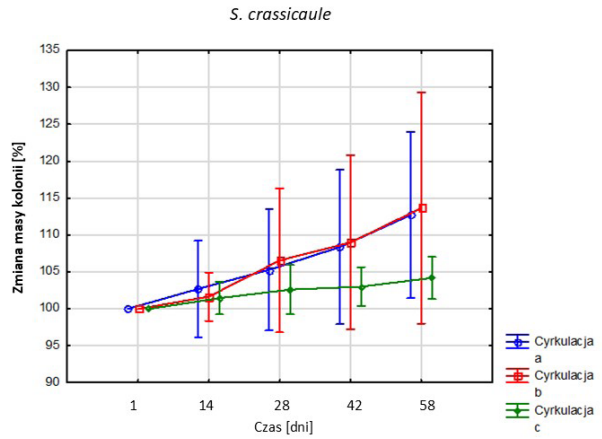
| Cyrkulacja  | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|---|--------------|------------------|---------|----------|------|
|   |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 2000 l/<br>godz., brak<br>dodatkowej<br>cyrkulacji      | 1            | 54,72            | 48,43   | 58,53    | 3,93 |
|   | 14           | 56,26            | 48,95   | 61,26    | 5,75 |
|   | 28           | 57,76            | 49,26   | 65,45    | 7,07 |
|   | 42           | 59,48            | 50,17   | 67,22    | 8,04 |
|   | 58           | 61,80            | 52,83   | 70,33    | 8,01 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>falowania | 1            | 56,20            | 55,65   | 56,63    | 0,39 |
|   | 14           | 57,14            | 55,27   | 60,02    | 1,80 |
|   | 28           | 59,90            | 55,98   | 65,55    | 4,62 |
|   | 42           | 61,28            | 55,42   | 67,32    | 5,60 |
|   | 58           | 63,90            | 55,94   | 72,24    | 7,37 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie ciągłym      | 1            | 70,56            | 63,00   | 82,77    | 8,31 |
|   | 14           | 71,68            | 63,03   | 86,48    | 9,51 |
|   | 28           | 72,46            | 63,14   | 87,23    | 9,40 |
|   | 42           | 72,76            | 63,23   | 87,00    | 9,42 |
|   | 58           | 73,56            | 63,92   | 87,84    | 9,28 |

Tabela 51. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *Z. durbanensis*

| Cyrkulacja  | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE   |
|---|--------------|------------------|---------|----------|------|
|   |              | średnia          | minimum | maksimum |      |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji          | 1            | 33,44            | 25,12   | 39,42    | 3,65 |
|   | 14           | 34,44            | 25,35   | 39,00    | 3,73 |
|   | 28           | 34,86            | 25,57   | 40,28    | 3,43 |
|   | 42           | 35,78            | 25,97   | 41,75    | 3,47 |
|   | 58           | 35,90            | 26,54   | 41,62    | 3,63 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>falowania | 1            | 33,44            | 26,16   | 39,43    | 5,94 |
|   | 14           | 34,44            | 26,43   | 39,00    | 5,04 |
|   | 28           | 34,86            | 26,47   | 40,24    | 5,42 |
|   | 42           | 35,78            | 26,69   | 41,76    | 5,70 |
|   | 58           | 35,90            | 26,75   | 41,62    | 5,67 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie ciągłym      | 1            | 30,60            | 20,23   | 35,35    | 5,99 |
|   | 14           | 30,68            | 20,15   | 35,00    | 6,02 |
|   | 28           | 30,82            | 20,22   | 35,42    | 6,08 |
|   | 42           | 31,00            | 20,34   | 35,55    | 6,11 |
|   | 58           | 31,26            | 20,59   | 35,98    | 6,14 |

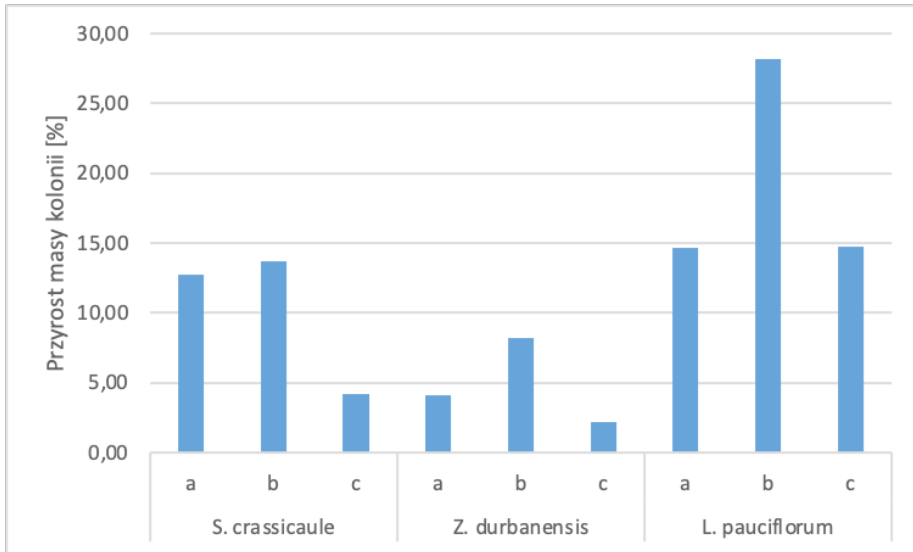
Tabela 52. Wyniki pomiarów masy pięciu kolonii *L. pauciflorum*

| Cyrkulacja  | Czas [dzień] | Masa kolonii [g] |         |          | SE    |
|---|--------------|------------------|---------|----------|-------|
|   |              | średnia          | minimum | maksimum |       |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji          | 1            | 47,14            | 39,63   | 59,13    | 7,58  |
|   | 14           | 48,64            | 40,35   | 60,00    | 7,12  |
|   | 28           | 49,40            | 39,97   | 59,13    | 6,92  |
|   | 42           | 52,12            | 39,93   | 60,05    | 7,90  |
|   | 58           | 53,80            | 40,13   | 60,25    | 8,07  |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie<br>falowania | 1            | 52,26            | 41,42   | 66,27    | 11,75 |
|   | 14           | 56,04            | 44,26   | 68,44    | 12,10 |
|   | 28           | 62,12            | 44,98   | 76,22    | 11,71 |
|   | 42           | 62,74            | 45,01   | 76,94    | 12,45 |
|   | 58           | 66,88            | 45,30   | 80,77    | 15,52 |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie ciągłym      | 1            | 59,30            | 47,67   | 65,24    | 7,16  |
|   | 14           | 61,32            | 50,72   | 67,83    | 6,88  |
|   | 28           | 65,56            | 55,33   | 76,15    | 7,93  |
|   | 42           | 66,40            | 57,91   | 73,58    | 6,96  |
|   | 58           | 67,78            | 60,34   | 76,56    | 7,36  |



Rycina 37. Zmiany masy kolonii poszczególnych gatunków koralców miękkich hodowanych w wodzie o różnym stopniu cyrkulacji, wyrażone w procentach. Cyrkulacja a – 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji; cyrkulacja b – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania; cyrkulacja c – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym. Przedział ufności 95%





Rycina 38. Średni przyrost masy kolonii poszczególnych gatunków hodowanych w wodzie o przyjętych trzech stopniach cyrkulacji wody. Oznaczenia: a – 2000 l/godz., brak dodatkowej cyrkulacji; b – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie falowania; c – 2000 l/godz. + 3000 l/godz. w trybie ciągłym; \* P<0,05, \*\* P<0,01, \*\*\* P<0,001

Tabela 53. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *S. crassicaule*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=54,72 | M=61,80 | M=56,20 | M=63,90 | M=70,56 | M=73,56 |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,598   | 0,999   | 0,325   | 0,015   | 0,003   |
|  | 58 {2}       | 0,598   |         | 0,795   | 0,997   | 0,374   | 0,111   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie falowania | 1 {3}        | 0,999   | 0,795   |         | 0,512   | 0,033   | 0,007   |
|  | 58 {4}       | 0,325   | 0,996   | 0,514   |         | 0,657   | 0,274   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,015   | 0,374   | 0,033   | 0,657   |         | 0,982   |
|  | 58 {6}       | 0,003   | 0,117   | 0,007   | 0,274   | 0,982   |         |

Tabela 54. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *Z. durbanensis*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}     | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  |              | M=33,44 | M=33,90 | M=30,02 | M=31,22 | M=30,60 | M=31,26 |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,999   | 0,927   | 0,988   | 0,966   | 0,989   |
|  | 58 {2}       | 0,999   |         | 0,883   | 0,973   | 0,937   | 0,975   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie falowania | 1 {3}        | 0,927   | 0,883   |         | 0,999   | 0,999   | 0,999   |
|  | 58 {4}       | 0,988   | 0,973   | 0,999   |         | 0,999   | 1,000   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,966   | 0,937   | 0,999   | 0,999   |         | 0,999   |
|  | 58 {6}       | 0,989   | 0,975   | 0,999   | 1,000   | 0,999   |         |

Tabela 55. Wyniki testu Tukey'a dla pierwszego i ostatniego pomiaru masy kolonii *L. pauciflorum*

| Cyrkulacja   | Czas [dzień] | {1}     | {2}     | {3}     | {4}     | {5}      | {6}     |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|
|  |              | M=47,14 | M=53,80 | M=52,26 | M=66,88 | M=59,30  | M=67,78 |
| 2000 l/godz.,<br>brak dodatkowej<br>cyrkulacji       | 1 {1}        |         | 0,872   | 0,954   | 0,032   | 0,358095 | 0,023   |
|  | 58 {2}       | 0,872   |         | 0,999   | 0,283   | 0,938    | 0,221   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz. w<br>trybie falowania | 1 {3}        | 0,954   | 0,999   |         | 0,184   | 0,845    | 0,139   |
|  | 58 {4}       | 0,032   | 0,283   | 0,184   |         | 0,801    | 0,999   |
| 2000 l/godz. +<br>3000 l/godz.<br>w trybie ciągłym   | 1 {5}        | 0,358   | 0,938   | 0,845   | 0,805   |          | 0,719   |
|  | 58 {6}       | 0,023   | 0,221   | 0,139   | 0,999   | 0,719    |         |

## 7. Dyskusja

Tworzenie mikrokosmosu koralowców poprzez hodowanie tych zwierząt w akwarium jest stosunkowo nowym podejściem w nauce. Przełomowe odkrycia techniczne dokonane około 35 lat temu pozwoliły badaczom utrzymywać zdrowe koralowce w sztucznych zbiornikach (Bartlett, 2013). Jednakże, z uwagi na dynamikę procesów zachodzących w naturalnym środowisku zapewnienie odpowiednich warunków hodowlanych jest problemem złożonym, zwłaszcza z powodu różnorodności gatunkowej tych morskich bezkręgowców (Schubert i Wilke, 2018). Dlatego też, ten obszar badań wymaga wielu pogłębionych analiz.

Określenie wpływu różnych parametrów wody na wzrost kolonii wybranych dziewięciu gatunków koralowców: *E. glabrescens*, *P. cactus*, *C. furcata*, *S. guttatus*, *M. digitata*, *P. damicornis*, *S. crassicaule*, *Z. durbanensis*, *L. pauciflorum*, umożliwiło wskazanie optymalnych warunków, w których powinny być one hodowane.

Alkaliczność wody, w której wszystkie grupy koralowców wykazywały intensywny wzrost, była na poziomie 8 i 10,5 dKH, natomiast przy KH 5,5 wzrost był ograniczony. W wodzie o wysokim poziomie KH zwiększa się dostępność jonów węglanowych, które są składową węglanu wapnia. Substancja ta jest kluczowa dla koralowców, ponieważ wykorzystują ją do budowy szkieletu w procesie kalcyfikacji (Al-Horani i in., 2003; Allemand i in., 2011; McCulloch i in., 2012; Roik i in., 2018; Weiner i Dove, 2003). W wodzie o KH 5,5 dostępność jonów węglanowych jest mniejsza, przez co wzrost koralowców staje się ograniczony. Redukcja procesu kalcyfikacji może skutkować obniżoną gęstością szkieletu, przez co organizm staje się mniej odporny na uszkodzenia mechaniczne (Cooper i in., 2008; Jeng i in., 2011).

W warunkach naturalnych alkaliczność wody morskiej zawiera się w zakresie 5,88–7 dKH (Spotte, 1992; Delbeek i Sprung, 1994). Jednakże, ze względu na małą (w stosunku do naturalnych warunków) objętość sztucznego zbiornika, takiego jak akwarium, poziom KH powinien być w nim wyższy niż w naturalnym środowisku. Brockmann i Janse (2008) zasugerowali, że w akwarium morskim najbardziej optymalne jest KH na poziomie 7–9,8, co jest zgodne z przedstawionymi w niniejszej pracy wynikami.

Alkaliczność jest najczęściej mierzona w naturalnych akwenach, aby oszacować produkcję węglanu wapnia w populacjach koralowców. Pomiar taki są również wykorzystywane w obliczaniu produkcji organicznej i respiracji (Kayanne i in., 1995; Suzuki i in., 1995). W badaniach prowadzonych z wykorzystaniem hodowli akwarystycznych KH najczęściej jest monitorowane, ale nie stanowi głównego przedmiotu

zainteresowania badaczy. Dlatego też, literatura dotycząca wpływu poziomu alkaliczności na koralowce w hodowli akwarystycznej jest obecnie niewielka.

Zasolenie środowiska, w którym żyją organizmy morskie jest niezwykle istotne, ponieważ wiele z nich (także koralowce) jest osmokonformistycznych, co oznacza, że nie wykazują one stałej wartości osmotycznej płynów ustrojowych (poikiloosmotyczność). Jest ona regulowana w zależności od zasolenia środowiska zewnętrznego, wobec którego zwierzęta te muszą być izoosmotyczne (Rankin i Davenport, 1981). Nagły spadek zasolenia środowiska może spowodować szok osmotyczny, skutkujący m.in. utratą glonów i bieleniem koralowców. Na skutek nagłej hipoosmotyczności zwiększa się turgor komórek, powodując utratę jonów oraz uszkodzenie organelli i błony komórkowej, a przez to zakłócając funkcje metaboliczne (Lobban i Harrison, 1994).

Wykazano, że koralowce twarde nie są w stanie przeżyć w zasoleniu <25 ppt lub >45 ppt, a nagłe zmiany zasolenia mają wpływ nie tylko na fotosyntezę, ale także na oddychanie i rozród (Edmondson, 1928; Jokiel i in., 1974). Młodsze osobniki są także bardziej wrażliwe na zmiany zasolenia niż starsze (Kuanui i in., 2015). Nasze badania wykazały, że w wodzie o zasoleniu wynoszącym 33 oraz 35 ppt zarówno koralowce twarde, jak i miękkie wykazują najbardziej intensywny wzrost, co może wskazywać na optimum tego parametru w hodowli tych zwierząt. Coles i Jokiel (1978) w swoich badaniach nad wpływem temperatury i zasolenia na *Montipora verrucosa* wykazali, że zasolenie poniżej 30 ppt obniża tolerancję tego gatunku do przeżycia w wodzie o podwyższonej temperaturze, co jest widoczne poprzez zmniejszoną pigmentację i zwiększoną śmiertelność zwierząt. Podobnie, Edmondson (1928) zademonstrował u tego samego gatunku, że zasolenie poniżej 25 ppt i powyżej 39 ppt jest szkodliwe dla *M. verrucosa*. Lalli i Parsons (1997) odnotowali natomiast, że optymalne zasolenie dla większości gatunków koralowców zawiera się w przedziale 32–42 ppt.

Cyrkulacja wody w zbiorniku, w którym hodowane są koralowce, jest niezbędna dla zapewnienia obiegu poszczególnych pierwiastków (np. tlen, węgiel) i jonów (np. azotany i azotyny). Ruch wody zwiększa także wydajność fotosyntezy oraz możliwość wyłapywania cząstek pokarmu przez koralowce. Co więcej, ułatwia oczyszczanie zwierząt i zapobiega gromadzeniu się detrytusy – martwej materii organicznej (Brown i Bythel, 2005; Finelli i in., 2006; Reidenbach i in., 2006; Nakamura, 2010; Nakamura i van Woesik, 2001). W naturalnych ekosystemach raf koralowych za te procesy odpowiedzialny jest ruch wody spowodowany prądami (Kraines i in., 1998; Nakamori i in., 1992). Kontrolowana cyrkulacja wody w warunkach sztucznych, oprócz zapewnienia optymalnych

warunków życia hodowanym zwierzętom, umożliwia także uzyskanie powtarzalnych wyników badań, co jest kluczowe dla prawidłowego przebiegu eksperymentu.

Stwierdzono, że koralowce długopolipowe wymagają mniejszego przepływu wody w porównaniu do krótkopolipowych i miękkich, ponieważ największy przyrost masy kolonii był u nich obserwowany w wodzie bez dodatkowej cyrkulacji. Pozostałe analizowane gatunki wykazywały największy przyrost masy kolonii przy dodatkowej cyrkulacji, co wskazuje na konieczność zapewnienia im silniejszej cyrkulacji wody. Uzyskane wyniki wskazują, że cyrkulacja w trybie falowania, imitująca naturalne ruchy fal oceanicznych, lepiej wpływała na wzrost badanych koralowców niż cyrkulacja w trybie ciągłym.

Należy pamiętać, że zbyt mały ruch wody może prowadzić do gromadzenia się osadów i wpływać na równowagę procesów nityfikacji i denityfikacji, a także sprzyjać powstawaniu stref beztlenowych w zbiorniku i zaburzać system filtracji biologicznej. To wszystko może powodować nierównomierne tempo wzrostu koralowców z różnych obszarów akwarium. W przeciwieństwie do tego, nadmierny ruch wody może zwiększyć poziom stresu u niektórych gatunków, prowadząc do uszkodzenia tkanek lub zmian tempa wzrostu (Schubert i Wilke, 2018).

Wskazane w niniejszej pracy zoptymalizowanie warunków hodowli oraz możliwość przyszłego opracowania lepszej metody podziałów kolonii koralowców w warunkach sztucznych, mogłyby przyczynić się do ograniczenia liczby zwierząt pozyskiwanych rokrocznie z raf koralowych. Liczne koralowce rafotwórcze są wpisane do Załącznika II CITES, zawierającego gatunki niekoniecznie zagrożone wyginięciem, ale takie, które mogą stać się zagrożone, jeśli handel nimi będzie nieuregulowany. Na liście znalazły się koralowce sześciopromienne: czarne korale (*Antipatharia*) i koralowce twarde (*Scleractinia*); koralowce ośmiopromienne: niebieski koral *Heliopora coeruleata* (*Helioporacea*) i gatunki z podrzędu *Stolonifera* (*Alcyonacea*); a także stułbiopławy (*Hydrozoa*) sklasyfikowane w taksonach *Stylasterina* i *Milleporina*. Wpis nie obejmuje m.in. koralowców sklasyfikowanych w taksonach *Zoantharia* i *Alcyonacea* oraz pozostałych bezkręgowców żyjących w ekosystemie raf koralowych, dlatego też gromadzone dane wskazują jedynie częściowy zakres handlu koralowcami (Bruckner, 2001).

Dane CITES zaczęły być gromadzone w 1986 r. Wtedy to odnotowano eksport ponad 1,2 mln sztuk (fragmentów kolonii) koralowców zgłoszonych jako *Scleractinia*. Procedury zgłaszania danych ulepszono w latach 90. XX w. W 1991 r. eksport koralowców twardej wyniósł 1,2 mln kg, natomiast w latach 1992–1997 wartości te zawierały się w przedziale 400–750 tys. kg rocznie, co przekładało się na 200–400 tys. sztuk w latach

1991–1994 oraz 400–800 tys. sztuk w latach 1995–1997 (Bruckner, 2001). Wood i in. (2012) wykazali natomiast, że eksport koralowców twardech wzrósł z około 600–800 tys. sztuk w 2000 r. do 1000–1400 tys. sztuk w 2010 (zakres liczbowy wynika z rozbieżności w danych wykazywanych przez importerów i eksporterów).

W ostatnich latach, wraz ze wzrostem świadomości zagrożenia raf koralowych wzrasta także zainteresowanie zakładaniem i utrzymywaniem hodowli koralowców w różnych krajach (Arvedlund i in., 2003; Kimani i in., 2014). Rhyne i in. (2014) wykazali trend eksportowy Indonezji oraz Australii dla dwóch najpopularniejszych koralowców: *Acropora* spp. oraz *Euphyllia* spp. w latach 2009–2011. W przypadku Indonezji, około 75% eksportu *Acropora* spp. i ok. 25% *Euphyllia* spp. stanowiły zwierzęta pochodzące z hodowli. Eksport obu gatunków z Australii w 100% dotyczył natomiast zwierząt pozyskanych z naturalnych populacji raf koralowych. Z danych tych można wnioskować, że prowadzenie hodowli koralowców może stać się ważnym źródłem pozyskiwania tych zwierząt do handlu, wymagane jest jednak do tego zaangażowanie krajów uczestniczących w tym przedsięwzięciu, aby w przyszłości handel koralowcami nie wpływał destrukcyjnie na ekosystem raf koralowych.

Prezentowane w monografii badania wpisują się w nurt badań światowych, mających na celu optymalizowanie hodowli organizmów morskich, tutaj koralowców, aby zredukować ich pozyskiwanie z zasobów naturalnych.

## 8. Podsumowanie

Hodowla koralowców wymaga zapewnienia optymalnych warunków, które umożliwią prawidłowy wzrost i rozwój zwierząt. Analiza wybranych parametrów – alkaliczności i zasolenia oraz cyrkulacji wody wykazała, że wszystkie grupy koralowców: długopolipowe, krótkopolipowe i miękkie, wymagają alkaliczności na poziomie 8–10,5 oraz zasolenia 35 ppt. Optymalny wzrost koralowców długopolipowych odbywa się przy braku dodatkowej cyrkulacji wody, natomiast koralowce krótkopolipowe i miękkie wymagają dodatkowej cyrkulacji w trybie falowania.



## 9. Piśmiennictwo

- Al-Horani F.A., Al-Moghrabi S.M., De Beer D. (2003). The mechanism of calcification and its relation to photosynthesis and respiration in the scleractinian coral *galaxea fascicularis*. *Marine Biology*, 142 (3): 419–426.
- Al-Moghrabi S., Allemand D., Jaubert J. (1993). Valine uptake by the scleractinian coral *galaxea fascicularis*: Characterization and effect of light and nutritional status. *Journal of Comparative Physiology B*, 163: 355–362.
- Allemand D., Tambutté E., Zoccola D., Tambutté S. (2011). Coral calcification, cells to reefs. In: *Coral reefs: An ecosystem in transition*, Z. Dubinsky, N. Stambler (eds). Berlin: Springer, pp. 119–150.
- Anthony K.R.N. (1999). Coral Suspension feeding on fine particulate matter. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 232 (1): 85–106.
- Anthony K.R.N. (2000). Enhanced particle-feeding capacity of corals on turbid reefs (Great Barrier Reef, Australia). *Coral reefs*, 19: 59–67.
- Anthony K.R.N., Fabricius K.E. (2000). Shifting roles of heterotrophy and autotrophy in coral energetics under varying turbidity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 252 (2): 221–253.
- Anthony K.R.N., Kline D.I., Diaz-Pulido G., Dove S., Hoegh-Guldberg O. (2008). Ocean acidification causes bleaching and productivity loss in coral reef builders. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (45): 17442–17446.
- Anthony K.R.N., Maynard J.A., Diaz-Pulido G., Mumby P.J., Marshall P.A., Cao L., Hoegh-Guldberg O.V.E. (2011). Ocean acidification and warming will lower coral reef resilience. *Global Change Biology*, 17 (5): 1798–1808.
- Arvedlund M., Craggs J., Pecorelli J. (2003). Coral culture – possible future trends and directions. In: *Marine ornamental species collection, culture and conservation*, J.C. Cato, C.L. Brown (eds), Iowa State Press, Iowa, USA, pp. 233–248.
- Babcock R.C., Wills B.L., Simpson C.J. (1994). Mass spawning of corals on a high latitude coral reef. *Coral Reefs*, 13: 161–169.
- Barkley H.C., Cohen A.L., Golbuu Y., Starczak V.R., DeCarlo T.M., Shamberger K.E. (2015). Changes in coral reef communities across a natural gradient in seawater pH. *Science Advances*, 1(5): e1500328.
- Bartlett T.C. (2013). Small scale experimental systems for coral research: Considerations, planning, and recommendations. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 165 and CRCP 18. 68.
- Baums I.B., Miller M.W., Hellberg M.E. (2005). Regionally isolated populations of an imperiled caribbean coral, *Acropora palmata*. *Molecular ecology*, 14 (5): 1377–1390.
- Bayer F.M. (1956). *Octocorallia*. In: *Treatise on Invertebrate Paleontology. Part F: Coelenterata*, ed. R.C. Moore, K.S. Lawrence: University of Kansas Press, pp. 166–231.
- Błaszak Cz. (2013). *Zoologia. Bezkręgowce. Tom 1, część 1*, ed. 2. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Brockmann D., Janse M. (2008). Calcium and carbonate in closed marine aquarium systems. In: *Advances in coral husbandry in public aquariums*. R.J. Leewis, M. Janse (eds). Arnhem: Burgers' Zoo, 133–142.

- Bronsdon S.K., Rogers A.D., Tyler P.A., Rice A.L., Gage J.D. (1997). Genetic study of the extent and consequences of sexual and asexual reproduction in the deep-sea epizoid Anemones *Amphianthus Inornata* and *Kadosactis Comensalis* (Cnidaria: Anthozoa). *Marine Biology*, 128: 231–239.
- Brown B.E., Bythell J.C. (2005). Perspectives on mucus secretion in reef corals. *Marine Ecology Progress Series*, 296: 291–309.
- Bruckner A.W. (2001). Tracking the trade in ornamental coral reef organisms: The importance of CITES and its limitations. *Aquarium Sciences and Conservation*, 3: 79–94.
- Bruno J.F., Selig E.R. (2007). Regional decline of coral cover in the Indo-Pacific: Timing, extent, and subregional comparisons. *PLoS one*, 2 (8): e711.
- Bruno J.F., Valdivia A. (2016). Coral reef degradation is not correlated with local human population density. *Scientific Reports*, 6 (1): 1–8.
- Caldeira K., Wickett M.E. (2005). Ocean model predictions of chemistry changes from carbon dioxide emissions to the atmosphere and ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 110 (C9).
- Carlson D.B., Olson R.R. (1993). Larval dispersal distance as an explanation for adult spatial pattern in two Caribbean reef corals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 173 (2): 247–263.
- Ceplitis A. (2001). The importance of sexual and asexual reproduction in the recent evolution of *Allium vineale*. *Evolution*, 55 (8): 1581–1591.
- Cleveland A., Verde E.A., Lee R.W. (2011). Nutritional exchange in a tropical tripartite symbiosis: Direct evidence for the transfer of nutrients from anemonefish to host anemone and zooxanthellae. *Marine Biology*, 158: 589–602.
- Coffroth M.A., Lasker H.R. (1998). Population structure of a clonal gorgonian coral: The interplay between clonal reproduction and disturbance. *Evolution*, 52 (2): 379–393.
- Coles S.L., Jokiel P.L. (1978). Synergistic effects of temperature, salinity and light on the hermatypic coral *Montipora verrucosa*. *Marine Biology*, 49: 187–195.
- Cooper T.F., De' Ath G., Fabricius K.E., Lough J.M. (2008). Declining coral calcification in massive porites in two nearshore regions of the northern great barrier reef. *Global Change Biology*, 14 (3): 529–538.
- Cortes J. (1996). A reef under siltation stress: A decade of degradation. *Biological Conservation*, 2 (76): 215.
- Crook E.D., Cohen A.L., Rebolledo-Vieyra M., Hernandez L., Paytan A. (2013). Reduced calcification and lack of acclimatization by coral colonies growing in areas of persistent natural acidification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110 (27): 11044–11049.
- Cziesielski M.J., Schmidt-Roach S., Aranda M. (2019). The Past, present, and future of coral heat stress studies. *Ecology and Evolution*, 9 (17): 10055–10066.
- Daly M., Fautin D.G., Cappola V.A. (2003). Systematics of the Hexacorallia (Cnidaria: Anthozoa). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 139 (3): 419–437.
- Daly M., Brugler M.R., Cartwright P., Collins A.G., Dawson M.N., Fautin D.G., ... Stake J.L. (2007). The phylum Cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after Linnaeus. *Zootaxa*, 182: 127–82.
- David C.N., Özbek S., Adamczyk P., Meier S., Pauly B., Chapman J., ... Holstein T.W. (2008). Evolution of complex structures: Minicollagens shape the cnidarian nematocyst. *Trends in Genetics*, 24 (9): 431–438.

- Davies P.S. (1984). The role of zooxanthellae in the nutritional energy requirements of pocillopora eydouxi. *Coral Reefs*, 2 (4): 181–186.
- Delbeek J.C., Sprung J. (1994). *The reef aquarium*. Vol. 1, ed. 1, Ricordea Publishing, Coconut Grove, USA, 544 pp.
- Ding D.S., Sun W.T., Pan C.H. (2021). Feeding of a scleractinian coral, *Goniopora columna*, on microalgae, yeast, and artificial feed in captivity. *Animals*, 11 (11): 3009.
- Doney S.C., Fabry V.J., Feely R.A., Kleypas J.A. (2009). Ocean acidification: The other CO<sub>2</sub> problem. *Annual Review of Marine Science*, 1: 169–192.
- Edmondson C.H. (1928). The Ecology of an Hawaiian coral reef. *Bulletin of Bernice P. Bishop Museum*, 45: 1–64.
- Edmunds P.J., Davies P.S. (1986). An energy budget for Porites Porites (Scleractinia). *Marine Biology*, 92 (3): 339–347.
- Fabricius K.E. (1995). Slow population turnover in the soft coral genera Sinularia and Sarcophyton on mid-and outer-shelf reefs of the Great Barrier Reef. *Marine Ecology Progress Series*, 126: 145–152.
- Fabricius K.E., Alderslade P. (2001). *Soft corals and sea fans: A comprehensive guide to the shallow-water genera of the central-west Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea*. Townsville: Australian Institute of Marine Science.
- Fabricius K.E., Mieog J.C., Colin P.L., Idip D.H., van Oppen M.J. (2004). Identity and diversity of coral endosymbionts (Zooxanthellae) from three palauan reefs with contrasting bleaching, temperature and shading histories. *Molecular Ecology*, 13 (8): 2445–2458.
- Fabricius K.E., Langdon C., Uthicke S., Humphrey C., Noonan S., De'ath G., Okazaki R., Muehlehner N., Glas M.S., Lough J.M. (2011). Losers and winners in coral reefs acclimatized to elevated carbon dioxide concentrations. *Nature Climate Change*, 1 (3): 165–169.
- Fadlallah Y.H. (1983). Sexual reproduction, development and larval biology in scleractinian corals: a review. *Coral Reefs*, 2: 129–150.
- Fan T.Y., Dai C.F. (1995). Reproductive ecology of the scleractinian coral *Echinopora lamellosa* in northern and southern Taiwan. *Marine Biology*, 123: 565–572.
- Fan T.Y., Dai C.F. (1998). Sexual reproduction of the scleractinian coral *Merulina ampliata* in southern Taiwan. *Bulletin of Marine Science*, 62 (3): 897–904.
- Ferrier M.D. (1991). Net uptake of dissolved free amino acids by four scleractinian corals. *Coral Reefs*, 10: 183–187.
- Finelli C.M., Helmuth B.S.T., Pentcheff N.D., Wetthey D.S. (2006). Water flow influences oxygen transport and photosynthetic efficiency in corals. *Coral Reefs*. Springer-Verlag, 25:47–57.
- Gallardo-Collí A., Pérez-Rostro C., Hernández-Vergara M.P. (2019). Reuse of water from biofloc technology for intensive culture of nile tilapia (*Oreochromis Niloticus*): Effects on productive performance, organosomatic indices and body composition. *International Aquatic Research*, 11 (1): 43–55.
- Goff-Vitry M.C. Le, Pybus O.G., Rogers A.D. (2004). Genetic Structure of the deep-sea coral *Lophelia pertusa* in the northeast Atlantic revealed by microsatellites and internal transcribed spacer sequences. *Molecular Ecology*, 13 (3): 537–549.
- Goreau T.F., Goreau N.I., Yonge C.M. (1971). Reef corals: autotrophs or heterotrophs? *The Biological Bulletin*, 141 (2): 247–260.

- Gouezo M., Doropoulos C., Fabricius K., Olsudong D., Nestor V., Kurihara H., ... & Harrison P. (2020). Multispecific coral spawning events and extended breeding periods on an equatorial reef." *Coral Reefs*, 39 (4): 1107–1123.
- Grover R., Maguer J.F., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2006). Urea uptake by the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 332 (2): 216–225.
- Grover R., Maguer J.F., Allemand D., Ferrier-Pagès C. (2008). Uptake of Dissolved free amino acids by the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Journal of Experimental Biology*, 211 (6): 860–865.
- Heidelberg K.B., Sebens K.P., Purcell J.E. (2004). Composition and sources of near reef zooplankton on a Jamaican Forereef along with implications for coral feeding. *Coral reefs*, 23: 263–276.
- Henry L.A., Kenchington E.L.R. (2004). Ecological and genetic evidence for impaired sexual reproduction and induced clonality in the hydroid *Sertularia cupressina* (Cnidaria: Hydrozoa) on commercial scallop grounds in Atlantic Canada. *Marine Biology*, 145: 1107–1118.
- Highsmith R.C. (1982). Reproduction by fragmentation in corals. *Marine Ecology Progress Series*, Oldendorf 7 (2): 207–226.
- Hii Y.S., Soo C.L., Liew H.C. (2009). Feeding of scleractinian coral, *Galaxea fascicularis*, on *Artemia salina* nauplii in captivity. *Aquaculture International*, 17: 363–376.
- Hoegh-Guldberg O., Mumby P.J., Hooten A.J., Steneck R.S., Greenfield P., Gomez E., ... Hatziolos M. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318 (5857): 1737–1742.
- Hoegh-Guldberg O., Poloczanska E.S., Skirving W., Dove S. (2017). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, 4: 158.
- Houlbrèque F., Ferrier-Pagès C. (2009). Heterotrophy in tropical scleractinian corals. *Biological Reviews*, 84 (1): 1–17.
- Hughes T.P. (1994). Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a caribbean coral reef. *Science*, 265 (5178): 1547–1551.
- Hughes T.P., Bellwood D.R., Baird A.H., Brodie J., Bruno J.F., Pandolfi J.M. (2011). Shifting base-lines, declining coral cover, and the erosion of reef resilience: Comment on sweatman. *Coral Reefs*, 30 (3): 653–660.
- Hughes T.P., Anderson K.D., Connolly S.R., Heron S.F., Kerry J.T., Lough J.M., ... Wilson S.K. (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the anthropocene. *Science*, 359 (6371): 80–83.
- Jackson J.B.C. (1977). Competition on marine hard substrata: the adaptive significance of solitary and colonial strategies. *American Naturalist*, 111 (980): 743–767.
- Jell J.S. (1980). Skeletogenesis of newly settled planulae of the hermatypic coral *Porites lutea*. *Acta Palaeontologica Polonica*, 25 (3–4): 311–324.
- Jeng M.S., Huang H.D., Dai C.F., Hsiao Y.C., Benayahu Y. (2011). Sclerite calcification and reef-building in the fleshy octocoral genus *Sinularia* (Octocorallia: Alcyonacea). *Coral reefs*, 30 (4): 925–933.
- Johannes R.E. (1975). Pollution and degradation of coral reef communities. *Elsevier Oceanography Series*, 12: 13–51.
- Jokiel P.L., Coles S.L., Guither E.B., Key G.S., Smith S.V., Townley S.J. (1974). Final Report EPA, Project No 18050 DDN.

- Jones R.J., Hoegh-Guldberg O., Larkum A.W.D., Schreiber U. (1998). Temperature-induced bleaching of corals begins with impairment of the CO<sub>2</sub> fixation mechanism in zooxanthellae. *Plant, Cell & Environment*, 21 (12): 1219–1230.
- Kahng S.E., Hochberg E.J., Apprill A., Wagner D., Luck D.G., Perez D., Bidigare R.R. (2012). Efficient light harvesting in deep-water zooxanthellate corals. *Marine Ecology Progress Series*, 455: 65–77.
- Kayanne H, Suzuki A, Saito H. (1995). Diurnal changes in the partial pressure of carbon dioxide in coral reef water. *Science*, 269(5221), 214–216.
- Keller N.B. (1976). The deep-sea madreporarian corals of the genus *Fungiacyathus* from the Kurile-Kamchatka, Aleutian Trenches and other regions of the world oceans. *Trudy Instituta Okeanologii*, 99: 31–44.
- Keller N.B., Os'kina N.S. (2008). Habitat temperature ranges of azooxantellate scleractinian corals in the world ocean. *Oceanology*, 48 (1): 77–84.
- Kier W.M. (2012). The diversity of hydrostatic skeletons. *Journal of Experimental Biology*, 215 (8): 1247–1257.
- Kimani E.N., Okemwa G.M., Mwangi G. (2014). Suitability of selected coral species for culture in the ornamental aquarium trade. *Western Indian Ocean Journal of Marine Sciences*, 13 (1): 11–22.
- Knowlton N. (2001). The future of coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98 (10): 5419–5425.
- Koizumi O., Sato N., Goto C. (2004). Chemical anatomy of hydra nervous system using antibodies against hydra neuropeptides: A review. *Hydrobiologia*, 530 (1): 41–47.
- Kraines S.B., Yanagi T., Isobe M., Komiyama H. (1998). Wind-wave driven circulation on the coral reef at Bora Bay, Miyako Island. *Coral reefs*, 17 (2): 133–143.
- Kuanui P., Chavanich S., Viyakarn V., Omori M., Lin C. (2015). Effects of temperature and salinity on survival rate of cultured corals and photosynthetic efficiency of zooxanthellae in coral tissues. *Ocean Science Journal*, 50 (2): 263–268.
- Kuanui P., Chavanich S., Viyakarn V., Park H.S., Omori M. (2016). Feeding behaviors of three tropical scleractinian corals in captivity. *Tropical Zoology*, 29 (1): 1–9.
- LaJeunesse T.C. (2020). Zooxanthellae. *Current Biology*, 30 (19): R1110–1113.
- Lalli C.M., Parsons T.R. (1997). Chapter 8 – Benthic communities. *biological oceanography: An introduction*. 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Elsevier, pp. 196–246.
- Lewis J.B., Price W.S. (1975). Feeding mechanisms and feeding strategies of atlantic reef corals. *Journal of Zoology*, 176 (4): 527–544.
- Li Q., Yang H., Zhong T.P. (2015). Regeneration across metazoan phylogeny: Lessons from model organisms. *Journal of Genetics and Genomics*, 42 (2): 57–70.
- Lirman D. (2000). Fragmentation in the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck): growth, survivorship, and reproduction of colonies and fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 251 (1): 41–57.
- Lobban C.S., Harrison P.J. (1994). *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, ISBN: 9780511626210.
- Magalon H., Adjeroud M., Veuille M. (2005). Patterns of genetic variation do not correlate with geographical distance in the reef-building coral *Pocillopora meandrina* in the South Pacific. *Molecular Ecology*, 14 (7): 1861–1868.



- Mariscal R.N., McLean R.B., Hand C. (1977). The form and function of cnidarian spirocysts. *Cell and Tissue Research*, 178 (4): 427–433.
- McClanahan T.R. (1988). Coexistence in a sea urchin guild and its implications to coral reef diversity and degradation. *Oecologia*, 77 (2): 210–218.
- McCulloch M., Falter J., Trotter J., Montagna P. (2012). Coral resilience to ocean acidification and global warming through pH up-regulation. *Nature Climate Change*, 2 (8): 623–627.
- McMahon A., Santos I.R., Schulz K.G., Cyronak T., Maher D.T. (2018). Determining coral reef calcification and primary production using automated alkalinity, pH and pCO<sub>2</sub> measurements at high temporal resolution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 209: 80–88.
- Meuthen D., Baldauf S.A., Bakker T.C.M., Thünken T. (2011). Substrate-treated water: A method to enhance fish activity in laboratory experiments. *Aquatic Biology*, 13 (1): 35–40.
- Millero F.J. (1979). The thermodynamics of the carbonate system in seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43 (10): 1651–1661.
- Nakamori T., Suzuki A., Iryu Y. (1992). Water circulation and carbon flux on Shiraho coral reef of the Ryukyu Islands, Japan. *Continental Shelf Research*, 12 (7–8): 951–970.
- Nakamura T. (2010). Importance of water-flow on the physiological responses of reef-building corals. *Journal of Coral Reef Studies. The Japanese Coral Reef Society*, 12: 1–14.
- Nakamura T., Woelke R. van (2001). Water-flow rates and passive diffusion partially explain differential survival of corals during the 1998 bleaching event. *Marine Ecology Progress Series*, 212: 301–304.
- Norström A.V., Nyström M., Lokrantz J., Folke F. (2009). Alternative states on coral reefs: Beyond coral-macroalgal phase shifts. *Marine Ecology Progress Series*, 376: 295–306.
- Oliver J.K., Babcock R.C., Harrison P.L., Willis B.L. (1988). Geographic extent of mass coral spawning: clues to ultimate causal factors. *Proceedings of 6th International Coral Reef Symposium*, 2: 803–810.
- Orr J.C., Fabry V.J., Aumont O., Bopp L., Doney S.C., Feely R.A., ... Yool A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437 (7059): 681–686.
- Palmer C.V., Traylor-Knowles N.G. (2018). Cnidaria: Anthozoans in the hot seat. In: *Advances in comparative immunology*, E. Cooper (ed.), Cham: Springer, pp. 51–93.
- Pendleton L.H. (1995). Valuing coral reef protection. *Ocean & Coastal Management*, 26 (2): 119–131.
- Rankin J.C., Davenport J.A. (1981). *Techniques in osmoregulatory research. Animal Osmoregulation*. Blackie & Son Ltd., Glasgow/London: pp. 169–84.
- Reidenbach M.A., Koseff J.R., Monismith S.G., Steinbuck J.V., Genin A. (2006). The effects of waves and morphology on mass transfer within branched reef corals. *Limnology and Oceanography*, 51: 1134–1141.
- Rhyne A.L., Thlusty M.F., Kaufman L. (2012). Long-term trends of coral imports into the United States indicate future opportunities for ecosystem and societal benefits. *Conservation Letters*, 5( 6): 478–485.



- Rhyne A.L., Tlustý M.F., Kaufman L. (2014). Is sustainable exploitation of coral reefs possible? A view from the standpoint of the marine aquarium trade. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7: 101–107.
- Roberts J.M., Wheeler A., Freiwald A., Cairns S. (2009). *Cold-water corals: The biology and geology of deep-sea coral habitats*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Roik A., Röhlig T., Pogoreutz C., Voolstra C.R. (2018). Coral reef carbonate budgets and ecological drivers in the central red sea – a naturally high temperature and high total alkalinity environment. *Biogeosciences*, 15 (20): 6277–6296.
- Sarras M.P. Jr., Madden M.E., Zhang X., Gunwar S., Huff J.K., Hudson B.G. (1991). extracellular matrix (Mesoglea) of *Hydra Vulgaris*: I. Isolation and characterization. *Developmental Biology*, 148 (2): 481–494.
- Schubert P., Wilke T. (2018). Coral microcosms: Challenges and opportunities for global change biology. In: *Corals in a changing world*. Duque C., Camacho E. (eds), ISBN 978-953-51-3910-2, pp. 143–175.
- Schutte V.G.W., Selig E.R., Bruno J.F. (2010). Regional spatio-temporal trends in caribbean coral reef benthic communities. *Marine Ecology Progress Series*, 402: 115–122.
- Sebens K.P. (1984). Water flow and coral colony size: Interhabitat comparisons of the octocoral *Alcyonium Siderium*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 81 (17): 5473–5477.
- Sheppard C., Davy S., Pilling G., Graham N. (2017). *The biology of coral reefs*. Oxford: Oxford University Press.
- Small A., Adey W.H., Spoon D. (1998). Are current estimates of coral reef biodiversity too low? The view through the window of a microcosm. *Atoll Research Bulletin*, 458: 1–20; <https://doi.org/10.5479/si.00775630.458.1>
- Solomon S., Manning M., Marquis M., Qin D. (2007). *4 Climate Change 2007 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press; [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- Spalding M., Spalding M.D., Ravilious C., Green E.P. (2001). *World Atlas of Coral Reefs*. Univ. of California Press.
- Spotte S. (1992). *Captive seawater fishes*. 1st ed/, John Wiley & Sons, New York: 942 pp.
- Stallings C.D. (2009). Fishery-independent data reveal negative effect of human population density on caribbean predatory fish communities. *PloS one*, 4 (5): e5333.
- Stephens G.C. (1960). Uptake of glucose from solution by the solitary coral, *Fungia*. *Science*, 131 (3412): 1532.
- Stephens G.C. (1962). Uptake of organic material by aquatic invertebrates. I. Uptake of glucose by the solitary coral, *Fungia scutaria*. *The Biological Bulletin*, 123 (3): 648–659.
- Stephens G.C., Schinske R.A. (1961). Uptake of amino acids by marine invertebrates 1. *Limnology and Oceanography*, 6 (2): 175–181.
- Stolarski J., Meibom A., Przeniosło R., Mazur M. (2007). A Cretaceous scleractinian coral with a calcitic skeleton. *Science*, 318 (5847): 92–94.
- Stolarski J., Coronado I., Murphy J.G., Kitahara M.V., Janiszewska K., Mazur M., ... Meibom A. (2021). A modern scleractinian coral with a two-component

- calcite-aragonite skeleton. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118 (3): e2013316117.
- Sun S., Gao X., Cai Y. (2001). Variations in sexual and asexual reproduction of scirpus mariqueter along an elevational gradient. Ecological Research, 16: 263–274.
- Suzuki A., Nakamori T., Kayanne H. (1995). The mechanism of production enhancement in coral reef carbonate systems: model and empirical results. Sedimentary Geology, 99 (3–4): 259–280.
- Szmant A.M. (1986). Reproductive ecology of Caribbean reef corals. Coral reefs, 5: 43–53.
- Technau U., Steele R.E. (2011). Evolutionary crossroads in developmental biology: Cnidaria. Development, 138 (8): 1447–1458.
- Thorington G.U., Hessinger D.A. (1990). Control of cnida discharge: III. Spirocytes are regulated by three classes of chemoreceptors. The Biological Bulletin, 178 (1): 74–83.
- Tlustý M. (2002). The Benefits and risks of aquacultural production for the aquarium trade. Aquaculture, 205 (3–4): 203–219.
- Tunncliffe V. (1981). Breakage and propagation of the stony coral *Acropora cervicornis*. Proceedings of The National Academy of Sciences USA, 78 (4): 2427–2431.
- Twan W.H., Hwang J.S., Lee Y.H., Wu H.F., Tung Y.H., Chang C.F. (2006). Hormones and reproduction in scleractinian corals. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 144 (3): 247–253.
- Vaughan T.W., Wells J.W. (1943). Revision of the suborders families, and genera of the scleractinia. Geological Society of America Special Papers, no. 44.
- Verde E.A., Cleveland A., Lee R.W. (2015). Nutritional exchange in a tropical tripartite symbiosis II: Direct evidence for the transfer of nutrients from host anemone and zooxanthellae to anemonefish. Marine Biology, 162: 2409–2429.
- Watanabe H., Fujisawa T., Holstein T.W. (2009). Cnidarians and the Evolutionary origin of the nervous system. Development, Growth & Differentiation, 51 (3): 167–183.
- Weiner S., Dove P.M. (2003). An overview of biomineralization processes and the problem of the vital effect. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 54 (1): 1–29.
- Westfall J.A. (2004). Neural pathways and innervation of cnidocytes in tentacles of sea anemones. In: Coelenterate Biology (2003), Springer, pp. 117–21.
- Witt V., Wild C., Uthicke S. (2012). Interactive climate change and runoff effects alter O<sub>2</sub> fluxes and bacterial community composition of coastal biofilms from the Great Barrier Reef. Aquatic Microbial Ecology, 66 (2): 117–131.
- Won J., Rho B., Song J. (2001). A phylogenetic study of the anthozoa (*Phylum cnidaria*) based on morphological and molecular characters. Coral Reefs, 20 (1): 39–50.
- Wood R. (1999). Reef evolution. Oxford: Oxford University Press on Demand.
- Wood E., Malsch K., Miller J. (2012). International trade in hard corals: Review of management, sustainability and trends. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, pp. 9–13.

## Streszczenie

Rafy koralowe są miejscem ogromnej bioróżnorodności, ponieważ budują je nieprzebrane rzesze gatunków koralowców, wśród których żyją liczne gatunki bezkręgowców i kręgowców. Niestety, obserwowana jest postępująca degradacja raf koralowych, objawiająca się m.in. bieleniem koralowców. Mają na to wpływ zarówno zanieczyszczenia ekosystemów morskich, jak i zwiększanie się w nich poziomu CO<sub>2</sub> wpływającego na alkaliczność wód oraz globalne podnoszenie się temperatury oceanów.

Obserwuje się także intensywny handel pozyskiwanymi z raf koralowych organizmami dla celów akwarystycznych. Opracowanie optymalnych warunków hodowlanych koralowców oraz skutecznych metod ich rozszczepiania mogłoby spowodować zredukowanie liczby poławianych zwierząt.

Poziom alkaliczności i zasolenia, a także rodzaj cyrkulacji zastosowany w akwariu wpływają w warunkach hodowlanych na wzrost bezkręgowców morskich, w tym także koralowców. Badania pozwoliły wykazać, że poszczególne grupy koralowców (długopolipowe, krótkopolipowe, miękkie) wykazują najbardziej intensywny wzrost w wodzie o kH równym 8 oraz 10,5. Optymalne dla wszystkich grup koralowców zasolenie wody wynosi 35 ppt. Stała cyrkulacja wody 2000 l/godz. jest odpowiednia dla koralowców długopolipowych, natomiast koralowce krótkopolipowe i miękkie wymagają dodatkowej cyrkulacji 3000 l/godz. w trybie falowania.

## Summary

Coral reef is an important source of biodiversity. The reef is built by numerous corals living together with several species of invertebrates and vertebrates. Unfortunately, degradation of coral reefs increases and it results in coral bleaching. The damages are caused by marine pollution as well as by increasing CO<sub>2</sub> level that affects water alkalinity and global rising of water temperature.

Nowadays, increasing trade of marine organisms obtained from coral reefs for aquaristic purposes is observed. Description of optimal breeding conditions and appropriate methods of fragging corals might decrease number of animals taking from their natural conditions.

Water parameters, that have impact on growth of marine invertebrates, include level of water alkalinity and salinity as well as water circulation. Our studies allowed to indicate, that each group of corals (LPS, SPS, soft) exhibit the most intensive growth in kH of 8 and 10,5 while optimal salinity is on the level of 35 ppt. Constant water circulation 2000 l per hour is appropriate for LPS, whereas SPS and soft corals require additional circulation with waving 3000 l per hour.