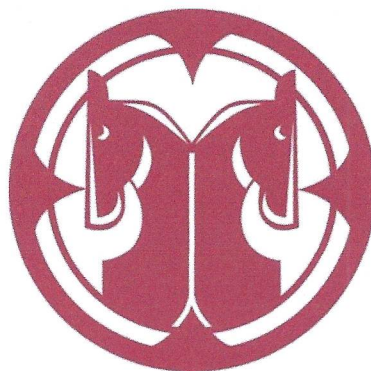


UNIwersytet WARMIŃSKO-MAZURSKI W OLSZTYNIE

WYDZIAŁ BIOINŻYNIERII ZWIERZĄT



mgr inż. Adam Marcin Lejk

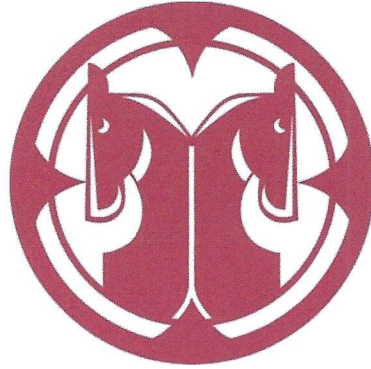
BIOLOGICZNE I GOSPODARCZE UWARUNKOWANIA
DYNAMIKI STADA TARŁOWEGO TROCI WĘDROWNEJ
SALMO TRUTTA M. TRUTTA L. W SYSTEMIE RZEKI ŁEBY

Rozprawa doktorska wykonana
pod kierunkiem
dr hab. Piotra Gomułki, prof. UWM

Olsztyn, 2022

UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY IN OLSZTYN

FACULTY OF ANIMAL BIOENGINEERING



Adam Marcin Lejk, M.Sc. B.Sc.

BIOLOGICAL AND MANAGEMENT DETERMINANTS
OF SEA TROUT *SALMO TRUTTA M. TRUTTA* L.
SPAWNING STOCK DYNAMICS IN THE ŁEBA RIVER BASIN

Doctoral dissertation conducted
under the direction
Piotr Gomułka, PhD., associate Professor

Olsztyn, 2022

Streszczenie

Biologiczne i gospodarcze uwarunkowania dynamiki stada tarłowego troci wędrownej *Salmo trutta m. trutta* L., w systemie rzeki Łeby

mgr inż. Adam Marcin Lejk

Troć *Salmo trutta* L. należy do rodziny ryb łososiowatych. Jest gatunkiem bardzo plastycznym, dzięki czemu na drodze ewolucji wykształciła szereg form ekologicznych zasiedlających różne ekosystemy. Cykl życiowy anadromicznej formy troci, troci wędrownej *Salmo trutta m. trutta* podzielony jest na dwa etapy obejmujące dwa odrębne środowiska bytowania. Swoją początkowy, młodociany okres życia spędza w górnych partiach rzek i potoków, natomiast dorosły etap życia spędza w wodzie morskiej. Faza morska odbywa się pod znakiem migracji w poszukiwaniu odpowiednich żerowisk w zależności od podjętej strategii życiowej. W środowisku morskim troć intensywnie żeruje i przyrasta. Najczęściej po roku lub dwóch latach pobytu w wodach morskich część osobników dojrzewa płciowo i rozpoczyna wędrówkę na tarło do macierzystej rzeki, w której się urodziły bądź do której zostały wpuszczone. Zjawisko to, zwane „homing instinct”, sprawia, że każda rzeka posiada swoiste stado tych ryb, odznaczających się pewnymi cechami genetycznymi i adaptacją do lokalnych warunków. Rozród troci przypada na okres jesienno-zimowy. Trocie trą się zarówno w głównej rzece jak również w niewielkich dopływach. Podczas tarła samice troci składają ikrę na podłożu żwirowym, budując tak zwane gniazdo. Młode trocie lęgną się wiosną, w okresie od marca do maja. Narybek troci spędza w środowisku rzeczonym najczęściej od jednego roku do czterech lat, po czym przechodzi smoltyfikację, czyli proces fizjologicznego dostosowania organizmu do życia w środowisku morskim i spływa do morza.

Wędrowne ryby łososiowate są doskonałymi bioindykatorami zmian zachodzących w środowisku naturalnym. Złożoność ich cyklu życiowego, duża wrażliwość na niską koncentrację tlenu, wysoką temperaturę wody, zabudowę hydrotechniczną rzek powoduje, że liczebność populacji oraz zasięg ich występowania podlega ciągłym zmianom. Ze względu na duże znaczenie gospodarcze i przyrodnicze troci wędrownej, co roku dokonuje się zarybień polskich rzek smoltami, narybkiem letnim oraz larwami

troci. Dzięki tym zabiegom, udaje się utrzymać liczebność populacji na zadowalającym poziomie. Identyfikacja pochodzenia osobników jest możliwa poprzez ich znakowanie z zastosowaniem metody odpowiedniej do stadium rozwojowego ryb. Znakowanie umożliwia ocenę efektów prowadzonych zarybień oraz ich wpływ na rekrutację stada tarłowego. Możliwość odróżnienia ryb pochodzących z zarybień od pochodzących z naturalnego tarła pozwala na odpowiednie zarządzanie stadem ryb, począwszy od młodocianego okresu życia, po stadium dorosłe.

Populacja troci w rzece Łebie nie była w przeszłości przedmiotem intensywnych badań. Dostępne dane dotyczą wybranych aspektów ekologii i biologii gatunku, lecz nie tworzą spójnej całości. W ramach obecnych badań, przeprowadzono prace terenowe i analizy laboratoryjne umożliwiające scharakteryzowanie stada tarłowego troci wędrownej z dorzecza Łeby oraz prześledzenie zmian w stadzie na przestrzeni dziesięciolecia. Ponadto, podjęto próbę oszacowania wpływu prowadzonych zarybień na proces formowania stada tarłowego. Jednocześnie, zbadano przydatność wybranych dopływów Łeby wykorzystywanych w obecnym modelu gospodarki zarybieniowej w dorzeczu Łeby, do odrostu młodocianych stadiów troci wędrownej.

W celu scharakteryzowania struktury stada tarłowego troci wędrownej z dorzecza Łeby, w latach 2007-2016 realizowano prace terenowe na terenie Słowińskiego Parku Narodowego. Zebrano materiał biologiczny od dorosłych osobników troci, który posłużył do diagnostyki parametrów biologicznych stada tarłowego. Identyfikacja osobników pochodzących z zarybień została przeprowadzona na dwóch poziomach. Ryby pochodzące z zarybień smoltami znakowane były zewnętrznie, poprzez resekcję płetwy tłuszczowej umożliwiając ich natychmiastowe rozpoznanie wśród dorosłych osobników. Ze względów anatomicznych oraz ograniczeń z tym związanych, w latach 2010-2013 larwy troci przed wypuszczeniem znakowano w Gospodarstwie Rybackim w ŻelkóWKu poprzez immersję w roztworze fluorochromu, alizaryny red S. Substancja ta ma zdolność do tworzenia trwałych związków kompleksowych z jonami wapnia, dzięki czemu odkłada się w otolitach ryb w postaci czerwonego prążka. Osobniki pochodzące z zarybień larwami identyfikowano wśród ryb posiadających płetwę tłuszczową. Wyłącznie od nich pobierano otolity do badań.

W okresie wiosennym w latach 2010-2013 wypuszczano do wytypowanych cieków larwy troci znakowane alizaryną red S. We wrześniu 2010-2013 roku, prowadzono połowy kontrolne narybku na stanowiskach o długości 50 m każde. Wyniki z odłowów uzupełniono o dane temperaturowe na stanowiskach w całym okresie wzrostu narybku,

w celu zdiagnozowania interakcji pomiędzy termiką cieku a wzrostem ryb we wczesnej fazie. Monitorowane stanowiska zostały dokładnie scharakteryzowane hydrograficznie.

Uzyskane wyniki wykazały zmienność parametrów wzrostu na przestrzeni dziesięciu lat obserwacji. Zaobserwowane różnice dotyczyły obu płci. Obecnie w populacji troci z dorzecza łeby przeważają smolty jednoroczne i w zależności od pochodzenia stanowią odpowiednio 72,1% (dzikie) oraz 98,9% (hodowlane). Wśród ryb dzikich, smolty dwuletnie stanowiły 27,7%, natomiast trzyletnie jedynie 0,2%. Tylko 1,1% osobników pochodzących z zarybień smoltami, nie sptywa od razu do morza i spędza jeszcze jedną zimę w wodzie słodkiej. W odniesieniu do wieku morskiego, badania wykazały, iż w stadzie tarłowym dominują osobniki z jednorocznym bądź dwuletnim pobytem w morzu i to między tymi grupami wiekowymi obserwowano różnice między-sezonowe. Skumulowany udział osobników jednorocznych (62%) wskazuje na ogólną dominację ryb młodszych w stadzie tarłowym. Osobniki, które spędziły dwa lata w morzu stanowiły około 36%. W zestawieniu z wynikami historycznymi, struktura wiekowa populacji uległa znacznej zmianie. Na przestrzeni ostatnich 70 lat, zaobserwowano wzrost udziału osobników troci smoltyfikujących po pierwszym zimowaniu w rzece. Ponadto, stwierdzono spadek udziału starszych osobników w stadzie tarłowym co może być negatywnym efektem nadmiernej presji rybackiej. Podobne obserwacje dotyczą wzrostu ryb. W porównaniu z wynikami z lat 50-tych XX w., średnia długość ciała troci zmniejszyła się z 65,9 cm, do 59,9 cm.

Istotnym aspektem z punktu widzenia gospodarowania zasobami troci w dorzeczu łeby było określenie udziału ryb pochodzących z zarybień smoltami, larwami oraz pochodzących z naturalnego tarła, które potwierdzono obserwacjami. Średnio, ponad 61% dorosłych osobników troci pochodziło z zarybień smoltami. Spośród pozostałych ryb, z naturalnego tarła pochodziło średnio 77,7% troci, natomiast u 22,3% ryb zidentyfikowano znaczki alizarynowe potwierdzające ich pochodzenie z zarybień larwami. Na szczególną uwagę zasługują wyniki znakowania larw przy pomocy alizaryny. Prezentowane wyniki po raz pierwszy bezpośrednio wskazują na udział osobników pochodzących z zarybień larwami w formowaniu stada tarłowego troci wędrownej, na przykładzie dorzecza łeby.

Wyniki niniejszej pracy wykazały silny wpływ zarybień smoltami troci na dynamikę stada tarłowego troci z dorzecza łeby. Zaobserwowane różnice między dzikimi a hodowlanymi osobnikami dotyczyły różnych aspektów populacyjnych, począwszy od podstawowych parametrów wzrostu jakimi są długość i masa ciała tarlaków, poprzez

model struktury wiekowej oraz zmienność ich kondycji. Nie stwierdzono różnicy jedynie w odniesieniu do płodności samic, lecz wyniki te wymagają weryfikacji na większej liczbie osobników. Ponadto, pochodzenie osobników determinowało okres intensyfikacji migracji tarłowej co pośrednio przekładało się na różnice w strukturze wiekowej i płciowej.

Badania wskazały przydatność cieków wytypowanych do zarybiania larwami troci, do wzrostu narybku. Na przestrzeni czterech lat obserwacji wykazano zróżnicowanie we wzroście w obrębie poszczególnych stanowisk. Różnice te miały również swoje odzwierciedlenie w zmienności kondycji. Zagęszczenia narybku w grupie wieku 0+ na monitorowanych stanowiskach mieściły się w zakresie 22-130 os./100 m², Narybek troci znakowany alizaryną red S zidentyfikowano na wszystkich monitorowanych stanowiskach, we wszystkich sezonach badań (2010-2013). Udział znakowanych ryb wynosił od 30 do 100% w całym okresie badań, ze średnią wynoszącą 85,4%. Wykazano, że warunki termiczne panujące w strumieniu silnie oddziałują na ryby pochodzące z zarybień wylęgiem. Sumaryczna liczba stopniodni istotnie pozytywnie wpływała na wzrost narybku troci. Jednocześnie, wartości maksymalnych średnich 7-dniowych temperatur wody w miesiącu lipcu istotnie negatywnie oddziaływała na wzrost w danym sezonie. Takich zależności nie zidentyfikowano w odniesieniu do narybku troci pochodzącego z naturalnego tarła. Jest to obserwacja istotna w aspekcie zachodzących zmian klimatycznych oraz ewentualnej zmiany strategii zarybieniowej w przyszłości.

Wyniki niniejszych badań pozwalają stwierdzić, iż zarybianie dopływów rzeki Łęby wylęgiem troci pozytywnie wpływało na liczebność stada tarłowego. Ponadto, dominacja osobników pochodzących z zarybień smoltami wskazuje na duże znaczenie samego zarybiania w kontekście gospodarowania tą populacją. Oprócz ryb pochodzących z zarybień, ważnym komponentem stada są osobniki pochodzące z naturalnego tarła. W celu optymalizacji efektów zarybień młodszymi stadiami troci, przy jednoczesnym wzmacnianiu znaczenia naturalnego rozrodu, należy ukierunkować zarybienia na dopływy pozbawione naturalnych tarlisk, bądź ich odcinki położone powyżej sztucznych barier. Niepokojącym zjawiskiem wydaje się być negatywny wpływ presji rybackiej na strukturę stada tarłowego, poprzez eliminację starszych i większych osobników.

Słowa kluczowe: struktura wiekowa, płodność, wzrost narybku, znakowanie ryb, efektywność zarybień

Summary

Biological and management determinants of sea trout *Salmo trutta m. trutta* L., spawning stock dynamics in the Łeba River basin

Adam Marcin Lejk, M.Sc. B.Sc.

Brown trout, *Salmo trutta* L., is a member of the family Salmonidae. Since the species is highly plastic, it has evolved into a number of ecological forms that inhabit various ecosystems. The life cycle of the anadromous form of brown trout, *Salmo trutta m. trutta*, is divided into two stages that inhabit two different habitats. This species spends its early juvenile life-history stage in the upper reaches of rivers and streams, while it spends its adult life-history stage in the sea. The sea phase is marked by migration in search of suitable feeding grounds depending on its life strategy. In the marine environment, sea trout feed and grow intensively. Most often, after one or two years in the sea, some individuals mature sexually and begin the spawning migration to their natal rivers where they were born or into which they were released. This phenomenon, known as the homing instinct, means that each river has a specific stock of fish characterized by certain genetic features and adaptations to local conditions. Sea trout reproduce in the fall and winter, and spawn in rivers and their tributaries. During spawning, female sea trouts lay their eggs on a gravel bed, building a so-called redds. The young sea trouts hatch in spring, from March to May. Juvenile sea trout most often spend from one to four years in rivers, after which they smoltify, which is the process of physiologically adapting to life in a marine environment, and then they migrate to the sea.

Migratory salmonids are excellent bioindicators of changes occurring in the natural environment. The complexity of their life cycle and their high sensitivity to low oxygen concentrations, high water temperatures, and hydrotechnical barriers in streams mean that their population abundance and range of occurrence are continuously changing. This species is of great economic value and natural importance, which is why sea trout smolts, summer fry, and larvae are stocked into Polish rivers annually. Thanks to these measures, the population abundance of this species is being maintained

at a satisfactory level. Identifying the origin of individuals is possible by applying marking methods that are appropriate for different life-history stages of this fish. Marking makes it possible to evaluate the effects of the stocking carried out and their impact on the recruitment of the spawning stock. Being able to discriminate fish that were stocked from those that were spawned naturally facilitates managing stocks accordingly from the juvenile through to the adult stages.

In the past, the sea trout population in the Łeba River basin was not the subject of intense study. While data regarding selected aspects of the ecology and biology of this species are available, they do not form a coherent whole. As part of the present study, field work and laboratory analyses were conducted that permitted characterizing the sea trout spawning stock from the Łeba River basin and following changes in the stock over the course of a decade. Additionally, an attempt was made to estimate the influence stocking had on the formation of spawning stocks. Simultaneously, the selected Łeba River tributaries that are currently being used in the stocking management model in the Łeba River basin were evaluated for their suitability as sites in which juvenile sea trout can develop.

Field work was conducted in Słowiński National Park in 2007–2016 with the aim of characterizing the structure of the sea trout spawning stock in the Łeba River basin. Biological material collected from adult sea trout individuals was used to determine the biological parameters of the spawning stock. Identifying individuals originating from stocking was done on two levels. Stocked smolts had been marked externally with adipose fin clipping that permitted identifying them immediately among adult individuals. For anatomical reasons and associated limitations, in the 2010–2013 period prior to release as larvae, sea trout were marked at the Fish Farm in Żelkówko by immersion in a fluorochrome solution of alizarin red S. This substance forms stable complex compounds with calcium ions thanks to which it is deposited as a red band on fish otoliths. Individuals that originated from stocked fry were identified from among those that had clipped adipose fins, and otoliths were collected exclusively from these individuals for examination.

From 2010 to 2013, larval sea trout marked with alizarin red S were released into selected streams each spring, and each September from 2010 to 2013 monitoring catches of young-of-the-year sea trout were made at sites that were each 50 m long. The catch results were supplemented with temperature data at the sites throughout the juvenile

sea trout growth periods to identify the interactions between stream temperatures and early stage fish growth. Full hydrographic data was also collected at the monitoring stations.

The results of the study showed the variability of growth parameters over ten years of observation, which applied to both sexes. Currently, smolts aged 1 year dominate the sea trout population in the Łeba River basin, and, depending on their origin, 72.1% are wild, while 98.9% are cultivated. Among the wild fish, 27.7% are two-year-old smolts, while only 0.2% are three-year-old smolts. Just 1.1% of stocked smolts do not migrate to the sea and instead spend another winter in freshwater streams. Studies indicate that the sea age of the spawning stock is dominated by individuals that have inhabited the sea for either one or two years, and seasonal differences were observed between these age groups. The cumulative share of one-year-old individuals (62%) indicated that younger fish dominated the spawning stock, while approximately 36% of the individuals inhabited the sea for two years. In comparison with historical results, the population age structure has changed significantly over the last 70 years, and the share of sea trout individuals that smoltified after the first year wintering in streams has increased. Moreover, a decrease was noted in the share of older individuals in the spawning stock, which could have been caused by the negative effects of excessive fishing pressure. Similar observations pertained to fish growth; the mean sea trout body length decreased from 65.9 cm in the 1950s to 59.9 cm in the current study.

One important aspect of managing sea trout resources in the Łeba River basin was determining the share of fish from stocked larvae and smolts and from natural spawning, which was done through observations. On average, over 61% of adult sea trout originated from stocked smolts. Among the remaining sea trout, 77.7% originated from natural spawning. Alizarin red S marks were found in 22.3% of the fish, which confirmed their origin from stocked larvae. The results of marking larvae with alizarin red S are noteworthy since these are the first results of their kind to confirm that individuals released as larvae are now contributing to the formation of spawning sea trout stocks in the Łeba River basin.

The results of the current study indicated the strong influence stocking with sea trout smolts had on spawning sea trout stock dynamics in the Łeba River basin. The differences observed between wild and hatchery-reared individuals pertained to various population aspects, ranging from basic growth parameters, such as spawner

length and body weight, to age structure models, and variable condition. Only in female fertility were no differences noted, but this must be verified on a larger number of individuals. Moreover, the origin of the individuals determined periods of intensifying spawning migrations, which indirectly affected differences in stock age and sex structures.

The current study indicated the suitability of the streams selected for stocking larval sea trout for growth into juvenile sea trout. Over the four-year observation period differences were noted among the various sites, and these were also reflected in differences in condition. The density of juvenile sea trout in the 0+ age group at the sites monitored ranged from 22–130 indiv./100 m², while juvenile sea trout marked with alizarin red S were identified at all the sites monitored in all seasons of the study (2010–2013). The shares of marked fish were from 30 do 100% throughout the study period at an average of 85.4%. The thermal regime in the selected streams strongly affected the fish that originated from stocked alevins. The total number of degree days had a significant, positive affect on juvenile sea trout growth. Simultaneously, the maximum values for mean 7-day water temperatures in July had a significant, negative affect on growth in a given season. These relationships were not noted in juvenile sea trout originating from natural spawning. This is an important observation in light of the ongoing climate change and for making possible changes to stocking strategies in the future.

The results of this work permit concluding that stocking tributaries in the Łeba River basin with sea trout alevins had a positive effect on spawning stocks. Moreover, the dominance of individuals originating from stocked smolts indicated the great importance of stocking itself in the management of this population. In addition to the stocked fish, individuals from natural spawning were an important component of the stocks. To optimize the effects of stocking with younger sea trout stages while simultaneously enhancing the importance of natural reproduction, stocking should be performed in tributaries that lack natural spawning grounds or in stream segments located upstream from artificial barriers. The negative impact fishing pressure has on spawning stock structure by eliminating larger, older individuals is a worrying phenomenon.

Key words: age structure, fecundity, fry growth, fish marking, stocking effectiveness