

WYBRANE ASPEKTY BIOLOGII, STRUKTURA POPULACJI I ZAGROŻENIA SALAMANDER PLAMISTYCH SALAMANDRA SALAMANDRA (L.) W POLSCE

ANNA NAJBAR
BARTŁOMIEJ NAJBAR
MARIA OGIELSKA

SELECTED ASPECTS OF BIOLOGY, POPULATION STRUCTURE AND THREATS OF THE FIRE SALAMANDER SALAMANDRA SALAMANDRA (L.) FROM POLAND



Słowa kluczowe:

salamandra plamista, struktura populacji, zmienność genetyczna, zagrożenia, ochrona płazów

Key words:

fire salamander, genetic variation, population structure, threats, amphibian conservation

Występowanie salamandry plamistej *Salamandra salamandra* w Polsce jest ograniczone do pasm górskich Sudetów i Karpat wyznaczających północno-wschodnią granicę zasięgu tego gatunku w Europie. Salamandry wykazują silne przywiązanie do miejsc bytowania i są wrażliwe na wszelkie zmiany zachodzące w ich siedliskach, związane z wysychaniem i zanieczyszczeniem strumieni, zwiększonym nasłonecznieniem, spadkiem wilgotności podłoża oraz szeroko pojętą fragmentacją i izolacją środowiska. Salamandra należy do gatunków wrażliwych, lokalnie szybko zmniejszających areal występowania, dlatego dla zachowania stabilności populacji niezbędne jest prowadzenie monitoringu różnych aspektów jej biologii i ekologii. Niniejsza publikacja przedstawia wyniki kilkunastoletnich badań obejmujących zasięg, rozmieszczenie, strukturę i zmienność genetyczną 29 populacji salamander zasiedlających Polskę. Wskazujemy tutaj także na lokalne zagrożenia i potrzebę skutecznej ochrony tego gatunku.

The occurrence of the spotted salamander *Salamandra salamandra* in Poland is limited to the mountain ranges of the Sudetes and the Carpathians, which mark the north-eastern border of the species' range in Europe. Salamanders show strong attachment to their habitats and are sensitive to any changes taking place in their habitats, which are related to the drying out of streams, their pollution, increased insolation, decrease in substrate moisture, and widely understood fragmentation and isolation of the environment. Salamander is a sensitive species, locally rapidly reducing the area of occurrence, therefore, in order to maintain the stability of the population, it is necessary to monitor various aspects of its biology and ecology. This publication presents the results of several years of research covering the range, distribution, structure and genetic variability of 29 salamander populations inhabiting Poland. We also point to local threats and the need for effective protection of this species.

1 | *Samica salamandry plamistej Salamandra salamandra rodząca larwy w strumieniu w okolicy Rudaw Janowickich w Sudetach*

Female spotted salamander Salamandra salamandra giving birth to larvae in a stream near Rudawy Janowickie in the Sudetes fot./photo by Anna Najbar

2 | Typowe środowisko bytowania salamander plamistych w Karpatach

Typical habitat of the spotted salamander in the Carpathians
fot./photo by Anna Najbar



Zasięg występowania i środowisko życia

Salamandra plamista *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) jest jednym z sześciu gatunków z rodzaju *Salamandra* występujących w Palearktyce (oprócz *S. algira*, *S. atra*, *S. corsica*, *S. infraimmaculata* i *S. lanzai*) (Burgon i in. 2021). Jest ona najszerzej rozpowszechniona na kontynencie europejskim zasiedlając tereny nizinne i wysokogórskie (Thiesmeier 2004). Nie występuje jedynie na Półwyspie Skandynawskim, Wyspach Brytyjskich i części wysp Morza Śródziemnego (Kuzmin i in. 2009). Jest gatunkiem politypowym, stanowiącym kompleks kilkunastu podgatunków (Steinfartz i in. 2000; Seidel i Gerhardt 2016; Burgon i in. 2021) tradycyjnie rozróżnianych na podstawie różnic w ubarwieniu (Eiselt 1958; Thiesmeier 2004). Szeroki zasięg jej występowania wiąże się z różnorodnością wypracowanych strategii życiowych, m.in. rozrodczych (Steinfartz i in. 2006; Buckley i in. 2007), dlatego jest ona modelowym gatunkiem wykorzystywanym w badaniach filogenetycznych obejmujących np. zjawisko specjacji adaptacyjnej (Weitere i in. 2004; Steinfartz i in. 2007).

Analiza zmienności wybranych genów z tzw. regionu kontrolnego mitochondrialnego DNA (haplotypu) w populacjach zasiedlających polskie Sudety i Karpaty wykazała podobieństwo do haplotypu obecnego we wschodniej linii ewolucyjnej. Uzyskanie takiego wyniku sugeruje, że po ostatnim zlodowaceniu *Salamandra salamandra* rekolonizowała ten obszar z nieobjętego lodow-

REFUGIUM – obszar, na którym występują różnorodne organizmy, i z którego w sprzyjających okolicznościach mogą one kolonizować sąsiednie krainy

FORMA NOMINATYWNA czyli ta, na podstawie której Karol Linneusz opisał ją po raz pierwszy

cem obszaru (*refugium**) znajdującego się na Półwyspie Bałkańskim (Najbar i in. 2015; Konowalik i in. 2016) w przeciwieństwie do populacji z Europy Zachodniej, która została skolonizowana z refugium na Półwyspie Iberyjskim (Steinfartz i in. 2000).

W Polsce występuje forma *nominatywna** – *Salamandra s. salamandra*, której zasięg ogranicza się do pasm Sudetów i Karpat stanowiących północno-wschod-

nią granicę geograficznego zasięgu gatunku (Juszczak 1987; Zakrzewski 2007; Głowaciński i in. 2018). Z historycznego punktu widzenia populacje salamander plamistych występujące w obrębie obecnych granic Polski znane są z publikacji sięgających końca XIX i początku XX wieku (np. Neumann 1831; Tenenbaum 1913; Pax 1925). Natomiast najaktualniejsze dane o jej rozmieszczeniu przedstawili Głowaciński i inni (2018), a dla Dolnego Śląska Ogrodowczyk i inni (2010). Lista ta w dalszym ciągu jest uzupełniana o nowe dane i coraz lepiej rozpoznane stanowiska (Nowak 2010; Budzik i Budzik 2013; Najbar i Najbar 2015; Najbar i in. 2015; Konowalik i in. 2016; Najbar i in. 2017).

3 | Siedlisko i strumień rozrodczy salamander plamistych na Pogórzu Ciężkowickim

Habitat and breeding stream of spotted salamanders in Pogórze Ciężkowickie
fot./photo by Anna Najbar



4 | Skalna kryjówka
salamander plamistych
(Góra Słęża na Dolnym Śląsku)
A rock hideout the spotted
salamander
(Słęża Massif in Lower Silesia)
fot./photo by Anna Najbar



Pionowy zasięg występowania opisywanego gatunku w Polsce obejmuje obszary wyżynne i górskie od ok. 300 do ok. 1200 m n.p.m. (Głowaciński i in. 1995; Najbar 1995; Berger 2000; Zakrzewski 2007). Jak podaje Świerad (2003), pojedyncze osobniki obserwowane były w Tatrach nawet na wysokości 1350 m n.p.m., jednak najczęściej występują one w wilgotnych i zacienionych siedliskach leśnych partii gór na wysokości 600–800 m n.p.m. (Zakrzewski 2007). Zwykle preferują one lasy liściaste z przewagą buka zwyczajnego lub lasy mieszane (np. Najbar i Najbar 2015; Głowaciński i in. 2018), choć w zurbanizowanym terenie

spotkać je można także w bezpośrednim otoczeniu człowieka, na terenie ogródków działkowych lub nawet w zalesionym centrum aglomeracji miejskiej, jak np. w niektórych dzielnicach Bielska-Białej (Ogrodowczyk i in. 2010; Najbar i in. 2017).

Przeobrażone i dorosłe osobniki spędzają całe życie na lądzie. Prowadzą skryty tryb życia, w porze dziennej chowając się w spróchniałych pniach i konarach drzew, pod kamieniami, w szczelinach gruntu, w ściółce leśnej bądź w norkach ziemnych. Lokalnie dogodnie kryjówki znajdują także w rumoszu skalnym. Aktywność wykazują głównie po zmierzchu lub podczas ulewnych deszczy, a optymalne dla nich warunki klimatyczne to wilgotność otoczenia wynosząca powyżej 70% i temperatura powietrza od 10 do 15°C (Juszczak 1987; Thiesmeier 2004; Zakrzewski 2007). W miesiącach wiosennych, podczas bardzo wilgotnych i ciepłych dni często można je zaobserwować w pobliżu kryjówek nawet w temperaturze ok. 20°C. I chociaż salamandry są słabymi pływakami (nie mają błon pławnych), dorosłe osobniki obu płci nierzadko można zaobserwować przy brzegach lub na kamieniach usytuowanych ponad powierzchnią wody wartkich strumieni.

Krótką charakterystyka gatunku

Salamandra plamista ma ciało krępe i dobrze umięśnione, smukłą i spłaszczoną głowę zaopatrzoną w skupisko gruczołów jadowych zwanych parotoidami lub gruczołami przyusznymi. Oprócz nich gruczoły jadowe skoncentrowane są w dwóch

rzędach na linii kręgowej, w jednym rzędzie po obu bokach ciała i na ogonie. Mogą one zawierać kilka substancji toksycznych (m.in.: samandarydynę, samandyninę, samandenon, samanin), ale najbardziej znaną jest samandaryna (znana również salamandryną), będąca – podobnie jak wcześniej wymienione związki – organicznym związkiem z grupy alkaloidów steroidowych. Do nieprzyjemnych objawów kontaktu z tą substancją należy głównie podrażnienie błon śluzowych. Rzadko, w skrajnych przypadkach, jej toksyczność może prowadzić do niewydolności poszczególnych układów, organów lub do śmierci atakującego drapieżnika. Poza zapobieganiem pojawianiu się infekcji skórnych u salamander wydzielina ta służy przede wszystkim do obrony biernej, gdyż salamandra nie jest zwierzęciem agresywnym i nie stanowi zagrożenia dla jej obserwatorów. Delikatnie przytrzymana jest zwierzęciem bezbronnym, a toksyny wydzielane są dopiero po uderzeniu lub mocnym ściśnięciu np. w wyniku ataku drapieżnika (Zakrzewski 2007; Seidel i Gerhardt 2016).

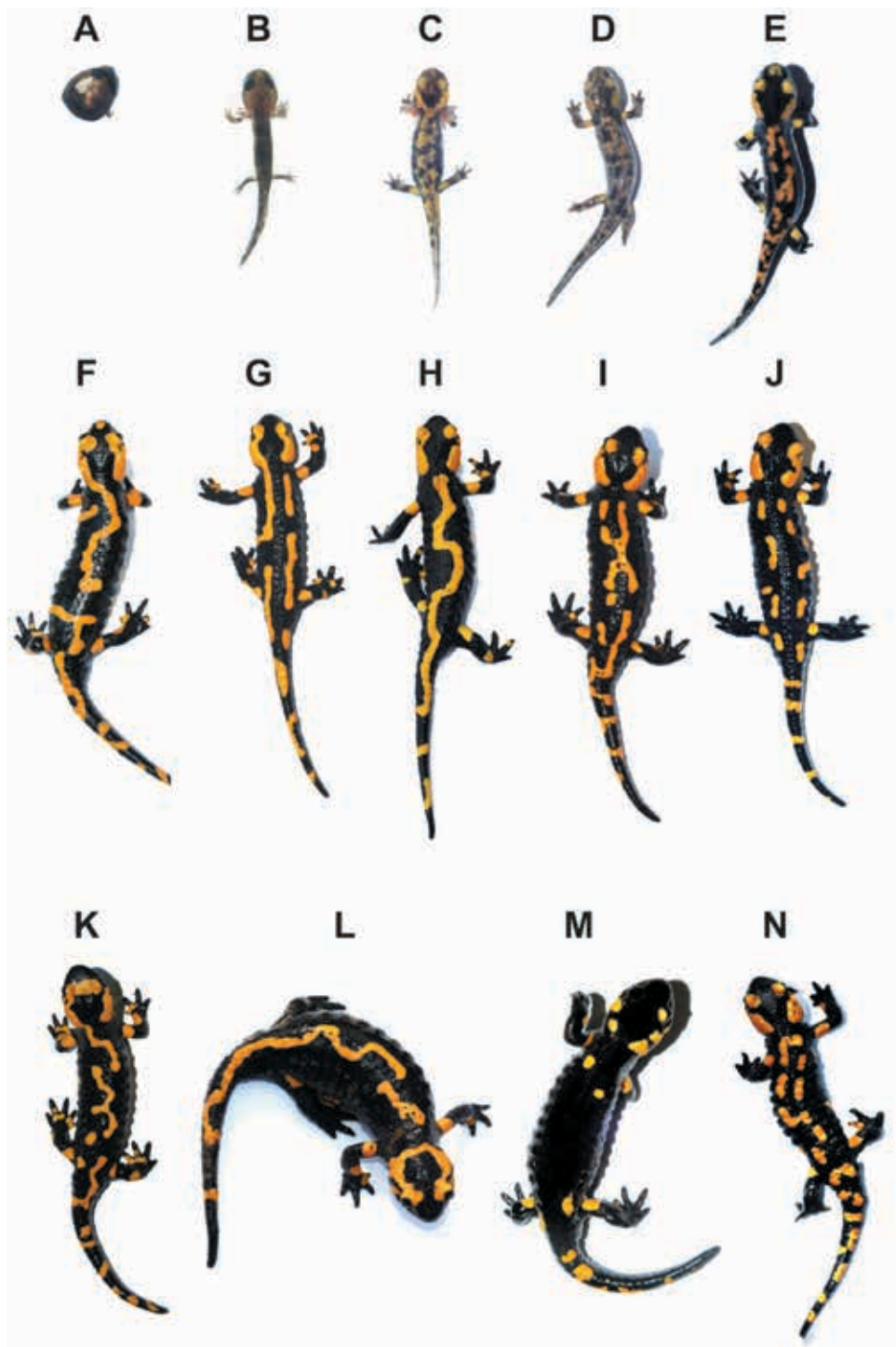
Salamandra plamista należy do największych płazów zachodniej Palearktyki. Osobniki pochodzące z Rumunii mogą osiągać nawet 32,0 cm długości (Méhely 1892). Struktura morfometryczna polskich populacji badana była m.in. przez Juszczyka i Szarskiego (1950), Bergera i Michałowskiego (1963), Juszczyka (1987), Paluch i Profusa (2004) oraz Zakrzewskiego (2007). Według wymienionych autorów zakres długości dorosłych osobników mieścił się w przedziale od 11,5 cm (Paluch i Profus

2004) do 23,8 cm (Juszczak 1987). Nasze badania prowadzone w latach 2004–2016 na 1787 osobnikach pochodzących z 29 populacji z całego obszaru krajowego zasięgu występowania wykazały, że zakres długości osobników wahał się w granicach 4,0–21,0 cm w Sudetach i 4,8–20,5 cm w Karpatach. Ich masa wynosiła 0,5–48,7 g w Sudetach, a w Karpatach 0,6–51,7 g. Osobniki młodociane w Sudetach mierzyły 4,0–12,9 cm i ważyły 0,5–13,3 g, a w Karpatach 4,8–14,5 cm i 0,6–16,5 g. Dorosłe salamandry zasiedlające Karpaty były średnio większe (16,7 cm) i cięższe (26,9 g) od osobników z Sudetów (14,3 cm; 17,8 g). Różnice dymorficzne stwierdzono tylko w Karpatach, gdzie samice osiągały większe rozmiary (17,0 cm) niż samce (16,4 cm). Samice charakteryzowały się ponadto istotnie większą średnią masą ciała od samców zarówno w Sudetach ($x_{\text{♀}} = 19,2$ g; $x_{\text{♂}} = 16,4$ g), jak i w Karpatach ($x_{\text{♀}} = 29,7$ g; $x_{\text{♂}} = 24,2$ g). Różnice masy ciała pomiędzy płciami zależeć mogą głównie od terminów prowadzenia badań terenowych, gdyż w miesiącach wiosennych stosunkowo często chwytało się ciężarne samice (Najbar i in. 2020).

Ubarwienie i wzory barwne

Salamandra plamista ma dwie dominujące barwy: na czarnym tle skóry widnieją zazwyczaj nieregularne, żółte plamy. Część plam ma stałe położenie: są to plamy oczne, parotoidalne i u nasady kończyn, które bardzo rzadko wykazują cechy nietypowe, np. połączenie plam ocznych (ryc. 5 K), parotoidalnych (ryc. 5L) lub ich brak (ryc. 5 M). Plamy na grzbiecie i stronie

5 | Salamandry plamiste *S. salamandra* z Polski: A – larwa przed wykluciem, B – larwa tuż po urodzeniu (stadium I), C – larwa w stadium IIIa, D–E – osobniki tuż po zakończeniu metamorfozy, F – forma plamista, G – forma paskowana, H – forma zygzakowata, I – forma paskowano-plamista, J – forma plamisto-paskowana, K–M – przykłady nietypowego ubarwienia (K – złączone plamy oczne, L – złączone plamy parotoidalne, M – brak lewej plamy ocznej i częściowo plam okołokręgowych), N – 17-letni samiec z Masywu Ślęży – najstarszy schwytywany osobnik



5 | Spotted salamanders from Poland: A – larva before hatching, B – larva just after birth (stage I), C – stage IIIa larva, D–E – animals just after completion of metamorphosis, F – spotted form, G – striped form, H – zigzag form, I – striped and spotted form, J – spotted and striped form, K–M – examples of unusual coloration (K – joined eye spots, L – joined paratoid spots, M – no left eye spot and partially circular spots), N – 17-year-old male from the Ślęża Massif – the oldest individual captured
fot./photo by Anna Najbar

UBARWIENIE KRYPTYCZNE
ubarwienia zwierzęcia jest
podobne do podłoża,
na którym przebywa

brzuszej charakteryzują się dużą zmiennością, nie tylko w odniesieniu do wyodrębnionych podgatunków, ale także w skali regionalnej i lokalnej (Thiesmeier 2004). Na zachodzie Europy spotykane są zazwyczaj osobniki z dwoma charakterystycznymi żółtymi pasami biegnącymi wzdłuż linii wertebralnej (Köhler i Steinfartz 2006), a u salamander zamieszkujących Półwysep Iberyjski żółte plamy mogą pokrywać niemal całą powierzchnię ciała (Beukema i in. 2016). W centralnej i wschodniej części zasięgu gatunku, a więc także w Polsce, spotykane są najczęściej osobniki, u których na czarnym tle widnieją różnego kształtu plamy lub paski (Thiesmeier 2004).

Salamandry bezpośrednio po zakończeniu metamorfozy zazwyczaj są jaśniejsze, bardziej szare od osobników starszych. Ich plamki są rozproszone, szarżółte lub jasnopomarańczowe. W miarę wzrostu osobnika ulegają one koncentracji i nieco zmieniają swój kształt. Kolorystycznie stają się przy tym bardziej nasycone, a ich krawędzie lepiej zaznaczone. Z upływem czasu pierwotnie pojedyncze plamki mogą się zlewać, a plamy zlokalizowane w okolicy otworów nosowych na ogół zanikają po metamorfozie (mat. własne niepubl.; ryc. 5 D–E). Wzór, który ostatecznie się utworzy (uplamienie), jest trwałą indywidualną i niepowtarzalną cechą każdego osobnika, umożliwiającą jego identyfikację przez całe życie.

Przez wiele lat uważano, że wzór barwny i stosunek powierzchni ciała pokrytego kolorem żółtym i czarnym jest ściśle związany z rodzajem siedliska i podłoża, na

którym bytują salamandry. Uznawano go zatem za ubarwienie typowo **kryptyczne*** (Frisch 1920; Zakrzewski 2007). Obecnie przeważa pogląd, że należy ono do grupy cech dziedzicznych (Steinfartz i Tautz 2003) i pełni funkcję ubarwienia odstraszającego potencjalnych wrogów (np. van Alphen i Arntzen 2016). Różnorodne ubarwienie salamander jest wynikiem współdziałania komórek skóry zawierających różne pigmenty (żółty, rzadziej pomarańczowy lub czerwony). W naturalnych populacjach sporadycznie spotykane są również formy albinotyczne (brak pigmentu czarnego) lub leucystyczne (brak pigmentu żółtego) (Zakrzewski 1981; Ogrodowczyk i in. 2010; Lunghi i in. 2017) oraz częściowo melanistyczne (Zakrzewski 2007; ryc. 5 M). Osobniki całkowicie czarne widywane są niezwykle rzadko (Freytag 1952, cyt. za Zakrzewski 2007). Według klasyfikacji zaproponowanej przez Eiselta (1958) i stosowanej przez polskich herpetologów (np. Juszczuk 1987; Zakrzewski 2007) wyróżniono cztery formy wzoru barwnego na stronie grzbietowej salamander: plamistą, paskowaną, plamisto-paskowaną i paskowano-plamistą, które stosunkowo niedawno uzupełniono o piątą – formę zygzakowatą (Paluch i Profus 2004; ryc. 5 F–J). Ze względu na możliwość popełnienia błędów wynikających z oceny pośrednich lub trudnych do odróżnienia form pomiędzy wzorami paskowano-plamistymi i plamisto-paskowanymi w pracy poświęconej temu zagadnieniu połączyliśmy je w jedną formę: plamistą-i-paskowaną (Najbar i in. 2018). W Polsce osobniki o jasnożółtych, nieregularnych plamach najczęściej reprezentują formę plamistą lub plamistą-i-

6 | Godujące salamandry plamiste
(Góra Kamińska na Pogórzu Ciężkowickim)
Breeding spotted salamanders
– a pair in amplexus
(Mount Kamińska in Pogórze Ciężkowickie)
fot./photo by Bartłomiej Najbar



-paskowaną (ryc. 5F, I–J), natomiast najrzadziej – paskowaną (0,9% w Karpatach, 1,3% w Sudetach) (ryc. 5G). Na południowym wschodzie kraju (Karpaty) dominowała forma plamista (69,2%), a jej częstotliwość spadała w kierunku zachodnim i w populacjach sudeckich wynosiła 46,4%, gdzie formy plamiste-i-paskowane były częstsze. Wyjątek stanowiła populacja z okolic Bogatyni, gdzie przebiega granica występowania dwóch podgatunków: *S. s. salamandra* i *S. s. terrestris*. Dominującymi na tym stanowisku okazały się osobniki paskowane oraz plamiste-i-paskowane (Najbar i Najbar 2015; Najbar i in. 2018), które według Veitha (1992) i Thiesmeiera (2004) mogą stanowić naturalną krzyżówkę tych podgatunków.

Obserwacje polskich salamander potwierdziły, że wzór barwny nie jest cechą umożliwiającą określenie przynależności osobników do konkretnego stanowiska lub rozróżnienia płci (Zakrzewski i Wójcik 1982; Ogrodowczyk i in. 2010; Najbar i in. 2018). Jednak najnowsze badania i cyfrowe analizy intensywności oraz proporcji barwy żółtej do czarnej u słowackich salamander plamistych wskazały na różnice pomiędzy samicami i samcami (Balogová i Uhrin 2015).

Cykl życiowy

Salamandry plamiste godują wyłącznie na lądzie. W przeciwieństwie do pozostałych polskich płazów, godujące

pary obserwować można w ciągu całego sezonu ich aktywności (np. Juszczyk 1987; Thiesmeier 2004). Należą przy tym do zwierząt typowo **promiskuitycznych**, czyli takich, u których system rozrodu polega na braku wybiórczości w wyborze partnera (brak więzi społecznych) i kojarzeniu się samic z wieloma samcami lub odwrotnie (Freeland 2008). Konsekwencją wielokrotnych kopulacji samicy z różnymi samcami w jednym cyklu rozrodczym może być wieloojcostwo, czyli pochodzenie potomstwa z jednego miotu/lęgu od więcej niż jednego ojca. Wyniki badań dotyczące wieloojcostwa u salamandry plamistej przeprowadzone przez Steinfartza i innych (2006) wykazały, że potomstwo z jednego miotu może mieć od jednego do trzech ojców (najczęściej jednak jednego ojca). Zapłodnienie u salamander plamistych jest wewnętrzne. Po osobliwych i rzadko obserwowanych tańcach godowych samiec składa na podłożu spermatofor stożkowatego kształtu, który pobierany jest przez samicę wargami kloakalnymi. Samice zdolne są do długotrwałej akumulacji spermy w kanalikach zbiorników nasiennych (Juszczyk 1987). Nadal nie wiadomo, jak długo w naturze samice są w stanie przetrzymać spermę, jednak akumulacja spermy przez ok. 2,5 lat została stwierdzona przez Baylisa (1939) w warunkach hodowli laboratoryjnych.

Wczesną wiosną (zwykle w marcu/kwietniu) ciężarne samice migrują do płytkich strumieni lub potoków, rzadziej do zbiorników o charakterze stałym, przydrożnych rowów melioracyjnych, czy też płytkich stawów (Zakrzewski i Wojtaś

1985; Zakrzewski 2007; Velo-Antón i in. 2012; mat. własne niepubl.), aby w ciągu jednego lub kilku dni urodzić od 10 do 71 larw (Juszczyk 1987; Najbar 1995; Zakrzewski 2007; ryc. 1 i 5 A–B). Badania wybranych aspektów rozrodu salamander plamistych prowadzone w warunkach hodowlanych w latach 2013–2014 wykazały, że liczba larw urodzonych przez samice schwyte na Dolnym Śląsku wahała się od 2 do 43. Długość całkowita larw wynosiła 24–31 mm, a masa ciała 0,05–0,13 g (Najbar i in. 2016; mat. własne niepubl.). Chociaż **larworodność (żyworodność lecytotroficzna)** przeważa u salamander na niemal całym zasięgu jej występowania, to na Półwyspie Iberyjskim spotykane są także podgatunki typowo żyworodne, u których rozwój larw do całkowitego zakończenia metamorfozy przebiega w jajowodach, a samice rodzą młode w pełni przystosowane do życia na lądzie (Buckley i in. 2007). Jest to tzw. **żyworodność matrotroficzna**. Do czasu przeobrażenia larwy bytują w dobrze natlenionych wodach strumieni (ryc. 5 B–C). Przebywają na ogół w głębozczkach, tj. miejscach charakteryzujących się łagodnym nurtem, gdzie w zależności od temperatury wody i zasobów pokarmowych pozostają od 3 do 5 miesięcy, czyli aż do zakończenia metamorfozy (Juszczyk 1987; Sever 2003). Rzadko spotykane są one także w większych kałużach, studniach i rowach melioracyjnych (Zakrzewski i Wojtaś 1985; mat. własne niepubl.). Poza dobrym natlenieniem wody larwom do przeżycia niezbędna jest również wystarczająca ilość pokarmu, gdyż są w tym okresie bardzo żarłoczne. Odżywiają się głównie wodnymi skorupiakami i larwami owadów, rza-

dziej polując na ślimaki, pierścienice i obleńce. Sporadycznie w ich diecie pojawiają się także larwy płazów, w tym własnego gatunku (kanibalizm) (np. Szabó 1962; Zakrzewski i Kępa 1981; Thiesmeier 2004). Główny pokarm świeżo przeobrażonych i dorosłych salamander stanowią lądowe bezkręgowce: stawonogi, nagie ślimaki i skąposzczety (Zakrzewski i Kępa 1981).

Młodociane osobniki tuż po ukończeniu metamorfozy (ryc. 5 D–E) mierzą 4–7 cm długości i wychodzą na ląd. Jednak miejsca ich żerowania i kryjówek wciąż pozostają niedostatecznie rozpoznane. Przypuszcza się, że, w przeciwieństwie do osobników dorosłych, młode są wyjątkowo wrażliwe na zmiany warunków środowiskowych, a w szczególności na dostępność pokarmu, dlatego najprawdopodobniej przebywają w pobliżu cieków wodnych, ukryte pod zbutwiałymi liśćmi, konarami drzew lub wśród próchniejących pni, gdzie panuje duża wilgotność. Według Warburga i Deganiego (1979) w tego typu miejscach mogą także zimować, chociaż są to przypuszczenia wymagające potwierdzenia i dalszych badań. Nasze kilkunastoletnie obserwacje rodzimych salamander wskazują, że osobniki po zakończeniu metamorfozy faktycznie nie podejmują wędrówek i przebywają w najbliższym otoczeniu macierzystych strumieni (mat. własne niepubl.). Salamandry osiągają dojrzałość płciową po 2–5 hibernacjach (Najbar i in. 2020).

Późną jesienią salamandry zapadają w stan odrętwienia zimując wyłącznie na lądzie, nierzadko w kryjówekach o głąbo-

kości powyżej jednego metra (Juszczak 1987; Thiesmeier 2004). Ich zimowiska w siedliskach naturalnych zlokalizowane są w odległości ok. 100–150 metrów od letnich rewirów (Seifert 1991). Lokalnie w środowisku antropogenicznym wykorzystują piwnice gospodarstw domowych (np. w Szalejowie koło Dusznik; mat. własne niepubl.), czy systemy kanałów znajdujących się w sztolniach górniczych (np. Thiesmeier 2004). W miejscach zimowania salamandry gromadzą się w dużych grupach – w takich zgrupowaniach spotykano od kilkunastu (Mai 1984) do niemal 200 osobników (Feldmann 1987; Juszczak 1987). Nadal jednak nie wiadomo, czy poszczególne osobniki wykazują przywiązanie do konkretnych miejsc zimowania, czy w ich wyborze kierują się jedynie najbardziej dogodnymi do tego celu warunkami w danym okresie (Feldmann 1987). Jak podaje Thiesmeier (2004), niezwykle rzadko obserwowano masowe wędrówki osobników młodocianych, które grupowo zniknęły w zagłębieniach i rozpadlinach terenu.

Salamandry plamiste to **płazy długowieczne**. Böhme (1979) podaje, że w warunkach hodowlanych mogą dożyć nawet 50 lat. Najstarszym dotychczas potwierdzonym osobnikiem salamandry w Polsce był samiec schwytany po raz pierwszy 16 października 2004 roku koło wsi Sady w Masywie Ślęży (woj. dolnośląskie). Miał wówczas 8 lat i mierzył 18 cm długości (Rak 2005). Jego wiek został określony metodą skeletochronologiczną, polegającą na liczeniu linii zahamowanego wzrostu (tzw. LAGów) świadczących o liczbie prze-

bytych hibernacji. Ten sam, już 17-letni osobnik, rozpoznany na podstawie charakterystycznego układu plam na grzbiecie i braku amputowanego palca, został ponownie zaobserwowany 5 października 2013 roku (Najbar i in. 2020). Co ciekawe, po tak długim czasie urósł zaledwie o 4 mm. W przeciwieństwie do większości obserwowanych przez nas salamander jego skóra była bardziej szorstka i wyraźnie pofałdowana (ryc. 5 N). Wiek badanych przez nas samic wahał się w przedziale 2–12 lat w Sudetach i 2–16 lat w Karpatach, a wiek samców w przedziale 2–16 lat w Sudetach i 2–15 lat w Karpatach. Z tych badań wynika także, że w polskich populacjach dominują osobniki 7–9-letnie (43,07% w całym krajowym zasięgu), a osobniki młodociane stanowią ok. 12% wszystkich badanych salamander w Sudetach i 15% w Karpatach. Średnio salamandry w Karpatach były starsze o ok. 1,72 lat od osobników z populacji sudeckich (Najbar i in. 2020; mat. własne niepubl.).

Struktura genetyczna i zróżnicowanie populacji salamander plamistych w Polsce

Struktura genetyczna populacji jest kształtowana nie tylko procesami zachodzącymi współcześnie, ale również wynika z uwarunkowań historycznych np. kierunku kolonizacji postglacjalnej. Szybka ekspansja na nowe obszary często prowadzi do gradientowego spadku zmienności genetycznej w populacjach marginalnych (Dyer i Nason 2004; Excoffier i in. 2009). Jak wykazano wielokrotnie w badaniach europejskich gatunków płazów, w tym również

salamandry plamistej, zjawiska te są często obserwowane w populacjach bytujących na skraju zasięgu geograficznego, zajmujących mniej korzystne siedliska w stosunku do populacji znajdujących się bliżej centrum zasięgu (Rowe i Beebe 2003; Pabijan i Babik 2006; Eckert i in. 2008).

W latach 2008–2014 prowadziliśmy badania zmienności genetycznej 10 loci mikrosatelitarnych jądrowego DNA w omawianych populacjach. Wyniki wskazały znaczny polimorfizm wszystkich analizowanych loci i w większości nie wykazały istotnych odchyień od równowagi Hardy’ego–Weinberga. Tym samym badania potwierdziły niewielkie zróżnicowanie międzypopulacyjne i znaczny przepływ genów zarówno w obrębie populacji sudeckich, jak i karpackich (Najbar i in. 2015; Konowalik i in. 2016). Tylko trzy populacje różniły się od pozostałych ujawniając utratę zmienności i wyraźną odrębność genetyczną. Populacje te są mało liczebne, znajdują się na granicy lub wręcz poza zwartym zasięgiem występowania gatunku (Konowalik i in. 2016) i są prawdopodobnie od wielu lat izolowane. Najbardziej izolowana okazała się mała populacja zasiedlająca rejon miejscowości Rakówka na Pogórzu Strzyżowskim (Nowak 2010). Druga, mała i izolowana populacja będąca jednocześnie ostatnią w regionie, ocalała w Masywie Ślęży (Majtyka i in. 2010; Ogrodowczyk i in. 2010). Populacje te charakteryzowała różnorodność genów (heterozygotyczność oczekiwana i obserwowana) oraz niskie średnie bogactwo alleli prywatnych, czyli występujących tylko w danej populacji. Trzecia populacja, w której wykazano zna-

7 | Pofragmentowane i izolowane siedlisko w Jarnołtówku jest jednym z rozpoznanych zagrożeń populacji salamander plamistych w Polsce

The fragmented and isolated habitat in Jarnołtówek is one of the identified threats to the population of spotted salamanders in Poland
fot./photo by Anna Najbar



czący spadek zmienności, zasiedla Górę Kamińską zlokalizowaną w otoczeniu Góry Liwocz na Pogórzu Ciężkowickim. Tereny wokół powyżej wymienionych izolowanych stanowisk zostały przekształcone w wielkopowierzchniowe pola uprawne i skutecznie uniemożliwiły migrację salamander, tym samym tracąc możliwość wymiany genów. W żadnej z badanych przez nas populacji nie wykryto efektu wąskiego gardła, który świadczyłby o niedawnym i gwałtownym spadku efektywnej wielkości populacji (Najbar i in. 2015; Konowalik i in. 2016).

Status, zagrożenia i propozycje ochrony

Według klasyfikacji IUCN salamandra plamista należy do grupy gatunków podlegających najmniejszej trosce (LC – *least concern*), a populacje zlokalizowane w ob-

8 | Kolejny przykład zagrożeń populacji salamander plamistych w Polsce: wycinka drzew w Masywie Ślęży na Dolnym Śląsku

Another example of threats to the population of spotted salamanders in Poland: logging in the Ślęży Massif in Lower Silesia
fot./photo by Anna Najbar



witą dewastację siedlisk, wynikające z rozbudowy sieci dróg, prowadzenia intensywnej gospodarki rolnej, wycinki drzew i postępującej urbanizacji (Ogrodowczyk i in. 2010; Najbar i Najbar 2015; Lourenço i in. 2017; Najbar i in. 2017). Jak wspomniano w poprzednim rozdziale, utrata ciągłości siedlisk i ograniczenie przepływu genów może prowadzić do znacznego obniżenia zmienności genetycznej w najbardziej izolowanych i małych populacjach (Najbar i in. 2015; Konowalik i in. 2016), a w ostateczności nawet do ich zaniku.

Niestety, w ostatnich latach siedliska salamander kurczą się, a postępująca wycinka drzew lokalnie powoduje niekorzystne zmiany mikroklimatu, przede wszystkim związane ze spadkiem wilgotności siedlisk. To zjawisko jest szczególnie dotkliwe dla izolowanych i mało liczebnych populacji. Ponadto udokumentowano przykłady zabijania salamander przez ciężki sprzęt stosowany przy wycince i wywózce drzew, a nawet w wyniku uderzeń spadających konarów (Ogrodowczyk i in. 2010). Natomiast rozwój miast sprzyja pojawianiu się np. niezabezpieczonych konstrukcji hydrotechnicznych stanowiących nierzadko śmiertelne pułapki dla wielu osobników, co udokumentowano w Bielsku-Białej (Rusek i Zawadzka 2012; Najbar i in. 2017).

Choć większość populacji salamander plamistych znajduje się poza bezpośrednim otoczeniem siedzib ludzkich, to rozbudowa nawet mało uczęszczanych lokalnych dróg znacząco wpływa na liczebność tych płazów, które giną rozejżdżane przez pojazdy.

9 | Ujęcie wody pitnej, powodujące wysychanie wody w strumieniach w Złotym Stoku

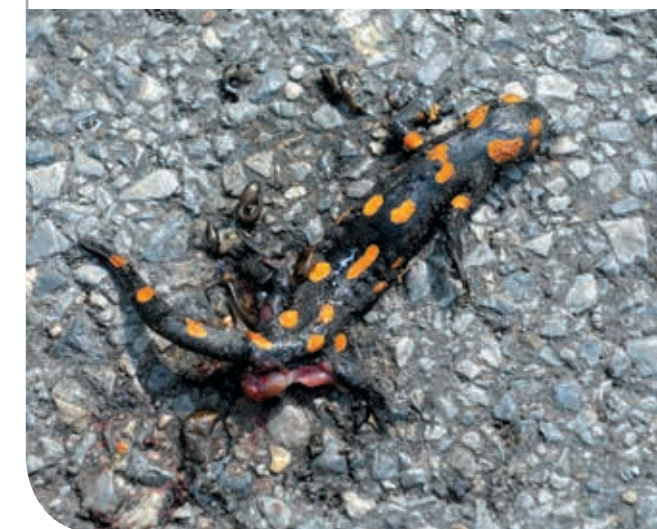
Drinking water intake causing drying up of streams in Złoty Stok
fot./photo by Anna Najbar

Stanowiska, których dotyczy ten problem, obejmują miejscowości: Ludwikowice, Pleśną, Bielsko-Białą (mat. własne niepubl.), Tłumaczów (Kolenda K., inf. ustna), a nawet słabo zaludnione podnóże Otrytu w Bieszczadach Zachodnich (ryc. 10, 12).

Kolejnym przykładem negatywnego wpływu działalności człowieka jest wykorzystanie strumieni, w których samice salamander rodzą larwy, jako źródeł wody pitnej. Taki przypadek wystąpił w Złotym

10 | Martwa przejechana ciężarna samica; widoczne są larwy wyrzucone z pękniętych jajowodów. Droga dojazdowa do Rezerwatu Hulskie w Bieszczadach

Dead run over pregnant female; larvae ejected from ruptured oviducts are scattered around. The access road to the Hulskie Reserve in Bieszczady
fot./photo by Bartłomiej Najbar





11 | Siedlisko salamander plamistych w zurbanizowanym siedlisku Bielska-Białej: a – zanieczyszczenia stałe i studzienka, która może stanowić śmiertelne zagrożenie dla płazów; b – odcieki ścieków komunalno-bytowych wpływających wprost do wody, w której obserwowano larwy salamander plamistych
fot. Anna Najbar

11 | The habitat of spotted salamanders in the urbanized habitat of Bielsko-Biala: a – solid pollutants and a well, which may be a lethal threat to amphibians; b – leachate of municipal and household sewage flowing directly into the water, where larvae of spotted salamanders were observed
photo by Anna Najbar

mnąć tu o wysychaniu i zanieczyszczeniu strumieni oraz zarybianiu innych akwenułów, które potencjalnie mogą być wykorzystywane podczas rozrodu (Zakrzewski i Wojtaś 1985). Jak wielokrotnie udowodnił Zakrzewski (1990; 1993a; 1993b), na kondycję larw, prawidłową pracę gruczołów wydzielniczych (np. tarczycy), a nawet ujawnianie się anomalii rozwojowych wpływały toksyczne herbicydy, powszechnie stosowane w latach 70.–90. XX wieku. Wówczas występowały też susze hydrologiczne i hydrogeologiczne, co zbiegło się w czasie z całkowitym zanikiem niektórych populacji salamander na Przedgórzu Sudeckim (np. w miejscowości Przerzeczyn Zdrój i w Masywie Ślęży) (Ogielska M., mat. własne niepubl.).

Aktualnie jednym z najpoważniejszych zagrożeń dla płazów jest rozprzestrzenianie się inwazyjnych patogenów wywołujących choroby infekcyjne – wirusów, bakterii i grzybów *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) (Daszak i in. 1999; Sura i in. 2010). Dotychczas najgroźniejszym dla europejskich salamander okazał się niedawno odkryty *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*) (Martel i in. 2013; Spitzen-van der Sluijs i in. 2016). Ten inwazyjny patogen pochodzący z południowo-wschodniej Azji (Martel i in. 2014) prowadzi do rozwoju śmiertelnej choroby zanikowej skóry. W północno-zachodniej Europie przyczynił się on do zaniku powyżej 90% holenderskich populacji salamander (Martel i in. 2013; Spitzen-van der Sluijs i in. 2013). Z najnowszych doniesień wynika, że obecność *Bsal* stwierdzono także w Niemczech u salamander hodowanych w niewoli (Sa-

bino-Pinto i in. 2015), skąd potencjalnie mogą przeniknąć do środowiska naturalnego. W 2015 roku rozpoczęliśmy pionierskie badania występowania chorób infekcyjnych w populacjach płazów w Polsce (Kolenda i in. 2017). Badaniom na obecność groźnych patogenów poddano 13 populacji reprezentujących cały zasięg występowania salamandry plamistej w naszym kraju, a wyniki wskazały na brak infekcji *Bd* i *Bsal* (Lastra González i in. 2019). Również w Czechach dotychczas nie stwierdzono infekcji *Bsal* (Baláž i in. 2018).

Do zagrożeń herpetofauny, choć nie tak częstych i nasilonych, ale jednak dotyczących także salamander plamistych, dodać należy jeszcze translokacje i wyłapywanie ze środowiska naturalnego (Paluch i Profus 2004; Najbar i in. 2017).

Ochrona

W związku z geograficznym usytuowaniem populacji salamander plamistych do priorytetowych zadań mających na celu ich ochronę należy przede wszystkim **zachowanie naturalnych siedlisk w jak najmniej zmienionym stanie**. I choć w Polsce tradycyjnie kładzie się szczególny nacisk na ochronę gatunków lub populacji skrajnie zagrożonych i szybko zanikających, ochroną i regularnym monitoringiem należy objąć także populacje, które uznawane są za źródło zmienności genetycznej. W Sudetach liczebne populacje nadal można spotkać m.in. w Górach Bardzkich, Górach Żłoty i Górach Suchych, a także w Kotlinie Kłodzkiej. W Karpatach natomiast liczebne stanowiska znane są

z Beskidu Niskiego, Beskidu Żywieckiego i Bieszczadów (Głowaciński i Zakrzewski 2003; Ogrodowczyk i in. 2010; mat. własne niepubl.). Salamandry są płazami długo żyjącymi, dlatego właściwe rozpoznanie niekorzystnych procesów wpływających na stan ich populacji może być ograniczone. Aby podjąć skuteczne kroki w celu ochrony gatunku, kluczowe wydaje się prowadzenie regularnego monitoringu zmienności genetycznej, struktury populacji oraz wszelkich zmian zachodzących w ich siedliskach, w tym występowania groźnych chorób.

Ochrona salamandry plamistej nie musi się wiązać wyłącznie z czasochłonnymi i kosztownymi badaniami, wykonywanymi zazwyczaj przez jednostki naukowe. W miejscach niebezpiecznych dla salamander wystarczy zastosować kilka prostych i niedrogich rozwiązań, umożliwiających wspólną egzystencję tych płazów z człowiekiem. Należą do nich:

- ▶ ograniczenie niekorzystnej działalności związanej głównie z niszczeniem lub przekształcaniem ich siedlisk i miejsc rozrodu;
- ▶ racjonalne prowadzenie gospodarki leśnej (ograniczenie wycinki drzew w siedliskach salamander; utrzymanie starodrzewu i próchniejącego drewna, które stanowią kryjówki salamander; prowadzenie zrywki drzew z dala od strumieni rozrodczych);
- ▶ ograniczenie ruchu samochodowego w obrębie naturalnych szlaków migracji salamander plamistych;
- ▶ wyeliminowanie lub zabezpieczenie wszelkich pułapek antropogenicznych (stu-

12 | *Samiec salamandry plamistej S. salamandra przekraczający drogę relacji Sękowiec–Rajskie w Bieszczadach, Park Krajobrazowy Doliny Sanu*
A male spotted salamander S. salamandra crossing the road from Sękowiec to Rajskie in the Bieszczady Mountains, San Valley Landscape Park
fot./photo by Anna Najbar

dziennik odwodnieniowych, kanalizacyjnych, głębokich rowów, wykopów) w obrębie „miejskich” populacji tego gatunku;

- ▶ ukierunkowanie edukacji na problemy związane z ochroną płazów;
- ▶ przywrócenie statusu gatunku objętego ochroną ścisłą.

Niewątpliwie salamandra plamista należy do jednych z bardziej lubianych płazów krajowych. Ze względu na zasięg występowania, ograniczony do terenów wyżynnych i górskich, niekorzystny wpływ rozpoznanych zagrożeń na jej populacje i siedliska wydaje się być dużo mniejszy niż w przypadku gatunków nizinnych lub żyjących na silnie przekształconym, zurbanizowanym terenie. Jednak niekorzystne działania, skupione często wyłącznie na korzyściach dla ludzi, mogą prowadzić do szybkiego zmniejszenia liczebności lub wręcz lokalnego zaniku tych pięknych zwierząt. Z tego względu działania ochronne powinny zmierzać do zachowania w jak najmniej zmienionym stanie ich siedlisk, a także na edukacji lokalnych społeczności.

Anna Najbar

Maria Ogińska

Zakład Biologii Ewolucyjnej i Ochrony Kręgowców
Pracownia Biologii Płazów
Uniwersytet Wrocławski
ul. Sienkiewicza 21, 50–335 Wrocław

Bartłomiej Najbar

b.najbar@wnb.uz.zgora.pl

Wydział Nauk Biologicznych

Uniwersytet Zielonogórski

ul. Prof. Z. Szafrana 1, 65–516 Zielona Góra



LITERATURA

van Alphen J.J.M., Arntzen J.W. 2016. Paul Krammer and the inheritance of acquired characteristics. *Contributions to Zoology* 85 (4): 457–470.

Baláz V., Solský M., González D.L., Havlíková B., Zamorano J.G., González Sevilleja C., Torrent L., Vojar J. 2018. First survey of the pathogenic fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* in wild and captive amphibians in the Czech Republic. *Salamandra* 54: 87–91.

Balogová M., Uhrin M. 2015. Sex-biased dorsal spotted patterns in the fire salamander (*Salamandra salamandra*). *Salamandra* 51 (1): 12–18.

Baylis H.A. 1939. Delayed reproduction in the spotted salamander. *Proceedings of the Zoological Society of London*. 109A: 243–246.

Berger L. 2000. *Płazy i gady Polski. Klucz do oznaczania*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa–Poznań.

Berger L., Michałowski J. 1963. *Klucz do oznaczania kręgowców Małopolski, cz. III. Płazy – Amphibia*. PWN, Warszawa–Kraków.

Beukema W., Nicieza A.G., Lourenço A., Velo-Antón G. 2016. Colour polymorphism in *Salamandra salamandra* (Amphibia: Urodela), revealed by a lack of genetic and environmental differentiation between distinct phenotypes. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. DOI: 10.1111/jzs.12119.

Böhme W. 1979. Zum Höchstalter des Feuersalamanders *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758): ein wiederentdecktes Dokument aus der Frühzeit der Terraristik. *Salamandra* 15: 176–179.

Buckley D., Alcobendas M., Garcia-París M., Wake M.H. 2007. Heterochrony, cannibalism, and evolution of viviparity in *Salamandra salamandra*. *Evolution & Development* 9 (1): 105–115.

Budzik K.A., Budzik K.M. 2013. Stanowisko salamandry plamistej *Salamandra salamandra* w północnej części Pogorza Rożnowskiego. *Chrońmy Przyrodę Ojczyzną* 69 (6): 538–542.

Burgon D., Vences M., Steinfartz S., Bogaerts S., Bonato L., Donaire-Barroso D., Velo-Antón G., Vieites D.R., Mable B.K., Elmer K.R. 2021.

Phylogenomic inference of species and subspecies diversity in the Palearctic salamander genus *Salamandra*. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 157: 107063.

Daszak P., Berger L., Cunningham A.A., Hyatt A.D., Green D.E., Speare R. 1999. Emerging Infectious Diseases and Amphibian Population Declines. 1999. *Emerging Infectious Diseases* 5 (6): 735–748.

Dyer R.J., Nason J.D. 2004. Population Graphs: the graph theoretic shape of genetic structure. *Molecular Ecology* 13: 1713–1727.

Eckert C.G., Samis K.E., Loughheed. S.C. 2008. Genetic variation across species' geographical ranges: the central-marginal hypothesis and beyond. *Molecular Ecology* 17: 1170–1188.

Eiselt J. 1958. Der Feuersalamander (*Salamandra salamandra* L.). Beiträge zu einer taxonomischen Synthese. Abhandlungen und Berichte aus dem Museum für Naturkunde und Vorgeschichte und dem Naturwissenschaftlichen Verein in Magdeburg 6: 77–154.

Excoffier L., Foll M., Petit R.J. 2009. Genetic Consequences of Range Expansions. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40: 481–501.

Feldmann R. 1987. Überwinterung, Ortstreue und Lebensalter des Feuersalamanders, *Salamandra salamandra terrestris*. Schlußbericht einer Langzeituntersuchung. *Jahrbuch für Feldherpetologie* 1: 33–44.

Freeland J.R. 2008. *Ekologia molekularna*. PWN, Warszawa.

Frisch K. 1920. Über den Einfluss der Bodenfarbe auf die Fleckenzeichnung des Feuersalamanders. *Biologisches Zentralblatt* 40: 390–414.

Głowaciński Z., Ogielska M., Ogrodowczyk-Konowalik A. 2018. *Salamandra plamista Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). W: Głowaciński Z., Sura P. (red.). *Atlas płazów i gadów Polski. Status, rozmieszczenie, ochrona*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 24–27.

Głowaciński Z., Profus P., Fijał J. 1995. Herpetofauna Bieszczadów Polskich i jej ochrona. *Roczniki Bieszczadzkie* 4: 264–270.

Głowaciński Z., Zakrzewski M. 2003. *Salamandra plamista Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). W: Głowaciński Z., Rafiński J. (red.). *Atlas płazów i gadów Polski. Status – Rozmieszczenie – Ochrona*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa–Kraków: 27–29.

Juszczak W. 1987. *Płazy i gady krajowe. Część II, płazy*. PWN, Warszawa.

Juszczak W., Szarski H. 1950. *Płazy i gady krajowe*. PZWS, Warszawa.

Kolenda K., Najbar A., Ogielska M., Baláž V. 2017. *Batrachochytrium dendrobatidis* is present in Poland and associated with reduced fitness in wild populations of *Pelophylax lessonae*. *Diseases of Aquatic Organisms* 124: 241–245.

Konowalik A., Najbar A., Babik W., Steinfartz S., Ogielska M. 2016. Genetic structure of the fire salamander *Salamandra salamandra* in the Polish Sudetes. *Amphibia-Reptilia* 37: 405–415.

Köhler G., Steinfartz S. 2006. A new subspecies of the fire salamander, *Salamandra salamandra* (LINNAEUS, 1758) from the Tendi valley, Asturias, Spain. *Salamandra* 42: 13–20.

Kuzmin S., Papenfuss T., Sparreboom M., Ugurtas I.H., Anderson S., Beebe T., Denoël M., Andreone F., Anthony B., Schmidt B., Ogrodowczyk A., Ogielska M., Bosch J., Tarkhnishvili D., Ishchenko V. 2009. *Salamandra salamandra*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2009: e.T59467A11928351.

Lastra González D., Baláž V., Solský M., Thumsová B., Kolenda K., Najbar A., Najbar B., Kautman M., Chajma P., Balogová M., Vojar J. 2019. Recent Findings of Potentially Lethal Salamander Fungus *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Emerging Infectious Diseases* 25 (7): 1416–1418. DOI: 10.3201/eid2507.181001.

Lourenço A., Álvarez D., Wang I.J., Velo-Antón G. 2017. Trapped within the city: integrating

PODZIĘKOWANIA

Serdecznie dziękujemy Wiesławowi Babikowi, Sebastianowi Steinfartzowi i Ewie Kunickiej-Najbar za pomoc na różnych etapach realizacji projektu. W pracy wykorzystano także materiał zebrany przez magistrantów Zakładu Biologii Ewolucyjnej i Ochrony Kręgowców Uniwersytetu Wrocławskiego: Tomasza Januszkiewicza, Monikę Malinowską, Joannę Górąjowską, Katarzynę Serwę i Annę Szwedor. Badania prowadzone były zgodnie z zezwoleniami Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska (DOP-OZGIZ.6401.02.33.2012.JRO, DOP-oz.6401.02.24.2013.JRO, DZP-WG.6401.02.7.2014.JRO), Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska we Wrocławiu (WPN.6401.183.2013.MK.1) i II Lokalnej Komisji Etycznej we Wrocławiu (uchwały nr 63/2008, 37/2013, 68/2015 i 78/2014). Projekt został sfinansowany z grantów Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr KBN NN 303 414737, DS 1076/S/IBS/2014 oraz O420/1409/16.

demography, time since isolation and population specific traits to assess the genetic effects of urbanization. *Molecular Ecology* 26 (6): 1498–1514.

Lunghi E., Monti A., Binda A., Piazzio I., Salvadori M., Cogoni R., Riefole L.A., Biancardi C., Mezzadri S., Avitabile D., Ficetola G.F., Mulargia M., Manca S., Blaimont P., Di Cerbo A.R., Manenti R. 2017. Cases of albinism and leucism in amphibians in Italy: new reports. *Natural History Sciences. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano* 4 (1): 73–80.

Mai H. 1984. Untersuchungen zum Amphibienvorkommen auf fünf Messtischblättern der Landkreise Waldeck – Frankenberg (Nordhessen). *Vogelkundliche Hefte Edertal* 10: 104–128.

Majtyka T., Górąjewska J., Kordas J., Ogielska M. 2010. Herpetofauna Ślęzańskiego Parku Krajobrazowego i okolic. *Przyroda Sudetów* 13: 193–202.

Martel A., Blooi M., Adriaenssens C., van Rooij P., Beukema W., Fisher M.C., Farrer R.A., Schmidt B.R., Tobler U., Goka K., Lips K.R., Muletz C., Zamudio K.R., Bosch J., Lötters S., Wombwell E., Garner T.W.J., Cunningham A.A., Spitzen-van der Sluijs A., Salvidio S., Ducatelle R., Nishikawa K., Nguyen T.T., Kolby J.E., van Bocxlaer I., Bossuyt F., Pasmans F. 2014. Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science (Washington)* 346 (6209): 630–631.

Martel A., Spitzen-van der Sluijs A., Blooi M., Bert W., Ducatelle R., Fisher M.C., Woeltjes A., Bosman W., Chiers K., Bossuyt F., Pasmans F. 2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 110 (38): 15325–15329.

Méhely L. 1892. Die herpetologischen Verhältnisse des Burzenlandes. *Kronstadt*.

Najbar B. 1995. *Płazy i gady Polski*. Wyższa Szkoła Inżynierska w Zielonej Górze. Zielona Góra.

Najbar A., Babik W., Najbar B., Ogielska M. 2015. Genetic structure and differentiation of the fire salamander *Salamandra salamandra* at the northern margin of its range in the Carpathians. *Amphibia-Reptilia* 36 (3): 301–311

Najbar A., Kielbowicz Z., Szymczak J., Ogielska M. 2016. Ultrasonography: a method used for pregnancy imaging of the fire salamander (*Salamandra salamandra*). *Polish Journal of Veterinary Sciences* 19 (4) 715–722.

Najbar A., Konowalik A., Halupka K., Najbar B., Ogielska M. 2020. Body size and life history traits of the fire salamander *Salamandra salamandra* from Poland. *Amphibia-Reptilia* 41 (1): 63–74.

Najbar A., Konowalik A., Najbar B., Ogielska M. 2018. Yellow patterns polymorphism of the fire salamander *Salamandra salamandra* in Poland. *Acta Herpetologica* 13 (2): 101–108.

Najbar A., Najbar B. 2015. Stanowisko salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (L.) na Pogórzu Zachodniosudeckim (płd.-zach. Polska). *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 71 (4): 300–303.

Najbar A., Rusek A., Najbar B. 2017. Zagrożenia i propozycje ochronne salamandry plamistej *Salamandra salamandra* w zurbanizowanym siedlisku w Bielsku-Białej. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 73 (3): 249–256.

Neumann J.G. 1831. *Naturgeschichte der Schlesisch-lausitzischen Amphibien*. Neues Lausitzisches Magazin 9.

Nowak K. 2010. Stanowisko salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (L.) przy północnej granicy zasięgu koło Rzeszowa. *Chrońmy Przyrodę Ojczystą* 66 (1): 49–52.

Ogrodowczyk A., Ogielska M., Kierzkowski P., Maślak R. 2010. Występowanie salamandry plamistej *Salamandra s. salamandra* Linnaeus,

1758 na Dolnym Śląsku. Przyroda Sudetów 13: 179–192.

Pabijan M., Babik W. 2006. Genetic structure in northeastern populations of the Alpine newt (*Triturus alpestris*). Conservation Genetics 6: 307–312.

Paluch A., Profus P. 2004. Status i rozmieszczenie salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) w Polsce ze szczególnym uwzględnieniem populacji gatunku w Górach Bardzkich (Sudety Środkowe). Chronimy Przyrodę Ojczyzną 60 (3): 49–77.

Pax F. 1925. Wirbeltierfauna von Schlesien. Gebrüder Borntraeger. Berlin.

Rak J. 2005. Występowanie salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758) w Ślezańskim Parku Krajobrazowym. Praca magisterska, Uniwersytet Wrocławski.

Rowe G., Beebe T.J.C. 2003. Population on the verge of a mutational meltdown. Fitness costs genetic loads for an amphibian in the wild. Evolution 57: 177–181.

Rozporządzenie 1952. Rozporządzenie Ministra Leśnictwa z dnia 4 listopada 1952 roku w sprawie wprowadzenia gatunkowej ochrony zwierząt. Dz. U. 1952 nr 45 poz. 307.

Rozporządzenie 2014. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 października 2014 roku w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Dz. U. 2014 poz. 1348.

Rozporządzenie 2016. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 roku w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt. Dz. U. 2016 poz. 2183.

Rusek A., Zawadzka A. 2012. Krąg salamander – śmiertelna pułapka. I Studencka Konferencja Herpetologiczna. 8–9.12.2012 r., Wrocław.

Sabino-Pinto J., Bletz M., Hendrix R., Perl R.G.B., Martel A., Pasmans F., Lötters S., Mutschmann F., Schmeller D.S., Schmidt B.R., Veith M., Wagner N., Vences M., Steinfartz S. 2015. First detection of the emerging fungal pathogen

Batrachochytrium salamandrivorans in Germany. Amphibia-Reptilia 36 (4): 411–416.

Seidel U., Gerhardt P. 2016. Die Gattung *Salamandra*: Geschichte, Biologie, Systematik, Zucht. Edition Chimaira, Frankfurt am Main.

Seifert D. 1991. Untersuchungen an einer ostthüringischen Population des Feuersalamanders (*Salamandra salamandra*). Artenschutzreport 1: 1–16.

Sever D.M. 2003. Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA.

Spitzen-van der Sluijs A., Martel A., Asselberghs J., Bales E.K., Beukema W., Bletz M.C., Dalbeck L., Goverse E., Kerres A., Kinet T., Kirst K., Laudelout A., de Fonte M., Nöllert A., Ohlhoff D., Sabino-Pinto J., Schmidt B.R., Speybroeck J., Spikmans F., Steinfartz S., Veith M., Vences M., Wagner N., Pasmans F., Lötters S. 2016. Expanding Distribution of Lethal Amphibian Fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* in Europe. Emerging Infectious Diseases 22 (7): 1286–1288.

Spitzen-van der Sluijs A., Spikmans F., Bosman W., de Zeeuw M., van der Meij T., Goverse E., Kik M., Pasmans F., Martel A. 2013. Rapid enigmatic decline drives the fire salamander (*Salamandra salamandra*) to the edge of extinction in the Netherlands. Amphibia-Reptilia 34 (2): 233–239.

Steinfartz S., Stemshorn K., Kuesters D., Tautz D. 2006. Patterns of multiple paternity within and between annual reproduction cycles of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) under natural conditions. Journal of Zoology 268: 1–8.

Steinfartz S., Tautz D. 2003. The Fire Salamander: Source for New Species. German Research. Life Sciences 25 (2): 14–16.

Steinfartz S., Veith M., Tautz D. 2000. Mitochondrial sequence analysis of *Salamandra* taxa suggests old splits of major lineages and post-glacial recolonization of Central Europe from distinct source populations of *Salamandra salamandra*. Molecular Ecology 9: 397–410.

Steinfartz S., Weitere M., Tautz D. 2007. Tracing the first step to speciation: ecological and genetic differentiation of a salamander population in a small forest. Molecular Ecology 16 (21): 4550–4561.

Sura P., Janulis E., Profus P. 2010. Chytridio-mikoza – śmiertelne zagrożenie dla płazów. Chronimy Przyrodę Ojczyzną 66 (6): 406–421.

Szabó I. 1962. Nahrungswahl und Nahrung des gefleckten Feuersalamanders (*Salamandra salamandra* L.). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae 8: 456–477.

Świerad J. 2003. Płazy i gady Tatr, Podhala, doliny Dunajca oraz ich ochrona. Wydawnictwo Naukowe AP, Kraków.

Tenenbaum S. 1913. Spis gadów, płazów i ssa-ków, zebranych w Ordynacji Zamojskiej w gub. Lubelskiej. Pamiętnik Fizyograficzny 2 (3): 75–80.

Thiesmeier B. 2004. Der Feuersalamander. Laurenti-Verlag, Bielefeld.

Veith M. 1992. The fire salamander, *Salamandra salamandra* L., in central Europe: subspecies distribution and intergradation. Amphibia-Reptilia 13 (4): 297–313.

Velo-Antón G., Zamudio K.R., Cordero-Rivera A. 2012. Genetic drift and rapid evolution of viviparity in insular fire salamanders (*Salamandra salamandra*). Heredity 108: 410–418.

Warburg M.R., Degani G. 1979. Evaporative water loss and intake in juvenile and adult *Salamandra salamandra* (L.) (Amphibia, Urodela). Comparative Biochemistry and Physiology 62A: 1071–1075.

Weitere M., Tautz D., Neumann D., Steinfartz S. 2004. Adaptive divergence vs. Environmental plasticity: trading local genetic adaptation of metamorphosis in salamanders. Molecular Ecology 13: 1665–1677.

Zakrzewski M. 1981. Albinotyczna larwa salamandry plamistej – *Salamandra salamandra* (L.). Wszechświat 12: 281–283.

Zakrzewski M. 1990. Rozwój larw salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (L.) oraz wpływ różnych czynników na jego przebieg. Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków.

Zakrzewski M. 1993a. Zmiany w budowie histologicznej rdzenia kręgowego i struny grzbietowej u larw salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (L.) pod wpływem działania wybranych herbicydów. Roczniki Naukowo-Dydaktyczne WSP. Prace Zoologiczne VII 166: 93–100.

Zakrzewski M. 1993b. Efekt działania herbicydów na skórę i aktywność hormonalną tarczycy salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (Linnaeus, 1758). II symposium pt. Molekularne i Fizjologiczne Aspekty Regulacji Ustrojowej. Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków.

Zakrzewski M. 2007. Salamandra plamista. Rozmieszczenie, biologia i zagrożenia. Wydawnictwo Naukowe AP, Kraków.

Zakrzewski M., Kępa E. 1981. Composition of natural food of the spotted salamander, *Salamandra salamandra* (L.) from Western Beskids (Poland). Acta Biologica Cracoviensia, Series Zoologia 23: 77–86.

Zakrzewski M., Wojtaś W. 1985. Rodzenie i rozwój larw salamandry plamistej, *Salamandra salamandra* (L.) w nietypowym zbiorniku wodnym. Przegląd Zoologiczny 29 (1): 83–86.

Zakrzewski M., Wójcik S. 1982. Charakterystyka ubarwienia rasy nominalnej salamandry plamistej *Salamandra salamandra* (L.) pochodzącej z trzech różnych populacji. Rocznik Naukowo-Dydaktyczny WSP Kraków im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. Prace Zoologiczne IV (82): 131–139.