

STRESZCZENIE

Inwazyjne gatunki obce stanowią jedno z największych zagrożeń dla różnorodności biologicznej oraz powiązanych z nią usług ekosystemowych. Wskutek rozwijającego się transportu morskiego, każdego dnia w zbiornikach balastowych oraz na kadłubach statków transportowanych jest od 4 000 do 7 000 różnych gatunków. Jednakże nie każdy z tych gatunków stanie się inwazyjny, aby do tego doszło, organizm, który zostaje wprowadzony do nowego środowiska musi najpierw w nim przeżyć, a następnie utworzyć populację. Z kolei funkcjonowanie populacji jest determinowane nie tylko przez czynniki abiotyczne, ale również biotyczne, gdyż nowy gatunek wchodzi w różne interakcje z gatunkami rodzimymi. Niektóre z tych oddziaływań, jak np. drapieżnictwo, konkurencja, przenoszenie chorób czy hybrydyzacja mogą mieć negatywne skutki dla rodzimej różnorodności biologicznej, a w konsekwencji niekiedy również dla gospodarki człowieka. Należy jednak pamiętać, iż charakter inwazyjny ujawnia się jedynie w środowisku charakteryzującym się korzystnymi czynnikami dla rozwoju populacji. Stąd gatunek obcy nie zawsze musi być gatunkiem inwazyjnym. Co więcej, wiele gatunków obcych ma pozytywne znaczenie dla ekosystemu czy gospodarki człowieka, np. poprzez zwiększenie bogactwa gatunkowego w zbiornikach o małej różnorodności biologicznej, czy też dostarczenie pokarmu dla organizmów z wyższych poziomów troficznych, w tym człowieka.

Jednym z szeroko rozprzestrzenionych gatunków obcych jest pochodzący z Azji krab wełnistoszczypcy *Eriocheir sinensis* H. Milne-Edwards, 1853. Skorupiak ten posiada wiele cech typowych dla gatunków inwazyjnych, tzn. umożliwiających zarówno introdukcję i wtórne rozprzestrzenianie (obecność stadiów larwalnych i zdolność do długich migracji), jak i osiedlenie się w nowym środowisku (duża plastyczność ekologiczna) oraz utworzenie liczebnej populacji (wysoka płodność samic). Będąc dużym i agresywnym skorupiakiem, wyposażonym w masywne szczypce może on także stanowić zagrożenie dla innych gatunków, m.in. poprzez konkutowanie o zasoby czy drapieżnictwo, a także dla gospodarki człowieka, m.in. poprzez powodowanie uszkodzeń narzędzi połowowych i poławianych ryb. Wyżej wymienione aspekty sprawiły, iż *E. sinensis* został wpisany zarówno na listę stu najbardziej inwazyjnych gatunków na świecie, przygotowaną przez Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody, jak również na listę inwazyjnych gatunków obcych uznanych za stwarzające zagrożenie dla Unii Europejskiej.

W Europie obecność tego gatunku notuje się od 1912 roku, kiedy po raz pierwszy stwierdzono jego obecność w Niemczech, dokąd został introdukowany w wodach balastowych statków morskich. W kolejnych latach krab wełnistoszczypcy rozprzestrzenił się wtórnie także do innych krajów europejskich, w tym do Polski, gdzie po raz pierwszy stwierdzono jego obecność w 1927 roku. Od tego momentu dorosłe kraby były najczęściej obserwowane w estuarium Odry, w pobliżu granicy z Niemcami, gdzie żyje stabilna populacja tego katadromicznego gatunku. O ile dorosłe osobniki mogą żyć w różnych pod względem zasolenia zbiornikach, o tyle warunkiem koniecznym do prawidłowego rozwoju jaj i larw kraba wełnistoszczypcego jest zasolenie powyżej 20, które nie występuje w polskiej strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego. Pomimo tego, w ciągu ostatnich dekad obserwuje się coraz liczniejsze występowanie *E. sinensis* także u wschodnich wybrzeży Polski, tj. w oddalonych o kilkaset kilometrów od granicy z Niemcami, Zatoce Gdańskiej i Zalewie Wiślanym. Niestety, w literaturze brak jest informacji na temat funkcjonowania kraba wełnistoszczypcego w tych akwenach. W związku z tym podjęto badania, których celem było określenie: (1) czy w Zatoce Gdańskiej i Zalewie Wiślanym istnieje populacja tego gatunku w oparciu o analizy struktury wielkości oraz płci, jak również kondycji osobników występujących w tych akwenach w ciągu ostatnich kilkunastu lat (Artykuł I), (2) możliwości rozrodu tego gatunku w ww. akwenach w oparciu o analizy stopnia rozwoju jaj i gonad samic tego gatunku (Artykuł II) oraz (3) odżywiania i funkcji w procesie przepływu energii i obiegu materii, a także wpływu na usługi ekosystemowe w oparciu o analizy wypełnienia żołądka i składu treści pokarmowej (Artykuł III i IV).

Wyniki analiz przeprowadzonych na 71 osobnikach *E. sinensis* z Zatoki Gdańskiej i 296 osobnikach z Zalewu Wiślanego, zebranych w latach 1999-2014, pozwalają wnioskować, że gatunek ten był stałym elementem zespołów bentosowych. W obu akwenach występowały jedynie dorosłe (duże) kraby, charakteryzujące się w Zatoce Gdańskiej średnią szerokością pancerza $62,4 \pm 8,1$ mm, natomiast w Zalewie Wiślanym $66,6 \pm 7,7$ mm. Pozwala to przypuszczać, że w badanych akwenach krab wełnistoszczypcy nie utworzył populacji, a obecne w nich osobniki najprawdopodobniej pochodzą z populacji rozradzającej się na terenie Niemiec. Poszerzają w ten sposób zasięg występowania m.in. w poszukiwaniu zasobów pokarmowych i rejonów, w których brak jest konkurencji i naturalnych wrogów. Struktura wielkości i płci analizowanych osobników *E. sinensis* z Zalewu Wiślanego wykazuje podobieństwo do zaobserwowanych w innych rejonach basenu Morza Bałtyckiego (np. w wodach Szwecji,

Litwy czy Finlandii) i wynosiła 1:1. Z kolei w Zatoce Gdańskiej liczba samców była niemalże dwukrotnie wyższa niż samic. Co mogło być spowodowane tym, że samce kraba wełnistoszczypcego są bardziej aktywne niż samice i w okresie zbioru mogły częściej wchodzić do pułapek. Osobniki zebrane zarówno w Zatoce Gdańskiej, jak i Zalewie Wiślanym charakteryzowały się dobrą kondycją, o której świadczy wykładnik potęgowy wyznaczonej zależności mokrej masy od szerokości pancerza, o wartości bliskiej 3. Pozwala to także wnioskować o korzystnych dla tego gatunku warunkach środowiska w obu akwenach (Artykuł I).

Na podstawie wyników badań stopnia rozwoju gonad 22 samic *E. sinensis* z Zatoki Gdańskiej i Zalewu Wiślanego, zebranych w latach 2005-2008 i 2012 można wnioskować, że w okresie jesiennym są one gotowe do rozrodu. Świadczy o tym występowanie samic posiadających gonady w czwartym stopniu rozwoju, tj. poprzedzającym wyłożenie jaj na pleopody. Co więcej, występowanie samic z jajami na pleopodach wskazuje na fakt, iż nastąpiła kopulacja i zapłodnienie. Można zatem wnioskować, że niektóre etapy cyklu rozrodczego osobników występujących w Zatoce Gdańskiej i Zalewie Wiślanym przebiegają podobnie do opisanych w literaturze, dla populacji z wód niemieckich. Jednakże w wodach polskich jaja *E. sinensis* osiągają jedynie 3 i 4 stopień rozwoju (w 12-stopniowej skali), prawdopodobnie ze względu na zbyt niskie zasolenie. Wyniki przeprowadzonych analiz potwierdziły również wysoki potencjał rozrodczy samic *E. sinensis* z rejonu Zatoki Gdańskiej i Zalewu Wiślanego, u których masa jaj stanowiła średnio $17,9 \pm 2,9\%$ masy ciała samicy i wzrastała wraz z szerokością pancerza. Pomimo niskiego zasolenia Zatoki Gdańskiej ($S = 7$), jaja były mocno przytwierdzone do pleopodów samic *E. sinensis*. Jest to o tyle ciekawe, iż, wyniki opublikowanych wcześniej badań wskazują na fakt twardnienia substancji przytwierdzającej jaja do pleopodów dopiero w zasoleniu powyżej 14. Uzyskane wyniki są pierwszymi na temat stopnia rozwoju gonad i jaj u samic *E. sinensis* z przybrzeżnych wód południowego Bałtyku. Pomimo wysokiej płodności samic oraz twardnieniu substancji przytwierdzającej jaja do pleopodów, zasolenie w Zatoce Gdańskiej i Zalewie Wiślanym wydaje się być zbyt niskie dla pełnego cyklu rozwojowego *E. sinensis*, na co wskazywać może również brak osobników młodocianych wśród analizowanych krabów (Artykuł II).

Wyniki analiz wypełnienia żołądka i składu treści pokarmowej 49 osobników z Zatoki Gdańskiej i 200 osobników z Zalewu Wiślanego wskazują, że ponad 80% krabów miało żołądki wypełnione treścią pokarmową. Na tej podstawie można wnioskować, iż

E. sinensis jest gatunkiem odżywiającym się w sposób ciągły. Analizowane osobniki, których żołądki były puste, mogły już strawić skonsumowany pokarm, jak również głodować w okresie poprzedzającym zbiór. Z literatury wiadomo, że Decapoda przestają się odżywiać m.in. przed linieniem, kopulacją lub, w przypadku samic, w okresie inkubacji jaj, ale również w wyniku stresu wywołanego np. przez ból lub zmiany warunków środowiska. Należy wspomnieć, iż analizowane osobniki *E. sinensis* zbierane były ze stawnych sieci rybackich, co mogło być przyczyną okresowego braku dostępu do pokarmu podczas przebywania krabów w narzędziach połowowych. Mogły one także strawić skonsumowany wcześniej pokarm. Dominujący udział osobników z wypełnionymi żołądkami wśród wszystkich analizowanych *E. sinensis* pozwala także wnioskować, iż w Zatoce Gdańskiej i Zalewie Wiślanym gatunek ten ma nieograniczony dostęp do pokarmu. W żołądkach analizowanych krabów z Zatoki Gdańskiej dominował pokarm zwierzęcy, tj. Bivalvia, Amphipoda, Gastropoda i Polychaeta, podczas gdy u osobników z Zalewu Wiślanego był to głównie pokarm roślinny, tj. Tracheophyta i Chlorophyta. Nie stwierdzono wpływu płci oraz wielkości osobnika na wypełnienie żołądka, z kolei miejsce bytowania miało istotny wpływ na udział poszczególnych rodzajów pokarmów w diecie *E. sinensis*. Może to świadczyć o dużej plastyczności tego gatunku, który w zależności od bazy pokarmowej w danym ekosystemie może pełnić funkcję drapieżnika lub roślinożercy. Zarówno w żołądkach analizowanych osobników odżywiających się pokarmem zwierzęcym, jak i roślinnym, zaobserwowano występowanie detrytusu, który może stanowić dodatkowe źródło pokarmu. Wszystkożerność oraz odżywanie ciągłe to cechy wynikające z biologii kraba wełnistoszczypcego, które w znacznym stopniu sprzyjają temu inwazyjnemu gatunkowi obcemu w zasiedlaniu nowych rejonów. Zarówno płeć, jak i wielkość (wiek) osobnika nie miały istotnego wpływu na rodzaj konsumowanego pokarmu (Artykuł III).

W żołądkach analizowanych osobników *E. sinensis* znaleziono także fragmenty plastikowych śmieci, które przybierały formę zbitych lub luźnych pasków. Zostały one zidentyfikowane jako fragmenty sieci rybackich, które mogły zostać skonsumowane przez *E. sinensis* zarówno w sposób zamierzony, jak i niezamierzony. Z jednej strony kraby wchodząc w sieci tną je szczypcami, aby dostać się do złapanych w nie ryb, z drugiej strony mogą konsumować fragmenty mikroplastiku m.in. wraz z detrytusem. Mikroplastik znaleziono w żołądkach 28% analizowanych osobników z Zatoki Gdańskiej (N = 50) i 9% osobników z Zalewu Wiślanego (N = 208), a proporcja osobników posiadających mikroplastik w żołądkach była istotnie ($p < 0,05$) większa w Zatoce

Gdańskiej. Różnica w proporcji samic i samców z fragmentami tworzyw sztucznych w żołądkach była istotna statystycznie ($p < 0,05$) w Zatoce Gdańskiej. Różnice mogły być spowodowane dymorfizmem płciowym *E. sinensis*, gdyż samice charakteryzują się mniejszymi wymiarami od samców, w tym także szczypiec i żołądka, które powodują zmniejszenie tempa pobierania pokarmu przez samice. W związku z tym, szansa na przypadkową konsumpcję mikroplastiku wydaje się być także mniejsza. Natomiast w Zalewie Wiślanym nie było statycznie istotnych różnic ($p > 0,05$) w proporcji samic i samców z fragmentami tworzyw sztucznych w żołądkach. Konsumpcja tworzyw sztucznych, które nie są trawione i wypełniają żołądek, może przyczyniać się do powstania uczucia sytości. W takiej sytuacji krab wełnistoszczypcy może zaprzestać konsumpcji pokarmu, co w konsekwencji może przyczynić się do obniżenia kondycji, a nawet śmierci osobnika. To z kolei może prowadzić do zmniejszenia liczebności *E. sinensis*, mając (w kontekście inwazyjności tego gatunku) znaczenie pozytywne. Jednak, zgodnie z najnowszymi badaniami naukowymi, fakt nagromadzenia mikroplastiku w tkankach kraba wełnistoszczypcego może wywierać negatywny wpływ także na konsumentów z wyższych poziomów troficznych, w tym także człowieka (Artykuł IV).

Przeprowadzone badania są pierwszymi, tak wieloaspektowymi, dotyczącymi *E. sinensis* z Zatoki Gdańskiej i Zalewu Wiślanego. W literaturze wciąż brakuje informacji na temat funkcjonowania *E. sinensis* w wielu ekosystemach, znajdujących się poza jego rodzimym zasięgiem występowania. W związku z tym wydaje się, że przedstawione wyniki badań mają nie tylko charakter poznawczy, ale również mogą być wykorzystane w przygotowaniu oceny oddziaływania tego gatunku na środowisko przyrodnicze Polski. Z przeprowadzonych analiz wynika, że od co najmniej kilkunastu lat krab wełnistoszczypcy jest stałym elementem zespołów bentosowych Zatoki Gdańskiej i Zalewu Wiślanego, gdzie funkcjonuje w sposób specyficzny. Występujące tam osobniki osiągają dojrzałość płciową i przystępują do rozrodu. Dochodzi do kopulacji i zapłodnienia, a także do wyłożenia jaj przez samice, które jednak ze względu na zbyt niskie zasolenie nie mogą przejść kompletnego cyklu rozwojowego. Sprawia to, iż nie może dojść do zamknięcia cyklu życiowego. Pomimo, iż *E. sinensis* jest gatunkiem plastycznym, zasolenie niższe od optimum niezbędnego do rozwoju jaj, uniemożliwia mu utworzenie rozradzającej się populacji w wyżej wymienionych akwenach. Niezależnie od tego, będąc największym skorupiakiem w Zatoce Gdańskiej i Zalewie Wiślanym, odżywiającym się w sposób stały, krab wełnistoszczypcy wchodzi w interakcje troficzne, zarówno z organizmami roślinnymi, jak i zwierzęcymi. Może także niszczyć sieci

rybackie. Jednak przy stosunkowo małej liczbie osobników *E. sinensis* nie wydaje się, aby miał on negatywny wpływ na ekosystem Zatoki Gdańskiej czy Zalewu Wiślanego oraz na gospodarkę rybacką w tych akwenach. Nie mniej jednak ze względu na dużą plastyczność ekologiczną, jak również zmiany zachodzące w ekosystemie Morza Bałtyckiego, nie można wykluczyć, iż w przyszłości krab wełnistoszczypcy może stać się gatunkiem inwazyjnym również w tym akwencie.