

ZAKŁAD BIOEKONOMIKI RYBACTWA

OPIS PRACY DOKTORSKIEJ

przedstawionej w formie spójnych tematycznie publikacji naukowych
pod wspólnym tytułem:

**Wpływ zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej
na efektywność gospodarki rybackiej na podstawie
informacji uzyskanych od rybackich
użytkowników wód**

mgr inż. Marek Mirosław Trella

Praca doktorska wykonana pod kierunkiem
prof. dr. hab. Arkadiusza Wołosa

Promotor pomocniczy
dr inż. Maciej Mickiewicz

DEPARTMENT OF FISHERIES BIOECONOMICS

DESCRIPTION OF DOCTORAL DISSERTATION

presented in the form of thematically coherent scientific publications
under a common title:

**The effects of climate change and stocking programs
on the effectiveness of fisheries management
based on information obtained from fishery
users of inland waters**

Marek Mirosław Trella, BEng, MSc

Doctoral dissertation performed under
the supervision of promoter:

Arkadiusz Wołos, PhD, DSc, ProfTit

Assistant promoter:

Maciej Mickiewicz, PhD

Niniejsza rozprawa doktorska dokumentuje wyniki badań opracowanych i omówionych w ramach siedmiu oryginalnych, spójnych tematycznie prac naukowych, opublikowanych w czasopiśmie naukowym *Fisheries & Aquatic Life* (praca 1, praca 2, praca 3, praca 4 i praca 5) oraz jako rozdziały w recenzowanych monografiach naukowych (praca 6 i praca 7):

Praca 1: Mickiewicz, M., **Trella, M.** (2019). Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions. *Fisheries & Aquatic Life*, 27, 136-148.

<https://doi.org/10.2478/aopf-2019-0016> (liczba punktów MEiN – 100);

Praca 2: **Trella, M.**, Czerwiński, T., Wołos, A. (2019). Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe. *Fisheries & Aquatic Life*, 27, 208-223.

<https://doi.org/10.2478/aopf-2019-0024> (liczba punktów MEiN – 100);

Praca 3: **Trella, M.**, Wołos, A. (2021). Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term. *Fisheries & Aquatic Life*, 29, 108-123. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0013> (liczba punktów MEiN – 100);

Praca 4: **Trella, M.**, Wołos, A. (2021). The perception of the issue of spawner harvesting in lakes by the owners and managers of the entities authorised to commercial and recreational fisheries management. *Fisheries & Aquatic Life*, 29, 135-147.

<https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0015> (liczba punktów MEiN – 100);

Praca 5: **Trella, M.**, Wołos, A. (2021). Opinions of owners and managers of fishing entities in Central and Eastern Europe on the impact of climate change on lake fisheries management. *Fisheries & Aquatic Life*, 29, 189-201. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0021> (liczba punktów MEiN – 100);

Praca 6: **Trella, M.**, Wołos, A. (2021). Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem (*Esox lucius*) wód obwodów rybackich w latach 2005- 2019. [The volume and value of commercial catches and pike (*Esox lucius*) stocking in the waters of fishing districts in the years 2005-2019]. W: *Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny* [In: *Aquaculture as a tool for the protection of ichthyofauna*] (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn, 175-189 (liczba punktów MEiN – 20);

Praca 7: **Trella, M.**, Wołos, A. (2021). Ocena efektywności zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) na przykładzie wybranych zbiorników zaporowych południowej Polski [Assessment of the effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking on the example of selected dam reservoirs of southern Poland.] W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych* [In: *Activities of fishing and angling entities in 2020 in the light of business, economic and environmental conditions*], (Red.) A. Kowalska, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 43-54 (liczba punktów MEiN – 20).

Spis treści

STRESZCZENIE	7
ENGLISH SUMMARY	10
WSTĘP	12
CEL PRACY	19
Zasadniczy cel pracy	19
Szczegółowe cele pracy	19
MATERIAŁ I METODY	20
1) Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód	20
2) Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowu tarlaków	22
3) Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem	23
4) Wielkości i wybrane cechy połowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej	24
5) Ocena efektywności zarybień szczupakiem	25
a) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach	25
b) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych	27
WYNIKI	30
1) Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód (prace 2 i 5)	30
a) zmiany klimatyczne obserwowane w jeziorach i gospodarce rybackiej	30
b) zmiany klimatyczne obserwowane w zbiornikach zaporowych	35
2) Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowu tarlaków (praca 4)	40
Charakterystyka badanych wód, na których prowadzona jest gospodarka rybacka przez podmioty rybackie	40
Charakterystyka zawodowa uprawnionych do rybactwa oraz pracowników badanych podmiotów	41
Stanowisko uprawnionych w sprawie odłowu tarlaków i ich wpływu na ekologię i ochronę środowiska oraz na czynniki społeczne	42
Ocena sposobów dotyczących regulacji odłowów tarlaków	43
Ocena negatywnych i pozytywnych skutków wprowadzenia zakazu odłowów tarlaków oraz potencjalne rekompensaty dla podmiotów	44
3) Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem w wodach obwodów rybackich (praca 6)	46
Odłowy szczupaka	46
Zarybienia poszczególnymi formami materiału szczupaka	49
4) Wielkości i wybrane cechy odłowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej (praca 3)	52
Odłowy rybackie szczupaka w czasach PRL	52
Odłowy rybackie szczupaka po okresie transformacji ustrojowej i własnościowej	53
Odłowy rybackie szczupaka w jeziorze Śniardwy	56
Odłowy wędkarskie szczupaka – badania ankietowe	56
Odłowy wędkarskie szczupaka – badania rejestrów połowów	57
5) Ocena efektywności zarybień szczupakiem (prace 1 i 7)	58
a) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach	58
b) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych	62

Dyskusja	65
1) Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód	65
a) zmiany klimatyczne obserwowane w jeziorach i gospodarce rybackiej	65
b) zmiany klimatyczne obserwowane w zbiornikach zaporowych	67
2) Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowu tarlaków	70
3) Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem	73
4) Wielkości i wybrane cechy odłowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej	75
Odłowy rybackie szczupaka w okresie funkcjonowania państwowych gospodarstw rybackich i po okresie transformacji ustrojowej i własnościowej	75
Odłowy rybackie szczupaka obecnie	76
Odłowy wędkarskie szczupaka – badania ankietowe – tło historyczne	76
Odłowy wędkarskie szczupaka – badania rejestrów połowów	78
Ile szczupaka łowią rybacy i wędkarze, czyli które dane są najbardziej prawdopodobne?	81
5) Ocena efektywności zarybień szczupakiem	82
a) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach	83
b) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych	86
PODSUMOWANIE	89
Wpływ zmian klimatycznych na efektywność gospodarki rybackiej	89
Czynniki przyrodnicze	90
Czynniki społeczne	90
Czynniki ekonomiczne	91
Czynniki legislacyjne	91
Wpływ gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej	92
Czynniki przyrodnicze	93
Czynniki społeczne	93
Czynniki ekonomiczne	94
Czynniki legislacyjne	94
WNIOSKI	97
LITERATURA	99
ZAŁĄCZNIKI	116

Streszczenie

Zmiany klimatyczne wywierają coraz większy wpływ na globalną, państwową i regionalną gospodarkę, gdyż pośrednio i bezpośrednio oddziałują na tak ważne segmenty, jak produktywność i efektywność rolnictwa czy energetyki, ale również na ochronę środowiska czy bezpieczeństwo ludności. Wpływ zmian klimatu na ekosystemy wodne i zasoby ryb stanowi przedmiot coraz liczniejszych badań naukowych prowadzonych w różnych częściach świata. Łagodzenie zmian klimatu i adaptacja do jego zmian to kluczowe wyzwania, jakim musi stawić czoła w XXI w. cała branża rybacka. Gospodarkę rybacką na śródlądziu, w odróżnieniu od rybołówstwa morskiego, można nazwać niskoemisyjną, jednak globalne zmiany na pewno wpłyną i już wpływają na warunki jej prowadzenia. Do wdrożenia właściwych strategii zarządzania i zrównoważonej eksploatacji zasobów rybnych niezbędna jest podstawowa wiedza na temat zarządzanych wód.

Gospodarka rybacka jest dość złożoną formą działalności zbudowaną z wielu elementów, takich jak: rybołówstwo komercyjne i rekreacyjne (wędkarstwo) oraz właściwie prowadzona gospodarka zarybieniowa. Gospodarka zarybieniowa musi spełniać trzy podstawowe warunki: musi być ekologicznie dopuszczalna (bezpieczna), a jednocześnie pożądana społecznie i ekonomicznie wykonalna. Efektywna gospodarka zarybieniowa jest kluczowym elementem gospodarki rybackiej, gdyż jednym z jej najważniejszych celów jest utrzymanie lub zwiększenie liczebności populacji cennych gospodarczo gatunków ryb do poziomu, który sprawia, że prowadzenie takiej gospodarki jest opłacalne ekonomicznie.

Omawiana dysertacja nie bazuje na skomplikowanych modelach klimatycznych, ale na informacjach uzyskanych od rybackich użytkowników wód, którzy z racji specyfiki swego zawodu są z jednej strony najbliżej środowiska wodnego i jego zmian (a zatem pełnoprawnymi ich obserwatorami), a z drugiej żywotnie zainteresowani powstrzymaniem (jeśli takie występują) negatywnych skutków zmian klimatu na ichtiofaunę i prowadzenie gospodarki rybackiej. Odpowiednie zarządzanie zasobami ichtiofauny, czyli wyważona eksploatacja, zarówno w sposób komercyjny, jak i wędkarski oraz racjonalna gospodarka zarybieniowa, wraz z odbudową środowiska naturalnego, są głównymi zadaniami zrównoważonej gospodarki rybackiej prowadzonej w wodach śródlądowych.

Zasadniczym celem prac badawczych składających się na przedmiotową rozprawę doktorską było określenie wpływu zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej.

Prace badawcze podzielono ze względu na poruszoną tematykę. Pierwszy temat, z ogólnym tytułem *wpływ zmian klimatycznych na gospodarkę rybacką*, analizy przeprowadzono w oparciu o zebrane szczegółowe ankiety, wypełnione przez użytkowników, którzy prowadzą gospodarkę rybacką i wędkarską na jeziorach, oraz użytkowników, którzy prowadzą gospodarkę w zbiornikach zaporowych; w drugim temacie *gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowu tarlaków*, badania przeprowadzono w oparciu o ankiety, które uzyskano od użytkowników rybackich, którzy prowadzą gospodarkę rybacką i wędkarską w jeziorach; w trzecim temacie *wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem*, wykorzystano informacje na temat podstawowych parametrów charakteryzujących analizowane

podmioty oraz wielkości i wartości odłowów szczupaka, oraz ilości, rodzaju materiału zarybieniowego i jego wartości, liczby podmiotów zarybiających szczupakiem, wielkości zarybianej powierzchni, całkowitej wartości zarybień wszystkimi gatunkami ryb oraz wielkości i wartości złowionych tarlaków wszystkich gatunków ryb, zebrane przy pomocy kwestionariuszy statystycznych RRW-23 od podmiotów uprawnionych do rybactwa na wodach powierzchniowych płynących (jeziora, cieki, zbiorniki zaporowe); czwarty temat wielkości i wybrane cechy połowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej, opisany został na bazie wieloletnich doświadczeń i badań prowadzonych w Zakładzie Bioekonomiki Rybactwa Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza; piąty temat ocena efektywności zarybień szczupakiem, podzielony został na dwa podtematy: a) *ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach*, w której analizę oparto na materiałach uzyskanych w Gospodarstwie Jeziorowym Sp. z o.o. w Ełku oraz wynikach badań cen ryb i materiału zarybieniowego, b) *ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych*, gdzie podmiotem uprawnionym do rybactwa w badanych zbiornikach zaporowych jest Okręg PZW w Katowicach. Zbiorniki te były systematycznie zarybiane szczupakiem, i mogły posłużyć jako przykład możliwości przeprowadzenia oceny efektywności zarybień przy wykorzystaniu metod statystycznych oraz informacji o zarejestrowanych przez wędkarzy odłowach i przeprowadzonych zarybieniach.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że uprawnieni do rybactwa w znacznej większości zauważyli w ostatnich latach wpływ zmian klimatycznych na ichtiofaunę i rybackie gospodarowanie; gatunkiem, który według użytkowników rybackich najbardziej narażony jest na zmiany klimatyczne jest szczupak; zmiany klimatyczne najbardziej wpływają na wielkości połowów węgorza; ankietowani najbardziej obawiają się zjawiska dłuższego okresu przebywania kormoranów na akwenach; za najistotniejszy wpływ zmian klimatu na wybrane parametry hydrologiczne jezior respondenci wybrali niskie poziomy i wahania poziomów wód; użytkownicy zbiorników zaporowych uznali, że największy wpływ na populacje ryb nie mają zachodzące zmiany klimatyczne, ale sam zbiornik, który utrudnia migracje ryb; badanych respondentów charakteryzuje wysoka niechęć do potencjalnych zmian i innowacji w kwestii odłowu tarlaków; ilość wylęgu wprowadzana do wód obwodów rybackich w ostatnich latach wykazywała bardzo wyraźną tendencję wzrostową; w skali całego kraju odłowy wędkarskie szczupaka były 8-krotnie wyższe niż rybackie; zastosowanie rachunku korelacji wykazało, że wzrost dawek zarybieniowych szczupaka powodował wyraźne zwiększenie poziomu odłowów, ale po przekroczeniu granicznego poziomu zarybień nie następował wzrost, tylko nieznaczny spadek wydajności; w badaniach efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach ełckich nie wykazano statystycznie istotnego związku z zarybieniami, lecz wykazano ekonomizację (dążenie do podnoszenia ekonomiczności) w tym zakresie gospodarowania szczupakiem.

Określenie wpływu zmian klimatycznych, ale także gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej nie należy do zadań prostych, gdyż w odróżnieniu od badań laboratoryjnych, gdzie efekty badań widoczne są w stosunkowo krótkim czasie, w przypadku poruszanych w pracy doktorskiej zagadnień na efekty trzeba czekać dość długo. Z tego powodu zdecydowano się skorzystać z wieloletnich obserwacji uprawnionych do rybactwa,

których praca zawodowa na tak różnych akwenach trwa czasem dłużej niż 30 lat, i warto podkreślić, jak wartościowe były te informacje. Przeprowadzone w ramach dysertacji doktorskiej badania, wobec znacznej liczby, złożoności i kompleksowego oddziaływania czynników wpływających na prowadzenie gospodarki rybackiej, nie pozwoliły na zidentyfikowanie wszystkich z nich, a tym bardziej na skwantyfikowanie ich wpływu na efektywność tej gospodarki. W związku z tymi ograniczeniami stworzono uproszczony schemat, na którym przedstawiono te z grupy czterech najważniejszych, a nauce znanych, elementów systemu (tj. przyrodniczych, społecznych, ekonomicznych i legislacyjnych), na których wpływ dzięki przeprowadzonym badaniom przynajmniej udało się zidentyfikować i wyrazić w formie pewników bądź wpływów bardzo prawdopodobnych. Wyniki tych badań mogą służyć jako odniesienie do przyszłych norm prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej na wodach Skarbu Państwa i wprowadzania odpowiednich regulacji prawnych, które bardziej odpowiednio przygotują gospodarstwa rybackie na przyszłe, niestety nieuniknione, zmiany klimatyczne.

English summary

Climate change is having an increasing impact on global, national and regional economies, as it directly and indirectly affects such important segments as agricultural or energy productivity and efficiency, but also on environmental protection or human security. The impact of climate change on aquatic ecosystems and fish resources is the subject of increasing scientific research in various parts of the world. Climate change mitigation and adaptation are the key challenges facing the entire fishing sector in the 21st century. Inland, as opposed to marine, fisheries management can be called low-carbon, but global changes will certainly affect and are already affecting the conditions under which it is conducted. Basic understanding of managed waters is required to implement appropriate management strategies and sustainable exploitation of fish resources.

As a fisheries sector, fisheries management is a rather complex activity comprising a number of elements, such as commercial and recreational fishing (angling) and properly conducted stocking management. Stocking management must meet three fundamental conditions: it must be ecologically acceptable (safe), and at the same time socially desirable and economically viable. Effective stocking management is a critical component of fisheries management, since one of its most important objectives is to preserve or increase the population of economically valuable fish species to a level that makes such management economically profitable.

This dissertation is not based on complex climate models, but on information collected from fisheries managers who, due to the specifics of their profession, are on the one hand closest to the water environment and its changes (and therefore rightful observers), and on the other are vitally interested in halting (if any) negative effects of climate change on fish fauna and fisheries management. Proper management of ichthyofauna resources, i.e. balanced exploitation, both commercially and by anglers, and rational stocking management, together with restoration of the natural environment, are the main objectives of sustainable fisheries management in inland waters.

The primary aim of the research work for this dissertation was to determine the impact of climate change and stocking management on fisheries management efficiency.

The study was divided according to the subject areas investigated. The first topic, with the general title of *the influence of climate change on fisheries management*, was analysed on the basis of detailed questionnaires collected from users who run fishing and angling management in lakes and from users who manage in dam reservoirs; the second topic, *stocking management – the problem of spawners' harvest*, was based on questionnaires obtained from fishing users who manage fishing and angling in lakes; in the third topic, *the volume and value of fishing catches and pike stocking*, information was used on basic parameters characterising the analysed fishing entities and the volume and value of pike catches, data on the quantity, type and value of stocking material, the number of entities stocking pike, the size of the stocked area, the total value of stocking with all fish species and the size and value of harvested spawners of all fish species; these data were collected using statistical questionnaires RRW-23 from entities authorised to fishing on flowing surface waters (lakes, rivers, dam reservoirs); the fourth topic, *the size and selected characteristics of pike catches in the long-term perspective*, was described on the basis of years of experience and research

activities at the Department of Fishery Bioeconomics of The Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute; the fifth topic, assessment of the effectiveness of pike stocking, was divided into two sub-themes: a) *assessment of the effectiveness of pike stocking in lakes*, in which the analysis was based on materials obtained from Gospodarstwo Jeziorowe Ltd in Ełk and results of studies on prices of fish and stocking material, b) *evaluation of effectiveness of pike stocking in dam reservoirs*, where the entity authorised to fishing in the investigated dam reservoirs is the Katowice District of Polish Angling Association. These dams were systematically stocked with pike and could serve as an example of how to assess stocking efficiency using statistical methods and information on anglers' records of catches and stocking events.

From the results, it was concluded that: fishery users have overwhelmingly reported the impact of climate change on ichthyofauna and fishery management in recent years; the species most affected by climate change according to fishing users is pike; climate change is having the highest impact on eel catches; respondents are most concerned about the longer residence time of cormorants in water bodies; respondents selected low water levels and fluctuations in water levels as the most important influence of climate change on selected hydrological parameters of lakes; in the opinion of dam users, the greatest impact on fish populations is not caused by climate change, but by the dam itself, which makes fish migration difficult; respondents are strongly averse to potential changes and innovations in the harvesting of spawners; the amount of pike stocking with larvae to the waters of the fishing zones in recent years has shown a very clear upward trend; at the scale of the whole country, anglers' catches of pike were eightfold higher than commercial ones; application of the correlation calculus showed that an increase in the stocking rate of pike resulted in a clear increase in the level of catches, but when the limit of the stocking rate was exceeded there was no increase, only a slight decrease in the catch efficiency; studies on efficiency of pike stocking in Ełk lakes did not show statistically significant correlation with stocking rates, but showed economization (attempt to increase economy) in this area of pike management.

Identifying the impact of climate change and stocking management on the effectiveness of fisheries management is not an easy task, because unlike in the case of laboratory studies, where the effects of research are visible in a relatively short period of time, in contrast to the issues discussed in the dissertation, one has to wait rather long for results. For this reason, it was necessary to make use of the many years of observations of authorised fisheries managers, whose professional work in such various waters sometimes lasted more than 30 years, and it is worth mentioning how valuable this information has been. The studies conducted as part of the dissertation, in the light of the large number, complexity and comprehensive impact of factors influencing fisheries management, did not make it possible to identify all of them, let alone quantify their influence on the effectiveness of fisheries management. In view of these limitations, a simplified diagram was created to present those of the four most important system elements known to science (i.e. natural, social, economic and law) whose impact could at least be identified and described as certainties or very likely. The results of this studies can serve as a reference for future standards of rational fishery management in waters belonging to the State Treasury and the introduction of appropriate legal regulations, which will more adequately prepare fishing entities for future, unfortunately unavoidable upcoming climate changes.

Wstęp

Katalog czynników, które w sposób bezpośredni lub pośredni wpływają na prowadzenie gospodarki rybackiej w wodach płynących, czyli jeziorach, rzekach i zbiornikach zaporowych, jest bardzo obszerny, żeby wymienić tylko czynniki o charakterze przyrodniczym, społecznym czy ekonomicznym. Część z nich została dobrze poznana i udokumentowana przez naukę, w tym także w pracach badaczy z Zakładu Bioekonomiki Rybactwa Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza. W różnych składach autorskich, na zasadzie międzypokoleniowej naukowej sztafety, zbadano m.in. wpływ procesu eutrofizacji (Leopold i in. 1986) i presji rekreacyjnej (Bnińska 1984) na strukturę gatunkową odłowów rybackich, ekonomiczne znaczenie wędkarstwa w gospodarstwach rybackich (Leopold i Wołos 1997, Wołos i Leopold 1997, Wołos 2000), w badaniach nad wędkarstwem wpływ stosowania zanęt na efekty wędkowania i bilans biogenów zbiorników wodnych (Wołos i in. 1992) czy wpływ kłusownictwa na prowadzenie gospodarki rybackiej (Mickiewicz i in. 2020a, Mickiewicz i in. 2020b). Warto też wspomnieć, że publikacje Zakładu przybliżają polskiej branży rybackiej i wędkarskiej najnowsze światowe trendy i rozwiązania w prowadzeniu gospodarki rybackiej czy rybacko-wędkarskiej, takie jak hipoteza BOFFFF (Big Old Fat Fecund Female Fish), dotycząca wpływu dużych, starszych i płodnych samic, które przynoszą potencjalnie większe korzyści populacyjne w porównaniu do mniejszych samic (Trella 2017b), założeń, znaczenia i wpływu na gospodarkę rybacką teorii odłowów zrównoważonych (Balanced Harvesting) (Trella 2018a) czy idei wypuszczania złowionych ryb przez wędkarzy, tzw. catch and release (C&R) (Trella i Wołos 2014, Trella 2018a,b). Część istotnych czynników, m.in. ze względu na ich dynamiczną naturę wymaga jednak dalszego wkładu poznawczego, co jest jednym z założeń przeprowadzonych badań w ramach niniejszej dysertacji doktorskiej.

Jednym z takich czynników są zmiany klimatyczne, które wywierają coraz większy wpływ na globalną, państwową i regionalną gospodarkę, gdyż pośrednio i bezpośrednio oddziałują na tak ważne segmenty, jak produktywność i efektywność rolnictwa czy energetyki, ale również na ochronę środowiska czy bezpieczeństwo ludności (Kundzewicz 2017a,b, Kundzewicz i in. 2018a,b). W najnowszym raporcie Międzyrządowego Zespołu ds. Klimatu (IPCC) podkreślono, że klimat zmienia się w każdym regionie Ziemi, a związane z tym konsekwencje są coraz dotkliwsze (IPCC 2021). Raport IPCC jest efektem prac międzynarodowego zespołu naukowców, który stanowi podsumowanie ponad 14000 badań prowadzonych na całym świecie, dzięki czemu stanowi najbardziej aktualne i szczegółowe źródło wiedzy na temat zmian klimatu oraz prognoz na przyszłość. Naukowcy ciągle debatuje, w jakim stopniu zmiany klimatu są spowodowane czynnikami naturalnymi, a na ile jest to вина działalności człowieka, jednak w większości przeważa pogląd, że to czynniki antropologiczne (przede wszystkim: emisja gazów cieplarnianych, wycinka lasów, poziom urbanizacji i industrializacja oraz rolnictwo) są źródłem zachodzących zmian (Błażejczyk 2022). Tak często nagłaśniane w mediach anomalie pogodowe (huragany, susze, powodzie) nie są jednak wystarczającym dowodem zachodzących zmian klimatycznych, gdyż są to naturalne zjawiska, charakterystyczne dla poszczególnych stref klimatycznych, a zarazem naturalną cechą klimatu (Kossowska-Cezak

i Twardosz 2017a,b, 2019, Kozłowski 2019). W kontekście meteorologii termin ten zostaje zawężony do określania odchyłeń w zjawiskach pogodowych (prędkości wiatru, ilości opadów czy temperatury) od ogólnie przyjętej normy (Kaszewski i Flis 2014). Za anomalie pogodowe możemy więc uznać wszelkie odchylenia od normy w krótkim czasie, jednak w przypadku utrzymywania się ich przez dłuższy okres (rzędu wielu lat) możemy zakładać, że są już one wynikiem zmian klimatycznych (Kundzewicz 2013, Kozłowski 2019). Negatywne konsekwencje wzrostu częstotliwości ekstremalnych zjawisk klimatycznych, takich jak powodzie czy susze, mogą potencjalnie mocno oddziaływać na polską gospodarkę (Kundzewicz i in. 2017b, 2018b, Piniewski i in. 2017, Parasiewicz i in. 2019), mając nie tylko charakter ekonomiczny, ale również wpływając na całe społeczeństwo.

Wpływ zmian klimatu na ekosystemy wodne i zasoby ryb stanowi przedmiot coraz liczniejszych badań naukowych prowadzonych w różnych częściach świata (Islam i in. 2014, Linderholm i in. 2014, Williams i in. 2015, Himes-Cornell i Kasperski 2015, Kao i in. 2015, Wołos i in. 2017, Wolnicki i Sikorska 2017, IPCC 2021). Łagodzenie zmian klimatu i adaptacja do jego zmian to kluczowe wyzwania, jakim musi stawić czoła w XXI w. cała branża rybacka. U podstaw tych wyzwań leży kwestia energii – a ściślej rzecz biorąc – kwestia naszego całkowitego poziomu zużycia energii i zależności od paliw kopalnych (Gielen i in. 2019). Przejście od paliw kopalnych do rozwiązań niskoemisyjnych będzie odgrywać zasadniczą rolę, ponieważ emisja dwutlenku węgla stanowi dwie trzecie wszystkich gazów cieplarnianych (IPCC 2014). Zużycie paliwa podczas połowów jest kluczowym czynnikiem powodującym ślad węglowy produktów pochodzących z połowów komercyjnych i rekreacyjnych (Ziegler i in. 2016, Avadí i Fréon 2013). Gospodarkę rybacką na śródlądziu, w odróżnieniu od rybołówstwa morskiego, można nazwać niskoemisyjną (Hornborg i Främborg 2020), której wpływ na zmiany klimatyczne jest praktycznie znikomy, jednak globalne zmiany na pewno wpłyną i już wpływają na warunki jej prowadzenia. Następujące w ostatnich latach na całym świecie zmiany klimatyczne wymusiły na naukowcach zajmujących się szeroko pojętym gospodarowaniem wodami (Arlinghaus i in. 2015b, Cooke i in. 2015, Cooke i Murchie 2015, Hunt i in. 2016), aby do badań dotyczących zarządzaniem rybactwem, w tym gospodarką zarybieniową, dodać nowy aspekt badawczy, a konkretnie wpływ zmian klimatu na prowadzoną gospodarkę rybacką (Trella i in. 2019a).

Modele klimatyczne wskazują, że dalsze ocieplanie się klimatu (rys. 1) może wywoływać zmiany w częstotliwości opadów oraz zmniejszenie pokrywy śniegowej, co powoduje mniejsze ilości wody w czasie roztopów oraz wzrost ewapotranspiracji (Neumann 2010, Wake 2012). W konsekwencji potencjalne tarliska niektórych gatunków ryb mogą powstawać szybciej w przypadku wzmożonych opadów albo wręcz odwrotnie – brak zasilania tych terenów wodami z roztopów może spowodować wysuszenie obecnych tarlisk lub nawet niepowstawanie tarlisk okresowych (Larsson i in. 2015). Zwiększona temperatura wody może znacznie zwiększyć spływ substancji biogennych oraz zawiesin (mineralnych i organicznych), co w konsekwencji doprowadzi do drastycznych zmian struktury dna i osadów dennych (Siuda i in. 2021), co zaobserwowano już w wielu miejscach na Ziemi (Deng i in. 2014). To w konsekwencji doprowadzi do zaniku miejsc tarliskowych wielu ryb przez zamulenie wód i niedostatek zawartości tlenu w wodzie w okresach tarła, uniemożliwiając prawidłowy roz-

wój larwalny ryb (Domańska i in. 2009, Mikołajczyk i Nawrocki 2019, Siuda i in. 2021). Niestety przyczyni się to do eliminacji niektórych gatunków ichtiofauny o zwiększonym zapotrzebowaniu na tlen (ryb łososiowatych, gąbrielowatych, miętusa *Lota lota* (L.), brzany *Barbus barbus* (L.), certy *Vimba vimba* (L.), świnki *Chondrostoma nasus* (L.), jelca *Leuciscus leuciscus* (L.) oraz w dalszej perspektywie także klenia *Squalius cephalus* (L.) i jazia *Leuciscus idus* (L.)), ekspansji innych gatunków obcych ryb (m.in. sumika karłowatego *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), trawianki *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 czy czebaczka amurskiego *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1846) czy jeszcze bardziej nasili inwazję kormorana czarnego (*Phalacrocorax carbo* (L.)) (Antychowicz i Kujawa 2017, Siuda i in. 2021). Według badań Ricciardiego i Rasmussena (1999) oraz Sala i in. (2000) zmiany środowiskowe powodowane globalnym ociepleniem wpływają na zmniejszanie się bioróżnorodności w ekosystemach wodnych, a tempo tego niekorzystnego zjawiska będzie zachodzić znacznie szybciej niż w ekosystemach lądowych (Siuda i in. 2021). Zmiany środowiskowe związane z utrzymującymi się zmianami klimatycznymi mogą zatem mieć zarówno pozytywne, jak i negatywne skutki dla populacji różnych gatunków ryb i prowadzenia gospodarki rybackiej, dlatego też w niniejszej rozprawie, na podstawie odpowiedzi uzyskanych od reprezentatywnej próby użytkowników rybackich, zbadano, jakie według nich są najbardziej negatywne skutki zmian klimatu na jej prowadzenie, a jakie (jeżeli są) pozytywne.

Moja praca wpisuje się w obecny trend, lecz nie bazuje na skomplikowanych modelach klimatycznych, ale na informacjach uzyskanych od rybackich użytkowników wód, którzy z racji specyfiki swego zawodu są z jednej strony najbliższej środowiska wodnego i jego zmian (a zatem pełnoprawnymi ich obserwatorami), a z drugiej żywotnie zainteresowani powstrzymaniem (jeśli takie występują) negatywnych skutków zmian klimatu na ichtiofaunę i prowadzenie gospodarki rybackiej.

Zakład Bioekonomiki Rybactwa od lat prowadzi badania dotyczące rybactwa na wodach Skarbu Państwa (Leopold i Wołos 1996, Leopold i in. 1998, Wołos 1999a,b,c, 2003, 2009, Wołos i in. 2021). Zakład prowadzi badania statystyczne z zakresu rybactwa w publicznych śródlądowych wodach powierzchniowych płynących w ramach Programu Badań Statystycznych Statystyki Publicznej, realizowanego na podstawie art. 35a ustawy z dnia 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej (Dz.U. 2022 poz. 459). Podstawą ich realizacji jest coroczna analiza informacji uzyskanych od reprezentatywnej próby podmiotów uprawnionych do rybackiego użytkowania wód obwodów rybackich pod kątem wielkości odłowów ryb towarowych i wędkarskich, wielkości, struktury i wartości zarybień oraz uwarunkowań prowadzenia gospodarki rybackiej w aspekcie utrzymania jego zrównoważonego rozwoju (Czerwiński 2014, 2016). Poza tym Zakład już od końca lat 70. XX w. (Leopold i Bnińska 1980) prowadzi różnego rodzaju badania ankietowe zarówno na śródlądziu, jak i na Zalewie Wiślanym (Trella 2014, 2015, 2016, 2018c), stąd dysponuje pokaźną bazą danych opartą na informacjach dostarczanych bezpośrednio od rybackich użytkowników wód i wędkarzy. Nowocześnie prowadzone gospodarstwo rybackie czy też inne podmioty realizujące w Polsce gospodarkę rybacką na wodach Skarbu Państwa dążą (a przynajmniej powinny) do oszacowania presji, jaką wywierają na dane akweny wędkarze i rybacy, gdyż jest to podstawa prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej, której obowiązek nakłada na upraw-

nionego do rybactwa nie tylko ustawa o rybactwie śródlądowym, ale także zapisy poprawnie napisanego operatu rybackiego (Wołos i Trella 2017). Zbadanie wpływu, jaki wywierają na ichtiofaunę wszyscy rybacy i wędkarscy użytkownicy wód, pozwala dokładniej oszacować wielkość eksploatacji rybackiej ichtiofauny, a to z kolei ma wpływ na działania podejmowane przez uprawnionych do rybactwa (Trella 2017b). Do tych działań zalicza się m.in. planowanie intensywności eksploatacji i zarybiania, mierzenie efektywności zarybień, a ostatnio również adaptacje do zachodzących zmian klimatycznych.

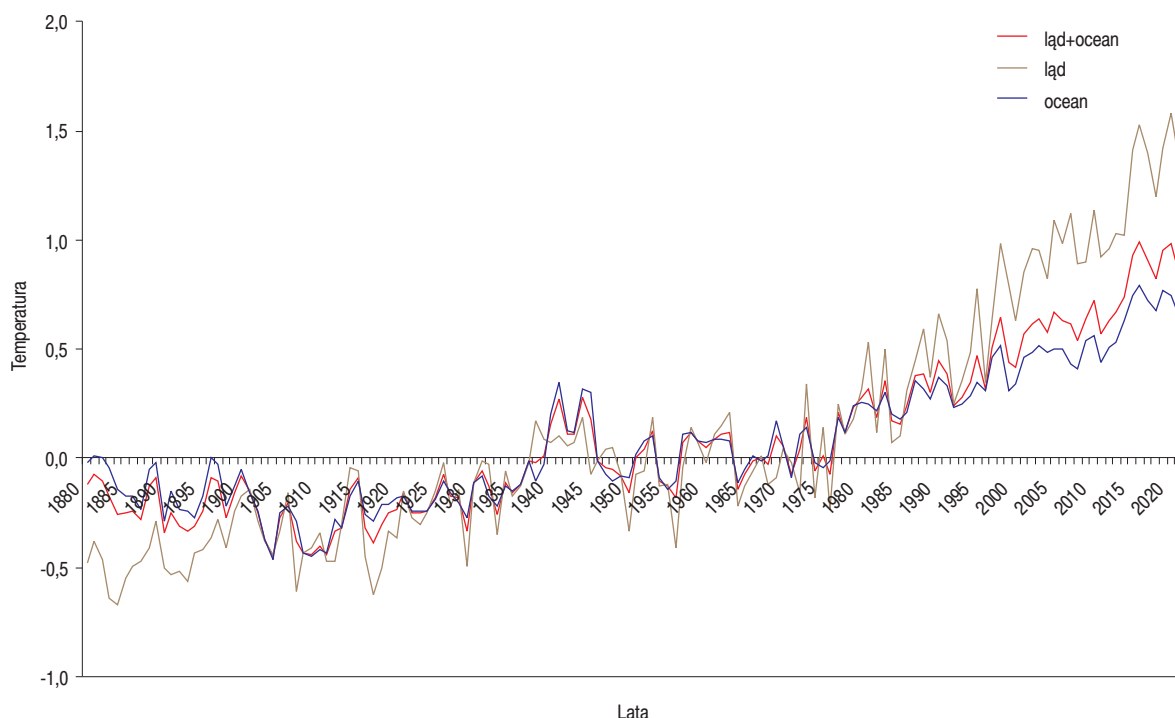
Użytkownicy rybacy w oparciu o operat rybacki prowadzą gospodarkę na jeziorach, rzekach i zbiornikach zaporowych. Jeziora występują na wszystkich kontynentach zamieszkałych przez ludzi, ich ogólną liczbę szacuje się na 15 mln, a powierzchnię łącznie na ok. 1,5% powierzchni Ziemi (bez Antarktyki) (Shiklomanov i Rodda 2003). W Polsce, największym kraju regionu Europy Środkowo-Wschodniej, łączna powierzchnia jezior wynosi 2813,77 km², czyli ok. 0,9% powierzchni kraju (Mitchell i in. 2010), a całkowity areał jezior użytkowanych rybacko i wędkarsko wynosi około 2700 km² (Wołos i in. 2015a). Łączna powierzchnia zbiorników zaporowych w Polsce dekadę temu wynosiła około 60 tys. ha, ich liczba 140, a łączna pojemność 3522 mln m³ (Małeck i Pokładek 2010). W większości są to akweny o niedużej powierzchni, a tylko 15 zbiorników przekracza areał 1000 ha (Czerwiński 2014). Obecnie w Polsce znajduje się 69 zbiorników o pojemności powyżej 5 mln m³ oraz 31 zbiorników o pojemności od 1 do 5 mln m³, które łącznie mogą zgromadzić blisko 4 mld m³ wody, jednak stanowi to zaledwie 6% średniego rocznego spływu rzek polskich (Pieron i in. 2021). W Polsce praktycznie na wszystkich jeziorach i rzekach prowadzona jest gospodarka typu wędkarskiego, natomiast typu rybackiego na większości jezior, a w przypadku zbiorników zaporowych głównie gospodarka wędkarska, a tylko w nielicznych prowadzi się połowy komercyjne (Czerwiński 2014, Trella i in. 2019a). Mimo pewnych podobieństw te sztuczne akweny mają inną specyfikę niż naturalne jeziora, gdyż pełnią priorytetowe funkcje, takie jak retencja wody, przeciwdziałanie powodziom, gromadzenie wody pitnej, przemysłowej oraz na potrzeby rolnictwa, energetyki, rekreacji (Jaguś 2018) i dlatego wymagają bardziej kompleksowego podejścia w kwestii zarządzania (Launois i in. 2011, Blabolil i in. 2016, Jankowski 2017).

Do wdrożenia właściwych strategii zarządzania i zrównoważonej eksploatacji zasobów rybnych niezbędna jest podstawowa wiedza na temat zarządzanych wód, w tym m.in. ich naturalnej produktywności (Brämick 2002). Oprócz aspektów biologicznych ważne są też czynniki społeczno-ekonomiczne oraz ekologiczne, które często są kluczowe w podejmowaniu decyzji dotyczących zarządzania wodami (FAO 1997, Hickley i Tompkins 1998). Niewłaściwe zarządzanie tak delikatnymi zasobami, jakimi są wody śródlądowe, może spowodować degradację środowiska w ich zlewniach, spowodować zwiększenie erozji gleby i zamulenie akwenów, zwiększenie obciążenia substancjami biogennymi, a w rezultacie także obniżenie jakości wody (Hecky i in. 2003). Chociaż w niektórych państwach w zarządzaniu wodami śródlądowymi przeważa obecnie paradygmat biocentryzmu, to w przeważającej mierze nadal dominuje podejście antropocentryczne, co m.in. dotyczy krajów Europy Środkowo-Wschodniej (Arlinghaus i in. 2021), w tym Polski, gdzie pogłowie ryb bytujących w wodach śródlądowych jest poddane eksploatacji rybackiej i wędkarskiej (Trella

i Wołos 2021c). Nawet jednak przy antropocentrycznym spojrzeniu na pogłowie ryb odpowiednie zarządzanie zasobami ichtiofauny, czyli wyważona eksploatacja, zarówno w sposób komercyjny, jak i wędkarski oraz racjonalna gospodarka zarybieniowa, wraz z odbudową środowiska naturalnego, są głównymi zadaniami zrównoważonej gospodarki rybackiej prowadzonej w wodach śródlądowych (Vehanen i in. 2002).

Gospodarka rybacka jako dziedzina rybactwa jest dość złożoną formą działalności zbudowaną z wielu elementów, takich jak: rybołówstwo komercyjne i rekreacyjne (wędkarstwo) oraz właściwie prowadzona gospodarka zarybieniowa. Gospodarka zarybieniowa musi spełniać trzy podstawowe warunki: musi być ekologicznie dopuszczalna (bezpieczna), a jednocześnie pożądana społecznie i ekonomicznie wykonalna (Leopold i Bnińska 1992, Turkowski 2006, Mickiewicz i Wołos 2011). Efektywna gospodarka zarybieniowa jest kluczowym elementem gospodarki rybackiej, gdyż jednym z jej najważniejszych celów jest utrzymanie lub zwiększenie liczebności populacji cennych gospodarczo gatunków ryb do poziomu, który sprawia, że prowadzenie takiej gospodarki jest opłacalne ekonomicznie (Mickiewicz i Wołos 2011, Zakęś i Demska-Zakęś 2011). Zarybienia są też ważne z ekologicznego punktu widzenia, szczególnie w zakresie zachowania bioróżnorodności (Diana 2009). W Polsce głównie pozyskuje się tarlaki ryb drapieżnych (szczupaka *Esox lucius* L., sandacza *Sander lucioperca* (L.), suma europejskiego *Silurus glanis* L. i głąbieli (siei *Coregonus lavaretus* (L.) i sielawy *Coregonus albula* (L.)) (Zakęś i in. 2014, 2018b). Gatunkami, na które jako pierwsze zwrócono uwagę, jako najbardziej cenne, gdzie konieczny jest rozwój wylęgarnictwa, aby je chronić, były łososiowate, dopiero w drugiej połowie XX wieku ważną rolę przypisano szczupakowi oraz sielawie (Zakęś i Demska-Zakęś 2011). W latach 90. ubiegłego wieku ikra szczupaka stanowiła 93,6% całkowitej ilości ikry inkubowanej w polskich wylęgarniach (Zakęś i Falkowski 1999). W wylęgarniach regionu Mazur, ale również w skali całego kraju, głównie inkubuje się ikrę szczupaka. Można przyjąć, że ikra tego gatunku stanowi ok. 50% objętości jaj wszystkich gatunków ryb inkubowanych w tzw. wylęgarniach typu nizinnego (Zakęś i in. 2018a,b).

Szczupak ma istotne znaczenie dla śródlądowego rybactwa komercyjnego i rekreacyjnego w Polsce, gdyż jest to gatunek poławiany nie tylko przez rybaków, ale przede wszystkim przez wędkarzy, i to głównie w jeziorach (Trella i Wołos 2015, Wołos i in. 2015c, Mickiewicz 2016), należy też od lat do gatunków najbardziej preferowanych przez wędkarzy jeziorowych (Wołos 1991, Bnińska i Wołos 2001, Trella i Wołos 2022). Od początkowych lat 90. XX wieku, tj. po okresie transformacji własnościowej w rybactwie (Mickiewicz 2012), rola szczupaka w jeziorowej gospodarce rybackiej wzrosła (Mickiewicz i Trella 2019). Wpływ na to miały m.in. takie czynniki, jak zwiększenie ekonomicznego znaczenia wędkarstwa czy wzrost cen i mniejsza podaż materiału zarybieniowego węgorza *Anguilla anguilla* (L.), który w latach 70. i 80. był gatunkiem podstawowym pod względem ekonomicznym dla rybactwa jeziorowego (Wołos 2000, Mickiewicz 2012). Wzrost znaczenia szczupaka spowodował rozpoczęcie badań na temat metod gospodarowania jego populacjami (Zakęś i in. 2015, Czarowski i Kapusta 2016) oraz efektywnością zarybień tym gatunkiem (Szczepkowski i in. 2012, Mickiewicz 2013, Kapusta 2015), chociaż w tym ostatnim aspekcie opublikowano dotychczas niewiele prac naukowych. Jest to szczególnie istotne, gdyż szczupak już od kil-



Rys. 1. Przebieg anomalii średniej rocznej temperatury względem średniej z lat 1901–2000 uśrednionej w skali całej kuli ziemskiej (ląd+ocean) na lądach i oceanach (na podstawie danych z NOAA National Centers for Environmental Information).

kunastu lat dominuje wśród gatunków, którymi zarybiane są wody śródlądowe w Polsce, zarówno jeziora, jak też rzeki i zbiorniki zaporowe (Mickiewicz i Wołos 2012). Poza jego oczywistą rolą gospodarczą dużo ważniejsza jest jego wartość środowiskowa, która nie ogranicza się tylko do drapieżnictwa, a jest bardziej złożona. Szczupak stanowi jeden z najważniejszych elementów ekosystemów wodnych (Lampert i Sommer 2001, Craig 2008, Forsman i in. 2015, Czarkowski i Kapusta 2016). Wyróżnić można trzy główne aspekty, które powodują, że szczupak jest gatunkiem kluczowym. Po pierwsze, rola regulująca (sanitarna) w stosunku do populacji ryb, mianowicie usuwanie przez niego osobników nadmiernie rozrzedzających się czy słabych (chorych), w tym młodszych i mniejszych szczupaków poprzez kanibalizm, co odgrywa główną rolę w dynamice populacji zarówno innych ryb, jak i bezkręgowców (Craig 2008). Po drugie, rola ekologiczna, czyli eliminacja osobników planktonożernych (w tym drobnych ryb karpiovatych), która sprawia, że w zbiorniku zwiększa się ilość zooplanktonu, który z kolei ogranicza wzrost biomasy organizmów fitoplanktonowych, co w efekcie może prowadzić do poprawy jakości wody (Mehner i in. 2004). Po trzecie, rola stymulująca, czyli wpływ szczupaka na intensywność żerowania czy miejsce bytowania innych gatunków. W przypadku siei, obecność szczupaka w akwenie powoduje, że jej populacja musi odpowiadać na zagrożenie różnymi strategiami: unikaniem szczupaka poprzez żerowanie w strefie pelagicznej kosztem ograniczonego wzrostu lub żerowaniem w litoralu, opóźniając dojrzewanie, aby osiągnąć rozmiar, który jest mniej narażony na drapieżnictwo (Öhlund 2012). Drapieżnictwo szczupaków wpływa nie tylko na liczebność i biomasę ofiar, ale także na cechy morfologiczne (adaptację środowiskową, w szczególności kształt ciała) i zachowanie, można więc stwierdzić, że oprócz wielu innych czynników wpływa na ewolucję gatunków ryb stanowiących ofiary (Craig 2008). Z drugiej strony spadek liczebności szczu-

paka w ekosystemach, gdzie odgrywa on znaczącą rolę jako drapieżnik, jego zniknięcie ze szczytu łańcucha pokarmowego może nie tylko doprowadzić do zmian w strukturze piramidy troficznej, ale do głębokich przemian w samym ekosystemie (Trella i Wołos 2021a). Do takiego zjawiska doszło w przybrzeżnej strefie Bałtyku, gdzie odłowy rybackie i wędkarskie (które były głównie skierowane na większe osobniki drapieżne, takie jak okoń (*Perca fluviatilis* L.), sandacz czy szczupak, oraz presja kormorana spowodowały, że liczebność drapieżników się zmniejszyła (Mustamäki i in. 2014, Salmi i in. 2015). To z kolei spowodowało, że populacja ciernika (*Gasterosteus aculeatus* L.), limitowana wcześniej przez drapieżniki, wzrosła prawie 50-krotnie w obszarach przybrzeżnych (Donadi i in. 2017, Nilsson i in. 2019, Eklöf i in. 2020). Tak duża populacja ciernika, oprócz innych czynników natury środowiskowej i antropogennej, doprowadziła do zmian w piramidzie troficznej, której skutkiem są częstsze zakwity glonów, degradacja roślinności dennej oraz nasilona eutrofizacja (Eriksson i in. 2009, 2011, Eklöf i in. 2020). Największym zagrożeniem dla populacji szczupaka, poza jego przełowieniem, jest utrata naturalnych tarlisk (Larsson i in. 2015). Zjawisko zanikania miejsc rozrodu jest związane nie tylko z działalnością człowieka, ale także zmianami klimatycznymi. Biorąc pod uwagę wymienione wyżej czynniki decydujące o kluczowym dla środowiska, równowagi ichtiofauny, rybactwa i wędkarstwa znaczeniu szczupaka, w omawianej rozprawie właśnie ten gatunek wybrano jako modelowy, służący określeniu wpływu gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej.

Cel pracy

Zasadniczy cel pracy

Zasadniczym celem prac badawczych składających się na przedmiotową rozprawę doktorską było określenie wpływu zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej.

Szczegółowe cele pracy

Cele szczegółowe objęły:

- Przedstawienie i omówienie wyników badań ankietowych skierowanych do menedżerów i właścicieli rybackich podmiotów realizujących gospodarkę rybacką na wodach Skarbu Państwa w celu określenia uwarunkowań prowadzenia gospodarki rybackiej, związanych z zachodzącymi zmianami klimatycznymi:
 - w jeziorach,
 - w zbiornikach zaporowych.
- Przedstawienie i omówienie wyników badań ankietowych skierowanych do menedżerów i właścicieli podmiotów zajmujących się rybactwem jeziorowym w celu określenia uwarunkowań prowadzenia gospodarki rybackiej, związanych z problematyką odłowu tarlaków.
- Szczegółową analizę wielkości i wartości połowów rybackich (komercyjnych) szczupaka oraz zarybień tym gatunkiem w wodach obwodów rybackich stanowiących własność Skarbu Państwa w perspektywie długoterminowej.
- Oszacowanie ekonomicznej efektywności zarybień szczupakiem na podstawie wartości ryb odłowionych za pomocą narzędzi rybackich oraz wartości materiału zarybieniowego wprowadzonego do zbadanych jezior.
 - Efektywność zarybień szczupakiem przedstawiono na tle ogólnej analizy warunków środowiskowych badanych jezior w kontekście ich naturalnego potencjału dla bytowania i rozwoju populacji tego gatunku.
 - Oparcie opracowania na kryterium wartości zarybień i odłowów pozwoliło ominąć problem zróżnicowanej przeżywalności wykorzystywanych form materiału zarybieniowego (wylęgu żerującego, narybku letniego i jesiennego) oraz odpowiedzieć na zasadnicze pytanie, czy środki finansowe przeznaczone na zarybienia szczupakiem generują przychód.
- Przedstawienie i omówienie wyników oceny efektywności zarybień szczupakiem w wybranych zbiornikach zaporowych w południowej Polsce.
 - Określenie uwarunkowań prowadzenia gospodarki wędkarskiej w tego typu zbiornikach, ze szczególnym uwzględnieniem społecznej roli tych zarybień w wodach Polskiego Związku Wędkarskiego.

Materiał i metody

1) Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód

Analizy dotyczące wpływ zmian klimatycznych obserwowanych przez rybackich użytkowników wód przeprowadzono w oparciu o zebrane szczegółowe ankiety, które wysłano do tych użytkowników, którzy prowadzą gospodarkę rybacką i wędkarską na jeziorach, oraz użytkowników, którzy prowadzą taką gospodarkę w zbiornikach zaporowych. W przypadku użytkowników jeziorowych ogółem zebrano i poddano analizie kwestionariusze uzyskane od 101 podmiotów (w tym 18 okręgów Polskiego Związku Wędkarskiego (PZW)), które dotyczyły w sumie jezior o łącznej powierzchni 223876 ha (tab. 1), co stanowi blisko 83% całkowitego areálu jezior użytkowanych rybacko w Polsce, szacowanej na 270 tys. ha (Wołos i in. 2015a). Natomiast od użytkowników rybackich, którzy prowadzą gospodarkę wędkarską i rybacko-wędkarską w zbiornikach zaporowych, ogółem zebrano i poddano analizie kwestionariusze uzyskane od 18 podmiotów (w tym 16 okręgów PZW), które dotyczyły w sumie 30 zbiorników o łącznej powierzchni 29666 ha (tab. 2), co stanowi 49% całkowitego areálu tej grupy akwenów w Polsce.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka badanych gospodarstw prowadzących gospodarkę rybacką na jeziorach

Rodzaj podmiotu	Liczba podmiotów (n)	Powierzchnia jezior (ha)	Średnia powierzchnia jezior w jednym podmiocie (ha)	% powierzchni
Gospodarstwa rybackie	67	151333	2259	67,6
Okręgi PZW	18	48844	2714	21,8
Firmy prywatne i instytucje	13	10893	838	4,9
Parki narodowe	3	12805	4268	5,7
Suma	101	223876	2217	100

Na podstawie odpowiedzi uzyskanych w ankietach zdefiniowano i poddano analizie następujące kwestie dotyczące uwarunkowań prowadzenia gospodarki rybackiej pod wpływem zmian klimatycznych:

➤ w jeziorach:

- wpływu zmian klimatu na ichtiofaunę,
- wpływu na wybrane parametry hydrologiczne i biologiczne jezior,
- wpływu na możliwości stosowania i efektywności rybackich narzędzi połowowych,
- wpływu na długość sezonu wędkarskiego,
- wpływu na wielkości połowu wędkarskiego i rybackiego poszczególnych gatunków ryb,
- pozytywnych zjawisk związanych ze zmianami klimatycznymi.

➤ w zbiornikach zaporowych:

- wpływu zbiornika zaporowego na migracje ryb,

Tabela 2. Ogólne dane o badanych zbiornikach zaporowych (PZW – Polski Związek Wędkarski)

Zbiornik zaporowy	Uprawniony do rybactwa	Powierzchnia [ha]
Włocławek	PZW Mazowiecki	7911
Zegrze	PZW Mazowiecki	3852
Siemianówka	PZW Białystok	3253
Porąbka	PZW Bielsko Biała	386
Tresna	PZW Bielsko Biała	1020
Nowomiejski	PZW Ciechanów	28
Ruda	PZW Ciechanów	24
Bielkowo	PZW Gdańsk	54
Zalew Bledzewski	PZW Gorzów	80
Dzieńkowice	PZW Katowice	712
Kozłowa Góra	PZW Katowice	527
Przeczyce	PZW Katowice	431
Rybnik	PZW Katowice	398
Przykona	PZW Konin	120
Słupca	PZW Konin	266
Słup	PZW Legnica	292
Turawa	PZW Opole	1782
Cieszanowice	PZW Piotrków Trybunalski	217
Drzewica	PZW Piotrków Trybunalski	100
Miedzna	PZW Piotrków Trybunalski	180
Sulejów	PZW Piotrków Trybunalski	1960
Joachimów-Ziemiany	PZW Skierniewice	36
Lisowo	PZW Szczecin	175
Rejowice	PZW Szczecin	75
Sicina	PZW Szczecin	31
Topola/Kozielnio	PZW Wałbrzych	545
Mietków	PZW Wrocław	807
Nielisz	PZW Zamość	834
Dobczyce	Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie (Wody Polskie)	970
Goczałkowice	Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów S.A. w Katowicach	2600
Powierzchnia całkowita [ha]		29666
Średnia powierzchnia [ha]		989

- wpływu zmian klimatu na przeżywalność wylęgu, narybku oraz ryb dorosłych,
- wpływu zmian klimatu na efekty tarła wybranych gatunków ryb,
- wpływu zmian klimatu na wybrane parametry hydrologiczne i biologiczne zbiornika,
- możliwości stosowania i efektywności rybackich narzędzi połowowych,
- wpływu zmian klimatu na długość sezonu wędkarskiego,
- wielkości połowu wędkarskiego i rybackiego poszczególnych gatunków ryb,
- pozytywnych zjawisk związanych ze zmianami klimatycznymi.

W pytaniach, w których można było określić skalę wpływu (tzw. skala Linkerta), wyrażona ona była w przedziale od 0 do 5, gdzie 0 to brak wpływu, 1 – bardzo mały wpływ,

2 – mały wpływ, 3 – średni wpływ, 4 – wysoki wpływ, 5 – bardzo wysoki wpływ. W pytaniach rangowych dokonano analizy przyznanych punktów w zależności od odpowiedzi uzyskanych w ankietach, tworząc rozkład procentowy przyznanych punktów wg wybranego stopnia wpływu. Poza pytaniami, w których do analizy odpowiedzi użyto skali Linkerta, były również pytania ze skalą skróconą, gdzie ankietowany mógł wybrać odpowiedź „tak” lub „nie”; pytania te zostały użyte, aby określić podstawowe informacje na temat zbiornika zaporowego i prowadzonej w nim gospodarki wędkarskiej lub rybacko-wędkarskiej.

2) Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowy tarlaków

Analizy dotyczące problematyki odłowy tarlaków przeprowadzono w oparciu o zebrane szczegółowe ankiety, które wysłano do użytkowników rybackich, którzy prowadzą gospodarkę rybacką i wędkarską w jeziorach. Ogółem zebrano i poddano analizie kwestionariusze uzyskane od 76 podmiotów (w tym 12 okręgów PZW), które dotyczyły w sumie 1921 jezior o łącznej powierzchni 174078 ha, co stanowi ponad 64% całkowitego areалу jezior użytkowanych rybacko w Polsce (tab. 3), szacowanej na 270 tys. ha (Wołos i in. 2015a).

Tabela 3. Podstawowe charakterystyki badanych podmiotów

Rodzaj podmiotu	Liczba podmiotów (n)	Powierzchnia jezior (ha)	Średnia powierzchnia jezior w jednym podmiocie (ha)	% powierzchni
Gospodarstwa rybackie	49	111985	2285	64,3
Okręgi PZW	12	53980	4498	31,0
Firmy prywatne i instytucje	12	4449	371	2,6
Parki narodowe	3	3664	1221	2,1
Suma	76	174078	2290	100

Użytkownicy, do których wysłano ankiety dotyczące problematyki tarlaków, to ci, którzy prowadzą od lat gospodarkę rybacką na jeziorach, to w większości gospodarstwa rybackie, które prowadzą działalność na 64,3% powierzchni badanych wód, następnie okręgi PZW (31,0%), natomiast firmy prywatne i instytucje oraz parki narodowe gospodarowały łącznie na niecałych 5% powierzchni (tab. 3).

Na podstawie odpowiedzi uzyskanych w ankietach zdefiniowano i poddano analizie następujące kwestie dotyczące uwarunkowań odłowy tarlaków w podmiotach rybackich i wędkarskich uprawnionych do rybackiego i wędkarskiego użytkowania jezior:

- wykształcenie i doświadczenie, zarówno uprawnionych, jak i pracowników badanych podmiotów,
- stanowiska w sprawie odłowów tarlaków i ich wpływu na środowisko,
- ocenę potencjalnych regulacji odłowy tarlaków,
- pozytywnych i negatywnych skutków wprowadzenia zakazu odłowy tarlaków,
- sposobów rekompensowania sobie potencjalnych strat związanych z wprowadzeniem takiego zakazu.

W przypadku oceny negatywnych i pozytywnych skutków wprowadzenia zakazu odłowów tarlaków oraz potencjalnych rekompensat dla podmiotów możliwe było zaznaczenie kilku zaproponowanych odpowiedzi.

Na podstawie uzyskanych danych z ankiet przeanalizowano charakter badanych wód, na których prowadzona jest gospodarka rybacka przez podmioty rybackie, dzieląc ją na wody użytkowane rybacko i użytkowane wędkarsko. Ukazano, jaki jest zakres powierzchniowy tego typu wód oraz udział procentowy.

Ponownie w pytaniach, w których można było określić skalę oceny danej regulacji (tzw. skala Linkerta), wyrażona ona była w przedziale rang od 0 do 5, gdzie 0 to ocena bardzo zła, 5 – bardzo dobra.

3) Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem

Informacje na temat wybranych, podstawowych parametrów charakteryzujących analizowane podmioty gospodarcze oraz wielkości i wartości odłowów szczupaka handlowego i jego tarlaków, oraz ilości, rodzaju materiału zarybieniowego i jego wartości, liczby podmiotów zarybiających szczupakiem, wielkości zarybianej nim powierzchni, całkowitej wartości zarybień wszystkimi gatunkami ryb oraz wielkości i wartości złowionych tarlaków wszystkich gatunków ryb zostały zebrane przy pomocy kwestionariuszy statystycznych RRW-23 od podmiotów uprawnionych do rybactwa w wodach obwodów rybackich ustanowionych na publicznych śródlądowych wodach powierzchniowych płynących (jeziora, cieki, zbiorniki zaporowe). Kwestionariusze RRW-23 były przysyłane przez użytkowników wód (uprawnionych do rybactwa) do Instytutu Rybactwa Śródlądowego, a następnie weryfikowane i analizowane przez IRS w ramach badań przewidzianych w Programie Badań Statystycznych Statystyki Publicznej. Badania te rokrocznie są prowadzone przez IRS na potrzeby Głównego Urzędu Statystycznego (GUS), statystyk międzynarodowych (FAO, EUROSTAT, FISHSTAT), a także wykorzystywane – w razie potrzeby – przez urzędy i instytucje sprawujące nadzór nad śródlądową gospodarką rybacką. Analizowano wielkości i wartości rzeczywiste, jak i wskaźniki względne, w odniesieniu do analizowanej powierzchni (kg ha^{-1} , zł ha^{-1}). Dla ukazania trendów zmian w latach 2005-2019 oraz 2011-2019⁽¹⁾ użyto funkcji liniowej.

Liczba badanych podmiotów w latach 2006-2019 była relatywnie stała, wynikało to z tego, że terminowe złożenie sprawozdania było i nadal jest ustawowym obowiązkiem każdego uprawnionego do rybactwa prowadzącego działalność w publicznych śródlądowych wodach powierzchniowych płynących (tab. 4). Pomimo zmiennej liczby, najczęściej małych powierzchniowo podmiotów, składających kwestionariusze RRW-23, wystąpiły stosunkowo nieznaczne różnice w całkowitej powierzchni badanych obwodów rybackich, co wynika z faktu, że niemal wszystkie duże i średnie gospodarstwa rybackie i wszystkie okręgi Polskiego Związku Wędkarskiego systematycznie składały w IRS kwestionariusze statystyczne.

¹ Dopiero od roku 2011 rejestrowane były odłowy tarlaków w kwestionariuszach RRW-23

Tabela 4. Liczba podmiotów i całkowita powierzchnia obwodów rybackich podmiotów, które prowadziły gospodarkę rybacką (odłowy i zarybienia) szczupakiem w latach 2005-2019

Lata	Liczba podmiotów	Całkowita powierzchnia obwodów rybackich (ha)
2005	235	378548,5
2006	329	386934,8
2007	339	387208,1
2008	337	389673,5
2009	360	386197,8
2010	354	386525,3
2011	392	385785,1
2012	381	391333,1
2013	389	390944,1
2014	451	395623,1
2015	404	394839,8
2016	412	395913,8
2017	412	395693,1
2018	390	380119,0
2019	388	394341,0
Parametry statystyczne		
M	372	389312,0
SD	48,5	5336,7
Me	381	389312,0

4) Wielkości i wybrane cechy połowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej

Opracowanie powstało na bazie wieloletnich doświadczeń i badań prowadzonych w Zakładzie Bioekonomiki Rybactwa Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza. W niniejszej pracy wykorzystano:

- dane archiwalne Zakładu Bioekonomiki Rybactwa o wysokości ogólnopolskich odłowów ryb z jezior w latach 1956-1985, czyli w okresie funkcjonowania Państwowych Gospodarstw Rybackich (PGRyb);
- dane o wysokości ogólnopolskich odłowów rybackich w jeziorach w latach 1996-2018, uzyskane na podstawie badań ankietowych jeziorowych gospodarstw rybackich;
- dane dotyczące zatrudnionych rybaków jeziorowych, aby określić zmiany w liczbie rybaków jeziorowych w latach 1996-2018;
- dane dotyczące powierzchni jezior użytkowane przez gospodarstwa rybackie, aby określić zmiany powierzchni jezior przypadające na 1 rybaka w latach 1996-2018;
- powyższe dane dot. zatrudnienia posłużyły do określenia średniej liczby zawodowych rybaków jeziorowych w latach 1996-2018;
- dane dotyczące zatrudnienia i powierzchni posłużyły do określenia średniej powierzchni jeziora przypadającej na jednego rybaka zawodowego w latach 1986-2018;

- dane rybackie z PGRyb „Giżycko” oraz Gospodarstwa Rybackiego „Śniardwy” Sp. z o.o. do ukazania zmian w odłowach rybackich odłowów szczupaka z jeziora Śniardwy w latach 1960-2019;
- dane z obowiązkowych kwestionariuszy statystycznych RRW-23 do określenia stanu gospodarki szczupakiem po okresie transformacji ustrojowej i własnościowej oraz analiz porównawczych dotyczących metod zbierania danych rybackich;
- dane z badań ankietowych wędkarzy dotyczących odłowów szczupaka przeprowadzonych w latach:
 - 1978-1979 – badania przy współpracy z Zarządem Głównym PZW – 1100 ankiet;
 - 1978-1979 – badania na 35 jeziorach o łącznej powierzchni 35,2 tys. ha, tworzących system Wielkich Jezior Mazurskich (WJM) – 126 ankiet;
 - 1986-1990 – badania na 32 jeziorach PGRyb (łączna powierzchnia 27883 ha) i 10 jeziorach PZW (powierzchnia 248 ha) – 591 ankiet;
 - 2014 – badania ankietowe wędkarzy dotyczące połowów wędkarskich w jeziorach użytkowanych przez 8 gospodarstw rybackich na jeziorach o łącznej powierzchni 29,7 tys. ha – 638 ankiet;
 - 2016 – badania ankietowe przy współpracy z Zarządem Głównym PZW, głównie członków PZW w 18 okręgach, a także wędkarzy łowiących ryby w jeziorach użytkowanych przez 3 gospodarstwa rybackie – w Etku, Wągrowcu i Bogucinie – 936 ankiet;
- dane z rejestrów połowów wędkarskich dotyczących odłowów szczupaka z lat:
 - 1986 – 5222 rejestry z Okręgu PZW Słupsk,
 - 1986 – 1980 rejestrów z Okręgu PZW Krosno,
 - 1988 – 744 rejestry z Okręgu PZW Suwałki,
 - 2004 – 13060 rejestrów z 4 okręgów PZW w południowo-zachodniej Polsce (Jelenia Góra, Legnica, Wałbrzych i Wrocław),
 - 2017 – 2518 rejestrów z Okręgu PZW Bielsko-Biała,
 - 2017 – 30683 rejestry z Okręgu PZW Katowice,
 - 2017 – 7809 rejestrów z Okręgu PZW Mazowsze,
 - 2017 – 11435 rejestrów z Okręgu PZW Toruń.

5) Ocena efektywności zarybień szczupakiem

Analiza efektywności zarybień szczupakiem podzielona została na dotyczącą efektywności tych zarybień w jeziorach oraz w zbiornikach zaporowych.

a) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach

Badane jeziora ze względu na podział fizjograficzny Europy położone są na Pojezierzu Etckim, które stanowi część Pojezierza Mazurskiego, Pojezierza Wschodniobałtyckiego i Niziny Wschodnioeuropejskiej. Administracyjnie położone są w granicach Polski, w jej



Rys. 2. Położenie Pojezierza Elckiego

północno-wschodniej części, w województwie warmińsko-mazurskim (rys. 2). Analizę oparto na materiałach uzyskanych w Gospodarstwie Jeziorowym Sp. z o.o. w Elku oraz wynikach badań cen ryb i materiału zarybieniowego:

- informacjach na temat wybranych parametrów morfologicznych i środowiskowych badanych 44 jezior: powierzchni, głębokości maksymalnej i średniej, wskaźnika rozwoju linii brzegowej, udziału powierzchni dna pokrytego roślinnością zanurzoną, widzialności krążka Secchiego oraz głębokości, do której zawartość tlenu w wodzie jest wystarczająca dla ryb w szczycie stagnacji letniej. Informacje te pozyskano z aktualnie obowiązujących operatów rybackich badanych jezior;
- informacjach na temat wielkości rybackich odłowów szczupaka w badanych jeziorach oraz informacjach na temat ilości i rodzaju materiału zarybieniowego tego gatunku wprowadzonego do badanych jezior w latach 1996-2017;
- danych dotyczących hurtowej ceny szczupaka towarowego ($12,91 \text{ zł kg}^{-1}$) oraz cen najważniejszych form materiału zarybieniowego tego gatunku (wylęg żerujący – $21,31 \text{ zł tys. szt.}^{-1}$, narybek letni – $111,27 \text{ zł tys. szt.}^{-1}$, narybek jesienny – $25,11 \text{ zł kg}^{-1}$), stosowanych przez podmioty uprawnione do rybactwa w wodach obwodów rybackich w 2017 r. (Mickiewicz 2018b).

Przedstawione w pracy wyniki opracowano przy zastosowaniu następującej metodyki obliczeń:

- obliczono udziały (%) powierzchni jezior, w których występowała jedna z 7 wybranych cech środowiskowych, sprzyjających szczupakowi: powierzchnia do 150 ha, głębokość maksymalna do 12 m, głębokość średnia do 4,5 m, silnie lub bardzo silnie rozwinięta linia brzegowa, udział dna porośniętego roślinnością zanurzoną wynoszący ponad 20%, widzialność krążka Secchiego ponad 1 m i występowanie tlenu w ilości wystarczającej dla bytowania ryb w szczycie stagnacji letniej do głębokości co najmniej 5 m. Następnie obliczono udziały (%) powierzchni jezior, w których występowało jednocześnie 6, 5 i 4 cech środowiskowych sprzyjających szczupakowi z 7 cech analizowanych;

- wartości odłowów i zarybień (zł) obliczono przez pomnożenie ich wielkości przez średnie ogólnopolskie ceny hurtowe szczupaka towarowego oraz średnie ogólnopolskie ceny używanych form materiału zarybieniowego tego gatunku – wylęgu żerującego, narybku letniego i jesiennego. W analizie zastosowano średnie ceny ogólnopolskie, aby zachować jednolite mnożniki dla wszystkich analizowanych lat;
- obliczone wartości przedstawiono jako wskaźniki (zł ha⁻¹) w odniesieniu do całkowitej powierzchni badanych jezior (6005,20 ha). Wydajność odłowów również przedstawiono jako wskaźnik (kg ha⁻¹). Dla wszystkich wielkości, wartości i wskaźników obliczono ich średnie roczne wielkości w analizowanym okresie 1996-2017;
- dla rocznych wartości odłowów rybackich szczupaka obliczono średnie 3-letnie (zł ha⁻¹), a następnie odniesiono je do rocznych względnych wartości zarybień (zł ha⁻¹). Zastosowano dwuletnie przesunięcie, przy założeniu że najwyższy efekt zarybienia szczupakiem uzyskuje się w drugim roku po zarybieniu i trwa on przez następne dwa lata. Zarybienie z 1996 r. odpowiadało średniemu rocznemu odłowowi z lat 1998, 1999, 2000 itd. W ten sposób obliczono wskaźnik ekonomicznej wartości zarybień – wartość (zł ha⁻¹) odłowu szczupaka przypadającą na 1 zł ha⁻¹ wartości zarybienia tym gatunkiem. Dla uzyskanych wskaźników w latach 1998-2015 obliczono średni roczny wskaźnik zarybień.

b) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych

Podmiotem uprawnionym do rybactwa w badanych zbiornikach zaporowych jest Okręg PZW w Katowicach. Wędkarze z Okręgu PZW w Katowicach już od 1994 r. mają obowiązek rejestrowania odłowów w łowiskach użytkowanych przez ten okręg. Ponieważ zbiorniki te są systematycznie zarybiane szczupakiem, mogły posłużyć jako przykład możliwości przeprowadzenia oceny efektywności zarybień przy wykorzystaniu metod statystycznych oraz informacji o zarejestrowanych odłowach i dokonanych zarybieniach. W 2016 r. Okręg PZW w Katowicach liczył 43439 członków, a po zakończeniu sezonu 2016 prawidłowo wypełnione rejestry zwróciło 30842 wędkarzy, co oznacza dość wysoką stopę zwrotu, wynoszącą 71%. W sumie w badanym roku wędkarze wykazali w rejestrach 208 łowisk, w których zarejestrowali swoje odłowy, a jedną z najważniejszych dla nich kategorii była grupa 20 zbiorników, w tym największe zbiorniki zaporowe (Dzieńkowice, Kozłowa Góra, Przeczyce i Łąka) o łącznej powierzchni 3406,07 ha. Zarejestrowany odłów szczupaka w tej grupie łowisk wyniósł w 2016 r. 7464 kg, co stanowiło aż 44% całkowitych odłowów tego gatunku we wszystkich wodach użytkowanych przez okręg. W niniejszej publikacji wykorzystano dane zawarte w raportach z wyników rejestracji połowów wędkarskich ZO PZW w Katowicach, a podstawowe parametry przedstawiono w tabelach 5 i 6.

W celu określenia efektywności zarybień szczupakiem zastosowano trzy podejścia metodyczne.

W pierwszym podejściu oceniono efektywność zarybień rozpatrywanych zbiorników (powierzchnia 3340,87 ha) i chociaż jeden z nich – Horniok – nie był w badanym okresie zarybiony szczupakiem, to w celach porównawczych włączono go do analizy. Dane o odłowach

Tabela 5. Zarybienia (2012-2014), odłowy (2014-2016) i wskaźniki efektywności zarybień szczupakiem 20 zbiorników Okręgu PZW w Katowicach

Zbiornik zaporowy	Powierzchnia	Zarybienia	Odłowy	Efektywność
	ha	zł ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	zł kg ⁻¹
Dzieńkowice	712,00	32,36	1,50	21,63
Kozłowa Góra	526,80	77,79	2,56	30,34
Przeczycze	430,70	99,72	1,48	67,39
Łąka	320,00	41,41	2,65	15,62
Pławniowice	244,20	24,99	1,34	18,64
Pogoria III	207,00	54,69	1,20	45,53
Dzierżno	128,00	67,09	1,48	45,20
Paproćany	122,34	275,24	7,22	38,12
Chechło-Nakło	90,00	141,69	9,94	14,25
Buków II	87,65	48,40	4,75	10,18
Nieboćzowy	82,20	73,54	3,42	21,49
Brzezie	71,25	17,68	5,06	3,50
Horniok	65,20	0,00	1,05	0,00
Pogoria I	60,00	158,36	3,42	46,27
Chechło k. Chrzanowa	54,00	105,69	1,21	87,13
Sosina	51,00	168,59	7,83	21,53
Roszków	50,44	51,77	1,30	39,93
Odra I, III	43,29	101,12	5,44	18,57
Pniowiec	31,00	104,05	5,44	19,12
Gzel	29,00	111,23	9,22	12,07
RAZEM	3406,07	70,89	2,64	26,89

szczupaka w każdym zbiorniku przeliczono na jednostkę powierzchni (kg ha⁻¹), natomiast informacje o zarybieniach – ze względu na stosowane różne formy materiału – jako wartość finansową na jednostkę powierzchni (zł ha⁻¹). Wzięto do obliczeń średnie roczne zarybienie w 3-letnim okresie 2012-2014 oraz średnie roczne zarejestrowane odłowy szczupaka w latach 2014-2016, a więc przy uwzględnieniu 2-letniego przesunięcia w czasie odłowów w stosunku do zarybień. Dla całości 20 zbiorników oraz dla każdego z osobna obliczono średnią roczną wartość zarybień w latach 2012-2014 (zł ha⁻¹) oraz średni roczny odłów w latach 2014-2016 (kg ha⁻¹).

W drugim podejściu metodycznym oceniono efektywność zarybień szczupakiem analizowanych zbiorników przy zastosowaniu rachunku korelacji między zarybieniami (zmienna x – średnia roczna wartość zarybień w latach 2012-2014 w zł ha⁻¹) a odłowami szczupaka (zmienna y – średni roczny odłów w latach 2014-2016 w kg ha⁻¹), a więc z uwzględnieniem 2-letniego przesunięcia w czasie odłowów w stosunku do zarybień.

W trzecim podejściu metodycznym oceniono efektywność zarybień szczupakiem „20 zbiorników” przy zastosowaniu rachunku korelacji między zarybieniami (zmienna x – średnia roczna wartość zarybień w latach 2016-2018 w zł ha⁻¹) a odłowami szczupaka (zmienna y – średni roczny odłów w latach 2018-2020 w kg ha⁻¹), a więc z uwzględnieniem 2-letniego

Tabela 6. Zarybienia (2016-2018), odłowy (2018-2020) i wskaźniki efektywności zarybień szczupakiem 20 zbiorników Okręgu PZW w Katowicach

Zbiornik zaporowy	Powierzchnia	Zarybienia	Odłowy	Efektywność
	ha	zł ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	zł kg ⁻¹
Zbiorniki o powierzchni powyżej 120 ha				
Dzieńkowice	712,00	41,57	2,24	18,55
Kozłowa Góra	526,80	82,86	1,84	45,09
Przeczyce	430,70	113,41	2,29	49,44
Łąka	320,00	52,00	1,76	29,52
Pławniowice	244,20	45,62	1,70	26,91
Pogoria III	207,00	60,50	1,85	32,76
Dzierżno	128,00	33,26	0,99	33,52
Paprocany	122,34	182,44	4,38	41,62
Zbiorniki o powierzchni poniżej 120 ha				
Chechło-Nakło	90,00	159,25	6,90	23,07
Buków II	87,65	58,59	6,42	9,13
Nieboczowy	82,20	39,50	5,96	6,63
Brzezie	71,25	0,00	4,44	0,00
Horniok	65,20	0,00	0,43	0,00
Pogoria I	60,00	166,25	2,78	59,82
Chechło k. Chrzanowa	54,00	116,21	2,55	45,63
Sosina	51,00	144,12	4,19	34,43
Roszków	50,44	1,87	1,74	1,07
Odra I, III	43,29	0,00	7,48	0,00
Pniowiec	31,00	119,36	6,46	18,48
Gzel	29,00	127,59	8,99	14,19
RAZEM	3406,07	41,57	2,24	18,55

przesunięcia w czasie odłowów w stosunku do zarybień, lecz oddzielnie zbadano tę samą zależność, ale dla ośmiu największych zbiorników, tj. korelację pomiędzy średnią roczną wartością zarybień w latach 2016-2018 w zł ha⁻¹ a średnimi rocznymi odłowami w latach 2018-2020 w kg ha⁻¹.

W pracach wykorzystano podstawowe parametry statystyczne, takie jak średnia arytmetyczna (M), odchylenie standardowe (SD), współczynnik zmienności (V%), mediana (Me), moda - wartość najczęstsza (Mo), udział procentowy i współczynnik determinacji. Zastosowano metodę rangowania (suma rang (SR)) w celu uniezależnienia się od rozkładu zmiennej oraz możliwych wystąpień obserwacji odstających. W obliczeniach zastosowano metodę analizy szeregów czasowych, zastosowano test istotności współczynnika korelacji, przyjmując za graniczny stopień prawdopodobieństwa $p \leq 0,05$. W celu ukazania trendów zmian użyto modeli regresji prostoliniowej lub wielomianowej. Do obliczeń i stworzenia wykresów zastosowano arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel.

Wyniki

1) Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód (prace 2 i 5)

a) zmiany klimatyczne obserwowane w jeziorach i gospodarce rybackiej

Użytkownicy, którzy prowadzą od lat gospodarkę rybacką na jeziorach, w większości (92%) zauważyli w ostatnich latach wpływ zmian klimatycznych na ichtiofaunę i gospodarowanie, co świadczy o dużej świadomości menedżerów i właścicieli podmiotów rybackich w tym aspekcie. W przypadku gatunku, który według użytkowników rybackich najbardziej narażony jest na zmiany klimatyczne w aspekcie efektywności tarła naturalnego, największy wpływ mają one na szczupaka (92% ankietowanych wskazało ten gatunek, SR = 250 pkt.) (tab. 7). Patrząc na rozkład odpowiedzi w kwestii szczupaka, to najwięcej ankietowanych wskazało na średni wpływ, przyznając 3 punkty. Następna w kolejności była sielawa, którą wskazało 63% ankietowanych (SR = 180 pkt.), a 50% punktów przyznanych przez ankietowanych wskazywało wysoki i bardzo wysoki wpływ, tylko nieco ponad 20% brak wpływu. Podobne wskazania dotyczyły siei, gdzie ponad 40% punktów przyznanych przez ankietowanych wskazywało na wysoki i bardzo wysoki wpływ, jednak mniej respondentów (56,4%) wskazało ten gatunek, czego wynikiem jest stosunkowo niski wynik SR (156 pkt.). Leszcz (*Abramis brama* (L.)) i płoć (*Rutilus rutilus* (L.)) były wskazane przez 86% użytkowników, jednak ponad 60% przyznanych punktów świadczy, że brak jest wpływu lub jest on mały lub bardzo mały, i stąd stosunkowo niski wynik SR. Najbardziej zbliżone do siebie zarówno w sumie przyznanych rang, jak i rozkładu przyznanych punktów były takie gatunki, jak okoń, lin (*Tinca tinca* (L.)) i sandacz. Z kolei w aspekcie efektywności tarła w warunkach kontrolowanych według rybackich użytkowników jezior największy wpływ zmiany klimatyczne mają ponownie na szczupaka (73,3% ankietowanych wskazało ten gatunek i przyznało 178 pkt. SR (tab. 7). Rozpatrując rozkład odpowiedzi w przypadku tego gatunku, najwięcej ankietowanych wskazało na mały i średni wpływ, przyznając 2 i 3 punkty. Następna w kolejności była sielawa, którą wskazało 55% ankietowanych (SR = 148 pkt.), a 40% respondentów wskazało wysoki i bardzo wysoki wpływ, zaś 20% brak wpływu. Podobne wskazania dotyczyły siei, gdzie niecałe 40% ankietowanych wskazywało na wysoki i bardzo wysoki wpływ (SR = 134 pkt.), jednak tylko 52% z nich wskazało ten gatunek. Natomiast gatunek nisko punktowany (SR = 108 pkt.), czyli sandacz, wskazało 53% użytkowników, zaś prawie 60% przyznanych punktów dotyczyło wpływu żadnego, małego lub bardzo małego. Pozostałe gatunki wskazane przez 50% ankietowanych zebrały łącznie 89 pkt. SR, a ponad 70% przyznanych punktów świadczy, że wpływ zmian klimatycznych na te gatunki był niewielki (tab. 7).

Tabela 7. Niekorzystny wpływ na efekty tarła naturalnego oraz w warunkach kontrolowanych wybranych gatunków ryb

Niekorzystny wpływ na efekty naturalnego tarła wybranych gatunków ryb												
Gatunek	Rozkład odpowiedzi (%)						Parametry statystyczne					Użytkow- nicy (%)*
	0 – brak wpływu, 5 – bardzo duży wpływ											
	0	1	2	3	4	5	SR	M	SD	Me	Mo	
Szczupak	10,8	9,7	18,3	31,2	21,5	8,6	250	2,7	1,4	3	3	92
Sielawa	20,3	10,9	6,3	12,5	29,7	20,3	180	2,8	1,9	3,5	4	63
Okoń	18,0	22,5	25,8	21,3	6,7	5,6	172	1,9	1,4	2	2	89
Lin	20,9	19,8	19,8	23,3	10,5	5,8	172	2,0	1,5	2	3	86
Sandacz	15,3	13,9	20,8	27,8	15,3	6,9	169	2,3	1,5	2,5	3	72
Sieja europejska	19,3	12,3	7,0	19,3	21,1	21,1	156	2,7	1,8	3	4	56
Leszcz	28,7	20,7	19,5	14,9	9,2	6,9	153	1,8	1,6	2	0	86
Płoć	25,3	26,4	21,8	10,3	11,5	4,6	148	1,7	1,5	1	1	86
Niekorzystny wpływ na efekty tarła wybranych gatunków ryb w warunkach kontrolowanych												
Gatunek	Rozkład odpowiedzi (%)						Parametry statystyczne					Użytkow- nicy (%)*
	0 – brak wpływu, 5 – bardzo duży wpływ											
	0	1	2	3	4	5	SR	M	SD	Me	Mo	
Szczupak	13,5	16,2	21,6	23	16,2	9,5	178	2,4	1,5	2	3	73
Sielawa	20,0	12,7	5,5	21,8	20,0	20,0	148	2,7	1,8	3	3	55
Sieja europejska	23,1	11,5	7,7	19,2	19,2	19,2	134	2,6	1,9	3	0	52
Sandacz	22,6	17,0	17,0	24,5	15,1	3,8	108	2,0	1,5	2	3	53
Inne	24,0	22,0	28,0	10,0	10,0	6,0	89	1,8	1,5	2	2	50

* odsetek użytkowników, którzy wskazali konkretny gatunek w pytaniu dotyczącym niekorzystnego wpływu zmian klimatu

Rozkład odpowiedzi na pytania dotyczące zmian klimatu na wybrane zjawiska stałe i sezonowe odnotowane przez użytkowników rybackich jezior przedstawiono w formie tabelarycznej (tab. 8). W przypadku zjawisk stałych ankietowani najliczniej zwrócili uwagę na krótszy czas trwania pokrywy lodowej (SR=351), czyli efekt wyższej temperatury porą zimową. To warunki do dłuższego przebywania kormoranów na jeziorach, i nic więc dziwnego, że jest to negatywne zjawisko dla 97% badanych rybackich użytkowników jezior, gdzie ponad 50% punktów przyznanych zostało do najwyższej kategorii, czyli bardzo wysokiego wpływu (SR = 391). Na rozchwianie pór roku zwróciło uwagę 92,1% badanych, przyznając łącznie aż 312 punktów SR. Większość z nich była zgodna, że zjawisko to ma duży wpływ na prowadzenie gospodarki rybackiej – ponad 47% przyznanych punktów świadczy, że wpływ jest wysoki lub bardzo wysoki (tab. 8). Na pytanie dotyczące wpływu zmian klimatycznych na przeżywalność wylęgu i narybku odpowiedziało 89,1% ankietowanych, przyznając 226 pkt. SR. Najwięcej przyznanych punktów wskazało, że wpływ zmian klimatycznych ma średni wpływ (40%), a tylko 10% przyznanych punktów na to, że nie ma żadnego wpływu. Z kolei w kwestii śmiertelności ryb dorosłych wyniki były zgoła odmienne – 88% badanych, którzy odpowiedzieli na to pytanie, stwierdziło, że zmiany klimatyczne nie mają większego wpływu na śmiertelność ryb dojrzałych, tylko niecałe 25% punktów wskazało jakikolwiek wpływ, i stąd tak niska SR na poziomie 134 pkt.

Tabela 8. Wpływ zmian klimatu na wybrane zjawiska stałe i sezonowe odnotowane przez użytkowników rybackich jezior

Wpływ zmian klimatu na wybrane zjawiska stałe odnotowane przez użytkowników rybackich jezior													
Zjawisko	Rozkład odpowiedzi (%)						Parametry statystyczne						
	0 – brak wpływu, 5 – bardzo duży wpływ												
	0	1	2	3	4	5	SR	M	SD	Me	Mo		
Wpływ na wydłużenie okresu przebywania kormoranów w wybranych sezonach	5,1	6,1	2,0	11,2	22,4	53,1	391	4,0	1,5	5	5		
Wpływ na skrócenie czasu trwania trwałej pokrywy lodowej	5,2	8,3	7,3	13,5	26,0	39,6	351	3,7	1,5	4	5		
Zmiana długości trwania sezonów (przesunięcie sezonów) – sezonowe anomalie temperatury	3,2	3,2	17,2	29,0	25,8	21,5	312	3,4	1,3	3	3		
Oddziaływanie na zmniejszenie przeżywalności larw i narybku	8,9	14,4	16,7	40,0	16,7	3,3	226	2,5	1,3	3	3		
Oddziaływanie na wzrost śmiertelności ryb dorosłych	29,5	28,4	15,9	15,9	6,8	3,4	134	1,5	1,4	1	0		
Wpływ zmian klimatu na zjawiska obserwowane przez użytkowników rybackich jezior w wybranych porach roku													
Zjawisko	Pora roku	Rozkład odpowiedzi (%)						Parametry statystyczne					
		0 – brak wpływu, 5 – bardzo duży wpływ											
		0	1	2	3	4	5	SR	%*	M	SD	Me	Mo
Ogólny wzrost temperatury	wiosna	11,0	17,6	15,4	24,2	20,9	11,0	236	23,7	2,6	1,5	3	3
	lato	10,4	11,5	22,9	14,6	21,9	18,8	271	27,2	2,8	1,6	3	2
	jesień	17,6	17,6	13,2	23,1	17,6	11,0	217	21,8	2,4	1,6	3	3
	zima	18,8	9,4	11,5	12,5	26,0	21,9	272	27,3	2,8	1,8	3	4
Gwałtowny wzrost temperatury	wiosna	10,5	17,9	13,7	20,0	22,1	15,8	259	27,7	2,7	1,6	3	4
	lato	11,8	14,0	12,9	20,4	17,2	23,7	268	28,7	2,9	1,7	3	5
	jesień	16,3	23,9	18,5	18,5	15,2	7,6	198	21,2	2,2	1,5	2	1
	zima	19,8	20,9	15,4	14,3	13,2	16,5	209	22,4	2,3	1,8	2	1
Wahania poziomu wód	wiosna	11,6	9,5	16,8	18,9	21,1	22,1	280	26,0	2,9	1,6	3	5
	lato	7,3	11,5	11,5	18,8	21,9	29,2	311	28,9	3,2	1,6	4	5
	jesień	9,7	14,0	19,4	23,7	16,1	17,2	255	23,7	2,7	1,6	3	3
	zima	12,2	21,1	15,6	22,2	8,9	20,0	229	21,3	2,5	1,7	3	3
Niskie poziomy wód	wiosna	7,4	8,5	20,2	11,7	18,1	34,0	307	24,9	3,3	1,6	4	5
	lato	5,1	10,2	4,1	15,3	24,5	40,8	359	29,2	3,7	1,5	4	5
	jesień	7,4	11,6	13,7	21,1	25,3	21,1	293	23,8	3,1	1,5	3	4
	zima	7,5	16,1	16,1	21,5	14,0	24,7	272	22,1	2,9	1,6	3	5
Ubytki tlenowe	lato	13,8	17,0	7,4	22,3	22,3	17,0	257	59,4	2,7	1,7	3	3
	zima	30,9	21,3	6,4	22,3	9,6	9,6	176	40,6	1,9	1,7	1	0
Krótszy sezon wędkarski	wiosna	30,0	24,4	11,1	17,8	6,7	10,0	159	21,0	1,8	1,7	1	0
	lato	30,8	28,6	16,5	11,0	5,5	7,7	141	18,6	1,5	1,5	1	0
	jesień	24,7	25,8	16,9	20,2	3,4	9,0	159	21,0	1,8	1,5	1	1
	zima	13,0	13,0	8,7	9,8	13,0	42,4	298	39,4	3,2	1,9	4	5

* odsetek punktów uzyskanych w każdej kategorii

W kwestii wpływu zmian klimatu na zjawiska obserwowane przez użytkowników rybackich jezior w wybranych porach roku ankietowani zostali zapytani, jak dane zjawisko, czyli ogólny wzrost temperatury i ekstremalne (gwałtowne) skoki temperatury wpływają na prowadzenie jeziorowej gospodarki rybackiej w konkretnych porach roku. Według nich ekstremalne skoki temperatur najbardziej dotkliwe są wiosną i latem – odpowiednio 27,7% i 28,7% SR dla wszystkich pór roku, natomiast w przypadku ogólnego wzrostu temperatury największy wpływ ma miejsce zimą i latem, odpowiednio 27,3% i 27,2% SR dla wszystkich pór roku (tab. 8). Analizując rozkład odpowiedzi, widać znaczne różnice w przyznawanych punktach, gdzie najbardziej skrajna punktacja (tj. albo bardzo wysoka albo niska) przyznawana była w porze zimowej, co oznacza, że dla wielu użytkowników w tej porze zmiany klimatyczne nie mają znaczenia albo mają szczególne znaczenie, w pozostałych porach roku rozkład punktów był bardziej wypośrodkowany, gdzie ankietowani wybierali rangi w zakresie 2-4 pkt.

W kwestii wpływu zmian klimatu na wybrane parametry hydrologiczne respondenci odpowiadali na pytanie dotyczące wpływu tych zmian na obniżenie lub wahania poziomów wody. W obu przypadkach badani uznali, że największy wpływ zmiany klimatyczne mają na zmiany hydrologiczne wiosną i latem. Odpowiednio niskie poziomy wód dla wiosny to 24,9%, a dla lata 29,2% SR dla wszystkich pór roku, a z kolei wahania wód to dla wiosny 26,0% i dla lata 28,9% SR dla wszystkich pór roku. W odróżnieniu, w przyznawanych rangach co do rozkładu w kwestii temperatur nie było skrajności. Można zauważyć, że większość ankietowanych wyraziła zdanie, że na zmiany hydrologiczne mają wpływ zmiany klimatu, a mniejszość uznała, że tego wpływu nie ma lub jest znikomy (tab. 8). Przyducha, czyli znaczne zmniejszenie ilości tlenu rozpuszczonego w wodzie jeziora lub jego części, występująca zarówno zimą, jak i latem została opisana przez 94% ankietowanych. Analizując rozkład odpowiedzi, zauważyć można, że problem ten jest o wiele bardziej uciążliwy w lecie, i dlatego aż 62% przyznanych punktów mieściło się w przedziale 3-5 pkt., a w sumie aż 257 pkt. SR, co oznacza, że zmiany klimatyczne mają wpływ na to zjawisko. Natomiast w porze zimowej, gdzie SR kształtowało się na dużo niższym poziomie (176 pkt.) prawie 31% punktów przypadło na brak jakiegokolwiek wpływu zmian klimatu na zjawisko przyduchy (tab. 8).

Na temat wpływu zmian klimatycznych na skrócenie sezonu wędkarskiego odpowiedzią 90% ankietowanych. Według rybackich użytkowników jezior największy wpływ na to zjawisko występuje zimą (SR = 298 pkt.) (tab. 8). Analizując rozkład przyznawanych punktów, widać wyraźnie, że ponad 40% punktów przyznanych przez ankietowanych dotyczyło pory zimowej, co zapewne ma duży związek logiczny z brakiem pokrywy lodowej i niemożliwością uprawiania wędkarstwa podlodowego. W pozostałych porach zdecydowana większość przyznanych punktów świadczy o tym, że zmiany klimatyczne na skrócenie sezonu wędkarskiego nie mają wpływu bądź jest on minimalny.

Problematyka dotycząca wpływu zmian klimatu na stosowanie poszczególnych narzędzi połowowych została opisana przez 81,1% ankietowanych. Najwięcej, bo 212 pkt. SR przyznano narzędziu, którym są przestawy, co stanowiło aż 31,6% wszystkich punktów przyznanych w tej kategorii, a narzędzia ciągnione, czyli przywłoki i niewody, osiągnęły 25,3% punktów (tab. 9). Narzędzia pułapkowe (żaki, mieroże i przestawy) są jedną z najskuteczniejszych metod połowu ryb niepowodujących ich okaleczenia. Trudności w ich używaniu mogą

Tabela 9. Wpływ zmian klimatycznych na używanie rybackich narzędzi połowu we wszystkich podmiotach oraz w okręgach PZW

Wpływ zmian klimatycznych na używanie rybackich narzędzi połowu we wszystkich podmiotach												
Rodzaj narzędzi połowu	Rozkład odpowiedzi (%)						Parametry statystyczne					
	0 – brak wpływu, 5 – bardzo duży wpływ											
	0	1	2	3	4	5	SR	%*	M	SD	Me	Mo
Przestawy	29,4	7,1	8,2	17,6	15,3	22,4	212	31,6	2,5	2,0	3	0
Przywłoki i niewody	27,8	10,1	20,3	13,9	16,5	11,4	170	25,3	2,2	1,7	2	0
Narzędzia pułapkowe	32,9	12,2	13,4	24,4	9,8	7,3	154	23,0	1,9	1,7	2	0
Wontony	36,8	18,4	16,1	14,9	9,2	4,6	135	20,1	1,6	1,6	1	0

Wpływ zmian klimatycznych na używanie rybackich narzędzi połowu w okręgach PZW					
Rodzaj narzędzi połowu	Parametry statystyczne				brak odpowiedzi (%)
	SR	M	Me	Mo	
Wontony	11	0,6	0,5	0	27,8
Przywłoki i niewody	19	1,1	1,5	0	27,8
Narzędzia pułapkowe	22	1,2	1,0	0	27,8
Przestawy	35	1,9	3,0	0	22,2

*procent uzyskanych punktów

mieć duży wpływ na prowadzenie zrównoważonej gospodarki rybackiej. Stosowanie wontonów i narzędzi pułapkowych zostało uznane przez respondentów za najmniej podatne na wpływ zmian klimatycznych. Warto jednak dodać, że podmioty PZW łącznie przyznały w tej kategorii bardzo mało punktów. W 18 badanych okręgach w zależności od rodzaju narzędzia połowu przyznawano średnio od 0,6 do 1,9 punktów, a w zdecydowanej większości 0 pkt. dla każdego narzędzia. 27,8% badanych podmiotów PZW nie udzieliło żadnej odpowiedzi na wpływ dotyczący wontonów, przywłok i niewodów, narzędzi pułapkowych, a 22,2% nie udzieliło żadnej odpowiedzi dotyczącej przystaw.

Ostatnim zagadnieniem dotyczącym wpływu zmian klimatycznych obserwowanych na jeziorach, na które odpowiedzieli ankietowani, był wpływ zmian klimatycznych na wielkość połowu poszczególnych gatunków ryb. Warto zwrócić uwagę, że prawie 4% ankietowanych zadeklarowało brak odłowów. Według ankietowanych zmiany klimatyczne najbardziej odbijają się na wielkości połowów węgorza (SR = 242 pkt.), następnie sielawy (SR = 173 pkt.), szczupaka (SR = 161 pkt.), sandacza (SR = 147 pkt.) oraz siei (SR = 139 pkt.). Najmniej punktów otrzymały karaś pospolity (*Carassius carassius* (L.)) i stynka (*Osmerus eperlanus* (L.)) – odpowiednio 91 i 76 pkt. SR. Warto też wspomnieć, że z podanych gatunków najwięcej respondentów wskazało szczupaka oraz leszcza i krąpia (*Blicca bjoerkna* (L.)) (81,2%) oraz płoć (80,2%), a najmniej stynkę, co też tłumaczy tak niską jej wartość SR (tab. 10).

Na temat pozytywnych skutków zmian klimatycznych wypowiedziało się zaledwie 12% ankietowanych, którzy wskazali takie zjawiska jak: dłuższy okres żerowania, ocieplenie klimatu, większe ilości wiosennego zooplanktonu przy zarybianiu sieją i sielawą, wydłużenie okresu połowów, wzrost turystyki, lepszy rozród naturalny niektórych gatunków ryb (sanda-

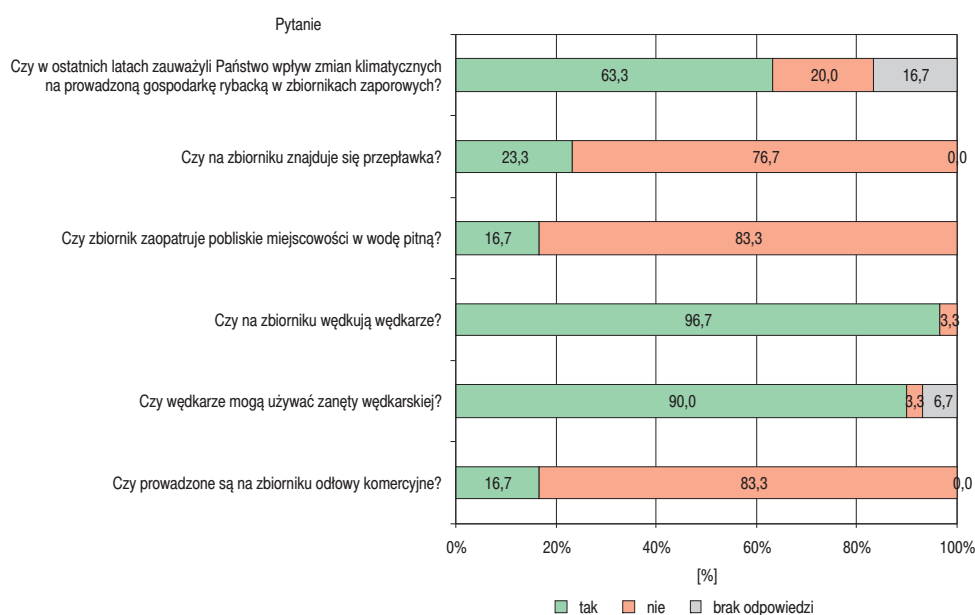
cza, lina, karasia pospolitego) czy rzadziej występujące przyduchy zimowe. Jednak w związku z tym, że próba była tak nieliczna, nie przeprowadzono jej analizy.

Tabela 10. Wpływ zmian klimatycznych na połowy poszczególnych gatunków ryb w jeziorach

Gatunek	Rozkład odpowiedzi (%)						Parametry statystyczne					Udział (%) podmiotów, które wskazały gatunek w odłowach
	0 – brak wpływu, 5 – wysoki wpływ											
	0	1	2	3	4	5	SR	M	SD	Me	Mo	
Węgorz	12,5	6,3	15,0	21,3	22,5	22,5	242	3,0	1,6	3	4	79,2
Sielawa	21,0	6,5	14,5	12,9	21,0	24,2	173	2,8	1,9	3	5	61,4
Szczupak	17,1	22,0	26,8	20,7	8,5	4,9	161	2,0	1,4	2	2	81,2
Sandacz	16,4	14,9	22,4	29,9	11,9	4,5	147	2,2	1,4	2	3	66,3
Sieja	25,0	10,7	12,5	14,3	17,9	19,6	139	2,5	1,9	3	0	55,4
Okoń	20,0	26,3	31,3	15,0	3,8	3,8	134	1,7	1,3	2	2	79,2
Lin	23,8	31,3	16,3	17,5	5,0	6,3	134	1,7	1,5	1	1	79,2
Płoc	30,9	24,7	22,2	14,8	3,7	3,7	119	1,5	1,4	1	0	80,2
Leszcz i krap	36,6	22,0	19,5	12,2	3,7	6,1	117	1,4	1,5	1	0	81,2
Karaś	35,3	27,9	17,6	10,3	4,4	4,4	91	1,3	1,4	1	0	67,3
Stynka	50,0	0,0	7,9	5,3	15,8	21,1	76	2,0	2,2	1	0	37,6

b) zmiany klimatyczne obserwowane w zbiornikach zaporowych

Użytkownicy, którzy prowadzono od lat gospodarkę rybacką na zbiornikach zaporowych, w większości (63,3%) zauważyli w ostatnich latach wpływ zmian klimatycznych, w zdecydowanej większości (96,7%) badanych zbiorników dopuszczono możliwość wędkowania oraz stosowania zanęt (90%). 16,7% zaopatrywało pobliskie miejscowości w wodę pitną i w 16,7% prowadzono odłowy komercyjne. Odnotowano niekorzystny fakt, iż tylko 23,3% zbiorników posiadało przepławkę dla migrujących ryb (rys. 3). Dlatego nie dziwi fakt, że na pytanie dotyczące utrudnień w migracji ryb tak wysoki odsetek użytkowników wskazał, że zbiorniki wpływają na nią bardzo istotnie (56,7%) (rys. 3). Natomiast w przypadku pytań



Rys. 3. Rozkład procentowy odpowiedzi na pytania dotyczące gospodarki rybackiej prowadzonej na zbiornikach zaporowych

Tabela 11. Charakterystyka odpowiedzi (%) na pytania o wpływ zbiorników zaporowych i zmian klimatu na ichtiofaunę

Zagadnienie	Parametry statystyczne						Rozkład odpowiedzi (%)					
							0 – brak wpływu, 5 – wysoki wpływ					
	BO (%)	SR	M	SD	Me	Mo	0	1	2	3	4	5
Wpływ zbiornika zaporowego na utrudnianie migracji ryb	0,0	122	4,1	1,3	5	5	0,0	6,7	6,7	16,7	13,3	56,7
Wpływ zmian klimatu na obniżoną przeżywalność wylęgu i narybku w zbiornikach zaporowych	10,0	51	1,9	1,7	2	0	29,6	18,5	18,5	11,1	11,1	11,1
Wpływ zmian klimatu na śmiertelność ryb dorosłych w zbiornikach zaporowych	10,0	39	1,4	1,5	1	0	40,7	18,5	11,1	14,8	14,8	0,0

BO – brak odpowiedzi

dotyczących obniżonej przeżywalności wylęgu i narybku czy też śmiertelności ryb dorosłych związanych ze zmianami klimatycznymi użytkownicy uznali, że wpływ zmian klimatu jest zdecydowanie mniejszy. Aż 40,7% ankietowanych wskazało, że zbiorniki nie mają żadnego wpływu na śmiertelność ryb dorosłych, 29,6% nie obserwowało żadnego wpływu na stadia młodociane, a pozostali ankietowani zauważyli bardzo mały lub mały wpływ (18,5%). Jedynie w przypadku śmiertelności ryb młodocianych 11% ankietowanych uważało, że zmiany klimatyczne mają istotnie wysoki wpływ (tabela 11).

Dokładne zobrazowanie odpowiedzi uzyskanych od uprawnionych do rybactwa prowadzących gospodarkę rybacką na zbiornikach zaporowych wraz użyciem skali Linkerta (skala rang), dotyczące wpływu zmian klimatycznych na prowadzenie gospodarki rybackiej na zbiornikach zaporowych, przedstawiono w tabeli 12. Zgodnie z odpowiedziami ankietowanych gatunkiem, którego tarło najbardziej narażone jest na zmiany klimatyczne, był szczupak, który zebrał najwięcej punktów (70 pkt. SR) i tylko 20,7% respondentów nie zauważyło ujemnego wpływu. Następne gatunki pod kątem wrażliwości to sandacz i okoń, których wyniki były bardzo zbliżone, a suma rang wyniosła odpowiednio 42 i 40 punktów SR; jednak w przypadku tych gatunków ponad 34% ankietowanych nie zauważyło żadnego wpływu. Natomiast gatunkami najmniej narażonymi na zmiany klimatyczne były karaś pospolity i leszcz, gdzie większość użytkowników wskazała brak wpływu (44,8%) lub bardzo mały wpływ (41,4%).

Zjawiskiem związanym ze zmianami klimatycznymi, które zdaniem ankietowanych ma największy ujemny wpływ na prowadzoną gospodarkę, jest dłuższy czas przebywania kormoranów (107 pkt. SR) – 58,6% użytkowników uważa, że ma to bardzo wysoki wpływ, zaś tylko 10,3% ankietowanych nie odnotowało żadnego wpływu (tab. 12). Ocena zjawisk typowo pogodowych, jak rozchwanie klasycznych pór roku i krótszy okres trwałej pokrywy lodowej, była bardzo zbliżona, gdyż zebrały one odpowiednio 85 i 84 punktów SR, zaś rozkład procentowy odpowiedzi również był bardzo zbliżony. Wzrost temperatury według ankietowanych najbardziej ujemnie wpływa na gospodarkę rybacką latem (27,6% ankietowanych, 90 pkt. SR), ale i wiosną wpływ ten jest zauważalny, bowiem 40% ankietowanych

Tabela 12. Charakterystyka odpowiedzi dotyczących wpływu zmian klimatycznych na prowadzenie gospodarki rybackiej na zbiornikach zaporowych

	Parametry statystyczne						Rozkład odpowiedzi (%)					
							0 – brak wpływu, 5 – wysoki wpływ					
	BO (%)	SR	M	SD	Me	Mo	0	1	2	3	4	5
Wpływ zmian klimatu na efekty tarła wybranych gatunków												
Szczupak	3,3	70	2,4	1,6	3	4	20,7	10,3	17,2	13,8	34,5	3,4
Sandacz	3,3	42	1,4	1,5	1	0	34,5	27,6	17,2	3,4	13,8	3,4
Okoń	3,3	40	1,4	1,4	1	0	37,9	17,2	27,6	6,9	6,9	3,4
Lin	3,3	36	1,2	1,6	1	0	41,4	34,5	6,9	3,4	3,4	10,3
Płoc	3,3	32	1,1	1,5	1	0	41,4	37,9	10,3	0,0	0,0	10,3
Sum	3,3	30	1,0	1,5	0	0	55,2	17,2	10,3	10,3	0,0	6,9
Karaś	3,3	29	1,0	1,5	1	0	44,8	41,4	3,4	0,0	0,0	10,3
Leszcz	3,3	27	0,9	1,3	1	0	44,8	41,4	3,4	0,0	6,9	3,4
Wpływ zmian klimatu na zjawiska oddziałujące na gospodarkę rybacką												
Dłuższy okres przebywania kormoranów (zwiększona presja na rybostan)	3,3	107	3,8	1,9	5	5	10,3	10,3	6,9	3,4	10,3	58,6
Krótszy okres trwałej pokrywy lodowej	0,0	85	2,9	1,4	3	4	6,7	13,3	20,0	16,7	36,7	6,7
Rozchwanie klasycznych pór roku	3,3	84	2,9	1,4	3	4	3,4	17,2	20,7	13,8	34,5	10,3
Wzrost temperatury wody												
Wiosna	0,0	86	2,9	1,5	3	4	10,0	10,0	16,7	16,7	40,0	6,7
Lato	3,3	90	3,1	1,8	4	5	13,8	10,3	10,3	10,3	27,6	27,6
Jesień	3,3	50	1,7	1,4	1	1	20,7	34,5	6,9	31,0	3,4	3,4
Zima	6,6	44	1,6	1,6	1	0	32,1	28,6	10,7	10,7	14,3	3,6
Ekstremalne skoki temperatury wody												
Wiosna	3,3	62	2,1	1,6	2	2	20,7	13,8	27,6	10,3	24,1	3,4
Lato	3,3	87	3,0	1,9	3	5	13,8	13,8	10,3	13,8	17,2	31,0
Jesień	6,6	51	1,9	1,5	1,5	1	21,4	28,6	10,7	28,6	7,1	3,6
Zima	6,6	40	1,5	1,4	1	1	25,0	46,4	3,6	14,3	7,1	3,6
Wahania poziomów wody												
Wiosna	0,0	91	3,0	1,8	3	5	6,7	23,3	10,0	16,7	6,7	36,7
Lato	0,0	83	2,8	1,8	3	5	16,7	13,3	13,3	13,3	20,0	23,3
Jesień	0,0	70	2,3	1,9	2	2	23,3	13,3	23,3	10,0	6,7	23,3
Zima	3,3	51	1,8	1,8	1	0	31,0	27,6	13,8	3,4	10,3	13,8
Niskie poziomy wody												
Wiosna	0,0	74	2,5	1,7	2	2	16,7	13,3	23,3	20,0	6,7	20,0
Lato	0,0	87	2,9	2,0	3,5	5	13,3	23,3	10,0	3,3	13,3	36,7
Jesień	0,0	74	2,5	1,8	3	0	20,0	16,7	10,0	20,0	16,7	16,7
Zima	3,3	52	1,8	1,7	2	0	31,0	17,2	27,6	3,4	6,9	13,8
Ubytki tlenowe i przyducha												
Lato	0,0	71	2,4	1,8	1,5	1	10	40	3,3	13,3	16,7	16,7
Zima	3,3	45	1,6	2	0	0	51,7	13,8	3,4	0,0	20,7	10,3
Krótszy sezon wędkarski (zmniejszona sprzedaż zezwoleń na wędkowanie)												
Wiosna	3,3	15	0,5	1,2	0	0	75,9	13,8	0,0	6,9	0,0	3,4
Lato	3,3	11	0,4	1,0	0	0	75,9	20,7	0,0	0,0	0,0	3,4

(ciąg dalszy Tabeli 12)

	Parametry statystyczne						Rozkład odpowiedzi (%)					
							0 – brak wpływu, 5 – wysoki wpływ					
	BO (%)	SR	M	SD	Me	Mo	0	1	2	3	4	5
Jesień	3,3	11	0,4	1,0	0	0	75,9	20,7	0,0	0,0	0,0	3,4
Zima	3,3	51	1,8	2,0	1	0	41,4	20,7	3,4	10,3	3,4	20,7
Częstszy zakwit glonów												
Wiosna	0,0	37	1,2	1,3	1	0	40,0	26,7	6,7	23,3	3,3	0,0
Lato	0,0	86	2,9	1,8	4	4	13,3	20,0	3,3	10,0	36,7	16,7
Jesień	0,0	45	1,5	1,4	1	0	33,3	23,3	10,0	26,7	6,7	0,0
Zima	0,0	9	0,3	1,0	0	0	83,3	13,3	0,0	0,0	0,0	3,3
Sedymentacja zawiesin (mętność wody)												
Wiosna	23,3	26	1,1	1,3	1	0	43,5	26,1	4,3	26,1	0,0	0,0
Lato	23,3	55	2,4	1,9	3	0	26,1	13,0	4,3	21,7	21,7	13,0
Jesień	23,3	30	1,3	1,4	1	0	39,1	26,1	8,7	17,4	8,7	0,0
Zima	23,3	11	0,5	1,1	0	0	73,9	17,4	4,3	0,0	0,0	4,3
Negatywny wpływ na możliwości stosowana i efektywność rybackich narzędzi połowowych (jeśli prowadzone są połowy)												
Wontony	0,0	10	1,0	0,7	1	1	20,0	60,0	20,0	0,0	0,0	0,0
Niewody	30,0	8	1,1	0,9	1	2	28,6	28,6	42,9	0,0	0,0	0,0
Pułapki	10,0	11	1,2	1,0	1	1	22,2	44,4	22,2	11,1	0,0	0,0
Przestawy	30,0	9	1,3	1,1	1	1	28,6	28,6	28,6	14,3	0,0	0,0
Negatywny wpływ na wielkość połowu wędkarskiego i rybackiego poszczególnych gatunków ryb												
Szczupak	13,3	53	2,0	1,5	2	3	23,1	15,4	19,2	23,1	15,4	3,8
Sandacz	13,3	40	1,5	1,3	1	1	19,2	38,5	23,1	11,5	3,8	3,8
Okoń	13,3	40	1,5	1,5	1	1	30,8	30,8	7,7	15,4	15,4	0,0
Sum	13,3	31	1,2	1,5	1	0	46,2	23,1	11,5	11,5	0,0	7,7
Leszcz	13,3	26	1,0	1,4	0	0	53,8	19,2	15,4	0,0	7,7	3,8
Jaź	20,0	25	1,0	1,2	1	1	33,3	54,2	0,0	0,0	12,5	0,0
Lin	13,3	24	0,9	1,1	1	0	42,3	34,6	19,2	0,0	0,0	3,8
Karaś	13,3	22	0,8	0,8	1	1	34,6	53,8	3,8	7,7	0,0	0,0
Kleń	20,0	21	0,9	1,2	1	0	45,8	33,3	16,7	0,0	0,0	4,2
Płoc	13,3	19	0,7	0,8	0,5	0	50,0	26,9	23,1	0,0	0,0	0,0
Negatywny wpływ na efektywność tarła i podchowu w warunkach kontrolowanych												
Szczupak	40,0	38	2,1	1,6	2	0	22,2	16,7	16,7	22,2	16,7	5,6
Sandacz	43,3	37	2,2	1,6	2	0	23,5	11,8	17,6	23,5	17,6	5,9
Sum	40,0	35	1,9	1,7	2	0	27,8	16,7	16,7	22,2	5,6	11,1
Jaź	40,0	22	1,2	1,2	1	0	33,3	33,3	16,7	11,1	5,6	0,0

BO – brak odpowiedzi

zaznaczyło wysoki wpływ (84 pkt. SR). Natomiast jesienią i zimą nie zauważono żadnego istotnego wpływu, co odnotowało odpowiednio 20,7% i 32,1% ankietowanych. Ekstremalne skoki temperatury są widocznym problemem latem, gdzie bardzo wysoki wpływ odnotowano u 31% ankietowanych (87 pkt. SR). Wiosną wpływ ten jest umiarkowany (62 pkt. SR), natomiast brak i mały wpływ znacznie przeważają jesienią i zimą.

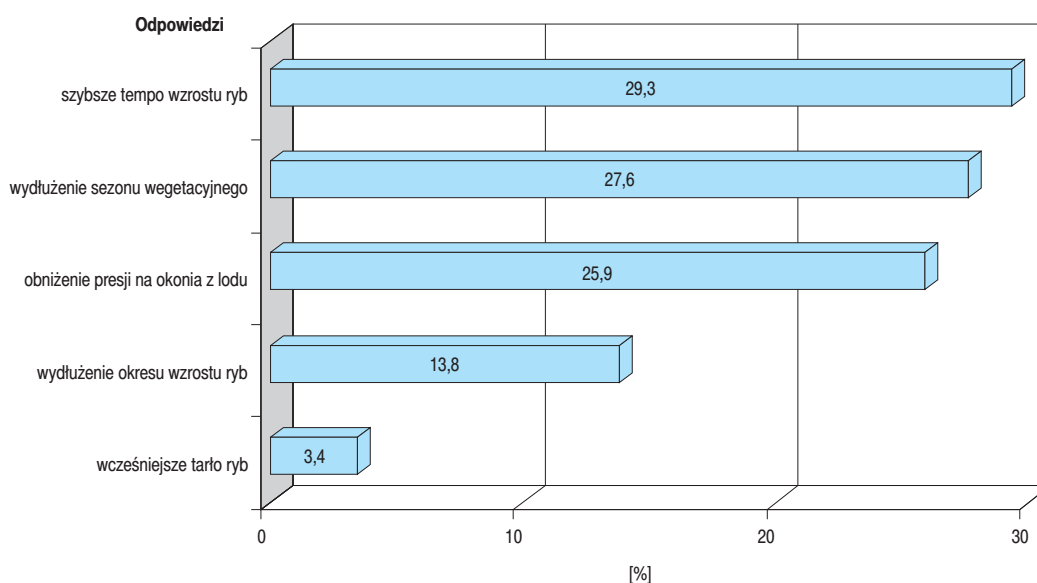
Z informacji uzyskanych z ankiet widać było wyraźnie, że niskie stany wód najbardziej niekorzystne są latem, gdzie 36,7% ankietowanych zaznaczyło bardzo wysoki wpływ (87 pkt. SR) (tab. 12). Wiosną i jesienią niskie stany wód również są pewnym problemem, a tylko zimą obniża się wpływ tego zjawiska na gospodarkę rybacką. Wahania poziomów wód są największym problemem wiosną, o czym świadczy 36,7% odpowiedzi mówiących o bardzo wysokim wpływie (91 pkt. SR), zaś latem i jesienią 23,3% ankietowanych zaznaczyło bardzo wysoki wpływ (odpowiednio 83 i 70 pkt. SR). Przyduchy i ubytki tlenowe zostały ograniczone do lata i zimy, jednak, jak widać z uzyskanych odpowiedzi, latem wpływ ten jest o wiele większy (71 pkt. SR), natomiast ponad połowa ankietowanych nie widzi żadnego ujemnego wpływu zimą (45 pkt. SR).

Dużym zaskoczeniem była informacja dotycząca kwestii, jak zmiana klimatu wpływa na skrócenie sezonu wędkarskiego, gdyż problem ten widoczny jest tylko zimą i prawdopodobnie ma związek z krótszym okresem trwania pokrywy lodowej – 20,7% użytkowników wskazało, że wpływ ten jest bardzo wysoki (51 pkt. SR), choć 41,4% nie zaobserwowało żadnego wpływu nawet zimą (tab. 12). W przypadku pytań dotyczących wpływu zmian klimatu na jakość wody, czyli na występowanie zakwitów i zmętnienia, nie było zaskoczeniem, że najwięcej ankietowanych wybrało miesiące letnie (odpowiednio 86 i 55 pkt. SR), a ponad 80% nie zauważyło takiego wpływu porą zimową.

Ankietowane podmioty gospodarcze zadeklarowały, iż tylko w 5 na 30 użytkowanych zbiorników (16,7%) prowadzi się rybackie odłowy komercyjne (rys. 3), chociaż stanowią one łącznie aż 63% całkowitej powierzchni objętej badaniami (tab. 2). Respondenci, którzy prowadzą odłowy narzędziami rybackimi, nie odnotowali specjalnie negatywnego wpływu zmian klimatycznych na możliwość stosowania i efektywność narzędzi połowowych. Z danych ankietowych wynika, że bardziej odporne na zmiany spowodowane klimatem jest stosowanie wontonów i niewodów, a problem, choć niewielki, pojawia się przy używaniu przestaw i narzędzi pułapkowych (tab. 12).

Największy negatywny wpływ zmian klimatu na wielkość połowu wędkarskiego i rybackiego dotyczył szczupaka (53 pkt. SR) oraz sandacza i okonia (po 40 pkt. SR). Pozostałe gatunki, poza sumem, nie zdobyły łącznie 30 pkt. SR, a wielu użytkowników wskazało, że wpływ zmian klimatycznych albo jest niezauważalny, albo bardzo niewielki (tab. 12). Problemy związane z efektywnością tarła i podchowu w warunkach kontrolowanych w wyniku zmian klimatycznych występują u 3 gatunków, tj. szczupaka, sandacza i suma. Wszystkie te gatunki zgromadziły podobną liczbę pkt. SR oraz podobnie rozkładały się odpowiedzi. Dużo mniejszy wpływ zaobserwowali ankietowani w przypadku jазia, gdzie 66% ankietowanych uważa, że zmiany klimatyczne nie mają żadnego lub bardzo mały wpływ na ten gatunek (tab. 12).

W pytaniu otwartym, gdzie ankietowani mogli sami wskazać pozytywne aspekty zmian klimatu, najwięcej (29,3%) z nich zwróciło uwagę na szybsze tempo wzrostu ryb, niewiele mniej, bo 27,6% wskazało, że ocieplenie klimatu wiąże się z wydłużeniem sezonu wegetacyjnego. Natomiast 25,9% oceniło, że krótszy okres zalegania pokrywy lodowej obniży czas trwania połowów podlodowych, co z kolei zmniejszy presję wędkarską wywieraną na okonia w okresie zimowym. Pozostałe wymienione pozytywy to wydłużenie okresu wzrostu ryb (13,8%) oraz wcześniejsze tarło (3,4%) (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład odpowiedzi (%) na pytanie o pozytywne zjawiska związane ze zmianami klimatu

2) Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowy tarlaków (praca 4)

Charakterystyka badanych wód, na których prowadzona jest gospodarka rybacka przez podmioty rybackie

Badane jeziora, użytkowane przez jeden podmiot, mieściły się w zakresie od 13,3 do 21553 ha, a liczba jezior mieściła się w przedziale 1-186. Powierzchnia użytkowana rybacko stanowiła 78% ogółu, natomiast udział liczby jezior użytkowanych rybacko wyniósł 46,7%. Znacznie wyższe były udziały powierzchni (aż 99%) oraz udział liczby jezior użytkowanych wędkarsko (ponad 97%) (tab. 13). Warto jednak odnotować, że niższy udział wód użytkowanych rybacko wynika z tego powodu, że większość okręgów PZW nie prowadzi eksploatacji rybackiej na swoich wodach, z czego wynika brak podawanej powierzchni wód użytkowanych rybacko w przypadku znacznej większości tych podmiotów.

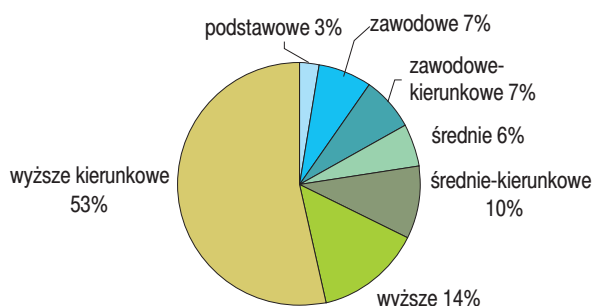
Tabela 13. Wybrane parametry badanych jezior

Parametr	Dane rzeczywiste	M	Me	SD	Zakres	Udział (%)
Ogólna powierzchnia jezior (ha)	174078	2290,5	733,4	3423,4	13,3-21553	100,0
Ogólna liczba jezior	1921	25,3	10,0	39,6	1-186	100,0
Powierzchnia wód użytkowanych rybacko (ha)	135842	1787,4	454,4	3201,9	0-20008	78,0
Liczba jezior użytkowanych rybacko	897	11,8	5,0	16,7	0-103	46,7
Powierzchnia wód użytkowanych wędkarsko (ha)	172394	2237,3	733,4	3419,5	8-21553	99,0
Liczba jezior użytkowanych wędkarsko	1876	24,7	8,0	39,6	1-186	97,7

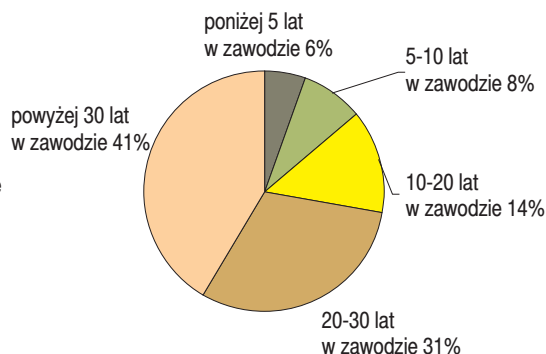
Charakterystyka zawodowa uprawnionych do rybactwa oraz pracowników badanych podmiotów

Analizując wykształcenie i doświadczenie zarówno samych uprawnionych (menedżerów, właścicieli gospodarstw), jak i pracowników gospodarstw (ichtiologów, pracowników fizycznych) widać wyraźnie, że właściciele gospodarstw to w znacznej większości osoby z wyższym wykształceniem, gdzie ponad połowa z nich posiada wyższe studia zakończone na uczelni, która kształciła w zakresie rybactwa, a tylko 3% z nich posiada wykształcenie podstawowe. W kwestii doświadczenia 41% uprawnionych posiada ponad 30-letnie doświadczenie, 31% ponad 20-letnie, a zaledwie 6% ma doświadczenie krótsze niż 5 lat (rys. 5). Natomiast pracownicy zatrudnieni w badanych podmiotach w większości nie mają wyższego wykształcenia (tylko 24%, w tym 12% kierunkowe), w większości mają wykształcenie zawodowe, z czego 21% wykształcenie zawodowe-kierunkowe (rys. 5). Warto tutaj wspomnieć, że żaden pracownik w tej grupie nie miał podstawowego wykształcenia, co może być skutkiem reformy z 1999 r., która zaowocowała tym, że większość osób miała sposobność zdobyć wykształcenie gimnazjalne, czyli wyższe niż podstawowe. Pracownicy posiadają doświadczenie powyżej 20 lat (34%) i 10 lat (31%), a tylko 18% posiada doświadczenie powyżej 30 lat.

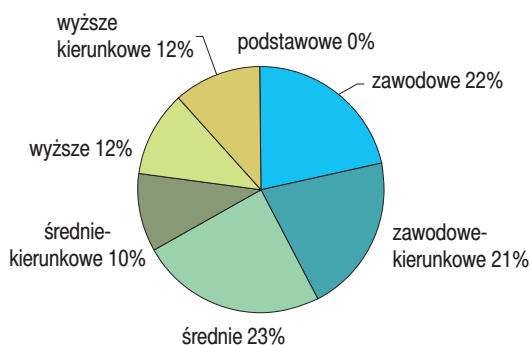
(a) wykształcenie właścicieli*



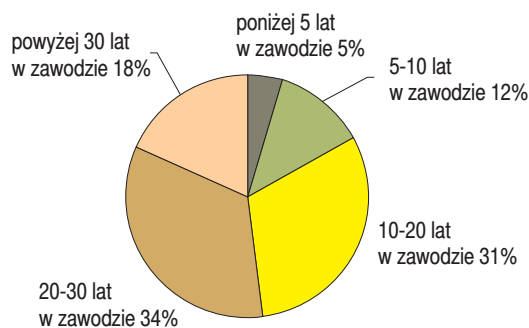
(b) doświadczenie właścicieli



(c) wykształcenie pracowników**



(d) doświadczenie pracowników



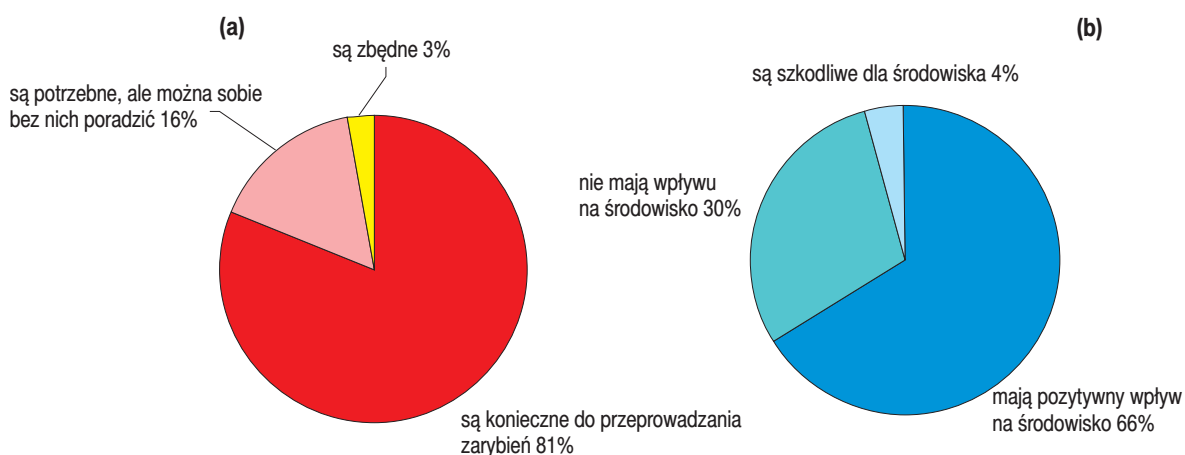
kierunkowe - oznacza specjalność rybacką,

* właściciel, czyli uprawniony do rybactwa, ** pracowników badanych podmiotów rybackich

Rys. 5. Wykształcenie i doświadczenie badanych uprawnionych do rybactwa oraz pracowników badanych podmiotów

Stanowisko uprawnionych w sprawie odłowu tarlaków i ich wpływu na ekologię i ochronę środowiska oraz na czynniki społeczne

Stanowisko względem sensowności odłowu tarlaków jest dość jasne, aż 81% użytkowników jeziorowych obwodów rybackich twierdzi, że są one konieczne do przeprowadzenia zarybień, a zaledwie 3% twierdzi, że są one zbędne (rys. 6). W kwestii wpływu na środowisko 66% respondentów stwierdziło, że mają one pozytywny wpływ, blisko co trzeci badany stwierdził, że nie mają one żadnego wpływu, a 4% że są one szkodliwe.



Rys. 6. Rozkład odpowiedzi na pytania dotyczące celowości odłowu tarlaków (a) oraz wpływu odłowu tarlaków na środowisko (b)

Analizując rozkład odpowiedzi, jak zdaniem ankietowanych do problematyki odłowów podchodzą wędkarze, to zarówno dostatecznie, jak i dobrze odłowu te ocenia po 31,9% wędkarzy, źle i bardzo źle ponad 27%, a bardzo dobrze tylko 8,3%. Większość badanych respondentów dobrze ocenia swoje relacje z wędkarzami (52,1%), a tylko 1,4% ocenia te relacje jako niedostateczne. Natomiast w kwestii, które środowiska wywierają największą presję w sprawie celowości odłowów tarlaków, to większość respondentów jest zgodna, że to głównie organizacje ekologiczne, czyli takie, których jednym z celów działalności jest maksymalna ochrona zwierząt (53,4% odpowiedzi) oraz wędkarze (30,0%), natomiast naukowców wskazało zaledwie 3,3% badanych (tab. 14).

Tabela 14. Rozkład odpowiedzi (%) na zagadnienie dotyczące oceny odłowu tarlaków przez różne środowiska

Pytanie	Rozkład odpowiedzi (%)				
Jak wg Pana/Pani wędkarze wędkujący na waszych wodach oceniają odłów tarlaków na potrzeby gospodarstwa/okręgu PZW?	bardzo źle	źle	dostatecznie	dobrze	bardzo dobrze
	8,3	19,4	31,9	31,9	8,3
Jak ocenia Pan/Pani relacje waszego gospodarstwa/okręgu PZW z wędkarzami?	niedostatecznie	dostatecznie	dobrze	bardzo dobrze	
	1,4	27,4	52,1	19,2	
Które środowiska wg Pana/Pani wywierają największą presję w sprawie braku celowości odłowu tarlaków?	wędkarze	organizacje ekologiczne	urzędnicy	naukowcy	
	30,0	53,4	13,3	3,3	

Ocena sposobów dotyczących regulacji odłowów tarlaków

W tabeli 15 przedstawiono, jak kształtowały się oceny danych sposobów dotyczących regulacji odłowów tarlaków. Najlepiej ocenianą propozycją, która zdobyła 209 punktów sumy rang (SR), była *całkowita swoboda działania gospodarstw w sprawie odłowu tarlaków*, była to też jedyna propozycja, która ogólnie została pozytywnie oceniana. Warto tutaj jednak

Tabela 15. Odpowiedzi na pytania dotyczące potencjalnych regulacji odłowów tarlaków

Sposoby regulacji	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
SR	20	94	123	99	40	61	106	73	134	209
M	0,27	1,31	1,71	1,41	0,56	0,84	1,51	1,00	1,84	2,86
Me	0	1	1	1	0	0	1	0	2	3
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Zakres oceny	0-5, gdzie 0 – ocena bardzo zła, 5 – ocena bardzo dobra									

Sposoby regulacji:

A. całkowity zakaz odłowu tarlaków

B. częściowy zakaz odłowu tarlaków (zakaz dotyczący określonych gatunków)

C. monitoring genetyczny tarlaków (dobór tarlaków do tarła na podstawie wyników analiz genetycznych)

D. odłów tarlaków dozwolony tylko w jeziorach, gdzie tarło jest utrudnione

E. odłów tarlaków dozwolony tylko w jeziorach, gdzie wyrażą na to zgodę wędkarze lub organizacje ekologiczne

F. nakaz wypuszczania wszystkich tarlaków (bez względu na ich kondycję) z powrotem do jeziora

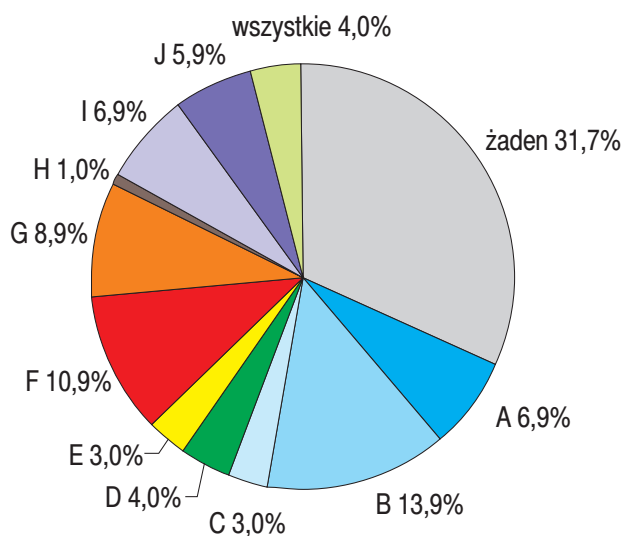
G. nakaz przeprowadzenia tarła przyżyciowego

H. zakaz sprzedaży uśmierconych tarlaków

I. zakaz handlu żywymi tarlakami

J. całkowita swoboda działania podmiotów rybackich w sprawie odłowu tarlaków

wspomnieć, że propozycja liberalizacji odłowów tarlaków znalazła również sporo przeciwników, z czego wynika średnia ocena na poziomie 2,86. Pozostałe propozycje w większości oceniane były bardzo negatywnie, stąd moda (najczęściej występująca ocena) w propozycjach od A do I wyniosła 0. Jednak mimo ogólnej negatywnej oceny pomysłów propozycja dotycząca zakazu handlu żywymi tarlakami zdobyła 134 punkty SR, a *monitoring genetyczny tarlaków (dobór tarlaków do tarła na podstawie wyników analiz genetycznych)* – 123 punkty SR. Najniżej ocenianymi propozycjami były *całkowity zakaz odłowu tarlaków* (20 punktów SR) oraz *odłów tarlaków dozwolony tylko w tych jeziorach, gdzie wyrażą na to zgodę wędkarze lub organizacje ekologiczne* (40 punktów SR). Jak widać na rysunku 7, aż 31,7% nie słyszało o żadnej z tych potencjalnych propozycji uregulowania odłowów tarlaków, a zaledwie 4% znało wszystkie te propozycje. Wśród



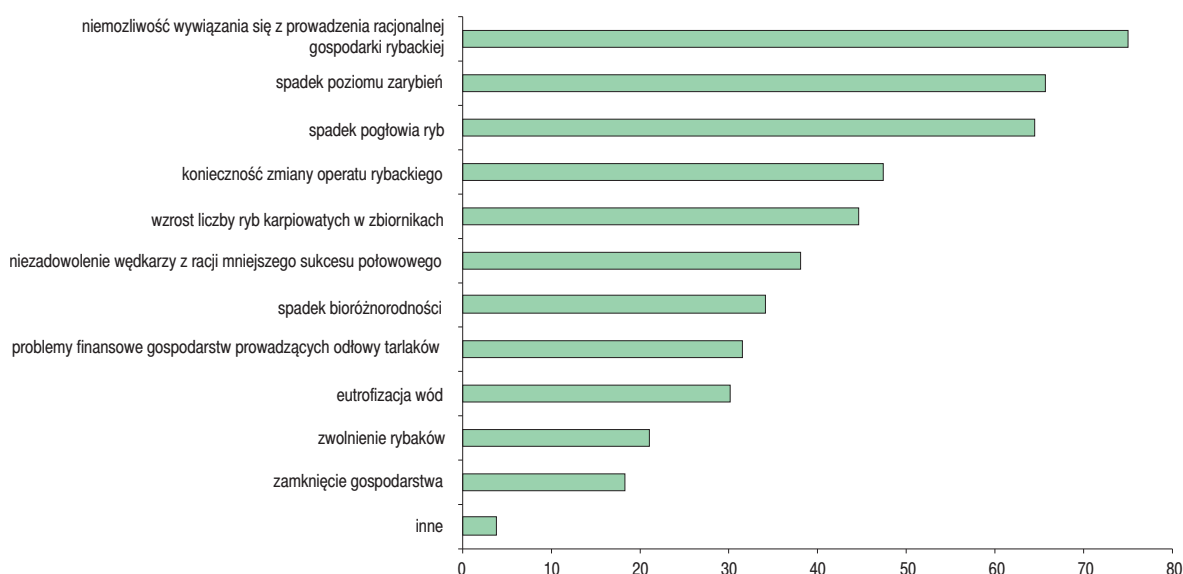
Rys. 7. Rozkład (%) odpowiedzi na pytanie dotyczące znajomości propozycji regulacji odłowów tarlaków przed wypełnieniem ankiety (sposoby regulacji A-J opisane w tabeli 15)

wymienionych najbardziej znane były *częściowy zakaz odłowu tarlaków (zakaz dotyczący określonych gatunków)* – 13,9% odpowiedzi oraz *nakaz wypuszczania wszystkich tarlaków (bez względu na ich kondycję) z powrotem do jeziora* – 10,9%.

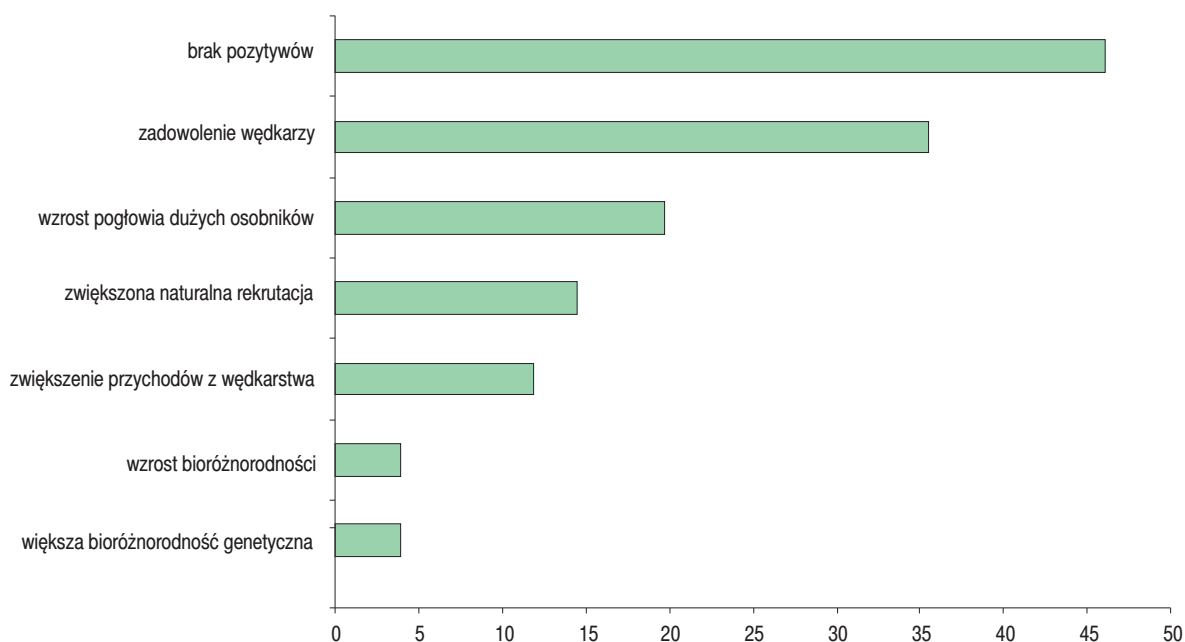
Ocena negatywnych i pozytywnych skutków wprowadzenia zakazu odłowów tarlaków oraz potencjalne rekompensaty dla podmiotów

Według ankietowanych najgorsze skutki wprowadzenia zakazu odłowu tarlaków to *niemożliwość wywiązania się z prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej* (75,0% ankietowanych), *spadek poziomu zarybień* (65,8%) oraz *spadek połowia ryb* (64,5%) (rys. 8). Najmniej uciążliwe skutki to *wbrew pozorom zwolnienie rybaków* (21,1%) oraz *zamknięcie gospodarstwa* (8,4%). W przypadku *innych*, które stanowiły niecałe 4 procent odpowiedzi, padały odpowiedzi typu: brak negatywnych skutków, karłowacenie ryb. Natomiast oceniając pozytywne aspekty wprowadzenia zakazu odłowu tarlaków, aż 46,1% badanych podało, że nie dostrzega żadnych pozytywnych skutków wprowadzenia takich regulacji. Natomiast 35,5% ankietowanych wskazało, że może się to przyczynić do *zadowolenia wędkarzy oraz wzrostu połowia dużych osobników*, co zadeklarowało 19,7% respondentów. Zwiększenie bioróżnorodności, zarówno biologicznej, jak i genetycznej wymieniło 3,9% badanych (rys. 9).

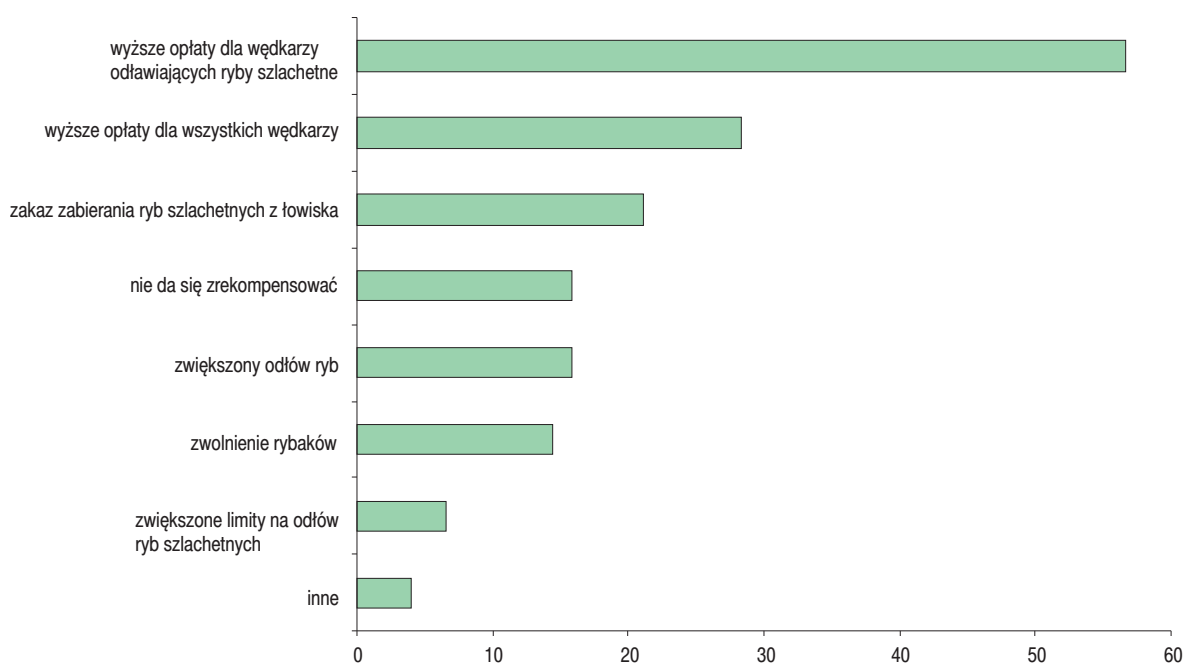
W razie zaistnienia sytuacji, gdyby odłowu tarlaków zostały zakazane, większość właścicieli badanych podmiotów (56,6%) wybiera opcję wyższych opłat dla wędkarzy odławiających ryby szlachetne, w tym zwłaszcza drapieżne, 34,2% wyższe opłaty dla wszystkich wędkarzy, a 21,1% wprowadziłoby *zakaz zabierania ryb szlachetnych z łowiska*. Warto tutaj wspomnieć, że 15,8% ankietowanych stwierdziło, że nie da się zrekompensować strat wynikających z wprowadzenia takiego zakazu. W kwestii *innych*, które stanowiły 3,9 procent odpowiedzi, wymieniono zwolnienie z obowiązku zarybień oraz zmniejszenie opłat za dzierżawę (rys. 10).



Rys. 8. Rozkład odpowiedzi (%) na zagadnienie dotyczące negatywnych konsekwencji wprowadzenia zakazu odłowu tarlaków



Rys. 9. Rozkład odpowiedzi (%) na zagadnienie pozytywnych konsekwencji wprowadzenia zakazu odłowu tarlaków

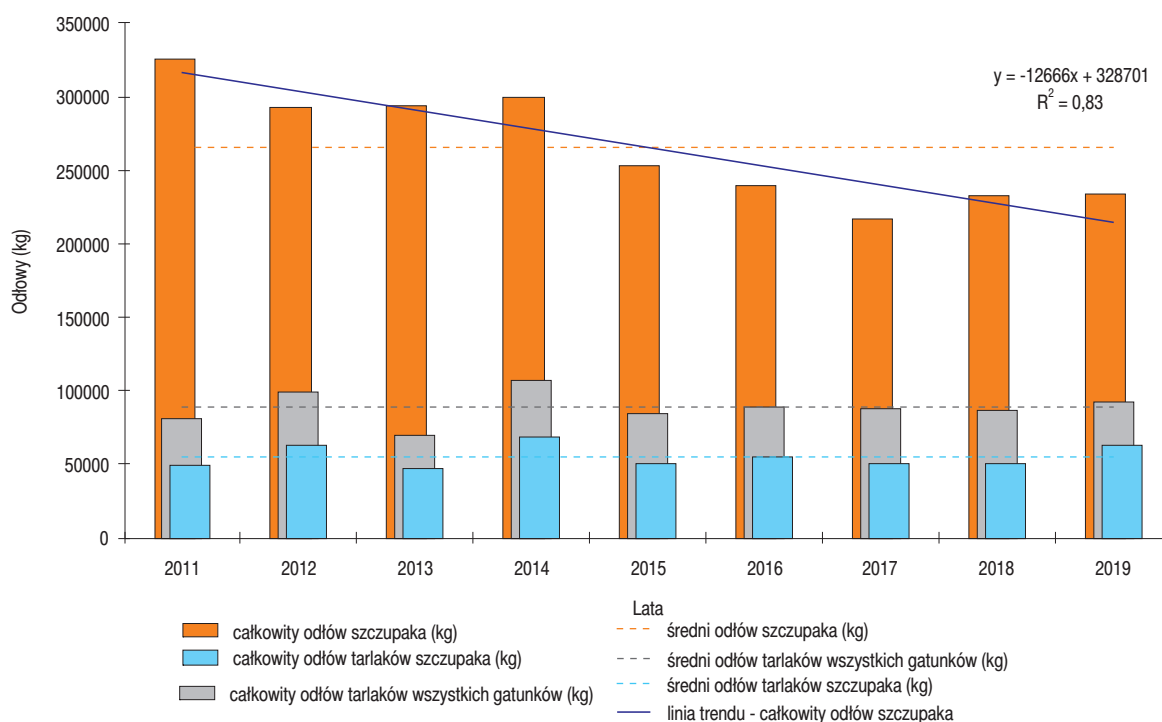


Rys. 10. Rozkład odpowiedzi (%) na zagadnienie dotyczące czym gospodarstwo może rekompensować sobie zakaz odłowu tarlaków

3) Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem w wodach obwodów rybackich (praca 6)

Odłowy szczupaka

Duża zmienność odnotowywana była w przypadku odłowów całkowitych szczupaka, które wahały się od 217127 kg w roku 2017 do 325337 kg w 2011, od tego też roku obserwowany jest trend spadkowy tych odłowów, który jednak został zahamowany w ostatnich dwóch latach badanego okresu (rys. 11). Udział podmiotów uprawnionych do rybactwa, które dokonywały zarybień szczupakiem w analizowanym okresie, wynosił średnio rocznie 76,4%, najmniejszy był w 2006 r. (63,5%), zaś maksymalny w 2018 (84,9%) (tab. 16). Początkowo udział ten charakteryzował się tendencją wzrostową, ale od roku 2012 ustabilizował się na poziomie około 80%. Natomiast udział powierzchni zarybionej szczupakiem w zasadzie od roku 2008 wynosi ponad 80% i w tym czasie aż 5-krotnie przekraczał 87%.



Rys. 11. Odłowy całkowite szczupaka, całkowite odłowy tarlaków wszystkich gatunków i tarlaków szczupaka (kg) w obwodach rybackich w latach 2011-2019

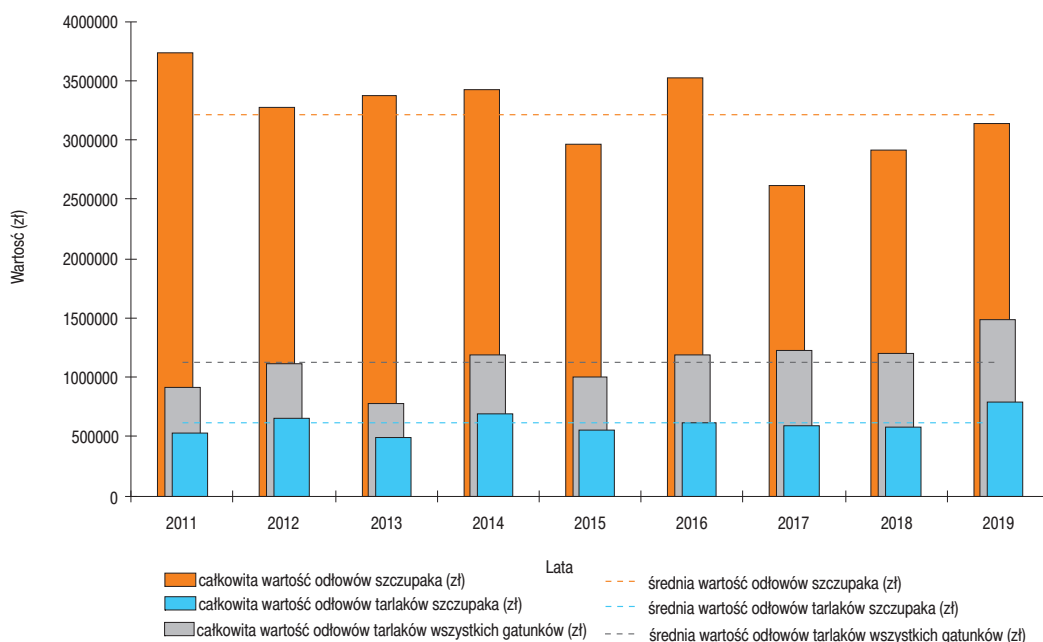
Porównując odłowy tarlaków szczupaka z całkowitą ilością odłowów tarlaków wszystkich gatunków ryb oraz z całkowitą ilością odłowów szczupaka, widać, że całkowity odłów szczupaka w obwodach rybackich systematycznie maleje ($R^2=0,83$), zarówno w wartościach rzeczywistych, jak i w przeliczeniu na 1 ha, choć w latach 2018-2019 tempo tego spadku zostało powstrzymane (rys. 11, tab. 17). Natomiast odłowy tarlaków szczupaka, jak i wszystkich gatunków tarlaków łącznie utrzymują się na bardzo zbliżonym poziomie – udział odłowu tarlaków szczupaka w stosunku do całkowitego odłowu tego gatunku utrzymuje się na poziomie średnio 21,2%, a w stosunku do całkowitego odłowu tarlaków wszystkich gatunków stanowi 62,2% (tab. 17). Zupełnie inaczej przedstawiają się relacje pod względem wartości odłowów wyżej wymienionych frakcji. W przypadku szczupaka występują znaczne

Tabela 16. Odłowy rybackie i zarybienia szczupakiem w latach 2005-2019

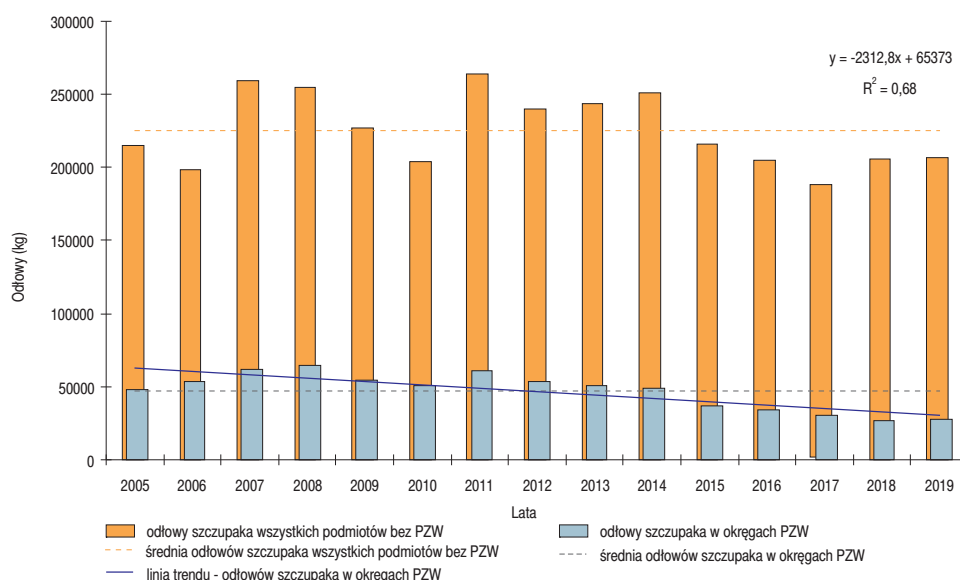
Lata	Odłów szczupaka [kg]	Udział podmiotów zarybiających szczupakiem	Udział powierzchni zarybionej szczupakiem
		[%]	[%]
2005	263520	71,1	76,1
2006	251758	63,5	78,5
2007	321508	64,0	77,8
2008	318854	72,1	82,2
2009	281386	73,6	83,8
2010	255177	75,1	82,0
2011	325337	76,8	87,9
2012	293123	80,8	85,8
2013	294008	81,2	87,3
2014	299858	79,6	85,4
2015	252773	79,7	85,2
2016	239021	82,0	88,4
2017	217127	81,1	85,4
2018	233030	84,9	88,2
2019	234071	80,9	88,2
Parametry statystyczne			
M	389312	76,4	84,1
SD	44996,3	6,2	3,9
Me	263520	76,8	85,2

Tabela 17. Udział tarlaków szczupaka i udział wartości tego gatunku w całkowitym odłowie oraz wartości odłowów szczupaka i tarlaków wszystkich gatunków ryb (%) oraz wielkość i wartość odłowów całkowitych szczupaka, tarlaków wszystkich gatunków ryb i tarlaków szczupaka (kg) w latach 2011-2019

Rok	Udział tarlaków szczupaka w całkowitym odłowie		Udział wartości tarlaków szczupaka w całkowitej wartości odłowu		Odłów			Wielkość odłowów		
	Szczupaka [%]	Wszystkich tarlaków [%]	Szczupaka [%]	Wszystkich tarlaków [%]	Całkowity (kg ha ⁻¹)	Wszystkie tarlaki (kg ha ⁻¹)	Tarlaki szczupaka (kg ha ⁻¹)	Całkowite (kg ha ⁻¹)	Wszystkie tarlaki (kg ha ⁻¹)	Tarlaki szczupaka (kg ha ⁻¹)
2011	15,2	61,0	14,3	58,8	0,84	0,21	0,13	9,68	2,36	1,39
2012	21,5	63,6	20,1	59,2	0,75	0,25	0,16	8,36	2,84	1,68
2013	16,2	68,8	14,7	63,3	0,75	0,18	0,12	8,64	2,00	1,27
2014	22,9	64,2	20,2	58,5	0,76	0,27	0,17	8,66	3,00	1,75
2015	20,1	60,3	19,0	56,2	0,64	0,21	0,13	7,49	2,53	1,42
2016	23,1	62,2	17,6	52,0	0,60	0,22	0,14	8,90	3,01	1,56
2017	23,5	58,1	22,5	48,2	0,55	0,22	0,13	6,61	3,09	1,49
2018	21,6	57,8	19,8	48,2	0,61	0,23	0,13	7,68	3,15	1,52
2019	26,7	67,1	25,0	52,8	0,59	0,24	0,16	7,95	3,77	1,99
M	21,2	62,6	19,2	55,2	0,68	0,23	0,14	8,22	2,86	1,56
SD	3,6	3,8	3,4	5,3	0,10	0,03	0,02	0,90	0,51	0,22
Me	21,6	62,2	19,8	56,2	0,64	0,22	0,13	8,36	3,00	1,52



Rys. 12. Wartość całkowitych odłowów szczupaka, całkowitych odłowów tarlaków wszystkich gatunków ryb i tarlaków szczupaka (kg) w obwodach rybackich w latach 2011-2019



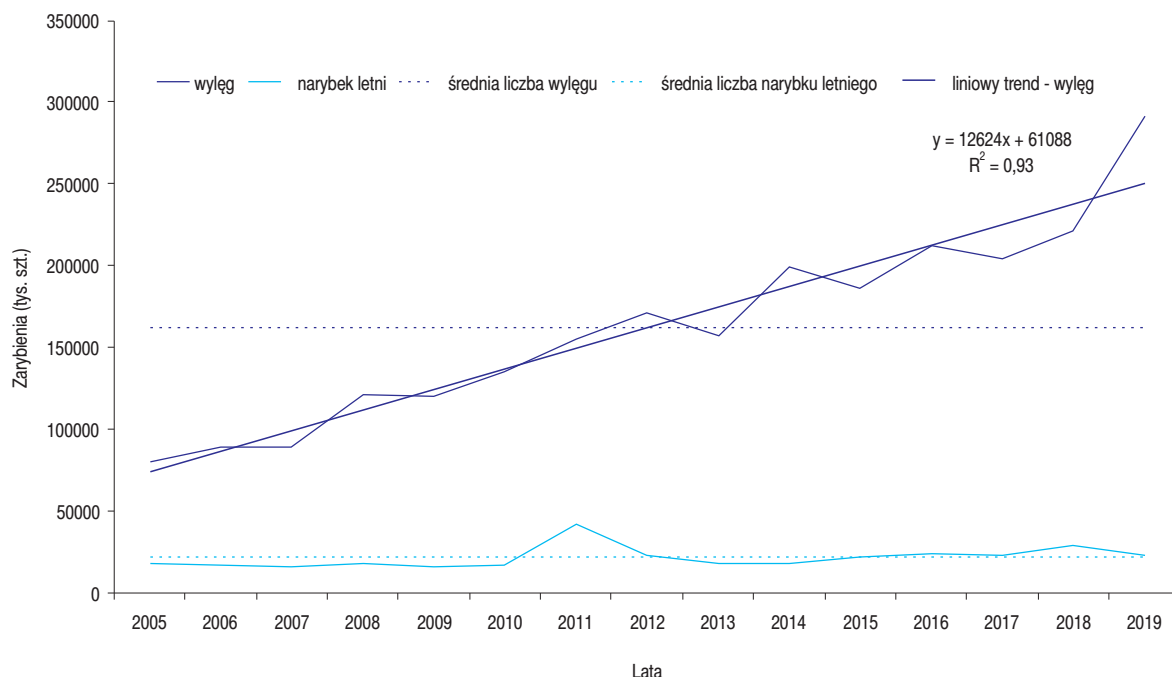
Rys. 13. Porównanie odłowów szczupaka w okręgach PZW i w pozostałych podmiotach

wahania (od ok. 2,5 do 3,7 mln zł), ale trend prostoliniowy nie jest istotny statystycznie. Natomiast wartość odłowów tarlaków wszystkich gatunków ryb rośnie, ale wartość odłowów tarlaków szczupaka wyrażona w danych rzeczywistych oraz w przeliczeniu na 1 ha utrzymuje się na zbliżonym poziomie (rys. 12, tab. 17).

Przeprowadzono analizę porównawczą wielkości odłowów szczupaka w grupie okręgów PZW i grupie wszystkich pozostałych podmiotów. Uzyskane wyniki wskazują, że za ogólny trend spadku odłowów w okręgach PZW ($R^2=0,68$) odpowiada w dużej mierze ich polityka połowowa, ponieważ od lat systematycznie zmniejszają lub całkowicie zakazują połowów komercyjnych szczupaka i wszystkich pozostałych gatunków ryb; od roku 2014 w tej grupie podmiotów zaczął się znaczny spadek w stosunku do średniej z wielolecia, podczas gdy w przypadku pozostałych badanych podmiotów balansują one bliżej średniej (rys. 13).

Zarybienia poszczególnymi formami materiału szczupaka

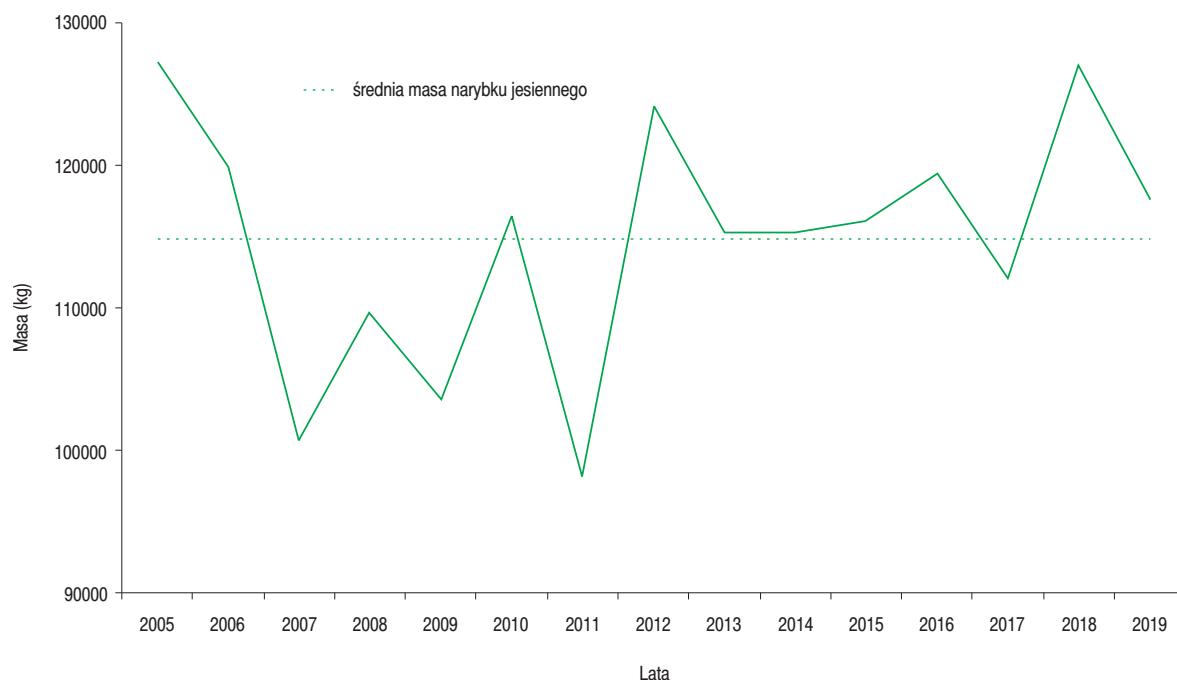
Ilość wylęgu szczupaka wprowadzanego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019 wykazywała bardzo wyraźną tendencję wzrostową ($R^2=0,93$), od minimum 80 mln szt. w roku 2005 do 291 mln szt. w 2019 r. (rys. 14), a średnio rocznie 162 mln szt. Natomiast w przypadku narybku letniego szczupaka nie obserwowano ani trendu wzrostowego, ani spadkowego, i na przestrzeni badanych lat można raczej mówić o długotrwałej stabilizacji, z wyjątkowymi latami 2011 i 2018, kiedy wyraźnie wprowadzono więcej niż średnia roczna ilość z wielolecia.



Rys. 14. Liczba (tys. szt.) wylęgu szczupaka i narybku letniego wprowadzonego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019

Narybkiem jesiennym szczupaka w latach 2005-2019 zarybiano w średniej rocznej ilości 114 tys. kg, przy czym powyżej 124 tys. kg zarybiono w latach 2005, 2012 i 2018, a najmniej, bo poniżej 100 tys. kg w roku 2011 (rys. 15). Analizując ilości narybku jesiennego wprowadzonego do wód obwodów rybackich, można stwierdzić, że asortyment ten cechowała duża zmienność, szczególnie w latach 2005-2012. Nie zaobserwowano przy tym wyraźnej tendencji, ale od 2012 r. widać stabilizację, która od tego czasu zaczyna pokrywać się ze średnią wieloletnią.

Analizując zmiany ilości materiału zarybieniowego szczupaka starszego od narybku jesiennego, czyli narybku 1+ i krocza oraz handłówki, wyraźny spadek, przy znacznych ich wahaniach można było zaobserwować w przypadku wszystkich wymienionych form materiału zarybieniowego (rys. 16). Masa wprowadzonego narybku 1+ obniżyła się z poziomu 6000 – 10000 kg w latach 2005-2011 do około 2000 kg w latach 2017-2019, masa asortymentu krocza malała od poziomu 4000 – 10000 kg (2005-2011), by osiągnąć około 1000 kg w okresie 2016-2018 i prawie wielkość średniej wieloletniej, tj. 4000 kg w 2019 r., natomiast zarybienia handłówką rekordowe były w roku 2009 (ok. 4000 kg), lecz od roku 2010 wyraźnie spadły do poziomu poniżej średniej (a nawet w niektórych latach oscylując w pobliżu 0) i dopiero w ostatnim roku widać było jednorazowy wyraźniejszy wzrost ponad średnią z wielolecia.



Rys. 15. Masa (kg) narybku jesiennego szczupaka wprowadzonego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019



Rys. 16. Masa (kg) narybku 1+, krocza i handłówek szczupaka wprowadzonych do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019

Zarybienia selektami i tarlakami w badanym okresie, mimo znacznych wahań, wykazały trend rosnący ($R^2=0,51$) (rys. 17). Po najniższym zarybieniu tymi formami w 2014 r. nastąpiły rekordowe lata 2015, 2016 oraz 2019. Mimo że w roku 2018 obniżyła się ilość wprowadzonego materiału, to i tak była powyżej średniej z wielolecia.

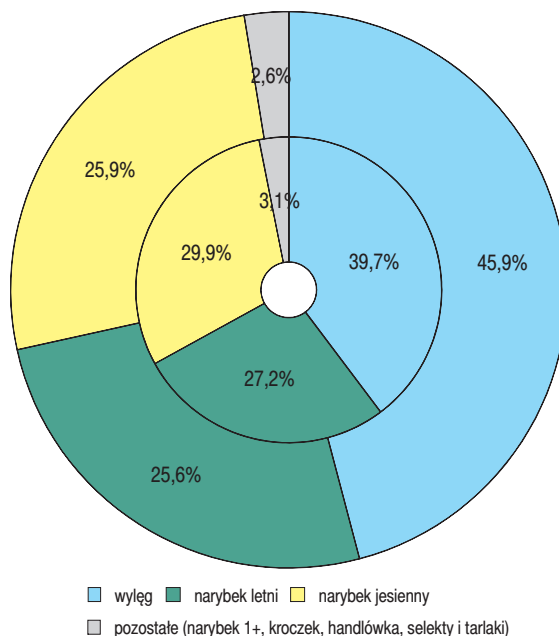
W latach 2005-2019 w udziale procentowym poszczególnych form materiału zarybieniowego w całkowitej wartości zarybień szczupakiem 39,7% stanowiła wartość wprowadzonego wylęgu, narybek jesienny stanowił 29,9%, letni 27,2%, a pozostałe starsze formy



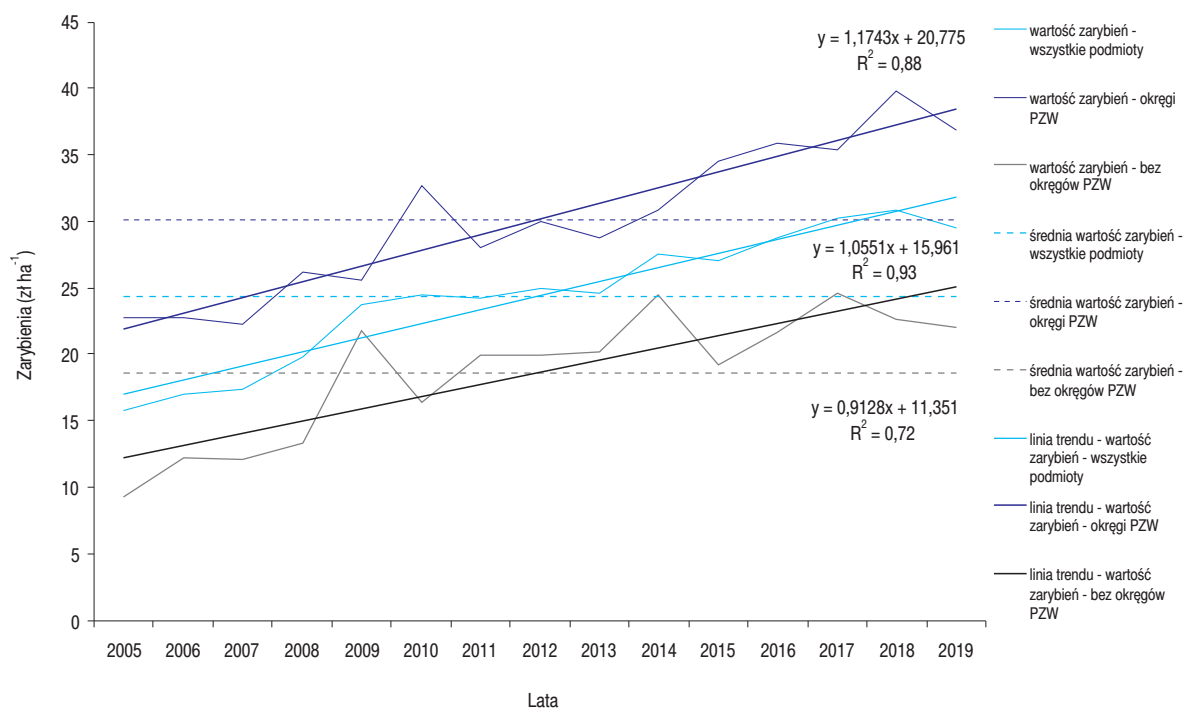
Rys. 17. Masa (kg) selektów i tarlaków wprowadzonych do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019

materiału zarybieniowego (narybek 1+, kroczek, handłówka oraz selekty i tarlaki) tylko 3,1% (rys. 18). Jednak w ostatnich 5 latach (2015-2019) zaobserwować można było, że aż 45,9% wartości stanowił wylęg, pozostałe wartości nieznacznie się zmieniły, gdyż udział narybku jesiennego wyniósł 25,9%, letniego 25,6%, a udział pozostałych form 2,6%.

Porównanie wartości względnej zarybień (zł ha^{-1}) wykazało ogólny trend wzrostu tej wartości w obu grupach i we wszystkich badanych podmiotach (rys. 19). Polityka zarybieniowa okręgów PZW od lat promuje szczupaka jako jednego z kilku najbardziej preferowanych przez wędkarzy gatunków ryb, stąd przez cały badany okres obserwowano w obwodach rybackich użytkowanych przez Związek największe wartości nakładów na 1 ha zarybianej powierzchni. Podobny, a nawet bardziej wyraźny, trend dotyczył wszystkich badanych podmiotów ($R^2=0,93$), natomiast obserwując wartość zarybień pozostałych podmiotów (tj. bez PZW), widać, że trend ten charakteryzuje mniejsza stopa wzrostowa i jest on mniej istotny statystycznie ($R^2=0,72$).



Rys. 18. Udział poszczególnych form materiału zarybieniowego (%) w całkowitej wartości zarybień szczupakiem w latach 2005-2019 (pierścień wewnętrzny) oraz w latach 2015-2019 (pierścień zewnętrzny)



Rys. 19. Porównanie wartości zarybienia szczupaka (zł ha⁻¹) w okręgach PZW i w pozostałych podmiotach oraz z całkowitą wartością zarybienia we wszystkich badanych podmiotach

4) Wielkości i wybrane cechy odłowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej (praca 3)

Odłowy rybackie szczupaka w czasach PRL

Od około 1950 r. do początku lat 90. XX w. największym użytkownikiem rybackim wód śródlądowych w Polsce były Państwowe Gospodarstwa Rybackie (PGRyb). W 1981 r. użytkowały prawie 280 tys. ha jezior, co stanowiło około 90% całkowitej krajowej powierzchni, dostarczając – poprzez Centralę Rybną – praktycznie 100% jeziorowej produkcji ryb konsumpcyjnych (Raport... 1981). W okresie działania PGRyb funkcjonował centralny system zbierania i gromadzenia podstawowych danych gospodarczych, które umożliwiły prześledzenie podstawowych parametrów i trendów charakteryzujących rybackie odłowy szczupaka w latach 1956-1985. Przy średniej ich wielkości wynoszącej 473 tony, maksymalny odłów osiągnął 779 ton w 1959 r., zaś minimalny zaledwie 140 ton w 1984. Trend odłowów ma spadkowy charakter ($r = -0,91$, $R^2 = 0,83$) – od ponad 600 ton średnio przez dziewięć lat na początku badanego okresu, do poziomu około 200 ton średnio w ostatnich dziewięciu latach (rys. 20).

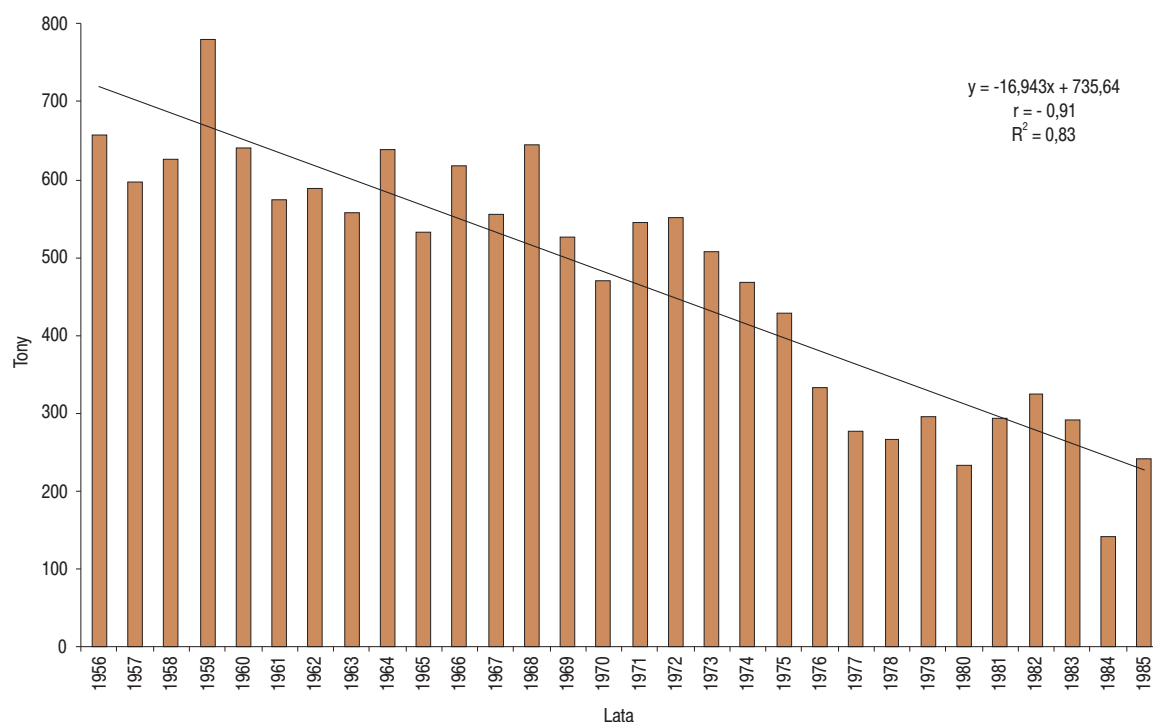
W kolejnym raporcie stwierdzono m.in.: *kształtowanie się odłowów typowych gatunków litoralu tj. szczupaka i lina (*Tinca tinca* (L.)), wykazuje wręcz katastrofalne tempo spadku obu tych gatunków. Przeciętnie połowy ich zmniejszyły się o około 26 ton rocznie, a w ostatnich latach spadek wynosił już 40% średniej wieloletniej. W/w tendencje dowodzą, że proces degradacji środowiska naszych jezior doszedł już do stopnia zagrażającego nie tylko dalszemu rozwojowi rybactwa jeziorowego, ale wręcz jego istnieniu* (Leopold 1986). Leopold i in.

(1986) ograniczyli przyczyny tych zmian do zachodzącego procesu przyspieszonej eutrofizacji, którego jednym z kilku głównych gatunków wskaźnikowych jest właśnie szczupak.

Odłowy rybackie szczupaka po okresie transformacji ustrojowej i własnościowej

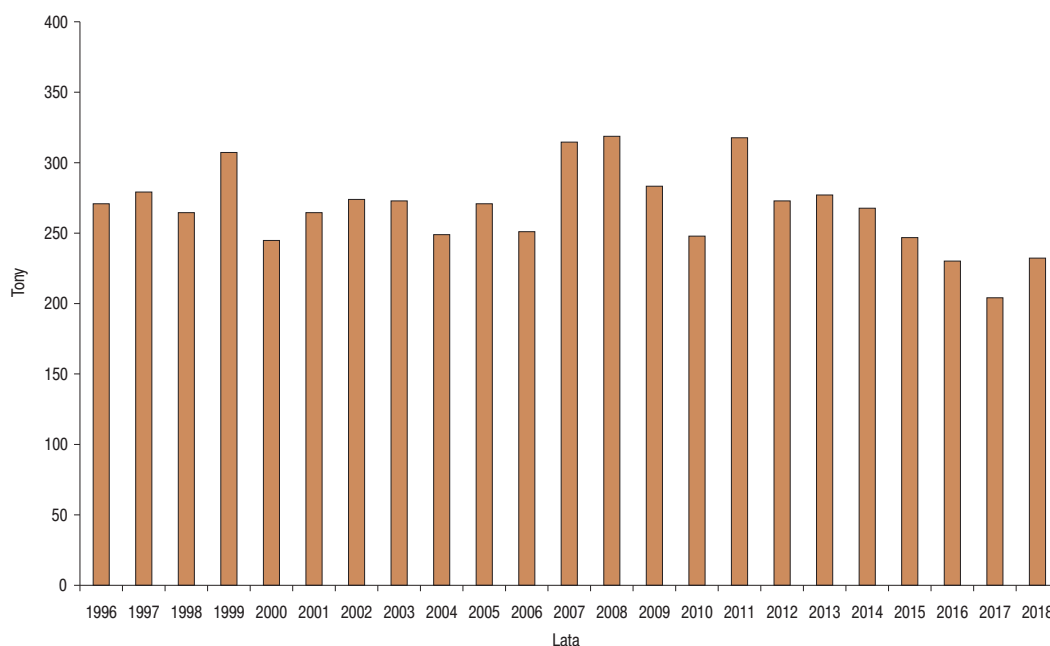
Kryzys gospodarczy w latach 80. XX w., a następnie przemiany ustrojowe i przekształcenia własnościowe w rybactwie² spowodowały, iż od końca tej dekady do połowy lat 90. wystąpił brak reprezentatywnych informacji o stanie rybactwa jeziorowego. Wraz z postępującymi przemianami własnościowymi w rybactwie zwiększało się znaczenie badań naukowych obejmujących wiele aspektów funkcjonowania rybactwa jeziorowego. W 1996 r. zapoczątkowano badania ankietowe gospodarstw jeziorowych, obejmujące m.in. analizę wskaźników gospodarczych (Leopold i Wołos 1996), co w dłuższym horyzoncie czasowym umożliwiło bardziej kompleksową analizę odłowów szczupaka w latach 1996-2018. Średni roczny odłów z 270 tys. ha jezior wyniósł w tym okresie 268 ton ($0,99 \text{ kg ha}^{-1}$) i przez 18 lat charakteryzował się stosunkowo nieznacznymi odchyleniami (brak trendu, $R^2 = 0,12$) od podanej średniej w poszczególnych latach (rys. 21), by po 2014 r. wykazać spadek do średniego poziomu około 230 ton ($0,85 \text{ kg ha}^{-1}$).

W badanym okresie następował istotny statystycznie spadek ($r = -0,87$, $R^2 = 0,75$) liczby rybaków (rys. 22), mający skutki dla przedstawionych tu rozważań. W pierwszych pięciu

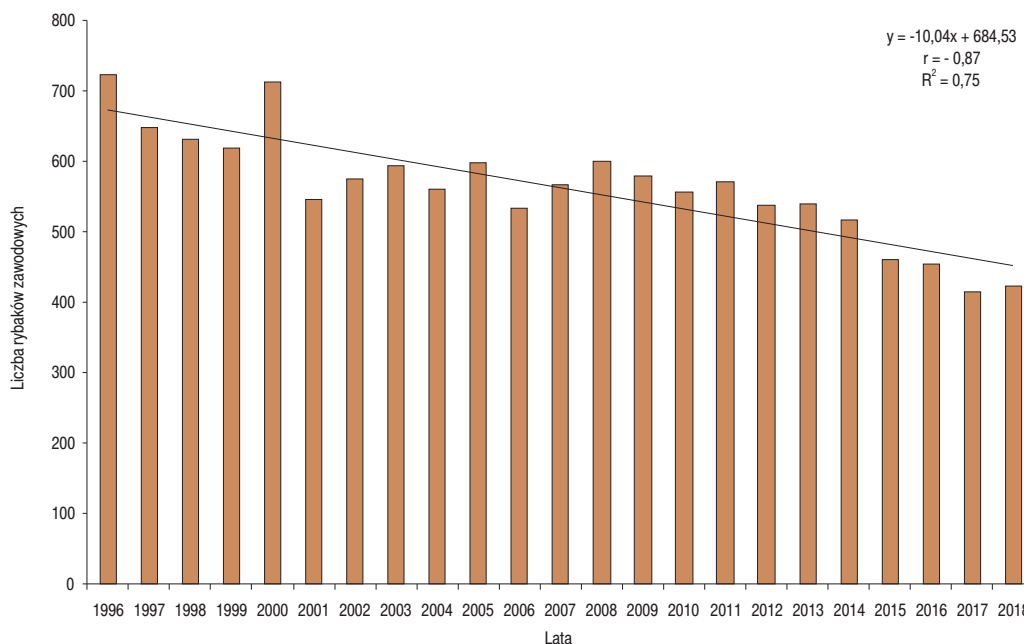


Rys. 20. Odłowy rybackie (komercyjne) szczupaka z jezior w latach 1956-1985

² Po upadku komunistycznego reżimu w Polsce w 1989 r. zlikwidowano państwowe gospodarstwa rybackie, w ciągu kilku lat nastąpiły zmiany własnościowe polegające na wydzierżawieniu w drodze konkursów prawa do rybackiego użytkowania jezior nowym podmiotom gospodarczym, w tym głównie różnego rodzaju spółkom założonym głównie przez byłych menedżerów i pracowników gospodarstw państwowych oraz Polskiemu Związkowi Wędkarskiemu. W ten sposób całkowita powierzchnia jezior pozostających w użytkowaniu rybackim wyniosła 270 tys. ha.

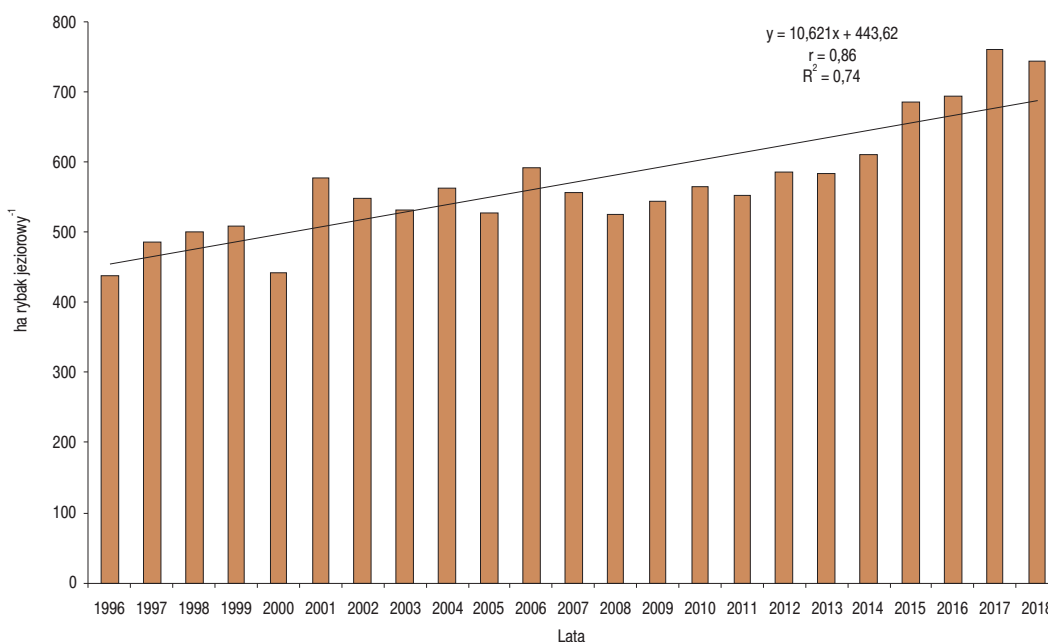


Rys. 21. Odłowy rybackie (komercyjne) szczupaka z jezior w latach 1996-2018

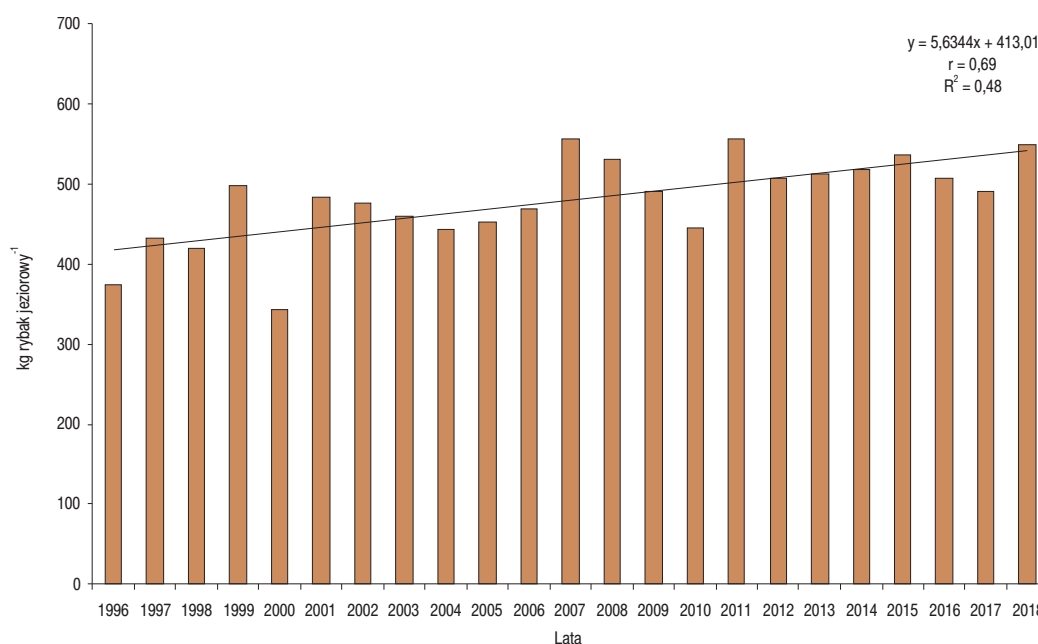


Rys. 22. Średnia liczba zawodowych rybaków jeziorowych w latach 1996-2018

latach (1996-2000) liczba rybaków wynosiła średnio 667, podczas gdy w ostatnich pięciu latach (2014-2018) obniżyła się do 454, co oznacza spadek o 32%. Konsekwencją tego spadku jest wyraźny wzrostowy trend ($r = 0,86$, $R^2 = 0,74$) powierzchni jezior przypadającej na 1 rybaka (rys. 23); o ile w latach 1996-2000 parametr ten wynosił średnio 475 ha, to w końcowych pięciu latach zwiększył się o 47% do średniego poziomu 699 ha. Wyniki te sugerują, że zanotowany w ostatnich kilku latach spadek odłowów szczupaka z jezior nie musi się wiązać z wyżej wspomnianym procesem eutrofizacji (Leopold i in. 1986), ale jest raczej konsekwencją obniżającej się liczby aktywnych rybaków, a zatem także spadkiem intensywności eksploatacji szczupaka rybackimi narzędziami połowu. Przy zaobserwowanym spadku liczby rybaków i wzroście powierzchni na 1 rybaka, godny odnotowania jest fakt, że w tym



Rys. 23. Średnia powierzchnia jeziora przypadająca na jednego rybaka jeziorowego w latach 1986-2018

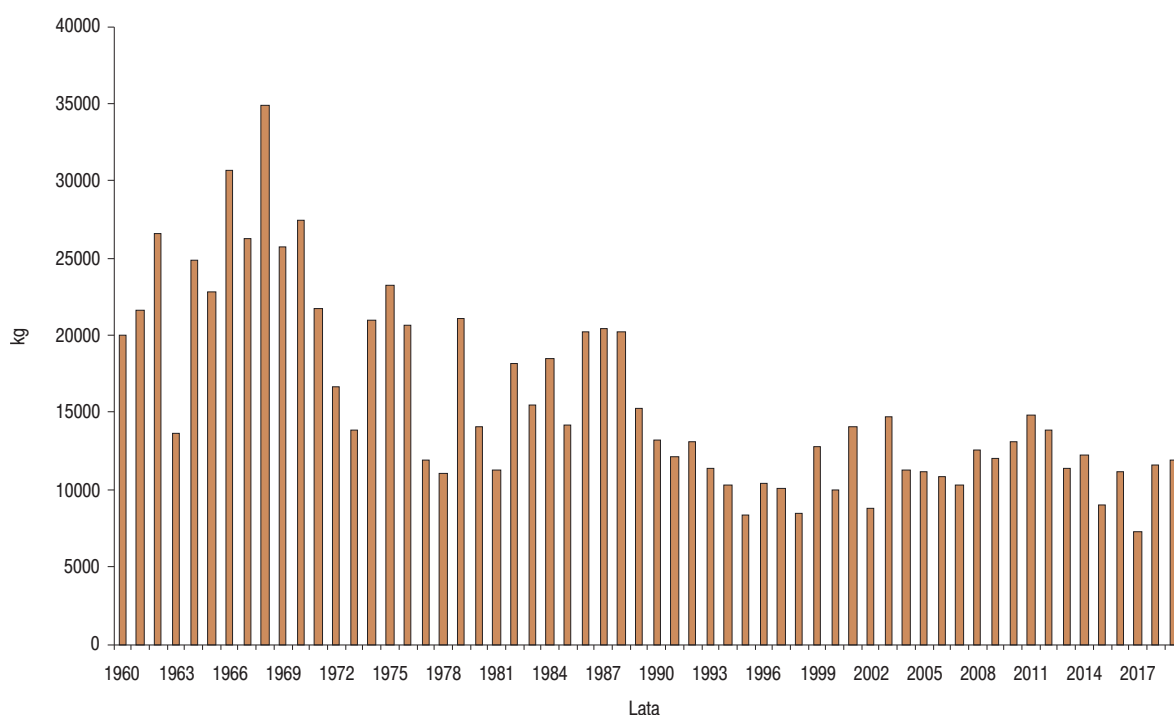


Rys. 24. Odłowy szczupaka na jednego rybaka jeziorowego w latach 1996-2018

samym okresie nastąpił wzrost średniego rocznego odłowu tego gatunku przez jednego rybaka ($r = 0,69$, $R^2 = 0,48$) (rys. 24). Parametr ten w pierwszych pięciu latach osiągnął 413 kg, podczas gdy w końcowych pięciu 521 kg, co oznacza wzrost o 26%. Przyczyną takiego stanu rzeczy może być z jednej strony zwiększający się areal jezior przypadający na 1 rybaka, a z drugiej – stopniowe zmniejszanie się presji rybkiej ukierunkowanej na eksploatację mniej cennych gatunków karpiowatych, w tym głównie małego leszcza, płoci i krąpia (których odławianie ze względu na znikomy popyt konsumencki i niską cenę jest nieopłacalne), przy jednoczesnym zwiększaniu intensywności eksploatacji gatunków cennych bardziej selektywnymi narzędziami połowu, np. wontonami.

Odłowy rybackie szczupaka w jeziorze Śniardwy

Jako przykład notowanych zmian wielkości odłowów rybackich szczupaka w perspektywie długoterminowej wybrano największe jezioro w Polsce – Śniardwy (113,8 km²). W latach 1960-2019 średni roczny odłów tego gatunku wyniósł 15606 kg, czyli 1,47 kg ha⁻¹, przy czym można wyróżnić dwa podokresy. W pierwszym (1960–1988), czyli w czasie funkcjonowania PGRyb Giżycko, mimo znacznych wahań, aż 19 razy połowy przekroczyły 20 ton, z maksimum 35 ton w 1968 r. (rys. 25). Potem nastąpił spadek, a od czasu powstania nowego podmiotu gospodarczego (Gospodarstwo Rybackie „Śniardwy” Sp. z o.o.) w 1994 r. – przy ponownie znacznych wahaniach – osiągnięto średni poziom 11 ton (Wołos 2018). Wysokość średnich rocznych odłowów w ostatnich pięciu latach (2015-2019) obniżyła się do 8302 kg, czyli wydajność wyniosła 0,78 kg ha⁻¹.



Rys. 25. Połowy rybackie (komercyjne) szczupaka w jeziorze Śniardwy w latach 1960-2019

Odłowy wędkarskie szczupaka – badania ankietowe

Poniżej przedstawiono najważniejsze badania ankietowe prowadzone w Zakładzie Bioekonomiki Rybactwa wraz z najważniejszymi wynikami.

- Lata badań 1978-1979. Próba 1100 z 15000 otrzymanych kwestionariuszy. 28 gatunków złowionych ryb. W strukturze odłowów na pierwszym miejscu była płoć (17,5 kg wędkarz⁻¹, 32,2%), a na drugim szczupak (9,1 kg, 16,8%).
- Lata badań 1978-1979. Próba 126 ankiet. Średni roczny odłów szczupaka na 1 wędkarza 11,6 kg.
- Lata badań 1986-1990. Próba 591 ankiet. Udział szczupaka w odłowach wędkarskich z jezior PGRyb wynosił około 16%, podczas gdy w jeziorach PZW był większy –

19,1%, przy czym w tej pierwszej grupie odsetek ten w odłowach wędkarskich był niemal 4-krotnie wyższy niż w odłowach gospodarczych. Największe udziały szczupaka wystąpiły w następujących jeziorach: Kozie (71,6%), Starżno (67,7%), Dymno (44,2%), Łąka (38,7%) i Mamry Płn. (36,5%). Kolejność najbardziej preferowanych przez wędkarzy jeziorowych gatunków ryb była następująca: szczupak, węgorz, okoń, sandacz, a dopiero na miejscu piątym z gatunków karpiowatych leszcz.

- Rok badań 2015. Próba 638 ankiet. Średni roczny odłów wszystkich gatunków uzyskany przez 1 wędkarza wynosił 49,1 kg, średni odłów dzienny 1,42 kg, zaś szczupak stanowił od 5,0% (gospodarstwo rybackie Sława) do 24,2% (gospodarstwo rybackie Ełk) i 29,5% (gospodarstwo rybackie Augustów) całkowitej masy odłowionych ryb. Średni udział szczupaka w odłowach z jezior 8 gospodarstw osiągnął 17,0%. Najbardziej preferowanym przez wędkarzy gatunkiem był szczupak, zaraz po nim okoń, na miejscu trzecim leszcz, a karp dopiero na szóstej pozycji.
- Rok badań 2016. Próba 936 ankiet. Analiza wykazała, że w 2016 r. 1 wędkarz złowił średnio 5,4 kg szczupaka, który stanowił 11,7% całkowitej masy złowionych ryb. Analiza badanej próby ankiet wykazała, że na pierwszym miejscu wśród preferowanych gatunków ryb był sandacz, na drugim szczupak, a na trzecim karp.

Odłowy wędkarskie szczupaka – badania rejestrów połowów

Poniżej przedstawiono wybrane badania rejestrów wędkarskich prowadzonych w Zakładzie Bioekonomiki Rybactwa wraz z najważniejszymi wynikami.

- Rok badań 1986. 5222 rejestry. Analiza wykazała, że szczupak stanowił 16,4% całkowitej masy złowionych ryb, przy czym odsetek tego gatunku w jeziorach PGRIb wyniósł 18,2%, natomiast w jeziorach PZW 21,1%. W 17 jeziorach PZW udział szczupaka przekraczał 30%, w tym aż w 12 z nich był wyższy niż 40%, przekraczając 50% w trzech jeziorach: Smardzewo (87,7%), Godzież (68,6%) i Miłe (50,4%).
- Rok badań 1986. 1980 rejestrów. Badania wykazały, że szczupak stanowił 9,6% odłowów, a jego największe średnie masy (2,17 kg) uzyskano w zbiorniku zaporowym Myczkowce na rzece San, a najniższe w zbiorniku Sieniawa (1,16 kg) na rzece Wisłok.
- Rok badań 1988. 744 rejestry. W zarejestrowanych odłowach wędkarskich szczupak stanowił 22,0% całkowitej masy złowionych ryb, a największymi udziałami tego gatunku charakteryzowały się następujące jeziora: Pobłędzie (51,3%), Kopane (54,4%), Ożewo (40,1%), Przechodnie (40,3%) i Okminek (34,7%).
- Rok badań 2004. 13060 rejestrów. Badania wykazały, że szczupak stanowił 9,2% całkowitej masy wszystkich złowionych gatunków ryb, przy czym najwyższy jego udział charakteryzował rzeki o charakterze nizinny (12,5%), następnie zbiorniki zaporowe (7,9%), a na końcu rzeki o charakterze górskim (5,1%).

Jak widać z przedstawionych analiz ankiet i rejestrów wędkarskich dotyczących szczupaka, gatunek ten stanowi bardzo ważny element odłowów wędkarskich i preferencji wędkarzy. Dokładne omówienie badań ankietowych i rejestrów wędkarskich przedstawiono w dyskusji.

5) Ocena efektywności zarybień szczupakiem (prace 1 i 7)

a) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach

Wybrane cechy morfologiczne i środowiskowe badanych jezior były zróżnicowane (tab. 18). Pod względem liczby przeważały te o powierzchni nieprzekraczającej 150 ha (34 jeziora, 25% powierzchni całkowitej). 32% łącznej powierzchni badanych jezior charakteryzowała się głębokością maksymalną nieprzekraczającą 12,0 m (28 akwenów), a 38% głębokością średnią do 4,5 m (27). 74% powierzchni stanowiło 14 jezior charakteryzujących się silnie lub bardzo silnie rozwiniętą linią brzegową, a 33 jeziora (około 50% powierzchni całkowitej) – wody z bogatą roślinnością zanurzoną, pokrywającą ponad 20% powierzchni dna. Wysoką przezroczystością wody (widzialnością mierzoną krążkiem Secchiego wynoszącą ponad 1 m) charakteryzowało się 78% całkowitej badanej powierzchni (34 jeziora). Występowanie tlenu w ilości wystarczającej dla bytowania ryb w szczycie stagnacji letniej do głębokości co najmniej 5 m występowało niemal na całej analizowanej powierzchni (99%) i w przypadku 42 jezior.

Na podstawie ogólnej analizy wskaźników charakteryzujących badane jeziora większość z nich można uznać za odpowiadające szczupakowi, przynajmniej pod względem założonej wielkości jednego z parametrów. Choć wszystkim parametrom jednocześnie nie odpowiadało żadne z jezior, to sześciu z tych wskaźników odpowiadało 15 jezior (o powierzchni wynoszącej 10% powierzchni całkowitej), pięciu 10 jezior (19%), a czterem 11 jezior (23%). Można stwierdzić, że choć np. sześć parametrów odpowiada bytowaniu szczupaka, to jeden „brakujący” (np. przezroczystość wody) uniemożliwia dynamiczny rozwój tego gatunku w jeziorze. Z drugiej strony, brak uznanej za dogodną dla szczupaka wielkości jednego parametru (np. powierzchnia, wskaźnik rozwoju linii brzegowej) wcale nie musi zakłócać funkcjonowania jego populacji. Jednak przynajmniej 36 jezior, w których występuje 4, 5 lub 6 cech odpowiadających szczupakowi (52% powierzchni), można z pewnością według ogólnie przyjętych norm traktować jako co najmniej odpowiadające temu gatunkowi, choć poławiany był we wszystkich jeziorach.

Wartość odłowów w latach 1996-2017 charakteryzowała się stabilnością, choć zauważalne były też pewne wahania (rys. 26). Średni roczny odłów wynosił około 17,2 tony i 2,9 kg ha⁻¹, zaś jego wartość około 222 tys. zł i 36,9 zł ha⁻¹ (tab. 19). Minimalne wielkości i wartości odłowów szczupaka (około 13,6 tony, 2,3 kg ha⁻¹, 175 tys. zł i 29,2 zł ha⁻¹) odnotowano w 2004 r. natomiast maksymalne (około 20,8 tony, 3,5 kg ha⁻¹, 269 tys. zł i 44,8 zł ha⁻¹) w 2008 r. (rys. 26).

Wartość zarybień szczupakiem ogólnie wykazywała wzrost, choć jej zmienność nie pozwoliła na określenie istotnej statystycznie linii trendu (rys. 27). Średnio rocznie w latach 1996-2017 wynosiła ona około 68 tys. zł i ponad 11 zł ha⁻¹ (tab. 2). Minimum (30 tys. zł i 5 zł ha⁻¹) odnotować można w 1996 r., a maksimum (102 tys. zł i 17 zł ha⁻¹) w 2004 r. (rys. 27). Zarybienia oparte były na wylęgu żerującym szczupaka, pozyskiwanym w wylęgarni Gospodarstwa, a dodatkowo zarybiano narybkiem letnim (choć tylko dwukrotnie w analizowanym okresie) oraz narybkiem jesiennym, które hodowano w stawach ziemnych z wylęgu

Tabela 18. Wybrane cechy morfologiczne i środowiskowe badanych 44 jezior Pojezierza Ełckiego (wg informacji z operatów rybackich uzyskanych w Gospodarstwie Jeziorowym w Ełku Sp. z o.o.)

N.J.	Pow. (ha)	Gł. maks. (m)	Gł. śr. (m)	R.l.b.	W.r.	Pow. dna. p.r.z. (%)	W. k. S. (m)	Gł. tlen (m)
Selmęt Wielki	1262,00	21,9	7,8	silnie	2,87	20	1,7	11
Łaśmiady	952,65	43,7	9,5	silnie	2,08	20	3,0	10
Druglin Duży	503,03	6,4	2,4	silnie	2,90	25	0,9	w c. st. w.
Szóstak Duży	491,00	28,4	9,0	silnie	2,91	25	2,8	9
Lipińskie	272,10	23,0	3,5	bardzo silnie	3,07	30	0,9	5
Ułówki	264,82	25,5	9,1	silnie	2,44	20	1,5	7
Sawinda Wielka	226,80	9,5	4,7	przeciętnie	1,92	20	1,8	5
Krzywe Oleckie	186,37	29,7	10,2	silnie	2,67	30	5,0	10
Sunowo	180,39	20,6	9,3	silnie	2,78	30	2,1	13
Woszczelskie	156,97	10,6	3,4	przeciętnie	1,55	60	2,5	5
Hendzelewo	129,41	13,3	3,3	przeciętnie	1,77	20	0,7	5
Szarek	127,33	4,7	2,3	słabo	1,41	30	0,5	w c. st. w.
Zdedy	111,63	2,0	0,7	słabo	1,39	100	1,2	w c. st. w.
Regielskie	101,58	11,0	3,9	przeciętnie	1,85	25	0,7	5
Zawadzkie	96,63	9,7	2,7	przeciętnie	1,70	40	1,3	7
Gołubie	83,39	4,2	1,9	przeciętnie	1,92	100	2,0	w c. st. w.
Mleczówka Duża	83,26	18,8	5,1	silnie	2,47	25	1,2	5
Bajtkowskie	80,06	5,2	2,5	słabo	1,17	20	1,5	w c. st. w.
Kępno	65,90	19,0	6,4	silnie	2,18	15	3,5	8
Rostki	65,05	20,1	4,7	silnie	2,18	30	1,0	5
Rekąty	61,52	5,5	2,3	silnie	2,20	30	0,8	w c. st. w.
Straduńskie	58,99	4,9	2,4	przeciętnie	1,78	80	1,7	w c. st. w.
Ogródek	54,64	8,4	2,8	silnie	2,22	50	0,9	4
Dobrzyń	52,45	21,0	6,8	słabo	1,40	30	3,5	6
Garbaś Duży	45,81	38,0	10,2	słabo	1,48	40	6,5	15
Sawinda Mała	36,05	4,6	2,0	słabo	1,30	80	3,0	w c. st. w.
Rogale Wielkie	32,25	22,1	7,2	słabo	1,43	20	2,3	5
Karbowskie	24,16	5,2	2,1	przeciętnie	1,83	45	1,5	w c. st. w.
Guzki	24,04	6,0	3,7	przeciętnie	1,76	30	1,4	w c. st. w.
Grabnik	22,23	5,6	2,6	przeciętnie	1,62	80	2,8	w c. st. w.
Lepaki Duże	21,19	8,0	4,1	słabo	1,38	30	1,3	5
Szóstak Mały	16,30	4,7	1,9	słabo	1,46	30	1,6	w c. st. w.
Rogale Małe	15,12	21,5	5,6	przeciętnie	1,70	45	2,2	5
Druglin Mały	12,48	1,0	0,5	słabo	1,20	100	1,0	w c. st. w.
Przykop	11,87	17,0	5,1	przeciętnie	1,60	20	2,0	7
Mrozy	11,80	8,0	4,2	słabo	1,41	40	1,3	6
Seneczek	10,30	4,5	1,5	słabo	1,36	100	2,5	w c. st. w.
Lepaki Małe	9,81	8,8	4,6	słabo	1,10	15	1,3	5
Szlam	9,70	1,8	1,0	słabo	1,05	100	1,0	w c. st. w.
Zielone	8,52	2,6	1,5	słabo	1,10	100	2,5	w c. st. w.
Kaleń	7,53	2,6	1,6	słabo	1,20	60	1,2	w c. st. w.
Kociotek	6,99	8,0	4,1	słabo	1,20	35	3,0	5
Dębniak	6,88	7,7	3,9	słabo	1,15	30	2,0	4
Ślepieniec	3,43	11,0	6,0	słabo	1,10	20	2,3	w c. st. w.

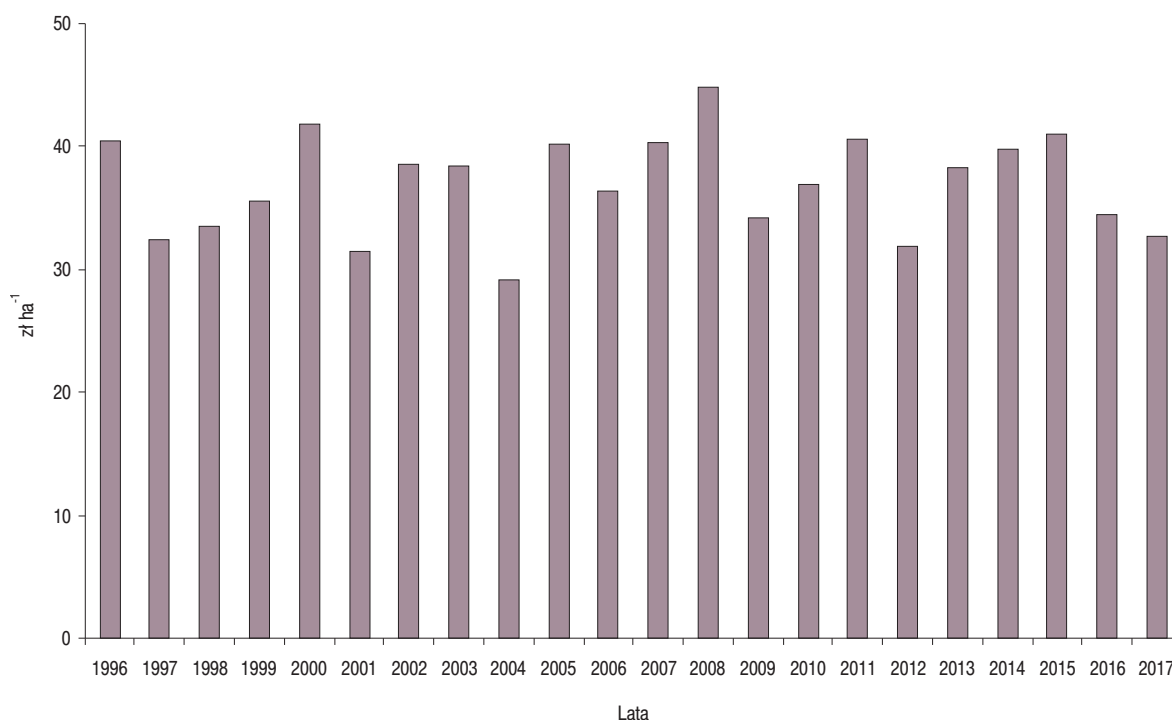
N.J. – nazwa jeziora, **Pow.** – powierzchnia jeziora, **Gł. maks.** – głębokość maksymalna, **Gł. śr.** – głębokość średnia, **R.l.b.** – rozwój linii brzegowej, **W.r.** – wskaźnik rozwoju, **Pow. dna. p.r.z.** – powierzchnia dna pokrytego roślinnością zanurzoną, **W.k.S.** – widzialność krążka Secchiego, **Gł. tlen** – głębokość, do której zawartość tlenu jest wystarczająca dla ryb w szczycie stagnacji letniej, **w c. st. w.** – w całym stępie wody

Tabela 19. Średnie roczne w latach 1996-2017 wielkości i wartości analizowanych parametrów i wskaźników charakteryzujących gospodarowanie szczupakiem w badanych 44 jeziorach Pojezierza Ełckiego

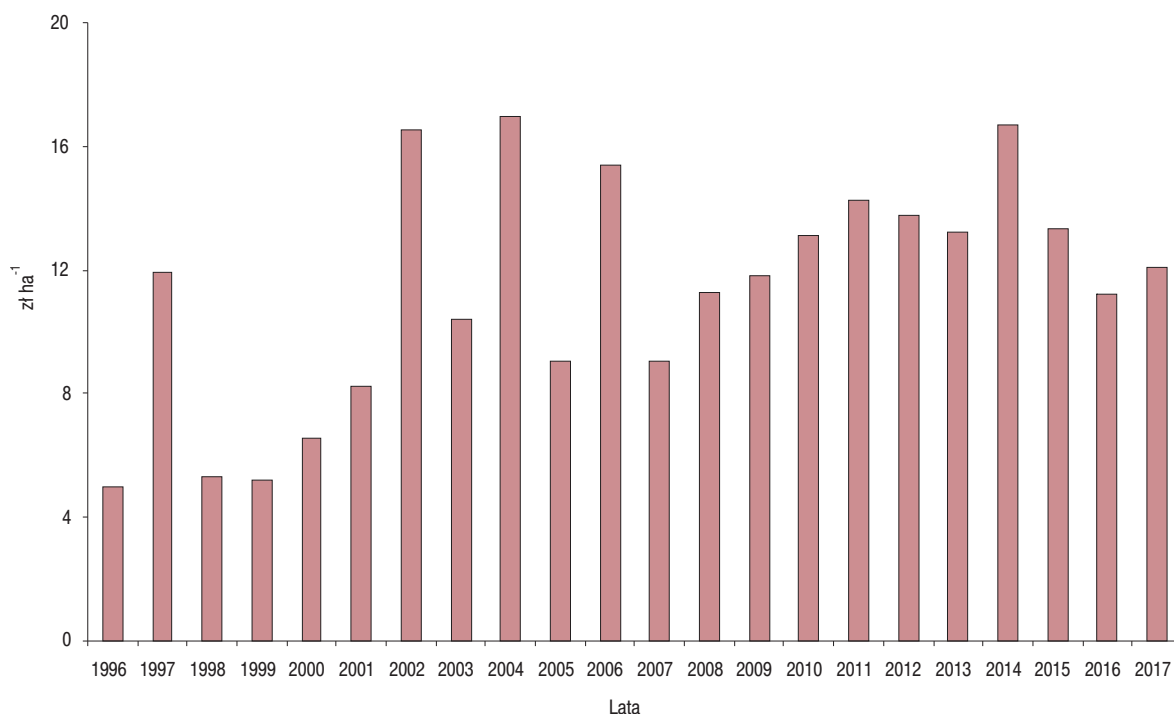
Parametr / wskaźnik	Średnia roczna wielkość lub wartość	V%	SD
Parametry i wskaźniki odłowów			
masa (kg)	17184	10,51	1804,46
wydajność (kg ha ⁻¹)	2,86	10,51	0,30
wartość* (zł)	221841	10,51	23295,53
wartość (zł ha ⁻¹)	36,94	10,51	3,88
Parametry i wskaźniki zarybień			
ilość wylęgu żerującego (tys. szt.)	2847	46,26	1259,62
ilość narybku letniego (tys. szt.)	3,00	322,39	9,18
ilość narybku jesiennego (kg)	285	199,10	550,30
łączna wartość** (zł)	67947	37,59	24681,91
łączna wartość (zł ha ⁻¹)	11,35	37,59	4,11
Parametry i wskaźniki efektywności			
wartość zarybień (zł ha ⁻¹)	11,35	37,59	4,11
średnia roczna wartość średnich 3-letnich odłowów (zł ha ⁻¹)	37,36	4,11	1,54
efektywność zarybień w drugim roku od zarybienia (zł odłowu 1 zł wartości zarybień ⁻¹)	3,94	41,74	1,65

* wg średniej ceny hurtowej szczupaka towarowego stosowanej w 2017 roku przez podmioty uprawnione do rybactwa w wodach obwodów rybackich (Mickiewicz 2018b)

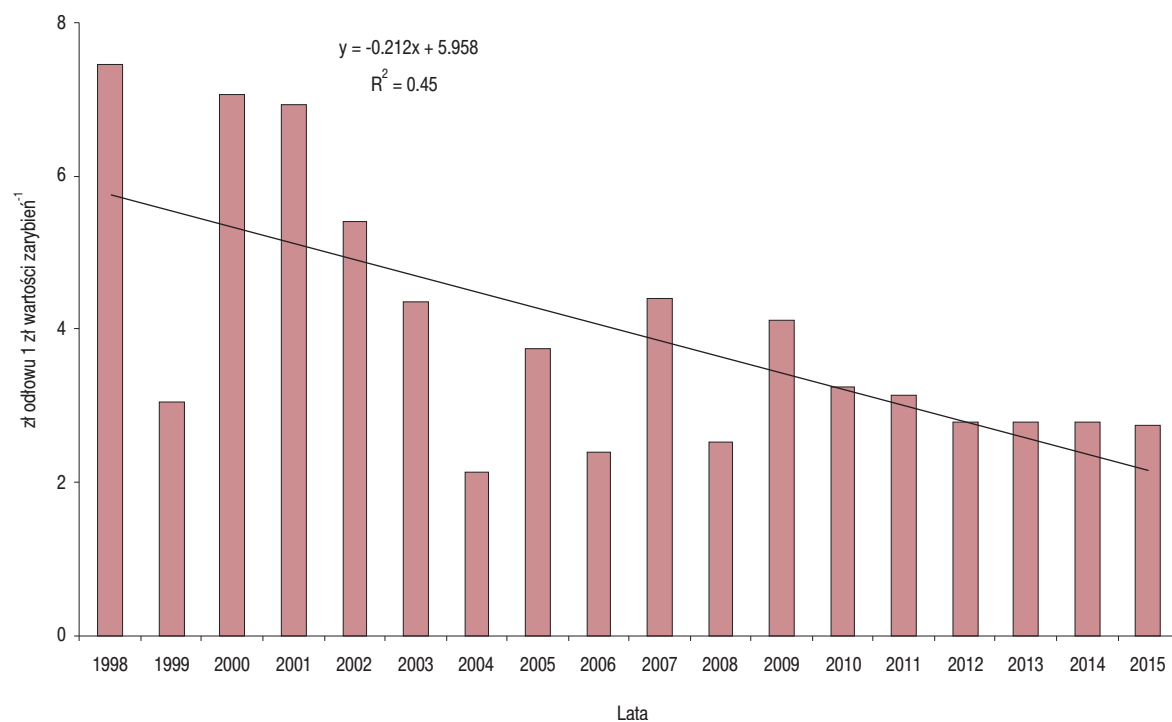
** wg średnich cen poszczególnych form materiału zarybieniowego szczupaka, stosowanych w 2017 roku przez podmioty uprawnione do rybactwa w wodach obwodów rybackich (Mickiewicz 2018b)



Rys. 26. Zmiany wartości odłowów szczupaka w badanych jeziorach Pojezierza Ełckiego



Rys. 27. Zmiany wartości zarybień szczupakiem badanych jezior Pojezierza Etckiego

Rys. 28. Zmiany wskaźnika ekonomicznej efektywności zarybień szczupakiem (zł odłowu 1 zł wartości zarybień⁻¹) badanych jezior Pojezierza Etckiego

żerującego. Średnio rocznie wprowadzano do jezior 2,85 mln szt. wylęgu żerującego i 285 kg narybku jesiennego (tab. 19).

Wartość średnich rocznych 3-letnich odłowów szczupaka, wykorzystanych do obliczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności zarybień, wynosiła około 37,4 zł ha⁻¹, a wskaźnik ten kształtował się na poziomie ponad 3,9 zł odłowu na 1 zł wartości zarybień (tab. 2). Wska-

znik ten generalnie ulegał obniżeniu z około 5-7 zł 1 zł⁻¹ do 3 zł 1 zł⁻¹ (rys. 28). Można zakładać, że jego wielkość była w rzeczywistości wyższa, bo populację szczupaka eksploatują nie tylko rybacy, ale również – i to na bardzo wysokim poziomie – kormorany, wędkarze i kłusownicy.

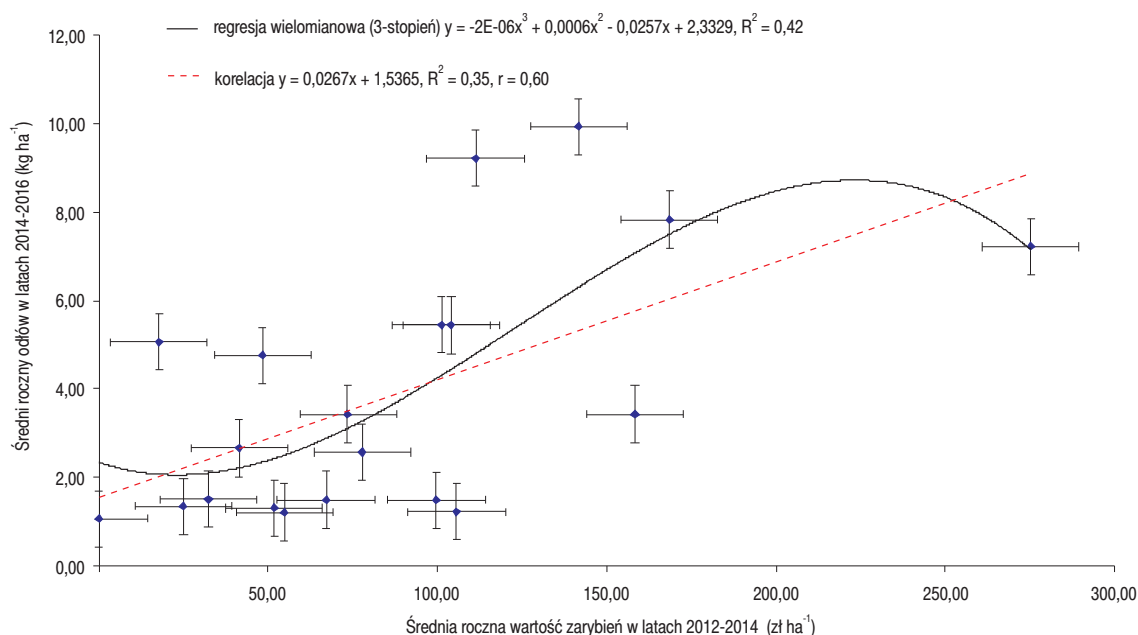
b) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych

Wyniki analizy wskazują, że najwyższe zarybienia w okresie 2012-2014 trafiły do następujących zbiorników: Paprocany (275,24 zł ha⁻¹), Sosina (168,59 zł ha⁻¹), Pogoria I (158,36 zł ha⁻¹), Chechło-Nakło (141,69 zł ha⁻¹), Gzel (111,23 zł ha⁻¹), Pniowiec (104,05 zł ha⁻¹). Zdecydowanie najniższe zarybienia miały miejsce w zbiornikach: Brzezcie (17,68 zł ha⁻¹), Pławniowice (24,99 zł ha⁻¹), Dzieckowice (32,36 zł ha⁻¹) i Łąka (41,41 zł ha⁻¹). W pozostałych zbiornikach wartość zarybień szczupakiem mieściła się w przedziale 48,40 (Buków II) – 99,72 zł ha⁻¹ (Przeczyce). Średnia roczna wartość zarybień wszystkich analizowanych zbiorników wyniosła **70,89 zł ha⁻¹** (tab. 5).

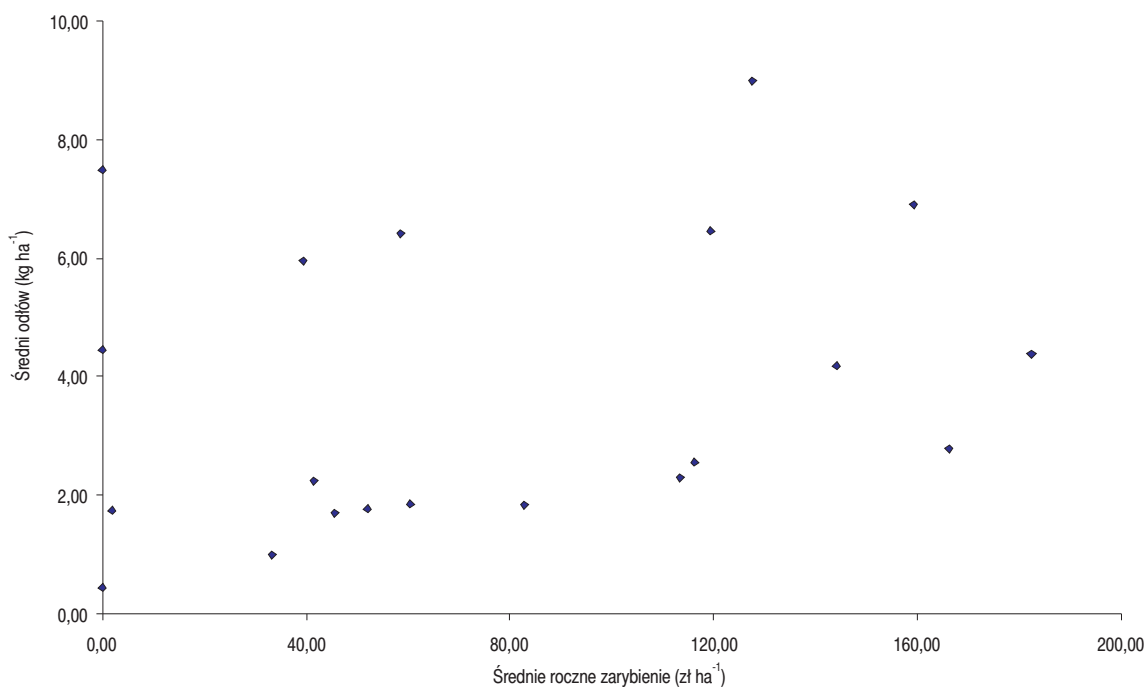
Dla całości 20 zbiorników (a więc także z Horniakiem) średnia zarejestrowana wydajność szczupaka w latach 2014-2016 wynosiła **2,64 kg ha⁻¹**. Najwyższe wydajności szczupaka w tym 3-letnim okresie charakteryzowały następujące łowiska: Chechło-Nakło (9,94 kg ha⁻¹), Gzel (9,22 kg ha⁻¹), Sosina (7,83 kg ha⁻¹), Paprocany (7,22 kg ha⁻¹), Odra I, III (5,44 kg ha⁻¹), Pniowiec (5,44 kg ha⁻¹), Brzezcie (5,06 kg ha⁻¹) i Buków II (4,75 kg ha⁻¹). Najniższe wydajności cechowały zbiorniki: Horniak (1,05 kg ha⁻¹), Pogoria III (1,20 kg ha⁻¹), Chechło k. Chrzanowa (1,21 kg ha⁻¹), Roszków (1,30 kg ha⁻¹) i Pławniowice (1,34 kg ha⁻¹). W pozostałych siedmiu zbiornikach obliczone wydajności mieściły się w przedziale od 1,48 kg ha⁻¹ (Przeczyce) do 3,42 kg ha⁻¹ (Nieboczowy). Warto zauważyć, że najniższą wydajność (1,05 kg ha⁻¹) zanotowano w jedynym zbiorniku niezarybianym w badanym 3-letnim okresie (Horniak).

Przy zarybieniach o średniej rocznej wartości 70,89 zł ha⁻¹, wskaźnik efektywności zarybień szczupakiem „19 zbiorników” potraktowanych jako całość wyniósł **26,89 zł na 1 kg** odłowu szczupaka. W przypadku poszczególnych zbiorników zanotowano znaczne zróżnicowanie tego wskaźnika; w najlepszych pod tym względem łowiskach wynosił: 3,50 zł kg⁻¹ (Brzezcie), 10,18 zł kg⁻¹ (Buków II), 12,07 zł kg⁻¹ (Gzel), 14,25 zł kg⁻¹ (Chechło-Nakło), 15,62 zł kg⁻¹ (Łąka), 18,57 zł kg⁻¹ (Odra I, III), 18,64 zł kg⁻¹ (Pławniowice) i 19,12 zł kg⁻¹ (Pniowiec), natomiast w najgorszych: 87,13 zł kg⁻¹ (Chechło k. Chrzanowa), 67,39 zł kg⁻¹ (Przeczyce), 46,27 zł kg⁻¹ (Pogoria I), 45,53 zł kg⁻¹ (Pogoria III) i 45,20 zł kg⁻¹ (Dzierżno). W następujących zbiornikach wskaźnik ten mieścił się w przedziale od 21,53 zł kg⁻¹ do 39,93 zł kg⁻¹: Nieboczowy, Sosina, Dzieckowice, Kozłowa Góra, Paprocany i Roszków.

Analiza zmiennych, tj. średniej rocznej wartości zarybień w latach 2012-2014 w zł ha⁻¹ oraz średniego rocznego odłowu w latach 2014-2016 w kg ha⁻¹ wykazała korelację między tymi zmiennymi na poziomie $r = 0,60$ i był to związek statystycznie istotny. Dla zobrazowania relacji pomiędzy zarybieniami i odłowami użyto funkcji krzywoliniowej (współczynnik dopasowania $R^2=0,42$). Punkty widoczne na wykresie odpowiadają relacjom między zarybieniami a odłowami w poszczególnych zbiornikach (rys. 29). Przebieg tej krzywej wskazuje, że gene-



Rys. 29. Związek między średnią roczną wartością zarybienia w latach 2012-2014 (zł ha⁻¹) a średnim rocznym odłowem w latach 2014-2016 (kg ha⁻¹)

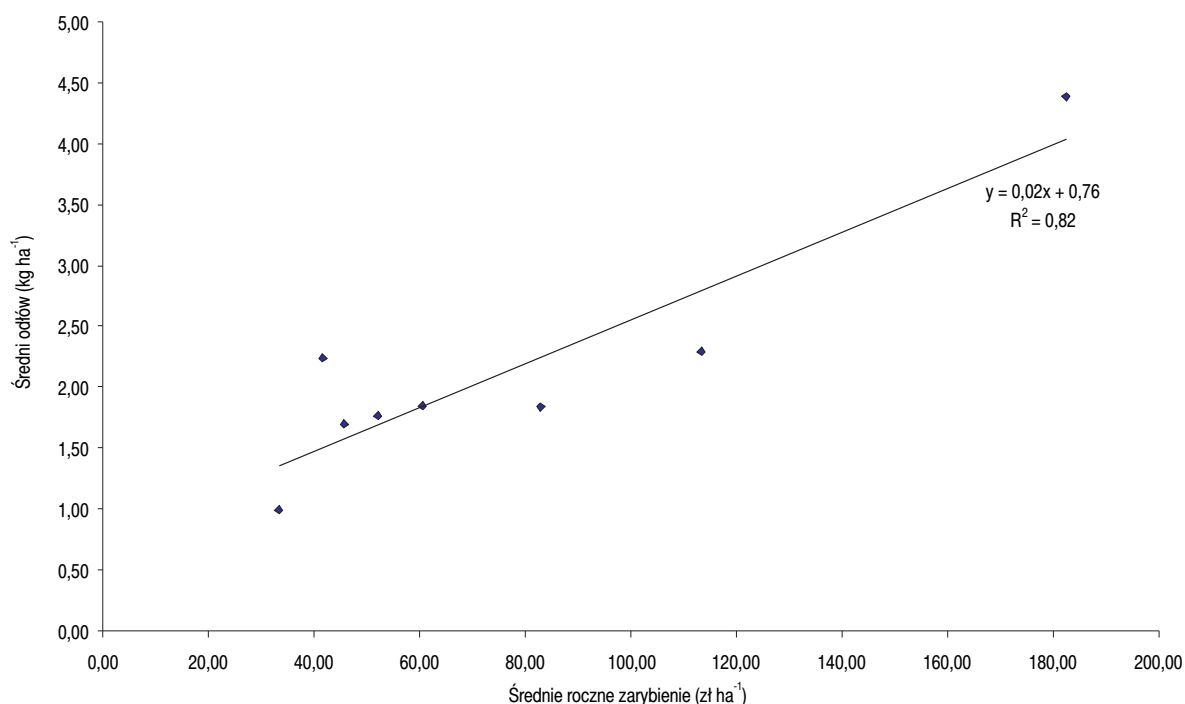


Rys. 30. Związek między zarybieniami (2016-2018) a odłowami (2018-2020) szczupaka w „20 zbiornikach”

ralnie wraz z rosnącymi dawkami zarybieniowymi rosły odłowy szczupaka. Przy dawkach w przedziale 20 – 30 zł ha⁻¹ wydajności szczupaka wynosiły od około 1,5 kg ha⁻¹ do 2,5 kg ha⁻¹, potem wraz ze wzrostem dawek do około 150 zł ha⁻¹ zwiększały się do ponad 6 kg ha⁻¹ i utrzymywały na poziomie powyżej 7 kg ha⁻¹, by przy wzroście dawek do ponad 200 zł ha⁻¹ nieznacznie się zmniejszyć. Widać wyraźnie, że najwyższą efektywnością zarybień charakteryzowały się zbiorniki „leżące” powyżej linii krzywej, a zwłaszcza Brzezcie, Buków II, Gzel i Chechło-Nakło, natomiast zbiorniki poniżej krzywej, w tym Chechło k. Chrzanowa, Przeczyce, Pogoria I, Pogoria III, Dzierżno, Roszków miały niską efektywność zarybień (rys. 29).

W ostatnim podejściu metodycznym obliczony związek był tym razem nieistotny statystycznie i nie miał, tak jak przez kilkanaście poprzednich lat, charakteru krzywoliniowego (rys. 30). Na rysunku widać wyraźnie, że brak takiej statystycznie istotnej zależności wynika z faktu, iż wystąpiły zbiorniki z bardzo wysokimi zarybieniami, którym nie towarzyszyły adekwatnie wysokie wydajności (Pogoria I, Przeczyce, Chechło k. Chrzanowa), a z drugiej strony łowiska ze stosunkowo niskimi zarybieniami (lub ich brakiem, jak Brzezie), ale wysokimi wydajnościami (Odra I, III), Buków II, Nieboczowy). Z kolei w takich zbiornikach, jak Chechło-Nakło czy Gzel wysokim zarybieniom towarzyszyły wysokie wydajności połowów wędkarskich (tab. 6).

Dla ośmiu największych zbiorników obserwowana już jest wyraźna zależność ($R^2=0,82$), tj. korelacja pomiędzy średnią roczną wartością zarybień w latach 2016-2018 w zł ha⁻¹ a średnimi rocznymi odłowami w latach 2018-2020 w kg ha⁻¹ (rys. 31). Stąd można wnioskować, że w przypadku dużych zbiorników dużo łatwiej wykazać pozytywny wpływ zarybień szczupakiem niż w zbiornikach małych, gdzie mimo dużych zarybień efekty nie zawsze są widoczne.



Rys. 31. Związek między zarybieniami (2016-2018) a odłowami (2018-2020) szczupaka w „8 zbiornikach (o powierzchni powyżej 120 ha)”

Dyskusja

1) Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód

a) zmiany klimatyczne obserwowane w jeziorach i gospodarce rybackiej

Zmiany klimatyczne zachodzące na Ziemi w skali wieloletniej są coraz bardziej widoczne i interesują nie tylko naukowców z różnych dziedzin, ale także ludzi, których praca związana jest z obcowaniem z przyrodą, budzą też niepokój opinii publicznej, która domaga się podjęcia działań mających im przeciwdziałać (Le Treut i in. 2007). Międzyrządowy Zespół ds. Klimatu nie ma wątpliwości co do tego, że nasza planeta ogrzewa się głównie pod wpływem działalności człowieka, a w klimacie Ziemi zaszły gwałtowne i rozległe zmiany, niektóre z ich skutków mogą być już nieodwracalne (IPCC 2021). W ostatnich latach termin „zmiana klimatu” utożsamiany był głównie ze zjawiskiem globalnego ocieplenia, czyli wzrostem temperatury na powierzchni Ziemi, ale trzeba pamiętać, że rozważane były różne scenariusze, nawet te powodujące ochłodzenie powierzchni Ziemi (Collins i in. 2013). Najważniejszym problemem, na który zwrócili ankietowani użytkownicy jezior, był negatywny wpływ kormorana związany z ociepleniem klimatu, czyli jego dłuższe przebywanie na jeziorach, co w konsekwencji oznacza zwiększoną presję na rybostan. Kormoran w Polsce jest głównym konsumentem ryb na śródlądziu oraz zalewach przymorskich (Krzywosz i Tracuk 2012, Trella 2017a, Trella i Wołos 2021c), a zarazem potencjalnym zagrożeniem dla wielu populacji ryb w Polsce i wielu innych krajach (Švažas i in. 2011, Winkler i in. 2012, Heikinheimo i in. 2016, Trella i Mickiewicz 2016), a wraz z ogólnym wzrostem temperatury problem presji kormorana na rybostan jezior będzie się zwiększał (Lehikoinen i in. 2017). Obecnie zimy w Polsce należą do łagodnych, mrozy występują rzadko i krótko trwają, co powoduje zauważone i wysoko punktowane przez ankietowanych menedżerów skrócenie okresu trwałej pokrywy lodowej, co również było wysoko punktowane (Trella i Wołos 2021c). Większa trofia jezior oraz coraz wyższa temperatura wody może wpływać na zwiększenie biomasy ryb (Mooij i in. 2005), które są łatwą zdobyczą dla kormorana, co wydłuża okres przebywania kormoranów na jeziorach oraz zwiększa ich liczebność (White i in. 2015, Klimaszyk i Rzymski 2016). Do tego dochodzi, wykazane przez Napiórkowską-Krzebietkę i in. (2020, 2021) na przykładzie 360-hektarowego jeziora Warnoty z najliczniejszą kolonią kormorana na rozległym Pojezierzu Mazurskim (1491 par lęgowych w 2016 r.), znaczne zwiększenie zawartości fosforu, stężenia chlorofilu *a*, występowanie intensywnego zakwitu sinic w wodzie jeziora, a w konsekwencji negatywne zmiany w funkcjonowaniu ekosystemu wodnego.

Drugim z kolei problemem, na który szczególnie zwrócili uwagę ankietowani, były kwestie związane z wahaniami poziomów wód i ich niskim stanem. Może to być konsekwencją suszy, która dotknęła znaczne obszary Polski w lecie 2015 r. (Kowalczyk i in. 2016) oraz duże ryzyko wystąpienia kolejnych susz (Trella i Wołos 2021c). Niestety prognozy i scenariusze

zmian klimatycznych przewidują największe zmiany właśnie w hydrologii, wskutek czego może dojść do zakłócenia reżimu hydrologicznego, głównie przez wzrost temperatury wody (Cammalleri i in. 2020). To z kolei może spowodować spadek zawartości tlenu, co w konsekwencji oznacza częstsze występowanie zjawiska przyduszy. Konsekwencją masowego śnięcia ryb będzie także wzrost toksyczności wód wraz ze zwiększeniem koncentracji metabolitów w wodzie, w tym w szczególności takich związków, jak amoniak i azotyny (Lewis 2011), co może spowodować dramatyczne i ciężko odwracalne zmiany w składzie i stanie ichtiofauny. Najbardziej zagrożone są gatunki zimnowodne, o dużych wymaganiach tlenowych, tak jak ryby łososiowate i koregonidy (Ficke i in. 2007), które mogą być skazane na wyginięcie albo zmniejszy się bardzo areal ich występowania. Badani respondenci wysoko punktowali również problemy wynikające z zauważalnych zmian pogodowych. Do najważniejszych zaliczyli wzrost temperatury wody latem i wiosną, ekstremalne skoki temperatury wody latem, wahania poziomów wód wiosną i latem, niskie poziomy wody od wiosny do jesieni oraz ubytki tlenu, zwłaszcza w okresie letnim.

Prowadzenie zrównoważonej gospodarki rybackiej na jeziorach wymaga prowadzenia racjonalnej polityki połowowej, niezależnie czy prowadzonej przy użyciu narzędzi rybackich, czy wędki oraz odpowiednio prowadzonej gospodarki zarybieniowej (Vehanen i in. 2002). Wcześniej opisane zjawiska, jak skoki temperatur czy zmiany poziomu wód w okresie tarła, mają istotny wpływ na rozwój gatunków oraz ich stadiów młodocianych. Według największej liczby ankietowanych najbardziej istotny wpływ zmiany klimatyczne mają na tarło szczupaka. Szczupak to obecnie najważniejszy gatunek jeśli chodzi o politykę zarybieniową w Polsce, gdyż jego zarybienia dominują we wszystkich wodach płynących (jeziorach, rzekach i zbiornikach zaporowych) (Mickiewicz i Wołos 2012, Mickiewicz i Trella 2016, 2017, Mickiewicz 2018a, Trella i Wołos 2021c). Gatunek ten w okresie tarła wymaga sprzyjających warunków hydrologicznych, a w licznych jeziorach dłuższego okresu zalania nadbrzeżnych łąk, gdzie dochodzi do tarła (Łozowski i in. 2014, Foubert i in. 2020). To wszystko tłumaczy tak wysoką pozycję szczupaka w ocenach negatywnego wpływu zmian klimatycznych w porównaniu z innymi gatunkami ryb, tak w kwestii tarła (naturalnego i kontrolowanego), jak i w przypadku oceny wpływu tych zmian na połowy wędkarskie. Niska była ogólna pozycja koregonidów (sielawy i siei) w świadomości menedżerów, gdyż wskazało je tylko 60% wszystkich badanych respondentów. Świadczy to o tym, że większą rolę tym gatunkom przypisują użytkownicy, którzy najczęściej prowadzą gospodarkę rybacką gatunkami głąbielawatymi, natomiast użytkownicy skoncentrowani na zapewnieniu potrzeb wyłącznie wędkarzom, m.in. zrzeszeni w zdecydowanej większości okręgów PZW, nie przykładają do tego takiej wagi, gdyż sielawa nie jest gatunkiem o wędkarskim znaczeniu (Trella i Wołos 2021c). Wyjątkiem w tym aspekcie jest Finlandia, gdzie istnieje tzw. rybołówstwo rekreacyjne nietożsame z naszym wędkarstwem, gdzie pod pewnymi warunkami niezawodowi rybacy mają prawo do amatorskiego połowu siecią sielawy, stynki, śledzia *Clupea harengus* L. czy szprota *Sprattus sprattus* (L.) (Pawson i in. 2008). Podobną zależność widać także w problematyce stosowania narzędzi rybackich, gdzie z oczywistych względów dla użytkowników, którzy ich nie używają, nie jest to większym problemem, stąd tak nisko punktowany przez menedżerów był wpływ zmian klimatu na stosowanie rybackich narzędzi połowu. Do

takich użytkowników zaliczamy m.in. okręgi PZW, w których coraz silniejsze naciski wędkarzy doprowadziły do wstrzymania lub zaprzestania połowów komercyjnych na wodach należących do tego związku. Przykładem może być Okręg PZW w Toruniu (178 jezior, łączna powierzchnia ok. 8000 ha), który w roku 2009 wprowadził zakaz połowów rybackich, wyjątkiem pozostały tylko połowy tarlaków na potrzeby zaopatrywania własnych wylęgarni w materiał rozrodczy (Wołos i Trella 2017, Trella i Wołos 2021c).

Tak prowadzona gospodarka rybacka na jeziorach, gdzie zaprzestaje się połowów narzędziami rybackimi, w świetle zachodzących zmian klimatycznych może być bardzo niekorzystna, bowiem ryby karpiowate (np. leszcz, krąp i płoć), zwiększają swoje populacje wraz ze wzrostem temperatury i są realnym zagrożeniem dla funkcjonowania ekosystemów jezior (Ficke i in. 2007). Ten stan może się jeszcze pogarszać z tego powodu, że około 70% wędkarzy w Polsce zawsze i często wypuszcza do wody złowione ryby, w tym wymienione eurytopowe karpiowate (Arlinghaus i in. 2021). Warto tutaj wspomnieć, że w Polsce wzrasta zużycie zanęt, jeszcze w latach 80. XX w. około 50% wędkarzy stosowało zanętę (Wołos 1984a), na początku lat 90. 53,4% wędkarzy w ilości 1 kg dziennie na wędkarza (Wołos i in. 1992), dziesięć lat później ilość ta wzrosła do 2,2 kg, a zanętę stosowało 66% badanych wędkarzy (Wołos i Mioduszevska 2003). Najnowsze badania wskazują na dalszy wzrost ilości stosowanej zanęty do poziomu 2,7 kg oraz wzrost udziału wędkarzy stosujących nęcenie do ponad 80% (Czarkowski i in. 2018, 2021). Ta wzrostowa tendencja użycia zanęt wynika z faktu, że wędkarze stosowali zanęty głównie do nęcenia ryb karpiowatych (Czerniawski i in. 2010), ponieważ istnieje dodatnia zależność pomiędzy ilością zanęt a wielkością połowu ryb (Wołos i in. 1992, Arlinghaus i Mehner 2003, Mehner i in. 2019). Tak duże ilości biogenów wprowadzanych do akwenów wraz z zanętami oraz zwiększająca się skłonność wędkarzy do wypuszczania wszystkich złowionych ryb (Czarkowski i in. 2018), może spowodować przyspieszone tempo eutrofizacji i sprzyjać rozrodowi ryb karpiowatych. Nawet niewielkie ilości zanęty wprowadzone do ekosystemu powodują zmiany w populacji ryb bentosożernych i wszystkożernych, bowiem zanęty cechuje wysoka jakość odżywcza i są łatwo dostępnym pokarmem (Kowalska 2021). W badaniach Iho i in. (2017) zasugerowano, że optymalne zarządzanie rybołówstwem powinno także uwzględniać potrzebę bardziej intensywnych połowów komercyjnych gatunków, które mogą stwarzać zagrożenie ekologiczne, gdyż przegęszczone populacje gatunków ryb żywiących się zooplanktonem przyspieszają proces eutrofizacji. Podobnie odłów gatunków ryb o niskiej wartości, ale o wysokim zagęszczeniu, zasugerował Nielsen i in. (2019) jako sposób na poprawę jakości wody. Małe osobniki tej grupy ryb nie mają znaczenia handlowego, dlatego w wielu krajach przeprowadza się tzw. połowy redukcyjne mające na celu znaczne zmniejszenie zagęszczenia ryb karpiowatych; takie odłowy prowadzi się m.in. w Szwecji, gdzie rozważa się użycie tej frakcji ryb nawet do produkcji biogazu (Hornborg i Främberg 2020).

b) zmiany klimatyczne obserwowane w zbiornikach zaporowych

Według badanych użytkowników rybackich zbiorników zaporowych największy wpływ na populacje ryb bytujących w tych akwenach mają nie zachodzące zmiany klimatyczne, ale sam zbiornik, który utrudnia migracje ryb (Trella i in. 2019a). Ten wpływ został już wielokrot-

nie zbadany i opisany, gdyż budowle hydrotechniczne powodują, że zmienia się naturalna dynamika przepływu wody (Nilsson i Berggren 2000, Nilsson i in. 2005, Moore i in. 2012), a to z kolei wpływa na drogi migracyjne wielu gatunków ryb, przez co migracja może zostać poważnie utrudniona lub uniemożliwiona (Baras i in. 1994, Wiśniewolski 2008, Baras i Lucas 2001, Noonan i in. 2012, Dębowski 2016). Ten niekorzystny wpływ pogarsza również skromna liczba przepławek, które znajdują się tylko na 23,3% badanych zbiorników. Trzeba jednak pamiętać, że ich budowa nie eliminuje całkowicie problemu utrudnień migracyjnych ryb (Roscoe i Hinch 2010, Bunt i in. 2012, Hatry i in. 2013) i niestety zdarza się, że mimo występowania przepławek wiele z nich wykazuje niską efektywność (Noonan i in. 2012).

Drugim z kolei problemem, na który zwrócili uwagę ankietowani, był negatywny wpływ kormorana związany z ociepleniem klimatu, czyli jego zwiększona presja na rybostan zbiorników zaporowych. Wraz ze zmianami klimatycznymi problem presji kormorana na rybostan zbiorników będzie się zwiększał, podobnie jak ma to miejsce na jeziorach, gdyż wraz ze wzrostem średniej temperatury skracać się też będzie typowa zima, co powoduje zauważone i wysoko punktowane przez ankietowanych skrócenie okresu trwałej pokrywy lodowej. Zaobserwowano, że liczebność kormoranów maleje wraz ze wzrostem stopnia zlodzenia na zbiornikach zaporowych (Bobrek i in. 2018, Wilk i in. 2019). Wraz ze wzrostem temperatury powietrza oraz wynikającej z tego – po części – większej trofii zbiorników, zwiększać się będzie temperatura wody i biomasa ryb, co wydłuży (a w zasadzie już wydłuża) okres przebywania kormoranów na tych akwenach oraz zwiększy ich liczebność (White i in. 2015, Klimaszyk i Rzymiski 2016).

Respondenci wysoko punktowali również problemy wynikające z zauważalnych zmian klimatycznych. Do najważniejszych zaliczyli wzrost temperatury wody latem i wiosną, ekstremalne skoki temperatury wody latem, wahania poziomów wód wiosną i latem, niskie poziomy wody od wiosny do jesieni, zakwity (głównie latem) oraz ubytki tlenu. Zbiorniki mają bardzo istotny wpływ na termikę wód, gdyż doprowadzają do zaburzeń w relacjach między temperaturą wody rzecznej a temperaturą powietrza (Moniewski i Stolarska 2007). Wskutek kształtowania się w zbiorniku w ciągu roku stratyfikacji termicznej zarówno w zbiorniku, jak i w rzece poniżej zbiornika dochodzi do istotnych zmian temperatur (Wiejaczka 2011). Zbiorniki wywierają znaczący wpływ na naturalne relacje temperatury powietrza i wody, ponieważ istnieje wyraźna różnica tych parametrów w porównaniu z warunkami sprzed budowy zbiorników, co powoduje mniejszy wpływ temperatury powietrza na temperaturę wody w strumieniu praktycznie w każdej porze roku (Kędra i Wiejaczka 2017). Jak dodamy do tego potencjalny wpływ ścieków termicznych, to wcale nie dziwi fakt, że ankietowani narzekają na letnie zakwity, które często w takich zbiornikach były nasilone (Traczewska 2012). Trzeba jednak pamiętać, że przyczyn zakwitów i wzrostu trofii wody w polskich zbiornikach zaporowych należy upatrywać głównie w biogenach pochodzenia antropogenicznego (Czaplicka-Kotas i in. 2012), a wszystkie te czynniki mają istotny wpływ na populacje ryb i organizmów, którymi żywią się ryby (Lessard i Hayes 2003) oraz na zawartość tlenu w wodzie. Zrozumiała jest więc tak wysoka punktacja tych zjawisk, gdyż zwiększona temperatura wody w zbiorniku nie oddziałuje tylko na ryby, ale ma również znaczenie dla całego ekosystemu wodnego (Olden i Naiman 2010). Zmiany poziomu wody w zbiornikach, zauważone przez ankietowanych, są

bardzo skomplikowanym problemem, gdyż wynikają z samej funkcji zbiornika, którego priorytetowym zadaniem nie jest gospodarka rybacka, ale funkcja przeciwpowodziowa, retencyjna lub energetyczna (Jaguś 2018). Do tego dochodzą też wahania poziomu wód wynikające z braku lub zbyt intensywnych opadów, a to wszystko powoduje naprzemienne odstawianie i zalewanie dużych obszarów dna, skutkiem czego jest brak lub słaby rozwój typowej dla naturalnych zbiorników strefy litoralowej (Traczewska 2012), a jej znaczenie dla różnorodności gatunków ryb i ich liczebności jest fundamentalne (Winfield 2004).

Prowadzenie zrównoważonej gospodarki rybackiej na zbiornikach zaporowych, tak samo jak na jeziorach, wymaga prowadzenia racjonalnej polityki zarybieniowej. Wcześniej opisane zjawiska, jak skoki temperatur czy zmiany poziomu wód w okresie tarła, mają istotny wpływ na rozwój gatunków oraz ich stadiów młodocianych. Według ankietowanych użytkowników zbiorników zaporowych zmiany klimatyczne największy wpływ mają na tarło szczupaka, czyli podobnie jak w przypadku badanych użytkowników jezior. Szczupak to obecnie najważniejszy gatunek jeśli chodzi o politykę zarybieniową w Polsce w zbiornikach zaporowych, gdyż jak już wcześniej wspomniano oprócz zbiorników, zarybienia szczupakiem dominują we wszystkich wodach śródlądowych (Mickiewicz i Wołos 2012, Mickiewicz i Trella 2016, 2017, Mickiewicz 2018a, Trella i in. 2019a). Gatunek ten w okresie tarła wymaga sprzyjających warunków hydrologicznych m.in. podwyższonego poziomu piętrzenia, dłuższego okresu zalania nadbrzeżnych łąk, gdzie dochodzi do tarła (Łozowski i in. 2014). To wszystko tłumaczy tak wysoką pozycję szczupaka w ocenach negatywnego wpływu zmian klimatycznych w porównaniu z innymi gatunkami ryb – tak w kwestii tarła (naturalnego i kontrolowanego), jak i w przypadku oceny wpływu tych zmian na połowy wędkarskie.

Pozostałe badane parametry uzyskały dużo mniejszą sumę rang, która wynikała głównie z tego, że większość ankietowanych zaznaczała odpowiedź „brak wpływu”. Dla niektórych wariantów odpowiedzi nie było zaskoczeniem, że użytkownicy nie dostrzegali żadnego wpływu na prowadzenie gospodarki rybackiej, jednak w przypadku stosowania rybackich narzędzi połowowych tak wysoki odsetek odpowiedzi świadczący o braku jakiegokolwiek wpływu był zaskakujący. Według raportu FAO (FAO 2018) na temat wpływu zmian klimatu na rybołówstwo i akwakulturę wątek narzędzi rybackich jest dość szeroko omówiony; podkreślono w nim, że wraz ze zmianami klimatycznymi stosowanie obecnych narzędzi połowowych będzie problematyczne lub wręcz nawet niemożliwe. Równie zaskakujący był fakt, że ankietowani uznali, że w kwestii długości sezonu wędkarskiego zmiany klimatyczne mają wyłącznie wpływ na jego skrócenie w okresie zimowym (Trella i in. 2019a).

W podsumowaniu rozdziału *Zmiany klimatyczne obserwowane przez rybackich użytkowników wód* warto podkreślić, że badanych rybackich użytkowników jezior i zbiorników zaporowych charakteryzuje wysoka świadomość zachodzących zmian w klimacie, zauważają oni zmiany i odczuwają ich wpływ na prowadzoną jeziorową gospodarkę rybacką (Trella i in. 2019a, Trella i Wołos 2021c). Odpowiedzi uzyskane w ankietach przedstawiły realne problemy, z jakimi muszą sobie radzić uprawnieni do rybactwa prowadzący gospodarkę na jeziorach i zbiornikach zaporowych. Z racji tego, że odpowiedzi uzyskano od podmiotów, które użytkują blisko 83% całkowitego areалу jezior użytkowanych rybacko i użytkujących prawie 50% całkowitego areálu zbiorników zaporowych w Polsce, można stwierdzić, że

próba ta jest wysoce reprezentatywna dla całości gospodarki rybackiej prowadzonej w tej grupie akwenów nie tylko w Polsce, ale także w pozostałych regionach Europy Środkowo-Wschodniej. Jak widać, prowadzenie gospodarki na tych akwenach wymaga kompleksowego podejścia, a sami ankietowani są w większości świadomi zachodzących bądź przyszłych zmian klimatu i ich wpływu na gospodarowanie. Jest to ogólnie pozytywny wynik przeprowadzonych badań ankietowych, gdyż przewiduje się, że zmiany klimatyczne będą się nasilać i wpływać istotnie na rybołówstwo, zarówno rekreacyjne, jak i komercyjne prowadzone na jeziorach, jak i zbiornikach zaporowych (Kaczkowski i in. 2019). Jednak warto tutaj podkreślić, że większość z uprawnionych do rybackiego użytkowania zbiorników zaporowych nie prowadzi komercyjnych odłowów rybackich i decyduje się na typowo wędkarski model gospodarowania, przez co zakładać można, że odczują mniejszy wpływ niż ci użytkownicy, którzy prowadzą regularne odłowy narzędziami rybackimi na zbiornikach i na jeziorach. Stymulowane w wyniku zmian klimatycznych przegęszczenie ryb karpiowatych może jednak wymagać konieczności prowadzenia okresowych połowów małowartościowych ryb karpiowatych (Trella i in. 2019a) nie tylko na zbiornikach zaporowych, gdzie obecnie nie prowadzi się odłowów rybackich, ale także na jeziorach PZW, gdzie zakazano ich wolał działaczy i wędkarzy (Trella i Wołos 2021d).

2) Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowu tarlaków

Pozyskanie tarlaków, z których uzyskuje się materiał zarybieniowy, wiąże się najczęściej z wcześniejszym pozyskaniem ich ze środowiska naturalnego, gdzie zwykle łowione są w ustalonym prawnie okresie ochronnym (Kapusta i in. 2017), stąd odłów ten zgodnie z ustawą o rybactwie śródlądowym możliwy jest tylko za zgodą urzędów marszałkowskich (Mickiewicz 2016, Gruszecki 2020). Zatrudnieni w tych instytucjach urzędnicy zgodnie z prawem muszą posiadać odpowiednie wykształcenie i to oni rozpatrują złożone wnioski, a następnie udzielają (lub nie) zgody na takie odłowy (Mickiewicz 2016). Warto tutaj podkreślić, że urząd marszałkowski to część administracji samorządowej, a więc są oni niezależni od administracji rządowej (Dobrowolski 2018). To znaczy, że strona zawierająca umowę w imieniu Skarbu Państwa, czyli w chwili obecnej Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie – „Wody Polskie” (dawniej Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej – RZGW), nie ma wpływu na decyzję urzędnika samorządowego (Mickiewicz 2016). Mimo to, taki sposób eksploatacji populacji, szczególnie gatunków drapieżnych, może budzić wiele kontrowersji (Kapusta i in. 2017). Kontrowersyjne wydaje się również założenie, że odłowy te miałyby charakter komercyjny, w celu pozyskania ryby handlowej, a przy okazji materiału zarybieniowego, gdyż, jak wykazały badania (Zakęś i in. 2014), filety szczupaka potarłowego są istotnie gorszym źródłem cennych dla człowieka prozdrowotnych kwasów tłuszczowych (EPA i DHA). Ponadto stwierdzono również niższą masę mięśniową tych ryb po tarle, co przyczyniło się do obniżenia wydajności rzeźnej, szczególnie filetów. Niemniej jednak, gdyby tarlaki odławiane były w nadmiarze (ponad potrzeby zarybieniowe danego gospodarstwa), mogłoby to rodzić uzasadnione podejrzenia, co do prawdziwych intencji uprawnionego do

rybactwa. Warto tutaj dodać, że uprawniony nie może odłowić większej masy tarlaków niż podana we wniosku do stosownego urzędu marszałkowskiego (Trella i Wołos 2021d).

Do wdrożenia właściwych strategii zarządzania w rybactwie śródlądowym, w tym m.in. odłowów tarlaków, czyli zrównoważonej eksploatacji zasobów rybnych, niezbędna jest podstawowa wiedza na temat zarządzanych wód (Brämick 2002). Jak widać w ostatnim czasie, oprócz aspektów biologicznych, ważne są też czynniki społeczno-ekonomiczne oraz ekologiczne, które często są kluczowe w podejmowaniu decyzji dotyczących zarządzania wodami (FAO 1997, Hickley i Tompkins 1998), a niewłaściwe zarządzanie tak delikatnymi zasobami, jakimi są jeziora, może spowodować degradację środowiska w ich zlewniach (Hecky i in. 2003). Nie dziwi więc tak duża troska wielu środowisk o to, aby zasoby te mogły być wykorzystywane jak najdłużej, a poziom ich zarządzania był na jak najwyższym poziomie (Trella i Wołos 2021b). Przedstawione wyniki badań wykazały, że uprawnieni do rybactwa w większości mają wyższe wykształcenie w dziedzinie rybactwa. Powinni być zatem przygotowani do wprowadzania innowacji w zakresie połowów tarlaków i postępowania z nimi w czasie tarła i po tarle, a mimo to tzw. klasyczna metoda pozyskiwania gamet (Czarkowski i Kapusta 2016) raczej długo będzie jeszcze stosowana, chociaż potencjalnie obniża przeżywalność przyszłego wylęgu (Cejko i in. 2015). Trzeba jednak pamiętać, że metoda ta praktykowana jest na całym świecie, gdyż jest po prostu tania (Pierce 2012, Hühn i in. 2014, Czarkowski i Kapusta 2016). Jednak intensywny rozwój akwakultury, larwikultury i kontrolowanych warunków rozrodu spowodował, że obecnie dużo łatwiej gospodarstwu zdobyć potrzebny materiał zarybieniowy, ale również samemu wyprodukować, przez co zapotrzebowanie na żywe tarlaki powinno maleć. W ostatnich latach podjęto udane działania zmierzające do stworzenia stad tarłowych ryb, w tym szczupaka, przetrzymywanych w warunkach kontrolowanych (RAS => stawy) (Szczepkowski 2009, Szczepkowski i in. 2012).

Zastosowanie wspomnianych wyżej innowacji może skutkować niższym zapotrzebowaniem na tarlaki, przy czym metody te wymagają nie tylko większego doświadczenia, nakładu pracy, ale i większych nakładów finansowych (Mickiewicz 2016). Dobrym przykładem tego, jak cena materiału wpływa na decyzje gospodarstw, jest obserwowany od wielu lat regres gospodarki sieją (Trella i in. 2012), gdyż spadek zarybień spowodowany jest bardzo wysoką ceną materiału zarybieniowego, a gospodarstwom rybackim bardziej opłaca się łowić i zarybiać wody sielawą (Trella i Wołos 2021b). Nakłady na zarybienia sielawą zwracają się w największym stopniu po dwóch latach, a nie po trzech, czterech, jak to jest w przypadku siei (Zacharczyk 2007, Trella i in. 2012, Trella i Wołos 2021b).

Badanych rybackich użytkowników jezior charakteryzuje wysoka niechęć do potencjalnych zmian i innowacji w kwestii odłowów tarlaków, mimo że monitoring genetyczny pozwala utrzymać wysoką zmienność genetyczną stad tarłowych (Fopp-Bayat i Wiśniewska 2010, Trella i in. 2012). Poważnym zagrożeniem dla bioróżnorodności genetycznej jest zarybianie blisko spokrewnionym materiałem zarybieniowym pochodzącym od niewielkiej liczby tarlaków, co może spowodować inbredowanie populacji ryb oraz zubożenie jej puli genowej (Fraser 2008, Leberg i Firmin 2008, Fopp-Bayat 2010, Trella i in. 2012). U zinbredowanych osobników często dochodzi do obniżenia wartości niektórych cech, m.in. obniżenia płodności, spadku odporności na choroby, zahamowania wzrostu (Trella i in. 2012), a zjawisko to

nosi nazwę depresji inbredowej (Wang i in. 2002). Przyczyn występowania tego zjawiska należy szukać w zmniejszeniu heterozygotyczności, co doprowadza do ujawnienia genów recesywnych (Fopp-Bayat 2010). Dlatego też gospodarstwa same powinny wychodzić z inicjatywą wdrażania tego typu innowacji, aby gospodarka rybacka *ex definitione* była bardziej racjonalna (Trella i Wołos 2021b).

Nie dziwi niechęć badanych podmiotów do radykalnej zmiany, jaką byłoby całkowite zakazanie odłowu tarlaków, gdyż uprawnieni do rybactwa muszą przede wszystkim wypełniać swoje obowiązki, które narzuca im umowa z RZGW oraz operat rybacki (Mickiewicz 2017, Trella i Wołos 2021b). Prowadzenie zrównoważonej gospodarki rybackiej w jeziorach wymaga prowadzenia racjonalnej polityki połowowej i zarybieniowej, niezależnie od tego, czy prowadzonej przy użyciu narzędzi rybackich, czy wędk (Vehanen i in. 2002). Dlatego tak wielu uprawnionych wskazało, że wprowadzenie takich przepisów praktycznie uniemożliwiłoby wywiązanie się z obowiązku prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej. Należy przywołać obowiązującą definicję racjonalnej gospodarki rybackiej z art. 6.1. Ustawy o rybactwie śródlądowym (Dz.U. 2019 poz. 2168, z późn. zm.): *Racjonalna gospodarka rybacka polega na wykorzystywaniu produkcyjnych możliwości wód, zgodnie z operatem rybackim, w sposób nienaruszający interesów uprawnionych do rybactwa w tym samym dorzeczu, z zachowaniem zasobów ryb w równowadze biologicznej i na poziomie umożliwiającym gospodarcze korzystanie z nich przyszłym uprawnionym do rybactwa*. Zgodnie z tymi zapisami, we wszystkich obwodach rybackich należałoby wykorzystywać produkcyjne możliwości wód, ale z racji ich różnorodności możliwości produkcyjne są diametralnie zróżnicowane, a wykorzystywać je można z różną intensywnością i różnymi metodami (Wołos i Falkowski 2003). Czy zakaz odłowu tarlaków poprawiłby diametralnie zasoby ryb i doprowadził do zachowania równowagi biologicznej, gdy mimo braku tych odłowów, dalej istniałaby wysoka presja wędkarska oraz presja zwierząt rybożernych, a w szczególności kormorana? Wystarczy wspomnieć tu ostatnie badania Napiórkowskiej-Krzebietke i in. (2020, 2021) na przykładzie jeziora Warnołty z najliczniejszą kolonią kormorana w pasach pojezierzy, gdzie jego obecność (a dokładnie odchodów) spowodowała znaczne zwiększenie zawartości fosforu, stężenia chlorofilu *a*, występowanie intensywnego zakwitów sinic w wodzie jeziora, a konsekwencji negatywne zmiany w funkcjonowaniu całego ekosystemu wodnego (Trella i Wołos 2021c).

Z kolei dziwi, że tak wielu ankietowanych uznało za dobry pomysł, aby istniała całkowita swoboda działania gospodarstw w materii odłowu tarlaków. Obecnie liberalizacja prawa w tym zakresie jest całkowicie nierealna (i nieracjonalna), zwłaszcza że cały sektor rybacki jest obecnie pod stałym ostrzałem różnych organizacji, i to nie tylko ekologicznych. Poza tym takie regulacje mogłyby oznaczać zejście ze ścieżki zrównoważonego rozwoju, gdzie teoretycznie koncepcja zrównoważonego rozwoju implikuje stały postęp gospodarczy i społeczny w zgodzie ze środowiskiem naturalnym, zapewniający wysoką jakość życia obecnemu i przyszłym pokoleniom (Biały 2016). Pojęcie zrównoważonego rozwoju w kwestii ochrony środowiska oznacza to samo, co arystotelesowska zasada „złotego środka”, czyli punkt, w którym obie skrajności występują w sposób najbardziej umiarkowany (Trzcieniecka-Schneider 2017), trudno więc nawet nazwać kompromisem sytuację, w której gospodarstwa rybackie bez żadnej kontroli eksploatują tak ważne zasoby rybackie, jakimi są tarlaki.

Mogłoby się wydawać, że problem zakazu w mniejszym stopniu dotyczy PZW, gdyż w wielu okręgach pod wpływem nacisków wędkarzy doprowadzono do wstrzymania lub zaprzestania połowów komercyjnych na wodach należących do tego związku, co dotyczy m.in. okręgu w Toruniu czy Szczecinie. Wskutek takich decyzji w 2019 r. całkowita wydajność połowów rybackich w jeziorach użytkowanych przez PZW wyniosła tylko $2,98 \text{ kg ha}^{-1}$, podczas gdy w podmiotach o charakterze spółek osiągnęła $7,80 \text{ kg ha}^{-1}$ (Wołos 2020a). Mimo to, przywołany wyżej Okręg PZW w Toruniu, który od roku 2009 wprowadził zakaz połowów rybackich, pozostawił w drodze wyjątku możliwość łowienia tarlaków na potrzeby zaopatrywania własnych wylęgarni w materiał rozrodczy (Wołos i Trella 2017). Mimo tych działań nadal zdarzają się protesty przed siedzibą Zarządu Okręgu PZW w Toruniu, w której uczestniczą liczne grupy wędkarzy, którzy domagają się zaprzestania odłowu tarlaków czy zmiany profilu zarybień (Trella i Wołos 2021b). Mimo wielu nacisków wędkarzy ponad połowa podmiotów określiła swoje relacje z wędkarzami jako dobre, wskazując, że to jednak bardziej organizacje ekologiczne żądają zaprzestania odłowów tarlaków, a nie sami wędkarze.

Jako główną rekompensatę potencjalnego zakazu odłowów tarlaków ankietowani uznali zwiększenie opłat wędkarskich. Zgodnie z opracowaniem Dawesa (2009), gdzie zbadano wpływ rzeczywistych podwyżek cen na relację z klientem, w tym przypadku z wędkarzami, wzrost tych opłat nie może być rozsądnym posunięciem, gdyż podniesienie cen, a tym bardziej znaczące w przypadku ryb szlachetnych, może oznaczać stratę klienta (wędkarza), a koszt jego „powrotu” byłby wielokrotnie wyższy. Tym bardziej że od lat obserwowany jest trend zwiększającego się zainteresowania wędkarstwem morskim (w tym zwłaszcza na zalewach Wiślanym i Szczecińskim i strefach przybrzeżnych, w pobliżu większych miast), którego uprawianie jest korzystniejszą ze względu na ceny zezwoleń alternatywą (Trella 2012, Trella i Mickiewicz 2016, Trella 2018c, Trella i Wołos 2021b).

Podsumowując rozdział *Gospodarka zarybieniowa – problematyka odłowu tarlaków*, warto podkreślić, że odpowiedzi uzyskane w ankietach przedstawiły szerokie spojrzenie właścicieli i menedżerów badanych podmiotów na problem odłowu tarlaków ryb. Z racji tego, że odpowiedzi uzyskano od użytkowników niemal 64% całkowitego areалу jezior użytkowanych rybacko i wędkarsko w Polsce, można stwierdzić, że próba ta jest wysoce reprezentatywna dla całości gospodarki jeziorowej prowadzonej nie tylko w Polsce, ale i innych krajach naszego regionu geograficznego. Jak widać, prowadzenie gospodarki zarybieniowej, a także odłowu tarlaków wymagają kompleksowego podejścia, a sami ankietowani są w większości świadomi możliwych zmian i ich wpływu na gospodarowanie. Przeprowadzone badania nie miały za zadanie udowodnić, czy odłów tarlaków lub jego zakaz jest zły czy dobry, ale pokazać, jak do tych zmian nastawieni są uprawnieni do rybactwa i jak może to wpłynąć na prowadzoną przez nich gospodarkę rybacką (Trella i Wołos 2021b).

3) Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem

Od lat 60. XX wieku obserwowany jest spadkowy trend rybackich odłowów szczupaka w jeziorach. W latach 1956-1985, przy średniej wielkości wynoszącej 473 tony, maksymalny

odłów osiągnięto w 1959 r. (779 ton), zaś minimalny w 1984 r. (zaledwie 140 ton) (Wołos 2020b, Trella i Wołos 2021d). W badanym okresie 2005-2019 trend ten był dalej obserwowany, choć w ostatnich kilku latach odłowy rybackie nieznacznie wzrosły. Natomiast wartość tych odłowów, zarówno całkowitych, jak i tarlaków wahała się, gdyż wpływ na nią miały różne czynniki, m.in. inflacja oraz ceny rynkowe. Jednak warto tutaj podkreślić, że wartość odławianych tarlaków stale rośnie. W przypadku PZW najwięcej sprzeciwu wśród wędkarzy budzą, wspomniane już we wcześniejszym rozdziale, połowy rybackie prowadzone za pomocą sieci (Wołos i in. 2016), a coraz silniejsze naciski wędkarzy doprowadzają do wstrzymania lub zaprzestania połowów komercyjnych na wodach użytkowanych przez coraz liczniejsze okręgi Związku. Warto także wspomnieć, że w badaniach wzięto pod uwagę jedynie połowy komercyjne, i gdyby dodać do podanych wartości urealnione wydajności wód eksploatowanych przez wędkarzy, przy założeniu wysokości odłowów wszystkich gatunków na poziomie 13000 ton ryb (Wołos i Draszkiewicz-Mioduszevska 2020), 15,7% udziale szczupaka oraz wydajności wędkarskich odłowów tego gatunku na poziomie 4,25 kg ha⁻¹ (Wołos 2020b), to wielkość całkowitych odłowów byłaby znacznie wyższa niż obliczona tylko na podstawie danych rybackich (Trella i Wołos 2021d).

Z ekologicznego punktu widzenia nie ma znaczenia, czy eksploatację populacji ryb prowadzi się rybackimi czy wędkarskimi narzędziami połowu, istotna jest natomiast jej wielkość w stosunku do granicy zapewniającej odnawialność zasobów (Wołos i in. 2016), dlatego też prowadzenie zrównoważonej gospodarki rybackiej wymaga prowadzenia racjonalnej polityki zarybieniowej (Trella i in. 2019a). Materiał zarybieniowy wprowadzany do jezior w znacznej większości produkuje się na bazie produktów płciowych, pozyskanych od ryb odłowionych w okresie przedtarłowym lub podczas samego tarła (Zakęś i Danilewicz 2010, Zakęś i in. 2018a). W Polsce głównie pozyskuje się tarlaki ryb drapieżnych (szczupaka, sandacza, suma europejskiego oraz koregonidów (siei i sielawy) (Zakęś i in. 2014, 2018b). Jak przedstawiono w pracy, w badanych latach w odłowach tarlaków zdecydowanie dominował szczupak, dominacja ta również wyrażała się w liczbie wniosków na odłów tarlaków tego gatunku (Zakęś i in. 2014). Warto tutaj przypomnieć, że odłów tarlaków w czasie tarła jest prawnie zabroniony, dlatego uprawniony musi ubiegać się o zezwolenie na odstępstwo od zakazów połowu ryb przewidzianych Ustawą o rybactwie śródlądowym (Dz. U. z 2019 r. poz. 2168, z późn. zm.). We wniosku uprawniony musi wskazać cel i wyczerpujące uzasadnienie podjętych działań, gdyż od tego zależy udzielenie zgody na takie odłowy (Mickiewicz 2016).

Gospodarka zarybieniowa, podobnie jak inne rodzaje gospodarki, musi być prowadzona zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, zwanego też ekorozwojem (Mickiewicz i Wołos 2011). Jednym z przykładów jest zarybianie szczupakiem. Daje to wiele pozytywnych rezultatów, od najbardziej oczywistego, czyli zwiększenia ilości tego gatunku w zarybianych akwenach, zwiększania atrakcyjności wędkarskiej (Wołos 2000), a także pozytywną odpowiedź ekologiczną poprzez regulację ichtiofauny (Leopold i in. 1998), co w efekcie może prowadzić do poprawy jakości wody (Mehner i in. 2004). Materiał zarybieniowy szczupaka był też regularnie stosowany w biomanipulacjach przeprowadzanych w celu poprawy jakości wody poprzez eliminację drobnych ryb karpiowatych (Skov i Nilsson 2007, Winfield 2015). Dlatego zarybiania te mają największe znaczenie w jeziorach średnio lub silnie zaburzonych

i zagrożonych degradacją (Bnińska 1996), a w takim właśnie stanie znajduje się coraz więcej jezior (Trella i Wołos 2021d). W badanym okresie najwięcej wprowadzono wylęgu, a trend wzrostowy był stały. W przypadku pozostałych starszych form obserwowano, czasem znaczne, wahania, a przyczyną tego stanu rzeczy było zapewne przekonanie menedżerów o mniejszej efektywności oraz zmieniająca się podaż takiego materiału zarybieniowego w porównaniu z wylęgiem, który w ostatnim 5-leciu zaczyna wyraźnie dominować nad resztą form wprowadzanego materiału zarybieniowego szczupaka. Taka tendencja znajduje potwierdzenie w przypadku szczupaka amerykańskiego *Esox masquinongy* Mitchill, 1824 (Margenau 1992), który wykazał, że bardziej opłacalne ekonomicznie jest zarybianie wylęgiem niż starszymi asortymentami. Taka hipoteza znajduje jednak poparcie, i zwolenników, i przeciwników, dlatego też dylemat ten zostanie omówiony w następnych rozdziałach dyskusji.

Podsumowując rozdział *Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem*, warto zauważyć, że przeprowadzone analizy wskazują, że przez kolejne lata szczupak będzie w gronie kilku gatunków kluczowych, jeśli chodzi o gospodarkę rybacką, a nakłady na zarybiania będą stale dominowały. Wyniki badań pokazały, że zarybiania przyczyniają się do stabilizowania populacji szczupaka narażonej na wysoką presję naturalną i antropogeniczną (Mickiewicz i Trella 2019). Mimo spadku całkowitych odłowów szczupaka, gatunek ten nadal posiada wysoką rangę w gospodarce rybackiej prowadzonej w obwodach rybackich, tak pod względem wielkości i wartości odłowów, jak i wielkości i wartości zarybień, świadczących o tym, że jest stale gatunkiem kluczowym, którego znaczenia w gospodarce rybackiej stale jest wysokie. Prawidłowo prowadzona eksploatacja rybacka i zarybiania to, w świetle wiedzy naukowej i przepisów prawa, podstawa prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej, która nakłada na uprawnionego do rybactwa nie tylko obowiązki poprzez zapisy ustawowe czy poprawnie stworzony operat rybacki, ale również interes ekologiczny, ekonomiczny i społeczny.

4) Wielkości i wybrane cechy odłowów rybackich

i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej

Odłowy rybackie szczupaka w okresie funkcjonowania państwowych gospodarstw rybackich i po okresie transformacji ustrojowej i własnościowej

Gospodarka szczupakiem w jeziorowych gospodarstwach rybackich w okresie gospodarki centralnie kierowanej, przy niemal pełnym monopolu Państwowych Gospodarstw Rybackich (PGRyb), nie była przedmiotem analiz i dociekań naukowych (Wołos i Czerwiński 2013), gdyż, jak wspomniano wcześniej, system gromadzenia podstawowych danych gospodarczych był jedynym, na którym można była opierać analizy. Jednak nawet bazując tylko na tych danych, widać wyraźnie, że odłowy szczupaka miały tendencję spadkową (Trella i Wołos 2021a). Z początkiem lat 90. XX w., czyli od czasu likwidacji PGRyb, a następnie dokonanej transformacji własnościowej w rybactwie jeziorowym, której szczyt przypadał na lata 1993-1995, sytuacja uległa diametralnej zmianie, gdy wszystkie nowo powstałe podmioty gospodarcze musiały zacząć działać w warunkach gospodarki rynkowej, w których

jedną z naczelných zasad jest rentowność działalności gospodarczej (Wołos i Czerwiński 2013). W okresie tym wystąpił brak reprezentatywnych informacji o stanie rybactwa jeziorowego (Trella i Wołos 2021a) i dlatego zapoczątkowano badania ankietowe gospodarstw jeziorowych, obejmujące m.in. analizę wskaźników gospodarczych (Leopold i Wołos 1996), co w dłuższym horyzoncie czasowym umożliwiło bardziej kompleksową analizę odłowów szczupaka w latach po transformacji ustrojowej (Trella i Wołos 2021a). Niestety prowadzone systematycznie badania wykazały istnienie dalszego trendu spadkowego odłowów, który trwał do końca analizowanego okresu. Powodów tego spadku jest wiele, jednak zarówno specjaliści z gospodarstw rybackich, jak i naukowcy z Zakładu Rybactwa Jeziorowego IRS jako jedną z głównych przyczyn spadku odłowów szczupaka, m.in. w kompleksie jeziora Śniardwy, wymieniają liczną kolonię kormorana czarnego, usytuowaną na wyspie satelitarnej dla samego jeziora Śniardwy jeziora Warnołty, liczącą w latach 2011-2018 od 1447 do 1169 gniazd i będącą w tym okresie najliczniejszą kolonią lęgową w północno-wschodniej Polsce (Traczuk 2013, Wołos 2019b).

Odłowy rybackie szczupaka obecnie

O obecnym, nadal dużym znaczeniu gospodarczym i ekonomicznym połowów szczupaka świadczy fakt, że w 2018 r. całkowity jego odłów z jezior wyniósł 233 tony, co stanowiło 12% odłowów wszystkich gatunków, zaś przy ogólnej jego wartości finansowej (2,58 mln PLN) stanowił 14,33% całkowitej wartości odłowów wynoszącej ok. 18 mln PLN, zajmując pod tym względem trzecie miejsce za węgorzem i sielawą (Wołos 2019a). Można też stwierdzić, że mimo obserwowanych zmian klimatycznych nie wpłynęły one jeszcze znacząco na gospodarowanie szczupakiem w jeziorach, co już obserwują użytkownicy rybacy zbiorników zaporowych w Polsce (Trella i in. 2019a).

Osobne badania przy użyciu obowiązkowych kwestionariuszy statystycznych RRW-23 przeprowadzone na próbie 390 podmiotów gospodarczych użytkujących 380,1 tys. ha jezior przepływowych, rzek i zbiorników zaporowych (przy czym nie wszyscy użytkownicy rybacy zwrócili wypełnione kwestionariusze) wykazały, że w 2018 r. całkowity raportowany rybacki odłów szczupaka wyniósł także 233 tony, w tym 50,3 tony tarlaków, co stanowiło 21,6% całkowitej masy złowionego szczupaka i 57,8% całkowitych odłowów tarlaków wszystkich (22) rozrządzanych w warunkach kontrolowanych gatunków ryb wykorzystywanych do zarybień (Trella i Wołos 2021).

Odłowy wędkarskie szczupaka – badania ankietowe – tło historyczne

O konieczności użycia badań ankietowym wspomniano już w poprzednich rozdziałach, jednak warto prześledzić historię tych badań. Pierwsze dane o ogólnopolskich odłowach szczupaka pochodzą z pracy Leopolda i Bnińskiej (1980), w której znajdują się informacje uzyskane na podstawie badań ankietowych przeprowadzonych w latach 1978-1979 na podstawie połowów uzyskanych przez wędkarzy we wszystkich 49 okręgach PZW. Cytowana praca była pierwszą w polskiej literaturze, w której badano preferencje gatunkowe, zadając pytanie, jakie gatunki ryb chcieliby wędkarze łowić najbardziej; okazało się, że nie zawsze były to gatunki, których łowili najwięcej. I tak, na liście preferowanych przez wędkarzy gatun-

ków ryb na pierwszym miejscu był szczupak, wyprzedzając karpia (*Cyprinus carpio* L.) i płoć (*Rutilus rutilus* (L.)) (Leopold i Bnińska 1980, 1987).

Na podstawie analizy danych zebranych w latach 1978-1979 dokonano próby określenia wielkości wędkarskich odłowów szczupaka w 35 jeziorach o łącznej powierzchni 35,2 tys. ha, tworzących system Wielkich Jezior Mazurskich (WJM). Przy średnim rocznym odłowie szczupaka na poziomie 11,6 kg na 1 wędkarza obliczono, że wędkarze miejscowi odławiali 105 ton, wędkarze przyjezdni 33 tony, a powstały w ten sposób łączny odłów szczupaka osiągnął około 140 ton, przekraczając prawie 4-krotnie całkowity rybacki odłów tego gatunku z jezior systemu WJM dokonywany przez PGRyb Giżycko (Wołos 1984b).

W latach 1986-1990 przeprowadzono badania nad wieloma aspektami wędkarstwa jeziorowego, których wyniki stały się podstawą pierwszej w Polsce pracy doktorskiej o wędkarstwie (Wołos 1992). Niektóre z tych wyników – chociaż nieznacznie odbiegające od głównego celu niniejszej pracy – są nad wyraz aktualne w obecnych czasach, a że część z nich nie była dotąd publikowana, warto je tutaj przytoczyć. W badaniach tych zebrano w sumie ankiety od wędkarzy łowiących ryby w 32 jeziorach PGRyb i 10 jeziorach PZW, o łącznej powierzchni 27883 ha, co stanowiło wówczas około 10% całkowitego areálu jezior użytkowanych rybacko w Polsce.

W badaniach ankietowych zbadano główne cechy charakteryzujące wędkarzy tolerujących większą presję wędkarską na łowisku oraz tych, którzy do udanego wędkowania wymagają znacznie większej swobodnej przestrzeni, a właśnie do tej grupy należą wędkarze preferujący gatunki drapieżne. Okazało się, że wędkarze z pierwszej grupy rzadziej wykorzystywali do wędkowania łódzie (36,3%, podczas gdy z grupy drugiej 58,5%), znacznie mniej łowili szczupaka i okonia (33,4% odłowów wszystkich ryb, wobec 52,8%) i w mniejszym stopniu za najbardziej preferowany gatunek uważali szczupaka, niż wędkarze wymagający znacznie większego oddalenia od innych wędkarzy. Są to dwie wyraźnie różniące się grupy wędkarzy, o czym wymownie świadczy fakt, że w przypadku ważnych motywów wędkowania 44,3% przedstawicieli pierwszej grupy stawiało walory sportowe i 44,3% konsumpcyjne, zaś z grupy drugiej odpowiednio 60,8% i 27,5%.

Godny odnotowania jest wynik analizy zmian w gospodarce rybackiej pożądaných przez wędkarzy: 48% z nich postulowało zwiększenie zarybień (w tym zwłaszcza szczupakiem), 20,4% zmniejszenie połowów rybackich, 10,0% zakaz połowów elektrycznych, 6,6% przestrzeganie okresów tarła. Natomiast wśród proponowanych zmian w przepisach regulujących wędkowanie na piątym miejscu znalazł się postulat większej ochrony szczupaka poprzez obniżenie dziennego limitu i zwiększenie wymiaru ochronnego, które to środki proponowało 6,2% badanych wędkarzy. Nadal aktualne jest brzmienie tych oczekiwań po 30 latach od cytowanych badań.

Wśród największych szczupaków wymienionych przez ankietowanych wędkarzy było 15 ponad 9-kilogramowych okazów (taka była wtedy norma na uzyskanie brązowego medalu), z czego dwa przekraczały znacznie masy pozostałych. Pierwszy wędkarz, osobiście ankietowany przez promotora niniejszej pracy nad brzegiem jeziora Wigry w 1986 r., starszy już pan, opowiedział o złowieniu w 1962 r. na żywca szczupaka o długości 143 cm i masie 33,0 kg. Masy i wymiary innych złowionych przez niego dużych ryb (siei, leszcza, płoci i okonia)

wskazują, że w owych czasach jezioro Wigry było bardzo atrakcyjnym łowiskiem wędkarskim. Kolejny rekordowy okaz – według drugiego ankietowanego wędkarza – złowiony w 1985 r. w jeziorze Mamry Płn. mierzył 127 cm i ważył 25,7 kg. Można także dodać, że te dwa duże i głębokie (Wigry – powierzchnia 21,7 km², gł. maks. 73 m; Mamry Płn. – 25,04 km², 43,8 m), jedno z najczystszych przed laty jezior w Polsce, z bardzo licznym pogłowiem sieławy (na której żerowały najstarsze roczniki szczupaka), jak niewiele innych, sprzyjały bytowaniu licznych jego populacji, i co najważniejsze: mógł w nich osiągać znaczne – rekordowe rozmiary. Potwierdza to fakt, że wśród 15 wymienionych przez wędkarzy okazów, sześć raportowali wędkarze jako złowione w jeziorze Mamry Płn. Warto tu także przytoczyć dane o wzroście szczupaka w kilkunastu jeziorach z okolic Węgorzewa (m.in. jeziora Mamry, Świącajty, Rydzówka czy Gołdopiwo), które wskazały, że szczupaki z jeziora Mamry cechowały się zdecydowanie najszybszym tempem wzrostu, osiągając w szóstym roku życia długość (l.c.) około 80 cm, podczas gdy w drugim w tym rankingu jeziorze Sołtmany 65 cm, a w trzech ostatnich jeziorach 50-55 cm (Antosiak 1961).

W 2015 r. przeprowadzono badania ankietowe wędkarzy dotyczące połowów wędkarskich dokonywanych w 2014 r. w jeziorach użytkowanych przez osiem gospodarstw rybackich usytuowanych w trzech głównych regionach jeziorowych, umownie określonych jako „Mazury”, „Pomorze” i „Wielkopolska” (Wołos i in. 2015a). Całkowita powierzchnia jezior będących we władaniu tych podmiotów wynosiła 29,7 tys. ha i stanowiła 11% ogólnej powierzchni jezior użytkowanej rybacko w Polsce. Po uwzględnieniu obliczeń oraz danych o liczbie sprzedanych przez badane w tym samym roku 84 gospodarstwa rybackie (powierzchnia jezior 186 tys. ha) zezwoleń wędkarskich (całorocznych, krótkoterminowych i 1-dniowych) dokonano oszacowania wielkości łącznych odłowów wędkarskich w jeziorach Polski w 2014 r. Wyniosły one 5250 ton ryb, w tym szczupaka 890 ton, tj. 3,2-krotnie więcej niż całkowite odłowy rybackie tego gatunku wynoszące w 2014 r. 267 ton.

W 2016 r. Zakład Bioekonomiki Rybactwa, przy współpracy z Zarządem Głównym PZW, przeprowadził badania ankietowe wędkarzy, głównie członków PZW w 18 okręgach, a także wędkarzy łowiących ryby w jeziorach użytkowanych przez 3 gospodarstwa rybackie – w Ełku, Wągrowcu i Bogucinie (Czarkowski i in. 2018). Analiza ankiet wykazała wyraźnie wyższy udział szczupaka w odłowach z jezior (Wołos i in. 2015c) niż w wodach badanych 21 podmiotów (18 okręgów PZW i tylko 3 gospodarstwa jeziorowe), może to zatem wynikać nie tylko z bardziej sprzyjających populacjom szczupaka warunków bytowania w jeziorach (niż np. w rzekach, które niemal w całości są użytkowane przez PZW), ale także z popularności dobrowolnego uwalniania złowionych osobników szczupaka przez wędkarzy oraz wynikać z polityki wielu okręgów PZW, które wprowadziły szereg przepisów bardziej restrykcyjnie chroniących ten preferowany przez wędkarzy gatunek (górne lub widelkowe wymiary ochronne, C&R, a nawet no kill) (Trella i Wołos 2021a).

Odłowy wędkarskie szczupaka – badania rejestrów połowów

W połowie lat 80. XX w. badania nad wędkarstwem w Polsce zostały wzbogacone przez nowe źródło informacji, jakim stała się rejestracja połowów wędkarskich, początkowo na skalę eksperymentalną w dwóch okręgach: PZW Słupsk (1986-1987) i PZW Krosno (1986),

następnie – na dwa lata – we wszystkich okręgach PZW (1988-1989). Po kilkuletniej przerwie wybrane okręgi (Katowice i Bielsko-Biała) reaktywowały obowiązkową rejestrację (Wołos i in. 1998), a od początku lat 2000 obowiązek rejestrowania połowów dotyczy członków wszystkich okręgów PZW (Wołos i Mickiewicz 2002).

Wyniki pierwszych analiz materiału z 1986 r., zawierającego rejestry wypełnione przez wędkarzy z Okręgu PZW Słupsk, podali Leopold i in. (1988), że w 17 jeziorach PZW udział szczupaka przekraczał 30%, w tym aż w 12 z nich był wyższy niż 40%, przekraczając 50% w trzech jeziorach: Smardzewo (87,7%), Godzież (68,6%) i Miłe (50,4%), warto jednak dodać, że były to z reguły jeziora płytkie o stosunkowo niewielkiej powierzchni (poniżej 30 ha) i dobrym stanie środowiska, a także rozbudowanej strefie litoralowej. W tym samym roku przeanalizowano rejestry z Okręgu PZW Krosno (Wołos i Piskorski 1991), w którym przeważającą część wód tworzy rzeka San i jej dopływy, w tym Wisłok i Jasiołka. Ogółem wędkarze złowili 28 gatunków ryb o łącznej masie ok. 22 ton, przy czym najwięcej złowiono lipienia (*Thymallus thymallus* (L.)), który stanowił 33,0% tej masy, oraz klenia, którego udział wyniósł 16,2%. Szczupak stanowił 9,6% odłowów.

W 1988 r. swoje połowy rejestrowali wędkarze z ówczesnego Okręgu PZW Suwałki, a wyniki analizy rejestrów przedstawili Wołos i Grabowska (1990). W odłowach wędkarskich szczupak stanowił 22,0% całkowitej masy złowionych ryb, a największymi udziałami tego gatunku charakteryzowały się następujące jeziora: Pobłędzie (51,3%), Kopane (54,4%), Ożewo (40,1%), Przechodnie (40,3%) i Okminek (34,7%). Były to jeziora nieco większe i głębsze niż w okręgu słupskim, z reguły mezotroficzne, zazwyczaj z licznym pogłowiem okonia, niektóre z koregonidami i miętusem. W większości prowadzono w nich także eksploatację narzędziami rybackimi.

W 2004 r. działające w porozumieniu 4 okręgi PZW w południowo-zachodniej Polsce (Jelenia Góra, Legnica, Wałbrzych i Wrocław) przeprowadziły rejestrację połowów, uzyskując zwrot 13060 rejestrów, z analizy których wynika, że szczupak stanowił 9,2% całkowitej masy wszystkich złowionych gatunków ryb, przy czym najwyższy jego udział charakteryzował rzeki o charakterze nizinny (12,5%), następnie zbiorniki zaporowe (7,9%), a na końcu rzeki o charakterze górskim (5,1%). W największej rzece Odrze odsetek szczupaka w odłowach wędkarskich wyniósł 15,2% (odcinek PZW Legnica), zaś w największym zbiorniku zaporowym Mietków (800 ha) w PZW Wrocław jedynie 4,0%). Średnia masa szczupaka zarejestrowanego we wszystkich łowiskach czterech okręgów była stosunkowo niska – 1,50 kg (Wołos i in. 2006).

A jak wygląda sytuacja szczupaka, mierzona zarejestrowanymi przez wędkarzy odłowami, obecnie, po upływie 30 lat od tamtych badań? Próbę odpowiedzi oparto na wynikach rejestracji w 2017 r. w czterech okręgach PZW: Bielsko-Biała, Katowice, Mazowiecki (centralna i północna Polska) i Toruń, a także na danych uzyskanych na podstawie analizy oficjalnych kwestionariuszy statystycznych, obowiązujących wszystkich rybackich i wędkarskich użytkowników obwodów rybackich (czyli jezior przepływowych, rzek i zbiorników zaporowych). W 2017 r. w wodach użytkowanych przez PZW Bielsko-Biała swoje połowy zarejestrowało 2518 wędkarzy, łączny odłów szczupaka wyniósł 1475 kg, co stanowiło 9,4% całkowitych odłowów. Najwięcej szczupaka złowiono w dwóch zbiornikach zaporowych,

a najwyższym udziałem charakteryzował się zbiornik Porąbka (10,7%), następnie Tresna (9,5%) oraz dolny odcinek rzeki Soły (9,3%). Średnia masa złowionych szczupaków, jak na polskie warunki, była stosunkowo wysoka – 1,72 kg (Wołos i in. 2019). W Okręgu PZW Katowice połowy zarejestrowało 30683 wędkarzy, całkowity odłów szczupaka wyniósł 20558 kg, co stanowiło – podobnie do PZW Bielsko-Biała – 9,0% masy wszystkich złowionych ryb, ale w wybranych łowiskach udziały szczupaka były dużo wyższe, sięgające: 23,8% (zbiornik Chechło-Nakło), 23,6% (Gzel) i 23,5% (Rogoźnik II). Średnia masa złowionych szczupaków była niższa niż w wodach PZW Bielsko-Biała i wynosiła 1,46 kg (Wołos i in. 2018). W wodach największego w kraju PZW Mazowsze (centralna i północna Polska), w którym mamy najbardziej zróżnicowaną konfigurację różnych kategorii wód, poczynawszy od największych w Polsce zbiorników zaporowych (Włocławek, Zegrze), przez największe rzeki (Wisła, Narew, Bug), a na kilkudziesięciu jeziorach i ciekach uznanych za krainę pstrąga i lipienia skończywszy, swoje połowy zarejestrowało 7809 wędkarzy. Szczupak stanowił 13,9% całkowitej masy złowionych ryb, a jego średnia masa osobnicza – 1,80 kg – była największa wśród wszystkich omawianych w niniejszym rozdziale okręgów PZW. Wśród odwiedzanych przez wędkarzy rzek największe udziały szczupaka zanotowano w następujących ciekach: Nurzec (38,7%), Orzyc (37,4%), Brok (34,1%), Bug (23,5%), Ełk (23,3%). Z kolei najwyższy odsetek szczupaka łowionego w jeziorach wystąpił w następujących łowiskach położonych na południowym krańcu Mazur: Nożyce (40,4%), Świętajno (Narty) (32,7%) i Wałpusz (29,5%) (Draszkiewicz-Mioduszevska i Wołos 2019). W Okręgu PZW Toruń połowy zarejestrowało 11435 wędkarzy, a całkowity odłów szczupaka w ponad 200 różnorodnych łowiskach, ale w większości w jeziorach, wyniósł 12296 kg, co stanowiło 15,3% masy wszystkich złowionych ryb. Najwięcej szczupaka zarejestrowano w jeziorach, z których najwyższymi udziałami tego gatunku charakteryzowały się następujące zbiorniki: Studa (72%), Księża (53,3%), Szywałd (53%), Wieczno Płd. (47,1%), Zbiczno (37,5%), Niskie Brodno (33,5%). Wśród rzek na uwagę zasługuje Drwęca, w której szczupak stanowił 29%, przy 8,8-procentowym udziale troci wędrowej. Wisła, jak na największą polską rzekę niziną, także charakteryzowała się stosunkowo wysokim odsetkiem, wynoszącym 13,6%. Średnia masa osobnicza wszystkich zarejestrowanych szczupaków była niższa niż w wodach PZW Mazowsze i wynosiła 1,41 kg (Trella i in. 2019b).

Od 2004 r. podmioty użytkujące rybacko tzw. wody płynące, czyli jeziora przepływowe, rzeki i zbiorniki zaporowe są zobowiązani do złożenia w Instytucie Rybactwa Śródlądowego wypełnionych kwestionariuszy statystycznych RRW-23, dotyczących m.in. informacji o wielkości i strukturze gatunkowej odłowów rybackich, a od 2017 r. także odłowów amatorskich. Ze względu na długi czas potrzebny do zebrania i analizy danych z rejestrów wędkarskich są one raportowane z rocznym opóźnieniem w stosunku do danych o odłowach rybackich. W związku z tym w 2019 r. użytkownicy raportowali informacje o wynikach uzyskanych przez wędkarzy w sezonie 2017; takich podmiotów było 319, użytkujących ogółem 349,7 tys. ha wód płynących (Wołos i Draszkiewicz-Mioduszevska 2020). Obliczono, że całkowite odłowu wędkarskie wyniosły 3230 ton i wystąpiły w nich co najmniej 34 gatunki ryb, z których najwięcej złowiono leszcza i płoci, a następnie szczupaka i okonia. Całkowita raportowana masa szczupaka wyniosła 507,4 ton, co daje wydajność na poziomie 1,45 kg ha⁻¹ i udział

wynoszący 15,7% odłowów całkowitych. W tym samym roku raportowane odłowy rybackie szczupaka osiągnęły 233 tony (10,6% odłowów wszystkich gatunków), wydajność wyniosła $0,61 \text{ kg ha}^{-1}$, czyli wędkarze zarejestrowali w wodach obwodów rybackich – według danych z kwestionariusza RRW-23 – 2,4-krotnie więcej szczupaka niż rybacy zawodowi.

Ile szczupaka łowią rybacy i wędkarze, czyli które dane są najbardziej prawdopodobne?

Ustalenie rzeczywistych rybackich połowów szczupaka nie stanowi problemu, ponieważ Zakład Bioekonomiki Rybactwa IRS otrzymuje co roku szczegółowe informacje od uprawnionych do rybactwa w jeziorach (gospodarstwa rybackie, okręgi PZW, osoby prywatne, parki narodowe i inne podmioty), o łącznej powierzchni 230–240 tys. ha, co stanowi, w zależności od roku badań, 85-90% całkowitego areatu jezior użytkowanych w Polsce. Sumaryczną masę odłowionego w 2018 r. przez jeziorowych rybaków zawodowych szczupaka – po ekstrapolacji na całkowitą powierzchnię jezior użytkowanych rybacko (270 tys. ha) – oszacowana na poziomie 233 ton. Wielkość ta jest identyczna z podanym wyżej raportowanym odłowem uzyskanym w tym samym roku w wodach obwodów rybackich. Z uwagi na niepełny zwrot kwestionariuszy statystycznych RRW-23 przez wszystkich użytkowników wód stanowiących obwody rybackie wielkość 233 ton jest nieznacznie zaniżona. Ponieważ badana za 2018 r. próba podmiotów użytkujących te obwody obejmowała wszystkie duże i średnie gospodarstwa, wszystkie okręgi PZW i ponad 200 użytkowników z reguły niewielkich obwodów, można z dużym prawdopodobieństwem oszacować całkowity rybacki odłów szczupaka w Polsce na poziomie nie większym niż 250 ton.

Większe trudności sprawia jednak obliczenie realnego poziomu całkowitych wędkarskich odłowów szczupaka. Z informacji w cytowanych w pracy opracowaniach końcowe obliczenia można przedstawić następująco:

- wydajność na podstawie badań ankietowych w systemie Wielkich Jezior Mazurskich (Wołos 1984b): $4,00 \text{ kg ha}^{-1}$,
- wydajność jezior na podstawie badań ankietowych (Wołos i in. 2015c): $3,30 \text{ kg ha}^{-1}$,
- wydajność na podstawie ogólnopolskich badań ankietowych (Czarkowski i in. 2018): $5,60 \text{ kg ha}^{-1}$,
- wydajność w wodach obwodów rybackich na podstawie kwestionariuszy statystycznych RRW-23 (Wołos i Draszkiewicz-Mioduszevska 2020): $1,45 \text{ kg ha}^{-1}$,
- urealniona wydajność wszystkich wód eksploatowanych przez wędkarzy, przy założeniu wysokości odłowów wszystkich gatunków na poziomie 13000 ton ryb i 15,7-procentowym udziale szczupaka (Wołos i Draszkiewicz-Mioduszevska 2020): $4,25 \text{ kg ha}^{-1}$.

Wydajność najniższa ($1,45 \text{ kg ha}^{-1}$) wód obwodów rybackich, obliczona na podstawie kwestionariuszy statystycznych, chociażby ze względu na niepełną stopę procentową zwracanych przez wędkarzy rejestrów (np. po sezonie 2017 w okręgu PZW Bielsko Biała 35,6%, a w okręgu PZW Katowice 73,0%), jest zaniżona. Wniosek ten jest tym bardziej uzasadniony, ponieważ w Polsce (Czarkowski i in. 2018), jak i w większości rozwiniętych krajów świata (Arlinghaus i in. 2021), coraz więcej wędkarzy wypuszcza złowione ryby, a w przypadku wód

PZW nie wpisując ich do rejestrów połowów. Pozostałe wydajności mieszczą się w dość wąskim przedziale od $3,30 \text{ kg ha}^{-1}$ do $5,60 \text{ kg ha}^{-1}$, i można z dużym prawdopodobieństwem założyć, że wydajność na poziomie około 4 kg ha^{-1} jest bliska rzeczywistej. Pozwala to oszacować łączne odłowy wędkarskie szczupaka z całkowitej powierzchni wód eksploatowanych przez wędkarzy na poziomie około 2000 ton, czyli 8-krotnie więcej niż odłowy uzyskiwane rybackimi narzędziami połowu (250 ton).

Podsumowując rozdział *Wielkości i wybrane cechy połowów rybackich i wędkarskich szczupaka w perspektywie długoterminowej*, warto zaznaczyć, że znaczna dysproporcja między wielkościami odłowów szczupaka wędkarskimi i rybackimi narzędziami połowu jest całkiem zrozumiała, jeśli uwzględnimy fakt, że wędkarzy mamy obecnie, według różnych źródeł od 1 do 1,5 miliona, natomiast zawodowych rybaków jeziorowych około 400 (Trella i Wołos 2021a). Co ważne, szczupak – w skali całego kraju – jest obecnie, obok sandacza (Czarkowski i in. 2018), gatunkiem najbardziej preferowanym przez wędkarzy. Dodajmy do tego fakt, że tradycyjna gospodarka rybacka jest prowadzona na około 1/2 całkowitej powierzchni wód w Polsce (z wyłączeniem produkcyjnych stawów gospodarstw karpiowych i niektórych rezerwatów przyrody), natomiast presja wędkarska jest wywierana na prawie całym areale tych wód (z wyłączeniem j. w.). Trzeba w tym miejscu konieczności podkreślić, że przytoczone wyniki badań nad wędkarskimi połowami tego gatunku, przy zastosowaniu dwóch zasadniczych metod, tj. dobrowolnej ankietyzacji i obowiązkowej rejestracji, mogą mieć tylko charakter szacunkowy, co wynika i z zalet, i z wad stosowanych metod badawczych. Z wieloletniego doświadczenia przy wykorzystaniu obu metod możemy wysnuć taki generalny wniosek: wyniki odnośnie do wielkości odłowów wędkarskich uzyskane na podstawie dobrowolnych ankiet/wywiadów są z reguły 3-4-krotnie wyższe niż uzyskane po analizie obowiązkowych rejestrów połowów. Wobec tego metoda rejestracji połowów, jeśli dysponujemy wystarczająco licznym zbiorem rejestrów, w sposób miarodajny pozwala na zbadanie czynników „jakościowych”, ale jest niewystarczająca do zbadania parametrów „ilościowych” (Wołos i Trella 2017). I dlatego dokonany w niniejszym rozdziale szacunek – z uwzględnieniem wyników wielu badań – jest próbą dojścia do naukowo uzasadnionego kompromisu (Trella i Wołos 2021a).

5) Ocena efektywności zarybień szczupakiem

Ocena efektywności zarybiania szczupakiem czy każdym innym gatunkiem w warunkach naturalnych jest trudna i skomplikowana, m.in. ze względu na długi okres prowadzenia takich badań, a czego następstwem jest również ich wysoki koszt. (Szczepkowski i in. 2017). Do tego dochodzi jeszcze problem braku pełnej kontroli miejsc zarybiania oraz behawioryzm szczupaka, który z racji kanibalizmu nie może być wpuszczony do badanego akwenu w jednym miejscu o tej samej porze. Warto także zwrócić uwagę na fakt stosowania przy zarybianiu szczupakiem zróżnicowanych asortymentów – od wylęgu po ciężki narybek jesienny (Wiśniewolski 2008). Nawet skuteczny zabieg zarybiania stawia badaczy przed jeszcze większym problemem, jakim jest rozpoznawanie w odłowie ryb pochodzących z zarybień od

pochodzących z tarła naturalnego, z czym wiąże się konieczność m.in. ich znakowania (Szczepkowski i in. 2017).

W literaturze światowej można znaleźć wiele przykładów nieudanych zabiegów zarybieniowych, w których wykorzystano materiał zarybieniowy w postaci różnych form materiału zarybieniowego szczupaka. Guillerault i in. (2018a,b) opisali wiele nieudanych prób, w których wykorzystano materiał zarybieniowy w postaci wylęgu szczupaka. W pracach tych nie zauważono istotnego zwiększenia się populacji ryb czy zwiększania połowów wędkarskich. Jednak zabiegi te były stosowane w akwenach, gdzie naturalna rekrutacja była na tyle duża, że trudno było zauważyć wpływ zarybiania, gdyż naturalna populacja szczupaka była już zrównoważona. Arlinghaus (2018) stwierdził, że zarybienie wczesnymi stadiami rozwojowymi ryb może nie mieć sensu, gdyż nie przyczynia się do wzrostu pogłowia wspieranej populacji, a co gorsze ryby wpuszczane do wód zajmują miejsce rdzennych ryb. W akwenach, gdzie takiego zrównoważenia nie obserwowano albo populacja szczupaka była niewielka, zarybienie przyniosło sukces i wykazano, że wpuszczony wylęg dorósł do stadium młodocianego (jesiennego) (Vuorinen i in. 1998, Sutela i in. 2004). Natomiast Kerr i Lasenby (2001) stwierdzili, że zarybianie w wodach, w których występuje stosunkowo mała populacja ryb z niewielką ilością drapieżników, najbardziej opłacalną metodą może być stosowanie młodszych form (wylęg, narybek) zarybieniowych szczupaka, w innych akwenach największy sukces odniosły zarybiania, gdzie stosowano już cięższy materiał zarybieniowy (powyżej 20-23 cm długości).

a) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach

Larsson i in. (2015) badali warunki optymalnego rozrodu szczupaka – tarła i rozwoju larwalnego. Autorzy ci ustalili, że do takich warunków można zaliczyć występowanie odpowiedniej roślinności (turzyc, kęp traw), zarówno na terenach rozlewisk, gdzie szczupak się rozradza, jak i w strefie wodnej, gdzie rozwijają się stadia młodociane (trzcina). Istotne okazały się głębokość wody (średnia 20-50 cm), jak również stabilność jej spływu z terenów rozlewisk, ekspozycja na działanie czynników zewnętrznych, temperatury i nasłonecznienia, a także dostępność dla tarlaków optymalnych miejsc rozrodu i późniejszej migracji narybku. Ważne były też podłoże, na którym ryba składa ikrę (natlenienie, roślinność, niewielka ilość zawiesiny), oraz szybkość wymiany wody, która wpływa na rozwój ikry i larw. Analizując wskaźniki charakteryzujące badane jeziora Gospodarstwa „Ełk”, uznano, że większość z nich odpowiada szczupakowi, przynajmniej pod względem założonej wielkości jednego z parametrów (Mickiewicz i Trella 2019). Choć badane parametry nie zawsze były tożsame ze zbadanymi przez Larssona i in. (2015), to jednak można zaryzykować stwierdzenie, że były one zbliżone. Zaznaczyć trzeba, że w przypadku zbadanych warunków chodziło nie tyle o rozród, ile o warunki bytowania szczupaka.

W latach 1998-2005 średnia roczna wartość odłowów rybackich szczupaka w badanych jeziorach Pojezierza Ełckiego wynosiła około $29,4 \text{ zł ha}^{-1}$, a ich wydajność około $2,8 \text{ kg ha}^{-1}$ (Mickiewicz 2010b). Wydajność odłowów dla okresu badanego w cytowanym opracowaniu była niemal taka sama jak w wynikach efektywności zarybień szczupakiem w jeziorach Pojezierza Ełckiego w latach 1996-2017, zaś wartość tych odłowów była niższa, gdyż wynikało to

z niższej ceny szczupaka w analizowanym w okresie (Mickiewicz i Trella 2019). W latach 2009-2014 w jeziorach w skali ogólnopolskiej wielkość odłowów rybackich szczupaka wynosiła średnio rocznie około $1,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (Wołos i in. 2015b). Natomiast w wodach jezior, w rzekach i zbiornikach zaporowych łącznie w 2016 r. wydajność odłowów rybackich szczupaka wyniosła $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$. Wynikało to z faktu, że w większości tych wód prowadzone były tylko połowy wędkarskie tego gatunku. Ich wydajność w 2015 r. oszacowano jednak na blisko $1,4 \text{ kg ha}^{-1}$ (Wołos i in. 2018).

Wartość zarybień szczupakiem w jeziorach etckich ogólnie wykazywała wzrost, choć ich trend był nieistotny statystycznie (Mickiewicz i Trella 2019). Według badań zarybień jezior w skali ogólnopolskiej wartość zarybień szczupakiem wynosiła w latach 2009-2014 średnio rocznie około 16 zł ha^{-1} (Mickiewicz 2015), była to więc wartość nieco wyższa niż w badanych jeziorach, jednak np. w latach 2009-2014 wartość zarybień kształtowała się na poziomie nieodbiegającym wyraźnie od ogólnopolskiego (Mickiewicz i Trella 2019). Wartość zarybień szczupakiem wód jezior, rzek i zbiorników zaporowych łącznie wynosiła średnio rocznie w latach 2006-2015 $19,4 \text{ zł ha}^{-1}$ (Mickiewicz i Trella 2017).

Wartość średnich rocznych 3-letnich odłowów szczupaka, wykorzystanych do obliczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności zarybień, wynosiła około $37,4 \text{ zł ha}^{-1}$, a wskaźnik ten kształtował się na poziomie ponad $3,9 \text{ zł odłowu na } 1 \text{ zł wartości zarybień}$. Można zakładać, że jego wielkość byłaby w rzeczywistości wyższa, gdyby nie presja kormoranów, ale także presja wędkarska i kłusownicza. Według informacji Gospodarstwa „Etk” nad badanymi jeziorami w koloniach bytuje rokrocznie co najmniej 4 tys. kormoranów, a w latach 1998-2005 tylko 110 ankietowanych średnio rocznie wędkarzy odławiało ponad 1 tonę szczupaków (Mickiewicz 2010b).

Wcześniejsze badania efektywności zarybień jezior użytkowanych przez Gospodarstwo wykazały, że średnia roczna ekonomiczna efektywność zarybień szczupakiem w latach 1998-2005 wynosiła blisko $5,3 \text{ zł odłowu na } 1 \text{ zł wartości zarybień}$ (Mickiewicz 2010b). Trzeba jednak zaznaczyć, że efektywność ta uwzględniała wartość połowów wędkarskich i została obliczona przy zastosowaniu odmiennej metodyki (wartość zarybień w danym roku odnoszono do wartości odłowów rybackich i wędkarskich w tym samym roku). Taką samą metodę zastosowano przy obliczaniu efektywności zarybień jezior w skali ogólnopolskiej w latach 1995-2007, choć nie było tu możliwe uwzględnienie wartości połowów wędkarskich. W tym wypadku wartość wskaźnika wynosiła około $1,3 \text{ zł odłowu na } 1 \text{ zł wartości zarybień}$ (Mickiewicz 2013), była więc znacznie niższa niż obliczona dla badanych jezior pojezierza etckiego. O tak wysokiej efektywności zarybień badanych jezior zdecydowało zapewne kilka czynników. Musiały to być: stan ekosystemów zarybianych jezior oraz ich warunki naturalne – optymalne, bądź co najmniej wystarczające do bytowania silnej populacji szczupaka (Casselman 1996, Engström-Öst i in. 2005). Duże znaczenie musiały mieć zapewne jakość stosowanego materiału zarybieniowego i dbałość o przeprowadzenie zabiegu zarybiania. Ważną rolę odegrała efektywność odłowów (wiedza i doświadczenie rybaków, odpowiedni sprzęt połowowy, pora i czas dokonywania połowów etc.) oraz ich intensywność. Według informacji uzyskanych w Gospodarstwie w 2017 r. całkowity odłów ryb wynosił $8382 \text{ kg rybaka}^{-1}$, udział rybaków w stosunku do liczby zatrudnionych 58,3%,

powierzchnia jezior przypadająca na 1 rybaka 858 ha, a liczba jezior 6,3 na 1 rybaka (Mickiewicz i Trella 2019). W tym samym roku wskaźniki ogólnopolskie dla rybackiej gospodarki jeziorowej wynosiły odpowiednio: 5138 kg, 33,2%, 761 ha i 8,9 jezior (Wołos i in. 2018).

Wpływ na wysoką efektywność zarybień szczupakiem badanych jezior miały ich warunki środowiskowe, co najmniej ogólnie sprzyjające bytowaniu tego gatunku. Nie wolno więc zapominać o efektach tarła naturalnego. Jeżeli tarło naturalne wpływało na odłowy, to w jakim stopniu? Niestety, aby to stwierdzić potrzeba przeprowadzenia wysoce specjalistycznych, wieloletnich i zakrojonych na skalę wszystkich jezior bardzo kosztownych badań (np. masowego znakowania materiału zarybieniowego). Nie brak jednak głosów, że gospodarowanie szczupakiem należy oprzeć na tarle naturalnym (Arlinghaus i in. 2010, Kotakorpi i in. 2013, Czarkowski i Kapusta 2016). Często przy założeniu, żeby szczupaki poławali tylko wędkarze, najlepiej metodą Catch & Release (C&R) albo przy zachowaniu niewielkiego i sumiennie przestrzegane limitu. Można też spotkać się ze stwierdzeniami, że w skali światowej 70% zarybień nie przyczyniło się do stabilizacji stanu populacji ryb i wzrostu ich odłowów oraz że nieuzasadnione jest zarybianie wylęgiem wód, w których odbywa się na wystarczającym poziomie tarło naturalne (Arlinghaus i in. 2015a, Arlinghaus 2017, 2018). Jak można przypuszczać na podstawie zaprezentowanych wyników, pierwsze z tych stwierdzeń może być dużym uogólnieniem, natomiast drugie można odnieść do niewielkich jezior, nieobciążonych antropopresją połowową czy presją drapieżniczą kormorana i innych zwierząt rybożernych. Choć to optymistyczna dla zarządzających rybactwem i wędkarstwem perspektywa – osiąganie zysku bez ponoszenia kosztów związanych z zarybieniami, trudno jednak zgodzić się z taką filozofią gospodarowania, do tego nieuznającą potrzeb zarybieniowych ekosystemów jeziorowych, w których albo efektywne tarło naturalne jest utrudnione, albo całkowicie niemożliwe ze względu na zaawansowany stan troficzny (silna eutrofia lub politrofia). Taka filozofia jest w obecnym systemie prawnym raczej niemożliwa, gdyż operat rybacki zawsze zakłada jakieś minimalne zarybienia (Mickiewicz 2017).

Ponadto z odłowów szczupaka mają prawo korzystać również niewędkujący konsumenci ryb, co jest ważne w regionie popularnym wśród turystów, jakim jest Pojezierze Ełckie, gdzie odwiedzający jako jedną z najważniejszych atrakcji wymieniają możliwość spożycia świeżej ryby (Czarkowski i Stabiński 2015). Trzeba zaznaczyć, że w Polsce szczupak uznawany jest za jedną z ryb o wysokich walorach kulinarnych (Szulecka i Czerwiński 2018). Tak więc rybackie odłowy tego gatunku mają uzasadnienie również społeczno-kulturowe. Wędkarstwo połączone z wyjazdami i wypoczynkiem na łonie natury jest specjalną formą ruchu turystycznego, a turystyka, w tym turystyka wędkarska, stanowi lub może stanowić ważny element rozwoju wielu obszarów (Trella i Mickiewicz 2016). Zjawisko turystyki, w tym turystyki wędkarskiej, jest powszechnie uznawanym narzędziem rozwoju gospodarczego, traktowanym w kategoriach ekonomicznych, postrzeganym także jako narzędzie rozwoju społecznego (Balińska-Grzelak 2012, Trella i Mickiewicz 2016). Turystyka wędkarska ma konkretnie sprecyzowany cel, jakim jest uprawianie wędkarstwa (Trella i Mickiewicz 2016). To właśnie wędkarstwo jest tą szczególną potrzebą turysty wymagającą zaspokojenia (Wołos 2006). Wędkarz, jak każdy turysta, szuka miejsc o określonych walorach, dla niego optymalnych (Trella i Mickiewicz 2016).

W Polsce turystyka wędkarska jest elementem coraz częściej spotykanym w ofertach wypoczynku w obiektach turystycznych położonych blisko wody, czyli nad jeziorami, rzekami, morzem czy też zbiornikami zaporowymi, ale jest najczęściej dodatkiem do innych ofert (Czerniejewski i in. 2015, Trella i Mickiewicz 2016). Przyjmuje się, że w Polsce w miarę aktywnie wędkuje ok. 1,5 mln osób (Wołos 2006), dlatego dziwi fakt, że sama turystyka wędkarska nie stanowi w Polsce samodzielnej oferty w skali makro (np. regionów), jak ma to miejsce na przykład w krajach skandynawskich. W skali mikro, czyli pojedynczych obiektów turystycznych, widzimy od kilkunastu już lat ożywienie w tej kwestii (Trella i Mickiewicz 2016). Gospodarstwa rybackie po transformacji ustrojowej zainteresowały się potrzebami wędkarzy, nie tylko sprzedając pozwolenia na wędkowanie oraz prowadząc zarybienia rybami atrakcyjnymi wędkarsko, ale także zaczęły tworzyć łowiska specjalne (Wołos 2000, Mickiewicz 2010a, Trella i Mickiewicz 2016). Biorąc pod uwagę wartość odłowów wędkarskich, obroty przemysłu wędkarskiego oraz ogólne koszty związane z wędkarstwem, wartość ekonomiczną wędkarstwa w Polsce kilkanaście lat temu szacowano na przeszło 300 mln euro (Wołos 2006). Rekreacyjny i turystyczny charakter wędkarstwa poprzez jego masowość wiąże się z generowaniem wielu korzyści społecznych i ekonomicznych (Kupren i in. 2018). Wysokie przychody generowane są również przez inne sektory, które korzystają z atrakcyjności wędkarskiej danego regionu, takie jak: turystyka, hotelarstwo, agroturystyka, produkcja sprzętu połowowego, handel, gastronomia, sprzedaż paliw itp. (Cooke i Murchie 2015, Kupren i in. 2018). Złożyć więc można, że zwiększenie efektywności zarybień przekłada się również na efektywność społeczną, gdyż nie tylko zwiększa zadowolenie wędkarzy z powodu większego pogłowia ryb i większej ilości ryb preferowanych wędkarsko, ale również wpływa na wyższą efektywność gospodarczą całego mikro i makroregionu.

b) Ocena efektywności zarybień szczupakiem w zbiornikach zaporowych

Przedstawione wyniki oceny efektywności zarybień szczupakiem zbiorników zaporowych przy zastosowaniu prostych metod statystyki matematycznej bezsprzecznie dowodzą, że stosowane zarybienia były skuteczne, chociaż wskaźniki efektywności (zł kg^{-1}) mieściły się w bardzo szerokich granicach – od wybitnie wysokiej efektywności $3,50 \text{ zł kg}^{-1}$ do równie niskiej na poziomie $87,30 \text{ zł kg}^{-1}$. Warto tutaj dodać, że zbiorniki były zarybiane różnymi asortymentami materiału zarybieniowego, ale na ogół ciężkim narybkiem jesiennym (Trella i Wołos 2021e). Istotnym wnioskiem wynikającym z zastosowania rachunku korelacji między średnimi w 3-letnim okresie dawkami zarybieniowymi i średnimi wydajnościami szczupaka jest stwierdzenie, że związek ten miał charakter krzywoliniowy, wskazujący, że do pewnego – granicznego poziomu zarybień – wzrost dawek zarybieniowych powodował wyraźne zwiększenie poziomu odłowów (do $8\text{--}9 \text{ kg ha}^{-1}$), ale po jego przekroczeniu nie następował wzrost, tylko nieznaczny spadek wydajności odłowów szczupaka. W jedynym zbiorniku, który nie był w badanym okresie zarybiony szczupakiem (ale był zarybiony w poprzednich latach), odnotowano najniższą wydajność wynoszącą około $1,7 \text{ kg ha}^{-1}$. Mimo istnienia powyższej zależności, godny odnotowania jest fakt, że część z tych zbiorników charakteryzowała się bardzo wysokimi zarybieniami i niskimi wydajnościami (np. Chechło k. Chrzanowa i Prze-

czyce), ale część – stosunkowo niskimi zarybieniami i wysokimi wydajnościami (np. Brzezie i Buków II), co prawdopodobnie może mieć związek z korzystniejszymi warunkami do odbycia rozrodu naturalnego. Zbadano także, czy wielkość zbiornika ma wpływ na dwa parametry, tj. wielkość odłowów szczupaka wyrażoną wydajnością (kg ha^{-1}) oraz wskaźnik efektywności zarybień (zł kg^{-1}). W tym celu podzielono badany zbiór 20 zbiorników (z Horniokiem łącznie) na dwa podzbiory: 10 zbiorników największych i 10 pozostałych mniejszych zbiorników. Średnia powierzchnia w pierwszej grupie wyniosła 286,9 ha, podczas gdy w drugiej 53,7 ha. Okazało się, że przy bardzo zbliżonych średnich dawkach zarybieniowych (zbiorniki duże – $86,34 \text{ zł ha}^{-1}$, zbiorniki małe – $89,20 \text{ zł ha}^{-1}$) średnia wydajność szczupaka w pierwszej grupie wyniosła $3,41 \text{ kg ha}^{-1}$, podczas gdy w grupie drugiej $4,34 \text{ kg ha}^{-1}$, co oznacza, że w zbiornikach mniejszych była wyższa o 27% niż w zbiornikach większych. Wskaźniki efektywności (zbiorniki duże – $30,69 \text{ zł kg}^{-1}$, zbiorniki małe – $26,96 \text{ zł kg}^{-1}$) w obu porównywanych grupach nie wykazały już tak znacznych różnic, ale i tak w przypadku zbiorników mniejszych efektywność była o 14% korzystniejsza niż zbiorników dużych (Trella i Wołos 2021e).

Osobnym, ważnym i nabierającym coraz większej wagi zagadnieniem w ocenie efektywności zarybień szczupakiem, są wspomniane wyżej nowe trendy w filozofii wędkowania i zarządzania łowiskami wędkarskimi, czyli coraz bardziej popularne wśród wędkarzy uwalnianie złowionych ryb do wody (Catch & Release) lub odcinki akwenów czy rzek, gdzie nie można zabierać ryb (No kill) (Trella i Wołos 2014). Takie trendy wspiera adekwatna reakcja zarządzających łowiskami, czego przykładem w przypadku badanych 20 zbiorników są Dzieńkowice, Paprocany i Pniowiec, gdzie wędkarzy obowiązują widełkowe wymiary ochronne szczupaka: poniżej 50 cm i powyżej 90 cm. Niestety, nie w pełni znajduje to odzwierciedlenie w podanych wyżej wyliczeniach, gdyż są w nich najprawdopodobniej uwzględnione odłow, których efektem jest tylko zabranie złowionych ryb w celach konsumpcyjnych. Powstaje zatem istotny dylemat metodyczny: czy wypuszczane ryby powinny trafiać także do statystyk dotyczących wielkości połowów amatorskich. W opinii autorów cytowanej wcześniej pracy odpowiedź na tak postawione pytanie powinna być twierdząca, gdyż zasadniczą miarą oceny efektywności tych połowów powinien być sukces wędkarski, który tylko dla części wędkarzy wiąże się z walorami konsumpcyjnymi ryb, a dla znacznej części tylko z ich walorami rekreacyjnymi i sportowymi. Stąd wynika ostateczny wniosek końcowy: rzeczywista wielkość odłowów szczupaka w 20 zbiornikach Okręgu PZW w Katowicach i w wielu innych wodach śródlądowych Polski, włączając w to nieewidencjonowane odłow wypuszczanych ryb, znacznie przekracza ilości raportowane w rejestrach połowów wędkarskich.

Konkludując wszystkie wątki zawarte w rozdziale *Ocena efektywności zarybień szczupakiem*, warto przypomnieć, że aby utrzymywać w badanych jeziorach i zbiornikach odłow szczupaka na wysokim i stabilnym poziomie (co może świadczyć o silnej populacji), należy prowadzić racjonalne zarybienia. Żeby to wykonywać, najbardziej racjonalnym z punktu widzenia ekonomiki i ekologii (utrzymywanie charakterystycznych miejscowo, genetycznie właściwych dla lokalnych jezior populacji szczupaka (Berggren i in. 2016)) działaniem jest pozyskiwanie materiału zarybieniowego z odłowionych miejscowo tarlaków, aby zapewnić

odpowiednie zarybienia, bez względu na ewentualne efekty tarła naturalnego. Trzeba też zadać pytanie, czy tarło naturalne odbywa się na poziomie *wystarczającym*? Mając na uwadze stabilność odłowów w badanych jeziorach i stabilność tylko w 8 badanych zbiornikach zaporowych, można zakładać, że nie zawsze. Zapewne gdyby nie zarybienia, odłowy te ulegałyby silnym fluktuacjom, zgodnie ze zmiennym powodzeniem tarła naturalnego. Za przykład takich niekorzystnych działań mających wpływ na naturalny rozród szczupaka Harvey (2009) podaje pozbawienie szczupaka krytycznych siedlisk mokradłowych na Wielkich Jeziorach (Ameryka Północna) (Casselman i Lewis 1996). W związku ze zmianami klimatycznymi w skali ogólnoświatowej (Seggel i De Young 2016) i regionalnej oraz coroczną zmiennością pogody można przypuszczać, że zmienność powodzenia tarła naturalnego była w badanym okresie bardzo duża. Poleganie jedynie na tarle naturalnym może być zatem zgubne, gdyż zdarza się, że nawet mimo udanego tarła naturalnego, populacja szczupaka może się zmniejszać ze względu na pogorszenie optymalnych warunków bytowania jego populacji, np. poprzez czynniki antropogeniczne czy długofalową zmianę klimatu (Larsson i in. 2015). Tak więc zarybienia szczupakiem znajdują nie tylko uzasadnienie ekonomiczne i społeczno-kulturowe, ale także ekologiczne (Mickiewicz i Trella 2019).

Dyskusyjne wydaje się twierdzenie, że zastosowanie jedynie takich metod obchodzenia się z rybami jak *Catch & Release* skutkować będzie stabilną i liczną populacją – nawet zakładając dużą odporność szczupaka na stres i zranienia oraz niewielką śmiertelność wypuszczanych ryb (Hühn i Arlinghaus 2011, Trella i Wołos 2014). Dla przeciętnego polskiego wędkarza samo stosowanie zasady *Catch & Release* jest nowością, a nawet jeśli już ją stosuje, to prawdopodobnie śmiertelność nieodpowiednio holowanych, odhaczanych i wypuszczanych ryb może być bardzo wysoka (Trella i Wołos 2014, Trella 2018b). Wzrasta ona w zależności od rodzaju stosowanej przynęty (Stålhammar i in. 2014), a nawet ryby wypuszczane zgodnie z zasadami są narażone na stres, który nie tylko wpływa negatywnie na ich stan zdrowotny, ale również na behawioryzm, co może mieć szczególne znaczenie przy podchodzeniu tych ryb do tarła (Stålhammar i in. 2012). Z tych powodów, jak można zakładać, chcąc odłowy szczupaka utrzymywać na wysokim i stabilnym poziomie, lepiej jest nie polegać tylko na tarle naturalnym czy nowych metodach zarządzania populacją, ale przede wszystkim prowadzić racjonalne zarybienia. Tym bardziej, gdy – jak wykazały przedstawione wyniki – są one efektywne ekonomicznie (Mickiewicz i Trella 2019, Trella i Wołos 2021e).

Puentując całość rozdziału pracy dotyczącego kwestii zarybień warto w tym miejscu przytoczyć stwierdzenie Harveya (2009), iż ochrona szczupaka jest czymś w rodzaju paradoksu, gdyż jako wprowadzony do wód budzi obawy o wpływ na ekosystem, ale z drugiej strony jest to rodzimy gatunek, który jest zagrożony przez działalność człowieka.

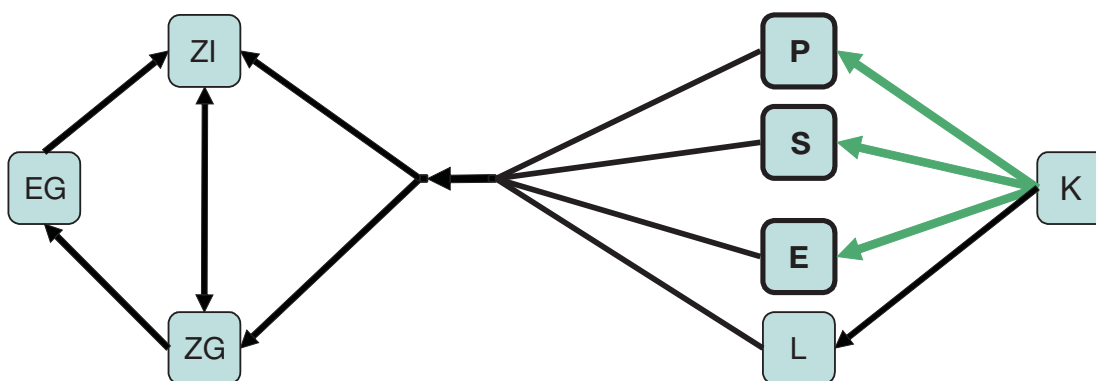
Podsumowanie

Określenie wpływu zmian klimatycznych, ale także gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej nie należy do zadań prostych, gdyż w odróżnieniu od badań laboratoryjnych, gdzie efekty badań widoczne są w stosunkowo krótkim czasie, w przypadku poruszanych w pracy doktorskiej zagadnień na efekty trzeba czekać dość długo. Z tego powodu zdecydowano się skorzystać z wieloletnich obserwacji uprawnionych do rybactwa, których praca zawodowa na tak różnych akwenach trwa czasem dłużej niż 30 lat. Z racji tego, że w większości są to osoby bardzo dobrze wykształcone, najczęściej w dość elitarnym (przynajmniej kilka dekad temu) kierunku jakim jest rybactwo, można polegać na ich obserwacjach i zdobytej przez lata wiedzy.

Przeprowadzone w ramach dysertacji doktorskiej badania, wobec znacznej liczby, złożoności i kompleksowego oddziaływania czynników wpływających na prowadzenie gospodarki rybackiej, nie pozwoliły na zidentyfikowanie wszystkich z nich, a tym bardziej na skwantyfikowanie ich wpływu na efektywność tej gospodarki. W związku z tymi ograniczeniami stworzono uproszczony schemat, na którym przedstawiono te z grupy czterech najważniejszych, a nauce znanych, elementów systemu (tj. przyrodniczych, społecznych, ekonomicznych i legislacyjnych), na których wpływ dzięki przeprowadzonym badaniom przynajmniej udało się zidentyfikować i wyrazić w formie pewników bądź wpływów bardzo prawdopodobnych.

Wpływ zmian klimatycznych na efektywność gospodarki rybackiej

W przypadku wpływu zmian klimatycznych oddziałujących na efektywność gospodarowania takie podejście systemowe zostało przedstawione na rys. 32, przy czym te elementy systemu, na które w największym stopniu, według badanych użytkowników rybackich, wpływają zmiany klimatu, a następnie w sposób bezpośredni i pośredni na efektywność gospodarowania, specjalnie wyróżniono pogrubioną czcionką.



K - klimat; Czynniki: P - przyrodnicze, S - społeczne, E - ekonomiczne, L - legislacyjne.
 ZI - zasoby ichtiofauny, ZG - zarządzanie gospodarstwem, EG - efektywność gospodarki.

Rys. 32. Schemat wpływu zmian klimatycznych na efektywność prowadzenia gospodarki rybackiej

Czynniki przyrodnicze

Wpływ zmian klimatu na zjawiska obserwowane przez użytkowników rybackich jezior i zbiorników zaporowych przedstawiono w okresach całorocznych, oraz wybranych porach roku. Były to zarówno zjawiska atmosferyczne, jak i hydrologiczne.

Do najważniejszych czynników przyrodniczych zaliczono³:

- wydłużenie okresu przebywania kormoranów – Suma rang (SR) 391 (jeziora (J)), SR 107 (zbiorniki zaporowe (ZZ));
- niskie poziomy wód w sezonie letnim – SR 359 (J), SR 87 (ZZ);
- skrócenie czasu trwania trwałej pokrywy lodowej – SR 351 (J), SR 85 (ZZ);
- sezonowe anomalie temperatury – SR 312 (J), SR 84 (ZZ);
- wahania poziomu wód – w sezonie letnim SR 311 (J), w sezonie wiosennym SR 91 (ZZ);
- ogólny wzrost temperatury w sezonie zimowym i letnim – SR 272 i 271 (J), w sezonie letnim SR 90 (ZZ);
- gwałtowny wzrost temperatury w sezonie letnim – SR 268 (J), SR 87 (ZZ);
- ubytki tlenowe w sezonie letnim – SR 257 (J), SR 71 (ZZ).

W przypadku gatunków, które według użytkowników rybackich najbardziej narażone były na niekorzystne zmiany klimatyczne w aspekcie efektywności tarła naturalnego, hierarchia uzyskanego wpływu przedstawiała się następująco:

- szczupak – SR 250 (J), SR 70 (ZZ);
- sielawa – SR 180 (J);
- okoń i lin – SR po 172 (J), SR 40 i 36 (ZZ);
- sandacz – SR 69 (JJ), SR 42 (ZZ).

Czynniki społeczne

Przyjmuje się, według różnych badań, że w Polsce w miarę aktywnie wędkuje 1-1,5 mln osób. Dla większości wędkarzy ważnym czynnikiem warunkującym osiągnięcie satysfakcji jest możliwość wędkowania w wybranych sezonach roku (łowienie określonych, preferowanych gatunków ryb), a dla części uprawianie wędkarstwa w ciągu wszystkich sezonów, także tych zimowych. Wyniki badań wskazały, że według respondentów zmiany klimatu wpływają na skrócenie sezonu wędkarskiego. Problem ten widoczny był wyraźnie tylko w okresie zimowym, i miał najprawdopodobniej związek z wykazanym wyżej krótszym okresem trwania pokrywy lodowej, zarówno na jeziorach (SR 298), jak i na zbiornikach zaporowych (SR 51). Abstrahując od uzyskanych wyników badań, można zauważyć że obecna zima 2021/2022, z występującymi na przemian okresami mrozów i odwilży, nie dała wędkarzom możliwości uprawiania wędkarstwa podlodowego, co jeszcze uprawdopodobnia powyższą hipotezę.

³ Wartość SR zależna jest od liczby analizowanych ankiet, w których respondenci przyznawali od 0 do 5 punktów. W przypadku rybackich użytkowników jezior uzyskano 101 kwestionariuszy, a od 18 podmiotów gospodarujących na zbiornikach zaporowych uzyskano ich 30, stąd widoczna dysproporcja.

Trzeba także wspomnieć kwestię zagrożeń dla występowania odpowiednich liczebności kluczowych gatunków ryb, jeśli chodzi o preferencje wędkarskie, takich jak szczupak czy sandacz, które od lat wskazywane są przez wędkarzy jako najbardziej cenne wędkarsko. Zmniejszenie się ich populacji, przez zauważony przez respondentów negatywny wpływ na efektywność tarła naturalnego (w tym zwłaszcza szczupaka), może wpływać pośrednio na zmniejszenie presji wędkarskiej. Podobny efekt może nastąpić w przypadku zmniejszenia się odłowów rybackich tych gatunków, gdyż są to także ryby o wysokich walorach kulinarnych, podnoszących atrakcyjność turystyczną danego regionu. Tak więc rybackie odłowy tego gatunku mają również znaczenie społeczno-kulturowe.

Czynniki ekonomiczne

Niezależnie od wykazanego w badaniach spadkowego trendu całkowitych odłowów szczupaka, gatunek ten nadal posiada wysoką rangę w gospodarce rybackiej prowadzonej w obwodach rybackich, tak pod względem wielkości, jak i wartości odłowów, świadczących o tym, że jest stale gatunkiem kluczowym, którego znaczenia w gospodarce rybackiej i rybacko-wędkarskiej trudno przecenić. O obecnym, nadal dużym znaczeniu gospodarczym i ekonomicznym połowów szczupaka świadczy fakt, że w 2018 roku całkowity jego odłów z jezior wyniósł 233 tony, co stanowiło 12% masy odłowów wszystkich gatunków ryb, zaś przy ogólnej jego wartości finansowej (2,58 mln PLN), stanowił 14,33% całkowitej wartości odłowów wynoszącej ok. 18 mln PLN, zajmując pod tym względem trzecie miejsce za węgorzem i sielawą. Wszelkie czynniki klimatyczne, które ograniczają wyżej wymienione populacje ryb wpływają również na rentowność gospodarstw. Respondenci wykazali, że to właśnie na te gatunki potencjalnie najbardziej będą wpływać zmiany klimatyczne, zarówno w jeziorach, jak i w zbiornikach zaporowych. Mniej efektywne tarło naturalne szczupaka i innych ważnych gatunków, krótszy czas utrzymywania się pokrywy lodowej, czyli w konsekwencji krótszy sezon wędkarski, mogą mieć negatywny wpływ na sytuację ekonomiczno-finansową podmiotów rybackich w perspektywie długoterminowej. Warto tutaj wrócić jeszcze do kormorana, będącego istotną częścią czynników przyrodniczych, gdyż jego presja na zasoby ichtiofauny to również bardzo silny czynnik ekonomiczny. Kormoran żeruje nie tylko na dorosłych osobnikach, ale przede wszystkim osobnikach młodocianych i wprowadzanych do wód w postaci kosztownego materiału zarybieniowego.

Czynniki legislacyjne

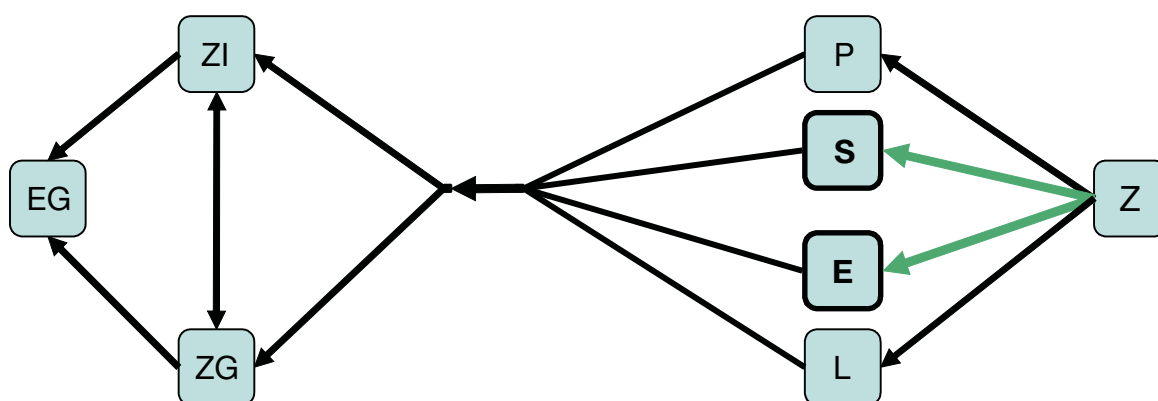
Zgodnie z wytycznymi najnowszego raportu IPCC zachodzące zmiany klimatyczne, mogą spowodować kompleksowe zmiany w prawie europejskim i polskim, nie tylko dotyczące branży rybackiej, chociaż zakres tych zmian trudno obecnie przewidywać i rzecz jasna nie mógł być wykazany w niniejszej pracy. Tym niemniej, wykazano, iż badanych rybackich użytkowników wód charakteryzuje wysoka niechęć do potencjalnych zmian w prawie rybackim, dotyczących gospodarowania tarlakami łowionymi w wodach płynących. Obecne przepisy nakazują prowadzić księgi rybackie, ale także pozwalają prowadzić rejestrację połowów wędkarskich lub ankietyzację wędkarzy, które dostarczają dostatecznie wiarygodnych danych, aby całościowo oszacować poziom presji rybackiej i wędkarskiej na

pogłowie ryb, a uzyskiwane wyniki dają możliwość dalszego planowania racjonalnej gospodarki w przypadku spotęgowania się negatywnych i pozytywnych oddziaływań zmian klimatycznych na efektywność gospodarki rybackiej.

Wpływ gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej

Według danych Zakładu Bioekonomiki Rybactwa wody obwodów rybackich stanowiących własność Skarbu Państwa, są corocznie zarybiane dwudziestoma pięcioma gatunkami ryb. Rzecz jasna ocena wpływu zarybień tyloma gatunkami na efektywność gospodarki rybackiej czy wędkarskiej, nie tylko w niniejszej rozprawie, ale nawet przy największym zaangażowaniu wszystkich krajowych jednostek naukowych, byłaby całkowicie niemożliwa.

W związku z tym, w przeprowadzonych badaniach nad wpływem prowadzonych zarybień na efektywność gospodarki rybackiej wykorzystano, na zasadzie metody eksperckiej, jako modelowy gatunek szczupaka. Badania, analizy i uzyskane wyniki potwierdziły słuszność tego wyboru, przy czym problematykę samej efektywności przedstawiono szerzej, tak jak w istocie, zgodnie z zasadami podejścia systemowego przedstawia się cały ciąg gospodarowania tym gatunkiem, od odłowu tarlaków, przez zarybiania wód otwartych, odłowy rybackie i wędkarskie, po ostateczny element zawarty w tytule i celu pracy, czyli efektywność. Analogicznie, jak w przypadku omówionej wyżej problematyki zmian klimatu, także wpływ gospodarki zarybieniowej na efektywność przedstawiono w formie schematu (Rys. 33), na którym przedstawiono cztery grupy elementów systemu, na których wpływ tej gospodarki w toku przeprowadzonych badań zidentyfikowano i/lub skwantyfikowano. Przy czym te elementy systemu, na które w największym stopniu, według badanych użytkowników rybackich, wpływa gospodarka zarybieniowa, a następnie w sposób bezpośredni i pośredni na efektywność gospodarowania, specjalnie wyróżniono pogrubioną czcionką.



Z - zarybiania; Czynniki: P - przyrodnicze, S - społeczne, E - ekonomiczne, L - legislacyjne.
 ZI - zasoby ichtiofauny, ZG - zarządzanie gospodarstwem, EG - efektywność gospodarki.

Rys. 33. Schemat wpływu zarybień na efektywność prowadzenia gospodarki rybackiej.

Czynniki przyrodnicze

Chociaż badania w zakresie czynników przyrodniczych nie wykazały bezpośredniego wpływu gospodarki zarybieniowej na efektywność rybackiego gospodarowania, to jednak rybacy użytkownicy wód wskazali, które z gatunków narażone były na niekorzystne zmiany klimatyczne w aspekcie efektywności tarła kontrolowanego, a hierarchia tego wpływu przedstawiała się następująco:

- sielawa – SR 180 (J);
- szczupak – SR 178 SR (J), SR 38 (ZZ);
- sieja europejska – SR 134 SR (J);
- sandacz – SR 108 (J), SR 37 (ZZ);
- sum – SR 35 (ZZ).

Ponowna wysoka pozycja szczupaka w rankingu koresponduje z jego kluczową pozycją we współczesnej gospodarce rybackiej. Stanowi on jeden z najważniejszych elementów ekosystemów wodnych, gdyż jako drapieżnik jest regulatorem i stymulatorem populacji innych gatunków, przez eliminację ryb chorych, słabych i nadmiernie rozradzających się oraz planktonożernych, przez co gatunek ten regularnie stosowany jest w biomanipulacjach przeprowadzanych w celu poprawy jakości wody. Jego zniknięcie ze szczytu łańcucha pokarmowego może nie tylko doprowadzić do zmian w strukturze piramidy troficznej, ale do głębokich przemian w całym ekosystemie wodnym. Jak wykazano w badaniach kwestionariuszy RRW-23 udział powierzchni zarybionej szczupakiem od roku 2008 wynosi ponad 80%. W ostatnich 5 badanych latach (2015-2019), zaobserwować można było, że aż 45,9% wartości zarybień stanowił wylęg, pozostałe wartości to narybek jesienny – 25,9%, letni – 25,6%, a udział pozostałych form stanowił 2,6%. Ilość wylęgu szczupaka wprowadzanego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019 wykazywała bardzo wyraźną tendencję wzrostową ($R^2=0,93$), od minimum 80 mln szt. w roku 2005 do 291 mln szt. w 2019 roku, a średnio rocznie 162 mln szt. Biorąc pod uwagę wymienione wyżej czynniki decydujące o kluczowym dla środowiska, równowagi ichtiofauny, rybactwa i wędkarstwa znaczeniu szczupaka, w omawianej rozprawie właśnie ten gatunek wybrano jako modelowy, służący określeniu wpływu gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej.

Czynniki społeczne

Obecnie wędkarstwo jest masowym hobby zarówno w Polsce jak i na świecie, skupiającym ludzi ze wszystkich grup społecznych. Z punktu widzenia przeciętnego wędkarza, wędkarstwo jest dla niego przede wszystkim źródłem realizacji jego kilku podstawowych potrzeb. Do potrzeb tych zaliczyć można: rekreację (jako jedna z form spędzania czasu na świeżym powietrzu), konsumpcję ryb (forma zdobywania zdrowego pożywienia), oraz sport (jako jedna z form rywalizacji). Wędkarstwo połączone z wyjazdami i wypoczynkiem na łonie natury jest specjalną formą ruchu turystycznego. Zjawisko turystyki, w tym turystyki wędkarskiej, jest powszechnie uznawanym narzędziem rozwoju gospodarczego, traktowanym w kategoriach ekonomicznych, postrzeganym także jako narzędzie rozwoju społecznego. W przedstawionym w pracy Okręgu PZW w Katowicach, który w 2016 roku liczył 43439

członków, w 20 zbiornikach (w tym największych zbiornikach zaporowych) wędkarze zarejestrowali odłów 7464 kg szczupaka, co stanowiło aż 44% całkowitych odłowów tego gatunku we wszystkich wodach użytkowanych przez ten okręg. Szczupak – w skali całego kraju – jest wraz z sandaczem gatunkiem najbardziej preferowanym przez wędkarzy, założyć więc można, że wysoka efektywność zarybień przekłada się również na efektywność społeczną, gdyż nie tylko zwiększa zadowolenie wędkarzy z powodu większego pogłowia ryb preferowanych wędkarsko, ale również wpływa na wyższą efektywność gospodarczą całego mikro- i makroregionu.

Czynniki ekonomiczne

Przedstawione wyniki oceny efektywności zarybień szczupakiem zbiorników zaporowych przy zastosowaniu metod statystyki matematycznej bezsprzecznie dowodzą, że stosowane zarybienia były skuteczne, chociaż wskaźniki efektywności (zł kg^{-1}) mieściły się w bardzo szerokich granicach – od wybitnie wysokiej efektywności $3,50 \text{ zł kg}^{-1}$ do równie niskiej na poziomie $87,30 \text{ zł kg}^{-1}$. Natomiast wartość średnich rocznych 3-letnich odłowów szczupaka, wykorzystanych do obliczenia wskaźnika ekonomicznej efektywności zarybień w jeziorach ęłckich, wynosiła około $37,4 \text{ zł ha}^{-1}$, a wskaźnik ten kształtował się na poziomie ponad $3,9 \text{ zł odłowu na } 1 \text{ zł wartości zarybień}$. Istotnym wnioskiem wynikającym z zastosowania rachunku korelacji między średnimi w 3-letnim okresie dawkami zarybieniowymi i średnimi wydajnościami szczupaka w zbiornikach zaporowych jest stwierdzenie, że związek ten miał charakter krzywoliniowy, wskazujący, że do pewnego – granicznego poziomu zarybień – wzrost dawek zarybieniowych powodował wyraźne zwiększenie poziomu odłowów, ale po jego przekroczeniu nie następował wzrost, tylko nieznaczny spadek wydajności szczupaka.

Biorąc pod uwagę wartość odłowów wędkarskich, obroty przemysłu wędkarskiego oraz ogólne koszty związane z wędkarstwem, wartość ekonomiczną wędkarstwa w Polsce kilkanaście lat temu szacowano na przeszło 300 mln euro, a obecnie średnie roczne wydatki jednego wędkarza wynoszą 416 euro, a średnia wartość sprzętu i ekwipunku 1424 euro. Rekreacyjny i turystyczny charakter wędkarstwa poprzez jego masowość wiąże się z generowaniem wielu korzyści społecznych i ekonomicznych. Wysokie przychody generowane są również przez inne sektory, które korzystają z atrakcyjności wędkarskiej danego regionu, takie jak: turystyka, hotelarstwo, agroturystyka, produkcja sprzętu połowowego, handel, gastronomia, sprzedaż paliw itp. Z tych powodów, jak można zakładać, chcąc odłow szczupaka utrzymywać na wysokim i stabilnym poziomie, lepiej jest nie polegać tylko na tarle naturalnym czy nowych metodach zarządzania populacją, ale przede wszystkim prowadzić racjonalne zarybienia. Tym bardziej, gdy – jak wykazały przedstawione wyniki – są one efektywne ekonomicznie.

Czynniki legislacyjne

Pozyskanie tarlaków, z których uzyskuje się materiał zarybieniowy, wiąże się najczęściej z wcześniejszym pozyskaniem ich ze środowiska naturalnego, gdzie zwykle łowione są w ustalonym prawnie okresie ochronnym, stąd odłów ten zgodnie z prawem możliwy jest

tylko za zgodą odpowiednich urzędów. Mimo to, taki sposób eksploatacji populacji, szczególnie gatunków drapieżnych, może budzić wiele kontrowersji, szczególnie gdyby tarlaki odławiane były w nadmiarze (ponad potrzeby zarybieniowe danego gospodarstwa), mogłoby to rodzić uzasadnione podejrzenia, co do prawdziwych intencji uprawnionego do rybactwa. Badanych rybackich użytkowników wód charakteryzuje wysoka niechęć do potencjalnych zmian i innowacji w kwestii odłowów tarlaków. Wielu uprawnionych wskazało, że wprowadzenie przepisów mocno ograniczających lub zakazujących tych odłowów praktycznie uniemożliwiłoby wywiązanie się z obowiązku prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej. Jak widać, prowadzenie gospodarki zarybieniowej, a także odłowy tarlaków wymagają kompleksowego podejścia, a sami ankietowani są w większości świadomi możliwych zmian i ich wpływu na gospodarowanie. Problem odłowu tarlaków w mniejszym stopniu dotyczy także PZW, gdyż w wielu okręgach pod wpływem nacisków wędkarzy doprowadzono do wstrzymania lub zaprzestania połowów komercyjnych na wodach należących do tego związku, co dotyczy m.in. okręgu w Toruniu czy Szczecinie. Mimo tych działań nadal zdarzają się protesty przed siedzibami zarządów okręgów, w których uczestniczą liczne grupy wędkarzy, którzy domagają się zaprzestania odłowu tarlaków czy zmiany profilu zarybień, co świadczy o tym, że czynnik społeczny również oddziałuje na czynnik legislacyjny. Jak widać, prowadzenie gospodarki zarybieniowej, a także odłowy tarlaków wymagają kompleksowego podejścia, a sami ankietowani są w większości świadomi możliwych zmian i ich wpływu na gospodarowanie.

Na zakończenie ważne spostrzeżenie: jak wykazały omawiane badania wpływu zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej są bardzo trudne do zmierzenia, ale jednak możliwe. Trudno badać te czynniki nie mając pełnych danych o charakterze obiektywnym, i dlatego posłużono się informacjami uzyskanymi od rybackich użytkowników wód. Zakładać można, że w dużym stopniu dane te mają odzwierciedlenie w rzeczywistości, gdyż gospodarstwa działające na wolnym rynku nie tylko nie podcinają gałęzi na której działają, ale także racjonalnie planują gospodarkę rybacką. Przykładowo, skoro odpowiednia polityka gospodarstwa przynosiła efekty, w tym m.in. zysk przedsiębiorstwa, powinna być kontynuowana. Trzeba jednak pamiętać, że efektywność tę można podnieść stosując najnowsze innowacje w dziedzinie rybactwa i akwakultury. Na pewno błędem można nazwać sytuację, w której dany podmiot gospodarczy zamyka się na nowinki i stosuje tylko stare metody, które może są sprawdzone i tanie, ale mogą też powodować niezadowolenie innych użytkowników wód.

Warto przypomnieć, że przeprowadzone analizy odłowów jak i efektywności zarybień szczupaka, wybranego w tej pracy jako gatunek modelowy wskazują, że przez kolejne lata szczupak będzie dalej najistotniejszym gatunkiem w gospodarce zarybieniowej, a nakłady na zarybienia będą nie tylko stale dominowały w kontekście powierzchni zarybianej, która niemal zbliża do 100%. Wyniki przytoczonych badań pokazały, że zarybienia prowadzone zarówno na zbiornikach zaporowych, jak i jeziorach przyczyniają się do stabilizowania populacji szczupaka narażonej na wysoką presję naturalną i antropogeniczną. Z drugiej strony pamiętać trzeba, że gatunek ten, zdaniem uprawnionych do rybactwa, jest najbardziej narażony na zachodzące zmiany klimatyczne. Skoro na tym gatunku opiera się gros zarybień

w Polsce, tym bardziej powinno się dążyć do stwarzania stad tarłowych, dzięki którym można skuteczniej dbać o zmienność genetyczną wprowadzanego do wód materiału genetycznego szczupaka.

Kończąc rozważania nad wpływem zmian klimatycznych i gospodarki zarybieniowej na efektywność gospodarki rybackiej bazujących na podstawie informacji uzyskanych od rybackich użytkowników wód, warto jeszcze raz podkreślić, jak wartościowe były te informacje. Sam wpływ niektórych badanych czynników należy ocenić na wysoko istotny, co oznacza konieczność prowadzenia dalszych badań. Wyniki tych badań mogą służyć jako odniesienie do przyszłych norm prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej na wodach Skarbu Państwa i wprowadzania odpowiednich regulacji prawnych, które bardziej odpowiednio przygotowują gospodarstwa rybackie na przyszłe, niestety nieuniknione, zmiany klimatyczne.

Wnioski

1. Uprawnieni do rybactwa w znacznej większości (92%) zauważyli w ostatnich latach wpływ zmian klimatycznych na ichtiofaunę i rybackie gospodarowanie, co świadczy o dużej świadomości menedżerów i właścicieli podmiotów rybackich w tym aspekcie;
2. Gatunkiem, który według użytkowników rybackich najbardziej narażony jest na zmiany klimatyczne jest szczupak, zarówno w aspekcie efektywności tarła naturalnego (SR 250), jak i tarła w warunkach kontrolowanych (SR 178);
3. Zmiany klimatyczne najbardziej wpływają na wielkości połowów węgorza (SR 242) i sielawy (SR 173) w jeziorach, a także szczupaka (SR 53), sandacza i okonia (SR 40 i 40) w zbiornikach zaporowych;
4. Ankietowani najliczniej zwrócili uwagę i najwięcej punktów przyznali następującym zjawiskom w przypadku jezior: dłuższemu okresowi przebywania kormoranów na akwenach (SR 391), krótszemu czasowi trwania pokrywy lodowej (SR 351), sezonowym anomaliami temperatury (SR 311);
5. Za najistotniejszy wpływ zmian klimatu na wybrane parametry hydrologiczne jezior respondenci wybrali: niskie poziomy wód (SR 359) w okresie letnim, wahania poziomów wody (SR 311) w okresie letnim;
6. Zmiany klimatyczne nie mają wpływu, bądź jest on nieznaczny, na skrócenie sezonu wędkarskiego (poza sezonem zimowym) oraz nie mają istotnego wpływu na używanie sprzętu rybackiego, szczególnie w okęgach PZW;
7. Rybaccy użytkownicy zbiorników zaporowych uznali, że największy wpływ na populacje ryb bytujących w tych akwenach nie mają zachodzące zmiany klimatyczne, ale sam zbiornik, który utrudnia migracje ryb (SR 122);
8. Badanych rybackich użytkowników jezior charakteryzuje wysoka niechęć do potencjalnych zmian i innowacji w kwestii odłowu tarlaków;
9. W latach 2005-2019 ilość wylęgu wprowadzana do wód obwodów rybackich wykazywała bardzo wyraźną tendencję wzrostową ($R^2=0,93$), w latach tych wartość zarybień wylęgiem względem całkowitej wartości wszystkich form materiału zarybieniowego szczupaka stanowiła 39,7%, a w krótszym okresie (2015-2019) 45,9%;
10. Wyniki odnośnie wielkości odłowów wędkarskich uzyskane na podstawie dobrowolnych ankiet/wywiadów są z reguły 3-4-krotnie wyższe, niż uzyskane po analizie obowiązkowych rejestrów połowów, czego dowiodły badania nad wielkością odłowów szczupaka w perspektywie wieloletniej;

11. Zastosowanie rachunku korelacji między średnimi w 3-letnim okresie dawkami zarybieniowymi i średnimi wędkarskimi wydajnościami szczupaka w 20 zbiornikach zaporowych wykazało, że związek ten miał charakter krzywoliniowy, wskazujący, że do pewnego – granicznego poziomu zarybień, wzrost dawek zarybieniowych powodował wyraźne zwiększenie poziomu odłowów, ale po jego przekroczeniu nie następował wzrost, tylko nieznaczny spadek wydajności. Najniższą wydajnością z tych 20 obiektów wodnych charakteryzował się zbiornik niezarybiany w tym 3-letnim okresie szczupakiem;
12. W badaniach efektywności zarybień szczupakiem jeziorach ęłckich nie wykazano statystycznie istotnego związku z zarybieniami, ale biorąc pod uwagę koszty zarybień i wartości rybackich odłowów szczupaka, i to bez uwzględnienia wartości odłowów wędkarskich, stwierdzono, że wartości te wielokrotnie przewyższają koszty zarybień, co oznacza słownikową ekonomizację (dążenie do podnoszenia ekonomiczności) w tym zakresie gospodarowania szczupakiem.

Literatura

1. Antosiak, B. (1961). Wzrost szczupaka (*Esox Lucius* L.) w jeziorach okolic Węgorzewa. Roczniki Nauk Rolniczych, 77-B-2, 579-602.
2. Antychowicz, J., Kujawa, R. (2017). Niekorzystne zmiany zachodzące w śródlądowych zbiornikach wodnych spowodowane działalnością człowieka. Życie Weterynaryjne, 92(10), 735-744.
3. Arlinghaus, R. (2017). Nachhaltiges Management von Angelgewässern: Ein Praxisleitfaden. Berichte des Instituts für Gewässerökologie und Binnenfischerei, 30, 231 s. https://www.igb-berlin.de/sites/default/files/media-files/download-files/IGB_Bericht_Heft_30_2017_web.pdf, dostęp 1.03.2022.
4. Arlinghaus, R. (2018). Zarybianie – 10 zasad postępowania. W: Działania prośrodowiskowe w racjonalnej gospodarce rybackiej (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 61-68.
5. Arlinghaus, R., Mehner, T. (2003). Socio-economic characterisation of specialised common carp (*Cyprinus carpio* L.) anglers in Germany, and implications for inland fisheries management and eutrophication control. Fisheries Research, 61, 19-33. <https://doi.org/10.1002/9781118394380.ch44>.
6. Arlinghaus, R., Matsumura, S., Dieckmann, U. (2010). The conservation and fishery benefits of protecting large pike (*Esox lucius* L.) by harvest regulations in recreational fishing. Biological Conservation, 143(6), 1444-1459. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.020>.
7. Arlinghaus, R., Cyrus, E.M., Eschbach, E., Fujitani, M., Hühn, D., Johnston, F., Pagel, T., Riepe, C. (2015a). Hand in Hand für eine nachhaltige Angelfischerei: Ergebnisse und Empfehlungen aus fünf Jahren praxisorientierter Forschung zu Fischbesatz und seinen Alternativen. Berichte des Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei, 28, 204. <https://www.igb-berlin.de/sites/default/files/media-files/download-files/IGB-Bericht-28.pdf>, dostęp 1.03.2022.
8. Arlinghaus, R., Lorenzen, K., Johnson, B.M., Cooke, S.J., Cowx I.G. (2015b). Management of freshwater fisheries. W: Freshwater Fisheries Ecology (Red.) J.F. Craig, 557-579.
9. Arlinghaus, R., Aas, Ø., Alós, J., Arismendi, I., Bower, S., Carle, S., Czarkowski, T., Freire, K. M. F., Hu, J., Hunt, L., Lyach, R., Kapusta, A., Salmi, P., Schwab, A., Tsuboi, J., Trella, M., McPhee, D., Potts, W., Wołos, A., Yang, Z. (2021). Global Participation in and Public Attitudes Toward Recreational Fishing: International Perspectives and Developments. Reviews in Fisheries Science and Aquaculture, 29(1), 58-95. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1782340>.
10. Avadí, A., Fréon, P. (2013). Life cycle assessment of fisheries: a review for fisheries scientists and managers, Fisheries Research, 143, 21-38. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.01.006>.
11. Balińska-Grzelak, A. (2012). Rola partycypacji społecznej w stymulowaniu rozwoju turystyki. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Turystyki, 4(20), 9-18.
12. Baras, E., Lambert, H., Philippart, J.C. (1994). A comprehensive assessment of the failure of *Barbus barbus* spawning migrations through a fish pass in the canalized River Meuse (Belgium). Aquatic Living Resources, 7, 181-189. <https://doi.org/10.1051/alr:1994020>.
13. Baras, E., Lucas, M.C. (2001). Impact of man's modifications of river hydrology on the migration of freshwater fishes: a mechanistic perspective. Ecohydrology and Hydrobiology, 1, 291-304.
14. Berggren, H., Nordahl, O., Tibblin, P., Larsson, P., Forsman, A. (2016). Testing for local adaptation to spawning habitat in sympatric subpopulations of pike by reciprocal translocation of embryos. PloS One, 11(5), e0154488. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154488>.
15. Biały, S. (2016). Idea zrównoważonego rozwoju w świetle zasady „złotego środka”: uwagi teoretyczne i praktyczne. Studia Etckie, 18(4), 339-357.
16. Blabolil, P., Logez, M., Ricard D., Prchalová, M., Øiha M., Sagouis A., Peterka J., Kubečka J., Argillier C. (2016). An assessment of the ecological potential of Central and Western European reservoirs based on fish communities. Fisheries Research, 173(1), 80-87. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.05.022>.

17. Błażejczyk, K. (2022). Wpływ zmian klimatu na wrażliwe ekosystemy i społeczeństwo. *Przedmowa. Kosmos*, 70, 4, 551-552.
18. Bnińska, M. (1984). Outdoor recreation – a new factor disturbing lake ecosystems, as exemplified by Lake Gim, Mazurian Lake District. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 22, 978-981. <https://doi.org/10.1080/03680770.1983.11897423>.
19. Bnińska, M. (1996). Zasady gospodarki rybackiej w jeziorach podlegających przyspieszonej eutrofizacji. W: Sandacz, gospodarka rybacka, eutrofizacja (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 13-22.
20. Bnińska, M., Wołos, A. (2001). Management of selected Polish commercial and recreational lake fisheries activities. *Fisheries Management and Ecology*, 8, 333-343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2001.00269.x>.
21. Bobrek, R., Wilk, T., Pępkowska-Król, A. (2018). Występowanie kormorana *Phalacrocorax carbo* w polskiej części Karpat w okresie pozalęgowym – dynamika przelotu i liczebność na zbiornikach wodnych. *Ornis Polonica*, 59, 89-106.
22. Brämick, U. (2002). Estimation of the Fish Yield Potential of Lakes in North-East Germany. W: Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries (Red.). I.G. Cowx, 26-33. <https://doi.org/10.1002/9780470995679.ch3>.
23. Bunt, C.M., Castro-Santos, T., Haro, A. (2012). Performance of Fish Passage Structure at Upstream Barriers to Migration. *River Research and Applications*, 28, 457-478. <https://doi.org/10.1002/rra.1565>.
24. Cammalleri, C., Naumann, G., Mentaschi, L., Formetta, G., Forzieri, G., Gosling, S., Bisselink, B., De Roo, A., Feyen, L. (2020). Global warming and drought impacts in the EU. EUR 29956 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/597045>.
25. Casselman, J.M. (1996). Age, growth and environmental requirements of pike. W: Pike: biology and exploitation. (Red.) J.F. Craig, Wyd. London: Chapman and Hall, 70-101. https://doi.org/10.1007/978-94-015-8775-4_4.
26. Casselman, J.M., Lewis, C.A. (1996). Habitat requirements of northern pike (*Esox lucius*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53 (Suppl. 1), 161-174. <https://doi.org/10.1139/f96-019>.
27. Cejko, B.I., Szczepkowski, M., Szczepkowska, B., Sarosiek, B., Kowalski, R.K. (2015). Pneumatyczna metoda pobierania oocytów szczupaka. W: Stan wiedzy i innowacje w rozrodzie ryb dziko żyjących (Red.) A. Kowalska, B. I. Cejko, R. K. Kowalski, B. Sarosiek, Wyd. IRZiBŻ PAN, Olsztyn, 95-117.
28. Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutkowski, W. J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi C., Weaver, A.J., Wehner, M. (2013). Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. W: Climate change 2013: The physical science basis (Red.) T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, 1029-1136.
29. Cooke, S.J., Arlinghaus R., Johnson B.M., Cowx I.G. (2015). Recreational fisheries in inland waters. W: Freshwater Fisheries Ecology (Red.) J.F. Craig, 449-465. <https://doi.org/10.1002/9781118394380.ch36>.
30. Cooke, S.J., Murchie, K.J. (2015). Status of aboriginal, commercial and recreational inland fisheries in North America: past, present and future. *Fisheries Management and Ecology* 22, 1-13. <https://doi.org/10.1111/fme.12005>.
31. Craig, J.F. (2008). A short review of pike ecology. *Hydrobiologia*, 601, 5-16. <https://doi.org/10.1007/s10750-007-9262-3>.
32. Czaplicka-Kotas, A., Ślusarczyk, Z., Pięta M., Szostak, A. (2012). Analiza zależności między wskaźnikami jakości wody w Jeziorze Goczałkowickim w aspekcie zakwitów fitoplanktonu, *Ochrona Środowiska*, 1, Vol. 34, 21-27.

33. Czarkowski, T.K., Stabiński, R. (2015). Charakterystyka, preferencje i opinie konsumentów ryb bezpośrednio korzystających z oferty gospodarstw rybackich. *Komunikaty Rybackie*, 1, 1-6.
34. Czarkowski, T.K., Kapusta, A. (2016). Przegląd problematyki związanej z gospodarowaniem populacjami szczupaka (*Esox lucius* L.), ze szczególnym uwzględnieniem połowów tarlaków. *Komunikaty Rybackie*, 3, 13-19.
35. Czarkowski, T.K., Wołos, A., Kapusta, A., Kupren, K., Mickiewicz, M. (2018). Zmiany w polskim wędkarstwie na przestrzeni ostatnich 40 lat: połowy, opinie i preferencje oraz aspekty socjoekonomiczne współczesnego wędkarza. W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2017 roku* (Red.) M. Mickiewicz i A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 99-121.
36. Czarkowski, T.K., Wołos A., Kapusta, A. (2021). Socio-economic portrait of Polish anglers: implications for recreational fisheries management in freshwater bodies. *Aquatic Living Resources*, 34, 19. <https://doi.org/10.1051/alr/2021018>.
37. Czerniawski, R., Domagała, J., Pilecka-Rapacz, M. (2010). Analiza wielkości presji wędkarskiej oraz poziomu wprowadzanych biogenów w zanętach w wodach zlewni środkowej i dolnej Drawy. Analysis of the size of fishing pressure and the level of introduced nutrients in the groundbait In the middle and lower Drawa. *Roczniki Naukowe PZW*, T. 23, 119-130.
38. Czerniejewski, P., Wawrzyniak, W., Brocki, W. (2015). Presja połowów rekreacyjnych na wybrane jeziora w północno-zachodniej Polsce. *Europa Regionum*, 24, 75-84. <https://doi.org/10.18276/er.2015.24-07>.
39. Czerwiński, T. (2014). Analiza gospodarki rybackiej prowadzonej w wybranych zbiornikach zaporowych w latach 2002-2013. W: *Opracowanie rybackiego modelu zrównoważonego wykorzystania i ochrony zasobów ryb w zbiornikach zaporowych* (Red.) W. Wiśniewolski, P. Buras, Wyd. IRS, Olsztyn, 29-38.
40. Czerwiński, T. (2016). Efektywność jeziorowych gospodarstw rybackich w świetle wskaźników produkcyjno-ekonomicznych i działań marketingowych. Praca doktorska. IRS, Olsztyn (maszynopis), 98 s.
41. Dawes, J. (2009). The effect of service price increases on customer retention: the moderating role of customer tenure and relationship breadth. *Journal of Service Research*, 11(3), 232-245. <https://doi.org/10.1177/1094670508328986>.
42. Deng, J., Qin, B., Paerl, H. W., Zhang, Y., Wu, P., Ma, J., Chen, Y. (2014). Effects of nutrients, temperature and their interactions on spring phytoplankton community succession in Lake Taihu, China. *PloS one*, 9(12), e113960. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113960>.
43. Dębowski, P. (2016). Migracja ryb przepławką na stopniu wodnym we Włocławku w 2015 roku. *Komunikaty Rybackie*, 4, 1-7.
44. Diana, J.S. (2009). Aquaculture production and biodiversity conservation. *BioScience*, 59(1), 27-38. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.1.7>.
45. Dobrowolski, Z. (2018). Administracja publiczna w Polsce: zarządzanie: zarys problematyki. Wyd. Instytut Spraw Publicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków, 136 s.
46. Domańska, M., Wiercik, P., Idzikowski, R. (2009). Problemy z uzdatnianiem wód zeutrofizowanych. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, (3), 56-64.
47. Donadi, S., Austin, Å. N., Bergström, U., Eriksson, B. K., Hansen, J. P., Jacobson, P., Sundblad, G., van Regteren, M., Eklöf, J. S. (2017). A cross-scale trophic cascade from large predatory fish to algae in coastal ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1859), 20170045. <http://doi.org/10.1098/rspb.2017.0045>.
48. Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Wołos, A. (2019). Ocena presji i połowów wędkarskich w wodach użytkowanych przez Okręg Mazowiecki Polskiego Związku Wędkarskiego w 2017 roku. *Opracowanie dla Okręgu Mazowieckiego Polskiego Związku Wędkarskiego* (maszynopis), 29 s.

49. Eklöf, J.S., Sundblad, G., Erlandsson, M., Donadi, S., Hansen, J.P., Eriksson, B.K., Bergström, U. (2020). A spatial regime shift from predator to prey dominance in a large coastal ecosystem. *Communications Biology*, 3, 459. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01180-0>.
50. Engström-Öst, J., Lehtiniemi, M., Jónasdóttir, S.H., Viitasalo, M. (2005). Growth of pike larvae (*Esox lucius*) under different conditions of food quality and salinity. *Ecology of Freshwater Fish*, 14(4), 385-393. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2005.00113.x>.
51. Eriksson, B.K., Ljunggren, L., Sandström, A., Johansson, G., Mattila, J., Rubach, A., Råberg, S. Snickars, M. (2009). Declines in predatory fish promote bloom forming macroalgae. *Ecological Applications*, 19, 1975-1988. <https://doi.org/10.1890/08-0964.1>.
52. Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M., Bergström, U. (2011). Effects of altered offshore food webs on coastal ecosystems emphasize the need for cross-ecosystem management. *Ambio*, 40, 786. <https://doi.org/10.1007/s13280-011-0158-0>.
53. FAO (1997). Inland fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries 6. FAO, Rome, 36 s.
54. FAO (2018). Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options. Rome, Italy: FAO Fisheries and Aquaculture. Technical Paper No. 627, 628 s.
55. Ficke, A.D., Myrick, C.A., Hansen, L.J. (2007). Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17, 581-613. <https://doi.org/10.1007/s11160-007-9059-5>.
56. Fopp-Bayat, D. (2010). Zastosowanie analiz genetycznych w ochronie bioróżnorodności siei z jeziora Łebsko. *Biuletyn Naukowy UWM*, 31, 11-16.
57. Fopp-Bayat, D., Wiśniewska, A. (2010). Analiza genetyczna siei (*Coregonus lavaretus*) z jeziora Łebsko – zastosowanie analizy mikrosatelitarnego DNA. W: *Rozród, podchów, profilaktyka ryb rzadkich i chronionych oraz innych gatunków* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska, Wyd. IRS, Olsztyn, 65-72.
58. Forsman, A., Tibblin, P., Berggren, H., Nordahl, O., Koch-Schmidt, P., Larsson, P. (2015). Pike *Esox lucius* as an emerging model organism for studies in ecology and evolutionary biology: a review. *Journal of Fish Biology*, 87, 472-479. <https://doi.org/10.1111/jfb.12712>.
59. Foubert, A., Lecomte, F., Brodeur, P., Le Pichon, C., Mingelbier, M. (2020). How intensive agricultural practices and flow regulation are threatening fish spawning habitats and their connectivity in the St. Lawrence River floodplain, Canada. *Landscape Ecology* 35, 1229-1247. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-00996-9>.
60. Fraser, D. (2008). How well can captive breeding programs conserve biodiversity? A review of salmonids. *Evolutionary Applications* 2, 1-52. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2008.00036.x>.
61. Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, D. M., Wagner, N., Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38-50. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006>.
62. Gruszecki, K. (2020). *Rybactwo śródlądowe. Komentarz*. Wyd. Wolters Kluwer Polska, Wydanie 1, 220 s.
63. Guillerault, N., Loot, G., Blanchet, S., Santoul, F. (2018a). Catch-related and genetic outcome of adult northern pike *Esox lucius* stocking in a large river system. *Journal of Fish Biology*, 93(6), 1107-1112. <https://doi.org/10.1111/jfb.13826>.
64. Guillerault, N., Hühn, D., Cucherousset, J., Arlinghaus, R., Skov, C. (2018b). Stocking for pike population enhancement. W: *Biology and ecology of pike* (Red.) C. Skov, A. Nilsson, Wyd. CRC Press, 215-247.
65. Harvey, B. (2009). A biological Synopsis of Northern Pike (*Esox lucius*). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 2885, 1-31.

66. Hatry, C., Binder, T.R., Thiem, J.D., Hasler, C.T., Smokorowski, K.E., Clarke, K.D., Katopodis, C., Cooke, S.J. (2013). The Status of Fishways in Canada: Trends Identified Using the National CanFishPass Database. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 23, 271-281. <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9293-3>.
67. Hecky, R.E., Bootsma, H.A., Kingdom, M.L. (2003). Impact of land use on sediment and nutrient yields to Lake Malawi/Nyasa (Africa). *Journal of Great Lakes Research*, 29, 139-158. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(03\)70544-9](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(03)70544-9).
68. Heikinheimo, O., Rusanen, P., Korhonen, K. (2016). Estimating the mortality caused by great cormorant predation on fish stocks: pikeperch in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea, as an example. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73, 84-93. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0033>.
69. Hickley, P., Tompkins, H. (1998). *Recreational Fisheries: Social, Economic and Management Aspects*. FishingNews Books, Blackwell Scientific Publications, (Red.) P. Hickley, H. Tompkins, Oxford, 310 s.
70. Himes-Cornell, A., Kasperski, S. (2015). Assessing climate change vulnerability in Alaska's fishing communities. *Fisheries Research* 162, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.09.010>.
71. Hornborg, S., Främberg, A. (2020). Carp (*Cyprinidae*) fisheries in Swedish lakes: A combined environmental assessment approach to evaluate data-limited freshwater fish resources as food. *Environmental Management*, 65, 232-242. <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01241-z>.
72. Hühn, D., Arlinghaus, R. (2011). Determinants of hooking mortality in freshwater recreational fisheries: a quantitative meta-analysis. W: *The Angler in the Environment: Social, Economic, Biological, and Ethical Dimensions*, Proceedings of the Fifth World Recreational Fishing Conference. (Red.) T.D. Beard Jr., R. Arlinghaus, S.G. Sutton, Symposium 75. Bethesda, Maryland, American Fisheries Society, 141-170.
73. Hühn, D., Lübke, K., Skov, C., Arlinghaus, R. (2014). Natural recruitment, density-dependent juvenile survival, and the potential for additive effects of stock enhancement: an experimental evaluation of stocking northern pike (*Esox lucius*) fry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(10), 1508-1519. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0636>.
74. Hunt, L.M., Fenichel, E.P., Fulton, D.C., Mendelsohn, R., Smith, J.W., Tunney, T.D., Lynch, A.J., Paukert, C.P., Whitney, J.E. (2016). Identifying Alternate Pathways for Climate Change to Impact Inland Recreational Fishers. *Fisheries*, 41, 362-372. <https://doi.org/10.1080/03632415.2016.1187015>.
75. Iho, A., Ahtiainen, H., Artell, J., Heikinheimo, O., Kauppila, P., Kosenius, A.-K., Laukkanen, M., Lindroos, M., Oinonen, S., Ollikka, K., Parkkila, K., Pavlova, Y., Peltonen, H., Pouta, E., Uusitalo, L. (2017). The role of fisheries in optimal eutrophication management. *Water Economics and Policy*, 3(2), 1650031. <https://doi.org/10.1142/S2382624X16500314>.
76. IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Red.) R. K. Pachauri, L. A. Meyer, IPCC, Geneva, Switzerland, 151.
77. IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Red.) V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou, Wyd. Cambridge University Press, In Press.
78. Islam, M., Sallu, S., Hubacek, K., Paavola, J. (2014). Limits and barriers to adaptation to climate variability and change in Bangladeshi coastal fishing communities. *Marine Policy*, 43, 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.06.007>.
79. Jaguś, A. (2018). Economic and social importance of dam reservoirs – a study of the Soła River cascade. *Inżynieria Ekologiczna*, 19(1), 25-35.

80. Jankowski, W. (2017). Przyrodnicze skutki budowy i funkcjonowania zbiorników suchych i wielofunkcyjnych doświadczenia z oceny wybranych zbiorników. Impact of building and functioning of the dry dams and multi-purpose dams on nature, experience on some dams. *Przegląd Przyrodniczy*, 28(4), 135-151.
81. Kaczkowski, Z., Frankiewicz, P., Góralczyk, A. (2019). Relationship between fish assemblage and angler catch in the Sulejów Reservoir, central Poland, in the context of a warming climate. *Fisheries Management and Ecology*, 26, 187-199. <https://doi.org/10.1111/fme.12337>.
82. Kao, Y., Madenjian, C.P., Bunnell, D.B., Lofgren, B.M., Perroud, M. (2015). Potential effects of climate change on the growth of fishes from different thermal guilds in Lakes Michigan and Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 41(2), 423-435. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2015.03.012>.
83. Kapusta, A. (2015). Alternatywne metody zarządzania łowiskami wędkarskimi: potrzeby i konsekwencje biologiczne odpowiedzialnego zarządzania zrównoważonym rybactwem rekreacyjnym. W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2014 roku* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 173-182.
84. Kapusta, A., Czarkowski, T.K., Bogacka-Kapusta, E. (2017). Rekomendacje związane z wybranymi problemami gospodarowania zasobami ichtiofauny wód śródlądowych w Polsce, z uwzględnieniem połowów rekreacyjnych. W: *Użytkownik wędkarski 2016. Rola gospodarki wędkarskiej na wodach PZW w świetle zasad zrównoważonego rozwoju* (Red.) M. Mizieliński, Wyd. Wieś Jutra, 94-115.
85. Kaszewski, B. M., Flis, E. (2014). Meteorologiczne i klimatologiczne zdarzenia ekstremalne w polskiej literaturze. *Prace Geograficzne*, 139, 7-20.
86. Kędra, M., Wiejaczka, Ł. (2017). Climatic and dam-induced impacts on river water temperature: assessment and management implications. *Science of the Total Environment*, 626, 1474-1483. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.044>.
87. Kerr, S.J., Lasenby, T.A. (2001). *Esocid stocking: An annotated bibliography and literature review* - Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources. Peterborough, Ontario, 138 s.
88. Klimaszyk, P., Rzymiski, P. (2016). The complexity of ecological impacts induced by great cormorants. *Hydrobiologia*, 771, 13-31. <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2618-1>.
89. Kossowska-Cezak, U., Twardosz, R. (2017a). *Anomalie termiczne w Europie (1951-2010)*. IGI&P UJ, Kraków, 183 s.
90. Kossowska-Cezak, U., Twardosz, R. (2017b). Współczesne anomalie termiczne na historycznych ziemiach polskich. *Przegląd Geofizyczny*, Z. 1-2, 29-43.
91. Kossowska-Cezak, U., Twardosz R., (2019). *Wielkoobszarowe anomalie termiczne w Europie (1951-2018)*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytet Jagielloński, Kraków, 80 s.
92. Kotakorpi, M., Tiainen, J., Olin, M., Lehtonen, H., Nyberg, K., Ruuhijärvi, J., Kuparinen, A. (2013). Intensive fishing can mediate stronger size-dependent maternal effect in pike (*Esox lucius*). *Hydrobiologia*, 718(1), 109-118.
93. Kowalczyk, A., Wesołowski, P., Woźnicka, M. (2016). Od powodzi do suszy – analiza zmian sytuacji hydrogeologicznej w Polsce w latach 2010-2015. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 466, 123-136. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.4757>.
94. Kowalska, A. (2021). Sztuka nęcenia – karmienie ekosystemów wodnych. W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych*, (Red.) A. Kowalska i A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 89-97.
95. Kozłowski, K. (2019). Potencjalny wpływ anomalii pogodowych na jeziorową gospodarkę rybacką na przykładzie sielawy. W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2018 roku. Uwarunkowania ekonomiczne i środowiskowe*, (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 125-134.

96. Krzywosz, T., Traczuk, P. (2012). Kormoran na jeziorach Warmii i Mazur – liczebność, dieta oraz wpływ na rybostan i rybactwo. Kormoran w aspekcie zrównoważonego korzystania z zasobów rybackich. MIR-PIB Gdynia, 19-28.
97. Kundzewicz, Z.W. (2013). Ekstremalne stany pogody, a zmiany klimatyczne – stan i perspektywy; Ocena zagrożeń abiotycznych i możliwości ich ograniczania w związku ze zmianami klimatycznymi; stan i perspektywy (szkody klimatyczne): huragany, śniegołomy, powódzie, susze, niskie i wysokie temperatury. http://www.npl.ibles.pl/sites/default/files/referat/ekstremalne-stany-pogody-a-zmiany-klimatyczne_0.pdf, dostęp 1 marca 2022.
98. Kundzewicz Z.W. (2017a) Wielkoskalowa zmiana klimatu (obserwacje, interpretacja, projekcje). W: Zmiany klimatu i ich wpływ na wybrane sektory w Polsce. (Red.) Z. Kundzewicz, Ø. Hov, T. Okruszko, Rozdział 2, 14-30.
99. Kundzewicz Z.W. (2017b) Konsekwencje zmian klimatu i adaptacja do nich. W: Zmiany klimatu i ich wpływ na wybrane sektory w Polsce. (Red.) Z. Kundzewicz, Ø. Hov, T. Okruszko, Rozdział 3, 31-45.
100. Kundzewicz, Z. W., Krysanova, V., Benestad, R. E., Hov, Ø., Piniewski, M., Otto, I. M. (2018a). Uncertainty in climate change impacts on water resources. *Environmental Science & Policy*, 79, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.10.008>.
101. Kundzewicz, Z.W., Piniewski, M., Mezghani, A., Okruszko, T., Pińskwar, I., Kardel, I., Hov, Ø., Szcześniak, M., Szwed, M., Benestad, R.E., Marcinkowski, P., Graczyk, D., Dobler, A., Førland, E.J., O’Keefe, J., Choryński, A., Parding, K.M., Haugen, J.E. (2018b). Assessment of climate change and associated impact on selected sectors in Poland. *Acta Geophysica*, 66(6), 1509-1523. <https://doi.org/10.1007/s11600-018-0220-4>.
102. Kupren, K., Czarkowski, T.K., Hakuć-Błażowska, A., Świszcz, B., Rogulski, M., Krygel, P. (2018). Socjoekonomiczna charakterystyka wędkarzy w wybranych powiatach województwa warmińsko-mazurskiego. *Studia*, 50, 213-226.
103. Lampert, W., Sommer, U. (2001). *Ekologia wód śródlądowych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 415 s.
104. Larsson, P., Tibblin, P., Koch-Schmidt, P., Engstedt, O., Nilsson, J., Nordahl, O., Forsman, A. (2015). Ecology, evolution, and management strategies of northern pike populations in the Baltic Sea. *Ambio*, 44 (3), 451-461. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0664-6>.
105. Launois, L., Veslot, J., Irz, P., Argillier, C. (2011). Selecting fish-based metrics responding to human pressures in French natural lakes and reservoirs: Towards the development of a fish-based index (FBI) for French lakes. *Ecology of Freshwater Fish*, 20(1), 120-132. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2010.00467.x>.
106. Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T., Prather, M. (2007). Historical overview of climate change. W: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change* (Red.) S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller, Wyd. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA.
107. Leberg, P.L., Firmin, B.D. (2008). Role of inbreeding depression and purging in captive breeding and restoration programs. *Molecular Ecology*, 17, 334-343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2007.03433.x>.
108. Lehtikoinen, A., Heikinheimo, O., Lehtonen, H., Rusanen, P. (2017). The role of cormorants, fishing effort and temperature on the catches per unit effort of fisheries in Finnish coastal areas. *Fisheries Research*, 190, 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.008>.
109. Leopold, M. (1986). Stan i perspektywy rybactwa śródlądowego w Polsce. Ekspertyza na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa, Leśnictwa i Gospodarki Żywnościowej, IRS, Olsztyn, 44 s.

110. Leopold, M., Bnińska, M. (1980). Angling, recreation, commercial fisheries and problems of water resources allocation (Red.) J.H. Grover, Proceedings of Technical Consultation on Allocation of Fishery resources, Vichy, Auburn University, 212-221.
111. Leopold, M., Bnińska, M., Nowak, W. (1986). Commercial fish catches as an index of lake eutrophication. *Archiv für Hydrobiologie*, 106(4), 513-524.
112. Leopold, M., Bnińska, M. (1987). Ocena presji połowów wędkarskich na pogłowie poszczególnych gatunków ryb w wodach Polski – konsekwencje gospodarcze. *Roczniki Nauk Rolniczych*, 2, 43-69.
113. Leopold, M., Bnińska, M., Wołos, A., Szlażyńska, K., Piskorski, P. (1988). Ocena eksploatacji wędkarskiej wód woj. śląskiego na podstawie kart rejestracyjnych połowów. Stan wód i wytyczne ich zagospodarowania. Opracowanie dla ZO PZW w Słupsku, IRS, Olsztyn (maszynopis), 298 s.
114. Leopold, M., Bnińska, M. (1992). Gospodarka rybacka a ekorozwój. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 401, 73-79.
115. Leopold, M., Wołos, A. (1996). Analiza stanu jeziorowej produkcji rybackiej w 1995 roku. W: *Rybacktwo jeziorowe. Stan, uwarunkowania, perspektywy* (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 35-41.
116. Leopold, M., Wołos, A. (1997). Analiza stanu jeziorowej produkcji rybackiej w 1996 roku. W: *Rybacktwo jeziorowe. Znaczenie, zarządzanie, gospodarowanie. II Krajowa Konferencja Rybackich Użytkowników Jezior, Stare Jabłonki 18-20 czerwca* (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 31-37.
117. Leopold, M., Bnińska, M., Wołos, A., Mickiewicz, M. (1998). Znaczenie, stan i uwarunkowania rozwoju rybactwa jeziorowego w Polsce. (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 43 s.
118. Lessard, J.L., Hayes, D.B. (2003). Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River research and applications*, 19(7), 721-732. <https://doi.org/10.1002/rra.713>.
119. Lewis, W.M. (2011). Global primary production of lakes: 19th Baldi Memorial Lecture. *Inland Waters*, 1, 1-28. <https://doi.org/10.5268/IW-1.1.384>.
120. Linderholm, H.W., Cardinale, M., Bartolino, V., Chen, D., Ou, T., Svedäng, H. (2014). Influences of large-and regional-scale climate on fish recruitment in the Skagerrak–Kattegat over the last century. *Journal of Marine Systems*, 134, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2014.02.006>.
121. Łozowski, B., Małkowski, E., Woźnica, A., Łaszczyca, P., Koprowski, R., Wróbel, Z., Pasierbiński, A., Migula, P., Gwiazda, R., Pszczeliński, Ł., Siudy, A. (2014). Badania ichtiofauny jako podstawa racjonalnej gospodarki rybackiej i zarządzania zbiornikiem zaporowym na przykładzie zbiornika goczałkowickiego, *Gospodarka Wodna*, 8, 308-311.
122. Małeckie, Z.J., Pokładek, R. (2010). Istotne procesy zagrażające bezpieczeństwu zbiorników wodnych. *Zeszyty Naukowe. Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska*, 33-43.
123. Margenau, T.L. (1992). Survival and cost-effectiveness of stocked fall fingerling and spring yearling muskellunge in Wisconsin. *North American Journal of Fisheries Management*, 12(3), 484-493. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1992\)012<0484:SACEOS>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1992)012<0484:SACEOS>2.3.CO;2).
124. Mehner, T., Arlinghaus, R., Berg, S., Dorner, H., Jacobsen, L., Kasprzak, P., Koschel, R., Schulze, T., Skov, C., Wolter, C., Wysujack, K. (2004). How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: a step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone. *Fisheries Management and Ecology*, 11(3-4), 261-275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2004.00401.x>.
125. Mehner, T., Rapp, T., Monk, C.T., Beck, M.E., Trudeau, A., Kiljunen, M., Hilt, S., Arlinghaus, R. (2019). Feeding aquatic ecosystems: whole-lake experimental addition of angler's ground bait strongly affects omnivorous fish despite low contribution to lake carbon budget. *Ecosystems*, 22, 346-362. <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0273-x>.

126. Mickiewicz, M. (2010a). Intensywność i efektywność zarybień jezior po okresie transformacji własnościowej w rybactwie - Praca doktorska, Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie (maszynopis), 112 s.
127. Mickiewicz, M. (2010b). Analiza ekonomicznej efektywności zarybień jezior użytkowanych przez Gospodarstwo Jeziorowe Sp. z o.o. w Etku. Komunikaty Rybackie, 4, 5-12.
128. Mickiewicz, M. (2012). Value and structure of fish catches and stocking intensity in lake enterprises before and after fisheries ownership transfer in Poland. Archives of Polish Fisheries, 20, 77-83. <https://doi.org/10.2478/v10086-012-0010-6>
129. Mickiewicz, M. (2013). Economic effectiveness of stocking lakes in Poland. Archives of Polish Fisheries, 21, 323-329. <https://doi.org/10.2478/aopf-2013-0033>.
130. Mickiewicz, M. (2015). Analiza aspektów gospodarczych i ekonomicznych jeziorowej gospodarki zarybieniowej w latach 2009-2014. W: Korzystanie z zasobów rybackich w latach 2009-2014. Stan, zmiany, tendencje (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 17-24
131. Mickiewicz, M. (2016). Ekologiczne, ekonomiczne i społeczne aspekty rybacko-wędkarskiego gospodarowania szczupakiem *Esox lucius* L. Komunikaty Rybackie, 3, 20-26.
132. Mickiewicz, M. (2017). Praktyczne aspekty opracowywania operatów rybackich ze szczególnym uwzględnieniem planowanych zarybień. W: Użytkownik wędkarski 2016. Rola gospodarki wędkarskiej na wodach PZW w świetle zasad zrównoważonego rozwoju (Red.) M. Mizieliński. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 123-145.
133. Mickiewicz, M. (2018a). Zarybienia polskich jezior, rzek i zbiorników zaporowych w aspekcie ekologicznej, społeczno-kulturowej i ekonomicznej funkcji gospodarki rybacko-wędkarskiej. W: Działania prośrodowiskowe w racjonalnej gospodarce rybackiej (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 27-46.
134. Mickiewicz, M. (2018b). Ceny ryb i materiału zarybieniowego stosowane przez uprawnionych do rybactwa w 2015 i 2017 roku. Komunikaty Rybackie, 2, 1-6.
135. Mickiewicz, M., Wołos, A. (2011). Species, type, and value of stocking material released into Polish lakes from 2001 to 2009. W: Fish management in a variable water environment (Red.) M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska. Wyd. Agencja Wydawnicza Argi s.c. R. Błaszczak, P. Pacholec, J. Prorok, 65-76.
136. Mickiewicz, M., Wołos, A. (2012). Economic ranking of the importance of fish species to lake fisheries stocking management in Poland. Archives of Polish Fisheries, 20, 11-18. <https://doi.org/10.2478/v10086-012-0002-6>.
137. Mickiewicz, M., Trella, M. (2016). Drapieżne gatunki ryb w jeziorowej gospodarce zarybieniowej. W: Wylęgarnictwo, podchowry ryb i zarybienia (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn, 265-276.
138. Mickiewicz M., Trella M. (2017). Zarybienia szczupakiem (*Esox lucius*) i ich efekty w wodach obwodów rybackich na podstawie kwestionariuszy RRW-23 z lat 2006-2015. W: Wylęgarnictwo a dywersyfikacja produkcji akwakultury (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn, 273-287.
139. Mickiewicz, M., Trella, M. (2019). Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions. Fisheries & Aquatic Life, 27, 136-148. <https://doi.org/10.2478/aopf-2019-0016>.
140. Mickiewicz, M., Wołos, A., Trella, M. (2020a). Human dimensions: the fishery guards versus illegal fishermen in three regions of Central-Eastern Europe. Fisheries & Aquatic Life, 28(1), 39-47. <https://doi.org/10.2478/aopf-2020-0005>.
141. Mickiewicz, M., Wołos, A. Trella, M. (2020b). Characteristics of illegal inland fishing according to the opinions of Polish fisheries guards. Fisheries & Aquatic Life, 28(2), 125-132. <https://doi.org/10.2478/aopf-2020-0015>.

142. Mikołajczyk, T., Nawrocki, P. (2019). Gospodarka leśna a występowanie zawiesin w wodach rzek i potoków i ich oddziaływanie na ichtiofaunę i ekosystemy rzeczne. *Leśne Prace Badawcze*, 80(4), 269-276. <https://doi.org/10.2478/frp-2019-0027>.
143. Mitchell, M., Vanberg, J., Sipponen, M. (2010). Commercial inland fishing in member countries of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC): Operational environments, property rights regimes and socio-economic indicators. *Country Profiles May 2010*, 113 s. <http://www.fao.org/docrep/015/an222e/an222e.pdf>, dostęp 1.03.2022.
144. Moniewski, P., Stolarska, M. (2007). Wpływ naturalnych i antropogenicznych czynników na podstawowe charakterystyki fizykochemiczne wody w małej zlewni strefy podmiejskiej Łodzi. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 7 z., 1 (19), 105-122.
145. Mooij, W.M., Hulsmann, S., Domis, L.N.D., Nolet, B.A., Bodelier, P.L.E., Boers, P.C.M., Pires, L.M.D., Gons, H.J., Ibelings, B.W., Noordhuis, R., Portielje, R., Wolfstein, K., Lammens, E.H.R.R. (2005). The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology*, 39, 381-400. <https://doi.org/10.1007/s10452-005-9008-0>.
146. Moore, J.N., Arrigoni, A.S., Wilcox, A.C. (2012). Impacts of Dams on Flow Regimes in Three Headwater Subbasins of the Columbia River Basin, United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 48(5), 925-938. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2012.00660.x>.
147. Mustamäki, N., Bergström, U., Ådjers, K., Sevastik, A., Mattila, J. (2014). Pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) in decline: high mortality of three populations in the northern Baltic Sea. *Ambio*, 43(3), 325-336. <https://doi.org/10.1007/s13280-013-0429-z>.
148. Napiórkowska-Krzebietke, A., Kalinowska, K., Bogacka-Kapusta, E., Stawecki, K., Traczuk, P. (2020). Cyanobacterial blooms and zooplankton structure in lake ecosystem under limited human impact. *Water*, 12 (5), 1252. <https://doi.org/10.3390/w12051252>.
149. Napiórkowska-Krzebietke, A., Kalinowska, K., Bogacka-Kapusta, E., Stawecki, K., Traczuk, P. (2021). Persistent blooms of filamentous cyanobacteria in a cormorant- affected aquatic ecosystem: Ecological indicators and consequences. *Ecological Indicators*, 124, 107421. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107421>.
150. Neumann, T. (2010). Climate-change effects on the Baltic Sea ecosystem: A model study. *Journal of Marine Systems*, 81, 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2009.12.001>.
151. Nielsen, R., Hoff, A., Waldo, S., Hammarlund, C., Virtanen, J. (2019). Fishing for nutrients – economic effects of fisheries management targeting eutrophication in the Baltic Sea. *Ecological Economics*, 160, 156-167. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.02.013>.
152. Nilsson, C., Berggren, K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience*, 50, 783-792. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0783:AORECB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0783:AORECB]2.0.CO;2).
153. Nilsson, C., Reidy, C. A., Dynesius, M., Revenga, C. (2005). Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. *Science*, 308, 405-408. <https://doi.org/10.1126/science.1107887>.
154. Nilsson, J., Flink, H., Tibblin, P. (2019). Predator–prey role reversal may impair the recovery of declining northern pike populations. *Journal of Animal Ecology*, 88, 927-939. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12981>.
155. NOAA National Centers for Environmental Information, Climate at a Glance: Global Time Series, opublikowane w marcu 2022 r., odtworzone 1 marca, 2022. www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series, dostęp 1.03.2022.
156. Noonan, M.J., Grant, J.W.A., Jackson, C.D. (2012). A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries*, 13(4), 450-464. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00445.x>.
157. Öhlund, G. (2012). Ecological and evolutionary effects of predation in environmental gradients. Dissertation thesis. Department of Ecology and Environmental Science, Umeå Universitet, 23 s. <https://doi.org/10.1002/evl3.167>.

158. Olden, J.D., Naiman, R.J. (2010). Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. *Freshwater Biology*, 55, 86-107. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02179.x>.
159. Parasiewicz, P., King, E.L., Webb, J.A., Piniewski, M., Comoglio, C., Wolter, C., Buijse, A.D., Bjerklie, D., Vezza, P., Melcher, A., Suska, K. (2019). The role of floods and droughts on riverine ecosystems under a changing climate. *Fisheries Management and Ecology*, 26(6), 461-473. <https://doi.org/10.1111/fme.12388>.
160. Pawson, M. G., Glenn, H., Padda, G. (2008). The definition of marine recreational fishing in Europe. *Marine Policy*, 32,(3), 339-350. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2007.07.001>.
161. Pierce, R.B. (2012). Northern pike: ecology, conservation, and management history. Wyd. University of Minnesota Press, 224 s.
162. Pieron, Ł., Absalon, D., Habel, M., Matysik, M. (2021). Inventory of Reservoirs of Key Significance for Water Management in Poland – Evaluation of Changes in Their Capacity. *Energies*, 14(23), 7951. <https://doi.org/10.3390/en14237951>.
163. Piniewski, M., Prudhomme, C., Acreman, M. C., Tylec, L., Oglęcki, P., Okruszko, T. (2017). Responses of fish and invertebrates to floods and droughts in Europe. *Ecohydrology*, 10(1), e1793. <https://doi.org/10.1002/eco.1793>.
164. Raport o stanie i perspektywach śródlądowej gospodarki rybackiej (1981). Opracowanie dla Ministerstwa Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej, IRS, Olsztyn (maszynopis), 33 s.
165. Ricciardi, A., Rasmussen, J.B. (1999). Extinction rates of North American freshwater fauna. *Conservation biology*, 13(5), 1220-1222. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98380.x>.
166. Roscoe, D.W., Hinch, S.G. (2010). Effectiveness Monitoring of Fish Passage Facilities: Historical Trends, Geographic Patterns and Future Directions. *Fish and Fisheries*, 11(1), 12-33. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2009.00333.x>.
167. Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber-Sanwald, E., Huenneke, L.F., Jackson, R.B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D.M., Mooney, H.A., Oesterheld, M., Poff, N.L., Sykes, M.T., Walker, B.H., Walker, M., Wall, D.H. (2000). Biodiversity – global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*, 287, 1770-1774. <https://doi.org/10.1126/science.287.5459.1770>.
168. Salmi, J. A., Auvinen, H., Raitaniemi, J., Kurkilahti, M., Lilja, J., Maikola, R. (2015). Perch (*Perca fluviatilis*) and pikeperch (*Sander lucioperca*) in the diet of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo*) and effects on catches in the Archipelago Sea, Southwest coast of Finland. *Fisheries Research*, 164, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.10.011>.
169. Seggel, A., De Young, C. (2016). Climate change implications for fisheries and aquaculture. Summary of the findings of the intergovernmental panel on climate change fifth Assessment Report. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. C1122 FIAP/C1122 (En), Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome, 54 s.
170. Shiklomanov, I.A., Rodda, J.C. (2003). World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century. Wyd. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
171. Siuda, W., Grabowska, K., Kiersztych, B. (2021). Wpływ zmian klimatycznych na zasoby, chemizm i biologię wód powierzchniowych Polski. *Technologia Wody*, 4(78), 4-21.
172. Skov, C., Nilsson, P.A. (2007). Evaluating stocking of YOY pike *Esox lucius* as a tool in the restoration of shallow lakes. *Freshwater biology*, 52(9), 1834-1845. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01795.x>.
173. Stålhammar, M., Linderfalk, R., Brönmark, C., Arlinghaus, R., Nilsson, P.A. (2012). The impact of catch-and-release on the foraging behaviour of pike (*Esox lucius*) when released alone or into groups. *Fisheries Research*, 125-126, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.01.017>.

174. Stålhammar, M., Fränstam, T., Lindström, J., Höjesjö, J., Arlinghaus, R., Nilsson, P.A. (2014). Effects of lure type, fish size and water temperature on hooking location and bleeding in northern pike (*Esox lucius*) angled in the Baltic Sea. *Fisheries Research*, 157, 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.04.002>.
175. Sutela, T., Korhonen, P., Nyberg, K. (2004). Stocking success of newly hatched pike evaluated by radioactive strontium (^{85}Sr) marking. *Journal of Fish Biology*, 64(3), 653-664. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2004.00329.x>.
176. Švažas, S., Chukalova, N., Grishanov, G., Pūtys, Ž., Sruoga, A., Butkauskas, D., Raudonikis, L., Prakas, P. (2011). The role of Great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) for fish stock and dispersal of helminthes parasites in the Curonian Lagoon Area. *Veterinarija ir Zootechnika*, 55, 79-85.
177. Szczepkowski, M. (2009). Impact of selected abiotic and biotic factors on the results of rearing juvenile stages of northern pike *Esox lucius* L. in recirculating systems. *Archives of Polish Fisheries*, 17(3), 107-147. <https://doi.org/10.2478/v10086-009-0010-3>.
178. Szczepkowski, M., Zakęś, Z., Kapusta, A., Szczepkowska, B., Hopko, M., Jarmołowicz, S., Kowalska, A., Kozłowski, M., Partyka, K., Piotrowska, I., Wunderlich, K. (2012). Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems. *Archives of Polish Fisheries*, 20, 267-274. <https://doi.org/10.2478/v10086-012-0030-2>.
179. Szczepkowski, M., Zakęś, Z., Szczepkowska, B. (2017). Wykorzystanie materiału zarybieniowego produkowanego w systemach recyrkulacyjnych do zarybień. W: *Użytkownik wędkarski 2016. Rola gospodarki wędkarskiej na wodach PZW w świetle zasad zrównoważonego rozwoju* (Red.) M. Mizieliński, Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 161-171.
180. Szulecka, O., Czerwiński, T. (2018). Ryby małowodne – kierunki wykorzystania. W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2017 roku*, (Red.) M. Mickiewicz i A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 167-178.
181. Traczewska, T. (2012) Problemy ekologiczne zbiorników retencyjnych w aspekcie ich wielofunkcyjności. Europejskie sympozjum Współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej, Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Środowiska. Conference proceedings, European Symposium Anti-flood Defences-Today's Problems, Paris–Orléans, 28-30 Mar 2012, 8 s.
182. Traczuk, P. (2013). Charakterystyka kolonii lęgowych kormorana czarnego w północno-wschodniej Polsce. W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2012 roku* (Red.) M. Mickiewicz, Wyd. IRS, Olsztyn, 81-92.
183. Trella, M. (2012). Tendencje sprzedaży zezwoleń wędkarskich w jeziorowych gospodarstwach rybackich w latach 1998-2011. W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2011 roku* (Red.) M. Mickiewicz, Wyd. IRS, Olsztyn, 65-75.
184. Trella, M. (2014). Presja i połowy wędkarskie na Zalewie Wiślanym w 2011 roku. *Komunikaty Rybackie*, 1, 5-9.
185. Trella, M. (2015). Charakterystyka presji i połowów wędkarskich w Zalewie Wiślanym w 2012 roku. *Komunikaty Rybackie*, 6, 1-6.
186. Trella, M. (2016). Charakterystyka wędkarstwa na Zalewie Wiślanym w 2013 roku. *Komunikaty Rybackie*, 6, 10-16.
187. Trella, M. (2017a). Wędkarstwo na Zalewie Wiślanym w 2014 roku – szczegółowa analiza oraz wybrane czynniki kształtujące jego rozwój w ostatnich latach. *Komunikaty Rybackie*, 6, 8-14.
188. Trella, M. (2017b). Hipoteza BOFFFF (Big Old Fat Fecund Female Fish) – znaczenie i wpływ na gospodarkę rybacką. W: *Działalność gospodarstw rybackich w 2016 roku – uwarunkowania ekonomiczne, prawne i ekologiczne* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 55-69.

189. Trella, M. (2018a). Założenia, znaczenie i wpływ na gospodarkę rybacką teorii odłowów zrównoważonych (*Balanced Harvesting*). Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2017 roku (Red.) M. Mickiewicz i A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 123-139.
190. Trella, M. (2018b). Współczesne wędkarstwo – charakterystyka, trendy, idee, rozwiązania z polskiej perspektywy. W: Działania środowiskowe w racjonalnej gospodarce rybackiej (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 81-94.
191. Trella, M. (2018c). Charakterystyka wędkarstwa na Zalewie Wiślanym w 2015 roku, w okresie największych zmian prawnych dotyczących wykonywania rybołówstwa rekreacyjnego na obszarach morskich. Komunikaty Rybackie, 6, 2-8.
192. Trella, M., Fopp-Bayat, D., Szczepkowski, M., Polak, A. (2012). Charakterystyka genetyczna siei (*Coregonus lavaretus*, Linnaeus, 1758) z Jeziora Wysztyńskiego przy zastosowaniu markerów mikrosatelitarnego DNA. Komunikaty Rybackie, 4, 11-16.
193. Trella, M., Wołos, A. (2014). Alternatywne modele wędkarskiego zagospodarowania łowisk – Catch and Release, No Kill, górne wymiary ochronne. W: Zasady i uwarunkowania zrównoważonego korzystania z zasobów rybackich – część II (Red.) Mickiewicz M., Wołos A., Wyd. IRS, Olsztyn, 53-68.
194. Trella, M., Wołos, A. (2015). Presja i połowy wędkarskie w jeziorach użytkowanych przez gospodarstwa rybackie w latach 2009-2013. W: Korzystanie z zasobów rybackich w latach 2009-2014 stan, zmiany, tendencje (Red.) M. Mickiewicz i A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 35-45.
195. Trella, M., Mickiewicz, M. (2016). Recreational fisheries pressure in the Polish waters of the Vistula Lagoon and considerations of its potential impact on the development of regional tourism. Archives of Polish Fisheries, 24, 231-242. <https://doi.org/10.1515/aopf-2016-0020>.
196. Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. (2019a). Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe. Fisheries & Aquatic Life, 27, 208-223. <https://doi.org/10.2478/aopf-2019-0024>.
197. Trella M., Wołos A., Chmielewski, H., Grzegorzczak, J., Miętus, A. (2019b). Połowy wędkarskie w wodach użytkowanych przez Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w Toruniu w 2017 roku, Wyd. SW Edycja, Olsztyn, 114 s.
198. Trella, M., Wołos, A. (2021a). Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term. Fisheries & Aquatic Life, 29, 108-123. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0013>.
199. Trella, M., Wołos, A. (2021b). The perception of the issue of spawner harvesting in lakes by the owners and managers of the entities authorised to commercial and recreational fisheries management. Fisheries & Aquatic Life, 29, 135-147. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0015>.
200. Trella, M., Wołos, A. (2021c). Opinions of owners and managers of fishing entities in Central and Eastern Europe on the impact of climate change on lake fisheries management. Fisheries & Aquatic Life, 29, 189-201. <https://doi.org/10.2478/aopf-2021-0021>.
201. Trella, M., Wołos, A. (2021d). Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem (*Esox lucius*) wód obwodów rybackich w latach 2005-2019. W: Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn, 175-189.
202. Trella, M., Wołos, A. (2021e). Ocena efektywności zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) na przykładzie wybranych zbiorników zaporowych południowej Polski. W: Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych (Red.) A. Kowalska, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 43-54.
203. Trella, M., Wołos, A. (2022). Charakterystyka presji i połowów wędkarskich w jeziorach użytkowanych przez gospodarstwa rybackie w 2020 roku. Komunikaty Rybackie, 1, 26-31.
204. Trzcieniecka-Schneider, I. (2017). Umiarkowanie i jego modele. Logos i Ethos, 45 s.

205. Turkowski, K. (2006). Rozwój zrównoważony a rybactwo śródlądowe. W: Rybactwo, wędkarstwo, ekorozwój (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 9-19.
206. Ustawa z dnia 18 kwietnia 1985 r. o rybactwie śródlądowym (Dz.U. 2019 poz. 2168, z późn. zm.).
207. Ustawa z dnia 29 czerwca 1995 r. o statystyce publicznej (Dz. U. z 2022 r. poz. 459).
208. Vehanen, T., Marttunen, M., Tervo, H., Kylmälä, P., Hyvärinen, P. (2002). Management of Fisheries in a Large Lake – for Fish and Fishermen. W: Management and ecology of lake and reservoir fisheries (Red.) I.G. Cowx, Wyd. Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford, 299-311. <https://doi.org/10.1002/9780470995679.ch24>.
209. Vuorinen, P.J.K., Nyberg, K.H., Lehtonen, H. (1998). Radioactive strontium (^{85}Sr) in marking newly hatched pike and success of stocking. Journal of Fish Biology, 52(2), 268-280. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00798.x>.
210. Wake, B. (2012). Climate and Baltic Sea nutrients. Nature Climate Change, 2(6), 394-394. <https://doi.org/10.1038/nclimate1567>.
211. Wang, S., Hard, J. J., Utter, F. (2002). Salmonid inbreeding: a review. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 11(4), 301-319. <https://doi.org/10.1023/A:1021330500365>.
212. White, C.L., Ip, H.S., Meteyer, C.U., Walsh, D.P., Hall, J.S. Carstensen, M., Wolf, P.C. (2015). Spatial and temporal patterns of avian paramyxovirus-1 outbreaks in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) in the USA. Journal of Wildlife Diseases, 51(1), 101-112. <https://doi.org/10.7589/2014-05-132>.
213. Wiejaczka, Ł. (2011). Influence of storage reservoir on the relations between the temperature of water in the river and the air temperature. Scientific Review Engineering and Environmental Sciences, 53, 183-195.
214. Wilk, T., Bobrek, R., Pępkowska-Król, A. (2019). Znaczenie zbiorników zaporowych polskiej części Karpat dla migrujących i zimujących ptaków wodno-błotnych. Ornithologia Polonica, 103-123.
215. Williams, J.E., Isaak, D.J., Imhof, J., Hendrickson, D.A., McMillan, J.R. (2015). Cold-Water Fishes and Climate Change in North America. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 1-10. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09505-1>.
216. Winfield, I.J. (2004). Fish in the littoral zone: ecology, threats and management. Limnologia, 34, 124-131. [https://doi.org/10.1016/S0075-9511\(04\)80031-8](https://doi.org/10.1016/S0075-9511(04)80031-8).
217. Winfield, I.J. (2015). Eutrophication and freshwater fisheries. W: Freshwater fisheries ecology (Red.) J.F. Craig. <https://doi.org/10.1002/9781118394380.ch54>.
218. Winkler, H.M., Starck, C., Myts, D. (2012). Pokarm kormorana i możliwy wpływ na rodzime gatunki ryb w Zatoce Pomorskiej u wybrzeży Niemiec. W: Kormoran w aspekcie zrównoważonego korzystania z zasobów rybackich. Morski Instytut Rybacki, Gdynia, 4-8.
219. Wiśniewolski, W. (2008). Hydroelectric facilities and fish. Archives of Polish Fisheries, 16, 203-212. <https://doi.org/10.2478/s10086-008-0017-1>.
220. Wolnicki, J., Sikorska, J. (2017). Wpływ klimatu na rybactwo w wodach śródlądowych. W: Akwakultura karpia – aspekty ekonomiczne, ekologiczne i prawne (Red.) M. Kowalska-Górska, Polskie Towarzystwo Rybackie, Poznań, 121-124.
221. Wołos, A. (1984a). Nęcić czy nie nęcić. Wiadomości Wędkarskie, 11, 13.
222. Wołos, A. (1984b). Spadek odłowów gospodarczych szczupaka w rejonie Wielkich Jezior Mazurskich. Próba określenia wielkości połowów rekreacyjnych. Gospodarka Rybna, 3, 21-22.
223. Wołos, A. (1991). Anglers' opinions as to the quality of the fishing and the fishery management in selected Polish waters. W: Catch Effort Sampling Strategies. Their application in freshwater fisheries management (Red.) I.G. Cowx, Wyd. Fishing News Books, 134-142.
224. Wołos, A. (1992). Opracowanie metod badawczych i ich zastosowanie w ustalaniu zasad zagospodarowania jezior dla celów wędkarskich. Praca doktorska, IRS, Olsztyn (maszynopis), 62 s.

225. Wołos, A. (1999a). Uwagi o gospodarczych i ekonomicznych skutkach wędkarskiej eksploatacji jezior. *Magazyn Przemysłu Rybnego*, 4(12), 45-46.
226. Wołos, A. (1999b). Dynamika produkcji towarowej. W: Stan rybactwa jeziorowego w 1998 roku (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 7-9.
227. Wołos, A. (1999c). Wielkość i struktura odłowów wędkarskich. W: Stan rybactwa jeziorowego w 1998 roku (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 13-20.
228. Wołos, A. (2000). Ekonomiczne znaczenie wędkarstwa w gospodarstwach uprawnionych do rybackiego użytkowania jezior. *Archiwum Rybactwa Polskiego*, Nr 8, 5-54.
229. Wołos, A. (2003). Podział jezior na obwody rybackie a typ prowadzonej gospodarki rybackiej. W: Stan rybactwa jeziorowego w 2002 roku. (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 77-83.
230. Wołos, A. (2006). Społeczne, ekonomiczne i ekologiczne znaczenie wędkarstwa. W: Rybactwo Wędkarstwo Ekorozwój (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 57-71.
231. Wołos, A. (2009). Wielkość połowów i ich wpływ na skład gatunkowy ryb oraz środowisko naturalne. W: Diagnoza aktualnego stanu oraz perspektywy rozwoju rybactwa śródlądowego w województwie warmińsko-mazurskim (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 109-122.
232. Wołos, A. (2019a). Wielkość i charakterystyka jeziorowej produkcji rybckiej w 2018 roku. W: Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2018 roku. Uwarunkowania ekonomiczne i środowiskowe (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 9-19.
233. Wołos, A. (2019b). Informacja dotycząca rybactwa śródlądowego w województwie warmińsko-mazurskim w 2018 roku. Opracowanie dla Urzędu Marszałkowskiego Województwa Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, IRS, Olsztyn (maszynopis), 2 s.
234. Wołos, A. (2020a). Wielkość i charakterystyka jeziorowej produkcji rybckiej w 2019 roku. W: Działalność podmiotów rybackich w 2019 roku. Uwarunkowania gospodarcze, ekonomiczne, prawne i środowiskowe (Red.) A. Wołos, M. Mickiewicz, Wyd. IRS, Olsztyn, 9-20.
235. Wołos, A. (2020b). Wielkość i charakterystyka odłowów szczupaka w ujęciu wieloletnim. *Komunikaty Rybackie*, 6, 9-16.
236. Wołos, A., Grabowska, K. (1990). Ocena eksploatacji wędkarskiej wód Suwalskiego Okręgu PZW na podstawie rejestrów połowów z 1988 roku. Analiza gospodarki rybacko-wędkarskiej, stan wód i wytyczne ich zagospodarowania. Opracowanie dla Zarządu Okręgu PZW w Suwałkach, IRS, Olsztyn (maszynopis), 55 s.
237. Wołos, A., Piskorski, P. (1991). Anglers' catches as an illustration of the fish community structures, angling pressure and angling regulations based on inland waters in Krosno Region, Poland. W: Catch effort sampling strategies. Their application in freshwater fisheries management (Red.) I.G. Cowx, Wyd. Fishing New Books, 166-176.
238. Wołos, A., Teodorowicz, M., Grabowska, K. (1992). Effect of ground-baiting on anglers' catches and nutrient budget of water bodies as exemplified by Polish lakes. *Aquaculture Research*, 23(4), 499-509.
239. Wołos, A., Leopold, M. (1997). Economic significance of angling for freshwater fisheries. *Archives of Polish Fisheries*, 5(2), 291-303.
240. Wołos, A., Teodorowicz, M., Brylski, H. (1998). Socio-economic analysis of recreational fisheries in 2 departments of the Polish Anglers Association, based on the results of the registration of anglers' catches. W: Recreational fisheries. Social, economic and management aspects (Red) P. Hickley, H. Tompkins, Wyd. Fishing New Books, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 36-47.
241. Wołos, A., Mickiewicz, M. (2002). Cele i metody ewidencji połowów wędkarskich. Broszura dla ZG PZW, Wyd. SPW Edycja, Olsztyn, 36 s.
242. Wołos, A., Mioduszevska, H. (2003). Wpływ stosowania przez wędkarzy zanęt na efekty wędkowania i bilans biogenów ekosystemów wodnych. *Komunikaty Rybackie*, 1, 23-27.

243. Wołos, A., Falkowski, S. (2003). Typ prowadzonej gospodarki rybackiej i jej racjonalności. Uwagi do Rozporządzenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 29 marca 2002 w sprawie operatu rybackiego. *Komunikaty Rybackie*, 2, 1-4.
244. Wołos, A., Mioduszevska, H., Czerwiński, T., Mickiewicz, M., Chmielewski, H., Grzegorzczak, J. (2006). Połowy wędkarskie w wodach użytkowanych przez jeleniogórski, legnicki, wałbrzyski i wrocławski okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w 2004 roku, Wyd. SPW Edycja, Olsztyn, 164 s.
245. Wołos, A., Czerwiński, T. (2013). Kondycja ekonomiczna rybactwa jeziorowego na przykładzie wyróżnionych grup i wybranych gospodarstw. *Komunikaty Rybackie*, 6, 16-20.
246. Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Mickiewicz, M. (2015a). Wielkość i charakterystyka jeziorowej produkcji rybackiej w 2014 roku. W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2014 roku* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 9-20.
247. Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Mickiewicz, M. (2015b). Wielkość i charakterystyka jeziorowej produkcji rybackiej w latach 2009-2014. W: *Korzystanie z zasobów rybackich w latach 2009-2014. Stan, zmiany, tendencje* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 9-16.
248. Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Trella, M. (2015c). Charakterystyka presji i połowów wędkarskich w jeziorach użytkowanych przez gospodarstwa rybackie w 2013 roku. W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2014 roku* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 159-171.
249. Wołos, A., Kapusta, A., Mickiewicz, M., Czerwiński, T. (2016). Aktualne problemy gospodarki rybacko-wędkarskiej i wędkarskiej w pytaniach i odpowiedziach. *Komunikaty Rybackie*, 3, 27-32.
250. Wołos, A., Czerwiński, T., Mickiewicz, M. (2017). Tendencje i tempo zmian wybranych parametrów produkcyjnych i ekonomicznych charakteryzujących jeziorowe gospodarstwa rybackie w latach 1997-2014. *Komunikaty Rybackie*, 3, 1-11.
251. Wołos, A., Trella, M. (2017). Obowiązkowa rejestracja połowów wędkarskich – poziom wiarygodności danych i ich użyteczności w określaniu stanu zasobów ryb. W: *Użytkownik wędkarski 2016 – Rola gospodarki wędkarskiej na wodach PZW w świetle zasad zrównoważonego rozwoju* (Red.) M. Mizieliński, Wyd. Wieś Jutra, Warszawa, 191-210.
252. Wołos, A., Czarkowski, T. K., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Chmielewski, H., Miętus, A. (2018). Wielkość i struktura odłowów wędkarskich w wodach Okręgu Polskiego Związku Wędkarskiego w Katowicach w 2017 roku. Wykorzystanie metod statystycznych do oceny efektywności zarybień cennymi gatunkami ryb. Wyd. SW Edycja, Olsztyn, 173 s.
253. Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Chmielewski, H. (2019). Połowy wędkarskie w wodach użytkowanych przez Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego Bielsko-Biała w 2017 roku. Wyd. SW Edycja, Olsztyn, 37 s.
254. Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H. (2020). Gospodarka rybacka w śródlądowych wodach płynących w 2018 roku. Cz. 1. Uprawnieni do rybactwa, obwody rybackie, połowy gospodarcze, zatrudnienie i połowy amatorskie. *Komunikaty Rybackie*, 1, 13-22.
255. Wołos, A., Czerwiński T., Mickiewicz M. (2021). Sytuacja ekonomiczno-finansowa podmiotów uprawnionych do rybackiego użytkowania jezior w 2020 roku. W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych*, (Red.) A. Kowalska, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 19-32.
256. Zacharczyk, K. (2007). Gdzie ta sieja? *Wiadomości Wędkarskie*, 2, 18-19.
257. Zakęś, Z., Falkowski, S. (1999). Aktualny stan i charakter bazy wylęgarniczo-podchowowej. W: *Stan rybactwa w 1998 roku* (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 47-59.
258. Zakęś, Z., Danilewicz, B. (2010). Rozród ryb w warunkach postępującej eutrofizacji wód powierzchniowych. *Komunikaty Rybackie*, 3, 14-17.

259. Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K. (2011). Hatchery practice in the context of biodiversity of aquatic ecosystems. W: *Fish management in a variable water environment* (Red.) M. Jankun, G. Furgata-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska. Wyd. Agencja Wydawnicza Argi s.c. R. Błaszczak, P. Pacholec, J. Prorok, 45-52.
260. Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Pietrzak-Fiećko, R., Modzelewska-Kapituła, M., Hornatkiewicz-Żbik, A. (2014). Odłowy tarlaków szczupaka w województwie warmińsko-mazurskim – uwagi na temat jakości filetów ryb po tarle. W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2013 roku* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 143-154.
261. Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Demska-Zakęś, K. (2018a). Co wiemy o sztucznym rozrodzie szczupaka? *Komunikaty Rybackie*, 3, 19-25.
262. Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Demska-Zakęś, K. (2018b). Co wiemy o sztucznym rozrodzie szczupaka? W: *Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2017 roku* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn, 141-156.
263. Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Kapusta, A., Rożyński, M., Stawecki, K., Pyka, J., Szczepkowska, B., Wunderlich, K., Kozłowski, M., Kowalska, A., Hopko, M. (2015). *Z akwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarządzania rybołówstwem drapieżnych ryb jeziorowych* (Red.) Z. Zakęś, M. Szczepkowski, Wyd. IRS, Olsztyn, 224 s.
264. Ziegler, F., Hornborg, S., Green, B.S., Eigaard, O.R., Farmery, A., Hammar, L., Hartmann, K., Molander, S., Parker, W.R., Hognes, E.S., Vázquez-Rowe, I., Smith A.D.M. (2016). Expanding the concept of sustainable seafood using life cycle assessment. *Fish and Fisheries*, 17 (4), 1073-1093. <https://doi.org/10.1111/faf.12159>.

ZAŁĄCZNIKI

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Mickiewicz, M., Trella, M. (2019). Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions. Fisheries & Aquatic Life, 27 136-148.

DOI: 10.2478/aopf-2019-0016.

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań, zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy, graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji składającej się na rozprawę wyniósł **50%**.

mgr inż. Marek Trella

1.03.2022 Trella
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Mickiewicz, M., Trella, M. (2019). Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions. Fisheries & Aquatic Life, 27 136-148.

DOI: 10.2478/aopf-2019-0016

mój udział procentowy wyniósł 50% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☒	Koncepcja pracy	☒	Interpretacja wyników
☒	Zaplanowanie badań	☒	Pisanie pracy
☒	Prowadzenie badań	☐	Graficzne przedstawienie wyników
☒	Zbieranie danych	☐	Przegląd literatury
☒	Analiza danych	☒	Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu
☐	Analiza statystyczna	☐	Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

dr inż. Maciej Mickiewicz

1.03.2022 
data i podpis

Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditons

Maciej Mickiewicz, Marek Trella

Received – 03 February 2019/Accepted – 03 September 2019. Published online: 30 September 2019; ©Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Poland
Citation: Mickiewicz M., Trella M. 2019 – Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditons – Fish. Aquat. Life 27: 136-148.

Abstract. The aim of the study was to assess the economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the value of fish caught with commercial fishing gears and the value of stocking material introduced into 44 lakes in the Elk Lake District in northeastern Poland. The effectiveness of stocking is presented against the background of lake environmental conditions in the context of their natural potential for pike populations to inhabit and develop in them. The data analyzed regarded the size and value of catches and stocking from 1996-2017 that was obtained from an entity authorized to exploit fisheries. Information on selected lake morphometric, morphological, and environmental parameters was also obtained from this source. The value of pike catches in the analyzed period was characterized by a high, stabile level, and the stocking level increased. The indicator of the stocking economic effectiveness was at a high average annual level in excess of 3.9 PLN of catches per 1.0 PLN for stocking, but it decreased during the period analyzed. The high stocking effectiveness in the studied lakes was determined by, inter alia, natural conditions, stocking material quality, properly performed stocking, and efficient exploitation. However, it can be concluded that it is mainly stocking that maintains pike catches at a high, relatively stable level in the lakes analyzed. Additionally, new methods of pike population management are discussed, e.g., catch and release.

Keywords: pike, stocking effectiveness, fisheries management, environment, lakes

Introduction

The role of pike in fisheries management has grown since the fisheries ownership transformation in Poland of the mid 1990s. This has been influenced by the significance of recreational fisheries and rising prices of glass eel, *Anguilla anguilla* (L.) (Wołos 2000, Mickiewicz 2012). The increasing importance of pike in Poland provided the impetus for undertaking studies of the economic (Mickiewicz 2013) and biological (Szczepkowski et al. 2012, 2015, 2016) effectiveness of stocking this species and also of methods for managing populations of this species (Zakęś et al. 2015, Czarkowski and Kapusta 2016). Pike currently dominates among the species that are stocked into lakes, rivers, and dam reservoirs in Poland (Mickiewicz and Wołos 2012, Mickiewicz and Trella 2016, 2017, Mickiewicz 2018a). Recreational fishers catch this species in large quantities (Arlinghaus et al. 2008), and in Poland mainly in lakes (Trella and Wołos 2015, Mickiewicz 2016), which was confirmed by studies of the

M. Mickiewicz, M. Trella [
Department of Fisheries Bioeconomics, Inland Fisheries Institute in Olsztyn
ul. Oczapowskiego 10, 10-719 Olsztyn, Poland
e-mail: m.trella@infish.com.pl

preferences of lake recreational fishers (Wołos 1991, Bnińska and Wołos 2001).

The scientific literature on pike stocking contains reports on the successful effectiveness of this measure (Mann 1996, Wysujack et al. 2001, Sutela et al. 2004). With muskellunge (*Esox masquinongy* Mitchill) it was demonstrated that stocking with hatchlings was more economically effective than stocking with older material (Margenau 1992). However, there are also reports of ineffective results of stocking. Guillerault et al. (2018) demonstrated that pike originating from stocking survived two spawning seasons after which they dispersed in the river at distances of several kilometers. Additionally, the recreational catch index of pike originating from stocking was low (9.6%), which suggests that the effectiveness of stocking was doubtful. Hühn et al. (2014) demonstrated that competition among fry reared in hatcheries and those from natural spawning was disadvantageous in that the reared fry outcompeted those from natural spawning. Pike stocking material has also been used regularly in biomanipulations applied to improve water quality by eliminating small carp species (Søndergaard et al. 1997, Skov et al. 2003, Skov and Nilsson 2007, Winfield 2015).

Pike was the principle species stocked in the lakes analyzed. During the period analyzed, this species was stocked into all of them. Data obtained from entities authorized to exploit fisheries indicated that in the lakes analyzed in 2017 the value of pike stocking was 75% of the value of all stocking performed. The weight of pike in the total weight of fish caught with commercial fishery gears was 26%, and it occupied first position ahead of common bream, *Abramis brama* (L.), and vendace, *Coregonus albula* (L.). Recreational fishers also caught pike, and the mean annual share of it in the species structure of the total weight of recreational catches was 19%, and it occupied third place following perch, *Perca fluviatilis* L. (24%), and roach, *Rutilus rutilus* (L.) (22%), in the 1998-2005 period. Based on just 110 recreational fisheries questionnaires collected on average annually in the 1998-2005 period, the weight of pike was estimated at over 1,000 kg year⁻¹ (Mickiewicz 2010). Pike is also under pressure from

great cormorants (*Phalacrocorax carbo* (L.)) and poachers (Mickiewicz 2016). In the Warmia and Mazury Voivodeship alone, where the analyzed lakes are located, great cormorants annually consumed pike, which had not yet spawned, that were of an average weight of 240-260 g. The value of these fish was estimated to be approximately 2.2 million PLN (Krzywosz et al. 2009).

The aim of this study was to estimate the economic effectiveness of pike stocking based on the value of fish caught with commercial fishery gears and also the value of the stocking material released into the 44 lakes analyzed. Basing the study on the criteria of the value of stocking and catches permitted avoiding the problem of the varied survival rates of different forms of stocking material (foraging hatchlings, summer and fall fry), and answering the fundamental question of whether the financial resources expended on pike stocking generated revenue. Pike stocking effectiveness is presented in light of the general analysis of the environmental conditions in the lakes analyzed in the context of their natural potential for pike populations to inhabit and develop in them.

Material and methods

According to the physiographic division of Europe, the lakes analyzed are located in the Elk Lake District, which is part of the Masurian the Eastern Baltic Lake Districts and the Eastern European Plain. Administratively, the lakes are located in the Warmia and Mazury Voivodeship in northeastern Poland (Fig. 1). The Gospodarstwo Jeziorowe Sp. z o.o. (English – Lake Fisheries Enterprise Ltd., hereinafter referred to as the LFE) in Elk is the enterprise authorized to exploit the fisheries of the 44 lakes analyzed, which have a total area of 6005.20 ha. This enterprise has its own hatchery that produces foraging pike hatchlings and earthen ponds in which summer and fall fry are reared. All stocking material is produced by the LFE itself and is obtained from wild pike spawners caught in lakes.



Fig. 1. Elk Lake District.

The LFE conducts commercial and recreational fisheries in which catching fish with commercial fishery and recreational angling gears is equally important. According to their agreement with the State Treasury, the owner of the waters, the LFE is required to earmark annually for stocking at least 15% of the value of fish caught with commercial fishery gears. Details regarding the exploitation of lakes and the species structure and amount of stocking are found in commercial and recreational fishery management plans developed by the LFE. These are reviewed and approved by authorized scientific institutions in accordance with binding procedures in Poland. The LFE issues fishing permits for exploiting the lakes annually to 200-300 recreational fishers for the entire season, to 2,000-3,000 recreational fishers for periods of time (e.g., 14 days), and to 5,000-7,000 recreational fishers on a daily basis.

This study was based on materials obtained from the LFE and on the results of studies on the prices of fish and stocking material:

- information on arbitrarily selected morphological and environmental parameters of the 44 lakes studied, including surface area, maximum and mean depth, the shoreline development index, the share of bottom surface area covered by submerged vegetation, Secchi depth, and the depth to which oxygen

content is sufficient for fish at the height of the summer stagnation period. This information was obtained from current fisheries management plans for the analyzed lakes;

- information on the size of commercial pike catches in the analyzed lakes and information on the quantity and types of pike stocking material released into the analyzed lakes in the 1996-2017 period;
- data on the wholesale price of commercial pike (12.91 PLN kg⁻¹) and the prices of the most important forms of pike stocking material (foraging hatchlings – 21.31 PLN thou. ind.⁻¹, summer fry – 111.27 PLN thou. ind.⁻¹, fall fry – 25.11 PLN kg⁻¹) released by the entity authorized to exploit the fisheries in fishery district waters in 2017 (Mickiewicz 2018b).

The results presented in this study were obtained using the following calculation methods:

- the share (%) of lake surface area in which one of the seven selected environmental factors favorable to pike was calculated, i.e., surface area up to 150 ha, maximum depth up to 12 m, mean depth up to 4.5 m, highly or very highly developed shoreline, share of bottom surface area covered by submerged vegetation exceeding 20%, Secchi depth exceeding 1 m, and the depth to which oxygen content is sufficient for fish at the height of the summer stagnation period of at least 5 m. Next, the share (%) of lake surface area was calculated in which four, five, and six of the seven environmental factors that are favorable to pike occurred;
- the value of catches and stocking (PLN) was calculated by multiplying their sized by the mean national wholesale price of commercial pike and the mean national price of pike stocking material – foraging hatchlings, summer and fall fry;
- the values calculated are presented as indexes (PLN ha⁻¹) in reference to the total surface area of the lakes analyzed (6005.20 ha). Catch yield is also presented as an index (kg ha⁻¹). The mean annual values of all the sizes, values,

and indexes were also calculated for the 1996-2017 period analyzed;

- three-year means were calculated from the annual values of commercial pike catches and then referenced to the relative annual value of stocking (PLN ha^{-1}). A two-year shift was applied with the assumption that the greatest effect of pike stocking is obtained two years following stocking and that it persists for the subsequent two years. Stocking conducted in 1996 corresponded to mean annual catches in 1998, 1999, 2000, etc. This is how the economic value of stocking index was calculated – the value (PLN ha^{-1}) of pike catches per 1 PLN ha^{-1} of pike stocking. The mean annual stocking index was calculated for the indexes obtained for the 1998-2015 period;
- basic statistical parameters were used in the study such as percentages, medians, V%, standard deviations (SD), and determination coefficients. Time series analysis was also applied with a degree of probability of $P \leq 0.05$ as the limit. A linear function was used to show trends in changes among the years analyzed;
- the study was based on the prices of commercial pike and stocking material released in 2017, and the values are in PLN (the weighted annual exchange rates in 2017 were 1 USD – 3.7777 PLN, 1 EUR – 4.2576 PLN, and 1 GBP – 4.601 PLN).

Results and discussion

The selected morphological and environmental factors of the lakes analyzed were varied (Table 1). Numerically, those with surface areas that did not exceed 150 ha dominated (34 lakes, 25% of the total surface area). Maximum depth not exceeding 12.0 m was noted in 28 lakes, which was 32% of the total surface area of the lakes analyzed, while the mean depth (up to 4.5 m) was noted in 27 lakes, which was

38% of the total surface area of the lakes. Fourteen of the lakes had highly or very highly developed shorelines, which was 74% of the surface area of all the lakes, while 33 lakes (approximately 50% of the total surface area) had rich submerged vegetation covering in excess of 20% of the bottom surface area. Thirty-four of the lakes had high water transparency (visibility exceeding 1 m as measured with a Secchi disc), which was 78% of the total water surface area analyzed. Oxygen content to a depth of at least 5 m that was sufficient for pike at the height of the summer stagnation period was noted nearly throughout the surface area analyzed (99%) and in 42 lakes.

Based on the overall analysis of the indexes of the analyzed lakes, most of lakes were suitable for pike, at least in terms of the assumed values of at least one of the parameters analyzed; however, none of the lakes analyzed had acceptable values for all seven parameters. Fifteen lakes met the criteria for six of the indexes (10% of the total surface area), ten lakes met the criteria for five indexes (19% of the total surface area), and 11 lakes met the criteria of four indexes (23% of the total surface area). Although six parameters met the criteria for pike, the one that was insufficient (e.g., water transparency) prevented the dynamic development of pike in the lake. On the other hand, the lack of one parameter meeting the criteria sufficient for pike (e.g., surface area, shoreline development index) did not necessarily interfere with the functioning of the populations. However, at least 36 lakes in which four, five, or six, of the parameters met the criteria for pike (52% of the surface area) one can certainly view these lakes, according to generally accepted standards, as suitable for pike even though pike was caught in all of the lakes.

Larsson et al. (2015) studied the conditions that affect pike spawning and larval development and ultimately its optimal reproduction. The occurrence of appropriate vegetation (sedges and grass tufts), in both wetlands, where pike spawn, and in water zones where juveniles develop (reeds) was significant. Depth (mean 20-50 cm) and the stability of water flow rates from wetlands were important as was

Table 1
Selected morphological and environmental characters of the 44 lakes analyzed in the Elk Lake District (according to information obtained from fisheries reports from the Lake Farm, Ltd. in Elżk)

Lake name	Surface area (ha)	Max. depth (m)	Mean depth (m)	Shoreline development index	Submerged macrophytes cover (%)	Secchi depth (m)	Depth to which oxygen content is sufficient for fish at the summer stagnation period (m)
Selmęt Wielki	1262.00	21.9	7.8	2.87	20	1.7	11
Łaśniady	952.65	43.7	9.5	2.08	20	3.0	10
Druglin Duży	503.03	6.4	2.4	2.90	25	0.9	throughout the water column
Szóstak Duży	491.00	28.4	9.0	2.91	25	2.8	9
Lipińskie	272.10	23.0	3.5	3.07	30	0.9	5
Ułowski	264.82	25.5	9.1	2.44	20	1.5	7
Sawinda Wielka	226.80	9.5	4.7	1.92	20	1.8	5
Krzywe Oleckie	186.37	29.7	10.2	2.67	30	5.0	10
Sunowo	180.39	20.6	9.3	2.78	30	2.1	13
Woszczelskie	156.97	10.6	3.4	1.55	60	2.5	5
Hendzelewo	129.41	13.3	3.3	1.77	20	0.7	5
Szarek	127.33	4.7	2.3	1.41	30	0.5	throughout the water column
Zdedy	111.63	2.0	0.7	1.39	100	1.2	throughout the water column
Regielskie	101.58	11.0	3.9	1.85	25	0.7	5
Zawadzkie	96.63	9.7	2.7	1.70	40	1.3	7
Gołubie	83.39	4.2	1.9	1.92	100	2.0	throughout the water column
Młeczówka Duża	83.26	18.8	5.1	2.47	25	1.2	5
Bajtkowskie	80.06	5.2	2.5	1.17	20	1.5	throughout the water column
Kępno	65.90	19.0	6.4	2.18	15	3.5	8
Rostki	65.05	20.1	4.7	2.18	30	1.0	5
Rekaty	61.52	5.5	2.3	2.20	30	0.8	throughout the water column
Straduńskie	58.99	4.9	2.4	1.78	80	1.7	throughout the water column
Ogródek	54.64	8.4	2.8	2.22	50	0.9	4

Lake name	Surface area (ha)	Max. depth (m)	Mean depth (m)	Shoreline development index	Submerged macrophytes cover (%)	Secchi depth (m)	Depth to which oxygen content is sufficient for fish at the summer stagnation period (m)
Dobrzyń	52.45	21.0	6.8	1.40	30	3.5	6
Garbaś Duży	45.81	38.0	10.2	1.48	40	6.5	15
Sawinda Mała	36.05	4.6	2.0	1.30	80	3.0	throughout the water column
Rogale Wielkie	32.25	22.1	7.2	1.43	20	2.3	5
Karbowskie	24.16	5.2	2.1	1.83	45	1.5	throughout the water column
Guzki	24.04	6.0	3.7	1.76	30	1.4	throughout the water column
Grabnik	22.23	5.6	2.6	1.62	80	2.8	throughout the water column
Lepaki Duże	21.19	8.0	4.1	1.38	30	1.3	5
Szóstak Mały	16.30	4.7	1.9	1.46	30	1.6	throughout the water column
Rogale Małe	15.12	21.5	5.6	1.70	45	2.2	5
Druglin Mały	12.48	1.0	0.5	1.20	100	1.0	throughout the water column
Przykop	11.87	17.0	5.1	1.60	20	2.0	7
Mrozy	11.80	8.0	4.2	1.41	40	1.3	6
Seneczek	10.30	4.5	1.5	1.36	100	2.5	throughout the water column
Lepaki Małe	9.81	8.8	4.6	1.10	15	1.3	5
Szlam	9.70	1.8	1.0	1.05	100	1.0	throughout the water column
Zielone	8.52	2.6	1.5	1.10	100	2.5	throughout the water column
Kaleń	7.53	2.6	1.6	1.20	60	1.2	throughout the water column
Kociołek	6.99	8.0	4.1	1.20	35	3.0	5
Dębniak	6.88	7.7	3.9	1.15	30	2.0	4
Ściepniec	3.43	11.0	6.0	1.10	20	2.3	throughout the water column

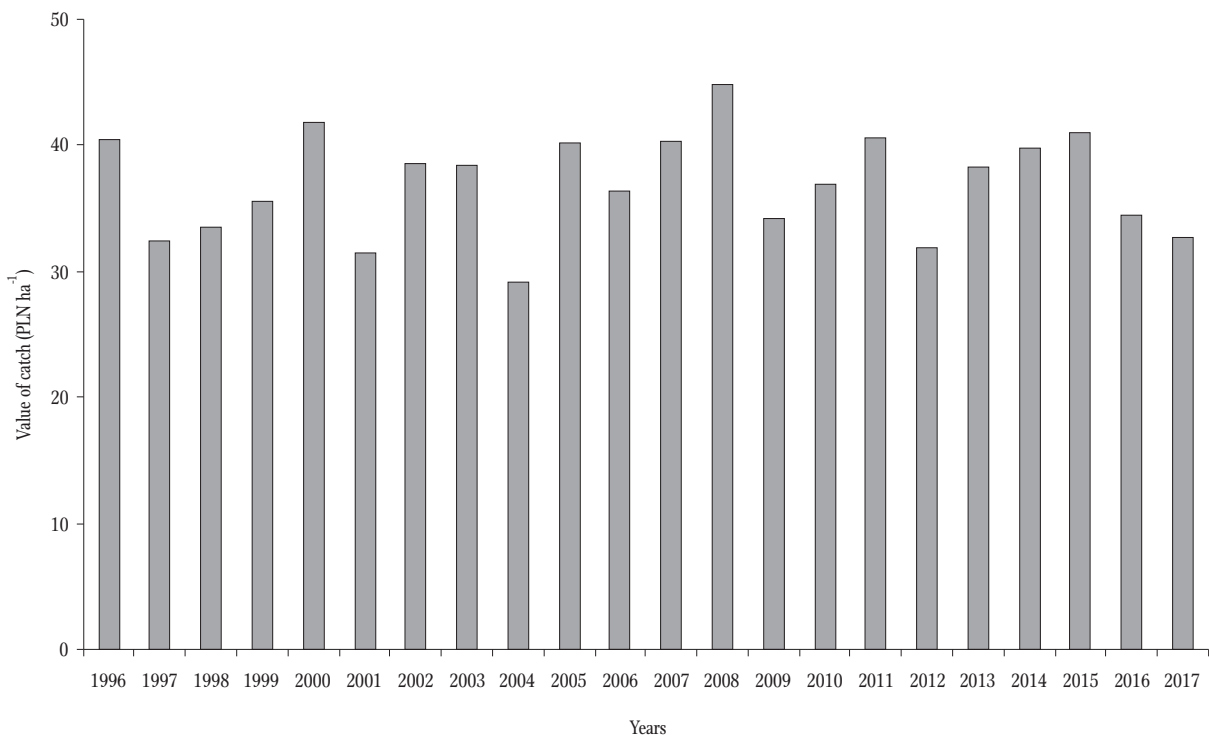


Figure 2. Changes in the value of pike catches in the lakes analyzed in the Elk Lake District.

exposure to external factors such as temperature and insolation. Access to optimal spawning grounds and later fry migration was essential as was the substrate on which spawn was deposited (oxygenation, vegetation, low levels of suspended matter) and the rate of water exchange, which impact egg and larval development. Although the parameters analyzed in this study were not always identical to those Larsson et al. (2015) studied, they were similar. It should be emphasized that the parameters were analyzed not only with regard to their impact on pike spawning but also to the environmental requirements of this species.

The value of catches in the 1996-2017 period was stable, but some fluctuation was noted (Fig. 2). Mean annual catches were approximately 17.2 tons and 2.9 kg ha⁻¹ at a value of approximately 222,000 PLN and 36.9 PLN ha⁻¹ (Table 2). The minimum size and value of pike catches (approximately 13.6 tons, 2.3 kg ha⁻¹, 175,000 PLN and 29.2 PLN ha⁻¹) was noted in 2004, while the maximum (approximately 20.8 tons, 3.5 kg ha⁻¹, 269,000 PLN and 44.8 PLN ha⁻¹) was in 2008 (Fig. 2). In the 1998-2005 period,

the annual mean value of catches of commercial pike in the lakes analyzed was approximately 29.4 PLN ha⁻¹, and the yield was approximately 2.8 kg ha⁻¹ (Mickiewicz 2010). The catch yield for the period studied reported in Mickiewicz (2010) was nearly the same as that in the current study, but the value of these catches was lower because of the lower pike price in the period analyzed (Mickiewicz 2010). In the 2009-2014 period, the national annual mean of commercial pike catches in lakes was approximately 1.0 kg ha⁻¹ (Wołos et al. 2015), while the yield of commercial pike catches in the combined waters of lakes, rivers, and dam reservoirs was 0.6 kg ha⁻¹ in 2016. This was because only recreational fisheries of this species were conducted in most of these waters; however, the 2015 yield of anglers' catches was estimated to be close to 1.4 kg ha⁻¹ (Wołos et al. 2018).

The overall value of pike stocking increased, but fluctuations prevented determining a statistically significant trend line (Fig. 3). The mean annual value in the 1996-2017 period was approximately 68,000 PLN and more than 11 PLN ha⁻¹ (Table 2). The

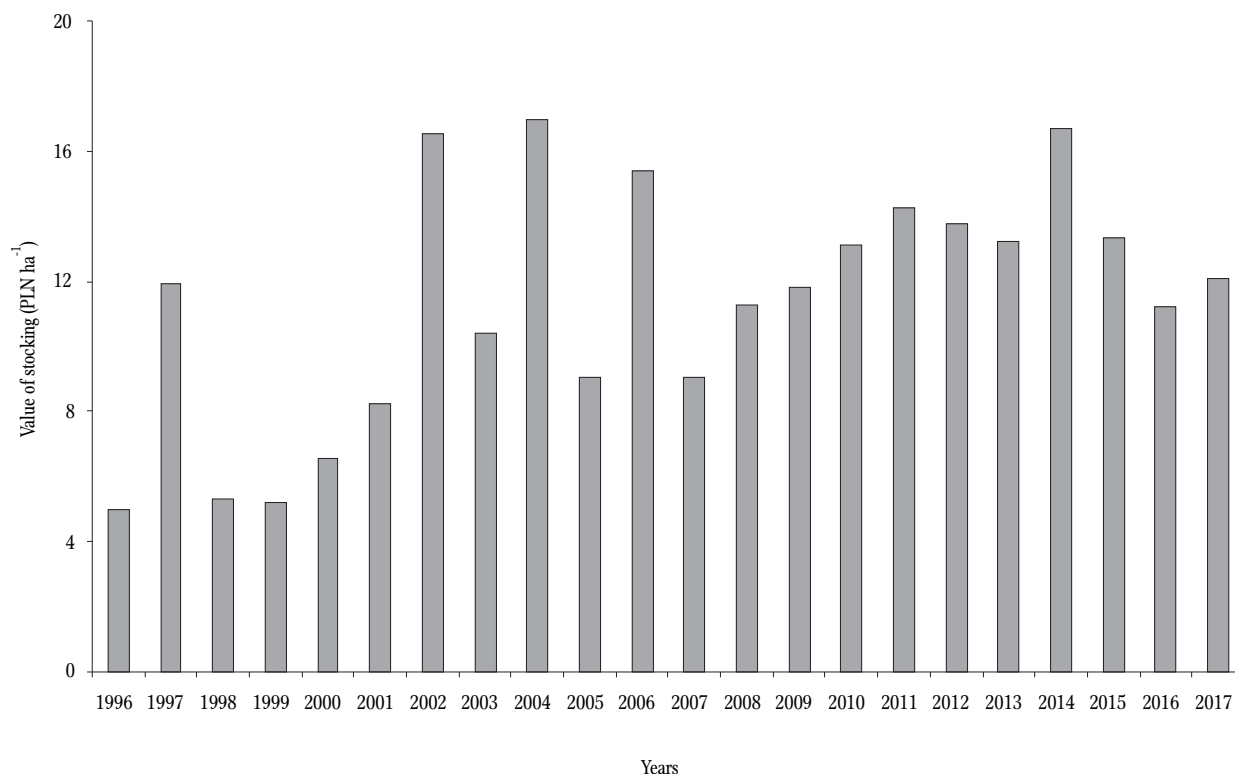


Figure 3. Changes in the value of pike stocking in the lakes analyzed in the Elk Lake District.

minimum values (30,000 PLN and 5 PLN ha⁻¹) were noted in 1996, while maximum values (102,000 PLN and 17 PLN ha⁻¹) were noted in 2004 (Fig. 3). Stocking based on foraging pike hatchlings obtained from hatcheries, and additional stocking with summer fry (although only twice during the period analyzed), and fall fry that was reared in earthen ponds along with foraging hatchlings. A mean of 2.85 million foraging hatchlings and 285 kg fall fry were released into the lakes (Table 2).

In the 2009-2014 period, the mean annual value of pike stocking nationally was approximately 16 PLN ha⁻¹ (Mickiewicz 2015). This was slightly higher than that for the lakes analyzed in the present study, while in the 2009-2014 period the value of stocking was at a level that did not differ much from that performed nationally (Fig. 3). In the 2006-2015 period the combined annual mean value of pike stocking in lakes, rivers, and dam reservoirs was 19.4 PLN ha⁻¹ (Mickiewicz and Trella 2017).

The mean value of the three-year annual pike catches that were used to calculate the economic

effectiveness of stocking was approximately 37.4 PLN ha⁻¹, and this index was in excess of 3.9 PLN of catches per 1 PLN of stocking (Table 2). Generally, this index decreased (Fig. 4). Presumably, the value of this was actually higher since pike populations are not only exploited by commercial fishers but also by great cormorants, recreational fishers, and poachers to a very high degree. Every year, at least 4,000 great cormorants live in scattered colonies throughout the area of the lakes analyzed, and in the 1998-2005 period, only 110 recreational fishers surveyed reported mean annual pike catches exceeding 1 ton (Mickiewicz 2010).

Previous studies of the effectiveness of stocking lakes exploited by the LFE indicated that the annual mean economic effectiveness of pike stocking in the 1998-2005 period was close to 5.3 PLN of catches per 1 PLN of stocking (Mickiewicz 2010). It must be borne in mind that these figures refer to the value of recreational fishing catches and were calculated using different methodology (the value of stocking in a given year was referenced to the value of

Table 2

Mean annual size and value of the parameters analyzed and indexes characterizing pike management in the 44 lakes analyzed in the 1996-2017 period

Parameter	Mean annual	V%	SD
Catch parameters and indexes			
Weight (kg)	17,184	10.51	1,804.46
Yield (kg ha ⁻¹)	2.86	10.51	0.30
Value ¹ (PLN)	221,841	10.51	23,295.53
Value (PLN ha ⁻¹)	36.94	10.51	3.88
Stocking parameters and indexes			
Quantity of foraging hatchlings (thou. ind.)	2,847	46.26	1,259.62
Quantity of summer fry (thou. ind.)	3.00	322.39	9.18
Quantity fall fry (kg)	285	199.10	550.30
Total value ² (PLN)	6,7947	37.59	24,681.91
Total value (PLN ha ⁻¹)	11.35	37.59	4.11
Effectiveness parameters and indexes			
Value of stocking (PLN ha ⁻¹)	11.35	37.59	4.11
Mean annual value of average three-year catches (PLN ha ⁻¹)	37.36	4.11	1.54
Stocking effectiveness in the second year after stocking (PLN of catches per 1 PLN of stocking ⁻¹)	3.94	41.74	1.65

¹according to the mean wholesale price for commercial pike in 2017 set by entities authorized to exploit fisheries in fisheries district waters (Mickiewicz 2018)

²according to mean prices for different forms of pike stocking material in 2017 used by entities authorized to exploit fisheries in fisheries district waters (Mickiewicz 2018)

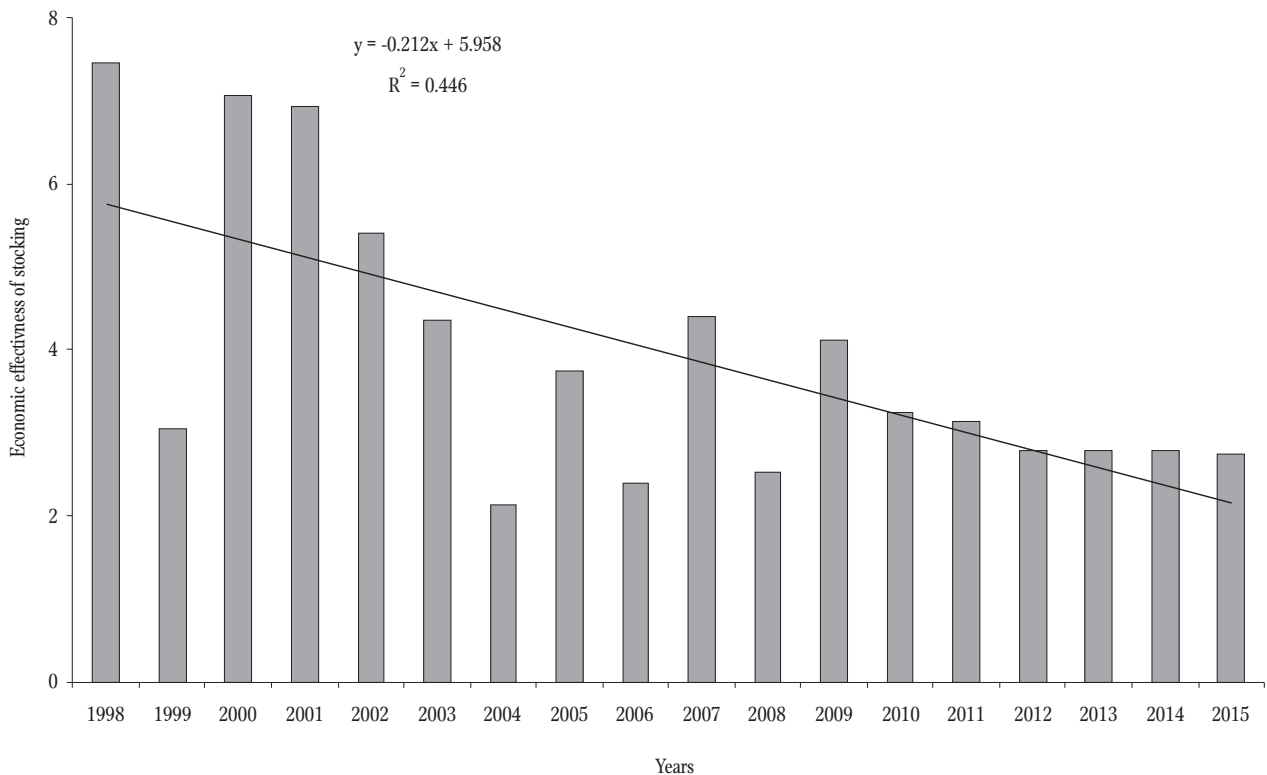


Figure 4. Changes in the economic index of the effectiveness of pike stocking (PLN of catches per 1 PLN of stocking⁻¹) in the lakes analyzed in the Elk Lake District.

commercial and recreational catches in the same year). This same method was applied to calculate the stocking effectiveness in lakes nationally in the 1995-2007 period, but it was not possible to include the value of recreational fishing catches. In this case, the value of the index was approximately 1.3 PLN of catches per 1 PLN of stocking (Mickiewicz 2013); thus, the index was substantially lower than that calculated for the lakes analyzed. Several factors were likely responsible for such a high stocking effectiveness index in the lakes analyzed. These must have included the state of the ecosystems and the natural conditions of the lakes that were stocked that were either optimal or at least sufficient for the occurrence of strong pike populations. The quality of the stocking material used and the care taken when performing stocking must have been significant. The effectiveness of the catches (the knowledge of the fishers, the use of appropriate fishing gears, the season in which and the time when the catches were conducted) and their intensity played important roles. According to information obtained from the LFE, in 2017 the total catches of fish were 8,382 kg fisher⁻¹, the share of fishers in relation to the number of employees was 58.3%, the lake surface area per fisher was 858 ha, and the number of lakes per fisher was 6.3. The same indexes nationally for lake fisheries management were 5,138 kg, 33.2%, 761 ha, and 8.9 lakes, respectively (Wołos et al. 2018).

Environmental conditions that were at least generally conducive for the occurrence of pike had an impact on the high stocking effectiveness of this species in the lakes analyzed. The effects of natural spawning cannot be ignored, but to what degree did it have an impact on the catches? Unfortunately, determining this would require conducting highly specialist, long-term, expensive studies that included all the lakes (e.g., mass tagging of stocking material). There are calls to base pike management on natural spawning (Czarkowski and Kapusta 2016, Arlinghaus 2018), but these are often based on the assumption that pike are caught only recreationally and preferably with the catch and release method or with diligently obeyed small size limits. Globally, 70% of stocking has been unable to stabilize the state

of pike populations and increased catches, and hatchlings are unjustifiably stocked into waters in which there are sufficient levels of natural spawning (Arlinghaus et al. 2015, Arlinghaus 2017). This perspective is an optimistic one for managers of commercial and recreational fisheries who stand to profit without expenditures on stocking. Consumers who do not fish also have a right to pike catches, and this is important in regions that are popular among tourists, such as the Ełk Lake District; visitors mention the availability of fresh fish as one of the most important attractions in the area (Czarkowski and Stabiński 2015). In Poland, pike is considered to be one of the most delicious fish. Thus, commercial catches of this species are justified from a socio-cultural perspective.

One must also pose the question of whether natural spawning is sufficient. The answer to this question is probably not always bearing in mind the stability of the catches in the analyzed lakes. It is likely that without stocking these catches would fluctuate significantly along with varied spawning success. With climate change on global (Seggel et al. 2016) and regional scales and annual weather fluctuations, presumably the success of natural spawning in the period analyzed would be highly varied. Relying only on natural spawning could be disastrous. Despite successful natural spawning, pike populations could decline from deteriorating optimal environmental conditions caused by, *inter alia*, anthropogenic factors or long-term climate change (Larsson et al. 2015). Thus, there are not just economic and socio-cultural justifications for pike stocking, but also ecological ones.

It is controversial to argue that applying just methods such as catch and release with pike is sufficient to maintain stable, abundant populations even assuming that this species is highly resistant to stress and injury and the mortality of released fish is low (Hühn and Arlinghaus 2011). Since the principles of catch and release fishing are relatively new to the average Polish recreational fisher, even if there were applied, the mortality of inappropriately released fish would likely be very high (Trella and Wołos 2014, Trella 2018). Mortality increases

depending on the type of bait used (Stålhammar et al. 2014), and even fish that are released correctly are exposed to stress that not only negatively affects their health but also their behavior, which can be particularly significant when these fish spawn (Stålhammar et al. 2012). Therefore, if pike catches are to be maintained at a high, stable level, it is preferable not to rely just on natural spawning or new methods of population management, but, above all else, to conduct stocking. The current results indicate the economic effectiveness of stocking, which is all the more reason to continue this practice.

In conclusion, if catches of pike in the analyzed lakes are to be maintained at a stable, high level, then stocking must be continued. The most economically and ecologically (maintaining pike that retain local characteristic and are genetically appropriate for given local populations (Berggren et al. 2016)) rational way to do this is to obtain stocking material from spawners that are caught locally, which ensures adequate stocking regardless of the possible outcome of natural spawning.

Acknowledgments. The authors would like to thank Andrzej Abramczyk, the director of Lake Fisheries Enterprise Ltd. in Ełk for providing the materials used in the study and for his many years of friendly cooperation.

Author contributions. M.M. suggested the topic, designed the study and corrected the paper. M.M. and M.T. collected data, analyzed the data, wrote the paper and performed the statistical analysis. M.T. prepared figures and map, conducted the review of the literature and follow up the process of the publication.

References

- Arlinghaus R. 2017 – Nachhaltiges Management von Angelgewässern: ein Praxisleitfaden – Berichte des IGB, Heft 30. <http://www.ifishman.de/publikationen/einzelansicht/555-nachhaltiges-management-von-angelgewaessern-einpraxisleitfaden/>
- Arlinghaus R. 2018 – Stocking – ten procedural principles – In: Pro-environmental activities in sustainable fisheries management (Ed.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 61-68 (in Polish).
- Arlinghaus R., Bork M., Fladung E. 2008 – Understanding the heterogeneity of recreational anglers across an urban-rural gradient in a metropolitan area (Berlin, Germany), with implications for fisheries management – Fish. Res. 92: 53-62.
- Arlinghaus R., Cyrus E.M., Eschbach E., Fujitani M., Hühn D., Johnston F., Pagel T., Riepe C. 2015 – Hand in Hand für eine nachhaltige Angelfischerei: Ergebnisse und Empfehlungen aus fünf Jahren praxisorientierter Forschung zu Fischbesatz und seinen Alternativen – Berichte des IGB, Heft 28. http://besatz-fisch.de/images/tories/Papers/Papers_2015/igb_bericht_28-2015-final-neu.pdf
- Berggren H., Nordahl O., Tibblin P., Larsson P., Forsman A. 2016 – Testing for local adaptation to spawning habitat in sympatric subpopulations of pike by reciprocal translocation of embryos – PloS One, 11(5): e0154488.
- Bnińska M., Wołos A. 2001 – Management of selected Polish commercial and recreational lake fisheries activities – Fisheries Manag. Ecol. 8: 333-343.
- Czarkowski T.K., Stabiński R. 2015 – Characteristics, preferences, and opinions of fish consumers who buy directly from fisheries enterprises – Komun. Ryb. 1: 1-6 (in Polish).
- Czarkowski T.K., Kapusta A. 2016 – Review of problems linked with managing pike (*Esox lucius* L.) populations with a particular focus on catching spawners – Komun. Ryb. 3: 13-19 (in Polish).
- Guillerault N., Loot G., Blanchet S., Santoul F. 2018 – Catch-related and genetic outcome of adult northern pike *Esox lucius* stocking in a large river system – J. Fish Biol. 93: 1107-1112.
- Hühn D., Arlinghaus R. 2011 – Determinants of hooking mortality in freshwater recreational fisheries: a quantitative meta-analysis – In: The Angler in the Environment: Social, Economic, Biological, and Ethical Dimensions (Eds) T.D Beard Jr., R. Arlinghaus, S.G. Sutton, Proceedings of the Fifth World Recreational Fishing Conference, Symposium 75. Bethesda, Maryland, American Fisheries Society: 141-170.
- Hühn D., Lübke K., Skov C., Arlinghaus R. 2014 – Natural recruitment, density-dependent juvenile survival, and the potential for additive effects of stock enhancement: an experimental evaluation of stocking northern pike (*Esox lucius*) fry – Can. J. Fish. Aquat. Sci. 71: 1508-1519.
- Krzywoszyński T., Szymkiewicz M., Traczkowski P. 2009 – The role of legally protected animals in the fisheries of the Warmia and Mazury Voivodeship – In: Diagnosing the current status and perspectives of developing inland fisheries in the Warmia and Mazury Voivodeship (Ed.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 163-178 (in Polish).
- Larsson P., Tibblin P., Koch-Schmidt P., Engstedt O., Nilsson J., Nordahl O., Forsman A. 2015 – Ecology, evolution, and management strategies of northern pike populations in the Baltic Sea – Ambio 44 (Suppl. 3): 451-461.

- Mann R.H.K. 1996 – Fisheries and economics – In: Pike. Fish and Fisheries Series, 19, (Ed.) J.F. Craig, Springer, Dordrecht: 219-241.
- Mickiewicz M. 2010 – Economic analysis of the effectiveness of stocking lakes exploited by Lake Farm Ltd. in Elk – Komun. Ryb. 4: 5-12 (in Polish).
- Mickiewicz M. 2012 – Value and structure of fish catches and stocking intensity in lake enterprises before and after fisheries ownership transfer in Poland – Arch. Pol. Fish. 20: 77-83.
- Mickiewicz M. 2013 – Economic effectiveness of stocking lakes in Poland – Arch. Pol. Fish. 21: 323-329.
- Mickiewicz M. 2015 – Analysis of the management and economic aspects of stocking management in the 2009–2014 period – In: Exploiting fisheries resources in the 2009–2014 period. Status, changes, tendencies (Eds) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 17-24 (in Polish).
- Mickiewicz M. 2016 – Ecological, economic, and social aspects of recreational fisheries management of pike, *Esox lucius* L. – Komun. Ryb. 3: 20-26 (in Polish).
- Mickiewicz M. 2018a – Stocking Polish lakes, rivers, and dam reservoirs in terms of the ecological, socio-cultural, and economic functions of commercial and recreational fisheries management – In: Pro-environmental activities in sustainable fisheries management (Ed.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 27-46. (in Polish).
- Mickiewicz M. 2018b – Price of fish and stocking material used by entities authorized to exploit fisheries in 2015 and 2017 – Komun. Ryb. 2: 1-6 (in Polish).
- Mickiewicz M., Trella M. 2016 – Predatory fish species in lake stocking management – In: Fish hatcheries, rearing, and stocking (Eds) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 265-276 (in Polish).
- Mickiewicz M., Trella M. 2017 – Pike stocking (*Esox lucius*) and its effect in fisheries district waters based on the RRW-23 survey questionnaire in the 2006–2015 period – In: Fish hatcheries and diversification of aquaculture production (Eds) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 273-287 (in Polish).
- Mickiewicz M., Wołos A. 2012 – Economic ranking of the importance of fish species to lake fisheries stocking management in Poland – Arch. Pol. Fish. 20: 11-18.
- Margenau T.L. 1992 – Survival and cost-effectiveness of stocked fall fingerling and spring yearling muskellunge in Wisconsin – N. Am. J. Fish. Manage. 12: 484-493.
- Skov C., Lousdal O., Johansen P.H., Berg S. 2003 – Piscivory of 0+ pike (*Esox lucius* L.) in a small eutrophic lake and its implication for biomanipulation – Hydrobiologia 506-509: 481-487.
- Skov C., Nilsson P.A. 2007 – Evaluating stocking of YOY pike *Esox lucius* as a tool in the restoration of shallow lakes – Freshw. Biol. 52: 1834-1845.
- Søndergaard M., Jeppesen E., Berg S. 1997 – Pike (*Esox lucius* L.) stocking as a biomanipulation tool 2. Effects on lower trophic levels in Lake Lyng, Denmark – Hydrobiologia 342: 319-325.
- Seggel A., De Young C., Soto D. 2016 – Climate change implications for fisheries and aquaculture. Summary of the findings of the intergovernmental panel on climate change fifth Assessment Report – FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. C1122 FIAP/C1122 (En), Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome: 54.
- Stålhammar M., Linderfalk R., Brönmark C., Arlinghaus R., Nilsson P.A. 2012 – The impact of catch-and-release on the foraging behaviour of pike (*Esox lucius*) when released alone or into groups – Fish. Res. 125-126: 51-56.
- Stålhammar M., Fränstam T., Lindström J., Höjesjö J., Arlinghaus R., Nilsson P.A. 2014 – Effects of lure type, fish size and water temperature on hooking location and bleeding in northern pike (*Esox lucius*) angled in the Baltic Sea – Fish. Res. 157: 164-169.
- Sutela T., Korhonen P., Nyberg K. 2004 – Stocking success of newly hatched pike evaluated by radioactive strontium (⁸⁵Sr) marking – J. Fish Biol. 64: 653-664.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Kapusta A., Szczepkowska B., Hopko M., Jarmołowicz S., Kowalska A., Kozłowski M., Partyka K., Piotrowska I., Wunderlich K. 2012 – Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems – Arch. Pol. Fish. 20: 267-274.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Szczepkowska B., Piotrowska I., Kozłowski M., Wunderlich K., Kapusta A. 2015 – Tag retention, growth rate, and survival of juvenile pike tagged with visible implant elastomer and coded wire tags – Bulg. J. of Agric. Sci. 21 (Suppl. 1): 12-16.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Szczepkowska B., Wunderlich K., Kozłowski M., Piotrowska I. 2016 – Differing results of pike stocking (*Esox lucius*) in two Masurian lakes – In: Fish hatcheries, rearing, and stocking (Eds. Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 233-241 (in Polish).
- Trella M., Wołos A. 2014 – Alternative models for managing recreational fishing grounds – catch and release, no kill, and upper size limits – In: Principles and determinants of the sustainable exploitation of fish resources – part II (Eds) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 53-68 (in Polish).
- Trella M., Wołos A. 2015 – Pressure and recreational catches in lakes exploited by fisheries enterprises in the 2009–2013 period – In: Exploiting fisheries resources in the 2009–2014 period. State, changes, trends (Eds) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 35-45 (in Polish).
- Trella M. 2018 – Recreational fisheries today – characteristics, trends, ideas, and solutions from a Polish perspective –

- In: Pro-environmental activities in sustainable fisheries management (Ed.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 81-94 (in Polish).
- Winfield I.J. 2015 – Eutrophication and freshwater fisheries – In: Freshwater Fisheries Ecology (Ed.) J.F. Craig, John Wiley, Oxford:779-793.
- Wołos A. 1991 – Anglers' opinions as to the quality of the fishing and the fishery management in selected Polish waters – In: Catch Effort Sampling Strategies. Their application in freshwater fisheries management (Ed.) I.G. Cowx, Fishing News Books: 134-142.
- Wołos A. 2000 – Economic significance of recreational fisheries in entities authorized to exploit lake fisheries – Arch. Pol. Fish. 8: 1:54 (in Polish with an summary in English).
- Wołos A., Draszkiewicz-Mioduszevska H., Mickiewicz M. 2015 – Size and characteristics of lake fisheries production in the 2009–2014 period – In: Exploiting fisheries resources in the 2009-2014 period. State, changes, trends (Eds) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 9-16 (in Polish).
- Wołos A., Draszkiewicz-Mioduszevska H., Mickiewicz M., Trella M., Czarkowski T.K. 2018 – Fisheries management in inland flowing waters in 2016. Part 1. Entities authorized to exploit fisheries, fisheries districts, commercial catches, employment, and recreational catches – Komun. Ryb. 1: 7-14 (in Polish).
- Wysujack K., Laude U., Anwand K., Mehner T. 2001 – Stocking, population development and food composition of pike (*Esox lucius*) in the biomanipulated Feldberger Haussee (Germany) – implications for fisheries management – Limnologica 31: 45-51.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Kapusta A., Rożyński M., Stawecki K., Pyka J., Szczepkowska B., Wunderlich K., Kozłowski M., Kowalska A., Hopko M. 2015 – From aquaculture to nature. Developing alternative methods for managing the fisheries of predatory lake fish (Eds) Z. Zakęś, M. Szczepkowski, Wyd. IRS, Olsztyn: 224.

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. (2019). Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe. Fisheries & Aquatic Life 27, 208-223. DOI: 10.2478/aopf-2019-0024.

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań, zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy, graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji składającej się na rozprawę wyniósł **60%**.

mgr inż. Marek Trella

1.03.2022 
.....
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. (2019). Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe. Fisheries & Aquatic Life 27, 208-223. DOI: 10.2478/aopf-2019-0024

mój udział procentowy wyniósł 20% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☐	Koncepcja pracy	☐	Interpretacja wyników
☒	Zaplanowanie badań	☐	Pisanie pracy
☒	Prowadzenie badań	☐	Graficzne przedstawienie wyników
☒	Zbieranie danych	☒	Przegląd literatury
☒	Analiza danych	☐	Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu
☐	Analiza statystyczna	☐	Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

dr inż. Tomasz Czerwiński

1.03.2022

data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. (2019). Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe. Fisheries & Aquatic Life 27, 208-223. DOI: 10.2478/aopf-2019-0024

mój udział procentowy wyniósł 20% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☒	Koncepcja pracy	☐	Interpretacja wyników
☒	Zaplanowanie badań	☐	Pisanie pracy
☐	Prowadzenie badań	☐	Graficzne przedstawienie wyników
☐	Zbieranie danych	☐	Przegląd literatury
☐	Analiza danych	☒	Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu
☐	Analiza statystyczna	☐	Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

prof. dr hab. Arkadiusz Wołos

1.03.2022

data i podpis

Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe

Received – 02 December 2019/Accepted – 28 December 2019. Published online: 31 December 2019; ©Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Poland
Citation: Trella M., Czerwiński T., Wołos A. 2019 – Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe – Fish. Aquat. Life 27: 208-223.

Marek Trella, Tomasz Czerwiński, Arkadiusz Wołos

Abstract. The aim of this paper is to present and discuss the results of a survey of fishers exploiting dam reservoirs to determine the conditions of conducting fisheries associated primarily with climate change. Overall, questionnaires were obtained from 18 enterprises (of which 16 were chapters of the Polish Anglers Association) regarding a total of 30 reservoirs with a combined surface area of 29,666 ha, which is 49% of the total surface area of this type of basin in Poland, the largest country in East-Central Europe. This sample is highly representative of all the fisheries conducted in this basin category in Poland and in other East-Central European regions. The following questions referring to the impact of climate change were defined and analyzed based on the answers obtained from the questionnaires: survival of hatchlings, fry, and adult fish; the spawning success of selected fish species; selected hydrological and biological reservoir parameters, the possibility of using and the effectiveness of fishing gears; the length of the recreational fishing season; the size of recreational and commercial fisheries catches of different fish species. Information regarding the impact of reservoirs on fish migrations was also obtained.

Keywords: dam reservoir, fisheries, climate change

Introduction

Dam reservoirs are artificial basins constructed by damming river waters with retaining walls (Wiśniewolski 2009). The total surface area of the 140 dam reservoirs in Poland, the largest country in East-Central Europe, is about 60,000 ha, and their total capacity is 3,522 million m³ (Małecki and Pokładek 2010). Most of the reservoirs have small surface areas, and only 15 exceed 1,000 ha (Czerwiński 2014a).

The primary functions of dam reservoirs include the following: water retention; flood control; storing potable water, industrial water, and waters required for agricultural, energy, recreation, recreational and commercial fisheries (Jaguś 2018). In Poland, recreational fisheries are practiced in virtually all dam reservoirs, while commercial fisheries are conducted in only a few (Czerwiński 2014a). Despite many similarities, these artificial reservoirs are not comparable with natural lakes and require a more comprehensive management approach (Launois et al. 2011, Blabolil et al. 2016, Jankowski 2017).

The Department of Fisheries Bioeconomics of the Inland Fisheries Institute has been conducting research about recreational and commercial fisheries reservoirs for years (Falkowski and Wiśniewolski

Trella M. , Czerwiński T., Wołos A.
Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Department of Fisheries
Bioeconomics
ul. Oczapowskiego 10 10-719 Olsztyn, Poland
e-mail: m.trella@infish.com.pl

2003, Falkowski and Erdmański 2005, Falkowski 2007, 2008, Czerwiński 2014a, 2014b, 2018). The foundation for these studies is the annual analysis of information obtained from a representative sample of entities authorized to fish dam reservoirs in Poland regarding the size of recreational and commercial fisheries catches; the size, structure, and value of stocking; and the conditions for conducting fisheries while maintaining their sustainable development (Czerwiński 2014a). However, global climate change in recent years has forced scientists within the broad field of water management (Arlinghaus et al. 2015, Cooke et al. 2015, Hunt et al. 2016, Kaczkowski et al. 2019) to include a new aspect in research on fisheries management, including that in dam reservoirs, which is specifically the impact of these changes on fisheries.

The aim of this paper was to present and discuss the results of a survey of managers from the entities exploiting dam reservoirs to determine the conditions of conducting fisheries associated primarily with climate change.

Materials and methods

The analysis was based on completed questionnaires collected in 2019 that were sent to recreational and commercial fisheries enterprises operating in dam reservoirs. In total, questionnaires obtained from 18 entities (of which 16 were chapters of the Polish Anglers Association) regarding a total of 30 reservoirs with a combined surface area of 29,666 ha (Table 1), which is 49% of the total surface area of this type of basin in Poland.

Based on the responses obtained from the questionnaire, the following issues were defined and analyzed regarding the conditions for conducting fisheries in dam reservoirs, especially those that respondents linked with climate change:

- impact of dam reservoirs on fish migrations;
- impact of climate change on the survival of hatchlings, fry, and adult fish;
- impact of climate change on the effects of the spawning of selected fish species;

- impact of climate change on selected reservoir hydrological and biological parameters;
- possibility of deploying fishing gears and their effectiveness;
- impact of climate change on the length of the recreational fishing season;
- size of recreational and commercial fishing catches of different fish species;
- positive phenomena linked with climate change.

In the analyses, most of the results regarding the questions posed are presented as the percentage distributions of the responses. The same percentage distribution is used to describe the responses to yes or no questions.

The Linkert scale was used with questions that allowed respondents to identify impacts on a scale from 0 to 5 (0–no impact, 1–very little impact, 2–little impact, 3–moderate impact, 4–high impact, 5–very high). For the ranking questions, the analysis focused on the points awarded depending on the answers obtained from the questionnaires, which created a percentage distribution of the points awarded according to the selected degree of impact. A summary with statistical data was also created: rank sum (SR), average (M), standard deviation (SD), median (Me), mode (Mo), first quartile (Q₁), third quartile (Q₃) and quartile deviation (Q) to provide a description of the responses and points awarded. Additionally, the parameter of the percentage of no responses to the questions posed in the questionnaire (NR [%]) was added.

In addition to the analysis of responses using the Linkert scale, questions were also included to which respondents could answer yes or no. These were used to determine basic information on the topic of dam reservoirs and the recreational and/or commercial fisheries conducted in them.

Results

Most of those who have exploited the fisheries in dam reservoirs long-term have noted the impact of

Table 1

General data regarding the dam reservoirs studied (PAA – Polish Anglers Association)

Dam reservoir	Entity entitled to exploit the fisheries	Area (ha)
Włocławek	PAA Mazowiecki	7,911
Zegrze	PAA Mazowiecki	3,852
Siemianówka	PAA Białystok	3,253
Porąbka	PAA Bielsko-Biała	386
Tresna	PAA Bielsko-Biała	1,020
Nowomiejski	PAA Ciechanów	28
Ruda	PAA Ciechanów	24
Bielkowo	PAA Gdańsk	54
Zalew Bledzewski	PAA Gorzów	80
Dzieńkowice	PAA Katowice	712
Kozłowa Góra	PAA Katowice	527
Przeczycze	PAA Katowice	431
Rybnik	PAA Katowice	398
Przykona	PAA Konin	120
Słupca	PAA Konin	266
Słup	PAA Legnica	292
Turawa	PAA Opole	1,782
Cieszanowice	PAA Piotrków Trybunalski	217
Drzewica	PAA Piotrków Trybunalski	100
Miedzna	PAA Piotrków Trybunalski	180
Sulejów	PAA Piotrków Trybunalski	196
Joachimów-Ziemiary	PAA Skierniewice	36
Lisowo	PAA Szczecin	175
Rejowice	PAA Szczecin	75
Sicina	PAA Szczecin	31
Topola/Kozielnio	PAA Wałbrzych	545
Mietków	PAA Wrocław	807
Nielisz	PAA Zamość	834
Dobczyce	Regional Water Management Board in Kraków	970
Goczałkowice	Gliwice Municipal Water and Sewage Enterprise	2,600
Total area (ha)		29,666
Average area (ha)		989

climate change in recent years (63.3%). Recreational fishing and the use of groundbaits (90%) are permitted in the vast majority (96.7%) of the reservoirs surveyed, and 16.7% of the reservoirs supplied nearby towns with potable water. A disadvantageous fact noted was that only 23.3% of the reservoirs had fish passes for migrating fish (Fig. 1). Therefore, it is not surprising that the question about impediments to fish migrations such a high percentage of

respondents indicated that the reservoirs had a significant impact (56.7%) on impeding fish migrations (Fig. 2). However, for questions about the reduced survival of hatchlings and fry or the mortality of adult fish associated with climate change, respondents indicated that the impact of climate change was definitely lower. As many as 40.7% of respondents indicated that climate change had no impact on adult fish mortality, 29.6% did not observe any impact on

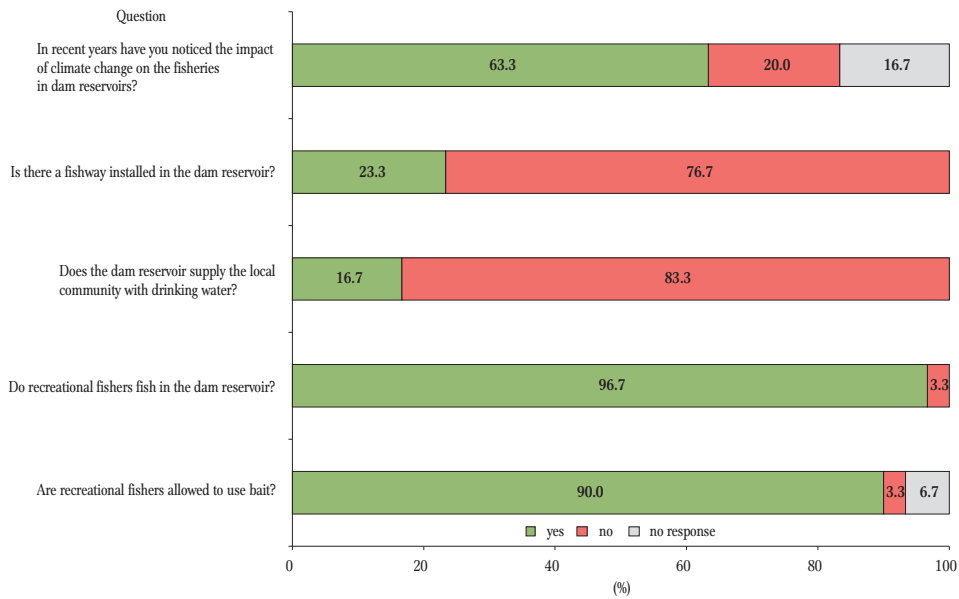


Figure 1. Distribution of responses (%) to yes/no questions.

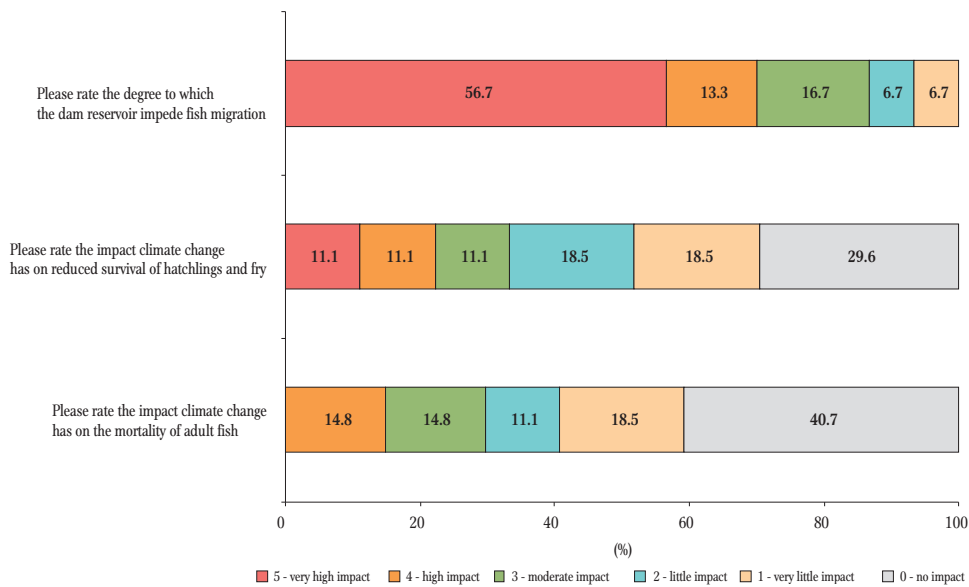


Figure 2. Distribution of responses (%) to the question about the impact of dam reservoirs and climate change on ichthyofauna.

juvenile stages, and other respondents noted little or very little impact (18.5%). Only in the case of juvenile fish mortality did 11% of respondents think that climate change had a significant impact.

According to respondents, pike was the species the spawning of which was most vulnerable to climate change (Fig. 3, Table 2). This species scored the most points (70 SR points) and only 20.7% of respondents did not note any negative impact. Subsequent

species in terms of spawning sensitivity were pikeperch and perch, which had very similar results with 42 and 40 SR points, respectively; however, 34% of respondents did not note climate change to have had any impact on these species. On the other hand, the species that were least susceptible to climate change were crucian carp and bream, about which most users indicated no (44.8%) or very little impact (41.4%).

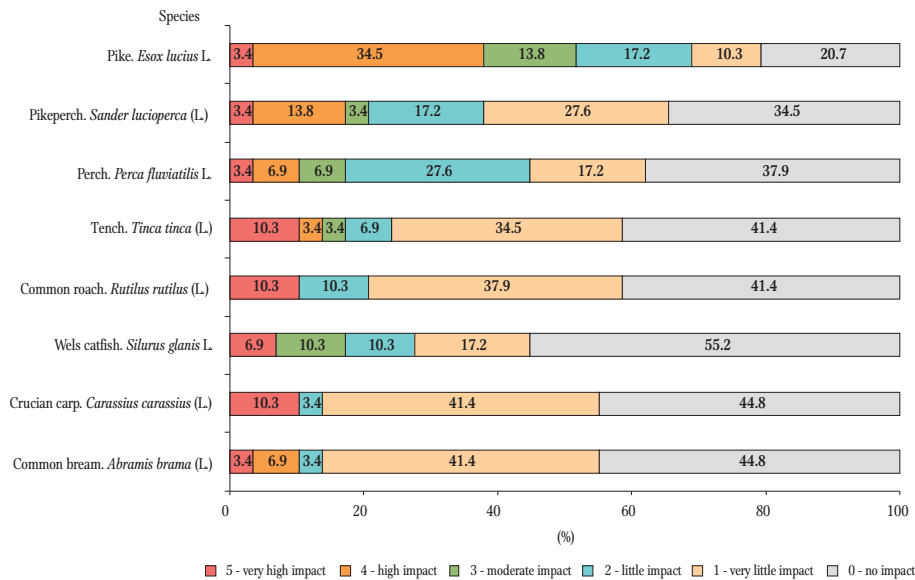


Figure 3. Distribution of responses (%) to the question about the negative impact of climate change on the effects of the spawning of selected fish species.

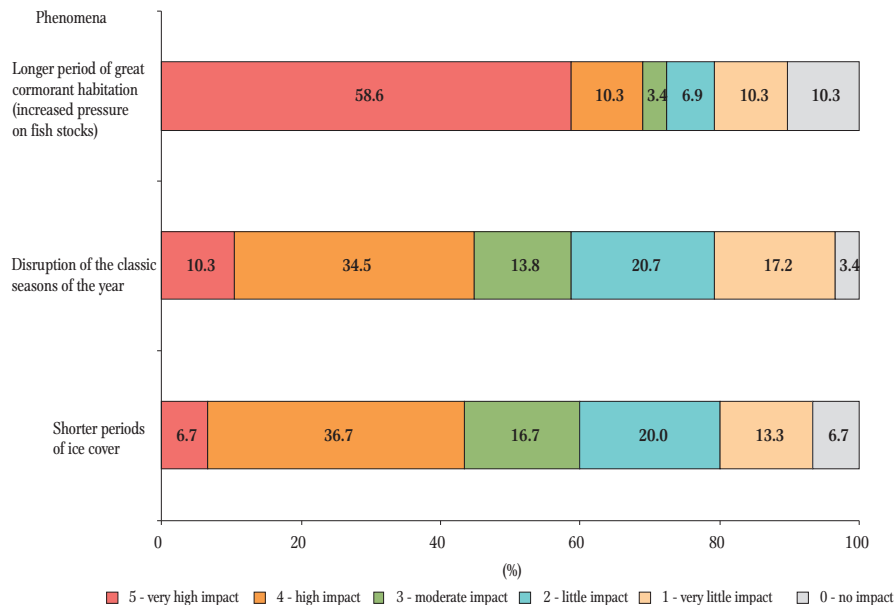


Figure 4. Distribution of responses (%) regarding the negative impact on fisheries of selected phenomena associated with climate change.

A phenomenon related to climate change that, according to the respondents, had the greatest negative impact on the fisheries, was the longer cormorant residence time (107 points SR), and as many as 58.6% of respondents believed that this had a very high impact, while only 10.3% respondents reported that there was no impact (Fig. 4, Table 2). The assessment of typical weather phenomena, such as the disturbance of the classic seasons and the shorter ice

cover period, was very similar, with 85 and 84 SR points, respectively, and the percentage distribution of responses was also very similar.

According to those surveyed, increased temperature most negatively affected the fisheries in the summer (as many as 27.6% of respondents, 90 SR points), but the impact of this was also noted in spring, because 40% of respondents indicated that its impact was high (84 SR points) (Fig. 5, Table 2). In

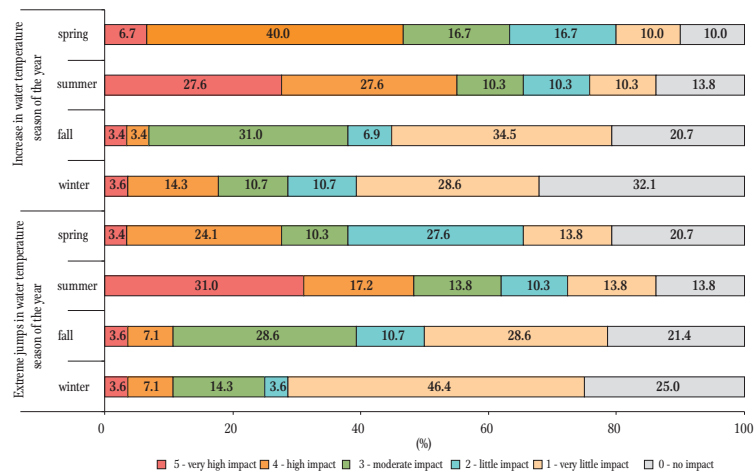


Figure 5. Distribution of responses (%) regarding selected issues about the negative impact of climate change on water temperature that are affecting fisheries, by seasons of the year.

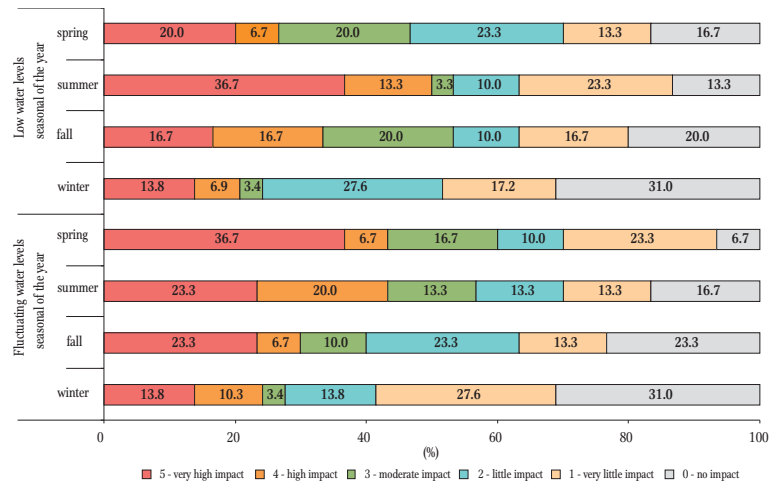


Figure 6. Distribution of responses (%) regarding selected issues about the negative impact of climate change on water levels that are affecting fisheries, by seasons of the year.

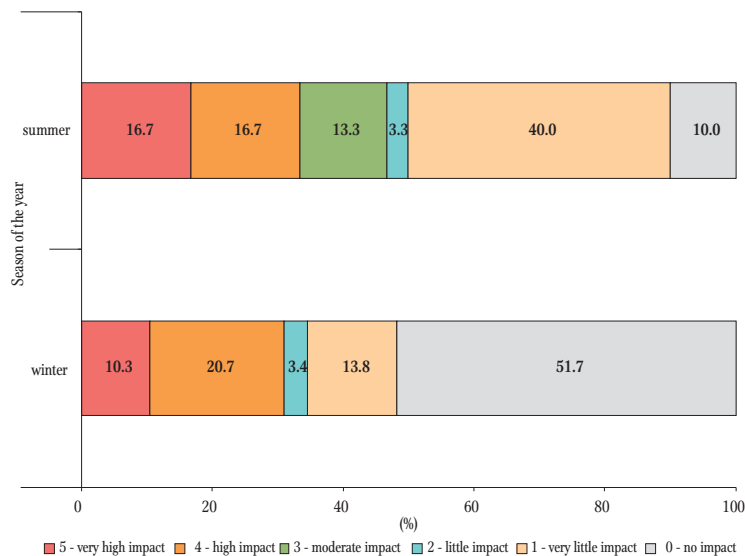


Figure 7. Distribution of responses (%) regarding oxygen deficits that affect fisheries, by seasons of the year.

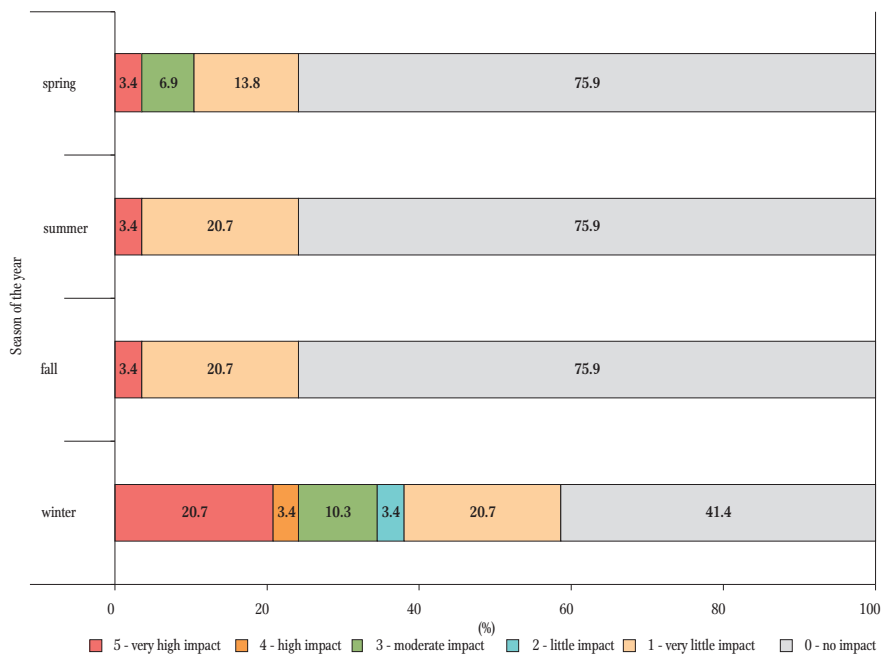


Figure 8. Distribution of responses (%) regarding the negative impact of climate change on shortening the recreational fishing season, by seasons of the year.

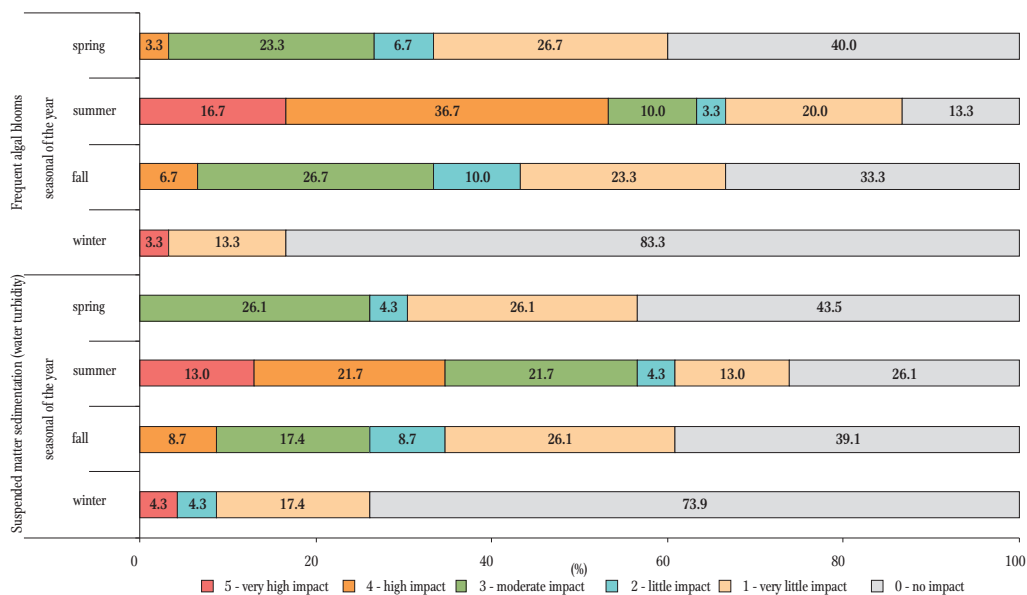


Figure 9. Distribution of responses (%) regarding selected issues about the negative impact of climate change on water quality, by seasons of the year.

the fall and winter, however, no significant impacts were noted, as was reflected by 20.7% and 32.1% of respondents, respectively. Extreme temperature jumps were a distinct problem in the summer with 31% of respondents (87 SR points) noting that this had a very high impact. In spring, this impact was moderate (62 SR points), while a significant

percentage of respondents indicated either the lack of it or its low impact in fall and winter.

Information obtained from the questionnaires showed clearly that low water levels were most disadvantageous in summer with 36.7% of respondents indicating that this had a very high impact (87 SR points) (Fig. 6, Table 2). Low water levels in spring

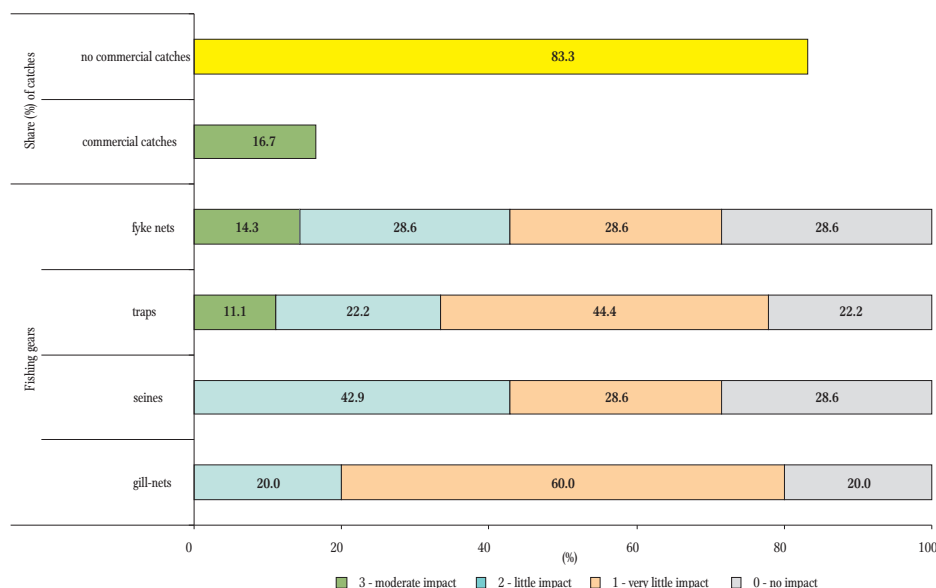


Figure 10. Share (%) of reservoirs in which commercial fisheries are conducted (or the lack of such fisheries) and the distribution of responses (%) regarding the negative impact of climate change on the possibility of deploying fishing gears and their effectiveness.

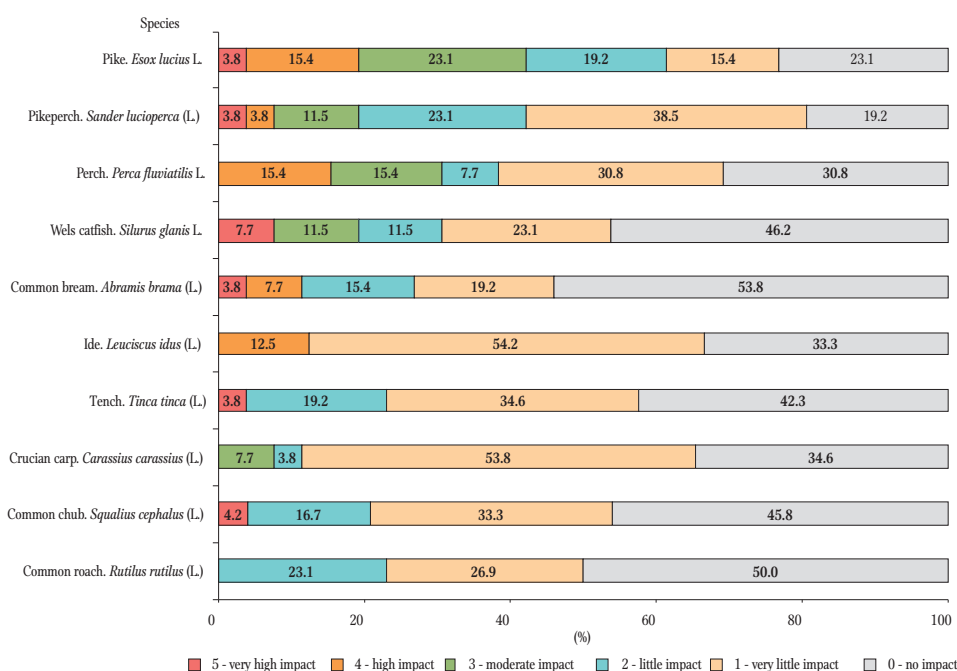


Figure 11. Distribution of responses (%) regarding the negative impact of climate change on the recreational and commercial catch sizes of particular fish species.

and fall were also a problem to a degree, while only in winter did the impact of this phenomenon on the fisheries decrease. Fluctuations in water levels were the greatest problem in spring according to 36.7% of respondents who reported this as having a very high impact (91 SR points), while 23.3% of respondents

identified this as having a very high impact in summer and fall (83 and 70 SR points, respectively).

Oxygen deficits, which are linked to the lack of a distinct meteorological winter during the period studied, occurred only in summer and winter; however, as is indicated by the responses obtained, the

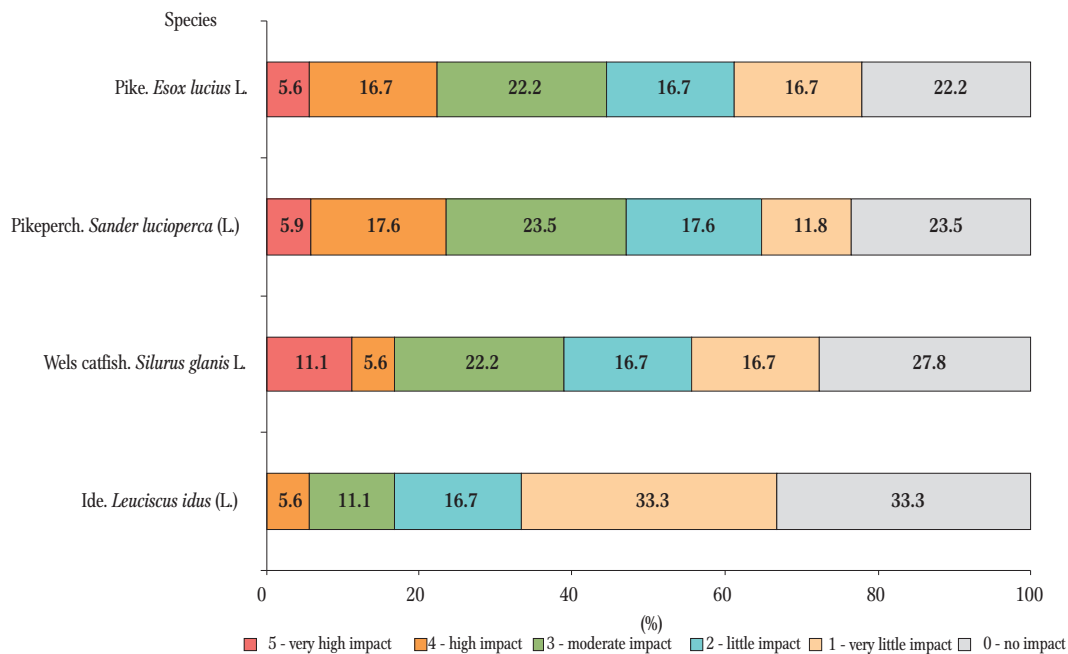


Figure 12. Distribution of responses (%) regarding the negative impact of climate change on the effective spawning and rearing of fish species under controlled conditions.

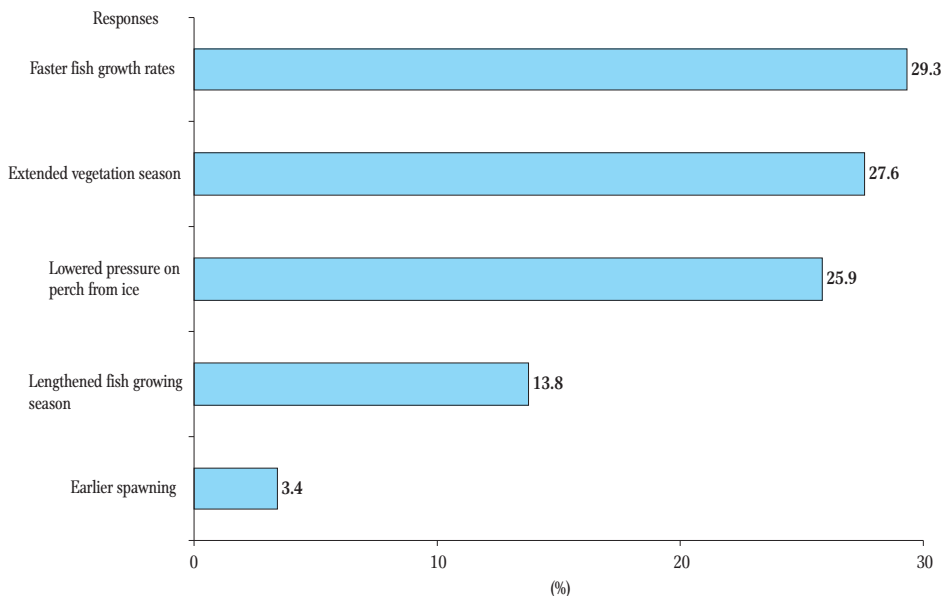


Figure 13. Distribution of responses (%) to the question about positive phenomena associated with climate change.

impact of this is much higher in summer (71 SR points) and over half of the respondents did not see any negative impact in winter (45 SR points) (Fig. 7, Table 2).

Information about how climate change shortened the recreational fishing season was

surprising since this is only a problem in winter and is probably related to the shorter ice cover duration; 20.7% of respondents indicated that the impact of this was very high (51 SR points), although 41.4% did not observe any impact even in winter (Fig. 8, Table 2).

Table 2

Characteristics of responses using the Likert rating scale – comparative comparison (NR [%] – no response, SR – sum of rank scores, M – mean, SD – standard deviation, Me – median, Mo – mode, Q₁ – first quartile, Q₃ – third quartile, Q – quartile deviation)

	NR [%]	SR	M	SD	Me	Mo	Q ₁	Q ₃	Q
Impact of dam reservoirs on impeding fish migration	0.0	122.0	4.1	1.3	5	5	3	5	1
Impact of climate change on lowering hatchling and fry survival in dam reservoirs	10.0	51.0	1.9	1.7	2	0	0	3	1.5
Impact of climate change on adult fish mortality in dam reservoirs	10.0	39.0	1.4	1.5	1	0	0	3	1.5
Impact of climate change on the spawning effects of selected species									
pike	3.3	70.0	2.4	1.6	3	4	1	4	1.5
pikeperch	3.3	42.0	1.4	1.5	1	0	0	2	1
perch	3.3	40.0	1.4	1.4	1	0	0	2	1
tench	3.3	36.0	1.2	1.6	1	0	0	1	0.5
common roach	3.3	32.0	1.1	1.5	1	0	0	1	0.5
wels catfish	3.3	30.0	1.0	1.5	0	0	0	2	1
crucian carp	3.3	29.0	1.0	1.5	1	0	0	1	0.5
common bream	3.3	27.0	0.9	1.3	1	0	0	1	0.5
Negative impact of the following phenomena on fisheries									
Longer periods of great cormorant habitation (increased pressure on fish stocks)	3.3	107.0	3.8	1.9	5	5	2.5	5	1.25
Shorter periods of ice cover	0.0	85.0	2.9	1.4	3	4	2	4	1
Disruption of the classic seasons of the year	3.3	84.0	2.9	1.4	3	4	2	4	1
Increased water temperatures									
spring	0	86	2.9	1.5	3	4	2	4	1
summer	3.3	90	3.1	1.8	4	5	2	5	1.5
fall	3.3	50	1.7	1.4	1	1	1	3	1
winter	6.6	44	1.6	1.6	1	0	0	3	1.5
Extreme jumps in water temperature									
spring	3.3	62.0	2.1	1.6	2	2	1	4	1.5
summer	3.3	87.0	3.0	1.9	3	5	1	5	2
fall	6.6	51.0	1.9	1.5	1.5	1	1	3	1
winter	6.6	40.0	1.5	1.4	1	1	0.75	2.25	0.75
Fluctuating water levels									
spring	0.0	91.0	3.0	1.8	3	5	1	5	2
summer	0.0	83.0	2.8	1.8	3	5	1	4	1.5
fall	0.0	70.0	2.3	1.9	2	2	1	4	1.5
winter	3.3	51.0	1.8	1.8	1	0	0	3	1.5
Low water levels									
spring	0.0	74.0	2.5	1.7	2	2	1	3.75	1.375
summer	0.0	87.0	2.9	2.0	3.5	5	1	5	2
fall	0.0	74.0	2.5	1.8	3	0	1	4	1.5
winter	3.3	52.0	1.8	1.7	2	0	0	2	1

cont. Table 2

	NR [%]	SR	M	SD	Me	Mo	Q ₁	Q ₃	Q
Oxygen deficits									
summer	0.0	71.0	2.4	1.8	1.5	1	1	4	1.5
winter	3.3	45.0	1.6	2.0	0	0	0	4	2
Shorter recreational fishing season (decreased angling permit sales)									
spring	3.3	15.0	0.5	1.2	0	0	0	0	0
summer	3.3	11.0	0.4	1.0	0	0	0	0	0
fall	3.3	11.0	0.4	1.0	0	0	0	0	0
winter	3.3	51.0	1.8	2.0	1	0	0	3	1.5
More frequent algal blooms									
spring	0.0	37.0	1.2	1.3	1	0	0	2.75	1.375
summer	0.0	86.0	2.9	1.8	4	4	1	4	1.5
fall	0.0	45.0	1.5	1.4	1	0	0	3	1.5
winter	0.0	9.0	0.3	1.0	0	0	0	0	0
Suspended matter sedimentation (water turbidity)									
spring	23.3	26.0	1.1	1.3	1	0	0	2.5	1.25
summer	23.3	55.0	2.4	1.9	3	0	0.5	4	1.75
fall	23.3	30.0	1.3	1.4	1	0	0	2.5	1.25
winter	23.3	11.0	0.5	1.1	0	0	0	0.5	0.25
Negative impact on the possibility of deploying fishing gears and their effectiveness (if fishing is conducted)									
gill-nets	0.0	10.0	1.0	0.7	1	1	1	1	0
seines	30.0	8.0	1.1	0.9	1	2	0.5	2	0.75
traps	10.0	11.0	1.2	1.0	1	1	1	2	0.5
fyke nets	30.0	9.0	1.3	1.1	1	1	0.5	2	0.75
Negative impact on the size of recreational and commercial catches of selected fish species									
pike	13.3	53.0	2.0	1.5	2	3	1	3	1
pikeperch	13.3	40.0	1.5	1.3	1	1	1	2	0.5
perch	13.3	40.0	1.5	1.5	1	1	0	3	1.5
wels catfish	13.3	31.0	1.2	1.5	1	0	0	2	1
common bream	13.3	26.0	1.0	1.4	0	0	0	1.75	0.875
ide	20.0	25.0	1.0	1.2	1	1	0	1	0.5
tench	13.3	24.0	0.9	1.1	1	0	0	1	0.5
crucian carp	13.3	22.0	0.8	0.8	1	1	0	1	0.5
common chub	20.0	21.0	0.9	1.2	1	0	0	1	0.5
common roach	13.3	19.0	0.7	0.8	0.5	0	0	1	0.5
Negative impact of climate change on the effectiveness of spawning and rearing fish under controlled conditions									
pike	40.0	38.0	2.1	1.6	2	0	1	3	1
pikeperch	43.3	37.0	2.2	1.6	2	0	1	3	1
wels catfish	40.0	35.0	1.9	1.7	2	0	0.25	3	1.375
ide	40.0	22.0	1.2	1.2	1	0	0	2	1

On questions regarding the impact of climate change on water quality, i.e., the occurrence of algal blooms and turbidity, it was not surprising that most respondents chose summer months (86 and 55 SR points, respectively), and more than 80% did not note such an impact during the winter (Fig. 9, Table 2).

The entities surveyed declared that commercial fishing was only conducted in 5 of 30 reservoirs (16.7%), but these reservoirs together constituted 63% of the total surface area covered by the study. Respondents who fished with commercial fishing gear did not specifically note any negative impact of climate change on the possibility of deploying or on the efficiency of these fishing gears. The survey indicated that the use of gill-nets and seines was more resistant to climate change, and problems, although minor, arose when using fyke nets and traps (Fig. 10).

Climate change was noted to have the largest negative impact on the catch sizes of recreational and commercial pike fishing (53 SR points) followed by those of pikeperch and perch (40 SR points each). Apart from wels catfish, the remaining species did not score a combined total of 30 SR points, and many respondents indicated that the impact of climate change was either very small or imperceptible (Fig. 11, Table 2).

Problems stemming from climate change that affected the efficiency of spawning and rearing fish under controlled conditions were noted for the three species of pike, pikeperch, and catfish. These species accumulated similar numbers of SR points and the spread of responses was also similar. A much smaller impact was observed by respondents in the case of ide, with 66% of respondents indicating that climate change had very little or no impact on this species (Fig. 12, Table 2).

On the open question, which allowed those surveyed to indicate the positive aspects of climate change, most respondents (29.3%) mentioned faster fish growth, while slightly fewer (27.6%) indicated that global warming was associated with a prolonged vegetative season. On the other hand, 25.9% of respondents indicated that the shorter ice cover period would reduce ice fishing, which, in turn, would result in decreased perch fishing pressure during winter. Other positive aspects mentioned included an

extended fish growth period (13.8%) and earlier spawning (3.4%) (Fig. 13).

Discussion

According to those who exploit the fisheries of dam reservoirs, climate change does not have the greatest impact on the fish populations inhabiting these basins; the reservoirs themselves have the greatest impact on this since they impede fish migrations. The impact of this has been studied and described repeatedly; dam construction alters natural water flow dynamics (Nilsson and Berggren 2000, Nilsson et al. 2005, Moore et al. 2012), and this, in turn, impacts the migratory routes of many fish species, access to which can either be significantly disrupted or totally inaccessible (Baras et al. 1994, Wiśniewolski 2008, Baras and Lucas 2001, Noonan et al. 2012, Dębowski 2016). This disadvantageous impact is compounded by the modest number of fish passes installed in just 23.3% of the reservoirs studied. It should also be borne in mind that fish passes do not fully eliminate the problem of impeded fish migration (Roscoe and Hinch 2010, Bunt et al. 2012, Hatry et al. 2013); unfortunately, the effectiveness of many fish passes is low (Noonan et al. 2012).

The second problem that respondents pointed out was the negative impact of the cormorant that is related to climate warming, i.e., its increased pressure on the dam reservoir fish stocks. The cormorant problem in Poland has been the focus of increasingly lively discussion for years, because, according to research, this species is the main consumer of fish in inland waters and coastal lagoons (Krzywosz and Traczuk 2012, Trella 2017), and as such, these birds are a potential threat to many fish populations in Poland and many other countries (Švažas et al. 2011, Winkler et al. 2012, Heikinheimo et al. 2016, Trella and Mickiewicz 2016). The problem of cormorant pressure on fish stocks will increase along with climate change as average temperatures increase and the typical winter shortens, which will result in a notable shortened ice

cover period, which respondents scored highly. The number of cormorants decreased with increased ice formation on dam reservoirs (Bobrek et al. 2018, Wilk et al. 2019). With increased air temperatures and the resulting, in part, higher trophic status of the reservoirs, water temperatures and fish biomasses will increase, and the periods of cormorant habitation will extend (which it has, in fact, already done) and the numbers of this bird will also increase (White et al. 2015, Klimaszuk and Rzymiski 2016).

Respondents also scored problems highly that resulted from perceptible changes in climate. The most significant included increased water temperatures in spring and summer, extreme jumps in water temperatures in summer, water level fluctuations in spring and summer, low water levels from spring to fall, algal blooms (mainly in summer), and oxygen depletion. Reservoirs have a very significant impact on water thermal regimes since they cause disturbances in relationships between river water temperatures and air temperatures (Moniewski and Stolarska 2007). Reservoir thermal stratification throughout the year causes significant temperature changes in both reservoirs and in rivers downstream from them (Wiejaczka 2011). Reservoirs have a significant impact on natural relationships between air and water temperatures; since there is a clear difference between these parameters in comparison to them prior to dam construction, this results in air temperatures having less of an impact on water temperatures in streams in any season of the year (Kedra and Wiejaczka 2017). Because of the potentially adverse impact of thermal sewage, respondents noted a higher intensity of summer algal blooms, which, according to Traczewska (2012), are often more intense in dam reservoirs. It should be remembered, however, that nutrients from anthropogenic sources are the primary cause of algal blooms and increased water trophic status in Polish dam reservoirs (Czaplicka-Kotas et al. 2012). All these factors have a significant impact on fish populations, piscivorous animals (Lessard and Hayes 2003), and water oxygen content. Therefore, the high scores these phenomena received is understandable, because increased water temperatures in reservoirs not only

affected fish, they also impacted entire aquatic ecosystems (Olden and Naiman 2010). The changes in reservoir water levels the respondents noted are a very complicated problem because they result from the very function of reservoirs, the priority task of which is water retention for flood control or energy requirements, and not fisheries. Additionally, water level fluctuations also result from the lack of or heavy precipitation, which either exposes or floods large areas of reservoir bottom resulting in the poor littoral zone development or the lack thereof. This zone generally occurs in natural basins (Traczewska 2012), and it is of fundamental importance to the diversity and abundance of fish species (Winfield 2004).

Maintaining sustainable fisheries in dam reservoirs requires sound stocking policy. Phenomena described above, such as temperature jumps or water level fluctuations during spawning periods, significantly impact the development of species and their juvenile stages. According to respondents, climate change has the greatest impact on pike spawning. Currently in Poland, pike is the most important species in stocking policy, and its stocking dominates in all inland waters (lakes, rivers, and dam reservoirs; Mickiewicz and Wołos 2012, Mickiewicz and Trella 2016, 2017, Mickiewicz 2018). During spawning, this species requires favorable hydrological conditions, including increased water levels and longer flooding periods in coastal meadows where spawning occurs (Łozowski et al. 2014). All of this explains why pike received such high scores in the assessment of negative climate change impacts in comparison to other fish species in terms of both spawning (natural and artificial) and in assessing the impact of these changes on recreational fishing.

The remaining parameters tested obtained much lower SR points, which resulted mainly from the fact that the majority of respondents selected the answer “no impact.” For some variants of responses, it was not surprising that users did not see any impact on fishing operations; however, on questions pertaining to the use of fishing gear such high percentages of responses indicating the absence of any impact was surprising. According to an FAO report (FAO 2018) on the impact of climate change on fisheries and

aquaculture, the topic of fishing gear is quite extensively discussed and emphasizes that as climate change progresses the use of current fishing gears will be problematic or even impossible. Equally surprising was the fact that respondents thought that the only impact climate change was having on the length of the recreational fishing season was to shorten it in winter.

Conclusions

The responses obtained from the questionnaires presented the real problems that those entitled to exploit the fisheries of dam reservoirs are facing, especially the problems the respondents observed to be linked with climate change. Since the answers to the questionnaire were obtained from entities that exploit nearly 50% of the total area of dam reservoirs, it can be stated that this sample is highly representative of all fisheries conducted in this group of reservoirs in Poland, and one can reasonably assume that this also applies to neighboring regions of Central and Eastern Europe. As is demonstrated in this paper, conducting fisheries in these waters requires a comprehensive approach, and the respondents themselves are mostly aware of current or future climate changes and their impacts on the fisheries. This conclusion of the survey is significant because it is expected that climate change will intensify and significantly affect both recreational and commercial fisheries conducted in dam reservoirs (Kaczkowski et al. 2019). Most of the entities entitled to fish in dam reservoirs do not operate commercial fisheries opting instead for recreational fisheries; however, regardless of the management model chosen, climate change will stimulate increased densities of cyprinids that could require periodic targeted catches of these low value cyprinids.

Author contributions. M.T. wrote the paper, prepared figures, followed up the process of the publication and performed the statistical analysis. M.T. and T.C. designed a survey, collected data, analyzed the data, conducted the review of the literature. M.T., T.C. and A.W.

suggested the topic and designed the study. A.W. edited and corrected the paper.

References

- Arlinghaus R., Lorenzen K., Johnson B.M., Cooke S.J., Cowx I.G. 2015 – Management of freshwater fisheries – In: J.F. Craig (Ed.). *Freshwater fisheries ecology*: 557-579.
- Baras E., Lambert H., Philippart J.C. 1994 – A comprehensive assessment of the failure of *Barbus barbus* spawning migrations through a fish pass in the canalized River Meuse (Belgium) – *Aquat. Living Resour.* 7: 181-189.
- Baras E., Lucas M.C. 2001 – Impact of man's modifications of river hydrology on the migration of freshwater fishes: a mechanistic perspective – *Int. J. Ecohydrol. Hydrobiol.* 1: 291-304.
- Blabolil P., Logez, M., Ricard D., Prchalová, M., Říha M., Sagouis A., Peterka J., Kubečka J., Argillier C. 2016 – An assessment of the ecological potential of Central and Western European reservoirs based on fish communities – *Fisheries Research* 173(1): 80-87.
- Bobrek R., Wilk T., Pępkowska-Król A. 2018 – Occurrence of the great cormorant, *Phalacrocorax carbo*, in the Polish Carpathian Mountains outside the breeding season – Arrival dynamics and abundance at reservoirs – *Ornis Pol.* 59: 89-106 (in Polish).
- Bunt C.M., Castro-Santos T., Haro A. 2012 – Performance of Fish Passage Structure at Upstream Barriers to Migration – *River Research and Applications* 28: 457-478.
- Cooke S.J., Arlinghaus R., Johnson B.M., Cowx I.G. 2015 – Recreational fisheries in inland waters – In: J.F. Craig (Ed.) – *Freshwater fisheries ecology*: 449-465.
- Czaplicka-Kotas A., Ślusarczyk Z., Pieta M., Szostak A. 2012 – Analysis of dependencies among water quality indicators in Goczałkowicki Reservoir with regard to phytoplankton blooms – *Ochrona Środowiska* 34(1): 21-27 (in Polish).
- Czerwiński T. 2014a – Analysis of fisheries conducted in selected dam reservoirs in 2002-2013 – In: *Developing a model for sustainable fisheries and fish resource conservation in dam reservoirs* (Eds.) W. Wiśniewolski, P. Buras, Wyd. IRS, Olsztyn: 29-38 (in Polish).
- Czerwiński T. 2014b – State of commercial and recreational fisheries in dam reservoirs in 2013 – In: *Sustainable exploitation of fisheries resources in light of the state of them in 2013* (Ed.) M. Mickiewicz, Wyd. IRS Olsztyn: 51-60 (in Polish).
- Czerwiński T. 2018 – State of commercial and recreational fisheries in dam reservoirs in 2017 – In: *Activity of commercial and recreational fisheries enterprises in 2016* (Eds) M. Mickiewicz, A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 45-57 (in Polish).

- Dębowski P. 2016 – Fish passage through the Włocławek Dam fishway in 2015 – *Komun. Ryb.* 4: 1-7 (in Polish).
- Falkowski S., Wiśniewolski W. 2003 – Fisheries in selected Polish dam reservoirs – In: *Fisheries 2002. Conference materials IRS i AWRSP*, Wyd. IRS, Olsztyn: 71-78 (in Polish).
- Falkowski S. 2007 – Fisheries in selected dam reservoirs in 2006 – In: *State of fisheries in lakes, rivers, and dam reservoirs* (Ed.) M. Mickiewicz, Wyd. IRS, Olsztyn: 85-89 (in Polish).
- Falkowski S. 2008 – Fisheries in selected dam reservoirs in 2007 – Training “Improving knowledge and transparency in fisheries conducted in inland waters”, Hotel Park, Olsztyn, 4-5 June 2008 (in Polish).
- Falkowski S., Erdmański J. 2005. – Fisheries in the Goczałkowice water supply reservoir from 1965 to 2004 – Scientific and Technical Conference on the Fiftieth Anniversary of the Construction of the Reservoir on the Mała Wisła River in Goczałkowice, Górnośląskie Przedsiębiorstwo Wodociągów w Katowicach: 113-123 (in Polish).
- FAO 2018 – Impacts of Climate Change on Fisheries and Aquaculture: Synthesis of Current Knowledge, Adaptation and Mitigation Options – Rome, Italy: FAO Fisheries and Aquaculture. Technical Paper No. 627: 628 p.
- Hatry C., Binder T.R., Thiem J.D., Hasler C.T., Smokorowski K.E., Clarke K.D., Katopodis C., Cooke S.J. 2013 – The Status of Fishways in Canada: Trends Identified Using the National CanFishPass Database – *Rev. Fish Biol. Fish.* 23: 271-281.
- Heikinheimo O., Rusanen P., Korhonen K. 2016 – Estimating the mortality caused by great cormorant predation on fish stocks: pikeperch in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea, as an example – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 73: 84-93.
- Hunt L.M., Fenichel E.P., Fulton D.C., Mendelsohn R., Smith J.W., Tunney T.D., Lynch A.J., Paukert C.P., Whitney J.E. 2016 – Identifying Alternate Pathways for Climate Change to Impact Inland Recreational Fishers – *Fisheries* 41: 362-372.
- Jaguś A. 2018 – Economic and social importance of dam reservoirs – a study of the Soła River cascade – *Inżynieria Ekologiczna* 19(1): 25-35.
- Jankowski W. 2017 – Impact on nature of the construction and functioning of dry and multifunctional-experimental reservoirs based on assessments of selected basins – *Przegląd Przyrodniczy* 28(4): 135-151 (in Polish).
- Kaczkowski Z., Frankiewicz P., Góralczyk A. 2019 – Relationship between fish assemblage and angler catch in the Sulejów Reservoir, central Poland, in the context of a warming climate – *Fish Manage. Ecol.* 26: 187-199.
- Kedra M., Wiejaczka Ł. 2017 – Climatic and dam-induced impacts on river water temperature: assessment and management implications – *Sci. Total Environ.* 626: 1474-83.
- Klimaszyk P., Rzymski P. 2016 – The complexity of ecological impacts induced by great cormorants – *Hydrobiologia* 771: 13-31.
- Krzywosz T., Traczuk P. 2012 – Cormorants and the lakes of Warmia and Mazury – abundance, diet, and impact on fish stocks and fisheries – In: *Cormorants and sustainable exploitation of fisheries resources. Conference materials*. Gdynia, 15 November 2012 r., Morski Instytut Rybacki – PIB: 19-28 (in Polish).
- Launois L., Veslot J., Irz P., Argillier C. 2011 – Selecting fish-based metrics responding to human pressures in French natural lakes and reservoirs: Towards the development of a fish-based index (FBI) for French lakes – *Ecol. Freshw. Fish.* 20: 120-132.
- Lessard J.L., Hayes D.B. 2003 – Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams – *River Res. Applic.* 19: 721-732.
- Łozowski B., Małkowski E., Woźnica A., Łaszczyca P., Koprowski R., Wróbel Z., Pasierbiński A., Migula P., Gwiazda R., Pszczeliński Ł., Siudy A. 2014 – Ichthyofauna research as a basis for rational fisheries and dam reservoir management based on the example of the Goczałkowice Reservoir – *Gospodarka Wodna* 8: 308-311 (in Polish).
- Małeck J.Z., Pokładek R. 2010 – Significant processes threatening the safety of aquatic basins – *Zesz. Nauk. Inż. Łąd. Wod. Kształt. Środ.* 2: 33-42 (in Polish).
- Mickiewicz M., Wołos A. 2012 – Economic ranking of the importance of fish species to lake fisheries stocking management in Poland – *Arch. Pol. Fish.* 20: 11-18.
- Mickiewicz M. 2018 – Price of fish and stocking material used by entities authorized to exploit fisheries in 2015 and 2017 – *Komun. Ryb.* 2: 1-6 (in Polish).
- Mickiewicz M., Trella M. 2016 – Predatory fish species in lake stocking management – In: *Fish hatcheries, rearing, and stocking* (Eds) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 265-276 (in Polish).
- Mickiewicz M., Trella M. 2017 – Stocking pike (*Esox lucius*) and its effect in fisheries district waters based on RRW-23 survey questionnaires from 2006 to 2015 – In: *Fish hatcheries and diversification of aquaculture production* (Eds) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 273-287 (in Polish).
- Moniewski P., Stolarska M. 2007 – Effect of natural and anthropogenic factors on basic physicochemical characteristics of water in a small catchment area of the Łódź suburban area – *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* 7,1(19): 105-122 (in Polish).
- Moore J.N., Arrigoni A.S., Wilcox A.C. 2012 – Impacts of Dams on Flow Regimes in Three Headwater Subbasins of the Columbia River Basin, United States – *J. Am. Water Res. Assoc.* 54(5): 925-938.

- Nilsson C., Berggren K. 2000 – Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation – *BioScience* 50: 783-792.
- Nilsson C., Reidy C. A., Dynesius M., Revenga C. 2005 – Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems – *Science* 308: 405-408.
- Noonan M.J., Grant, J.W.A. and Jackson, C.D. 2012 – A quantitative assessment of fish passage efficiency – *Fish Fish.* 13: 450-464.
- Olden J.D., Naiman R.J. 2010 – Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity – *Freshwat. Biol.* 55: 86-107.
- Roscoe D.W., Hinch S.G. 2010 – Effectiveness Monitoring of Fish Passage Facilities: Historical Trends, Geographic Patterns and Future Directions – *Fish Fish.* 11: 12-33.
- Švažas S., Chukalova N., Grishanov G., Pūtys Ž., Sruoga A., Butkauskas D., Raudonikis L., Prakas P. 2011 – The role of Great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) for fish stock and dispersal of helminths parasites in the Curonian Lagoon Area – *Vet. Med. Zoot.* 55:79-85.
- Traczewska T.M. 2012 – Ecological problems of retention reservoirs and their multifunctionality, European symposium on Anti-Flood Defences – Today's Problems. Paris – Orléans 28-30 March 2012 (in Polish).
- Trella M. 2017 – Recreational fisheries in the Vistula Lagoon in 2014 – Detailed analysis and selected factors shaping its development in recent years – *Komun. Ryb.* 6: 8-14 (in Polish).
- Trella M., Mickiewicz M. 2016 – Recreational fisheries pressure in the Polish waters of the Vistula Lagoon and considerations of its potential impact on the development of regional tourism – *Arch. Pol. Fish.* 24: 231-242.
- White C.L., Ip H.S., Meteyer C.U., Walsh D.P., Hall J.S., Carstensen M., Wolf P.C. 2015 – Spatial and temporal patterns of avian paramyxovirus-1 outbreaks in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) in the USA – *J. Wild. Dis.* 51(1): 101-112.
- Wiejaczka Ł. 2011 – Influence of storage reservoir on the relations between the temperature of water in the river and the air temperature – *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences* 53: 183-195.
- Wilk T., Bobrek R., Pępkowska-Król A. 2019 – The importance of dam reservoirs in the Polish parts of the Carpathian Mountains for wintering and wetland birds – *Ornis Polonica*: 103-123 (in Polish).
- Winfield I.J. 2004 – Fish in the littoral zone: ecology, threats and management – *Limnologica* 34:124-131.
- Winkler H.M., Starck C., Myts D. 2012 – Cormorant food and the possible impact on indigenous fish species in the Pomeranian Bay off the coast of Germany – In: The cormorant in sustainable exploitation of fisheries resources, MIR-PIB Gdynia: 4-8 (in Polish).
- Wiśniewolski W. 2008 – Hydroelectric facilities and fish – *Arch. Pol. Fish.* 16: 203-212.
- Wiśniewolski W. 2009 – Conditions for and management of recreational and commercial fisheries in dam reservoirs – *Rocz. Nauk. PZW* 22: 141-161 (in Polish).

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term. Fisheries Aquatic & Life 29, 108-123. DOI: 10.2478/aopf-2021-0013.

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań, zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy, graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji składającej się na rozprawę wyniósł **60%**.

mgr inż. Marek Trella

10.02.2022 Trella
.....
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term. Fisheries Aquatic & Life 29, 108-123. DOI: 10.2478/aopf-2021-0013

mój udział procentowy wyniósł 40% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☒

Koncepcja pracy

☒

Interpretacja wyników

☒

Zaplanowanie badań

☒

Pisanie pracy

☒

Prowadzenie badań

☒

Graficzne przedstawienie wyników

☒

Zbieranie danych

☐

Przegląd literatury

☒

Analiza danych

☒

Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu

☐

Analiza statystyczna

☐

Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

prof. dr hab. Arkadiusz Wołos

1.03.2022

data i podpis

Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term

Marek Trella, Arkadiusz Wołos

Received – 01 February 2021/Accepted – 18 May 2021. Published online: 30 June 2021; ©Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Poland
Citation: Trella, M., Wołos, A. (2021). Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term. Fisheries & Aquatic Life 29, 108-123

Abstract. Northern pike (*Esox lucius* L.) is of great importance to inland commercial and recreational fisheries in Poland. Thanks to northern pike's substantial size, strength, the possibility of using a variety of fishing methods and techniques and various baits, and many other values, lake anglers value this species above all others. Additionally, for over a decade, northern pike has been the most widely stocked species in Polish inland waters of lakes, rivers and dam reservoirs. The aim of this work was to analyze in detail the size and characteristics of northern pike commercial fisheries and angling catches in Polish inland waters over the long term. The analyses were based on a compilation of traditional scientific papers, primarily analyses of commercial catches, and a review of the results of more than 40 years of studies on the size of northern pike angling catches. The analysis of research material indicated a steady decrease in commercial catches of this species in the years State Fisheries Enterprises (SFE) were in operation followed by relative stability in catches over the past two decades. The paper describes the methods used to estimate angling catches, namely questionnaire and catch-return (the so-called register) research. An increasing disproportion between the sizes of pike catches made with angling and commercial fishing gear was documented. Despite the problems presented in the paper related to estimating total pike catches, the analysis

revealed that anglers catch eightfold more northern pike than do commercial fishers.

Keywords: northern pike, catches, commercial statistics, questionnaires, catch register surveys

Introduction

Northern pike is important to inland commercial and recreational fisheries in Poland since this species is caught not only by commercial fishers, but primarily by anglers and mainly in lakes (Trella and Wołos 2015, Wołos et al. 2015, Mickiewicz 2016), and for years it has been the most preferred species among anglers fishing in lakes (Wołos 1991, Bnińska and Wołos 2001). Since the early 1990s, the role of the northern pike in lake fisheries management has become more important and is influenced by factors such as the increasing economic significance of recreational fisheries and increased prices and decreased supply of eel stocking material, which, in the 1970s and 1980s, was the most important fish economically in commercial lake fisheries (Wołos 2000, Mickiewicz 2012). The increased significance of northern pike led to the beginning of research on methods for managing its populations (Zakęś et al.

M. Trella , A. Wołos
Department of Fisheries Bioeconomics, Stanisław Sakowicz Inland
Fisheries Institute in Olsztyn,
ul. Oczapowskiego 10, 10-719 Olsztyn, Poland
E-mail: m.trella@infish.com.pl

2015, Czarkowski and Kapusta 2016) and the effectiveness of stocking with this species (Szczepkowski et al. 2012, Mickiewicz 2013, Kapusta 2015). This is especially significant since for more than a decade now, northern pike has been the top species of those stocked in Polish inland waters including lakes, rivers, and dam reservoirs (Mickiewicz and Wołos 2012).

In addition to the northern pike's obvious economic role, even more important is its environmental one that is not just limited to predation, but is more complex. Northern pike is one of the most important elements of aquatic ecosystems (Lampert and Sommer 2001, Craig 2008, Forsman et al. 2015, Czarkowski and Kapusta 2016). Northern pike is a keystone species for three main reasons. The first is its fish population regulatory role; namely, it eliminates individuals that are overproducing or are weak or diseased, including younger and smaller pike through cannibalism, which plays a primary role in the population dynamics of other fishes and invertebrates (Craig 2008). Its second role is ecological because it eliminates planktivorous fishes, including small-sized cyprinids, which increases zooplankton abundance in water bodies and limits increases of phytoplankton biomass that can improve water quality (Mehner et al. 2004). The third role is a stimulatory one in that northern pike influences the foraging intensity or the locations inhabited by other species. When northern pike inhabit water bodies, European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) populations must respond to this threat with various strategies: avoiding northern pike by foraging in the pelagic zone at the cost of limited growth or foraging in the littoral zone and delaying maturation to achieve sizes that are less susceptible to predation (Öhlund 2012). Northern pike predation not only influences the abundance and biomass of prey, but also morphological characters such as environmental adaptations, in particular body shape, and behavior; thus, one can conclude that, in addition to many other factors, it influences the evolution of prey species (Craig 2008). Conversely, decreases of northern pike abundance affect ecosystems in which it plays an important role as a predator, and its

disappearance from the top of the food chain does not only lead to shifts in the trophic pyramid, but also to serious transformations in ecosystems themselves. This phenomenon occurred in the coastal zone of the Baltic Sea, where commercial and recreational catches targeted mainly larger predatory individuals such as perch (*Perca fluviatilis* L.), pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)), and northern pike, and cormorant pressure caused decreases in predator abundance. This, in turn, permitted the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.) population, which had previously been limited by predators, to increase almost fifty-fold in the coastal zone (Donadi et al. 2017, Nilsson et al. 2019, Eklöf et al. 2020). Such a large three-spined stickleback population, in addition to other environmental and anthropogenic factors, led to changes in the trophic pyramid that resulted in frequent algal blooms, bottom vegetation degradation, and increased eutrophication (Eriksson et al. 2009, Eriksson et al. 2011, Eklöf et al. 2020).

The greatest threat to the northern pike population, apart from overfishing, is the loss of natural spawning grounds (Larsson et al. 2015). The phenomenon of the disappearance of breeding sites is related not only to human activity, but also to climate change. Climate models indicate that further climate warming might cause changes in precipitation frequency and reduce snow cover that will result in lower quantities of water during the melt season and increased evapotranspiration (Neumann 2010, Wake 2012). Consequently, potential spawning grounds might arise faster in the event of increased rainfall or, inversely, the lack of melt water flowing to these areas might cause current spawning grounds to dry out and could prevent periodic spawning grounds from forming (Larsson et al. 2015). Therefore, it is understandable that the fishers surveyed who exploit the commercial fisheries of dam reservoirs mentioned northern pike as the species most threatened by progressing climate change (Trella et al. 2019). It follows that environmental changes related to persistent climate change can have both positive and negative effects on northern pike populations; therefore, this study is part of a body of publications comprising the doctoral thesis entitled

“The effects of climate change and stocking programs on the effectiveness of fisheries management based on information obtained from fishery users of inland waters” and it demonstrates how catches of this species have changed over the long term from times when the effects of climate change were not yet noted to the present time when these effects are already beginning to occur.

The aim of this study was to analyze in detail the size and characteristics of commercial and recreational catches of northern pike in Polish inland waters over the long term.

This study was based on a compilation of traditional scientific papers that mainly focused on commercial catches and a review of the results of over 40 years of research by scientists from the Department of Fisheries Bioeconomics, the work of whom was published in scientific papers that focused primarily on the results of survey research conducted among recreational fishers. However, the review also included an even larger number of reports on the results of recreational catch registers that appeared in publications or unpublished studies usually conducted on large surface areas of water bodies for districts of the Polish Angling Association (PAA). Consequently, this present study presents data on the size and some characteristics of catches of northern pike over long periods of time.

Materials and methods

This work was created based on studies conducted over many years at the Department of Fisheries Bioeconomics, Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute (IFI) in Olsztyn. The following were used in the present study:

- archival data from the Department of Fisheries Bioeconomics on nationwide lake fish catches in the 1956-1985 when State Fisheries Enterprises (SFE) were in operation;
- data on the level of nationwide commercial lake fisheries catches in the 1996-2018 period obtained from surveyed lake fisheries enterprises;

- data regarding employed commercial lake fishers to determine changes in the numbers of them in the 1996-2018 period;
- data regarding the lake surface area exploited by fisheries enterprises to determine changes in the lake surface area per fisher in the 1996-2018 period;
- the data above on employment and lake surface area were used to determine the level of catches of northern pike per lake fisher in the 1996-2018 period;
- fisheries data from the SFE Giżycko and “Śniardwy” Fisheries Enterprise Ltd., to show changes in commercial fisheries catches of northern pike in Lake Śniardwy in the 1960-2019 period;
- data from obligatory RRW-23 statistical questionnaires to determine the state of northern pike management following the political and ownership transformation and to make a comparative analysis of methods for collecting fisheries data;
- data from survey studies of anglers on northern pike catches conducted in:
 - 1978-1979 – the study was conducted in cooperation with the Main Board of the PAA – 1,100 questionnaires;
 - 1978-1979 - studies of 35 lakes with a combined surface area of 35,200 ha that comprise the Great Masurian Lakes (GML) system – 126 questionnaires;
 - 1986-1990 – study of 32 SFE lakes (combined surface 27,883 ha) and 10 PAA lakes (surface 248 ha) – 591 questionnaires;
 - 2014 – survey study of anglers regarding recreational fisheries in lakes exploited by eight fisheries enterprises with a combined surface area of 29,700 ha – 638 questionnaires;
 - 2016 – survey study in cooperation with the Main Board of the PAA, the main districts of the PAA in 18 districts, and also anglers fishing in lakes exploited by three commercial fisheries enterprises in Ełk, Wągrowiec, and Bogucin – 936 questionnaires.

- data from recreational fisheries catch registers regarding catches of northern pike from the following years:
- 1986 – 5,222 catch registers from the Słupsk district of the PAA;
- 1986 – 1,980 catch registers from the Krosno district of the PAA;
- 1988 – 744 catch registers from the Suwałki district of the PAA;
- 2004 – 13,060 catch registers from four PAA districts in southwest Poland (Jelenia Góra, Legnica, Wałbrzych, and Wrocław);
- 2017 – 2,518 catch registers from the Bielsko-Biała district of the PAA;
- 2017 – 30,683 catch registers from the Katowice district of the PAA;
- 2017 – 7,809 catch registers from the Mazovian district of the PAA.
- 2017 – 11,435 catch registers from the Toruń district of the PAA.

The work used basic statistical parameters, such as percentages, means, determination coefficients, regression models to show trends, and time series analysis, and the threshold probability value was $p \leq 0.05$. All calculations and figures were done in Microsoft Excel.

Results and discussion

Fisheries catches of northern pike during the period of operation of the State Fisheries Enterprises

From approximately 1950 to the beginning of the 1990s, the State Fisheries Enterprises (SFE) were the largest users of inland waters in Poland. In 1981, they exploited almost 280,000 ha of lakes, which was approximately 90% of the total lake area in Poland, and through the Central Fish Office, they

supplied nearly 100% of the lake production of consumer fish (Report on the state...1981). During the period of operation of the SFE, a central system for collecting and collecting basic economic data was in place, which facilitated tracking basic parameters and trends characterizing the fisheries catches of northern pike in 1956–1985. With a mean size of 473 tons, the maximum catch was 779 tons in 1959 and the minimum was just 140 tons in 1984. The catch trend declined ($r = -0.91$, $R^2 = 0.83$) from more than 600 tons on average over nine years at the beginning of this period to approximately 200 tons on average in the last nine years (Fig. 1).

The next report stated, inter alia, the following:

...the evolution of catches of typical littoral species, i.e., northern pike and tench (*Tinca tinca* (L.)), shows a catastrophic decline in both these species. On average, catches of them decreased by about 26 tons per year, and in recent years decreases of them are already 40% of the long-term mean. These tendencies mentioned above prove that the process of environmental degradation of our lakes has already reached a degree that threatens not only the further development of lake fisheries, but even its very existence (State of and perspectives...1986).

Leopold et al. (1986) limited the causes of these changes to ongoing processes of accelerated eutrophication, one of the main indicator species of which is northern pike.

Fisheries catches of northern pike after the period of political and ownership transformation

The economic crisis of the 1980s, followed by political changes and ownership transformations in fisheries¹ resulted in the lack of adequate information on the state of lake fisheries from the end of this decade until the mid 1990s. Along with the progressive ownership changes in fisheries, the importance of scientific

¹ After the fall of the communist regime in Poland in 1989, SFE were liquidated, and within a few years there were ownership changes involving the lease of the right to use the lakes for fishing purposes to new economic entities, mainly to various types of companies established mainly by former managers and employees of SFE and the Polish Angling Association. Thus, the total area of lakes under fisheries amounted to 270 thousand ha.

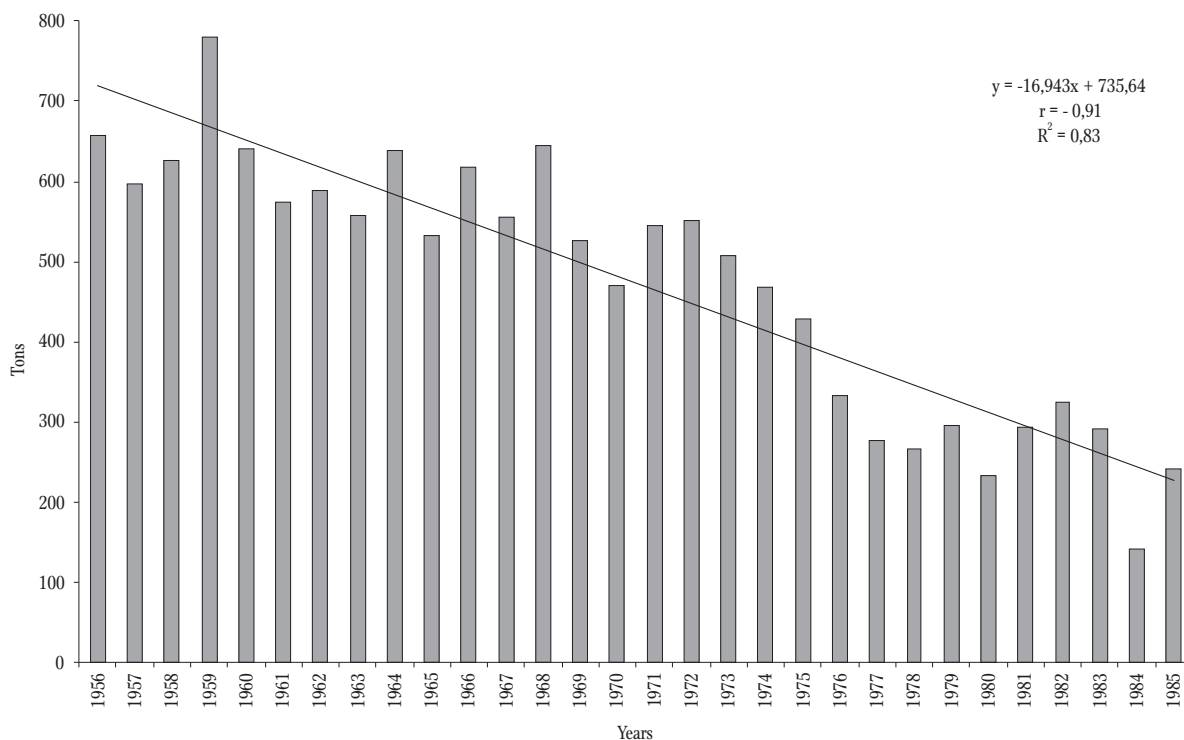


Figure 1. Commercial northern pike catches from lakes in 1956–1985.

research covering many aspects of the functioning of lake fisheries increased. In 1996, survey studies of lake fisheries enterprises were initiated, and since they included analyses of economic indicators (Leopold and Wołos 1996), this permitted more comprehensive, long-term analyses of northern pike catches in the 1996–2018 period. The mean annual catch of the lake surface area of 270,000 ha in this period was 268 tons (0.99 kg ha^{-1}), and for 18 years there were relatively small deviations (no trend, $R^2 = 0.12$) from the given mean in different years (Fig. 2), but after 2014 catches decreased to a mean of approximately 230 tons (0.85 kg ha^{-1}). Current catches of northern pike remain of great importance economically and to the management of this fishery as is evidenced by the fact that in 2018 the total catch from lakes was 233 tons, which accounted for 12% of the catches of all species, and with its total monetary value of 2.58 million PLN, it contributed 14.33% to the overall value of catches of approximately 18 million PLN, which was the third most important contribution following eel, *Anguilla anguilla* (L.), and vendace, *Coregonus albula* (L.) (Wołos 2019a). It can also be concluded that despite the effects observed of

climate change, this has not yet affected the economics of northern pike in lakes, which are already observed by those exploiting this fishery in dam reservoirs in Poland (Trella et al. 2019).

A separate study based on the obligatory RRW-23 statistical questionnaires was conducted on a sample of 390 fisheries enterprises that exploited 380,100 ha of flow-through lakes, rivers, and dam reservoirs, although not all fisheries users returned completed questionnaires, and it indicated that in 2018 total reported northern pike commercial fisheries catches were also 233 tons, including 50.3 tons of spawners, which was 21.6% of the total weight of northern pike caught, and 57.8% of the total catches of spawners of all the 22 fish species cultured under controlled conditions for stocking. We also discuss using the same statistical questionnaires to determine the size of angling catches in a subsequent section of this article.

In the period analyzed, there was a statistically significant decrease ($r = -0.87$, $R^2 = 0.75$) in the number of commercial lake fishers (Fig. 3), which was consequential for the considerations presented herein. In the first five years (1996–2000) the number of commercial

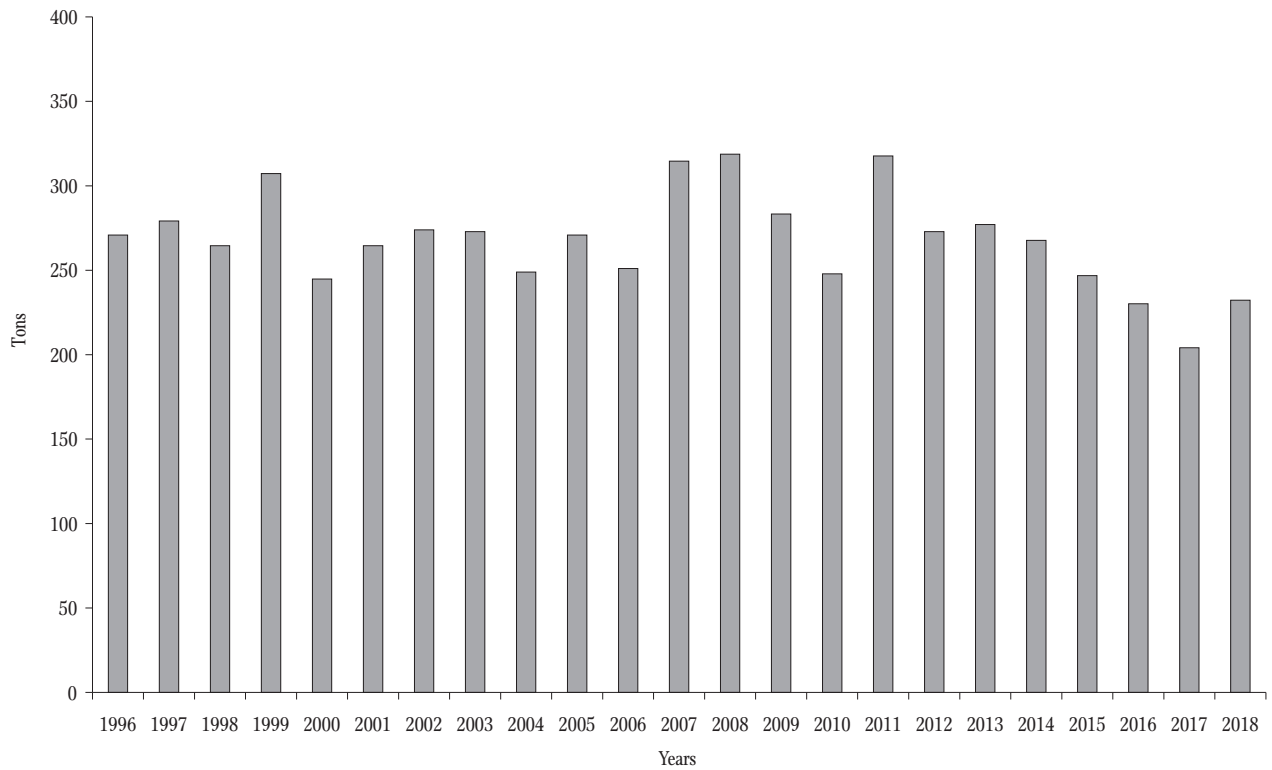


Figure 2. Commercial northern pike catches from lakes in 1996-2018.

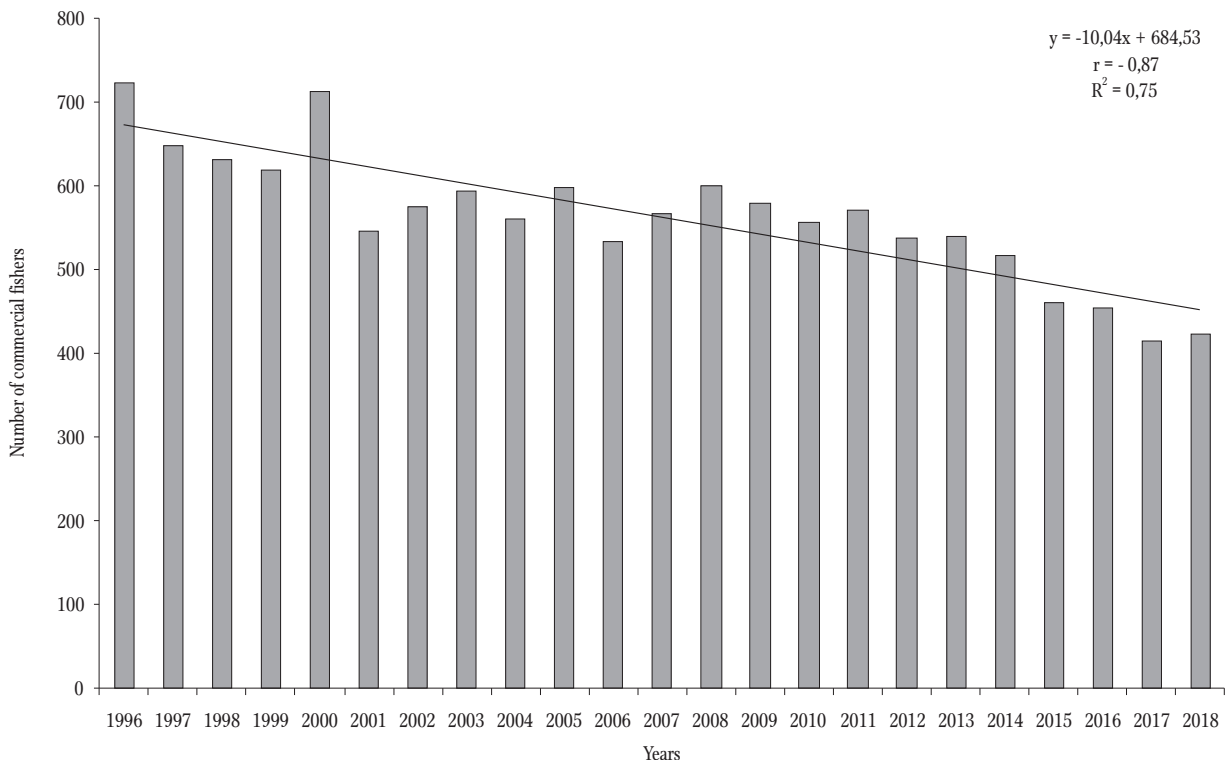


Figure 3. Number of commercial lake fishers in 1996-2018.

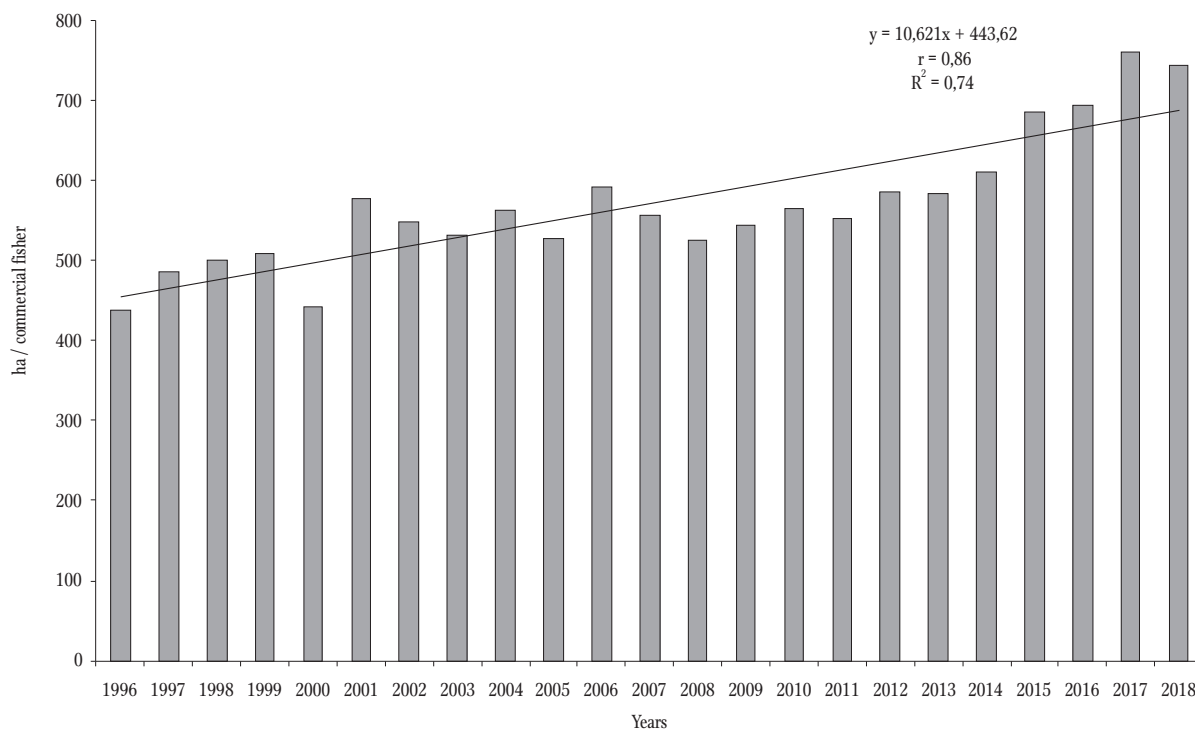


Figure 4. Mean lake surface area per commercial fisher in 1986–2018.

fishers averaged 667, while in the last five (2014–2018) there were 454 commercial fishers, which was a decrease of 32%. The consequence of this decrease was a clear upward trend ($r = 0.86$, $R^2 = 0.74$) in the lake surface area per commercial fisher (Fig. 4); while in 1996–2000 this parameter averaged 475 ha and in the final five years of the period analyzed it increased by 47% to a mean level of 699 ha. These results suggest that the decrease in northern pike catches from lakes recorded in the last few years was not necessarily associated with the eutrophication processes mentioned above (Leopold et al. 1986), but was rather a consequence of the decreasing number of active commercial fishers, and, therefore, also a decrease in the intensity of the exploitation of northern pike with commercial fishing gears. With the observed decrease in the number of commercial fishers and the increase in the lake surface area per commercial fisher, it is worth noting that in the same period there was an increase in the mean annual catch of this species per commercial fisher ($r = 0.69$, $R^2 = 0.48$) (Fig. 5). This parameter was 413 kg in the first five years, while in the final five it was 521 kg, which is an increase of 26%. The reason for this might be, on the

one hand, the increasing lake surface area per commercial fisher, and, on the other, the gradual decrease in fisheries pressure targeting the exploitation of less valuable cyprinid species, mainly small bream, roach, and silver bream, the catch of which is unprofitable because of low consumer demand and low prices, and the increasing intensity of the exploitation of valuable species with more selective fishing gears such as gill-nets.

Fisheries catches of northern pike in Lake Śniardwy

An interesting example of northern pike fishing exploitation is that in the largest lake in Poland, Lake Śniardwy (113.8 km²). In the 1960–2019 period, the mean annual catch of this species was 15,606 kg, which was 1.47 kg ha⁻¹, and two sub-periods can be distinguished. In the first one (1960–1988) was when SFE Giżycko was in operation, and, despite significant fluctuations, as many as 19 times catches exceeded 20 tons, with a maximum of 35 tons in 1968 (Fig. 6). Following this, a decrease was noted, and since the establishment

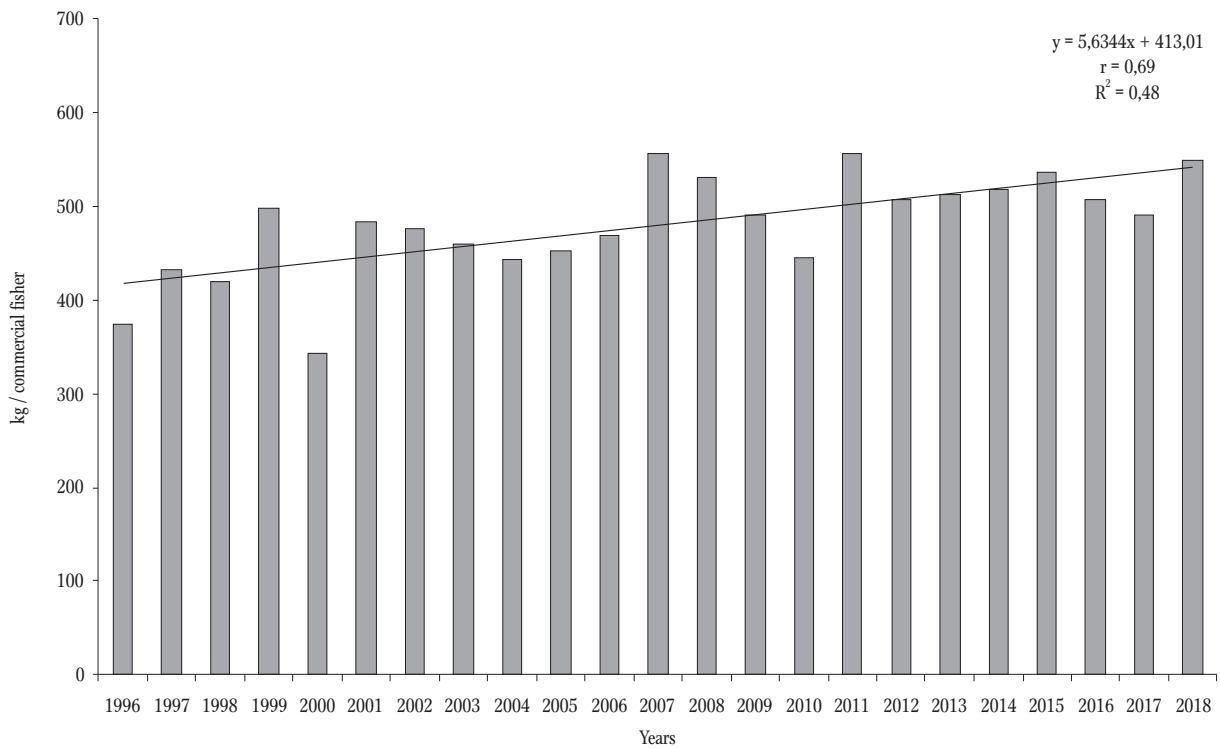


Figure 5. Northern pike catches per commercial lake fisher in 1996-2018.

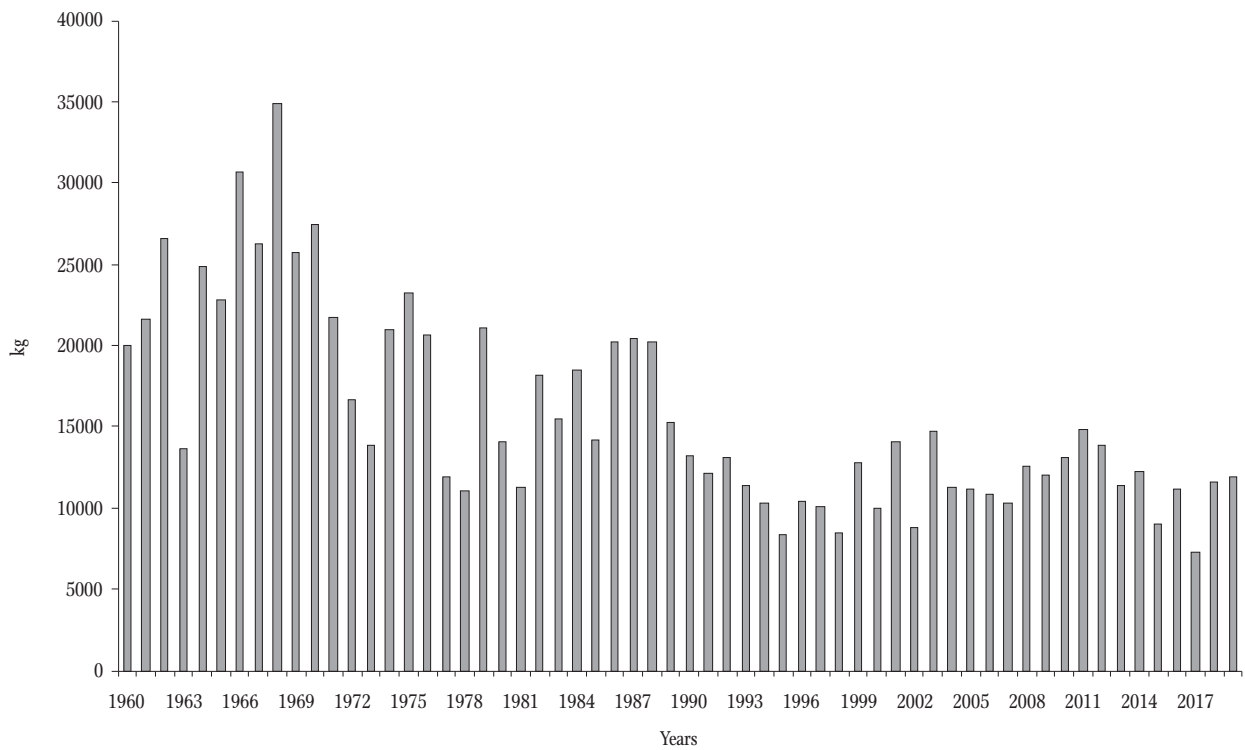


Figure 6. Commercial northern pike catches in Lake Śniardwy in 1960-2019.

of a new entity, Śniardwy Fisheries Enterprise Ltd., in 1994, the mean catches have been 11 tons, but again fluctuations have been significant (Wołos 2018). The mean annual harvest in the last five years (2015-2019) decreased to 8,302 kg at a yield of 0.78 kg ha⁻¹. Specialists from this enterprise along with scientists from the Department of Lake Fisheries, IFI, concluded that one of the main reasons for the decrease in northern pike catches in the Lake Śniardwy complex was the large colony of great cormorants that is located on island of Lake Warnoły, a satellite one of Lake Śniardwy, that numbered in 2011-2018 from 1,169 to 1,447 nests, which was, at the time, the largest breeding colony of this species in northeastern Poland (Traczuk 2013, Wołos 2019b).

Angling catches of northern pike – questionnaire surveys

The first data regarding nationwide northern pike catches comes from the work of Leopold and Bnińska (1980), which included information obtained from surveys conducted in the 1978-1979 period. The analysis was based on a randomly selected sample of 1,100 of 15,000 questionnaires received. Twenty-eight species occurred in the catches anglers caught in all 49 districts of the PAA, and the mean annual catch per angler was 54.3 kg of fish. In the catch structure, roach was first (17.5 kg, 32.2%), and northern pike (9.1 kg, 16.8%) was second. This study was the first in the Polish literature that examined angler preferences for species as it posed a question regarding which fish species the anglers would most like to catch. It turned out that these are not always the species they catch most frequently. On list of fish species preferred by fishers, northern pike was first, followed by carp (*Cyprinus carpio* L.) and roach (*Rutilus rutilus* (L.)) (Leopold and Bnińska 1980, 1987).

Based on the analysis of data from 126 questionnaires collected in 1978-1979, an attempt was made to determine the size of the northern pike angling catches in 35 lakes with a total area of 35,200 ha that comprise the Great Masurian Lakes (GML). With the

mean annual catch of northern pike at 11.6 kg per angler, it was calculated that local anglers caught 105 tons and visiting anglers caught 33 tons; thus, total northern pike catches were approximately 140 tons, which was nearly fourfold the total fisheries catch of SFE Giżycko of this species from the GML (Wołos 1984).

In the 1986-1990 period, research was conducted on many aspects of lake angling, the results of which became the basis of the first doctoral dissertation in Poland on angling (Wołos 1992). Although of a slightly different focus from the main goal of the present study, some of these results are currently extremely relevant, and since some of them have not yet been published, it is worth referencing them here. For this study a total of 591 questionnaires were collected from anglers fishing in 32 SFE lakes and 10 PAA lakes with a total area of 27,883 ha, which at that time was about 10% of the total area of lakes used for fisheries in Poland. The share of northern pike in angling catches from SFE lakes was about 16%, while in PAA lakes it was higher at 19.1%, while in the former group the percentage of angling catches was almost fourfold higher than of fisheries catches. The largest shares of northern pike catches were from the following lakes: Kozie (71.6%), Starżno (67.7%), Dymno (44.2%), Łąka (38.7%) and Mamry Północne (36.5%). The lake anglers' preferred species in descending order were as follows: northern pike, eel, perch, pikeperch, and, not until fifth place, the cyprinid species common bream (*Abramis brama* (L.))

The main features of anglers who tolerate greater angling pressure at fishing grounds and those who require much more space for successful fishing were also examined, and this group included anglers that preferred predatory species. It was revealed that anglers from the first group used boats for fishing less frequently (36.3% in comparison to 58.5% from the second group), caught northern pike and perch much less frequently (33.4% of all fish catches in comparison to 52.8% among the second group), and considered northern pike the most favored species to a lesser degree than did the anglers who required much greater distance from other anglers. These are

two clearly different groups of anglers, as evidenced by the fact that as motivation for fishing, 44.3% of the first group reported it was for sport and 44.3% for consumption, while in the second group these values were 60.8% and 27.5%, respectively.

The result of the analysis of changes in fisheries management that the anglers desired was noteworthy: 48% of them responded that they would like to see increased stocking (especially of northern pike), 20.4% reduced commercial catches, 10.0% bans on electrofishing, and 6.6% the observation of spawning periods. However, among proposed changes to regulations governing angling, the demand for greater northern pike protection through lowering daily limits and increasing protected sizes was proposed by 6.2% of the anglers surveyed, which was in fifth position. These expectations remain valid 30 years after the study cited.

Among the largest northern pike mentioned by the anglers surveyed were 15 specimens exceeding 9 kg (which was the standard at the time for winning a official bronze medal), and two of them significantly exceeded the weights of the others. The first angler, who was interviewed in person by one of the authors of the study on the shores of Lake Wigry in 1986, was an elderly gentleman who reported catching in 1962 a live northern pike 143 cm long that weighed 33.0 kg. The weights and dimensions of other large fishes he reported catching (European whitefish, bream, roach, and perch) indicated that, at that time, Lake Wigry was a very attractive fishing ground. Another record-breaking northern pike specimen, according to a second angler surveyed, was caught in 1985 in Lake Mamry Północne, which measured 127 cm and weighed 25.7 kg. It should also be mentioned that these two large, deep lakes (Wigry – surface area of 21.7 km² and maximum depth of 73 m; Mamry Północne – surface area of 25.04 km² and maximum depth of 43.8 m) were among the cleanest in Poland years ago, and they had very abundant stocks of vendace and European whitefish, which the oldest northern pike age classes preyed upon, and unlike few other lakes they provided conducive conditions for numerous northern pike populations, and most importantly, this species

could reach significant, even record, sizes in them. This was confirmed by the fact that among the 15 specimens mentioned by the anglers, six were reported to have been caught in Lake Mamry Północne. It is also worth mentioning the data on the growth rates of northern pike in more than a dozen lakes in the vicinity of Węgorzewo (inter alia, lakes Mamry, Świącajty, Rydzówka, and Gołdopiwo), which indicated that the northern pike from Lake Mamry was characterized by the fastest growth rate and reached lengths (lc) at age 6+ of approximately 80 cm. In the second lake in the ranking, Lake Sołtmany, it reached lengths of 65 cm, while in the last three lakes it reached lengths of 50–55 cm (Antosiak 1961).

In 2015, a survey of anglers was conducted on angling catches in 2014 in lakes exploited by eight fisheries enterprises located in three main lake regions, conventionally referred to as Mazury, Pomorze, and Wielkopolska (Wołos et al. 2015). The total lake surface area under the supervision of these entities was 29,700 ha and was 11% of the total area of lakes exploited for fisheries in Poland. Based on the analysis of 638 surveys, it was calculated that the mean annual catch of all species per angler was 49.1 kg, the mean daily catch was 1.42 kg, and northern pike was from 5.0% (Sława Fisheries Enterprise Ltd.), 24.2% (Ełk Fisheries Enterprise Ltd.), and 29.5% (Augustów private fisheries enterprise) of the total weight of the fishes caught. The mean share of northern pike in catches for eight entities was 17.0%. The species preferred by anglers were northern pike, followed by perch and bream, with carp in sixth place. After taking into account the calculations above and data on the number of fishing permits (year-round, short-term, and single-day) sold by 84 fisheries enterprises (with a lake surface area of 186,000 ha), the total angling catches in Polish lakes in 2014 was estimated at 5,250 tons of fish, including 890 tons of northern pike, which was 3.2-fold more than the total fisheries catch of this species, which was 267 tons in 2014.

In 2016, the Department of Bioeconomics of Fisheries, in cooperation with the Main Board of the PAA, conducted a survey of anglers, mainly PAA members from 18 districts, and also those fishing in

lakes exploited by three fisheries enterprises in Elk, Wągrowiec, and Bogucina (Czarkowski et al. 2018). An analysis of 936 questionnaires showed that, in 2015, the mean catch per angler was 5.4 kg of northern pike, which was 11.7% of the total weight of the fishes caught. An analysis of the questionnaires from the survey sample showed that pikeperch was ranked first among preferred species, northern pike was second, and carp was third. The distinctly higher share of northern pike in lake catches (Wołos et al. 2015) than in the waters of the 21 entities surveyed (18 PAA districts and only three commercial lake fisheries enterprises) could, therefore, have resulted not only from conditions in the lakes that are more favorable to northern pike populations than those, for example, in rivers, which are almost entirely exploited by the PAA, but also the popularity of anglers voluntarily practicing catch and release (C&R) fishing with northern pike, but also because of the policies of many PAA districts that include a number of regulations to protect this species, which is preferred by anglers, more restrictively including larger minimum or fork sizes, C&R, and even no kill.

Angling catches of northern pike – studies of catch registers

In the mid 1980s, angling research in Poland gained a new source of data, namely, angling catch registers; initially, this was on an experimental scale in two PAA districts, Słupsk (1986–1987) and Krosno (1986), then, for two years, in all PAA districts (1988–1989). After a break of several years, selected districts, namely Katowice and Bielsko-Biała, reactivated the mandatory registers (Wołos et al. 1998), and since early 2000, all members of PAA districts have been required to register catches (Wołos and Mickiewicz 2002).

Leopold et al. (1988) reported the results of an analysis of material from 1986, containing registers completed by 5,222 anglers from the Słupsk district of the PAA. In these registers, northern pike accounted for 16.4% of the total weight of fish caught, and the percentage of this species in SFE lakes was

18.2%, while in PAA lakes it was 21.1%. In 17 PAA lakes, the share of northern pike exceeded 30%, including 12 of them in which it was higher than 40%, and in three lakes – Smardzewo (87.7%), Godzież (68.6%) and Miłe (50.4%) – it exceeded 50%. These were usually shallow lakes with relatively small surface areas of fewer than 30 ha and of good environmental conditions and extensive littoral zones.

Also in 1986, catch registers from 1980 from the Krosno district of the PAA were analyzed (Wołos and Piskorski 1991). The majority of the waters in this district are those of the San River and its tributaries, including the Wisłok and Jasiołka rivers. In total, anglers caught 28 species of fish of a total weight of approximately 22 tons, and the most frequently caught species were grayling (*Thymallus thymallus* (L.)) at 33.0% of the total catch weight and chub (*Squalius cephalus* (L.)) at 16.2%. Northern pike contributed 9.6% of the catch, and the highest mean weight of northern pike (2.17 kg) was recorded in the Myczkowce Dam Reservoir on the San River, and the lowest in the Sieniawa Reservoir (1.16 kg) on the Wisłok River.

In 1988, anglers from the Suwałki district of the PAA registered their catches, and Wołos and Grabowska (1990) reported on the results of the analysis of 744 catch registers from them. Angling catches of northern pike were 22.0% of the total weight of the fish caught, and the following lakes had the highest shares of this species: Poblędzie (51.3%), Kopane (54.4%), Ożewo (40.1%), Przechodnie (40.3%), and Okminek (34.7%). These lakes were slightly larger and deeper than those in the Słupsk district and were usually mesotrophic and inhabited by large stocks of perch, while some had stocks of coregonids and burbot (*Lota lota* (L.)). Most of these lakes were also exploited with commercial fishing gear.

In 2004, the PAA districts in Jelenia Góra, Legnica, Wałbrzych, and Wrocław, which are all in southwest Poland, cooperated to register catches and obtained a return of 13,060 registers, the analysis of which showed that northern pike was 9.2% of the total weight of all fish species caught, with the highest share of them caught in lowland rivers (12.5%),

followed by dam reservoirs (7.9%), and mountain rivers (5.1%). The percentage of northern pike angling catches in the largest of the rivers, the Oder, was 15.2% (Legnica district of the PAA), while in the largest of the dam reservoirs, the Mietków (800 ha), in the Wrocław district of the PAA they were only 4.0%. The mean weight of northern pike registered in all the angling catches in the four districts was relatively low at 1.50 kg (Wołos et al. 2006).

And what is the situation of northern pike that was assessed based on catches recorded by anglers now, 20-30 years after these studies? An attempt to answer this question was based on the results of registers from 2017 of four districts of the PAA in Bielsko-Biała, Katowice, Mazovian, and Toruń and on data obtained from the analysis of official statistical questionnaires that must be completed by all commercial and angling entities exploiting the waters of fisheries zones including those in flow-through lakes, rivers, and dam reservoirs. In 2017, 2,518 anglers registered their catches made in the waters exploited by the Bielsko-Biała district of the PAA, and the total northern pike catch was 1,475 kg, which was 9.4% of the total catch. The largest number of northern pike was caught in two dam reservoirs; Porąbka Reservoir (10.7%) had the highest share, followed by Tresna Reservoir (9.5%) and the lower section of the Soła River (9.3%). The mean weight of the northern pike caught, considering Polish conditions, was relatively high at 1.72 kg (Wołos et al. 2019). In the Katowice district of the PAA, catches were registered by 30,683 anglers, and the total northern pike catch was 20,558 kg, which, similarly to that in the Bielsko-Biała district of the PAA, was 9.0% of the weight of all the fish caught. However, northern pike shares were much higher in selected fishing grounds at 23.8% in the Chechło-Nakło Reservoir, 23.6% in the Gzel Reservoir, and 23.5% in the Rogoźnik II Reservoir. The mean weight of northern pike caught was lower than that in the waters of the Bielsko-Biała district of the PAA at 1.46 kg (Wołos et al. 2018). In the waters of the Mazovian district of the PAA (central and northern Poland) and the largest in the country, which has the most diverse configuration of various water

categories ranging from the largest dam reservoirs in Poland in Włocławek and Zegrze, the Vistula, Narew, and Bug rivers that are also the largest in Poland, and several dozen lakes, and trout and grayling rivers, 7,809 anglers registered catches. Northern pike catches were 13.9% of the total weight of the fish caught, and the mean individual weight of 1.80 kg was the highest among all PAA districts discussed in this study. Among the rivers fished by anglers, the largest shares of northern pike were recorded in the following streams: Nurzec (38.7%), Orzyc (37.4%), Brok (34.1%), Bug (23.5%), and Ełk (23.3%). In turn, the highest percentage of northern pike caught in lakes occurred in the following fishing grounds located in the southern part of Masuria: Nożyce (40.4%), Świątajno (Narty) (32.7%), and Wałpusz (29.5%) (Draszkiewicz-Mioduszevska and Wołos 2019). From the Toruń district of the PAA, 11,435 anglers registered catches, and the total northern pike catch at over 200 different fishing grounds, but mostly in lakes, was 12,296 kg, which was 15.3% of the weight of all fishes caught. The largest number of northern pike was recorded in lakes, with the highest shares of this species recorded in the following lakes: Studa (72%), Księża (53.3%), Szywna (53%), Wieczno Południowe (47.1%), Zbiczno (37.5%), and Niskie Brodno (33.5%). Among rivers, the Drwęca is noteworthy since 29% of catches were of northern pike and 8.8% were of sea trout. The Vistula is Poland's largest lowland river, and it also had a relatively high percentage of northern pike catches at 13.6%. The mean individual weight of all registered northern pike was lower than that recorded in the waters of the Mazovian district of the PAA at 1.41 kg (Trella et al. 2019).

Since 2004, entities exploiting fisheries of flowing waters, which include flow-through lakes, rivers, and dam reservoirs, are required to submit to Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute completed RRW-23 statistical questionnaires concerning, inter alia, information on the size and species structure of commercial catches, and, beginning in 2017, angling entities are also required to submit these. Because of the time-consuming work of collecting and analyzing data from catch registers, they

are reported with a one-year delay as compared to data from commercial fisheries catches. Therefore, in 2019, users reported information on the results obtained from anglers in the 2017 season, and there were 319 such entities that exploited a total of 349,700 ha of flowing waters (Wołos and Draszkiewicz-Mioduszevska 2020). Calculations indicated that total angling catches were 3,230 tons, and at least 34 fish species were registered, most of which were by bream and roach, followed by northern pike and perch. The total reported northern pike weight was 507.4 tons at a yield of 1.45 kg ha^{-1} and a share of 15.7% of the total catch. In the same year, commercial northern pike catches were 233 tons (10.6% of all species caught) and the yield was 0.61 kg ha^{-1} , which means that, according to RRW-23 questionnaires, anglers recorded 2.4 times more northern pike in fisheries zones waters than did commercial fishers.

How much northern pike do commercial fishers and anglers catch, or which data are the most probable?

Determining actual commercial northern pike catches is not a problem, because the Department of Fisheries Bioeconomics, IFI receives detailed information every year from those authorized to exploit lake fisheries, including fisheries enterprises, PAA districts, private persons, national parks, and other entities, for a total lake surface area of 230,000 - 240,000 ha, which is, depending on the year of the research, 85-90% of the total area of the lakes exploited in Poland. The total weight of northern pike caught in 2018 by commercial lake fishers, after extrapolating this data to the total area of lakes exploited for fishing (270,000 ha), was estimated to be 233 tons. This value is identical to that reported for catches in the same year from all flowing waters including interconncted lakes, rivers and dam reservoirs. Because not all users of fisheries zones waters returned the RRW-23 statistical questionnaire, the figure of 233 tons is slightly underestimated. Since the sample of entities exploiting these zones

surveyed in 2018 included all large and medium-sized fisheries enterprises, all PAA districts, and over 200 users of districts that were usually small, an estimated total commercial catch of northern pike in Poland at no more than 250 tons is highly probable.

However, it is more difficult to calculate the real level of the total northern pike angling catches. Based on the information in the studies cited in the present study work, the final calculations are as follows:

- yield based on surveys from the Great Masurian Lakes (Wołos 1984) – 4.00 kg ha^{-1} ;
- lake yield based on a survey study (Wołos et al. 2015) – 3.30 kg ha^{-1} ;
- yield based on a nationwide survey study (Czarkowski et al. 2018) – 5.60 kg ha^{-1} ;
- yield in fisheries zones waters based on RRW-23 statistical questionnaires (Wołos and Draszkiewicz-Mioduszevska 2020) – 1.45 kg ha^{-1} ;
- actual yield of all waters exploited by anglers, assuming catches of all fish species of 13,000 tons and a 15.7% share of northern pike (Wołos and Draszkiewicz-Mioduszevska 2020) – 4.25 kg ha^{-1} .

The lowest yield (1.45 kg ha^{-1}) of fishing district waters calculated based on statistical questionnaires was underestimated because not all anglers returned their catch registers (e.g., following the 2017 season, only 35.6% did so in the Bielsko Biała district of the PAA, while 73.0% did so in the Katowice district of the PAA). This conclusion is all the more justified because in Poland (Czarkowski et al. 2018), as well as in most developed countries of the world (Arlinghaus et al. 2021), more and more anglers are practicing C&R fishing, and, in PAA waters these catches are not recorded in catch registers. The remaining yields are within the fairly narrow range of 3.30 kg ha^{-1} to 5.60 kg ha^{-1} , and it can be assumed with high probability that a yield of about 4 kg ha^{-1} is close to the actual one. This permits estimating total northern pike catches from the total surface area of waters exploited by anglers at about 2,000 tons, which is eightfold more than the catch obtained with commercial fishing gear (250 tons).

Conclusions

The significant disproportion between catches of northern pike with commercial and angling fishing gears is quite understandable if we take into account the fact that we currently have more than a million anglers and about 400 commercial lake fishers. Importantly, on a national scale, anglers currently express the strongest preference for catching northern pike (Czarkowski et al. 2018). Let us add to this the fact that traditional fisheries management is conducted on about half of the total water surface area of Poland (excluding carp production ponds and some nature reserves), while angling pressure is exerted on almost the entire area of these waters (excluding the waters mentioned above). It must be emphasized at this point that the study results presented regarding northern pike angling catches were based on two methods, namely voluntary questionnaire studies and compulsory catch registers, and they are only estimates, which is the result of the advantages and disadvantages of the research methods applied. Many years of experience using these two methods permitted us to draw the following general conclusion; the results regarding the size of angling catches obtained based on voluntary surveys and interviews are usually three to four times higher than those obtained after the analysis of obligatory catch registers. Therefore, the method using catch registers we have provided permits a conclusive examination of qualitative factors, but it is insufficient to examine quantitative parameters (Wołos and Trella 2017). Therefore, the estimate presented in this study, which took into account the results of many other surveys, is an attempt to reach a scientifically justified compromise.

Author contributions. M.T. and A.W. analyzed the data, prepared the figures, wrote the paper. M.T. designed the survey, conducted the review of the literature, and followed up on the publication process. A.W. suggested the topic, collected data, corrected the paper, and approved the final manuscript.

The study was conducted under research grant S-014 for Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute.

ORCID iD

Marek Trella  <https://orcid.org/0000-0003-3700-1771>

Arkadiusz Wołos  <https://orcid.org/0000-0002-6272-7614>

References

- Antosiak, B. (1961). Northern pike (*Esox lucius* L.) growth in lakes near Węgorzewo. Roczn. Nauk Roln. 77-B-2, 579-602 (in Polish).
- Arlinghaus, R., Aas, Ø., Alós, J., Arismendi, I., Bower, S., Carle, S., Czarkowski, T., Freire, K. M. F., Hu, J., Hunt, L. M., Lyach, R., Kapusta, A., Salmi, P., Schwab, A., Tsuboi, J., Trella, M., McPhee, D., Potts, W., Wołos, A., Yang, Z. (2021). Global Participation in and Public Attitudes Toward Recreational Fishing: International Perspectives and Developments, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 29:1, 58-95, DOI: 10.1080/23308249.2020.1782340
- Bnińska, M., Wołos, A. (2001). Management of selected Polish commercial and recreational lake fisheries activities. Fisheries Management of Ecology, 8, 333-343.
- Craig, J. F. (2008). A short review of northern pike ecology. Hydrobiologia 601, 5-16.
- Czarkowski, T. K., Kapusta, A. (2016). Review of problems linked with managing northern pike (*Esox lucius* L.) populations with a particular focus on catching spawners. Komunikaty Rybackie, 3, 13-19 (in Polish).
- Czarkowski, T. K., Wołos, A., Kapusta, A., Kupren K., Mickiewicz, M. (2018). Changes in Polish recreational fisheries over 40 years: Catches, opinions, preferences, and socioeconomic aspects of today's angler. In: Undertakings of fisheries enterprises in 2017 (Eds.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 99-121. (in Polish).
- Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Wołos, A. (2019). Assessment of recreational fisheries pressure and catches in waters exploited by the Mazovian district of the Polish Angling Association in 2017 – Report for the Mazovian district of the Polish Angling Association (typescript): 29 pp. (in Polish).
- Donadi, S., Austin, Å. N., Bergström, U., Eriksson, B. K., Hansen, J. P., Jacobson, P., Sundblad, G., van Regteren, M., Eklöf, J. S. (2017). A cross-scale trophic cascade from large predatory fish to algae in coastal ecosystems. Proc. R. Soc. B: 28420170045. <http://doi.org/10.1098/rspb.2017.0045>
- Eklöf, J.S., Sundblad, G., Erlandsson, M., Donadi, S., Hansen, J.P., Eriksson, B.K., Bergström, U. (2020). A spatial regime shift from predator to prey dominance in a large coastal ecosystem. Communications Biology, 3, 459. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01180-0>.

- Eriksson, B.K., Ljunggren, L., Sandström, A., Johansson, G., Mattila, J., Rubach, A., Råberg, S. Snickars, M. (2009). Declines in predatory fish promote bloom forming macroalgae. *Ecological Applications*, 19, 1975-1988. <https://doi.org/10.1890/08-0964.1>
- Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M., Bergström, U. (2011). Effects of altered off-shore food webs on coastal ecosystems emphasize the need for cross-ecosystem management. *Ambio*, 40, 786. doi: 10.1007/s13280-011-0158-0
- Forsman, A., Tibblin, P., Berggren, H., Nordahl, O., Koch-Schmidt, P., Larsson, P. (2015). Northern pike *Esox lucius* as an emerging model organism for studies in ecology and evolutionary biology: a review. *Journal of Fish Biology*, 87, 472-479.
- Lampert, W., Sommer, U. (2001). *Ecology of inland waters*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 415 pp. (in Polish).
- Larsson, P., Tibblin, P., Koch-Schmidt, P., Engstedt, O., Nilsson, J., Nordahl, O., Forsman, A. (2015). Ecology, evolution, and management strategies of northern pike populations in the Baltic Sea. *Ambio*, 44 (Suppl. 3), 451-461. doi: 10.1007/s13280-015-0664-6
- Leopold, M., Bnińska, M. (1980). Angling, recreation, commercial fisheries and problems of water resources allocation (Ed.) J. H. Grover, *Proceedings of technical consultation on allocation of fishery resources*, Vichy, Auburn University, 212-221.
- Leopold, M., Bnińska, M., Nowak, W. (1986). Commercial fish catches as an index of lake eutrophication. *Arch. Hydrobiol.* 106, 513-524.
- Leopold, M., Bnińska, M. (1987). Assessment of recreational fisheries pressure on the stocks of selected fish species in Polish waters – Consequences of management. *Rocz. Nauk. Rol. H 101 z. 2*, 43-69 (in Polish).
- Leopold, M., Bnińska, M., Wołos, A., Szlażyńska, K., Piskorski, P. (1988). Assessment of recreational fisheries exploitation of the waters of the Słupsk voivodeship based on fishing registration cards. State of the waters and guidelines for their management. Report for the Board of the Słupsk district of the Polish Angling Association, IFI, Olsztyn (typescript): 298 pp. (in Polish).
- Leopold, M., Wołos, A. (1996). Analysis of the state of lake fisheries production in 1995. In: *Lake fisheries. Status, conditions, perspectives* (Ed.) A. Wołos. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 35-43. (in Polish).
- Mehner, T., Arlinghaus, R., Berg, S., Dorner, H., Jacobsen, L., Kasprzak, P., Koschel, R., Schulze, T., Skov, C., Wolter, C., Wysujack, K. (2004). How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: A step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone. *Fisheries Management of Ecology*, 11, 261-275.
- Mickiewicz, M. (2012). Value and structure of fish catches and stocking intensity in lake enterprises before and after fisheries ownership transfer in Poland. *Archives of Polish Fisheries*, 20, 77-83.
- Mickiewicz, M. (2013). Economic effectiveness of stocking lakes in Poland. *Archives of Polish Fisheries*, 21, 323-329.
- Mickiewicz, M., Wołos, A. (2012). Economic ranking of the importance of fish species to lake fisheries stocking management in Poland. *Archives of Polish Fisheries*, 20, 11-18.
- Neumann, T. (2010). Climate-change effects on the Baltic Sea ecosystem: A model study. *Journal of Marine Systems* 81, 213-224.
- Nilsson, J., Flink, H., Tibblin, P. (2019). Predator-prey role reversal may impair the recovery of declining northern pike populations. *Journal of Animal Ecology*, 2019, 88, 927-939. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12981>
- Öhlund, G. (2012). *Ecological and evolutionary effects of predation in environmental gradients*. Dissertation thesis. Department of Ecology and Environmental Science, Umeå Universitet, 23 pp.
- Report on the state of and perspectives for inland fisheries management (1981). Report for the Ministry of Agriculture and Food Management, IFI, Olsztyn (typescript): 33 pp. (in Polish).
- State of and perspectives for inland fisheries in Poland (1986). Report for the Ministry of Agriculture and Food Management, IFI, Olsztyn (typescript): 44 pp. (in Polish).
- Szczepkowski, M., Zakęś, Z., Kapusta, A., Szczepkowska, B., Hopko, M., Jarmołowicz, S., Kowalska, A., Kozłowski, M., Partyka, K., Piotrowska, I., Wunderlich, K. (2012). Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile northern pike reared in recirculating aquaculture systems. *Archives of Polish Fisheries* 20, 267-274.
- Szczepkowski, M., Zakęś, Z., Szczepkowska, B., Piotrowska, I., Kozłowski, M., Wunderlich, K., Kapusta, A. (2015). Tag retention, growth rate, and survival of juvenile pike tagged with visible implant elastomer and coded wire tags. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(1), 12-16.
- Traczuk, P. (2013). Characteristics of great cormorant breeding colonies in northeastern Poland. In: *Sustainable exploitation of fishery stocks and their state in 2012* (Ed.) M. Mickiewicz, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 81-92 (in Polish).
- Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. (2019). Determinants of fisheries management in dam reservoirs in Central-Eastern Europe under the influence of climate change. *Fisheries & Aquatic Life* 27, 208-223.
- Trella, M., Wołos, A., Chmielewski, H., Grzegorzczak, J., Miętus, A. (2019). Recreational fisheries catches in waters exploited by the Toruń district of the Polish Angling Association in 2017. Wyd. SW Edycja, Olsztyn, 114 pp. (in Polish).

- Wake, B. (2012). Modelling: Climate and Baltic Sea nutrients. *Nature Climate Change* 2, 394.
- Wołos, A. (1984). Declines in commercial catches of northern pike in the Great Masurian Lakes region. An attempt to determine the size of recreational catches. *Gosp. Ryb.* 3, 21-22 (in Polish).
- Wołos, A., Grabowska, K. (1990). Assessment of the recreational fisheries exploitation of the waters of the Suwałki district of the Polish Angling Association based on catch records from 1988. Analysis of commercial-recreational fisheries management, water status, and guidelines for their management. Report for the Board of the Suwałki district of the Polish Angling Association, IFI, Olsztyn (typescript): 55 pp. (in Polish).
- Wołos, A. (1991). Anglers' opinions as to the quality of the fishing and the fishery management in selected Polish waters. In: *Catch effort sampling strategies. Their application in freshwater fisheries management* (Ed.) I.G. Cowx, Fishing News Books, 134-142.
- Wołos, A., Piskorski, P. (1991). Anglers' catches as an illustration of the fish community structures, angling pressure and angling regulations based on inland waters in Krosno Region, Poland. In: *Catch effort sampling strategies. Their application in freshwater fisheries management* (Ed.) I.G. Cowx, Fishing New Books, 166-176.
- Wołos, A. (1992). Development of research methods and their application in determining the principles of lake management for recreational fisheries. Doctoral dissertation, IFI, Olsztyn, 62 pp. (in Polish).
- Wołos, A. (1994). Recreational fisheries as an element of lake exploitation. In: *Current issues in lake fisheries* (Ed.) A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 119-132 (in Polish).
- Wołos, A., Teodorowicz, M., Brylski, H. (1998). Socio-economic analysis of recreational fisheries in 2 departments of the Polish Anglers Association, based on the results of the registration of anglers' catches. In: *Recreational fisheries. Social, economic and management aspects* (Eds) P. Hickley and H. Tompkins, Fishing New Books, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 36-47.
- Wołos, A. (2000). Economic significance of recreational fisheries in entities authorized to exploit lake fisheries. *Archives of Polish Fisheries*, 8, 1: 54.
- Wołos, A., Mickiewicz, M. (2002). Objectives and methods of recording recreational fisheries. Brochure for the Board of the Polish Angling Association, SPW Edycja, Olsztyn, 36 pp. (in Polish).
- Wołos, A., Mioduszevska, H., Czerwiński, T., Mickiewicz, M., Chmielewski, H., Grzegorzczak, J. (2006). Recreational catches in waters used by the Jelenia Góra, Legnica, Wałbrzych and Wrocław districts of the Polish Angling Association in 2004. SPW Edycja, Olsztyn: 164 pp. (in Polish).
- Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Trella, M. (2015). Characteristics of the pressure and recreational fisheries in lakes exploited by fisheries enterprises in 2013. In: *Sustainable exploitation of fisheries resources and their state in 2014* (Eds.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 159-171 (in Polish).
- Wołos, A., Trella, M. (2017). Mandatory registration of recreational fisheries – data reliability and usefulness in determining the state of fish resources. In: *Recreational fishers 2016 – The role of fisheries management in the waters of the Polish Angling Association and principles of sustainable development* (Ed.) M. Mizielniński. Wydawnictwo Wieś Jutra Sp. z o.o., Warszawa, 191-210 (in Polish).
- Wołos, A. (2018). Fisheries management in Lake Śniardwy. Multidimensional impressions based on economic data and two days of angling in September 2018. *Komunikaty Rybackie*, 5, 25-33 (in Polish).
- Wołos, A., Czarkowski, T.K., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Chmielewski, H., Miętus, A. (2018). Size and structure of recreational fisheries catches in the waters of the Katowice district of the Polish Angling Association in 2017. Using statistical methods to evaluate the effectiveness of restocking with valuable fish species. SW Edycja, Olsztyn: 173 pp. (in Polish).
- Wołos, A. (2019a). Size and characteristics of lake fishing production in 2018. In: *Activities of fishing and angling entities in 2018. Economic and environmental conditions* (Eds.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 9-19 (in Polish).
- Wołos, A. (2019b). Information on inland fishing in the Warmian-Masurian Voivodeship in 2018. Study for the Marshal's Office of the Warmian-Masurian Voivodeship in Olsztyn in 2018. IFI, Olsztyn (typescript): 2 pp. (in Polish).
- Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Chmielewski, H. (2019). Recreational catches in waters exploited by the Bielsko-Biała district of the Polish Angling Association in 2017. SW Edycja, Olsztyn: 37 pp. (in Polish).
- Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H. (2020). Fisheries management in inland surface waters in 2018. Part 1. Authorized to fish, fisheries zones, commercial catches, employment, and recreational catches. *Komunikaty Rybackie*, 1, 13-22 (in Polish).
- Zakęś, Z., Szczepkowski, M., Kapusta, A., Rożyński, M., Stawicki, K., Pyka, J., Szczepkowska B., Wunderlich, K., Kozłowski, M., Kowalska, A., Hopko M. (2015). From aquaculture to nature. Developing alternative methods for managing the fisheries of predatory lake fish (Eds.) Z. Zakęś, M. Szczepkowski, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 224 pp.

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). The perception of the issue of spawner harvesting in lakes by the owners and managers of the entities authorised to commercial and recreational fisheries management. Fisheries & Aquatic Life 29, 135-147.

DOI: 10.2478/aopf-2021-0015.

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań, zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy, graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji składającej się na rozprawę wyniósł **80%**.

mgr inż. Marek Trella

1.03.2022 Trella
.....
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). The perception of the issue of spawner harvesting in lakes by the owners and managers of the entities authorised to commercial and recreational fisheries management. Fisheries & Aquatic Life 29, 135-147.

DOI: 10.2478/aopf-2021-0015

mój udział procentowy wyniósł 20% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☐	Koncepcja pracy	☒	Interpretacja wyników
☒	Zaplanowanie badań	☒	Pisanie pracy
☐	Prowadzenie badań	☐	Graficzne przedstawienie wyników
☐	Zbieranie danych	☐	Przegląd literatury
☒	Analiza danych	☒	Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu
☐	Analiza statystyczna	☐	Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

prof. dr hab. Arkadiusz Wołos

11.03.2022

data i podpis

The perception of the issue of spawner harvesting in lakes by the owners and managers of the entities authorised to commercial and recreational fisheries management

Marek Trella, Arkadiusz Wołos

Received – 04 September 2021/Accepted – 19 September 2021. Published online: 30 September 2021; ©Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Poland
Citation: Trella, M., Wołos, A. (2021). The perception of the issue of spawner harvesting in lakes by the owners and managers of the entities authorised to commercial and recreational fisheries management. Fisheries & Aquatic Life 29: 135-147.

Abstract. In recent years, the issue of spawner harvesting has been frequently addressed by different groups of stakeholders involved in the exploitation of fish resources. The increasingly numerous angling circles, which use these resources recreationally, question the current rules of fish stocking management in Poland, and its legal and economic status has become the focus of scientists' interest. The aim of the study was to present and discuss the results of a questionnaire survey addressed to managers and owners of lake fisheries entities in order to identify the determinants of fisheries management related to spawner harvesting. Questionnaires were collected from a total of 76 entities, and concerned 1921 lakes with a total area of 174,078 ha, which accounts for more than 64% of the total area of lakes used for fishing and angling purposes in Poland. The paper presents *inter alia* the occupational characteristics of the respondents; their positions on the effect of spawner harvesting on lake ecosystem, environmental protection, and social factors; anglers' assessments of spawner harvesting; the actual and potential methods for regulating this harvesting; and the negative and positive effects of the introduction of a prohibition on this harvesting. The results show that the respondents under study generally do not see the need for the introduction of additional (except those already in place) regulations concerning spawner harvesting, most of them notice

the adverse effects of their introduction, but they are also aware of the possible changes and their impact on management.

Keywords: lake fisheries entities; spawners; catches; fisheries management

Introduction

Lake fisheries management is an important branch of inland fisheries, as in Poland, the largest country of the Central Eastern European region, the total area of lakes is 2,813.77 km² i.e. approximately 0.9% of the total area of the country (Mitchell et al. 2010), and the total area of lakes used for fishing and angling purposes is approximately 2,700 km² (Wołos et al. 2015). This management comprises many components, of which three are crucial, namely commercial fisheries, recreational fishing (angling), and properly conducted fish stocking management (Trella and Wołos 2021a). In order to meet the ecodevelopment criteria, fish stocking management should satisfy three basic conditions: it must be ecologically acceptable (safe) while being socially desirable and economically feasible (Leopold and Bnińska 1992,

M. Trella [✉], A. Wołos
Department of Fisheries Bioeconomics, Stanisław Sakowicz Inland
Fisheries Institute in Olsztyn,
ul. Oczapowskiego 10, 10-719 Olsztyn, Poland
E-mail: m.trella@infish.com.pl

Turkowski 2006, Mickiewicz and Wołos 2011, Trella and Wołos 2021a).

In recent years, the issue of spawner harvesting has been very often addressed by different circles using fish resources (Czarkowski and Kapusta 2016), mainly persons using those resources recreationally, who are increasingly critical of the current principles of fish stocking management in Poland. Specialists, who oversee fisheries management under the authority of state institutions, have also begun to address this issue due to the increasing pressure from the angling and environmental circles. These discussions mainly concern the purposefulness or necessity of carrying out these harvesting operations, both in economic and ecological terms, and, with an allowance for how this problem affects the stakeholder groups concerned (anglers, ecologists, politicians), the social impact is also strongly noticeable. The opponents of spawner harvesting, in addition to arguing that these treatments are neither effective or economically justified, give specific examples of failed fish stocking campaigns, and often mention hazards to biodiversity or changes to the natural environments themselves, that can result from irresponsible or inappropriate stocking (Cambray 2003, Johnson et al. 2009, Czarkowski and Kapusta 2016). On the other hand, fish stocking promoters (Mickiewicz 2016) claim that the harvesting of spawners is a key element of fisheries management, and that one of the most important goals of these measures is to maintain or increase the size of economically valuable fish species populations to a level that makes the fisheries management economically viable (Mickiewicz and Wołos 2011, Zakęś and Demska-Zakęś 2011, Trella and Wołos 2021a) and ecologically important, particularly in terms of biodiversity preservation (Diana 2009). In addition, the entities authorised to fishing are required to carry out fish stocking operations (Mickiewicz 2016), therefore, in contrast to angling organisation in e.g. Germany, where stocking is a routine treatment carried out on an annual basis, often due to respect for tradition (Arlinghaus 2018), fish stocking is an obligation on nearly all waters owned by the State Treasury, and the failure to fulfil this obligation can be considered by relevant inspection authorities as carrying out

irrational fisheries management operations (Mickiewicz 2014). It is also worth mentioning that there are specialised fish stocking facilities operating in Poland, which create a very thriving sector, as evidenced by the large number of hatchery and rearing facilities (Zakęś and Jarmołowicz 2009, Trella and Wołos 2021a). In recent years, it has become increasingly common to produce fish stocking material in recirculating aquaculture systems (RAS), which allows optimum conditions to be provided for different fish species (Szczepkowski et al. 2012, Budzich-Tabor et al. 2018).

While pursuing the public interest, and moving away from an imperative approach to the issue of solving stocking problems, for the sake of public debate (Dobrowolski 2013), this paper incorporates the main players, namely the entities authorised to fishing, and entities carrying out fisheries and angling management operations on lakes. Therefore, the aim of the study was to present and discuss the results of a questionnaire survey addressed to managers and owners of lake fisheries entities in order to identify the determinants of fisheries management related to the issue of spawner harvesting.

Materials and methods

The analyses were conducted based on the collected detailed questionnaires that had been sent to fisheries entities that carry out fisheries and angling

Table 1
Basic characteristics of the entities under study

Entity type	Number of entities (n)	Lake area (ha)	Average lake area per 1 entity (ha)	% of the area
Fish farms	49	111,985	2,285	64.3
Polish Angling Association (PAA) districts	12	53,976	4,498	31.0
Private firms and institutions	12	4,449	371	2.6
National Parks	3	3,664	1,221	2.1
Total	76	174,078	2,29	100

Table 2

Parameters of the water bodies under study

Parameter	Actual data	M	Me	SD	Range	Proportion (%)
Total area of lakes (ha)	174,078	2,290.5	733.4	3,423.4	13.3-21,553	100
Total number of lakes	1,921	25.3	10.0	39.6	1-186	100
Area of water bodies used for fishing purposes (ha)	135,842	1,787.4	454.4	3,201.9	0-20,008	78.0
Number of lakes used for fishing purposes	897	11.8	5.0	16.7	0-103	46.7
Area of water bodies used for angling purposes (ha)	172,394	2,237.3	733.4	3,419.5	8-21,553	99.0
Number of lakes used for angling purposes	1,876	24.7	8.0	39.6	1-186	97.7

M - mean, Me - median, SD - standard deviation

management operations on lakes. Questionnaires concerning 1921 lakes with a total area of 174,078 ha (Table 1 and 2), which accounts for more than 64% of the total area of lakes used for fishing in Poland, estimated at 270,000 ha (Wołos et al. 2015), were collected from a total of 76 entities (including 12 districts of the Polish Angling Association (PAA)) and analysed.

Based on the responses obtained in the survey, the following issues, concerning the determinants of spawner harvesting in fisheries and angling entities authorised to use lakes for fishing and angling purposes, were defined and analysed:

- educational background and experience of both the authorised persons and employees of the entities under study;
- positions on the issue of spawner harvesting and its impact on the environment;
- assessment of the potential regulations concerning spawner harvesting;
- positive and negative effects of the introduction on a prohibition on spawner harvesting;
- the ways to compensate for potential losses related to the introduction of this prohibition.

As regards the assessment of both the negative and positive consequences of the introduction of a prohibition on spawner harvesting and the potential compensation for entities, it was possible to select more than one of the proposed answers.

Based on the obtained questionnaire data, the nature of the waters under study, on which fisheries entities carry out fisheries management activities, was analysed after dividing them into waters used for fishing and for angling purposes. Both the areal extent and the percentage of this type of water bodies are provided.

As regards the questions where respondents could indicate a rating scale for a particular regulation (the so-called Likert scale), it was expressed in a range of ranks from 0 to 5, where 0 is a “very poor”, and 5 is a “very good” rating.

The study used basic statistical parameters such as percentages, mean values (M), standard deviations (SD), median (Me), modal value (Mo), and sums of ranks (SR). All calculations and drawings were made using the Microsoft Excel program.

Results

Characteristics of the waters under study, on which fisheries entities carry out fisheries management activities

The majority of users who carry out fisheries management operations on lakes are fisheries enterprises that conduct their activities over 64.3% of the area of the water bodies under study, which are followed by

the PAA districts (31.0%), while private firms and institutions, as well as National Parks, carried out management activities on a total of less than 5% of the area (Table 1). The lakes under study, used by 1 entity, fell within the range of 13.3-21,553 ha, and the number of lakes fell within the range of 1-186. The area used for commercial fishing purposes accounted for 78% of the total area, while the proportion of the number of lakes used for fishing purposes was 46.7%. The proportions of both the area used for angling purposes and of the number of lakes were significantly higher and accounted for 99 and 97%, respectively (Table 2). It is worth noting, however, that the smaller proportion of waters used for fishing purposes is due to the fact that the majority of PAA

districts do not exploit fishing resources in their waters, which results in the area of water bodies used for fishing purposes being unreported by the vast majority of these entities.

Occupational characteristics of the persons authorised to fishing and employees of the entities under study

Analysis of the educational background and experience of both the authorised persons (managers, farm owners) and farm employees (ichthyologists, manual workers) shows clearly that the vast majority of farm owners have higher education, with more than half of them having a university degree in fisheries, and only

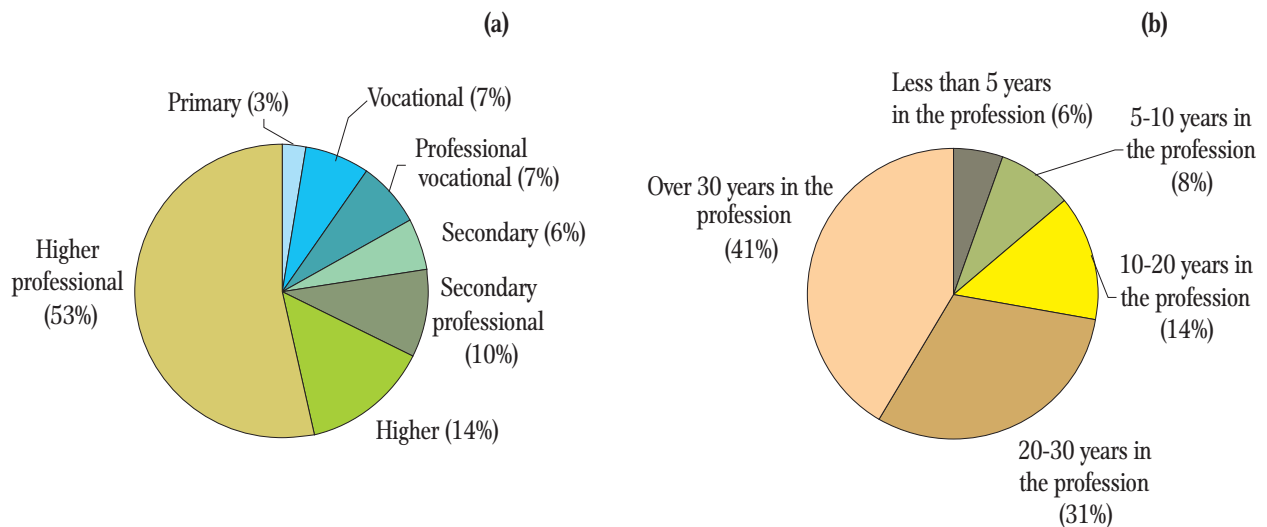


Figure 1. Educational background (a) and experience (b) of the persons authorised to fishing.

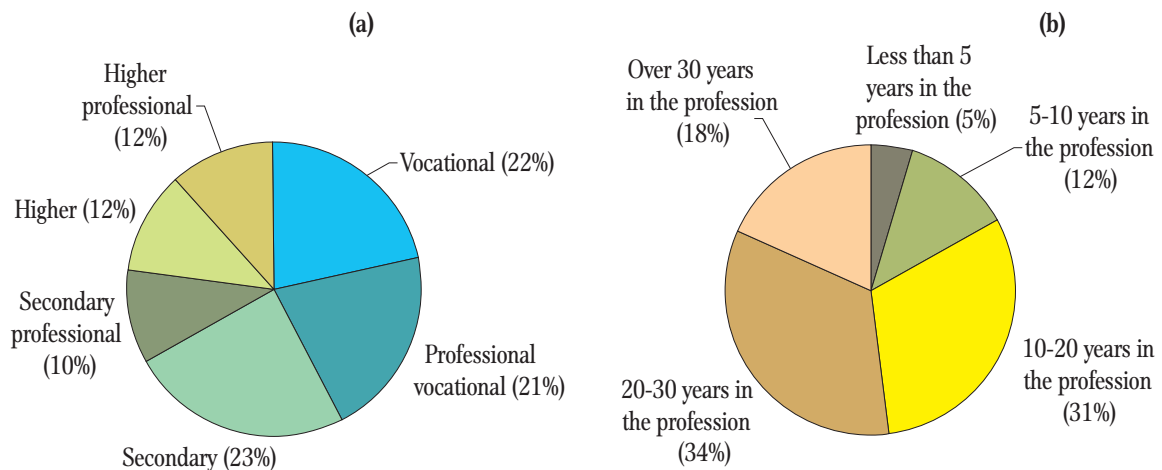


Figure 2. Educational background (a) and experience (b) of employees of the entities under study.

3% having primary education. In terms of experience, 41% of the authorised persons have more than 30 years' experience, 31% have more than 20 years' experience, and only 6% have less than 5 years' experience (Fig. 1). On the other hand, the majority of employers of the entities under study have no tertiary education (only 24%, of which 12% have professional education), most of them have vocational education, 21% of which have professional vocational education (Fig. 2). It is worth noting here that none of the employees in this group had primary education, which may be a result of the 1999 school reform that resulted in most people having the opportunity to obtain lower-secondary (i.e. higher than primary) education. 34% of the employees have more than 20 years' experience, 31% have more than 10 years' experience, and only 18% have more than 30 years' experience.

The authorised persons' position on spawner harvesting and its effect on ecology and environmental protection as well as social factors

The respondents' position on the sense of harvesting spawners is rather clear, with as many as 81% users of lakes claiming that they are necessary for carrying out stocking, and only 3% claiming that they are redundant (Fig. 3). On the other hand, as regards the environmental impact, 66% of respondents stated that spawner harvesting had a positive effect, nearly one in three respondents indicated that they had no effect, and 4% stated it was detrimental (Fig. 4).

Analysis of the distribution of the responses to the question about the respondents' opinions on the anglers' approach to the issue of harvesting shows that 31.9% anglers rate the harvesting as satisfactory, 31.9% as good, over 27% as poor, over 27% as very poor, and only 8.3% as very good. The majority of respondents (52.1%) rated their relationship with anglers as positive, and only 1.4% of respondents rate this relationship as inadequate. When it comes to the question as to which circles exert the strongest pressure in the matter of spawner harvesting, the majority

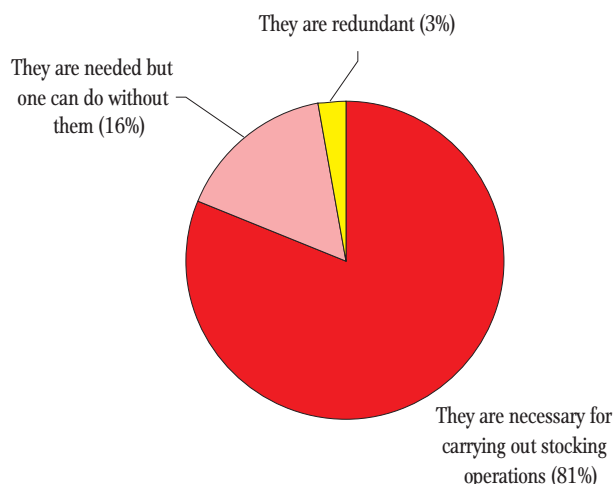


Figure 3. Distribution of responses to the question concerning the purposefulness of spawner harvesting.

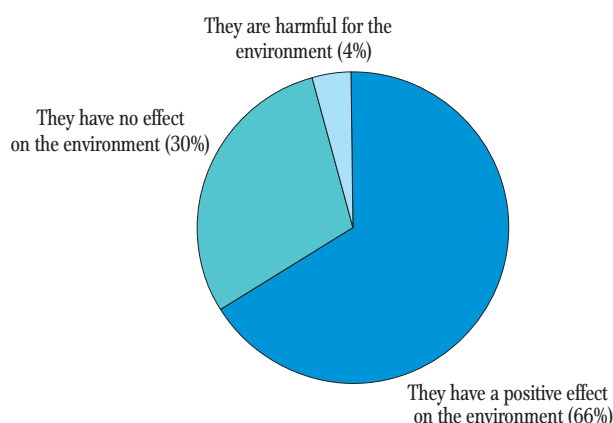


Figure 4. Distribution of responses to the question concerning the impact of spawner harvesting on the environment.

of respondents agreed that it was mainly environmental organisations i.e. those aiming *inter alia* at maximum animal protection (53.4% of the responses) and anglers (30.0%), while scientists were indicated by only 3.3% of the respondents (Table 3).

Assessment of methods concerning the regulation of spawner harvesting

Table 4 presents the ratings of the particular ways of regulating spawner harvesting. The best rated proposal which scored 209 sum of ranks (SR) points was the *complete freedom for farms to act with regard to spawner harvesting*, which was also the only proposal that was rated overall positively (Table 4). It is

Table 3

Distribution of responses (%) to the question concerning the rating of spawner harvesting by various circles

Question	Distribution of responses (%)				
In your opinion, how do anglers fishing on your waters rate spawner harvesting for the purposes of the farm / PAA district?	very poorly	poorly	satisfactory	well	very well
	8.3	19.4	31.9	31.9	8.3
How do you rate the relationship of your farm / PAA district with anglers?	unsatisfactory	satisfactory	well	very well	
	1.4	27.4	52.1	19.2	
In your opinion, which circles exert the greatest pressure in the matter of the lack of spawner harvesting purposefulness?	anglers	environmental organisations	officials	scientists	
	30.0	53.4	13.3	3.3	

Table 4

Distribution of responses to the question concerning potential regulations on spawner harvesting

Question	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
SR	20	94	123	99	40	61	106	73	134	209
M	0.27	1.31	1.71	1.41	0.56	0.84	1.51	1.00	1.84	2.86
Me	0	1	1	1	0	0	1	0	2	3
Mo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5

Range 0-5, where 0 - a very poor rating, 5 - a very good rating

Issues: A. a total prohibition on spawner harvesting; B. a partial prohibition on spawner harvesting (prohibition concerning certain species); C. spawner genetic monitoring (the selection of spawners for spawning based on genetic analysis results); D. spawner harvesting allowed only in the lakes where spawning is impeded; E. spawner harvesting allowed only in the lakes where anglers or environmental organisations give their consent; F. an obligation to release all spawners (regardless of their condition) back into the lake; G. obligation to carry out spawning while alive; H. a prohibition on the sale of killed spawners; I. a prohibition on trade in live spawners; J. complete freedom for farms to act with regard to spawner harvesting; SR - sum or ranks, M - mean, Me - median, Mo - modal value

worth mentioning here, however, that the proposal to liberalise spawner harvesting was also opposed by a good many respondents, resulting in an average score of 2.86. The other proposals were mostly rated very negatively, hence the modal value (the most frequent rating) for proposals from A to I amounted to 0. However, despite the overall negative rating of the ideas, the proposal to prohibit trade in live spawners scored 134 SR points, and *spawner genetic monitoring (the selection of spawners for spawning based on genetic analysis results)* scored 123 SR points. The lowest rated proposals included a *total prohibition on spawner harvesting* (20 SR points) and *spawner harvesting allowed only in the lakes where anglers or environmental organisation give their consent* (40 SR points). As shown in Fig. 5, as many as 31.7% had not heard of any of these potential proposals to regulate spawner harvesting, and only 4% were aware of

all of them. The most frequent ones included a *partial prohibition on spawner harvesting (prohibition concerning certain species)*, chosen by 13.9% of the

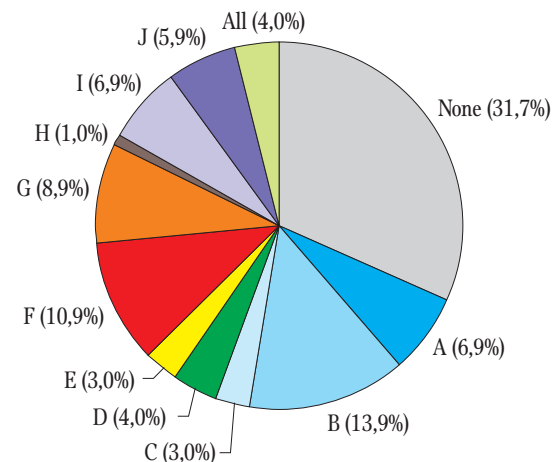


Figure 5. Distribution (%) of responses to the question concerning the knowledge of proposals to regulate spawner harvesting prior to filling in the questionnaire. Descriptions as in Table 4.

respondents, and an *obligation to release all spawners (regardless of their condition) back into the lake* (10.9%).

Assessment of the negative and positive consequences of the introduction of a prohibition on spawner harvesting, and the potential compensation for entities

According to the respondents, the worst consequences of the introduction of a prohibition on spawner harvesting include the *failure to carry out rational fisheries management operations* (75.0% of the respondents), a *drop in stocking rates* (65.8%), and a *reduction in fish population size* (64.5%) (Fig. 6). The least burdensome effects include, contrary to appearances, the *dismissal of fisherpersons* (21.1%) and *farm closure* (8.4%). As regards *other* responses which accounted for less than 4% of their total number, these included no adverse effects or fish dwarfing.

When assessing the positive aspects of the introduction of a prohibition on spawner harvesting, as many as 46.1% of respondents reported that they noticed no positive effects of the introduction of such regulations. On the other hand, 35.5% of

respondents indicated that it could contribute to *anglers' satisfaction*, while 19.7% declared that it could contribute to an *increase in the population of large individuals*. An increase in biodiversity, both biological and genetic, was indicated by 3.9% of respondents (Fig. 7).

Should a situation arise that spawner harvesting is prohibited, the majority of owners of the entities under study (56.6%) selected the option of higher fees for anglers harvesting prized fish, including predators, 34.2% selected higher fees for all anglers, and 21.1% would *prohibit taking prized fish from the fishing ground*. It is worth mentioning here that 15.8% of respondents stated that the losses resulting from the introduction of the prohibition concerned could not be compensated. The *other* responses, which accounted for 3.9% of their total number, included the exemption from stocking obligation, or reduction in lease payments (Fig. 8)

Discussion

In order to implement proper management strategies in inland fisheries, including for spawner harvesting, i.e. sustainable exploitation of fish stocks, a basic

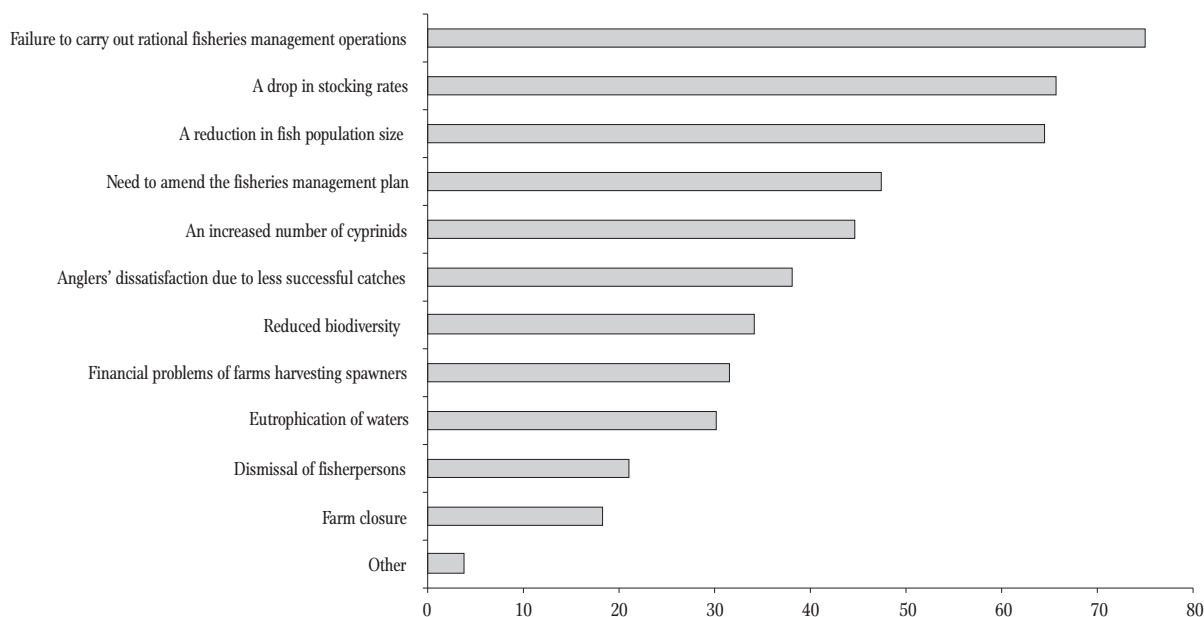


Figure 6. Distribution of responses (%) to the question concerning the negative consequences of the introduction of a prohibition on spawner harvesting.

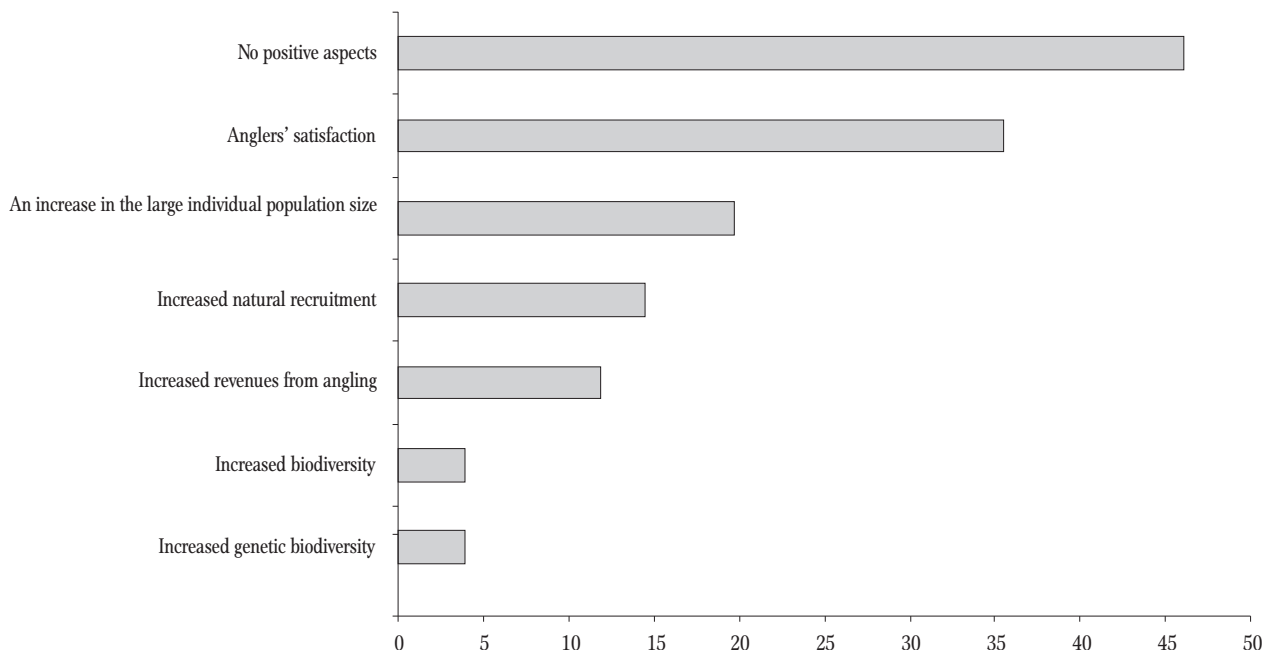


Figure 7. Distribution of responses (%) to the question concerning the positive consequences of the introduction of a prohibition on spawner harvesting.

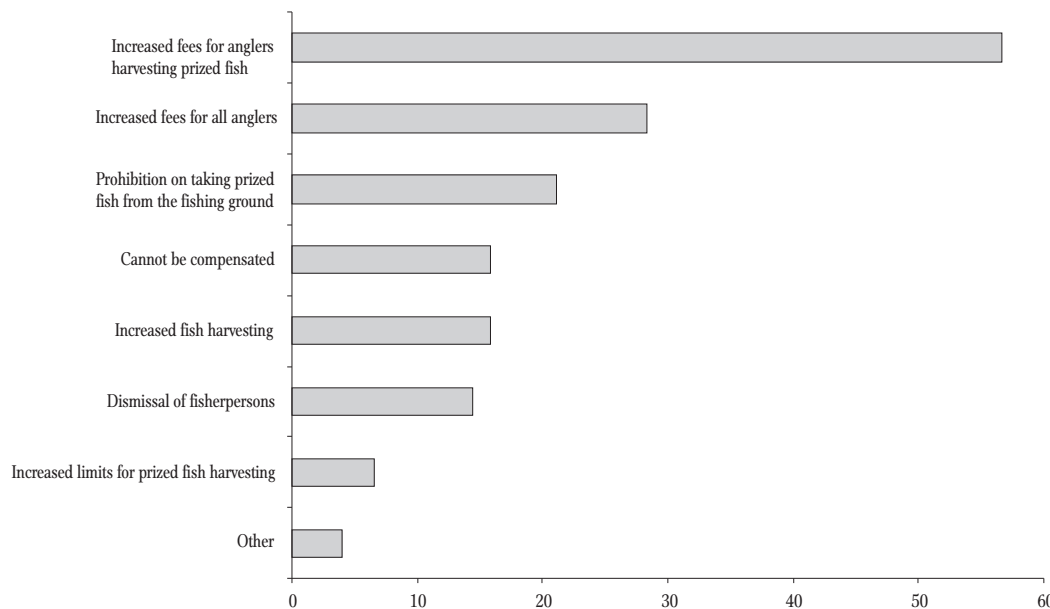


Figure 8. Distribution of responses (%) to the question concerning the possible ways to compensate farms for the prohibition on spawner harvesting.

knowledge of the waters under management is required (Brämick 2002). As can be seen in recent times, in addition to biological aspects, socio-economic and ecological factors are also important, as they are often crucial in making decisions concerning water body management (FAO 1997, Hickley and Tompkins 1998), and inappropriate

management of such delicate resources as lakes can result in environmental degradation in their catchments (Hecky et al. 2003). It is therefore not surprising that so many circles are so concerned to ensure that these resources can be used for as long as possible, and that their level of management is of the highest possible standard. The presented study results

demonstrate that the majority of entities authorised to fishing have higher fisheries education. They should therefore be prepared to introduce innovations in harvesting spawners and handling them during and after spawning, and yet the so-called classical method for obtaining gametes (Czarkowski and Kapusta 2016) is likely to continue to be used for a long time, even though it potentially reduces the survival rate of the future larvae (Cejko et al. 2015). It should be borne in mind, however, that the method is adopted all over the world, as it is simply inexpensive (Pierce et al. 2012, Hühn et al. 2014, Czarkowski and Kapusta 2016). However, due to the intensive development of aquaculture, larviculture, and controlled breeding conditions, it is now much easier for farms to both acquire the necessary stocking material and produce it on their own, so that the demand for live spawners is expected to decrease.

The application of the above-mentioned innovations may result in a lower demand for spawners, but these methods require not only longer experience and greater labour input but also a greater financial expenditure (Mickiewicz, 2016). A good example of how the price of material affects farms' decisions is the regression in the management of the whitefish *Coregonus lavaretus* (L.), observed for many years (Trella et al. 2012), as the drop in stocking rate was due to the very high price of stocking material, and it is more profitable for fish farms to catch the vendace *Coregonus albula* (L.) and stock waters with this species. The expenditure on vendace stocking is mostly recouped after 2 years, and not 3 or 4 years, as is the case with whitefish stocking (Zacharczyk 2007, Trella et al. 2012).

Currently, the species that is dominant in terms of the stocking of lakes, rivers, and dammed reservoirs in Poland is the pike *Esox lucius* L. (Trella et al. 2019, Trella and Wołos 2021a, Trella and Wołos 2021b). These measures are due to the fact that the pike is the species most preferred by anglers (Wołos 2000, Trella and Wołos 2021c) but also a species of high ecological importance (Lampert and Sommer 2001, Craig 2008, Forsman et al. 2015), as it is the main predator in many water bodies that plays a significant ecological role in regulating the populations

of other fish species, especially cyprinids (Craig 2008, Trella and Wołos 2021c). Trella and Wołos (2021a) demonstrated that the area of open waters in Poland, stocked with pike since 2008, was over 80%, and during the study period of 2005-2019, it exceeded the value of 87% by as many as 5 times. The pike will probably remain the key species for years to come, and the harvesting of its spawners will continue to be a necessity for fisheries management, not only for lakes (Trella and Wołos 2021a, Trella and Wołos 2021b, Trella and Wołos 2021c). The expenditure on stocking with this species will continue to be high, with an increasing trend observed by Trella and Wołos (2021a), which may be related to the relatively high cost-effectiveness of fish stocking, as demonstrated by Mickiewicz and Trella (2019), with lakes of the Ełk Lakeland serving as an example. It is worth mentioning that the stocking was carried out in order to counterbalance the high angling pressure, fishing catches, and the impact of the cormorant *Phalacrocorax carbo* (L.), rather than to restore the population which was not endangered (Trella and Wołos 2021a). However, studies into the effectiveness of stocking lakes with the pike (Mickiewicz and Trella 2019) and into dammed reservoirs (Trella and Wołos 2021b) showed that there was a limit to the economic profitability of stocking, where an increase in the stocking rate did not translate into higher catches of this species, and sometimes these catches were even reduced.

The fishing users of lakes under study are characterised by a strong aversion to potential changes and innovations regarding the harvesting of spawners, even though genetic monitoring allows high genetic variability of spawning stocks to be maintained (Fopp-Bayat and Wiśniewska 2010, Trella et al. 2012). A serious threat to genetic biodiversity is the stocking with closely related stocking material obtained from a small number of spawners, which can result in inbreeding in the fish population, and the impoverishment of its gene pool (Fraser 2008, Leberg and Firmin 2008, Fopp-Bayat 2010, Trella et al. 2012). It is common for inbred individuals to suffer from a reduction in the quality of certain traits, resulting e.g. in reduced fertility, reduced resistance to

disease, and growth inhibition (Trella et al. 2012), and the phenomenon is referred to as inbreeding depression (Wang et al. 2002). This phenomenon is caused by a reduction in heterozygosity, which results in the revealing of recessive genes (Fopp-Bayat 2010). This is why farms themselves should take an initiative with a view to introduce such innovations, in order for the fisheries management *ex definitione* to be more rational.

The reluctance of the entities under study to radically change the situation, i.e. to introduce a complete prohibition on spawner harvesting, is not surprising, as the entities authorised to fishing must primarily fulfil their obligations imposed on them by the agreement with the Regional Water Management Board, and the fisheries impact assessment. Carrying out sustainable fisheries management operations on lakes requires a rational fishing and stocking policy, irrespective of whether it is done with fishing gear or a fishing rod (Vehanen et al. 2002). This is why so many persons authorised to fishing indicated that the introduction of such regulations would virtually prevent them from fulfilling the obligation to carry out rational fisheries management operations. It is appropriate to mention the existing definition of rational fisheries management, as provided in Article 6.1. of the Inland Fisheries Act: *Rational fisheries management involves the use of the productive capacity of waters in accordance with the fisheries impact assessment, in a manner that does not prejudice the interests of the entities authorised to fishing in the same drainage basin, with fish resources being maintained in biological balance, and at a level that allows the future entities authorised to fishing to economically use these resources.* According to these provisions, the productive capacity of waters should be used in all fishing districts, yet due to their diversity, the productive capacity varies drastically and can be used with various intensity and by different methods (Wołos and Falkowski 2003). Would a prohibition on spawner harvesting dramatically improve fish resources and result in a biological balance being maintained if, despite the absence of this harvesting, there still had been high pressure exerted by anglers and fish-eating animals, particularly the

cormorant? It is sufficient to mention here the recent study by Napiórkowska-Krzebietke et al. (2020, 2021), with Lake Warnołty with the most numerous cormorant colony in the belt of lake districts serving as the example, where the presence of cormorants (or, more precisely, their excrements) has resulted in a significant increase in the phosphorus content and chlorophyll a levels, and the occurrence of intense cyanobacteria bloom in the lake waters, and, consequently, in adverse changes in the functioning of the entire aquatic ecosystem (Trella and Wołos 2021c).

In turn, it is surprising that so many respondents thought it would be a good idea for there to be complete freedom of farms when it comes to spawner harvesting. At present, liberalisation of law in this respect is completely unrealistic (and irrational), especially as the entire fishing sector is currently under fire from various organisations, not only environmental ones.

It might appear that the problem of the prohibition concerns the PAA to a lesser extent, as, under anglers' pressure, commercial fishing was ceased or discontinued in many districts on waters belonging to this association, which concerns e.g. the Toruń or Szczecin district. As a result of these decisions, in 2019, the total fishing yield in the lakes used by the PAA was only 2.98 kg ha^{-1} , while for company entities it was 7.80 kg ha^{-1} (Wołos 2020). Nevertheless, the above-mentioned PAA district in Toruń which, in 2009, introduced a prohibition on fishing, retained, as an exception, the opportunity to harvest spawners for the purpose of supplying own hatcheries with reproductive material (Wołos and Trella 2017). In spite of these actions, protests are still organised in front of the PAA District Board in Toruń with slogans "Stop the PAA harvesting", in which numerous groups of anglers participate to demand that the spawner harvesting must be ceased, or the fish stocking profile must be changed. Despite a lot of pressure from anglers, more than half of the entities described their relationships with anglers as good, and indicated that it is the environmental organisations, and not anglers, that demand an end to the harvesting of spawners.

Respondents indicated an increase in angling fees as the main compensation for the potential prohibition on spawner harvesting. According to a study by Dawes (2009), which examined the effect of actual price increases on the relationship with customers, in this case with anglers, this would not be a reasonable move, as an increase in prices, even more drastic for prized fish, could imply a loss of the customer (angler), and the cost of their “return” would be many times higher. This is particularly true in view of the fact that a trend towards increased interest in sea angling has been observed in recent years (especially in the Vistula and Szczecin Lagoon, and in coastal zones, in the vicinity of major cities), which is a more favourable alternative in terms of permit prices (Trella 2012, Trella and Mickiewicz 2016, Trella 2018).

Conclusions

To summarise, the responses obtained from the questionnaires presented a broad view of the owners and managers of the entities under study on the issue of spawner harvesting. Given that the responses were obtained from the users of almost 64% of the total area of the lakes used for fishing and angling purposes in Poland, it can be concluded that this sample is highly representative for the entire lake fisheries management conducted not only in Poland but also in other countries of our geographical region. As can be seen, carrying out fish stocking management activities and the harvesting of spawners require a comprehensive approach, and the respondents themselves are mostly aware of the possible changes and their effects on management. The study was not intended to prove whether this prohibition would be “bad” or “good” but to present the approaches of persons authorised to fishing to these potential changes.

Authors contributions. M.T. and A.W. designed the survey, analysed the data, and drew up the paper. M.T. prepared tables and figures, conducted the literature review, and followed up the publication process. A.W. corrected the paper, and approved the final manuscript.

The study was conducted under research grant S-014 for the Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute.

Acknowledgments. The study was conducted under research grant S-014 for the Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute. Financed by the scholarship fund of the Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute.

ORCID

Marek Trella  <https://orcid.org/0000-0003-3700-1771>

Arkadiusz Wołos  <https://orcid.org/0000-0002-6272-7614>

References

- Act of 18 April 1985 on inland fisheries. Polish Journal of Law 1985 (Dz.U. 2019 poz. 2168) (in Polish).
- Arlinghaus, R. (2018). Stocking - 10 rules of conduct. In: Pro-environmental actions in rational fishery management (Ed.) A. Wołos. Wydawnictwo, IRS, Olsztyn, 61-68, (in Polish).
- Brämick, U. (2002). Estimation of the Fish Yield Potential of Lakes in North-East Germany. In: Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries (Ed.) I.G. Cowx .
- Budzich-Tabor, U., Rigaud, A., da Silva, S.G., van de Walle, G. (2018). Integrating Aquaculture within Local Communities. European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Director-General: Brussels, Belgium, 2018.
- Cambray, J.A. (2003). Impact of indigenous species biodiversity caused by the globalisation of alien recreational freshwater fisheries. *Hydrobiologia*, 500, 217-230,
- Cejko, B.I., Szczepkowski, M., Szczepkowska, B., Sarosiek, B., Kowalski, R.K. (2015). Pneumatic method of pike oocyte harvest. In: State of knowledge and innovations in wild fish reproduction (Ed.) A. Kowalska, B. I. Cejko, R. K. Kowalski, B. Sarosiek. Wydawnictwo IRZiB PAN, Olsztyn, 95-117, (in Polish).
- Craig, J.F. (2008). A short review of pike ecology. *Hydrobiologia* 601, 5-16.
- Czarkowski, T.K., Kapusta, A. (2016). A review of issues related to the management of pike (*Esox lucius* L.) populations, with particular emphasis on spawner fisheries. *Komun. Ryb.* 3(152), 13-19, (in Polish).
- Dawes, J. (2009). The effect of service price increases on customer retention: the moderating role of customer tenure and relationship breadth. *Journal of Service Research*, 11(3), 232-245,
- Diana, J.S. (2009). Aquaculture Production and Biodiversity Conservation. *BioScience*, Volume 59, Issue 1, January 2009, 27-38,

- Dobrowolski, Z. (2013). Public Debate as an Instrument for Improving Management of Public Organizations, *Studia Lubuskie*, Vol. IX, Sulechów 2013, 127-142, (in Polish).
- FAO, (1997). Inland fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries 6. FAO, Rome: 36 pp.
- Fopp-Bayat D. (2010). The practical use of genetic analyses in protection of whitefish biodiversity from Lake Łebsko. *UWM Scientific Bulletin* no 31 (2010), 11-16, (in Polish).
- Fopp-Bayat D., Wiśniewska, A. (2010). Genetic analysis of whitefish (*Coregonus lavaretus*) from Lake Łebsko - application of microsatellite DNA analysis. In: Breeding, rearing, prevention of rare and protected fish and other species (Ed.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 65-72, (in Polish).
- Forsman, A., Tibblin, P., Berggren, H., Nordahl, O., Koch-Schmidt, P., Larsson, P. (2015). Pike *Esox lucius* as an emerging model organism for studies in ecology and evolutionary biology: a review. *Journal Fish Biology* 87, 472-479.
- Fraser, D. (2008). How well can captive breeding programs conserve biodiversity? - A review of salmonids. *Evolutionary Applications*, 2 s, 1-52,
- Hecky, R.E., Bootsma, H.A., Kingdom, M.L. (2003). Impact of land use on sediment and nutrient yields to Lake Malawi/Nyasa (Africa). *Journal of Great Lakes Research* 29, 139-158.
- Hickley, P., Tompkins, H. (1998). *Recreational Fisheries: Social, Economic and Management Aspects*. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications, (Ed.). Hickley, P, Tompkins, H. Oxford, 310 pp.
- Hühn, D., Lübke, K., Skov, Ch., Arlinghaus R. (2014). Natural recruitment, density-dependent juvenile survival, and the potential for additive effects of stock enhancement: an experimental evaluation of stocking northern pike (*Esox lucius*) fry. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71, 1508-1519,
- Johnson, B.M., Arlinghaus, R., Martinez, P.J. (2009). Are we doing all we can to stem the tide of illegal fish stocking? *Fisheries*, 34, 389-394.
- Lampert, W., Sommer, U. (2001). *Ecology of inland waters*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 415 p. (in Polish).
- Leberg, P.L., Firmin, B.D. (2008). Role of inbreeding depression and purging in captive breeding and restoration programs. *Molecular Ecology*, 17, 334-343.
- Leopold, M., Bnińska, M. (1992). Fisheries management and eco-development. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 401, 73-79, (in Polish).
- Mickiewicz, M. (2014). Fisheries plan as a basis for rational fishery management. In: Principles and conditions of sustainable use of fisheries resources - Part II. (Ed.) M. Mickiewicz, A. Wołos. Olsztyn, Wydawnictwo IRS, 25-40, (in Polish).
- Mickiewicz, M. (2016). Ecological, economic and social aspects of fishery and angling management of pike *Esox lucius* L. *Komun. Ryb.* (3), 20-26, (in Polish).
- Mickiewicz M., Wołos, A. (2011). Species, stages, and value of stocking material released into Polish lakes from 2001 to 2009. In: Fish management in a variable water environment (Ed.) M. Jankun, G. Furgala-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska, Faculty of Environmental Protection and Fisheries University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland, 65-76.
- Mickiewicz, M., Trella, M. (2019). Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions. *Fisheries Aquatic & Life*, 27(3), 136-148.
- Mitchell, M., Vanberg, J. and Sipponen, M. (2010). Commercial inland fishing in member countries of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC): Operational environments, property rights regimes and socio-economic indicators. Country Profiles May 2010. Published by the FAO.
<http://www.fao.org/docrep/015/an222e/an222e.pdf>
- Napiórkowska-Krzebietke, A., Kalinowska, K., Bogacka-Kapusta, E., Stawecki, K., Traczuk, P., (2020). Cyanobacterial blooms and zooplankton structure in lake ecosystem under limited human impact. *Water* 12 (5), 1252.
- Napiórkowska-Krzebietke, A., Kalinowska, K., Bogacka-Kapusta, E., Stawecki, K., Traczuk, P., (2021). Persistent blooms of filamentous cyanobacteria in a cormorant-affected aquatic ecosystem: Ecological indicators and consequences. *Ecological Indicators*, Volume 124, 2021, 107421.
- Pierce, R. B. (2012). *Northern pike: ecology, conservation, and management history*. University of Minnesota Press, Minneapolis: 205 p.
- Szczepkowski, M., Zakęś, Z., Kapusta, A., Szczepkowska, B., Hopko, M., Jarmołowicz, S., Kowalska, A., Kozłowski, M., Partyka, K., Piotrowska, I., Wunderlich, K. (2012). Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems. *Archives of Polish Fisheries*, 20, 267-274.
- Trella, M. (2012). Trends in the sale of fishing permits in lake fisheries enterprises from 1998 to 2011. In: Sustainable use of fishery resources on the background of their state in 2011 (Ed.) M. Mickiewicz, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 65-75, (in Polish)
- Trella, M. (2018). Characteristics of recreational fisheries in the Vistula Lagoon in 2015 during the period of the greatest changes in legislation on recreational fisheries in marine areas. *Komun. Ryb.* 6, 2-8, (in Polish)
- Trella, M., Fopp-Bayat, D., Szczepkowski, M., Polak, A. (2012). Genetic variation of whitefish (*Coregonus lavaretus*, Linnaeus, 1758) from Lake Vistytis using

- microsatellite DNA markers. *Komun. Ryb.* 4, 11-16, (in Polish)
- Trella, M., Mickiewicz, M. (2016). Recreational fisheries pressure in the Polish waters of the Vistula Lagoon and considerations of its potential impact on the development of regional tourism. *Archives of Polish Fisheries* 24, 231-242.
- Trella, M., Czerwiński T., Wołos, A. (2019). Determinants of fisheries management in dam reservoirs in Central-Eastern Europe under the influence of climate change. *Fisheries & Aquatic Life*, 27, 208-223.
- Trella, M., Wołos, A. (2021a). The volume and value of commercial catches and pike (*Esox lucius* L.) stocking in the waters of fishing districts in the years 2005-2019. In: *Aquaculture as a tool for the protection of ichthyofauna* (Ed.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 175-189, (in Polish).
- Trella, M., Wołos, A. 2021b. Assessment of the effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking on the example of selected dam reservoirs of southern Poland. In: *Activities of fishing and angling entities in 2020 in the light of business, economic and environmental conditions* (Ed.) A. Kowalska, A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 43-54, (in Polish).
- Trella M., Wołos A. 2021c. Size and selected characteristics of northern pike (*Esox lucius* L.) commercial and angling catches in Polish inland waters over the long term. *Fisheries Aquatic & Life* 29, 108-123.
- Turkowski, K. (2006). Sustainable development and inland fisheries. In: *Fisheries, angling and eco-development* (Ed.) A. Wołos, Wydawnictwo IRS Olsztyn, 9-19, (in Polish).
- Vehanen, T., Marttunen, M., Tervo, H., Kylmälä, P., Hyvärinen, P. (2002). Management of Fisheries in a Large Lake - for Fish and Fishermen. In: *Management and Ecology of Lake and Reservoir Fisheries* (Ed.) I.G. Cowx.
- Wang, S., Hard, J. J., Utter, F. (2002). Salmonid inbreeding: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 11(4), 301-319.
- Wołos, A. 2000. The economic importance of angling in fisheries entities authorized to lake fisheries. *Archives of Polish Fisheries* 8, 5-54, (in Polish).
- Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Mickiewicz, M. (2015). Volume and characteristics of lake fisheries production in 2014. In: *Sustainable use of fishery resources on the background of their status in 2014* (Ed.) M. Mickiewicz, A. Wołos. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 9-20, (in Polish).
- Wołos, A., Falkowski, S. (2003). Type of conducted fishing and its rationality. Comments to the Regulation of the Minister of Agriculture and Rural Development of 29 March 2002 on the fishing plan. *Komun. Ryb.* 2, 1-4, (in Polish).
- Wołos, A., Trella, M. (2017). Mandatory registration of angling catches - level of data reliability and its usefulness in determining fish stock status. In: *Angling User 2016 - The role of angling management in PZW waters in the light of sustainable development principles* (Ed.) M. Mizieliński. Wydawnictwo „Wieś Jutra” Sp. z o.o., Warszawa, 191-210, (in Polish).
- Wołos, A. (2020). Volume and characteristics of lake fisheries production in 2019. In: *Activities of fisheries and angling entities in 2019. Managerial, economic and environmental conditions* (Ed.) A. Wołos, M. Mickiewicz. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 9-18, (in Polish).
- Zacharczyk, K. (2007). Where is the whitefish? *Wiadomości Wędkarskie* 2, 18-19, (in Polish).
- Zakęś, Z., Demska-Zakęś, K. (2011). Hatchery practice in the context of biodiversity of aquatic ecosystems. In: *Fish management in a variable water environment* (Ed.) M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska, Faculty of Environmental Protection and Fisheries University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland, 45-52.
- Zakęś, Z., Jarmołowicz, S. (2009). Technical condition of buildings and equipment used for fishing. In: *Diagnosis of the current state and prospects for development of inland fisheries and coastal fishing areas in Warmia and Mazuria voivodeship* (Ed.) A. Wołos, Wydawnictwo IRS Olsztyn, 95-110, (in Polish).

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). Opinions of Owners and Managers of Fishing Entities in Central and Eastern Europe on the Impact of Climate Change on Lake Fisheries Management. Fisheries & Aquatic Life 29, 189-201.

DOI: 10.2478/aopf-2021-0021.

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań, zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy, graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji składającej się na rozprawę wyniósł **70%**.

mgr inż. Marek Trella

10.01.2022 Trella
.....
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). Opinions of Owners and Managers of Fishing Entities in Central and Eastern Europe on the Impact of Climate Change on Lake Fisheries Management. Fisheries & Aquatic Life 29, 189-201.

DOI: 10.2478/aopf-2021-0021

mój udział procentowy wyniósł 30% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☒	Koncepcja pracy	☒	Interpretacja wyników
☒	Zaplanowanie badań	☒	Pisanie pracy
☐	Prowadzenie badań	☐	Graficzne przedstawienie wyników
☐	Zbieranie danych	☐	Przegląd literatury
☒	Analiza danych	☒	Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu
☐	Analiza statystyczna	☐	Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

prof. dr hab. Arkadiusz Wołos

1.03.2022

data i podpis

Opinions of Owners and Managers of Fishing Entities in Central and Eastern Europe on the Impact of Climate Change on Lake Fisheries Management

Marek Trella, Arkadiusz Wołos

Received – 04 December 2021/Accepted – 23 December 2021 Published online: 31 December 2021; ©Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Poland

Citation: Trella, M., Wołos, A. (2021). Opinions of Owners and Managers of Fishing Entities in Central and Eastern Europe on the Impact of Climate Change on Lake Fisheries Management. Fisheries & Aquatic Life 29, 189-201.

Abstract. The study of the impact of climate change on the fish fauna and fisheries management is a relatively young field of scientific research which has yielded very few analytical studies in the Central and Eastern European countries. This paper is the first attempt to examine the impact of this change on lake fisheries management, made based on an extensive and representative survey addressed at managers and owners of the entities authorised to use these waters for fishing and angling purposes. The conducted analyses enabled the determination of their opinions on the issues of climate change impact on the fish, selected hydrological and biological lake parameters, the possibility of use of fishing gear and its efficiency, the length of angling season, the amount of individual fish species caught by anglers and fishermen, and positive phenomena relating to climate change. Of all the phenomena arising from this change and perceived by the respondents surveyed, the growing population of the great cormorant (*Phalacrocorax carbo* (L.)), which is exerting increasing pressure on the fishery resources, and conducive to this change, is definitely at the head of the list. As regards the fish species, the pike (*Esox lucius* L.) is the most vulnerable to this change. The presented results prove that the managers under the study are aware of the ongoing changes and their impact on lake fisheries management, and

of the challenges that they will have to face as early as in the coming decades of the 21st century.

Keywords: climate change, lake fisheries management, fisheries entities, questionnaire survey

Introduction

Lakes are found on every human-inhabited continent, with their total number estimated at 15 million, and a total surface area of approx. 1.5% of the Earth's surface (excluding the Antarctic) (Shiklomanov and Rodda 2003). Poland, the largest country of the Central and Eastern European region, has 7081 lakes with a total surface area of 2,813.77 km² i.e. approx. 0.9% of the country's area (Mitchell et al. 2010). Even though in certain countries (e.g. in Central Europe), the biocentric paradigm is predominant in inland fisheries management, the anthropocentric approach still prevails for the most part, as is the case in Central and Eastern European countries (Arlinghaus et al. 2021), including Poland, where the lake-inhabiting fish population is subject to fishing and angling exploitation. However, even with the anthropocentric view of the fish population being held, the main tasks of sustainable lake fisheries management include the proper

M. Trella , A. Wołos
Department of Fisheries Bioeconomics, Stanisław Sakowicz Inland
Fisheries Institute, Olsztyn, Poland ul. Oczapowskiego 10, 10-719
Olsztyn, Poland
E-mail: m.trella@infish.com.pl

management of ichthyofaunal resources i.e. balanced commercial and angling exploitation and a rational stocking policy, along with environmental restoration (Vehanen et al. 2002). The implementation of sound strategies for the management and sustainable exploitation of fisheries resources requires a basic knowledge of the waters being managed, e.g. their natural productivity (Brämick 2002). In addition to biological aspects, the socio-economic and ecological factors are also important due to often being crucial in making decisions concerning water management (FAO 1997, Hickley and Tompkins 1998). Improper management of resources as fragile as lakes may lead to environmental degradation in their drainage areas, increase the soil erosion, lake silting, and the nutrient load, and consequently deteriorate water quality (Hecky et al. 2003).

A new problem currently experienced globally is the progressive climate change whose impact on aquatic ecosystems and fishery resources is the subject of a growing body of scientific research carried out throughout the world (Islam et al. 2014, Linderholm et al. 2014, Williams et al. 2015, Himes-Cornell and Kasperski 2015, Kao et al. 2015, Wołos et al. 2017). Climate change mitigation and adaptation are crucial challenges to be faced by the entire fishing industry in the 21st century. What lies at the heart of these challenges is the issue of energy or, more specifically, the total level of energy consumption by humans, and their dependence on fossil fuels (Gielen et al. 2019). The transition from fossil fuels to low-emission solutions will play a crucial role, as carbon dioxide emissions account for two-thirds of all greenhouse gases (IPCC 2014). Fuel consumption during fishing operations is a crucial contributor to the carbon footprint of products derived from commercial and recreational fishing (Ziegler et al. 2016, Avadí and Fréon 2013). The management of lake fisheries, as opposed to marine fisheries, can be referred to as low-carbon (Hornborg and Främberg 2020), and its contribution to climate change is virtually non-existent. However, the global change is bound to affect, and is actually already affecting, the way this management is conducted. The climate change occurring in recent years worldwide

has forced the scientists dealing with water management in a broad sense (Arlinghaus et al. 2016, Cooke et al. 2016, Hunt et al. 2016) to incorporate a new research aspect, namely this change's impact on the fishing industry, in the research into lake fisheries management (Trella et al. 2019).

The aim of the study was to present and discuss the results of a survey addressed at managers and owners of lake fisheries entities in order to identify the fisheries management determinants associated with the ongoing climate change.

Materials and methods

The analyses were conducted based on collected detailed survey questionnaires that had been sent to fishing users who conducted fishing and angling management on lakes. The questionnaires were collected from a total of 101 entities (including 18 Polish Angling Association (PAA) districts), and analysed. They concerned lakes with a total surface area of 223,876 ha (Table 1), which accounts for almost 83% of the total surface area of lakes used for fishing purposes in Poland, estimated at 270,000 ha (Wołos et al. 2015).

Based on the obtained responses, the following issues relating to the determinants of lake fisheries management conduct under the influence of climate change were defined and analysed:

- the impact of climate change on ichthyofauna;
- the impact on selected hydrological and biological lake parameters;
- the impact on the possibility of using fishing gear, and on its effectiveness;
- the impact on the angling season's duration;
- the impact on the amount of individual fish species caught by anglers and fishermen;
- positive phenomena relating to climate change.

In the questions in which the scale of impact could be indicated (the so-called Likert scale), it was expressed within the range of 0-5, where 0 indicated 'no impact', 1 – a very low impact, 2 – a low impact, 3

Table 1

General characteristics of the fisheries entities under the study

Entity type	Number of entities (n)	Surface area of lakes (ha)	Average surface area of lakes in 1 entity (ha)	% of the surface area
Fisheries enterprises	67	151,333	2,259	67.6
Polish Angling Association districts	18	48,844	2,714	21.8
Private firms and institutions	13	10,893	838	4.9
National parks	3	12,805	4,268	5.7
Total	101	223,876	2,217	100

– a medium impact, 4 – a high impact, and 5 indicated a very high impact. In the rank questions, the awarded points were analysed depending on the obtained responses, thus creating the percentage distribution of the awarded points according to the selected degree of the impact.

The study used basic statistical parameters e.g. percentages, rank-sums (RS), means (M), standard deviation (SD), median (Me), and mode (Mo). All calculations and drawings were made in the Microsoft Excel program.

Results

Most (92%) of the users, who have been conducting fisheries management on lakes for years, have recently noticed the impact of climate change on fish

fauna and management, which demonstrates the heightened awareness of fisheries entity managers/owners in this regard. According to fishing users, the fish species most vulnerable to the climate change's impact in terms of the natural spawning efficiency is the pike (as indicated by 92% of the respondents, RS = 250 points) (Table 1). The distribution of responses concerning the pike shows that most respondents indicated the medium impact and awarded 3 points (Table 2). The pike was followed by the vendace (*Coregonus albula* (L.)) indicated by 63% of the respondents (RS = 180 points). 50% of the points awarded by the respondents indicated a high and very high impact, and slightly more than 20% indicated 'no impact'. Similar indications were true for the European whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)), where over 40% of the awarded points also indicated a high and very high impact. However,

Table 2

Adverse impact on the effects of selected fish species' natural spawning

Species	Distribution of responses (%)											Users (%)*
	0 – no impact, 5 – very high impact						Statistical parameters					
	0	1	2	3	4	5	RS	M	SD	Me	Mo	
Pike	10.8	9.7	18.3	31.2	21.5	8.6	250	2.7	1.4	3	3	92
Vendace	20.3	10.9	6.3	12.5	29.7	20.3	180	2.8	1.9	3.5	4	63
Perch	18	22.5	25.8	21.3	6.7	5.6	172	1.9	1.4	2	2	89
Tench	20.9	19.8	19.8	23.3	10.5	5.8	172	2	1.5	2	3	86
Pikeperch	15.3	13.9	20.8	27.8	15.3	6.9	169	2.3	1.5	2.5	3	72
European whitefish	19.3	12.3	7	19.3	21.1	21.1	156	2.7	1.8	3	4	56
Bream	28.7	20.7	19.5	14.9	9.2	6.9	153	1.8	1.6	2	0	86
Roach	25.3	26.4	21.8	10.3	11.5	4.6	148	1.7	1.5	1	1	86

*percentage of users who indicated a particular species in the question concerning the adverse impact of climate change on the effects of spawning of selected fish species under natural conditions

Table 3

Adverse impact on the effects of selected fish species' spawning under controlled conditions

Species	Distribution of responses (%)											Users (%)*
	0 – no impact, 5 – very high impact						Statistical parameters					
	0	1	2	3	4	5	RS	M	SD	Me	Mo	
Pike	13.5	16.2	21.6	23.0	16.2	9.5	178	2.4	1.5	2	3	73
Vendace	20.0	12.7	5.5	21.8	20.0	20.0	148	2.7	1.8	3	3	55
European whitefish	23.1	11.5	7.7	19.2	19.2	19.2	134	2.6	1.9	3	0	52
Pikeperch	22.6	17.0	17.0	24.5	15.1	3.8	108	2.0	1.5	2	3	53
Other	24	22	28	10	10	6	89	1.8	1.5	2	2	50

*percentage of users who indicated a particular species in the question concerning the adverse impact of climate change on the effects of spawning of selected fish species under controlled conditions.

only 56% of the respondents indicated this species, resulting in such a low RS value of 156 points. On the other hand, the low-scoring species i.e. the bream (*Abramis brama* (L.)) and roach (*Rutilus rutilus* (L.)) were indicated by 86% of users. However, over 60% of the awarded points show either no impact or a low or very low impact. Species such as the perch (*Perca fluviatilis* L.), tench (*Tinca tinca* (L.)), and pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) were most similar to each other in terms of the awarded ranks and the distribution of the awarded points (Table 2).

On the other hand, as regards spawning efficiency under controlled conditions, fishing lake users pointed out that climate change again had the highest impact on the pike (73% of the respondents indicated this species and awarded 178 RS points (Table 3). The distribution of responses concerning this species shows that most respondents indicated the low and medium impact, and awarded 2 and 3 points (Table 3). The pike was followed by the vendace indicated by 55% of the respondents (RS = 148 points). 40% of managers indicated the high and very high impact, while 20% indicated 'no impact'. Similar indications were true for the European whitefish, with over 40% of the respondents indicating the high and very high impact. However, 52% of managers indicated this species, and the RS value amounted to 134 points. On the other hand, the low-scoring species of pikeperch (RS = 108 points) was indicated by 53% of the users. However, almost 60% of the

awarded points show either no impact or a low or very low impact. Other species were indicated by 50% of the respondents, and scored a total of 89 RS points. Over 70% of the awarded points prove that the impact of climate changes on these species was low (Table 3).

The question concerning the impact of climate change on larval and fry survivability was answered by 89.1% of the respondents, who awarded 226 RS points. The highest number of awarded points indicated that the impact of climate change was medium (40%), and only 8.9% of points were awarded to the 'no impact' option (Table 4). In turn, with regard to adult fish mortality, the results were completely different, as 88% of the respondents who answered this question stated that climate change had no significant impact on adult fish mortality (29.5%), hence such a low RS value of 134 points (Table 4).

Shifting seasons were indicated by 92.1% of the respondents who awarded this phenomenon with a total of 312 RS points. Most of them agreed that the phenomenon had a very high impact on fisheries management, with more than 47% of awarded points indicating either a high or very high impact (Table 4).

The problem of a shorter ice cover duration was indicated by as many as 95.1% of the respondents. Moreover, almost 40% of the awarded points showed that the impact of climate change on this phenomenon was exceptionally high, which resulted in as many as 351 RS points. Only 5.2% of points were

Table 4

The impact of climate change on selected phenomena, noted by fishing lake users

Phenomenon	Distribution of responses (%)						Statistical parameters				
	0 – no impact, 5 – very high impact										
	0	1	2	3	4	5	RS	M	SD	Me	Mo
Impact on extending the period of cormorants' stay in selected seasons	5.1	6.1	2	11.2	22.4	53.1	391	4	1.5	5	5
Impact on the shortening of the permanent ice cover duration	5.2	8.3	7.3	13.5	26	39.6	351	3.7	1.5	4	5
A change in the duration of seasons (shifting seasons) – seasonal temperature anomalies	3.2	3.2	17.2	29	25.8	21.5	312	3.4	1.3	3	3
Impact on a reduction in larval and fry survivability	8.9	14.4	16.7	40	16.7	3.3	226	2.5	1.3	3	3
Impact on an increase in adult fish mortality	29.5	28.4	15.9	15.9	6.8	3.4	134	1.5	1.4	1	0

awarded to 'no impact' (Table 4). The shorter ice cover duration, i.e. an effect of higher temperatures during the winter season, provides perfect conditions for cormorants to stay longer on lakes. Therefore, it is not surprising that this option was indicated as an adverse phenomenon by 97% of the fishing lake users, with more than 50% of points awarded to the highest category of 'a very high impact', resulting in such a high RS value of 391 points.

The respondents were asked how the particular phenomenon i.e. an overall temperature rise and extreme (rapid) jumps in temperatures affected the conduct of lake fisheries management in specific seasons. In their opinion, extreme jumps in temperatures were most severe in the spring and summer, with the RS of 27.7 and 28.7%, respectively, when considering all seasons. As regards the overall temperature rise, the highest impact is observed in the winter and summer, with the RS of 27.3 and 27.2% respectively, when considering all seasons (Table 5). An analysis of the response distribution shows significant differences in the awarded points, with the most extreme (i.e. either a very high or very low) score having been awarded in the wintertime, which means that for many users during this season, climate change was of either no significance or of particular

significance. In other seasons, the distribution of points was more averaged, with the respondents selecting ranks within the range of 2-4 points (Table 5).

As regards the impact of climate change on selected hydrological parameters, the respondents answered the question concerning the impact on water level lowering or fluctuations. In both cases, the respondents concluded that climate change had the highest impact on hydrological changes during the spring and summer. Low water levels for the spring are 24.9%, and for the summer, 29.2% RS, when considering all seasons, while water level fluctuations for the spring are 26.0% and for the summer, 28.9% RS, when considering all seasons. In contrast, as regards the temperatures, there were no extremes in the awarded ranks. It can be noticed that the majority of respondents expressed an opinion that hydrological changes were affected by climate change, while the minority believed that there was no such impact or that it was negligible (Table 5).

Oxygen depletion i.e. a considerable reduction in the amount of oxygen dissolved in the water of a lake or its part, which occurs in both winter and summer, was indicated by 94% of the respondents. An analysis of the response distribution shows that this problem is much more burdensome in the summer,

Table 5

The impact of climate change on the phenomena noted by fishing lake users in selected seasons

		Distribution of responses (%)											
		0 – no impact, 5 – very high impact						Statistical parameters					
Phenomenon	season	0	1	2	3	4	5	RS	%*	M	SD	Me	Mo
Overall temperature rise	spring	11.0	17.6	15.4	24.2	20.9	11.0	236	23.7	2.6	1.5	3	3
	summer	10.4	11.5	22.9	14.6	21.9	18.8	271	27.2	2.8	1.6	3	2
	autumn	17.6	17.6	13.2	23.1	17.6	11.0	217	21.8	2.4	1.6	3	3
	winter	18.8	9.4	11.5	12.5	26.0	21.9	272	27.3	2.8	1.8	3	4
Rapid temperature rise	spring	10.5	17.9	13.7	20.0	22.1	15.8	259	27.7	2.7	1.6	3	4
	summer	11.8	14.0	12.9	20.4	17.2	23.7	268	28.7	2.9	1.7	3	5
	autumn	16.3	23.9	18.5	18.5	15.2	7.6	198	21.2	2.2	1.5	2	1
	winter	19.8	20.9	15.4	14.3	13.2	16.5	209	22.4	2.3	1.8	2	1
Water level fluctuations	spring	11.6	9.5	16.8	18.9	21.1	22.1	280	26.0	2.9	1.6	3	5
	summer	7.3	11.5	11.5	18.8	21.9	29.2	311	28.9	3.2	1.6	4	5
	autumn	9.7	14.0	19.4	23.7	16.1	17.2	255	23.7	2.7	1.6	3	3
	winter	12.2	21.1	15.6	22.2	8.9	20.0	229	21.3	2.5	1.7	3	3
Low water levels	spring	7.4	8.5	20.2	11.7	18.1	34.0	307	24.9	3.3	1.6	4	5
	summer	5.1	10.2	4.1	15.3	24.5	40.8	359	29.2	3.7	1.5	4	5
	autumn	7.4	11.6	13.7	21.1	25.3	21.1	293	23.8	3.1	1.5	3	4
	winter	7.5	16.1	16.1	21.5	14.0	24.7	272	22.1	2.9	1.6	3	5
Oxygen depletion	summer	13.8	17.0	7.4	22.3	22.3	17.0	257	59.4	2.7	1.7	3	3
	winter	30.9	21.3	6.4	22.3	9.6	9.6	176	40.6	1.9	1.7	1	0
Shorter angling season	spring	30.0	24.4	11.1	17.8	6.7	10.0	159	21.0	1.8	1.7	1	0
	summer	30.8	28.6	16.5	11.0	5.5	7.7	141	18.6	1.5	1.5	1	0
	autumn	24.7	25.8	16.9	20.2	3.4	9.0	159	21.0	1.8	1.5	1	1
	winter	13.0	13.0	8.7	9.8	13.0	42.4	298	39.4	3.2	1.9	4	5

*percentage of points obtained in each category

which is why as many as 62% of the awarded points fell within the range of 3-5 points, with as many as 257 RS points awarded in total, which means that climate change has an impact on this phenomenon. On the other hand, in the wintertime, where the RS was at a much lower level (176 points), almost 31% points were awarded to the option of the lack of any impact of climate change on winter oxygen depletion (Table 5).

90% of the respondents answered the question concerning the contribution of climate change to the shortening of the angling season. According to fishing lake users, the highest impact on this phenomenon can be observed in the winter (RS = 298 points) (Table 5). An analysis of the distribution of awarded

points shows clearly that over 40% of them concerned the winter season, which appears to have a strong logical connection to the lack of ice cover and the impossibility of practising ice fishing. As regards other seasons, the vast majority of the awarded points indicates that climate change has no impact, or a minimum impact on the shortening of the angling season.

Issues relating to the impact of climate change on the use of specific fishing gear were described by 81.1% of the respondents. Most RS points i.e. 212 were awarded to the double-winged fyke nets, which accounted for as much as 31.6% of all the points awarded in this category (Table 6), while the dragged gear i.e. trawls and seine nets scored 25.3% points.

Table 6

The effect of climate change on the use of fishing gear in all entities

Fishing gear type	Distribution of responses (%)						Statistical parameters					
	0 – no impact, 5 – very high impact											
	0	1	2	3	4	5	RS	%*	M	SD	Me	Mo
Double-winged fyke nets	29.4	7.1	8.2	17.6	15.3	22.4	212	31.6	2.5	2	3	0
Trawls and seine nets	27.8	10.1	20.3	13.9	16.5	11.4	170	25.3	2.2	1.7	2	0
Traps	32.9	12.2	13.4	24.4	9.8	7.3	154	23.0	1.9	1.7	2	0
Gill nets	36.8	18.4	16.1	14.9	9.2	4.6	135	20.1	1.6	1.6	1	0

*percentage of points scored

Table 7

The impact of climate change on the use of fishing gear in Polish Angling Association districts

Fishing gear type	Statistical parameters				
	RS	M	Me	Mo	no response (%)
Gill nets	11	0.6	0.5	0	27.8
Trawls and seine nets	19	1.1	1.5	0	27.8
Traps	22	1.2	1	0	27.8
Double-winged fyke nets	35	1.9	3	0	22.2

Traps (different fyke-net types) are among the most effective fishing methods without injuring the fish. Difficulties in their use can have a major impact on sustainable fisheries management. The use of gill nets and traps was regarded by the respondents as the least vulnerable to the climate change's impact. However, it is worth mentioning here that the PAA entities awarded a total of very few points in this category (Table 7). In 18 districts under the study, an average of 0.6–1.9 points was awarded depending on the fishing gear type, with the vast majority awarding 0 points to each type. 27.8% of the PAA entities under the study provided no response to the question concerning the impact on gill nets, trawls, seine nets, and traps, and 22.2% provided no response to the question concerning double-winged fyke nets.

The final question answered by the respondents was the one concerning the impact of climate change on the amount of individual fish species caught. It is noteworthy that almost 4% of the respondents declared no catches. According to the respondents, climate change has the highest impact on the amount of

the following fish caught: the European eel (*Anguilla anguilla* (L.)) (RS = 242 points), followed by the vendace (RS = 173 points), the pike (RS = 161 points), the pikeperch (RS = 147 points), and the European whitefish (RS = 139 points). The fewest RS points, i.e. 91 and 76, were awarded to the crucian carp (*Carassius carassius* (L.)) and smelt (*Osmerus eperlanus* (L.)), respectively. It is also worth mentioning that, of all the species mentioned, the pike as well as the bream and white bream (*Blicca bjoerkna* (L.)) (81.2%), and the roach (80.2%), were indicated by most respondents, while the smelt was indicated by the fewest respondents, which also explains its such a low RS value (Table 8).

The positive impact of climate change was mentioned by only 12% of the respondents who indicated the following phenomena: longer feeding times; increased amounts of spring zooplankton during stocking with the European whitefish and vendace; extended fishing season; increased tourism rates; better natural reproduction of certain fish species (the pikeperch, tench, and crucian carp); and less

Table 8

The impact of climate change on the catches of individual fish species in lakes

Species	Distribution of responses (%)											Percentage (%) of the entities which indicated a species in the catches
	0 – no impact, 5 – very high impact						Statistical parameters					
	0	1	2	3	4	5	RS	M	SD	Me	Mo	
European eel	12.5	6.3	15.0	21.3	22.5	22.5	242	3.0	1.6	3	4	79.2
Vendace	21.0	6.5	14.5	12.9	21.0	24.2	173	2.8	1.9	3	5	61.4
Pike	17.1	22.0	26.8	20.7	8.5	4.9	161	2.0	1.4	2	2	81.2
Pikeperch	16.4	14.9	22.4	29.9	11.9	4.5	147	2.2	1.4	2	3	66.3
European whitefish	25.0	10.7	12.5	14.3	17.9	19.6	139	2.5	1.9	3	0	55.4
Perch	20.0	26.3	31.3	15.0	3.8	3.8	134	1.7	1.3	2	2	79.2
Tench	23.8	31.3	16.3	17.5	5.0	6.3	134	1.7	1.5	1	1	79.2
Roach	30.9	24.7	22.2	14.8	3.7	3.7	119	1.5	1.4	1	0	80.2
Bream and white bream	36.6	22.0	19.5	12.2	3.7	6.1	117	1.4	1.5	1	0	81.2
Crucian carp	35.3	27.9	17.6	10.3	4.4	4.4	91	1.3	1.4	1	0	67.3
Smelt	50.0	0.0	7.9	5.3	15.8	21.1	76	2.0	2.2	1	0	37.6

frequent cases of winter oxygen depletion. However, due to the sample being so small, no analysis was conducted.

Discussion

The climate change occurring on Earth over a period of many years is becoming increasingly evident, and is of interest not only to scientists from many fields but also to people whose work involves contact with nature. It is also causing concerns among the public who are calling for actions to prevent it (Le Treut et al. 2007). In recent years, the term “climate change” has been identified mainly with the phenomenon of global warming i.e. an increase in temperatures on the Earth’s surface, while currently, other scenarios are under consideration, including those involving the cooling of the Earth’s surface (Collins et al. 2013). The surveyed lake fishing users are highly aware of the changes taking place in the climate, and similarly to fishing users of damming reservoirs (Trella et al. 2019), they notice the change and feel its impact on lake fisheries management. The major problem highlighted by the lake users was the cormorant’s adverse impact related to global warming,

namely the bird’s longer stay on lakes, which consequently translates into an increased pressure on fisheries resources. In Poland, the cormorant is a major consumer of fish in the inland and coastal lagoons (Krzywosz and Traczuk 2012, Trella, 2017), and a potential threat to many fish populations in Poland and other countries (Švažas et al. 2011, Winkler et al. 2012, Heikinheimo et al. 2016, Trella and Mickiewicz 2016). The problem of cormorants’ pressure on lake fishery resources will be increasing with the overall temperature rise (Lehikoinen et al. 2017). Currently, winters in Poland are mild, and frosts are rare and of short duration, which results in the shortening of the permanent ice cover duration, noticed and awarded with the most points by the surveyed managers. Increased lake fertility and increasingly high water temperatures may contribute to an increase in the biomass of fish (Mooij et al. 2005) that are an easy prey to the cormorant, thus extending the period of cormorants’ stay on lakes, and increasing their population size (White et al. 2015, Klimaszyk and Rzymiski 2016). It is accompanied by a considerable increase in the phosphorus content and chlorophyll a concentration, the occurrence of intense cyanobacterial blooming in lake waters, and,

consequently, negative changes in the aquatic ecosystem functioning, demonstrated by Napiórkowska-Krzebietke et al. (2020, 2021), based on the example of a 360-ha Lake Warnołty with the most numerous cormorant colony in the extensive Masurian Lake District (1,491 breeding pairs in 2016).

Another problem that was particularly highlighted by the respondents was that of the issues relating to water level fluctuations and low water level. This may be a consequence of the drought that affected vast areas of Poland in the summer of 2015, and the risk of further droughts. Unfortunately, climate change forecasts and scenarios predict that major changes will specifically occur in hydrology, which may result in a disruption of the hydrological regime, primarily due to an increase in water temperatures (Cammalleri et al. 2020). This, in turn, may results in a drop in oxygen content, which consequently implies a more frequent occurrence of oxygen depletion. Another consequence of mass fish kills will be an increase in water toxicity accompanying an increase in the metabolite concentration in water, including in particular compounds such as ammonia and nitrites (Lewis, 2011), which may result in dramatic and hardly reversible changes in the composition and status of fish fauna. The most endangered species are the cold-water ones with high oxygen requirements, e.g. salmonids and coregonids (Ficke et al. 2007), which may be facing extinction or a reduction in their area of occurrence. The respondents also awarded high scores to the problems arising from noticeable weather changes. The most important ones include raising water temperatures in the summer and spring, extreme jumps in water temperatures in the summer, fluctuating water levels in the spring and summer, low water levels from the spring to autumn, and oxygen losses, particularly in the summer period.

Sustainable fisheries management on lakes requires a rational fishing policy, regardless of whether using fishing gear or a fishing rod, and properly carried out stocking operations (Vehanen et al. 2002). The phenomena described earlier, e.g. jumps in temperatures or changes in water levels during the

spawning period, have a significant impact on the development of species and their juvenile stages. According to most respondents, climate change has the most significant impact on pike spawning. The pike is currently the most important species in terms of the stocking policy in Poland, as pike stocking is predominant in all inland waters (lakes, rivers, and dammed reservoirs) (Mickiewicz and Wołos 2012, Mickiewicz and Trella 2016, 2017, Mickiewicz 2018). During the spawning season, this species requires favourable hydrological conditions and, in many lakes, also a longer period of the flooding of waterside meadows where spawning takes place (Łozowski et al. 2014, Foubert et al. 2020). All of this explains why the pike ranks so high in the assessments of the climate change's adverse impact as compared to other fish species, in terms of both the (natural and controlled) spawning and the assessment of the impact of this change on anglers' fishing. The overall position of coregonids (the vendace and European whitefish) in managers' awareness was low, as they were only indicated by 60% of the respondents. This demonstrates that greater significance is being attached to these species by the users who most often conduct fisheries management using these species, while the users focused exclusively on meeting anglers' needs, among others those being members of the vast majority of the PAA districts, do not place such importance on it, as the vendace is not a species of angling significance. An exception in this respect is Finland where recreational fishermen are allowed, under certain conditions, to fish non-commercially using nets for the vendace, smelt, herring (*Clupea harengus* L.), or sprat (*Sprattus sprattus* L.) (Pawson et al. 2008). A similar correlation can also be observed in fishing gear use where, for reasons obvious to the users who do not use it, this is not a major problem, and this is why the impact of climate change on the use of fishing gear was awarded so few points by managers. Such users include e.g. the PAA districts, in which increasing pressure exerted by anglers has resulted in the suspension or cessation of commercial fishing in PAA waters. For example, the PAA District in Toruń (178 lakes with a total surface area of approx.

8,000 ha), which introduced a ban on commercial fishing in 2009, with the only exception of fishing for spawners in order to supply own hatcheries with reproductive material (Wołos and Trella 2017).

The fisheries management conducted in this manner, where fishing operations using fishing gear are being discontinued, can be very unfavourable in the light of ongoing climate change, as cyprinids (e.g. the bream, white bream, and roach) increase their populations when temperatures increase, and pose a real threat to the functioning of lake ecosystems (Ficke et al. 2007). This situation may even deteriorate because approx. 70% of anglers in Poland always, or at least often, release the caught fish including cyprinids (Arlinghaus et al. 2021). It is worth mentioning that the use of groundbaits has been increasing in Poland. In the 1980's, approx. 50% of anglers used groundbaits (Wołos 1984); at the beginning of the 1990's, 53.4% of anglers used 1 kg of groundbaits per angler on a daily basis (Wołos et al. 1992), while ten years later, this amount increased to 2.2 kg, with 66% of anglers using them (Wołos and Mioduszevska 2003). Recent research indicates a further increase in the amount of groundbaits used to a level of 2.7 kg, and an increase in the proportion of anglers using groundbaits to over 80% (Czarkowski et al. 2018, 2021). This increasing tendency towards the use of groundbaits is due to the fact that anglers used groundbaits mainly for baiting cyprinids (Czerniawski et al. 2010), as there is a positive correlation between the amount of groundbaits and the amount of caught fish (Wołos et al. 1992, Arlinghaus and Mehner 2003, Mehner et al. 2019). Such large amounts of nutrients introduced into water bodies with groundbaits, and the increasing anglers' tendency towards releasing all the fish they catch (Czarkowski et al. 2018), may result in an increased eutrophication rate and increased cyprinid spawning. A study by Iho et al. (2017) suggested that optimal fisheries management should also take into account the need for more intensive commercial fishing for species that may pose an ecological hazard, as overstocked populations of zooplankton-eating fish accelerate the eutrophication process. Similarly, the harvesting of fish of low value but high density was

suggested by Nielsen et al. (2019) as a way to improve water quality. Small individuals of this group of fish are of no commercial importance. Therefore, the so-called reduction fishing operations are carried out in many countries to significantly reduce the cyprinid density. Such harvesting is carried out e.g. in Sweden, where even the use of this fish fraction for biogas production is currently under consideration (Hornborg and Främberg 2020).

Conclusions

In summary, the obtained responses presented the actual problems faced by lake fisheries managers authorised to conduct fishing operations. Due to the fact that the responses were obtained from entities which use almost 83% of the total area of lakes used for fishing purposes in Poland, it can be concluded that this sample is highly representative for the entire fisheries management conducted in this group of water bodies, not only in Poland but also in other regions of Central and Eastern Europe. As can be seen, managing these water bodies requires a comprehensive approach, and the respondents are mostly aware of the ongoing or future climate change and its impact on their management. This is an overall positive result of the conducted questionnaire survey, as climate change is predicted to intensify and have a significant impact on both recreational and commercial fisheries.

Author contributions. M.T. and A.W. designed the survey, analysed the data, and drew up the paper. M.T. prepared tables and figures, conducted the literature review, and followed up the publication process. A.W. corrected the paper, and approved the final manuscript.

Acknowledgments. The study was conducted under research grant S-014 for the Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute. Financed by the scholarship fund of the Stanisław Sakowicz Inland Fisheries Institute.

ORCID iD

Marek Trella  <https://orcid.org/0000-0003-3700-1771>

Arkadiusz Wołos  <https://orcid.org/0000-0002-6272-7614>

References

- Arlinghaus, R., Aas, Ø., Alós, J., Arismendi, I., Bower, S., Carle, S., Czarkowski, T., Freire, K. M. F., Hu, J., Hunt, L., Lyach, R., Kapusta, A., Salmi, P., Schwab, A., Tsuboi, J., Trella, M., McPhee, D., Potts, W., Wołos, A., Yang, Z. (2021). Global Participation in and Public Attitudes Toward Recreational Fishing: International Perspectives and Developments. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 29(1), 58-95.
- Arlinghaus, R., Lorenzen, K., Johnson, B. M., Cooke, S. J., Cowx, I. G. (2016). Management of freshwater fisheries. In: *Freshwater Fisheries Ecology* (Ed.) J. F. Craig, Wiley Blackwell, Oxford: 557-579.
- Arlinghaus, R., Mehner, T. (2003). Socio-economic characterisation of specialised common carp (*Cyprinus carpio* L.) anglers in Germany, and implications for inland fisheries management and eutrophication control. *Fisheries Research*, 61, 19-33.
- Avadí, A., Fréon, P. (2013). Life cycle assessment of fisheries: a review for fisheries scientists and managers, *Fisheries Research*, 143, 21-38.
- Brämick, U. (2002). Estimation of the fish yield potential of lakes in north-east Germany. In: *Management and ecology of lake and reservoir fisheries* (Ed.) I.G. Cowx Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford: 26-33.
- Cammalleri, C., Naumann, G., Mentaschi, L., Formetta, G., Forzieri, G., Gosling, S., Bisselink, B., De Roo, A., Feyen, L. (2020). Global warming and drought impacts in the EU. EUR 29956 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Collins, M., Knutti, R., Arblaster, J., Dufresne, J.-L., Fichefet, T., Friedlingstein, P., Gao, X., Gutkowski, W. J., Johns, T., Krinner, G., Shongwe, M., Tebaldi C., Weaver, A. J., Wehner, M. (2013). Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In: *Climate change 2013: The physical science basis* (Ed.) T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York: 1029-1136.
- Cooke, S. J., Arlinghaus, R., Johnson, B. M., Cowx I. G. (2016). Recreational fisheries in inland waters. In: *Freshwater Fisheries Ecology* (Ed.) J. F. Craig, Wiley Blackwell, Oxford: 449-465.
- FAO, (1997). Inland fisheries. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries.
- Czarkowski, T. K., Wołos A., Kapusta, A., Kupren, K., Mickiewicz, M. (2018). Changes in Polish angling over the last 40 years: catches, opinions, preferences and socioeconomic aspects of the contemporary angler. In: *Activities of fisheries enterprises in 2017* (Ed.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 99-121 (in Polish).
- Czarkowski, T. K., Wołos A., Kapusta, A. (2021). Socio-economic portrait of Polish anglers: implications for recreational fisheries management in freshwater bodies. *Aquatic Living Resources*, 34, 19.
- Czerniawski, R., Domagała, J., Pilecka-Rapacz, M. (2010). Analysis of the intensity of angling pressure and the amount of nutrients groundbaits introduced to waters of the middle and lower Drawa River system. *Roczniki Naukowe PZW*, 23, 119-130 (in Polish).
- Ficke, A. D., Myrick, C. A., Hansen, L. J. (2007). Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17, 581-613.
- Foubert, A., Lecomte, F., Brodeur, P., Le Pichon, C., Mingelbier, M. (2020). How intensive agricultural practices and flow regulation are threatening fish spawning habitats and their connectivity in the St. Lawrence River floodplain, Canada. *Landscape Ecology* 35, 1229-1247.
- Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, D. M., Wagner, N., Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38-50.
- Hecky, R. E., Bootsma, H. A., Kingdom, M. L. (2003). Impact of land use on sediment and nutrient yields to Lake Malawi/Nyasa (Africa). *Journal of Great Lakes Research*, 29, 139-158.
- Heikinheimo O., Rusanen P., Korhonen, K. (2016). Estimating the mortality caused by great cormorant predation on fish stocks: pikeperch in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea, as an example. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73, 84-93.
- Hickley, P., Tompkins, H. (1998). *Recreational Fisheries: Social, Economic and Management Aspects* (Ed.) P. Hickley, H. Tompkins, Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Himes-Cornell, A., Kasperski, S. (2015). Assessing climate change vulnerability in Alaska's fishing communities. *Fisheries Research*, 162, 1-11.
- Hornborg, S., Främberg, A. (2020). Carp (Cyprinidae) fisheries in Swedish lakes: A combined environmental assessment approach to evaluate data-limited freshwater fish resources as food. *Environmental Management*, 65, 232-242.
- Hunt, L. M., Fenichel, E. P., Fulton, D. C., Mendelsohn, R., Smith, J. W., Tunney, T. D., Lynch, A. J., Paukert, C. P., Whitney, J. E. (2016). Identifying alternate pathways for climate change to impact inland recreational fishers. *Fisheries*, 41, 362-372.
- IPCC, (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Ed.) R. K. Pachauri, L. A. Meyer, IPCC, Geneva, Switzerland, 151.

- Iho, A., Ahtiainen, H., Artell, J., Heikinheimo, O., Kauppila, P., Kosenius, A.-K., Laukkanen, M., Lindroos, M., Oinonen, S., Ollikka, K., Parkkila, K., Pavlova, Y., Peltonen, H., Pouta, E., Uusitalo, L. (2017). The role of fisheries in optimal eutrophication management. *Water Economics and Policy*, 3 (2), 1650031.
- Islam, M., Sallu, S., Hubacek, K., Paavola, J. (2014). Limits and barriers to adaptation to climate variability and change in Bangladeshi coastal fishing communities. *Marine Policy*, 43, 208-216.
- Kao, Y., Madenjian, C. P., Bunnell, D. B., Lofgren, B. M., Perroud, M. (2015). Potential effects of climate change on the growth of fishes from different thermal guilds in Lakes Michigan and Huron. *Journal of Great Lakes Research*, 41(2), 423-435.
- Klimaszyk, P., Rzymski, P. (2016). The complexity of ecological impacts induced by great cormorants. *Hydrobiologia*, 771, 13-31.
- Krzywosz, T., Traczuk, P. (2012). Cormorants and the lakes of Warmia and Mazury – abundance, diet, and impact on fish stocks and fisheries. In: *Cormorants and sustainable exploitation of fisheries resources*. Conference materials. Gdynia, Poland, National Marine Fisheries Research Institute, 19-28 (in Polish).
- Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., Peterson, T., Prather, M. (2007). Historical overview of climate change. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change* (Ed.), S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA.
- Lehikoinen, A., Heikinheimo, O., Lehtonen, H., Rusanen, P. (2017). The role of cormorants, fishing effort and temperature on the catches per unit effort of fisheries in Finnish coastal areas. *Fisheries Research*, 190, 175-182.
- Lewis, W. M. (2011). Global primary production of lakes: 19th Baldi Memorial Lecture. *Inland Waters* 1, 1-28.
- Linderholm, H. W., Cardinale, M., Bartolino, V., Chen, D., Ou, T., Svedäng, H. (2014). Influences of large- and regional-scale climate on fish recruitment in the Skagerrak-Kattegat over the last century. *Journal of Marine Systems*, 134, 1-11.
- Łozowski, B., Małkowski, E., Woźnica, A., Łaszczyca, P., Koprowski, R., Wróbel, Z., Pasierbiński, A., Migula, P., Gwiazda, R., Pszczeliński, Ł., Siudy, A. (2014). Research on ichthyofauna as the basis of rational fishing and dammed reservoir management, on the example of the Goczałkowice reservoir. *Gospodarka Wodna* 8, 308-311 (in Polish).
- Mehner, T., Rapp, T., Monk, C. T., Beck, M. E., Trudeau, A., Kiljunen, M., Hilt, S., Arlinghaus, R. (2019). Feeding aquatic ecosystems: whole-lake experimental addition of angler's ground bait strongly affects omnivorous fish despite low contribution to lake carbon budget. *Ecosystems*, 22, 346-362.
- Mickiewicz, M., Wołos, A. (2012). Economic ranking of the importance of fish species to lake fisheries stocking management in Poland. *Archives of Polish Fisheries*. 20, 11-18.
- Mickiewicz, M. (2018). Price of fish and stocking material used by entities authorized to exploit fisheries in 2015 and 2017. *Komunikaty Rybackie*, 2, 1-6 (in Polish).
- Mickiewicz, M., Trella, M. (2016). Predatory fish species in lake stocking management. In: *Fish hatcheries, rearing, and stocking* (Ed.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 265-276 (in Polish).
- Mickiewicz, M., Trella, M. (2017). Pike stocking (*Esox lucius*) and its effect in fisheries district waters based on the RRW-23 survey questionnaire in the 2006–2015 period. In: *Fish hatcheries and diversification of aquaculture production* (Ed.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 273-287 (in Polish).
- Mitchell, M., Vanberg, J., Sipponen, M. (2010). Commercial inland fishing in member countries of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC): Operational environments, property rights regimes and socio-economic indicators. *Country Profiles May 2010*. Available at: <http://www.fao.org/docrep/015/an222e/an222e.pdf>.
- Mooij, W. M., Hulsmann, S., Domis, L. N. D., Nolet, B. A., Bodelier, P. L. E., Boers, P. C. M., Pires, L. M. D., Gons, H. J., Ibelings, B. W., Noordhuis, R., Portielje, R., Wolfstein, K., Lammens, E. H. R. R. (2005). The impact of climate change on lakes in the Netherlands: a review. *Aquatic Ecology*, 39, 381-400.
- Napiórkowska-Krzebietke, A., Kalinowska, K., Bogacka-Kapusta, E., Stawecki, K., Traczuk, P. (2020). Cyanobacterial blooms and zooplankton structure in lake ecosystem under limited human impact. *Water* 12 (5), 1252.
- Napiórkowska-Krzebietke, A., Kalinowska, K., Bogacka-Kapusta, E., Stawecki, K., Traczuk, P. (2021). Persistent blooms of filamentous cyanobacteria in a cormorant-affected aquatic ecosystem: Ecological indicators and consequences. *Ecological Indicators*, 124, 107421.
- Nielsen, R., Hoff, A., Waldo, S., Hammarlund, C., Virtanen, J. (2019). Fishing for nutrients – economic effects of fisheries management targeting eutrophication in the Baltic Sea. *Ecological Economics* 160, 156-167.
- Pawson, M. G., Glenn, H., Padda, G. (2008). The definition of marine recreational fishing in Europe. *Marine Policy*, 32(3), 339-350.
- Shiklomanov, I. A., Rodda, J. C. (2003). *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Švažas, S., Chukalova, N., Grishanov, G., Pūtys, Ž., Sruoga, A., Butkauskas, D., Raudonikis L., Prakas P. (2011). The role of Great cormorant (*Phalacrocorax carbo sinensis*) for fish stock and dispersal of helminths parasites in the Curonian Lagoon Area. *Veterinarija Ir Zootechnika*, 55(77), 79-85.
- Trella, M. (2017). Recreational fisheries in the Vistula Lagoon in 2014. Detailed analysis and selected factors shaping its development in recent years. *Komunikaty Rybackie* 6, 8-14 (in Polish).
- Trella, M., Czerwiński, T., Wołos, A. (2019). Determinants of dam reservoir fisheries impacted by climate change as observed by managers from the entities authorized to exploit these fisheries in East-Central Europe. *Fisheries & Aquatic Life*, 27(4), 208-223.
- Trella, M., Mickiewicz, M. (2016). Recreational fisheries pressure in the Polish waters of the Vistula Lagoon and considerations of its potential impact on the development of regional tourism. *Archives of Polish Fisheries*, 24, 231-242.
- Vehanen, T., Marttunen, M., Tervo, H., Kymälä, P., Hyvärinen, P. (2002). Management of Fisheries in a Large Lake – for Fish and Fishermen. In: *Management and ecology of lake and reservoir fisheries* (Ed.) I.G. Cowx Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford: 299-311.
- White, C. L., Ip, H. S., Meteyer, C. U., Walsh, D. P., Hall, J. S., Carstensen, M., Wolf, P. C. (2015). Spatial and temporal patterns of avian paramyxovirus-1 outbreaks in double-crested cormorants (*Phalacrocorax auritus*) in the USA. *Journal of Wildlife Diseases*, 51(1), 101-112.
- Williams, J. E., Isaak, D. J., Imhof, J., Hendrickson, D. A., McMillan, J. R. (2015). *Cold-Water Fishes and Climate Change in North America*. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier, 1-10.
- Winkler, H. M., Starck, C., Myts D. (2012). Cormorant food and the possible impact on indigenous fish species in the Pomeranian Bay off the coast of Germany. In: *Cormorants and sustainable exploitation of fisheries resources*. Conference materials. Gdynia, Poland, National Marine Fisheries Research Institute, 4-8 (in Polish).
- Wołos, A. (1984). To ground-bait or not to ground-bait. *Wiadomości Wędkarskie*, 11, 13 (in Polish).
- Wołos, A., Draszkiewicz-Mioduszevska, H., Mickiewicz, M. (2015). Size and characteristics of lake fisheries production in 2014. In: *Sustainable exploitation of fisheries resources and their state in 2014* (Ed.) M. Mickiewicz, A. Wołos, Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 9-20 (in Polish).
- Wołos, A., Mioduszevska, H. (2003). Impact of groundbaits anglers use on angling outcomes and the balance of biogens in aquatic ecosystems. *Komunikaty Rybackie*, 1, 23-27 (in Polish).
- Wołos, A., Teodorowicz, M., Grabowska, K. (1992). Effect of ground-baiting on anglers' catches and nutrient budget of water bodies as exemplified by Polish lakes. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23, 499-509.
- Wołos, A., Trella, M. (2017). Mandatory registration of recreational fisheries – data reliability and usefulness in determining the state of fish resources. In: *Recreational fishers 2016 – The role of fisheries management in the waters of the Polish Angling Association and principles of sustainable development* (Ed.) M. Mizielniński. Wydawnictwo Wieś Jutra Sp. z o.o., Warszawa: 191-210 (in Polish).
- Ziegler, F., Hornborg, S., Green, B. S., Eigaard, O. R., Farmery, A., Hammar, L., Hartmann, K., Molander, S., Parker, W. R., Skontorp Hognes, E., Vázquez-Rowe, I. Smith A. D. M. (2016). Expanding the concept of sustainable seafood using life cycle assessment. *Fish and Fisheries*, 17 (4), 1073-1093.

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) wód obwodów rybackich w latach 2005-2019. W: Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś (red) Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 175-189.

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań, zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy, graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji składającej się na rozprawę wyniósł **70%**.

mgr inż. Marek Trella

1.03.2022 Trella
.....
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

Trella, M., Wołos, A. (2021). Wielkość i wartość odłowów rybackich oraz zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) wód obwodów rybackich w latach 2005-2019. W: Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś (red) Akwakultura jako narzędzie ochrony ichtiofauny. Wydawnictwo IRS, Olsztyn, 175-189.

mój udział procentowy wyniósł 30% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☐	Koncepcja pracy	☒	Interpretacja wyników
☒	Zaplanowanie badań	☒	Pisanie pracy
☒	Prowadzenie badań	☐	Graficzne przedstawienie wyników
☒	Zbieranie danych	☐	Przegląd literatury
☒	Analiza danych	☒	Korekta pracy i zatwierdzenie ostatecznej wersji manuskryptu
☐	Analiza statystyczna	☐	Przeprowadzenie procesu publikacyjnego

prof. dr hab. Arkadiusz Wołos

1.03.2022

data i podpis

Wielkość i wartość odłowów gospodarczych oraz zarybień szczupakiem (*Esox lucius*) wód obwodów rybackich w latach 2005-2019

Marek Trella, Arkadiusz Wołos

Zakład Bioekonomiki Rybactwa,
Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza

Wstęp

Gospodarka rybacka jako dziedzina rybactwa jest dość złożoną formą zbudowaną z wielu elementów, takich jak: rybołówstwo komercyjne i rekreacyjne (wędkarstwo) oraz właściwie prowadzona gospodarka zarybieniowa. Gospodarka zarybieniowa musi spełniać trzy podstawowe warunki: musi być ekologicznie dopuszczalna (bezpieczna), a jednocześnie pożądana społecznie i ekonomicznie wykonalna (Leopold i Bnińska 1992, Turkowski 2006, Mickiewicz i Wołos 2011). Efektywna gospodarka zarybieniowa jest kluczowym elementem gospodarki rybackiej, gdyż jednym z jej najważniejszych celów jest utrzymanie lub zwiększenie liczebności populacji cennych gospodarczo gatunków ryb do poziomu, który sprawia, że prowadzenie takiej gospodarki jest opłacalne ekonomicznie (Mickiewicz i Wołos 2011, Zakęś i Demska-Zakęś 2011). Jednak zarybienia są też ważne z ekologicznego punktu widzenia, szczególnie w zakresie zachowania bioróżnorodności, jest to również element akwakultury zachowawczej (Diana 2009). Wylęgarnictwo i larwikultura oraz późniejsze podchowanie narybku to zadania, którego podejmują się użytkownicy wód zarządzający obwodami rybackimi albo wyspecjalizowane ośrodki zarybieniowe, które tworzą bardzo prężną w naszym kraju branżę, o czym świadczy teren województwa warmińsko-mazurskiego, gdzie w 2009 roku działało 27 obiektów wylęgarniczo-podchowalniczych, w których w latach 2000-2008 średnio ponad 50% inkubowanej ikry, stanowiła ikra szczupaka (Zakęś i Jarmołowicz 2009).

W ostatnich latach coraz powszechniejsze staje się produkowanie materiału zarybienowego w systemach (obiegach) recykulacyjnych (RAS), gdzie woda używana do produkcji jest recykulowana i ponownie wykorzystywana, co zmniejsza znacznie zużycie wody, ale także pozwala na wychwytywanie odpadów. Pomaga także utrzymać stabilną temperaturę, co pozwala na stworzenie optymalnych warunków różnym gatunkom ryb (Szczepkowski i in. 2012, Budzich-Tabor i in. 2018). Gatunkami, na które jako pierwsze zwrócono uwagę, jako najbardziej cenne, gdzie konieczny jest rozwój wylęgarnictwa, aby je chronić były łososiowate, dopiero w drugiej połowie XX wieku ważną rolę przypisano szczupakowi (Zakęś i Demska-Zakęś 2011). Szczupak jest gatunkiem o dużym znaczeniu w ekosystemach wodnych (Lampert i Sommer 2001, Craig 2008, Forsman i in. 2015), gdyż w wielu wodach jest on jest głównym drapieżnikiem i jako taki odgrywa istotną rolę ekologiczną w regulacji populacji innych gatunków ryb, zwłaszcza karpiowatych (Craig 2008). Ze względu na jego szeroki zakres występowania i liczebność, ma on istotne znaczenie dla gospodarki rybackiej (Szczepkowski i in. 2012). Szczupak jest gatunkiem najbardziej preferowanym przez wędkarzy, zaś w całkowitej wartości ryb odławianych przez rybaków od lat mieści się w czołówce wraz z węgorzem (*Anguilla anguilla*) i sielawą (*Coregonus albula*) (Wołos 2020) i obecnie dominuje wśród gatunków, którymi zarybiane są jeziora, rzeki i zbiorniki zaporowe w Polsce (Mickiewicz i Trella 2017, 2019, Trella i in. 2019).

Celem opracowania była szczegółowa analiza wielkości i wartości połowów rybackich (komercyjnych) szczupaka oraz zarybień tym gatunkiem w wodach obwodów rybackich stanowiących własność Skarbu Państwa w perspektywie długoterminowej.

Materiał i metody

Informacje na temat wybranych, podstawowych parametrów charakteryzujących analizowane podmioty gospodarcze oraz wielkości i wartości odłowów szczupaka handlowego i jego tarlaków, oraz ilości, rodzaju materiału zarybienowego i jego wartości, liczby podmiotów zarybiających szczupakiem, wielkości zarybianej nim powierzchni, całkowitej wartości zarybień wszystkimi gatunkami ryb oraz wielkości i wartości złowionych tarlaków wszystkich gatunków ryb, zostały zebrane za pomocą kwestionariuszy statystycznych RRW-23 od podmiotów uprawnionych do rybactwa w wodach obwodów rybackich ustanowionych na publicznych śródlądowych wodach powierzchniowych płynących (jeziora, cieki, zbiorniki zaporowe). Kwestionariusze RRW-23 były przysyłane przez użytkowników wód (uprawnionych do rybactwa) do Instytutu Rybactwa Śródlądowego, a następnie weryfikowane i analizowane przez IRS w ramach badań przewidzianych w Programie Badań Statystycznych Statystyki Publicznej. Badania te rokrocznie są prowadzone przez IRS na potrzeby Głównego Urzędu Statystycznego (GUS), statystyk międzynarodowych (FAO, EUROSTAT,

FISHSTAT), a także wykorzystywane – w razie potrzeby – przez urzędy i instytucje sprawujące nadzór nad śródlądową gospodarką rybacką.

Analizowano wielkości i wartości rzeczywiste, jak i wskaźniki względne, w odniesieniu do analizowanej powierzchni (kg ha^{-1} , zł ha^{-1}). W pracy wykorzystano też podstawowe parametry statystyczne, takie jak średnia arytmetyczna (M), odchylenie standardowe (SD), mediana (Me), udział procentowy i współczynnik determinacji (R^2). W obliczeniach zastosowano metodę analizy szeregów czasowych, przyjmując za graniczny stopień prawdopodobieństwa $P \leq 0,05$. Dla ukazania trendów zmian w latach 2005-2019 oraz 2011-2019¹ użyto funkcji liniowej. Do obliczeń i stworzenia wykresów zastosowano arkusz kalkulacyjny Microsoft Excel.

Wyniki

Liczba badanych podmiotów w latach 2006-2019 była relatywnie stała, wynikało to z tego, że terminowe złożenie sprawozdania było i nadal jest ustawowym obowiązkiem każdego uprawnionego do rybactwa prowadzącego działalność w publicznych śródlądowych wodach powierzchniowych płynących (tab.1). Pomimo zmiennej liczby, najczęściej małych powierzchniowo podmiotów, składających kwestionariusze RRW-23, wystąpiły stosunkowo nieznaczne różnice w całkowitej powierzchni badanych obwodów rybackich, co wynika z faktu, że niemal wszystkie duże i średnie gospodarstwa rybackie i wszystkie okręgi Polskiego Związku Wędkarskiego (PZW) systematycznie składały w IRS kwestionariusze statystyczne. Dużo większa zmienność odnotowywana była w przypadku odłowów całkowitych szczupaka, które wahały się od 217127 kg w 2017 roku do 325337 kg w 2011, od tego też roku obserwowany jest trend spadkowy tych odłowów, który jednak został zahamowany w ostatnich dwóch latach badanego okresu (rys.1). Udział podmiotów uprawnionych do rybactwa, które dokonywały zarybień szczupakiem, w analizowanym okresie wynosił średnio rocznie 76,4%, a najmniej był w 2006 roku (63,5%), zaś maksymalny w 2018 (84,9%) (tab.1). Początkowo udział ten charakteryzował się tendencją wzrostową, ale od roku 2012 ustabilizował się na poziomie około 80%. Natomiast udział powierzchni zarybionej szczupakiem w zasadzie od roku 2008 wynosi ponad 80% i w tym czasie aż 5-krotnie przekraczał 87%.

Odłowy szczupaka

Porównując odłowy tarlaków szczupaka z ilością całkowitych odłowów tarlaków wszystkich gatunków ryb oraz z całkowitą ilością odłowów szczupaka widać, że całkowity odłów szczupaka w obwodach rybackich systematycznie maleje ($R^2=0,83$), zarówno w wartościach rzeczywistych, jak i w przeliczeniu na 1 ha, choć w latach 2018-2019 tem-

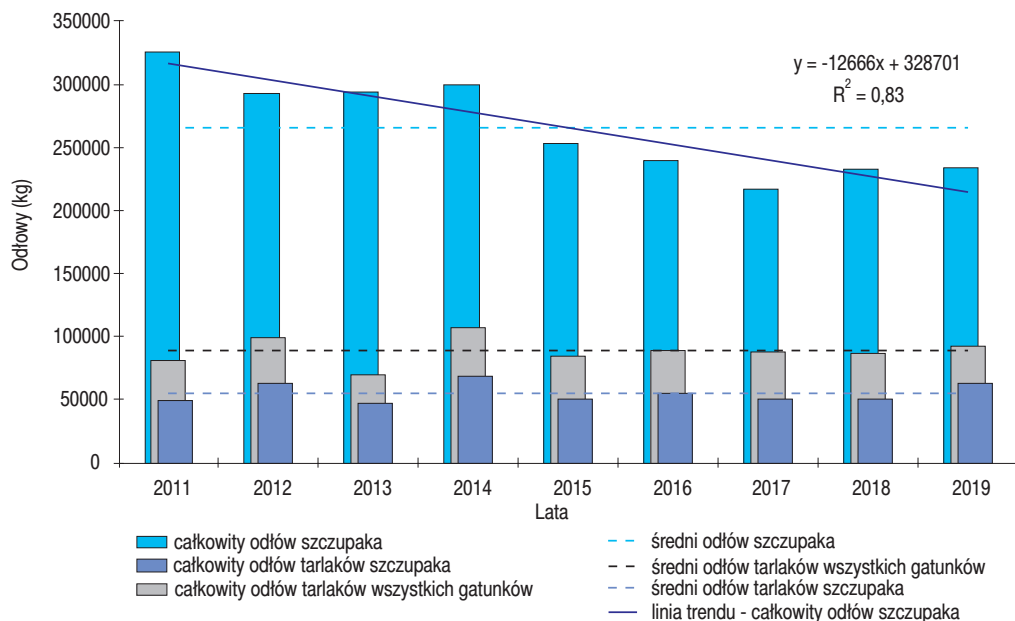
¹ Dopiero od roku 2011 rejestrowane były odłowy tarlaków w kwestionariuszach RRW-23

Tabela 1

Ogólne parametry charakteryzujące analizowane podmioty gospodarcze, odtowy i zarybienia szczupakiem w latach 2005-2019

Lata	Liczba podmiotów	Całkowita powierzchnia obwodów rybackich (ha)	Odtów szczupaka (kg)	Udział podmiotów zarybiających szczupakiem (%)	Udział powierzchni zarybionej szczupakiem (%)
2005	235	378548,5	263520	71,1	76,1
2006	329	386934,8	251758	63,5	78,5
2007	339	387208,1	321508	64,0	77,8
2008	337	389673,5	318854	72,1	82,2
2009	360	386197,8	281386	73,6	83,8
2010	354	386525,3	255177	75,1	82,0
2011	392	385785,1	325337	76,8	87,9
2012	381	391333,1	293123	80,8	85,8
2013	389	390944,1	294008	81,2	87,3
2014	451	395623,1	299858	79,6	85,4
2015	404	394839,8	252773	79,7	85,2
2016	412	395913,8	239021	82,0	88,4
2017	412	395693,1	217127	81,1	85,4
2018	390	380119,0	233030	84,9	88,2
2019	388	394341,0	234071	80,9	88,2
M	372	389312,0	389312	76,4	84,1
SD	48,5	5336,7	44996,3	6,2	3,9
Me	381	389312	263520	76,8	85,2

M - średnia arytmetyczna, SD - odchylenie standardowe, Me - mediana



Rys. 1. Odtowy całkowite szczupaka, całkowite odtowy tarlaków wszystkich gatunków i tarlaków szczupaka w obwodach rybackich w latach 2011-2019.

Tabela 2

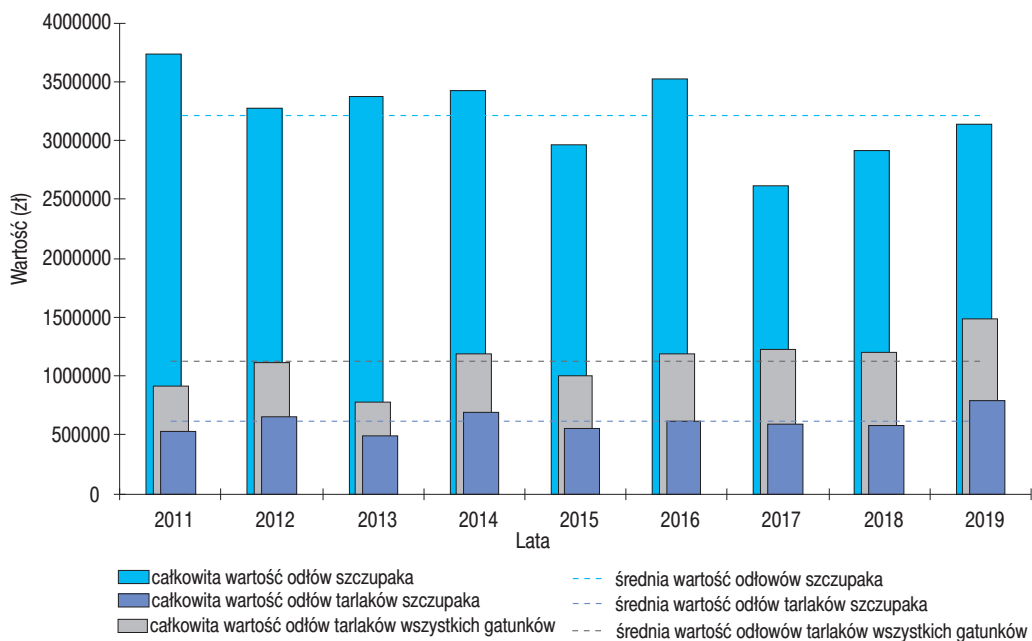
Udział tarlaków szczupaka i udział wartości tego gatunku w całkowitym odłowie oraz wartości odłowów szczupaka i tarlaków wszystkich gatunków ryb (%) oraz wielkość i wartość odłowów całkowitych szczupaka, tarlaków wszystkich gatunków ryb i tarlaków szczupaka (kg) w latach 2011-2019

Rok	Udział tarlaków szczupaka w całkowitym odłowie		Udział wartości tarlaków szczupaka w całkowitej wartości odłowu			Odłów		Wartość odłowów		
	szczupaka (%)	wszystkie tarlaki (%)	szczupak (%)	wszystkie tarlaki (%)	całkowity (kg ha ⁻¹)	wszystkie tarlaki (kg ha ⁻¹)	tarlaki szczupaka (kg ha ⁻¹)	całkowite (kg ha ⁻¹)	wszystkie tarlaki (kg ha ⁻¹)	tarlaki szczupaka (kg ha ⁻¹)
2011	15,2	61,0	14,3	58,8	0,84	0,21	0,13	9,68	2,36	1,39
2012	21,5	63,6	20,1	59,2	0,75	0,25	0,16	8,36	2,84	1,68
2013	16,2	68,8	14,7	63,3	0,75	0,18	0,12	8,64	2,00	1,27
2014	22,9	64,2	20,2	58,5	0,76	0,27	0,17	8,66	3,00	1,75
2015	20,1	60,3	19,0	56,2	0,64	0,21	0,13	7,49	2,53	1,42
2016	23,1	62,2	17,6	52,0	0,60	0,22	0,14	8,90	3,01	1,56
2017	23,5	58,1	22,5	48,2	0,55	0,22	0,13	6,61	3,09	1,49
2018	21,6	57,8	19,8	48,2	0,61	0,23	0,13	7,68	3,15	1,52
2019	26,7	67,1	25	52,8	0,59	0,24	0,16	7,95	3,77	1,99
M	21,2	62,6	19,2	55,2	0,68	0,23	0,14	8,22	2,86	1,56
SD	3,6	3,8	3,4	5,3	0,10	0,03	0,02	0,90	0,51	0,22
Me	21,6	62,2	19,8	56,2	0,64	0,22	0,13	8,36	3,00	1,52

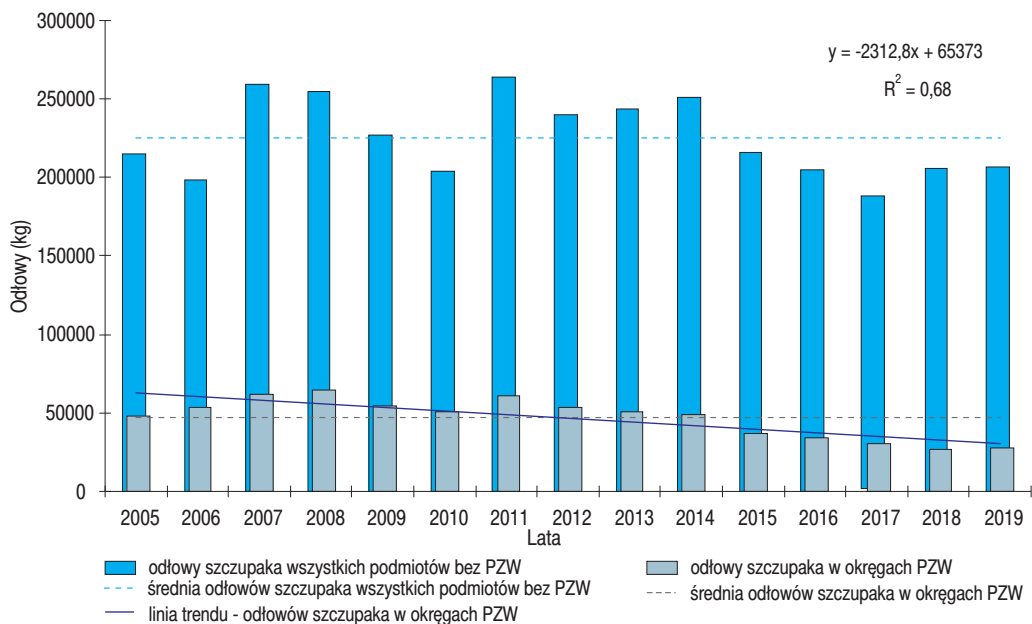
M - średnia arytmetyczna, SD - odchylenie standardowe, Me - mediana

po tego spadku zostało powstrzymane (rys. 1, tab. 2). Natomiast odłowy tarlaków szczupaka, jak i wszystkich gatunków tarlaków łącznie utrzymują się na bardzo zbliżonym poziomie - udział odłowu tarlaków szczupaka w stosunku do całkowitego odłowu tego gatunku utrzymuje się na poziomie średnio 21,2%, a w stosunku do całkowitego odłowu tarlaków wszystkich gatunków stanowi 62,2% (tab. 2). Zupełnie inaczej przedstawiają się relacje pod względem wartości odłowów wyżej wymienionych frakcji. W przypadku szczupaka występują znaczne wahania (od ok. 2,5 do 3,7 mln zł), ale trend prostoliniowy nie jest istotny statystycznie. Natomiast wartość odłowów tarlaków wszystkich gatunków ryb rośnie, ale wartość odłowów tarlaków szczupaka wyrażona w danych rzeczywistych oraz w przeliczeniu na 1 ha utrzymuje się na zbliżonym poziomie (rys. 2, tab. 2).

Przeprowadzono analizę porównawczą wielkości odłowów szczupaka w grupie okręgów PZW i wszystkich pozostałych podmiotów. Uzyskane wyniki wskazują, że za ogólny trend spadku odłowów w okręgach PZW ($R^2=0,68$) odpowiada w dużej mierze ich polityka połowowa, ponieważ od lat systematycznie zmniejszają lub całkowicie zakazują połowów komercyjnych szczupaka i wszystkich pozostałych gatunków ryb. Od 2014 roku w tej grupie podmiotów zaczął się znaczny spadek w stosunku do średniej z wielolecia, podczas gdy w przypadku pozostałych badanych podmiotów balansują one bliżej średniej (rys. 3).



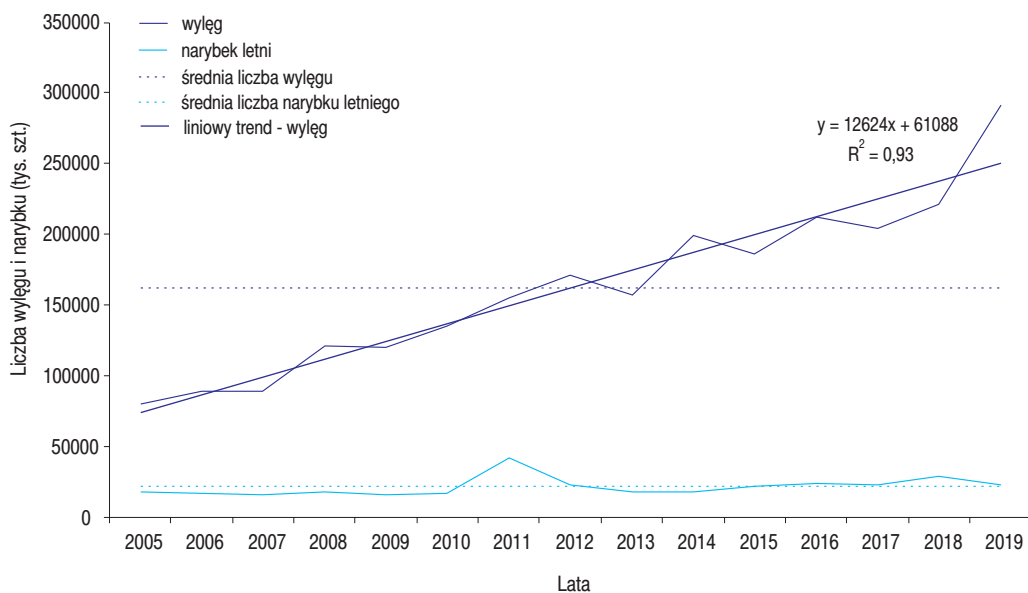
Rys. 2. Wartość całkowitych odłowów szczupaka, całkowitych odłowów tarlaków wszystkich gatunków ryb i tarlaków szczupaka w obwodach rybackich w latach 2011-2019.



Rys. 3. Porównanie odłowów szczupaka w okręgach PZW i w pozostałych podmiotach.

Zarybienia poszczególnymi formami materiału szczupaka

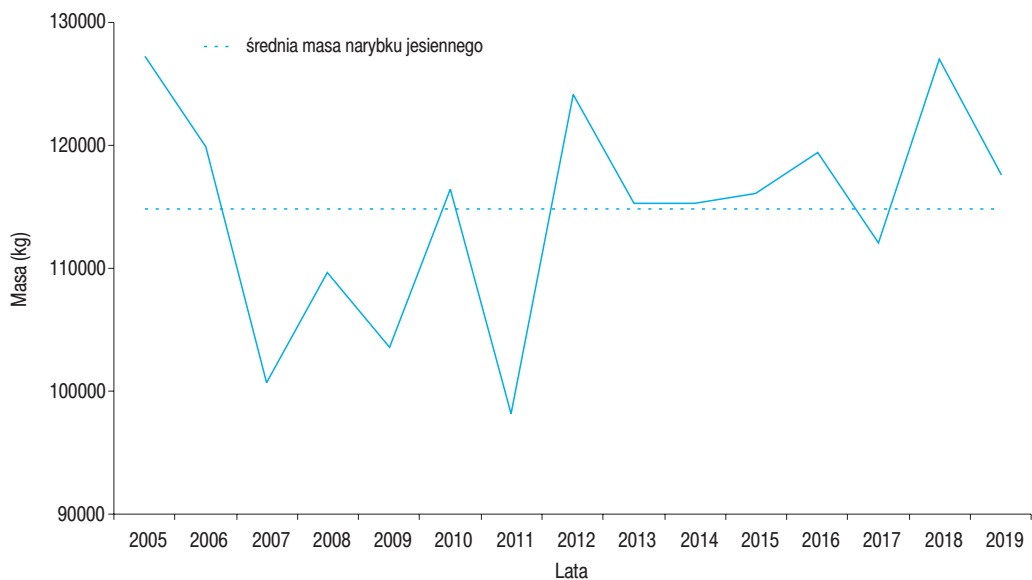
Ilość wylęgu szczupaka wprowadzanego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019 wykazywała bardzo wyraźną tendencję wzrostową ($R^2=0,93$), od minimum 80 mln szt. w roku 2005 do 291 mln szt. w 2019 roku (rys. 4), a średnio rocznie 162 mln szt. Natomiast w przypadku narybku letniego szczupaka nie obserwowano ani trendu wzrostowego, ani spadkowego i na przestrzeni badanych lat można raczej mówić o długotrwałej stabilizacji, z wyjątkiem roku 2011 i 2018, kiedy wyraźnie wprowadzono więcej niż średnią roczną dawkę z wielolecia.



Rys. 4. Liczba wylęgu szczupaka i narybku letniego wprowadzonego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019.

Narybkiem jesiennym szczupaka w latach 2005-2019 zarybiano w średniej rocznej ilości 114 tys. kg, przy czym powyżej 124 tys. kg zarybiono w roku 2005, 2012 i 2018, a najmniej, bo poniżej 100 tys. kg w roku 2011 (rys. 5). Analizując ilości narybku jesiennego wprowadzonego do wód obwodów rybackich, można stwierdzić, że sortyment ten cechowała duża zmienność, szczególnie w latach 2005-2012. Nie zaobserwowano przy tym wyraźnej tendencji, ale od 2012 roku stabilizację, która od tego czasu zaczyna pokrywać się ze średnią wieloletnią.

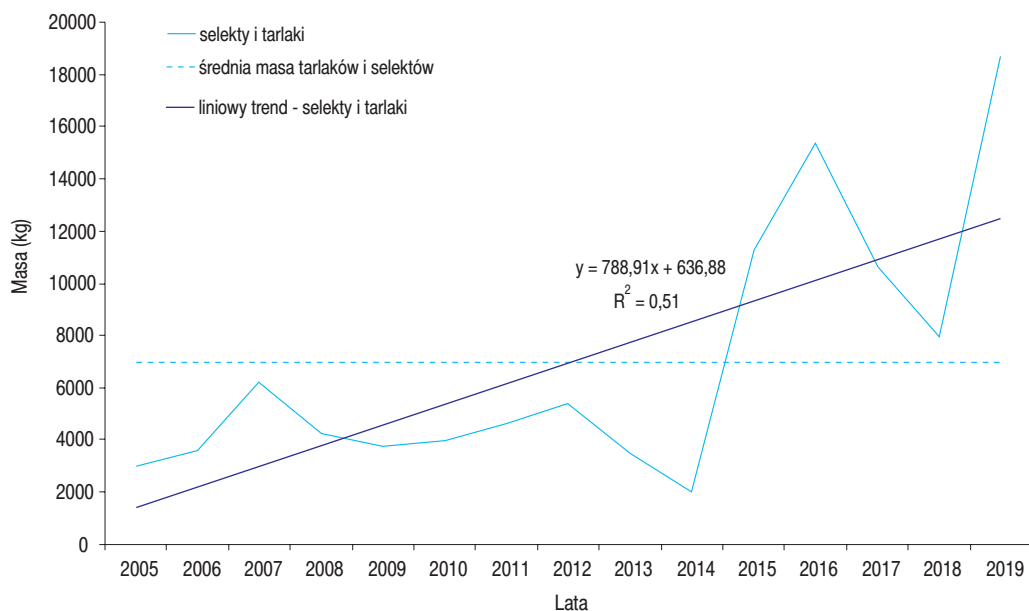
Analizując zmiany ilości materiału zarybieniowego szczupaka starszego od narybku jesiennego, czyli narybku 1+ i krocza oraz handlówki wyraźny spadek, przy znacznych ich wahaniach, można było zaobserwować w przypadku wszystkich wymienionych form materiału zarybieniowego (rys. 6). Masa wprowadzonego narybku 1+ obniżyła się



Rys. 5. Masa narybku jesienno szczupaka wprowadzonego do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019.



Rys. 6. Masa narybku 1+, krocza i handłówki szczupaka wprowadzonych do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019.

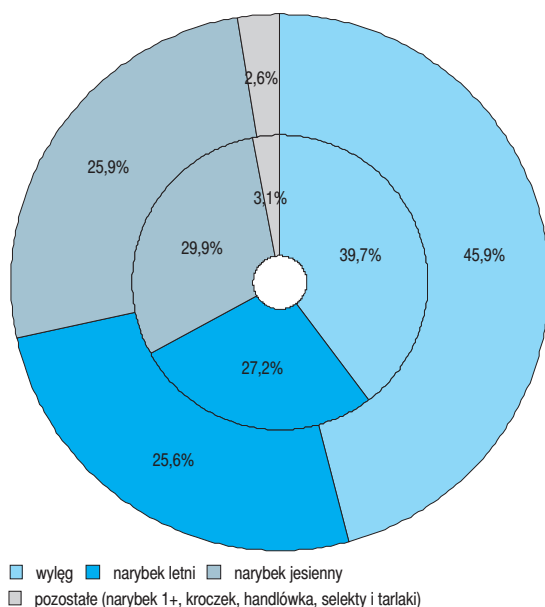


Rys. 7. Masa selektów i tarlaków wprowadzonych do wód obwodów rybackich w latach 2005-2019.

z poziomu 6000-10000 kg w latach 2005-2011 do około 2000 kg w latach 2017-2019, masa asortymentu krocza malała od poziomu 4000-10000 kg (2005-2011), by osiągnąć około 1000 kg w okresie 2016-2018 i prawie wielkość średniej wieloletniej, tj. 4000 kg w 2019 r. Natomiast zarybienia handlówką rekordowe były w 2009 roku (ok. 4000 kg), lecz od 2010 roku wyraźnie spadły do poziomu poniżej średniej (a nawet w niektórych latach oscylując w pobliżu 0) i dopiero w ostatnim roku widać było jednorazowy wyraźniejszy wzrost ponad średnią z wielolecia.

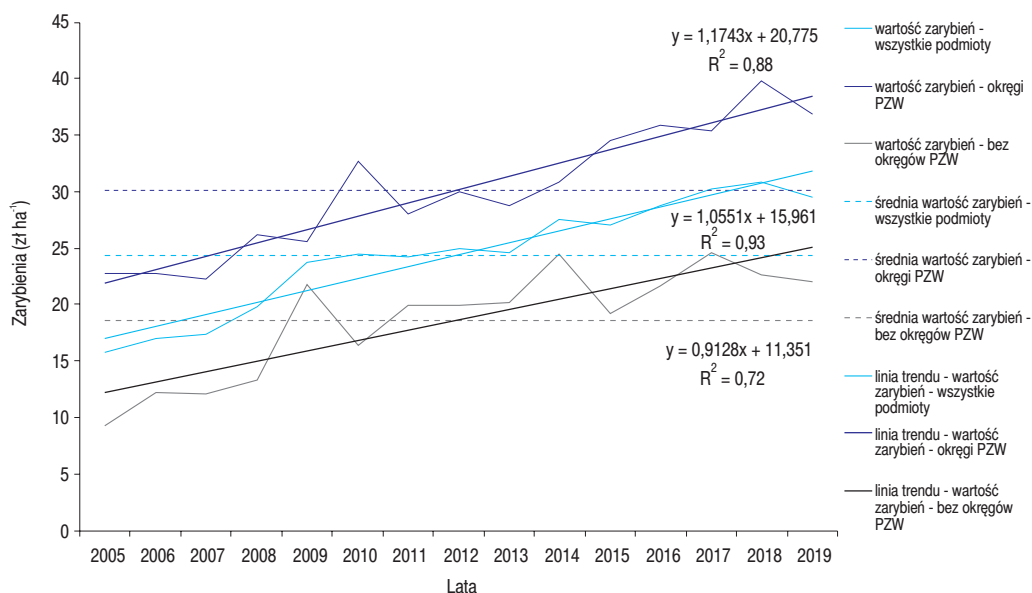
Zarybienia selektami i tarlakami w badanym okresie, mimo znacznych wahań wykazały trend rosnący ($R^2=0,51$) (rys. 7). Po najniższym zarybieniu tymi formami w 2014 roku nastąpiły rekordowe lata 2015, 2016 oraz 2019. Mimo że w roku 2018 obniżyła się ilość wprowadzonego materiału, to i tak była powyżej średniej z wielolecia.

W latach 2005-2019 w udziale procentowym poszczególnych form materiału zarybieniowego w całkowitej wartości zarybień szczupakiem 39,7% stanowiła wartość wprowadzonego wylęgu, narybek jesienny stanowił 29,9%, a letni 27,2%. Pozostałe starsze formy materiału zarybieniowego (narybek 1+, kroczek, handlówka oraz selekty i tarlaki) stanowiły tylko 3,1% (rys. 8). Jednak w ostatnich 5 latach (2015-2019), zaobserwować można było, że aż 45,9% wartości stanowił wylęg, pozostałe wartości nieznacznie się zmieniły, gdyż udział narybku jesiennego wyniósł 25,9%, letniego 25,6%, a udział pozostałych form stanowił 2,6%.



Rys. 8. Udział poszczególnych form materiału zarybieniowego (%) w całkowitej wartości zarybień szczupakiem w latach 2005-2019 (pierścień wewnętrzny) oraz w latach 2015-2019 (pierścień zewnętrzny).

Porównanie wartości względnej zarybień (zł ha^{-1}) wykazało ogólny trend wzrostu tej wartości w obu grupach i we wszystkich badanych podmiotach (rys. 9). Polityka zarybieniowa okręgów PZW od lat promuje szczupaka jako jednego z kilku najbardziej preferowanych przez wędkarzy gatunków ryb, stąd przez cały badany okres obserwowano w obwodach rybackich użytkowanych przez PZW największe wartości nakładów na 1 ha zarybianej powierzchni. Podobny, a nawet bardziej wyraźny, trend dotyczył wszystkich badanych podmiotów ($R^2=0,93$), natomiast obserwując wartość zarybień pozostałych podmiotów (tj. bez PZW) widać, że trend ten charakteryzuje mniejsza stopa wzrostowa i jest on mniej istotny statystycznie ($R^2=0,72$).



Rys. 9. Porównanie wartości zarybień szczupaka w okręgach PZW i w pozostałych podmiotach oraz z całkowitą wartością zarybień we wszystkich badanych podmiotach.

Dyskusja

Od lat 60. XX wieku obserwowany jest spadkowy trend rybackich odłowów szczupaka w jeziorach, w latach 1956-1985 przy średniej wielkości wynoszącej 473 tony, maksymalny odłów osiągnięto w 1959 r. (779 ton), zaś minimalny w 1984 r. (zaledwie 140 ton) (Wołos 2020). W badanym okresie 2005-2019 trend ten był dalej obserwowany, choć w ostatnich kilku latach odłow rybackie nieznacznie wzrosły. Natomiast wartość tych odłowów, zarówno całkowitych, jak i tarlaków wahała się, gdyż wpływ na nią miały różne czynniki, m.in. inflacja oraz ceny rynkowe. Jednak warto tutaj podkreślić, że wartość odławianych tarlaków stale rośnie. W przypadku PZW najwięcej sprzeciwu wśród wędkarzy budzą połowy rybackie prowadzone za pomocą sieci (Wołos i in. 2016), coraz silniejsze naciski wędkarzy doprowadzają do wstrzymania lub zaprzestania połowów komercyjnych na wodach użytkowanych przez coraz liczniejsze okręgi PZW. Przykładowo, od 2009 roku w Okręgu PZW w Toruniu wprowadzono zakaz połowów rybackich, a wyjątkiem pozostały tylko odłow tarlaków na potrzeby zaopatrywania własnych wylęgarni w materiał rozrodczy (Wołos i Trella 2017). Warto także wspomnieć, że w naszych badaniach wzięto pod uwagę jedynie połowy komercyjne i gdyby dodać do podanych wartości urealnione wydajności wód eksploatowanych przez wędkarzy, przy założeniu wysokości odłowów wszystkich gatunków na poziomie 13000 ton ryb (Wołos i Draszkiewicz-Mioduszevska 2020), 15,7% udziale szczupaka oraz wydajności wędkarskich odłowów tego gatunku na poziomie $4,25 \text{ kg ha}^{-1}$ (Wołos 2020), to wielkość całkowitych odłowów byłaby znacznie wyższa niż obliczona tylko na podstawie danych rybackich.

Z ekologicznego punktu widzenia nie ma znaczenia, czy eksploatację populacji ryb prowadzi się rybackimi, czy wędkarskimi narzędziami połowu, istotna jest natomiast jej wielkość w stosunku do granicy zapewniającej odnawialność zasobów (Wołos i in. 2016), dlatego też prowadzenie zrównoważonej gospodarki rybackiej wymaga prowadzenia racjonalnej polityki zarybieniowej (Trella i in. 2019). Materiał zarybieniowy wprowadzany do jezior w znacznej większości produkuje się na bazie produktów płciowych, pozyskanych od ryb odłowionych w okresie przedtarłowym lub podczas samego tarła (Zakęś i Danilewicz 2010, Zakęś i in. 2018). W Polsce głównie pozyskuje się tarlaki ryb drapieżnych (szczupaka, sandacza (*Sander lucioperca*), suma europejskiego (*Silurus glanis*) oraz koregonidów (siei (*Coregonus lavaretus*) i sielawy) (Zakęś i in. 2014, 2018). Jak przedstawiono w pracy, w badanych latach w odłowach tarlaków zdecydowanie dominował szczupak, dominacja ta również wyrażała się w liczbie wniosków na odłów tarlaków tego gatunku (Zakęś i in. 2014). Warto tutaj wspomnieć, że odłów tarlaków w czasie tarła jest prawnie zabroniony, dlatego uprawniony musi ubiegać się o zezwolenie na odstępstwo od zakazów połowu ryb przewidzianych Ustawą o rybactwie śródlądowym (Dz. U. z 2019 r. poz. 2168) (Obwieszczenie 2019). We wniosku uprawnio-

ny musi wskazać cel i wyczerpujące uzasadnienie podjętych działań, gdyż od tego zależy udzielenie zgody na takie odłowy (Mickiewicz 2016). Kontrowersyjne wydaje się założenie, że odłowy te miałyby charakter komercyjny, w celu pozyskania ryby handlowej, a przy okazji materiału zarybieniowego, gdyż jak wykazały badania (Zakęś i in. 2014) filety szczupaka potarłowego są istotnie gorszym źródłem cennych dla człowieka prozdrowotnych kwasów tłuszczowych (EPA i DHA). Ponadto stwierdzono również niższą masę mięśniową tych ryb po tarle, co przyczyniło się do obniżenia wydajności rzeźnej, szczególnie filetów. Niemniej jednak, gdyby tarlaki odławiane były w nadmiarze (ponad potrzeby zarybieniowe danego gospodarstwa), mogłoby to rodzić uzasadnione podejrzenia, co do prawdziwych intencji uprawnionego do rybactwa. Warto tutaj dodać, że uprawniony nie może odłowić większej masy tarlaków niż podanej we wniosku do stosownego urzędu marszałkowskiego.

Gospodarka zarybieniowa, podobnie jak inne rodzaje gospodarki, musi być prowadzona zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, zwanego też ekorozwojem (Mickiewicz i Wołos 2011). Jednym z przykładów jest zarybianie szczupakiem. Daje to wiele pozytywnych rezultatów, od najbardziej oczywistego, czyli zwiększenia ilości tego gatunku w zarybianych akwenach, zwiększania atrakcyjności wędkarskiej (Wołos 2000), a także pozytywną odpowiedź ekologiczną poprzez regulację ichtiofauny (Leopold i in. 1998), co w efekcie może prowadzić do poprawy jakości wody (Mehner i in. 2004). Materiał zarybieniowy szczupaka był też regularnie stosowany w biomanipulacjach przeprowadzanych w celu poprawy jakości wody poprzez eliminację drobnych ryb karpiowatych (Skov i Nilsson 2007, Winfield 2015). Dlatego zarybiania te mają największe znaczenie w jeziorach średnio lub silnie zaburzonych i zagrożonych degradacją (Bnińska 1996), a w takim właśnie stanie znajduje się coraz więcej jezior. W badanym okresie najwięcej wprowadzono wylęgu, a trend wzrostowy był stały. W przypadku pozostałych starszych form obserwowano czasem znaczne wahania, a przyczyną tego stanu rzeczy była zapewne pewna przypadkowość stosowania takiego materiału zarybieniowego w porównaniu z wylęgiem, który w ostatnim 5-leciu zaczyna wyraźnie dominować nad resztą form wprowadzanego materiału zarybieniowego szczupaka. Taka tendencja znajduje potwierdzenie w przypadku szczupaka amerykańskiego (*Esox masquinongy*) (Margenau 1992), który wykazał, że bardziej opłacalne ekonomicznie jest zarybianie wylęgiem, niż starszymi asortymentami. Taka hipoteza znajduje jednak poparcie, i zwolenników, i przeciwników, ale to byłby materiał do dyskusji w osobnym opracowaniu.

Przeprowadzone analizy wskazują, że przez kolejne lata szczupak będzie w gronie kilku gatunków kluczowych, jeśli chodzi o gospodarkę rybacką, a nakłady na zarybiania będą stale dominowały, szczególnie że Mickiewicz i Trella (2019) wykazali wysoką ekonomiczność zarybień szczupakiem w akwenach Pojezierza Ełckiego, gdzie zarybiania prowadzone były nie dlatego, aby odbudować zagrożoną populację, ale aby zrównowa-

żyć wysoką presję wędkarską, odłowu rybackie oraz oddziaływanie kormorana (*Phalacrocorax carbo*). Wyniki tych badań pokazały, że zarybienia przyczyniają się do stabilizowania populacji szczupaka narażonej na wysoką presję naturalną i antropogeniczną.

Podsumowanie

Mimo spadku całkowitych odłowów szczupaka, gatunek ten nadal posiada wysoką rangę w gospodarce rybackiej prowadzonej w obwodach rybackich, tak pod względem wielkości i wartości odłowów, jak i wielkości i wartości zarybień, świadczących o tym, że jest stale gatunkiem kluczowym, którego znaczenie w gospodarce rybackiej stale jest wysokie. Prawdłowo prowadzona eksploatacja rybacka i zarybienia, to w świetle wiedzy naukowej i przepisów prawa, podstawa prowadzenia racjonalnej gospodarki rybackiej, która nakłada na uprawnionego do rybactwa nie tylko obowiązki poprzez zapisy ustawowe czy poprawnie stworzony operat rybacki, ale również interes ekologiczny, ekonomiczny i społeczny.

Badania przeprowadzono w ramach tematu statutowego S-014 Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza.

Literatura

- Bnińska M. 1996 – Zasady gospodarki rybackiej w jeziorach podlegających przyspieszonej eutrofizacji – W: *Sandacz, gospodarka rybacka, eutrofizacja* (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 13-22.
- Budzych-Tabor U., Rigaud A., da Silva S.G., van de Walle G. 2018 – Integrating Aquaculture within Local Communities – European Commission, Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, Director-General: Brussels, Belgia, doi:10.2771/790122
- Craig J.F. 2008 – A short review of pike ecology – *Hydrobiologia* 601: 5-16.
- Diana J.S. 2009 – Aquaculture production and biodiversity conservation – *BioScience* 59(1): 27–38.
- Forsman A., Tibblin P., Berggren H., Nordahl O., Koch-Schmidt P., Larsson P. 2015 – Pike *Esox lucius* as an emerging model organism for studies in ecology and evolutionary biology: a review – *J. Fish Biol.* 87: 472-479.
- Lampert W., Sommer U. 2001 – Ekologia wód śródlądowych – Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 415 s.
- Leopold M., Bnińska M. 1992 – Gospodarka rybacka a ekorozwój – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 401: 73-79.
- Leopold M., Bnińska M., Wołos A., Mickiewicz M. 1998 – Znaczenie, stan i uwarunkowania rozwoju rybactwa jeziorowego w Polsce (Red.) A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn, 43 s.
- Margenau T.L. 1992 – Survival and cost-effectiveness of stocked fall fingerling and spring yearling muskellunge in Wisconsin – *N. Am. J. Fish. Manage.* 12(3): 484-493.
- Mehner T., Arlinghaus R., Berg S., Dorner H., Jacobsen L., Kasprzak P., Koschel R., Schulze T., Skov C., Wolter C., Wysujack K. 2004 – How to link biomanipulation and sustainable fisheries management: a step-by-step guideline for lakes of the European temperate zone – *Fish. Manage. Ecol.* 11: 261-275.

- Mickiewicz M. 2016 – Ekologiczne, ekonomiczne i społeczne aspekty rybacko-wędkarskiego gospodarowania szczupakiem *Esox lucius* L. – Komun. Ryb. 3: 20-26.
- Mickiewicz M., Trella M. 2017 – Zarybienia szczupakiem (*Esox lucius*) i ich efekty w wodach obwodów rybackich na podstawie kwestionariuszy RRW-23 z lat 2006-2015 – W: *Wylęgarnictwo a dywersyfikacja produkcji akwakultury* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś. Wyd. IRS, Olsztyn: 273-287.
- Mickiewicz M., Trella M. 2019 – Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions – Fish. Aquat. Life 27(3): 136-148.
- Mickiewicz M., Wołos A. 2011 – Species, type, and value of stocking material released into Polish lakes from 2001 to 2009 – W: *Fish management in a variable water environment* (Red.) M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska. Agencja Wyd. "Argi" s.c. R. Błaszczak, P. Pacholec, J. Prorok: 65-76.
- Obwieszczenie 2019 – Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 14 października 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o rybactwie śródlądowym (Dz. U. z 2019 r., poz.2168)
- Skov C., Nilsson P.A. 2007 – Evaluating stocking of YOY pike *Esox lucius* as a tool in the restoration of shallow lakes – Freshwat. Biol. 52(9): 1834-1845.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Kapusta A., Szczepkowska B., Hopko M., Jarmołowicz S., Kowalska A., Kozłowski M., Partyka K., Piotrowska I., Wunderlich K. 2012 – Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems – Arch. Pol. Fish. 20: 267-274.
- Trella M., Czerwiński T., Wołos A. 2019 – Determinants of fisheries management in dam reservoirs in Central-Eastern Europe under the influence of climate change – Fish. Aquat. Life (27): 208-223.
- Turkowski K. 2006 – Rozwój zrównoważony a rybactwo śródlądowe – W: *Rybactwo, wędkarstwo, ekorozwój* (Red.) A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 9-19.
- Winfield I.J. 2015 – Eutrophication and freshwater fisheries – W: *Freshwater fisheries ecology* (Red.) J.F Craig, doi:10.1002/9781118394380.ch54
- Wołos A. 2000 – Ekonomiczne znaczenie wędkarstwa w gospodarstwach uprawnionych do rybackiego użytkowania jezior – Arch. Ryb. Pol. 8(1), 54 s.
- Wołos A. 2020 – Wielkość i charakterystyka odłowów szczupaka w ujęciu wieloletnim – Komun. Ryb. 6: 9-16.
- Wołos A., Draszkiewicz-Mioduszevska H. 2020 – Gospodarka rybacka w śródlądowych wodach płynących w 2018 roku. Cz. 1. Uprawnieni do rybactwa, obwody rybackie, połowy gospodarcze, zatrudnienie i połowy amatorskie – Komun. Ryb. 1: 13-22.
- Wołos A., Kapusta A., Mickiewicz M., Czerwiński T. 2016 – Aktualne problemy gospodarki rybacko-wędkarskiej i wędkarskiej w pytaniach i odpowiedziach – Komun. Ryb. 3: 27-32.
- Wołos A., Trella M. 2017 – Obowiązkowa rejestracja połowów wędkarskich – poziom wiarygodności danych i ich użyteczność w określaniu stanu zasobów ryb – W: *Użytkownik wędkarski 2016 – Rola gospodarki wędkarskiej na wodach PZW w świetle zasad zrównoważonego rozwoju* (Red.) M. Mizieliński. Wyd. „Wieś Jutra” Sp. z o.o., Warszawa: 191-210.
- Zakęś Z., Danilewicz B. 2010 – Rozród ryb w warunkach postępującej eutrofizacji – Komun. Ryb. 3: 14-17.
- Zakęś Z., Demska-Zakęś K. 2011 – Hatchery practice in the context of biodiversity of aquatic ecosystems – W: *Fish management in a variable water environment* (Red.) M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A.M. Wiśniewska. Agencja Wyd. "Argi" s.c. R. Błaszczak, P. Pacholec, J. Prorok: 45-52.

- Zakęś Z., Jarmołowicz S. 2009 – Stan techniczny budynków i urządzeń służących do prowadzenia gospodarki rybackiej – W: *Diagnoza aktualnego stanu oraz perspektywy rozwoju rybactwa śródlądowego i nadbrzeżnych obszarów rybackich w województwie warmińsko-mazurskim* (Red.) A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 95-110.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Demska-Zakęś K. 2018 – Co wiemy o sztucznym rozrodzie szczupaka? – *Komun. Ryb.* 3: 7- 40.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Pietrzak-Fiećko R., Modzelewska-Kapituła M., Hornatkiewicz-Żbik A.. 2014 – Odłowy tarlaków szczupaka w województwie warmińsko-mazurskim – uwagi na temat jakości filetów ryb po tarle – W: *Zrównoważone korzystanie z zasobów rybackich na tle ich stanu w 2013 roku* (Red.) M. Mickiewicz, A. Wołos. Wyd. IRS, Olsztyn: 143-154.

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany, niniejszym oświadczam, że w artykule:

**Ocena efektywności zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) na przykładzie
wybranych zbiorników zaporowych południowej Polski. W: A. Kowalska, A. Wołos
(red.) Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle
uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych. Wydawnictwo IRS,
Olsztyn, 43-54.**

mój indywidualny wkład w opracowanie koncepcji, zaplanowanie badań, prowadzenie badań,
zbieranie danych, analizę danych, analizę statystyczną, interpretację wyników, pisanie pracy,
graficznie przedstawienie wyników, zbieranie i przegląd literatury, przygotowanie
manuskryptu oraz przeprowadzenie procesu publikacyjnego wyżej wymienionej publikacji
składającej się na rozprawę wyniósł **60%**.

mgr inż. Marek Trella

1.03.2022 
.....
data i podpis

OŚWIADCZENIE AUTORA O UDZIALE W PUBLIKACJI

Ja, niżej podpisany współautor, niniejszym oświadczam, że w artykule:

**Ocena efektywności zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) na przykładzie
wybranych zbiorników zaporowych południowej Polski. W: A. Kowalska, A. Wołos
(red.) Działalność podmiotów rybackich i wędkarskich w 2020 roku w świetle
uwarunkowań gospodarczych, ekonomicznych i środowiskowych. Wydawnictwo IRS,
Olsztyn, 43-54.**

mój udział procentowy wyniósł 40% całkowitego wkładu w ostateczną wersję wymienionej publikacji naukowej.

Udział autora:

☒

Koncepcja pracy

☒

Interpretacja wyników

☒

Zaplanowanie badań

☒

Pisanie pracy

☒

Prowadzenie badań

☐

Graficzne przedstawienie
wyników

☒

Zbieranie danych

☐

Przegląd literatury

☒

Analiza danych

☒

Korekta pracy i zatwierdzenie
ostatecznej wersji
manuskryptu

☐

Analiza statystyczna

☐

Przeprowadzenie procesu
publikacyjnego

prof. dr hab. Arkadiusz Wołos

1.03.2022

data i podpis

Ocena efektywności zarybień szczupakiem (*Esox lucius* L.) na przykładzie wybranych zbiorników zaporowych południowej Polski

Marek Trella, Arkadiusz Wołos

Zakład Bioekonomiki Rybactwa,
Instytut Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza

Wstęp

Na przestrzeni ostatnich 30 lat rola szczupaka w gospodarce rybackiej znacznie wzrosła. Wpływ na to miały m.in. zwiększenie znaczenia wędkarstwa – pod względem gospodarczym i społecznym, oraz wzrost cen i mniejsza podaż materiału zarybieniowego węgorza *Anguilla anguilla* (L.), w latach 70. i 80. XX wieku podstawowego gatunku dla rybactwa śródlądowego (Wołos 2000, Mickiewicz 2012). Wzrost znaczenia szczupaka spowodował rozpoczęcie badań efektywności ekonomicznej i biologicznej zarybień tym gatunkiem (Mickiewicz 2013, Szczepkowski i in. 2012, 2015, 2016), a także metod gospodarowania jego populacją (Zakęś i in. 2015, Czarkowski i Kapusta 2016). Szczupak bowiem już od kilkunastu lat dominuje wśród gatunków, którymi zarybiane są wody śródlądowe w Polsce, zarówno jeziora, jak też zbiorniki zaporowe (Mickiewicz i Wołos 2012, Mickiewicz i Trella 2016, 2017, Mickiewicz 2018). Podobnie jak w krajach Ameryki Północnej i Europy, tak i w Polsce jest to gatunek poławiany w dużych ilościach nie tylko przez rybaków, ale przede wszystkim przez wędkarzy (Arlinghous i in. 2008), w Polsce głównie w jeziorach (Trella i Wołos 2015, Mickiewicz 2016). Jest też od lat gatunkiem najbardziej preferowanym przez wędkarzy (Wołos 1991, Bnińska i Wołos 2001, Trella i in. 2019).

Do priorytetowych funkcji zbiorników zaporowych zaliczamy: retencję wody, przeciwdziałanie powodziom, gromadzenie wody pitnej, przemysłowej oraz na potrzeby rolnictwa, energetyki, rekreacji, wędkarstwa i gospodarki rybackiej (Jaguś 2018). Łączna powierzchnia zbiorników zaporowych w Polsce wynosi około 60 tys. ha, ich liczba 140, a łączna pojemność 3522 mln m³ (Matecki i Pokładek 2010). W większości są to akweny o niedużej

powierzchni, a tylko 15 zbiorników przekracza areał 1000 ha (Czerwiński 2014). W Polsce praktycznie na wszystkich zbiornikach zaporowych prowadzona jest gospodarka wędkarska, a tylko w nielicznych prowadzi się jeszcze połowy komercyjne (Czerwiński 2014, Trella i in. 2019). Mimo wielu podobieństw, te sztuczne akweny nie są porównywalne z naturalnymi jeziorami i wymagają bardziej kompleksowego podejścia w kwestii zarządzania (Lau-nois i in. 2011, Blabolil i in. 2016, Jankowski 2017, Trella i in. 2019).

Zbiornik zaporowy to rodzaj zbiornika antropogenicznego powstały w wyniku spiętrzenia wód rzeki przegrodą (Wiśniewolski 2009). Główne cechy, którymi charakteryzują się zbiorniki zaporowe, a które różnią je od jezior to:

- krótszy czas retencji wody (Olden i Naiman 2010),
- szybkość wymiany wody w zbiorniku zależna od stosunku wielkości zbiornika do wielkości zasilającej go rzeki (Wiśniewolski 2008),
- większy stosunek powierzchni zlewni do powierzchni zbiornika (Traczewska 2012),
- głębokość wody zwiększająca się w kierunku przegrody (Wiśniewolski 2008),
- większy ładunek substancji, w tym biogennych na jednostkę powierzchni (Kulikowska-Karpińska i Kłusewicz 2009, Traczewska 2012),
- niższy udział substancji organicznej w osadach dennych (Traczewska 2012),
- częstsze zmiany poziomu wody (Grobelska 2008),
- naprzemienne odsłanianie i zalewanie dużych obszarów dna (Traczewska 2012),
- brak lub słaby rozwój typowej strefy litoralnej, w tym roślinności wyższej (Arfi 2005, Traczewska 2012).

Ostatni czynnik, czyli zanik lub słaby rozwój strefy litoralnej jest decydujący, jeśli chodzi o kwestię naturalnej rekrutacji szczupaka w zbiornikach zaporowych, gdyż właśnie w tej strefie dochodzi do jego tarła. Największym zagrożeniem dla populacji szczupaka, poza jego przełowieniem, jest utrata naturalnych tarlisk (Larsson i in. 2015), dlatego tak ważne są zarybienia dla zachowania stabilnej populacji w danym zbiorniku zaporowym. Jest to szczególnie istotne, gdy przywołamy szacunki Wołosa (2020), gdzie odłowy wędkarskie szczupaka z całkowitej powierzchni wód eksploatowanych przez wędkarzy określono na poziomie około 2000 ton, czyli 8-krotnie więcej niż odłowy uzyskiwane rybackimi narzędziami połowu. W zbiornikach zaporowych w okręgu katowickim najwyższe wydajności odłowu szczupaka dochodziły nawet do 10 kg/ha (zbiornik Gzel) (Trella i in. 2020).

Celem pracy było przedstawienie i omówienie wyników oceny efektywności zarybień szczupakiem w wybranych zbiornikach zaporowych w południowej Polsce, a także w celu określenia uwarunkowań prowadzenia gospodarki wędkarskiej w tego typu zbiornikach, ze szczególnym uwzględnieniem społecznej roli tych zarybień w wodach Polskiego Związku Wędkarskiego.

Materiały i metodyka

Podmiotem uprawnionym do rybactwa w badanych zbiornikach zaporowych jest Okręg PZW w Katowicach. Wędkarze z Okręgu PZW w Katowicach już od 1994 roku mają obowiązek rejestrowania odłowów w łowiskach użytkowanych przez ten okręg. Ponieważ zbiorniki te są systematycznie zarybiane szczupakiem mogły posłużyć jako przykład możliwości przeprowadzenia oceny efektywności zarybień przy wykorzystaniu metod statystycznych oraz informacji o zarejestrowanych odłowach i dokonanych zarybieniach. W 2016 roku Okręg PZW w Katowicach liczył 43439 członków, a po zakończeniu sezonu 2016 prawidłowo wypełnione rejestry zwróciło 30842 wędkarzy, co oznacza dość wysoką stopę zwrotu wynoszącą 71%. W sumie w badanym roku wędkarze wykazali w rejestrach 208 łowisk, w których zarejestrowali swoje odłow, a jedną z najważniejszych dla nich kategorii była grupa 20 zbiorników, w tym największe zbiorniki zaporowe (Dzieńkowice, Kozłowa Góra, Przeczyce i Łąka), o łącznej powierzchni 3406,07 ha. Zarejestrowany odłów szczupaka w tej grupie łowisk wyniósł w 2016 roku 7464 kg, co stanowiło aż 44% całkowitych odłowów tego gatunku we wszystkich wodach użytkowanych przez okręg. W niniejszym rozdziale wykorzystano dane zawarte w raportach z wyników rejestracji wykonanych przez zespół kierowany przez Wołosa dla ZO PZW w Katowicach, a podstawowe parametry uzyskane w wyniku przeprowadzonej analizy przedstawiono w tabeli 1.

W celu określenia efektywności zarybień szczupakiem zastosowano dwa podejścia metodyczne. W pierwszym podejściu oceniono efektywność zarybień rozpatrywanych zbiorników (powierzchnia 3340,87 ha), i chociaż jeden z nich – Horniok nie był w badanym okresie zarybiony szczupakiem, to w celach porównawczych włączono go do dalszej analizy. Dane o odłowach szczupaka w każdym zbiorniku przeliczono na jednostkę powierzchni (kg/ha), natomiast informacje o zarybieniach – ze względu na stosowane różne formy materiału – jako wartość finansową na jednostkę powierzchni (zł/ha). W obliczeniach uwzględniono do obliczeń średnie roczne zarybienie w 3-letnim okresie 2012-2014 oraz średnie roczne zarejestrowane odłow szczupaka w latach 2014-2016, a więc przy uwzględnieniu 2-letniego przesunięcia w czasie odłowów w stosunku do zarybień. Dla całości 20 zbiorników oraz dla każdego z osobna obliczono średnią roczną wartość zary-

Tabela 1

Zarybienia (2012-2014), odłowy wędkarskie (2014-2016) i wskaźniki efektywności zarybień szczupakiem 20 zbiorników Okręgu PZW w Katowicach

Zbiornik	Powierzchnia	Zarybienia	Odłowy	Efektywność
	ha	zł/ha	kg/ha	zł/kg
Dzieńkowice	712,00	32,36	1,50	21,63
Kozłowa Góra	526,80	77,79	2,56	30,34
Przeczycze	430,70	99,72	1,48	67,39
Łąka	320,00	41,41	2,65	15,62
Pławniowice	244,20	24,99	1,34	18,64
Pogoria III	207,00	54,69	1,20	45,53
Dzierżno	128,00	67,09	1,48	45,2
Paprocany	122,34	275,24	7,22	38,12
Chechło-Nakło	90,00	141,69	9,94	14,25
Buków II	87,65	48,40	4,75	10,18
Niebozowy	82,20	73,54	3,42	21,49
Brzezcie	71,25	17,68	5,06	3,50
Horniok	65,20	0	1,05	0
Pogoria I	60,00	158,36	3,42	46,27
Chechło k. Chrzanowa	54,00	105,69	1,21	87,13
Sosina	51,00	168,59	7,83	21,53
Roszków	50,44	51,77	1,30	39,93
Odra I,III	43,29	101,12	5,44	18,57
Pniowiec	31,00	104,05	5,44	19,12
Gzel	29,00	111,23	9,22	12,07
RAZEM	3406,07	70,89	2,64	26,89

bień w latach 2012-2014 (zł/ha) oraz średni roczny odłów w latach 2014-2016 (kg/ha). Stosując drugie podejście metodyczne oceniono efektywność zarybień szczupakiem analizowanych zbiorników przy zastosowaniu rachunku korelacji między zarybieniami (zmienna x – średnia roczna wartość zarybień w latach 2012-2014 w zł/ha) a odłowami szczupaka (zmienna y – średni roczny odłów w latach 2014-2016 w kg/ha), a więc z uwzględnieniem 2-letniego przesunięcia w czasie odłowów w stosunku do zarybień.

W pracy wykorzystano podstawowe parametry statystyczne, takie jak średnie, współczynniki determinacji, korelacje, modele regresji wielomianowej, zastosowano też test istotności współczynnika korelacji, przyjmując za graniczny stopień prawdopodobieństwa $p \leq 0,05$. Wszystkie obliczenia i rysunki zostały wykonane w programie Microsoft Excel.

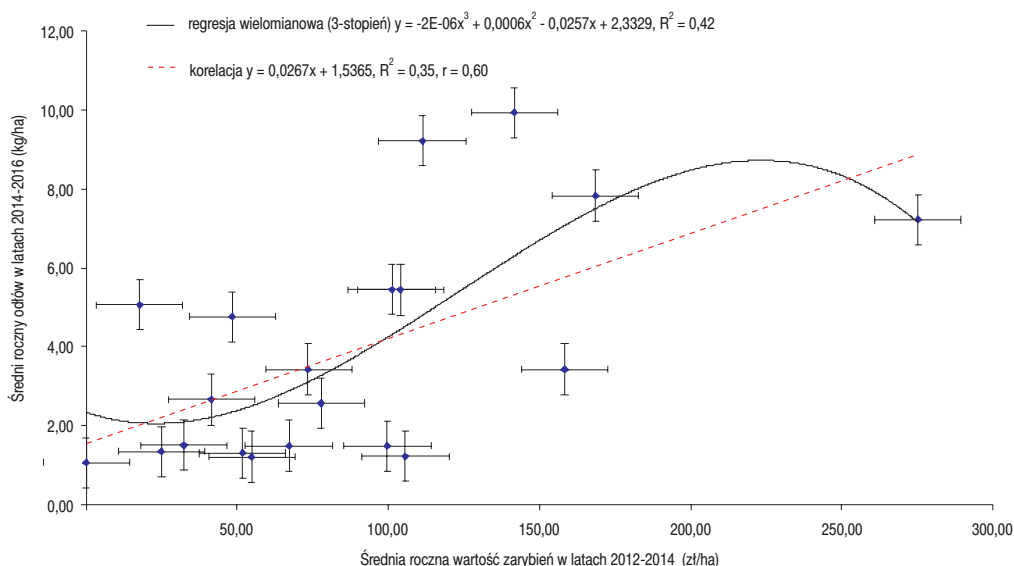
Wyniki

Wyniki analizy wskazują, że najwyższe zarybienia w okresie 2012-2014 dotyczyły następujących zbiorników: Paprocany (275,24 zł/ha), Sosina (168,59 zł/ha), Pogoria I (158,36 zł/ha), Chechło-Nakło (141,69 zł/ha), Gzel (111,23 zł/ha), Pniowiec (104, 05 zł/ha). Zdecydowanie najniższe zarybienia miały miejsce w zbiornikach: Brzezcie (17,68 zł/ha), Pławniowice (24,99 zł/ha), Dzieńkowice (32,36 zł/ha) i Łąka (41,41 zł/ha). W pozostałych zbiornikach wartość zarybień szczupakiem mieściła się w przedziale 48,40 zł/ha, (Buków II) – 99,72 zł/ha (Przeczyce). Średnia roczna wartość zarybień wszystkich analizowanych zbiorników wyniosła 70,89 zł/ha (tab.1).

Dla całości 20 zbiorników (a więc także z Hornikiem) średnia zarejestrowana wydajność szczupaka w latach 2014-2016 wynosiła 2,64 kg/ha. Najwyższe wydajności szczupaka w tym 3-letnim okresie charakteryzowały następujące łowiska: Chechło-Nakło (9,94 kg/ha), Gzel (9,22 kg/ha), Sosina (7,83 kg/ha), Paprocany (7,22 kg/ha), Odra I,III (5,44 kg/ha), Pniowiec (5,44 kg/ha), Brzezcie (5,06 kg/ha) i Buków II (4,75 kg/ha). Najniższe wydajności cechowały zbiorniki: Hornik (1,05 kg/ha), Pogoria III (1,20 kg/ha), Chechło k. Chrzanowa (1,21 kg/ha), Roszków (1,30 kg/ha) i Pławniowice (1,34 kg/ha). W pozostałych siedmiu zbiornikach obliczone wydajności mieściły się w przedziale od 1,48 kg/ha (Przeczyce) do 3,42 kg/ha (Nieboczowy). Warto zauważyć, że najniższą wydajność (1,05 kg/ha) zanotowano w jedynym zbiorniku niezarybianym w badanym 3-letnim okresie (Hornik).

Przy zarybieniach o średniej rocznej wartości 70,89 zł/ha, wskaźnik efektywności zarybień szczupakiem „19 zbiorników” potraktowanych jako całość wyniósł 26,89 zł na 1 kg odłowu szczupaka. W przypadku poszczególnych zbiorników zanotowano znaczne zróżnicowanie tego wskaźnika; w najlepszych pod tym względem łowiskach wynosił: 3,50 zł/kg (Brzezcie), 10,18 zł/kg (Buków II), 12,07 zł/kg (Gzel), 14,25 zł/kg (Chechło-Nakło), 15,62 zł/kg (Łąka), 18,57 zł/kg (Odra I,III), 18,64 zł/kg (Pławniowice) i 19,12 zł/kg (Pniowiec), natomiast w najgorszych: 87,13 zł/kg (Chechło k. Chrzanowa), 67,39 zł/kg (Przeczyce), 46,27 zł/kg (Pogoria I), 45,53 zł/kg (Pogoria III) i 45,20 zł/kg (Dzierżno). W zbiornikach Nieboczowy, Sosina, Dzieńkowice, Kozłowa Góra, Paprocany i Roszków wskaźnik ten mieścił się w przedziale od 21,53 do 39,93 zł/kg.

Analiza zmiennych, tj. średniej rocznej wartości zarybień w latach 2012-2014 w zł/ha oraz średniego rocznego odłowu w latach 2014-2016 w kg/ha, wykazała korelację między tymi zmiennymi na poziomie $r = 0,60$ i była to zależność statystycznie istotna. Dla zobrazowania relacji pomiędzy zarybieniami i odłowami użyto funkcji krzywoliniowej (współczynnik dopasowania $R^2=0,42$). Punkty widoczne na wykresie odpowiadają relacjom między zarybieniami a odłowami w poszczególnych zbiornikach (rys. 1). Przebieg tej krzywej



Rys. 1. Zależność między średnią roczną wartością zarybień w latach 2012-2014 (zł/ha) a średnim rocznym odłowem w latach 2014-2016 (kg/ha).

wskazuje, że generalnie wraz z rosnącymi dawkami zarybieniowymi rosły odłowy szczupaka. Przy dawkach w przedziale 20-30 zł/ha wydajności szczupaka wynosiły od około 1,5 kg/ha do 2,5 kg/ha, potem wraz ze wzrostem dawek do około 150 zł/ha zwiększały się do ponad 6 kg/ha i utrzymywały na poziomie powyżej 7 kg/ha, by przy wzroście dawek do ponad 200 zł/ha nieznacznie się zmniejszyć. Widać wyraźnie, że najwyższą efektywnością zarybień charakteryzowały się zbiorniki „leżące” powyżej linii krzywej, a zwłaszcza Brzezie, Buków II, Gzel i Chechło-Nakło, natomiast zbiorniki poniżej krzywej, w tym Chechło k. Chrzanowa, Przeczyce, Pogoria I, Pogoria III, Dzierżno, Roszków oraz „leżące” na końcu krzywej Paprocany miały niską efektywność zarybień (rys. 1).

Dyskusja

W literaturze światowej można znaleźć wiele przykładów nieudanych zabiegów zarybieniowych, w których wykorzystano różne formy materiału zarybieniowego szczupaka. Guillerault i inni (2018) opisali wiele nieudanych prób, w których wykorzystano materiał zarybieniowy w postaci wylęgu. W pracach tych nie zauważono istotnego wzrostu liczebności populacji ryb czy zwiększania połowów wędkarskich. Jednak zabiegi te były stosowane w akwenach, gdzie naturalna rekrutacja była na tyle duża, że trudno było zauważyć wpływ zarybiania, gdyż naturalna populacja szczupaka była już zrównoważona. Arlin-

ghaus (2018) stwierdził, że zarybienie wczesnymi stadiami rozwojowymi ryb może nie mieć znaczenia, gdyż nie przyczynia się do wzrostu pogłowia wspieranej populacji, a ponadto ryby wpuszczane do wód zajmują miejsce rdzennych ryb. W akwenach, gdzie takiego zrównoważenia nie obserwowano albo populacja szczupaka była niewielka, zarybienie przyniosło sukces i wykazano, że wpuszczony wylęg osiągnął stadium młodocianego (jesiennego) (Vuorinen i in. 1998, Sutela i in. 2004). Natomiast Kerr i Lasenby (2001) stwierdzili, że w przypadku zarybiania w wodach, w których występuje stosunkowo mała populacja ryb z niewielką ilością drapieżników, najbardziej opłacalną metodą może być stosowanie młodszych form (wylęg, narybek) zarybieniowych szczupaka. W innych akwenach największy sukces odniosły zarybienia, gdzie stosowano już cięższy materiał zarybieniowy szczupaka (powyżej 20-23 cm długości). Z kolei Mickiewicz i Trella (2019) wykazali wysoką ekonomiczność zarybień szczupakiem w akwenach Pojezierza Łęckiego, gdzie naturalna rekrutacja szczupaka nie była zagrożona, a populacja była zrównoważona. Należy też dodać, że zarybienia prowadzone były nie dlatego, aby odbudować zagrożoną populację, ale aby zrównoważyć wysoką presję wędkarską. Warto wspomnieć tutaj stwierdzenie Harvey (2009), iż ochrona szczupaka jest czymś w rodzaju paradoksu, gdyż jako wprowadzony do wód budzi obawy o wpływ na ekosystem, ale z drugiej strony jest to rodzimy gatunek, który jest zagrożony przez działalność człowieka. Za przykład takich niekorzystnych działań mających wpływ na naturalny rozród szczupaka Harvey podaje pozabawienie szczupaka krytycznych siedlisk mokradłowych na Wielkich Jeziorach (Ameryka Północna) (Casselman i Lewis 1996).

Przedstawione wyniki oceny efektywności zarybień szczupakiem przy zastosowaniu metod statystyki matematycznej bezsprzecznie dowodzą, że stosowane zarybienia były skuteczne, chociaż wskaźniki efektywności (zarybienia w zł/odłowy w kg) mieściły się w bardzo szerokich granicach – od bardzo wysokiej efektywności 3,50 zł/kg do niskiej na poziomie 87,13 zł/kg. Warto tutaj dodać, że zbiorniki były zarybiane różnymi asortymentami materiału zarybieniowego, ale na ogół ciężkim narybkiem jesiennym. Istotnym wnioskiem wynikającym z zastosowania rachunku korelacji oraz modelu regresji wielomianowej między średnimi w 3-letnim okresie dawkami zarybieniowymi i średnimi wydajnościami szczupaka jest stwierdzenie, że związek ten miał charakter krzywoliniowy, wskazujący, że do pewnego – granicznego poziomu zarybień, wzrost dawek zarybieniowych powodował wyraźne zwiększenie poziomu odłowów, ale po jego przekroczeniu nie następował wzrost tylko nieznaczny spadek wydajności szczupaka. Mimo istnienia tej zależności, godny odnotowania jest fakt, że część z tych zbiorników charakteryzowała się bardzo wysokimi zarybieniami i niskimi wydajnościami (np. Chechło k. Chrzanowa i Przeczyce), ale część – stosunkowo niskimi zarybieniami i wysokimi wydajnościami (np. Brzezie i Buków II), co prawdopodobnie może mieć związek z korzystniejszymi warunka-

mi do odbycia rozrodu naturalnego. Zbadano także, czy wielkość zbiornika ma wpływ na dwa parametry, tj. wielkość odłowów szczupaka wyrażoną wydajnością (kg/ha) oraz wskaźnik efektywności zarybień (zł/kg). W tym celu podzielono badany zbiór 20 zbiorników (z Horniakiem włącznie) na dwa podzbiory: 10 zbiorników największych i 10 pozostałych mniejszych zbiorników. Średnia powierzchnia w pierwszej grupie wyniosła 286,9 ha, podczas gdy w drugiej 53,7 ha. Okazało się, że przy bardzo zbliżonych średnich dawkach zarybieniowych (zbiorniki duże – 86,34 zł/ha, zbiorniki małe – 89,20 zł/ha) średnia wydajność szczupaka w pierwszej grupie wyniosła 3,41 kg/ha, podczas gdy w grupie drugiej 4,34 kg/ha, co oznacza, że w zbiornikach mniejszych była wyższa o 27% niż w zbiornikach większych. Wskaźniki efektywności (zbiorniki duże – 30,69 zł/kg, zbiorniki małe – 26,96 zł/kg) w obu porównywanych grupach nie wykazały już tak znacznych różnic, ale i tak w przypadku zbiorników mniejszych efektywność była o 14% korzystniejsza niż zbiorników dużych.

Wędkarstwo połączone z wyjazdami i wypoczynkiem na łonie natury jest specjalną formą ruchu turystycznego i stanowi lub może stanowić ważny element rozwoju wielu obszarów (Trella i Mickiewicz 2016). Zjawisko turystyki, w tym turystyki wędkarskiej, jest powszechnie uznawanym narzędziem rozwoju gospodarczego, traktowanym w kategoriach ekonomicznych, postrzeganym także jako narzędzie rozwoju społecznego (Balińska-Grzelak 2012, Trella i Mickiewicz 2016). W Polsce turystyka wędkarska jest elementem często spotykanym w ofertach wypoczynku w obiektach turystycznych położonych blisko wody, czyli nad jeziorami, rzekami, morzem, czy też zbiornikami zaporowymi (Czerniejewski i in. 2015, Trella i Mickiewicz 2016). Okręg PZW Katowice posiada wiele stanic wędkarskich przy swoich łowiskach, m.in. Kozłowa Góra, Paprocany, Pogoria, Przeczyce, Nakło-Chechło, Pławniowice, Dzieńkowice i Dzierżno. Poza tym istnieje tam duża liczba sklepów wędkarskich oraz wypożyczalni sprzętu wędkarskiego. Bez problemu można też wypożyczyć łódź. Sam związek prowadzi stronę internetową, gdzie można znaleźć informacje o danych łowiskach, składzie ichtiofauny, przeprowadzanych zarybieniach, ale także numery telefonów do stanic, miejscach noclegu czy nawet pól namiotowych. Przyjmuje się, że w Polsce w miarę aktywnie wędkuje ok. 1,5 mln osób (Wołos 2006), dlatego nie dziwi fakt, że gospodarstwa rybne po transformacji ustrojowej zainteresowały się potrzebami wędkarzy, nie tylko sprzedając pozwolenia na wędkowanie oraz prowadząc zarybienia rybami atrakcyjnymi wędkarsko, ale także zaczęły tworzyć łowiska specjalne (Wołos 2000, Trella i Mickiewicz 2016). Biorąc pod uwagę wartość odłowów wędkarskich, obroty przemysłu wędkarskiego oraz ogólne koszty związane z wędkarstwem, wartość ekonomiczną wędkarstwa w Polsce szacowano wiele lat temu na przeszło 300 mln euro (Wołos 2006). Rekreacyjny i turystyczny charakter wędkarstwa poprzez jego masowość wiąże się z generowaniem wielu korzyści społecz-

nych i ekonomicznych (Kupren i in. 2018). Wysokie przychody generowane są również przez inne sektory, które korzystają z atrakcyjności wędkarskiej danego regionu, takie jak: turystyka, hotelarstwo, agroturystyka, produkcja sprzętu połowowego, handel, gastronomia, sprzedaż paliw itp. (Cooke i Murchie 2015, Kupren i in. 2018). Założyć więc można, że zwiększenie efektywności zarybień przekłada się również na efektywność społeczną, gdyż nie tylko zwiększa zadowolenie wędkarzy z powodu większego połowu ryb i większej ilości ryb preferowanych wędkarsko, ale również wpływa na wyższą efektywność gospodarczą całego mikro- i makroregionu.

Osobnym, ważnym i nabierającym coraz większej wagi zagadnieniem w ocenie efektywności zarybień szczupakiem są nowe trendy w filozofii wędkowania i zarządzania łowiskami wędkarskimi. Coraz bardziej popularne wśród wędkarzy jest uwalnianie złowionych ryb do wody (Catch & Release lub No kill) (Trella i Wołos 2014), a następnie adekwatna reakcja zarządzających łowiskami, czego przykładem w przypadku badanych 20 zbiorników są Dzieńkowice, Paprocany i Pniowiec, gdzie wędkarzy obowiązują widelkowe wymiary ochronne szczupaka: poniżej 50 cm i powyżej 90 cm. Niestety nie w pełni znajduje to odzwierciedlenia w podanych wyżej wyliczeniach, gdyż są w nich najprawdopodobniej uwzględnione tylko te odłowy, których efektem jest zabranie złowionych ryb w celach konsumpcyjnych. Powstaje zatem istotny dylemat metodyczny: czy wypuszczane ryby powinny trafiać także do statystyk dotyczących wielkości połowów amatorskich. W opinii autorów odpowiedź na tak postawione pytanie powinna być twierdząca, gdyż zasadniczą miarą oceny efektywności tych połowów powinien być sukces wędkarski, który tylko dla części wędkarzy wiąże się z walorami konsumpcyjnymi ryb, a dla znacznej części tylko z ich walorami rekreacyjnymi i sportowymi. Stąd wynika ostateczny wniosek końcowy: rzeczywista wielkość odłowów szczupaka w zbiornikach Okręgu PZW w Katowicach i w wielu innych wodach śródlądowych Polski, włączając w to nieewidencjonowane odłowy wypuszczanych ryb, znacznie przekracza ilości raportowane w rejestrach połowów wędkarskich.

Badania przeprowadzono w ramach tematu statutowego S-014 Instytutu Rybactwa Śródlądowego im. Stanisława Sakowicza.

Literatura

- Arfi R. 2005 – Seasonal ecological changes and water level variations in the Selingue Reservoir (Mali, West Africa) – *Phys. Chem. Earth* 30: 432-441.
- Arlinghaus R. 2018 – Zarybianie – 10 zasad postępowania – W: Działania prośrodowiskowe w racjonalnej gospodarce rybackiej (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 61-68.

- Arlinghaus R., Bork M., Fladung E. 2008 – Understanding the heterogeneity of recreational anglers across an urban-rural gradient in a metropolitan area (Berlin, Germany), with implications for fisheries management – *Fish. Res.* 92(1): 53-62.
- Balińska-Grzelak A. 2012 – Rola partycypacji społecznej w stymulowaniu rozwoju turystyki – *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego. Ekonomiczne Problemy Turystyki*: 4(20): 9-18.
- Blabolil P., Logez, M., Ricard D., Prchalová, M., Říha M., Sagouis A., Peterka J., Kubečka J., Argillier C. 2016 – An assessment of the ecological potential of Central and Western European reservoirs based on fish communities – *Fish. Res.* 173(1): 80-87.
- Bnińska M., Wołos A. 2001 – Management of selected Polish commercial and recreational lake fisheries activities – *Fish. Manage. Ecol.* 8: 333-343.
- Casselman J.M., Lewis C.A. 1996 – Habitat requirements of northern pike (*Esox lucius*) – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53 (Suppl.1): 161-174.
- Cooke S.J., Murchie K.J., 2015 – Status of aboriginal, commercial and recreational inland fisheries in North America: past, present and future – *Fish. Manage. Ecol.* 22: 1-13.
- Czarkowski T.K., Kapusta A. 2016 – Przegląd problematyki związanej z gospodarowaniem populacjami szczupaka (*Esox lucius* L.), ze szczególnym uwzględnieniem połowów tarlaków – *Komun. Ryb.* 3:13-19.
- Czerniejewski P., Wawrzyniak W., Brocki W. 2015 – Presja połowów rekreacyjnych na wybrane jeziora w północno-zachodniej Polsce – *Europa Regionum*: 24: 75-84.
- Czerwiński T. 2014 – Analiza gospodarki rybackiej prowadzonej w wybranych zbiornikach zaporowych w latach 2002-2013 – W: *Opracowanie rybackiego modelu zrównoważonego wykorzystania i ochrony zasobów ryb w zbiornikach zaporowych* (Red.) W. Wiśniewolski, P. Buras, Wyd. IRS, Olsztyn: 29-38.
- Grobelska H. 2008 – Rozwój strefy brzegowej sztucznych zbiorników wodnych w warunkach dużych wahań stanów wody – *Landform Analysis* 9: 205-207.
- Guillerault N., Hühn D., Cucherousset J., Arlinghaus R., Skov C. 2018 – Stocking for pike population enhancement – W: C. Skov, & P. A. Nilsson (Red.) – *Biology and Ecology of Pike*: 215-248.
- Harvey B. 2009 – A biological Synopsis of Northern Pike (*Esox lucius*) – *Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 2885: 1-31.
- Jaguś A. 2018 – Economic and social importance of dam reservoirs – a study of the Soła River cascade – *Inżynieria Ekologiczna* 19(1): 25-35.
- Jankowski W. 2017 – Przyrodnicze skutki budowy i funkcjonowania zbiorników suchych i wielofunkcyjnych-doświadczenia z oceny wybranych zbiorników – *Przegląd Przyrodniczy* 28(4).
- Kerr S.J., Lasenby T.A. 2001 – Esocid stocking: An annotated bibliography and literature review – *Fish and Wildlife Branch, Ontario Ministry of Natural Resources. Peterborough, Ontario*: 138 s.
- Kulikowska-Karpińska E., Kłusewicz K. 2009 – Ocena chemicznych zanieczyszczeń wód sztucznego zbiornika w Siemianówce w latach 2007-2008 – *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 40: 497-504.
- Kupren K., Czarkowski T.K., Hakuć-Błażowska A., Świszcz B., Rogulski M., Krygel P. 2018 – Socjoekonomiczna charakterystyka wędkarzy w wybranych powiatach województwa warmińsko-mazurskiego – *Studia* 50: 213-226.

- Larsson P., Tibblin P., Koch-Schmidt P., Engstedt O., Nilsson J., Nordahl O., Forsman A. 2015 – Ecology, evolution, and management strategies of northern pike populations in the Baltic – Sea. *Ambio*. 44 (Suppl. 3): 451-461.
- Launois L., Veslot J., Irz P., Argillier C. 2011 – Selecting fish-based metrics responding to human pressures in French natural lakes and reservoirs: Towards the development of a fish-based index (FBI) for French lakes – *Ecol. Freshw. Fish*. 20: 120-132.
- Małecki Z.J., Pokładek R. 2010 – Istotne procesy zagrażające bezpieczeństwu zbiorników wodnych – *Zesz. Nauk. Inż. Łąd. Wod. Kształt. Środ.* 2: 33-42.
- Mickiewicz M. 2012 – Value and structure of fish catches and stocking intensity in lake enterprises before and after fisheries ownership transfer in Poland – *Arch. Pol. Fish*. 20: 77-83.
- Mickiewicz M. 2013 – Economic effectiveness of stocking lakes in Poland – *Arch. Pol. Fish*. 21: 323-329.
- Mickiewicz M. 2016 – Ekologiczne, ekonomiczne i społeczne aspekty rybacko-wędkarskiego gospodarowania szczupakiem *Esox lucius* L. – *Komun. Ryb*. 3: 20-26.
- Mickiewicz M. 2018 – Zarybienia polskich jezior, rzek i zbiorników zaporowych w aspekcie ekologicznej, społeczno-kulturowej i ekonomicznej funkcji gospodarki rybacko-wędkarskiej – W: *Działania prośrodowiskowe w racjonalnej gospodarce rybackiej* (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 27-46.
- Mickiewicz M., Trella M. 2016 – Drapieżne gatunki ryb w jeziorowej gospodarce zarybieniowej – W: *Wylęgarnictwo, podchowy ryb i zarybienia* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 265-276.
- Mickiewicz M., Trella M. 2017 – Zarybienia szczupakiem (*Esox lucius*) i ich efekty w wodach obwodów rybackich na podstawie kwestionariuszy RRRW-23 z lat 2006-2015 – W: *Wylęgarnictwo a dywersyfikacja produkcji akwakultury* (Red.) Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, Wyd. IRS, Olsztyn: 273-287.
- Mickiewicz M., Trella M. 2019 – Economic effectiveness of pike (*Esox lucius* L.) stocking based on the example of selected lakes in East European Plain with consideration of their natural conditions – *Fisheries & Aquatic Life* 27(3): 136-148.
- Mickiewicz M., Wołos A. 2012 – Economic ranking of the importance of fish species to lake fisheries stocking management in Poland – *Arch. Pol. Fish*. 20: 11-18.
- Olden J.D., Naiman R.J. 2010 – Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity – *Freshwat. Biol*. 55: 86-10.
- Sutela T., Korhonen P., Nyberg K. 2004 – Stocking success of newly hatched pike evaluated by radioactive strontium (85Sr) marking – *J. Fish Biol.* 64(3): 653-664.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Szczepkowska B., Piotrowska I., Kozłowski M., Wunderlich K., Kapusta A. 2015 – Tag retention, growth rate, and survival of juvenile pike tagged with visible implant elastomer and coded wire tags – *Bulg. J. Agric. Sci.* 21 (Suppl. 1): 12-16.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Szczepkowska B., Wunderlich K., Kozłowski M., Piotrowska I. 2016 – Zróżnicowane efekty zarybień szczupakiem (*Esox lucius*) dwóch jezior mazurskich – W: *Wylęgarnictwo, podchowy ryb i zarybienia* (Red.) Zakęś Z., Demska-Zakęś K., Wyd. IRS, Olsztyn: 233-241.
- Szczepkowski M., Zakęś Z., Kapusta A., Szczepkowska B., Hopko M., Jarmołowicz S., Kowalska A., Kozłowski M., Partyka K., Piotrowska I., Wunderlich K. 2012 – Growth and survival in earthen ponds of different sizes of juvenile pike reared in recirculating aquaculture systems – *Arch. Pol. Fish*. 20: 267-274.

- Traczewska T.M. 2012 – Problemy ekologiczne zbiorników retencyjnych w aspekcie ich wielofunkcyjności. European Symposium Anti-flood Defences – Today's Problems, Paris – Orléans. (http://www.donnees.centre.developpement-durable.gouv.fr/symposium/expose/ST1-5_pol.pdf).
- Trella M., Czerwiński T., Wołos A. 2019 – Determinants of fisheries management in dam reservoirs in Central-Eastern Europe under the influence of climate change – *Fisheries & Aquatic Life* 27: 208-223.
- Trella M., Mickiewicz M. 2016 – Recreational fisheries pressure in the Polish waters of the Vistula Lagoon and considerations of its potential impact on the development of regional tourism – *Arch. Pol. Fish.* 24: 231-242.
- Trella M., Wołos A. 2014 – Alternatywne modele wędkarskiego zagospodarowania łowisk – Catch and Release, No Kill, górne wymiary ochronne – W: *Zasady i uwarunkowania zrównoważonego korzystania z zasobów rybackich – część II* (Red.) Mickiewicz M., Wołos A., Wyd. IRS, Olsztyn: 53-68.
- Trella M., Wołos A. 2015 – Presja i połowy wędkarskie w jeziorach użytkowanych przez gospodarstwa rybackie w latach 2009-2013 – W: *Korzystanie z zasobów rybackich w latach 2009-2014. Stan, zmiany, tendencje* (Red.) Mickiewicz M., Wołos A., Wyd. IRS, Olsztyn: 35-45.
- Trella M., Wołos A., Chmielewski H., Grzegorzczak J., Miętus A. 2020 – Wyniki rejestracji połowów wędkarskich w wodach użytkowanych przez Okręg Polskiego Związku Wędkarskiego w Katowicach w 2019 roku – Wyd. SW Edycja, Olsztyn: 43 s.
- Vuorinen P.J., Nyberg K., Lehtonen H., 1998 – Radioactive strontium (^{85}Sr) in marking newly hatched pike and success of stocking – *J. Fish. Biol.* 52: 268-280.
- Wiśniewolski W. 2008 – Hydroelectric facilities and fish – *Arch. Pol. Fish.* 16: 203-212.
- Wiśniewolski W. 2009 – Uwarunkowania i prowadzenie gospodarki rybacko-wędkarskiej w zbiornikach zaporowych – *Rocz. Nauk. PZW* 22: 141-161.
- Wołos A. 1991 – Anglers' opinions as to the quality of the fishing and the fishery management in selected Polish waters – W: *Catch Effort Sampling Strategies. Their application in freshwater fisheries management* (Red.) I.G. Cowx, Fishing News Books: 134-142.
- Wołos A. 2000 – Ekonomiczne znaczenie wędkarstwa w gospodarstwach uprawnionych do rybackiego użytkowania jezior – *Arch. Pol. Fish.* 8: 54 s.
- Wołos A. 2006 – Społeczne, ekonomiczne i ekologiczne znaczenie wędkarstwa – W: *Rybacko Wędkarstwo Ekorozwój* (Red.) A. Wołos, Wyd. IRS, Olsztyn: 57-71.
- Wołos A. 2020 – Wielkość i charakterystyka odłowów szczupaka w ujęciu wieloletnim – *Komun. Ryb.* 6: 9-16.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Kapusta A., Rożyński M., Stawecki K., Pyka J., Szczepkowska B., Wunderlich K., Kozłowski M., Kowalska A., Hopko M. 2015 – Z akwakultury do natury. Opracowanie alternatywnych metod zarządzania rybołówstwem drapieżnych ryb jeziorowych (Red.) Z. Zakęś, M. Szczepkowski, Wyd. IRS, Olsztyn: 224 s.