

Metody nieinwazyjnego, indywidualnego rozpoznawania żmii zygzakowatej *Vipera berus* w badaniach terenowych

Methods of non-invasive individual identification of the adder *Vipera berus* in field research

STANISŁAW BURY¹, AGATA BURY¹, KATARZYNA KUREK², BARTOSZ BORCZYK³,
ALEKSANDRA KOLANEK^{4,5}

¹ Instytut Nauk o Środowisku
Uniwersytet Jagielloński
30–387 Kraków, ul. Gronostajowa 7
e-mail: stanislaw.bury@gmail.com

⁴ Zakład Geoinformatyki i Kartografii
Instytut Geografii i Rozwoju Regionalnego
Uniwersytet Wrocławski
50–137 Wrocław, pl. Uniwersytecki 1

² Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk
31–120 Kraków, al. Adama Mickiewicza 33

⁵ Towarzystwo Herpetologiczne NATRIX
54–206 Wrocław, ul. Legnicka 65

³ Zakład Biologii Ewolucyjnej i Ochrony Kręgowców
Instytut Biologii Środowiskowej
Uniwersytet Wrocławski
50–335 Wrocław, ul. Sienkiewicza 21

Słowa kluczowe: identyfikacja, znakowanie, ubarwienie, monitoring, żmija.

Key words: identification, marking, coloration, monitoring, European adder.

Żmija zygzakowata *Vipera berus* (Linnaeus 1758) jest gatunkiem o nieznanym trendach populacyjnych w Polsce, mimo od lat notowanego spadku liczebności w innych krajach Europy. Brak badań monitoringowych może być częściowo spowodowany nieznaną metodą umożliwiającą śledzenie trendów populacyjnych, która nie wymagałaby odłowów węży, a zatem byłaby bezpieczna i nadająca się do zastosowania przez szersze grono osób pracujących w terenie. Artykuł ma na celu przybliżenie skutecznych i nieinwazyjnych metod identyfikacji osobniczej żmii zygzakowatej, które mogą być z powodzeniem stosowane w badaniach terenowych, a przez to posłużyć do lepszego poznania biologii i ekologii tego gatunku w naszym kraju. Opisane metody oparte na katalogowaniu zmienności międzypersonalnej są łatwe w zastosowaniu i mogą stanowić podstawę metodyki monitoringu żmii zygzakowatej w Polsce.

Wstęp

Żmija zygzakowata *Vipera berus* (Linnaeus 1758) jest gatunkiem zasiedlającym rozległy obszar na terenie Europy i Azji, na wielu obszarach osiągając jeszcze stosunkowo wysokie liczebności (Nilson, Andrén 1997; Sura, Zamachowski 2003; Sura, Profus 2018). Jest przy tym niewiel-

ka i łatwa do obserwacji, a jej jad zazwyczaj nie stanowi większego zagrożenia dla człowieka. Wszystkie te cechy sprawiają, że żmija jest gatunkiem relatywnie łatwym do badań i na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci była przedmiotem bardzo wielu opracowań z zakresu fizjologii, ekologii behawioralnej, genetyki populacyjnej, filogeografii i wielu innych (np. Pomianowska-

Pilipiuk 1974; Andrén, Nilson 1981; Forsman 1994; Joger, Wollesen 2004). Mimo że w Polsce jest jeszcze na wielu obszarach dość liczna i występuje na terenie niemal całego kraju, to jednak publikacji dotyczących tego gatunku jest bardzo niewiele. Pomijając aspekt ściśle naukowy zauważalny jest także deficyt prac dotyczących aspektów związanych z ochroną tego taksonu. W efekcie brakuje konkretnych danych monitoringowych, które pozwalałyby choćby oszacować trendy populacyjne. Zważywszy, że status ochronny żmii zygzakowatej ulegał zmianom – począwszy od braku jakiejkolwiek ochrony prawnej, przez ochronę całkowitą, aż do obecnie obowiązującej ochrony częściowej (Najbar i in. 2015; Ustawa 2004; Rozporządzenie 2016), tym bardziej zasadne jest zintensyfikowanie przynajmniej podstawowych badań nad tym gatunkiem w Polsce. Zmiana w zapisach ustawy związana ze złagodzeniem statusu ochronnego nie została poparta żadnymi rzetelnymi argumentami. Potrzeba określenia stanu populacji żmii zygzakowatej jest też istotna w aspekcie ogólnosięwiatowych trendów spadkowych liczebności populacji i zaniku wielu gatunków węży na świecie związanych z działalnością człowieka i zmianami klimatycznymi (Dodd 1993; Gibbons i in. 2000; Reading i in. 2010).

Wydaje się, że jedną z przyczyn biernego lub niechętnego podejścia do badań tego gatunku w kraju jest przekonanie o dużej liczebności żmii, co łączy się z brakiem jakiejkolwiek potrzeby skupiania się na nim. Trend ten widać również w odniesieniu do zaskrońca zwyczajnego *Natrix natrix*, podczas gdy gatunkami węży od dawna przyciągającymi najwięcej uwagi są te najrzadsze, czyli wąż Eskulapa *Zamenis longissimus* i gniewosz płamisty *Coronella austriaca* (Głowaciński 2003; Najbar 2012a, b). Ponadto jadowitość żmii może skłaniać do rezygnacji z badań nad tym wężem na rzecz innych gatunków, niezagrażających zdrowiu badaczy. Niniejsza praca ma na celu przybliżenie skutecznych i nieinwazyjnych metod identyfikacji osobniczej żmii zygzakowatej, które mogą być z powodzeniem stosowane w badaniach terenowych, a przez to mogą posłużyć

do lepszego poznania biologii i ekologii tego gatunku w naszym kraju, również z udziałem osób niemających doświadczenia w odłowach i bezpośrednim znakowaniu węży jadowitych. Przybliżenie tych metod szerokiemu gronu odbiorców może być również przyczynkiem do włączenia żmii zygzakowatej na listę gatunków objętych monitoringiem ogólnokrajowym i wypracowania wystandaryzowanej metodyki monitoringu tego gatunku.

Znakowanie

Znakowanie zwierząt, w tym węży, w ogromnej większości przypadków wymaga tymczasowego odłowienia osobników. Niniejsza praca skupia się jednak na podejściu niewymagającym odławiania, dlatego ograniczono się jedynie do krótkiego przytoczenia najpopularniejszych metod znakowania węży.

Techniki znakowania powinny być proste w zastosowaniu, niepowodujące bólu, zmian behawioralnych, obniżenia kondycji i przeżywalności u znakowanych osobników, a także pozwalające na szybkie przeprowadzenie identyfikacji (Borczyk 2000). Metody znakowania węży, które są obecnie najczęściej i najszerzej wykorzystywane w badaniach terenowych to nacinanie tarczek brzusznych oraz wszczepianie czipów (*Passive Integrated Transponders – PIT tags*) (Ferner 2007). Dawniej wykorzystywano również szereg innych metod, jak np. wymrażanie albo wypalanie znaków na łuskach (Weary 1969; Lewke, Stroud 1974; Borczyk 2000). W przypadku jaszczurek wypalanie znaków na tarczках wargowych sprawdza się znakomicie (Ekner i in. 2011), lecz w przypadku węży metoda ta ustępuje łatwiejszemu i skuteczniejszemu nacinaniu tarczek brzusznych. Wszczepianie czipów jest bardziej kosztowne i wymaga pewnej wprawy, jednak zyskuje rosnącą popularność dzięki dużej precyzji w identyfikacji osobników podczas kolejnych odłowów (Ferner 2007). Założenie, że gojenie się rany po usunięciu czipa z ciała węża przebiega bez komplikacji, nie jest do końca słuszne – np. u gniewosza płamistego opisano przy-

padki infekcji bakteryjnych w miejscu zranienia i nieprawidłowości przy gojeniu się rany (Mittenzwei 2013; Malkmus, Sauer 2016).

Identyfikacja osobników na podstawie zmienności międzyosobniczej

Ubarwienie

Rozróżnianie poszczególnych osobników w obrębie populacji wymaga określenia cech, które na to pozwalają, tj. wykazują dużą zmienność międzyosobniczą i są trwale wykształcone u danego osobnika, a zatem pozwalają na jego identyfikację przy kolejnych obserwacjach (Benson 1999). Pierwszą cechą, braną pod uwagę przy rozpoznawaniu poszczególnych osobników żmii zygzakowatej, jest barwa ciała i deseń (ryc. 1). W ubarwieniu żmii zygzakowatej można wyróżnić szereg elementów wykazujących znaczny poziom zmienności międzyosobniczej, z których najważniejsze i najłatwiejsze do zdefiniowania to plamistość głowy, kolor tła oraz kształt zygzaka. Wierzch głowy żmii zygzakowatej pokrywa ciemny deseń złożony z ośmiu plam (Schiemenz 1985), które często zlewają się ze sobą. Dwie największe plamy o łukowatym kształcie tworzą zazwyczaj kształt litery X bądź odwróconej litery Y lub V. Grzbiet żmii jest ubarwiony rozmaitymi odcieniami brązu i szarości. Na tym tle znajduje się charakterystyczna ciemna wstęga w kształcie zygzaka. Zygzak rozpoczyna się tuż za głową i ciągnie do końca ogona. Nie we wszystkich przypadkach wzór ten jest regularny. Zdarzają się osobniki posiadające rząd poprzecznych pręg kształtu owalnego lub romboidalnego, zlewających się na niektórych odcinkach (De Smedt 2006). Sporadycznie pa-

smo grzbietowe może być gładką linią na całej długości bądź tylko częściowo.

Identyfikacja osobnicza wymaga opracowania klasyfikacji barw i wzorów lub korzystania z dostępnych katalogów barw. Zazwyczaj liczba kategorii nie powinna być zbyt duża, ponieważ duży zestaw kategorii zmniejsza różnice pomiędzy nimi, a zatem utrudnia zaklasyfikowanie osobnika do danej kategorii. Z kolei zbyt mała liczba kategorii upraszcza całą klasyfikację i zaniedbuje istniejącą zmienność. Zasadniczo przedział 4–8 kategorii opisujących kolor tła powinien być wystarczający, a jednocześnie łatwy w zastosowaniu. W przypadku żmii zygzakowatej najczęściej obserwuje się osobniki o spektrum szarości lub brązu.



Ryc. 1. Przykład wyraźnej zmienności ubarwienia żmii zygzakowatej. Istnienie trzech form barwnych pozwala już na pierwszy rzut oka zaklasyfikować osobnika do konkretnej frakcji skatalogowanych osobników w badanej populacji. Ubarwienie samo w sobie jest jednak niewystarczającą cechą identyfikacyjną. Przykładowo u osobników melanistycznych jednolita barwa ciała uniemożliwia skatalogowanie takich cech, jak np. kształt i barwa zygzaka. Dlatego też ubarwienie powinno stanowić jedynie cechę pomocniczą, a dokumentowanie zmienności powinno się opierać o cechy łatwiejsze do rozróżnienia, np. zmienność w układzie tarczki głowowych

Fig. 1. An example of clear colour variation in the adder. Distinguishable colour morphs allow immediate classification of the observed specimens to a specific subgroup of catalogued individuals. Colouration, however, is not a sufficient identification feature. In melanistic individuals, for example, a uniform body colouration does not allow such traits as the shape and colour of the dorsal pattern to be catalogued. Therefore, colouration should be treated as an additional trait, with variation in head scalation as the main feature for individual identification

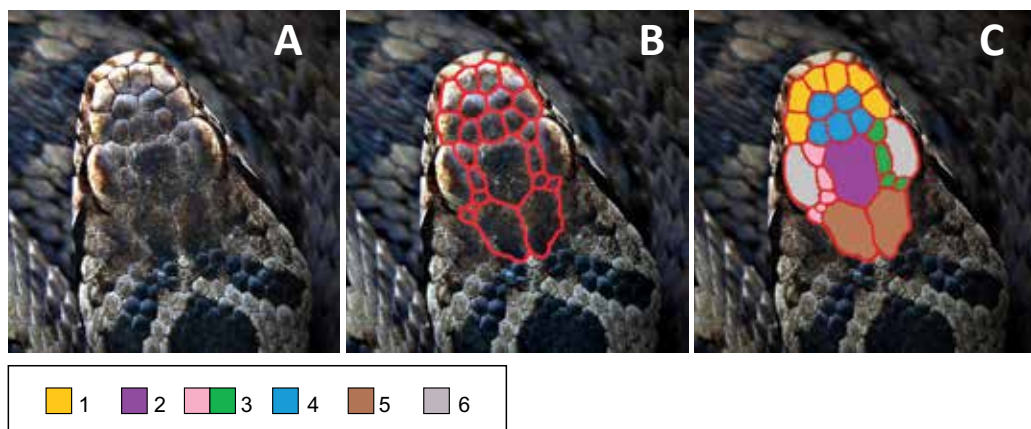
Ze względu na ciągły charakter odcienia barwy tła optymalnie wydaje się zaproponowanie maksymalnie do trzech kategorii dla osobników szarych (np. biały, jasnoszary, ciemnoszary) i dwie lub trzy dla brązowych (jasnobrązowy, ciemnobrązowy) oraz dodatkowe kategorie dla pozostałych barw (np. miedziany, czarny, pomarańczowy, beżowy). W przypadku barwy wstęgi grzbietowej klasyfikacja może się ograniczać jedynie do podziału na czarny i nieczarny. Rozróżnienie czy zygzak jest ciemnoszary czy ciemnobrązowy może być znacznie trudniejsze podczas obserwacji węża z odległości kilku metrów niż w przypadku barwy tła, ponieważ zygzak zajmuje znacznie mniejszą powierzchnię ciała niż tło. Znacznie ważniejszy jest kształt wstęgi. Klasyfikacja zaproponowana przez Bensona (1999) zawiera wstęgi o kształcie zygzakowatym (Z), symetrycznie falistym (F), gładkiej linii (L) lub będących szeregiem owali (O) bądź rombów (R). Biorąc pod uwagę dużą lokalną zmienność każda badana populacja może reprezentować dodatkowe warianty, które powinny być uwzględniane w metodyce identyfikacji. Zazwyczaj obserwuje się zygzaki, pasmo obustronnie faliste, gładkie linie, szereg owali bądź rombów (Benson 1999). W przypadku plamistości głowy za kryterium można uznać kształt centralnej plamy (zwykle X, Y lub V), jej zakończenia lub samą liczbę plam.

Układ tarczki

Kolejną, niezwykle zmienną, a przy tym znacznie łatwiejszą do wykorzystania cechą jest nieregularność w układzie tarczki głowowych. Zwykle można wyodrębnić pięć dużych tarczki: dwie supraokularne (*supraoculare*), jedną frontalną (*frontale*) oraz dwie parietalne (*parietale*). Główne nieregularności generujące zmienność dotyczą tarczki apikalnych, kantalnych, internasalnych, prefrontalnych oraz paraokularnych. Z punktu widzenia identyfikacji osobniczej najważniejsza jest liczba poszczególnych grup tarczki i ich układ. Należy podkreślić, że układ tarczki jest znacznie lepszą cechą umożliwiającą identyfikację osobniczą, ponieważ wykazuje większą zmienność mie-

zdosobniczą, z pewnością łatwiejszą do zdefiniowania i opisanie niż ubarwienie, a jednocześnie nie wykazuje zmienności ontogenetycznej, tj. związanej z wiekiem osobnika. O ile ubarwienie żmii zygzakowatej może się zmieniać dość dynamicznie w pierwszych latach życia, utrudniając tym samym identyfikację osobników młodych, o tyle układ tarczki nie następuje takich trudności. Jest to szczególnie ważne w przypadku osobników melanistycznych, które zwykle rodzą się z wykształconym „typowym” ubarwieniem, a ciemnieją z wiekiem (Gruber 2009).

Analizując układ tarczki oraz ubarwienie możliwe jest nadawanie poszczególnym osobnikom kodów identyfikacyjnych zgodnie z systemem zaproponowanym przez Bensona (1999), w połączeniu z kategoriami ubarwienia i możliwymi drobnymi modyfikacjami. Kod składa się z następujących segmentów – litera oznaczająca płęć (M/F – M – samiec, F – samica), cyfra z numerem osobnika, litera (bądź litery) oznaczająca miejsce pierwszego złapania, litera oznaczająca miesiąc pierwszego złapania, liczbowy opis układu tarczki, a na końcu litery opisujące pasmo grzbietowe, które dla ułatwienia odczytu można oddzielić kropkami. Przykładowo: M5/KM/5232332/ZZ.SL.ZZ.O.ZZ W podanym przykładzie osobnik jest samcem (M), piątym, jaki został złapany w badanej populacji (5), po raz pierwszy został odłowiony w kamieniołomie (K), w maju (M), a jego pasmo grzbietowe ma kształt kolejno zygzaka (ZZ), prostej linii (SL – *straight line*), owali (O) i kończy się zygzakiem (ZZ). Opis wstęgi grzbietowej może się ograniczać do przedniej części ciała, ponieważ nie w każdym przypadku możliwe jest obserwowanie ubarwienia na całej długości węża. Alternatywą może być opis końcowego odcinka ciała wraz z ogonem, ponieważ często jest to jedyna część ciała, której można się przyjrzeć, gdy zwierzę zaczyna uciekać. Siedmiocyfrowa sekwencja w środkowej części kodu to kolejno liczby poszczególnych grup tarczki na *pileus*, pokazanych na rycinie 2. Czasem zdarza się, że więcej niż jeden osobnik wykazuje układ i liczbę tarczki, który należy opisać takim samym ko-



Ryc. 2. Analiza układu tarczek na szczycie głowy (*pileus*) żmii zygzakowatej: A – *pileus* żmii zygzakowatej z widocznymi granicami poszczególnych tarczek, B – obrys tarczek o kluczowym znaczeniu dla opisu danego osobnika i jego późniejszej identyfikacji, ułatwiający późniejszy ich odczyt; C – poszczególne grupy tarczek wyróżnione kolorami istotne w identyfikacji dzięki dużej zmienności w liczbie i ułożeniu. Tarczki nadoczne (6) zwykle nie wykazują zmienności w swoim układzie, a zostały zaznaczone jako element odniesienia dla pozostałych grup tarczek. Ujęcie wskazanych grup tarczek w ciągu liczbowym w połączeniu z charakterystyką ubarwienia i wzoru daje dużą szansę na uzyskanie niepowtarzalnego kodu identyfikacyjnego. Przy bardzo małej zmienności i/lub dużej liczbie osobników w danej populacji istnieje ryzyko znalezienia dwóch osobników o podobieństwie na tyle dużym, że zdefiniowanie różnic na podstawie kodu może być niemożliwe. Dlatego też konieczne jest wykonanie fotografii lub szkicu obrazującego nie tylko liczbę, ale też układ tarczek względem siebie, który w połączeniu z pozostałymi katalogowanymi cechami daje niemal stuprocentową szansę na zidentyfikowanie danego osobnika spośród całej puli skatalogowanych węży. Podstawowe grupy tarczek to (nomenklatura za: Stoyanov, Tzankov 2017): 1 – tarczki stanowiące krawędź *pileusu* – apikalne i kantalne; 2 – tarczka frontalna; 3 – tarczki interokularne (paraokularne), przylegające do tarczek nadocznych oraz tarczki parietalnej; do tej grupy tarczek nie zaliczają się tarczki leżące na krawędzi *pileusu*, nawet jeśli są wydłużone i sięgają włąb *pileusu*; po każdej stronie głowy znajduje się po jednym rzędzie tych tarczek i każdy rząd może wykazywać inną zmienność w liczbie i ułożeniu; 4 – tarczki interkantalne, leżące pomiędzy krawędzią *pileusu*, tarczką frontalną i tarczkami przylegającymi do tarczek nadocznych; do tej grupy tarczek nie należą tarczki nawet w niewielkim stopniu leżące na krawędzi *pileusu* lub stykające się z tarczkami nadocznymi; 5 – tarczki parietalne; 6 – tarczki supraokularne (nadoczne). Dla każdej z wymienionych grup tarczek należy podać ich liczbę, zachowując ustaloną kolejność, np. licząc od przedniej części głowy, tj.: tarczki krawędzi – tarczki interkantalne – tarczka frontalna – tarczki interokularne lewe – tarczki interokularne prawe – tarczki parietalne. Dla osobnika ze zdjęcia kod liczbowy przedstawia się następująco: 6/5/1/5/4/2

Fig. 2. Analysis of the arrangement of the scales on the top of the head (*pileus*) of an adder: A – *pileus* of the adder with clearly visible scales' edges, B – scales crucial for further identification of particular specimens should be additionally outlined, C – particular groups of scales crucial for individual identification highlighted with colours. Supraoculars (6) do not exhibit high of intraspecific variation, but are mentioned as a reference for other scales. Description of scales in the numerical sequence along with characteristics of specimen's colouration gives high probability of obtaining a unique code for each individual. In the case of large populations or/and small variation also pictures of head scalation may appear necessary to get insight into scale arrangement. The main groups of scales are as follows (nomenclature after Stoyanov and Tzankov 2017): 1 – apical and canthal scales – scales lying at the border of *pileus*; 2 – frontal scale; 3 – interocular (paraocular) scales – scales lying along supraocular and parietal scales; this group of scales does not include scales from the border of the *pileus*, even when elongated and reaching the internal area of the *pileus*; at each side of the head there is one line of these scales and each of the line can exhibit independent variation in the number of scales and their arrangement; 4 – intercanthal scales – scales lying between the border of the *pileus*, the frontal scale and scales lying along supraocular scales; this group does not include scales that even partially touch the border of the *pileus* of supraocular scales; 5 – parietal scales; 6 – supraocular scales. For each of the mentioned groups of scales, their number with a specific order needs to be provided, for example starting from the tip of the head: border scales (apical and canthal) – intercanthals – frontal – left interoculars – right interoculars – parietals. The numerical code for the specimen on the photograph is as follows: 6/5/1/5/4/2

dem. Wtedy pomocne stają się pozostałe oznaczenia w innych częściach kodu. Kod można wzbogacać także o inne cechy, np. kształt plamy głowowej i barwę zygzaka w przypadku licznych lub mało zmiennych populacji.

Inne

Poza ubarwieniem i układem tarczek głowowych również inne cechy mogą być pomocne w odróżnianiu od siebie poszczególnych osobników. Są to m.in. wszelkiego rodzaju blizny, ślady po ranach, oparzeniach, zmiany skórne, które są niepowtarzalne i nie występują u wszystkich osobników.

Fotoidentyfikacja

Coraz powszechniej stosowanym podejściem w identyfikacji osobniczej jest fotografowanie poszczególnych zwierząt, a następnie stworzenie cyfrowej bazy zdjęć, analizowanej przez oprogramowanie służące do fotoidentyfikacji. Jest to również podstawą w dokumentacji i archiwizacji zmienności międzypersonicznej, niezbędnej do prawidłowego identyfikowania osobników. Fotoidentyfikacja stanowi duże usprawnienie prac terenowych, umożliwiając rozpoznanie o wiele większej liczby osobników niż za pomocą schematycznych rysunków wzorów łusek lub rozmieszczenia plam na ciele. Dodatkowymi zaletami fotoidentyfikacji jest oczywiście jej nieinwazyjność oraz – w przypadku gatunków jadowitych – uniknięcie niebezpieczeństwa ukąszenia, związanego z koniecznością ponownego odłowu zwierzęcia w celu sprawdzenia indywidualnego znakowania (np. numeru wyciętych łusek). Zasada działania programów do fotoidentyfikacji opiera się na porównywaniu rozmieszczenia i wzajemnych relacji przestrzennych analizowanych elementów zdjęcia w oparciu o punkty referencyjne, umieszczone w dwuwymiarowej przestrzeni w określonym układzie odniesienia. Oprogramowanie analizuje wzorce i następnie porównuje nowo dodaną fotografię pod kątem zgodności z zasobami bazy danych.

Programów służących do identyfikacji osobniczej jest dość dużo. Są to zarówno programy komercyjne, jak i oparte na rozwiązaniach darmowego otwartego oprogramowania. Programami mogącymi znaleźć zastosowanie w herpetologii są m.in.: I3S, Wild-ID, wymienione na stronie *Wildlife photo-ID network* (<http://www.uef.fi/web/photo-id> 2017) czy też oprogramowanie Zooracle (Eckhardt, Doring 2015). Mogą mieć one różne zastosowania w zależności od rodzaju algorytmu porównującego zdjęcia. W większości używa się ich do identyfikacji różnic we wzorach barwnych, np. Zooracle, I3S Pattern, I3S Pattern+ (Van Tienhoven i in. 2007; Rocha i in. 2013; Eckhardt, Doring 2015; Schoen i in. 2015; Mettouris i in. 2016; Sacchi i in. 2016; I3S 2017). Rzadziej spotykane są programy umożliwiające rozpoznanie układu i morfologii łusek, chociaż znajdują one swoje zastosowanie u żółwi (Carpentier i in. 2016) oraz jaszczurek (Li i in. 2009; Sacchi i in. 2016). Zasadnicze znaczenie przy fotoidentyfikacji ma wykonanie zdjęć odpowiedniej jakości. Trzeba wziąć pod uwagę, że żywe zwierzę nigdy nie będzie całkowicie nieruchome i ułożone pod właściwym kątem względem obiektywu. Tworząc bazę danych fotografowanych osobników oczekujemy natomiast, że zdjęcia będą wykonywane w jak najbardziej identyczny sposób, ponieważ każda niedokładność wynikająca z różnych warunków zaistniałych podczas fotografowania może mieć swoje konsekwencje w błędnej identyfikacji zwierzęcia.

Istnieje kilka ogólnych zasad, które powinno się uwzględniać podczas wykonywania zdjęć do późniejszej identyfikacji (Sacchi i in. 2016):

- jednolity kadr i położenie zwierzęcia w stosunku do obiektywu (w przypadku identyfikacji wzoru łusek na głowie zdjęcie wykonuje się pionowo) – każde odchylenie od pionu będzie skutkowało niekształceniem fotografowanego wzoru,
- jednakowa odległość fotografowanego obiektu od obiektywu,
- jednakowe ustawienia aparatu (jasność, kontrast),

- prawidłowe wykonanie zdjęcia (zdjęcie musi być ostre),
- w miarę możliwości należy starać się fotografować osobniki w jednolitym oświetleniu, najlepiej w cieniu, co będzie minimalizowało wystąpienie artefaktów,
- tło zdjęć powinno być jednolite i jednokolorowe dla wszystkich.

Ponadto programy do identyfikacji osobniczej często wymagają określonej liczby zdjęć, aby algorytm dawał bardziej wiarygodne rezultaty. Optymalną liczbą zdjęć wydaje się od dwóch do trzech (I3S 2017). Większa liczba nie wpływa na większą efektywność rozpoznawania, za to powoduje niepotrzebną redundancję informacji.

W praktyce nie jest możliwe zachowanie identycznych warunków w trakcie robienia zdjęć, czemu można w pewien ograniczony sposób zaradzić, standaryzując zdjęcia w ramach wstępnego przetwarzania (*preprocessing*): obrót zdjęcia, zmiany jasności czy kontrastu, retusz tła lub artefaktów świetlnych, zamiana barwnego zdjęcia na zdjęcie czarno-białe. Mimo to wykonanie zdjęć, które nadają się do analizy za pomocą wymienionych programów, nie zawsze jest możliwe, ponieważ nie jest możliwe kontrolowanie wielu czynników, np. podłoża na którym znajduje się wąż, a często także kąta fotografowania. Niemniej jednak nawet jeśli wykonane zdjęcia nie mogą być przeanalizowane pod względem zmienności ubarwienia z użyciem wyżej opisanego oprogramowania, to zawsze powinno się dążyć do uzyskania zdjęcia na tyle wyraźnego, aby możliwe było rozróżnienie poszczególnych tarczek pileusu. Wystarczająco czytelne zdjęcia obejmujące cały wierzch głowy, a ewentualnie przód ciała, mogą być z powodzeniem analizowane „na oko”, ponieważ wymienione w poprzednim rozdziale metody katalogowania zmienności ubarwienia i układu łusek są bardzo uproszczone. Uproszczoną metodę fotoidentyfikacji zastosowano m.in. w ramach planowych wieloletnich badań monitoringowych żmii zygzakowatej w Holandii (Janssen 2004). Cyfrowe fotografie głów napotkanych żmii analizowano pod kątem układu tarczek i dla każ-

dego osobnika archiwizowano fotografię reprezentującą jego otarczowanie, wykorzystywaną następnie do porównywania z kolejnymi osobnikami. W procedurach zastosowano kod jednoznacznie opisujący tarczki na głowie, analogiczny do przedstawionego w poprzednim rozdziale (Janssen 2004, 2005; fotografie również w Glandt 2011)

Dobrze skonstruowana baza danych, przy zachowaniu wymienionych powyżej zasad, jest doskonałym narzędziem wspierającym prace w terenie. Sama procedura zdobywania informacji jest nieinwazyjna, choć obarczona dużym ryzykiem zrobienia zdjęcia niedostatecznie dobrego do celów identyfikacji. Warto podkreślić, że wspomniane programy opierają się na rozwiązaniach *open source*, co stanowi dodatkową zaletę. W przypadku braku zdjęć o jakości nadającej się do analizy przez program często nadal jest możliwa identyfikacja osobnika na podstawie dokładnych oględzin zdjęcia, pod warunkiem że jest wyraźne, a głowa wraz z otarczowaniem i ubarwieniem przedniej części ciała jest widoczna w całości.

Podsumowanie

Żmija zygzakowata jest wężem o bardzo dużej zmienności międzyosobniczej, którą można potraktować jako praktyczne narzędzie do badań terenowych. Opis zmienności jako metoda identyfikacji osobniczej musi być jednak stosowany precyzyjnie i ostrożnie. Przede wszystkim wymaga klarownych wytycznych, jeśli ma być stosowany przez różne osoby (np. w monitoringach ogólnokrajowych), a najlepsze mogą się okazać instrukcje zawierające przykładowe ilustracje/zdjęcia obrazujące daną kategorię barwy lub wzoru. Ponadto konieczne jest podejście oparte na kilku cechach jednocześnie. Przykładowo sama barwa ciała jest cechą o dużej dynamice u osobników młodocianych i ulega zmianom aż do osiągnięcia dojrzałości płciowej. Dlatego, przynajmniej w przypadku młodych węży, nie może być jedyną cechą służącą do identyfikacji, a podstawą katalogowania osobników powinna być zmienność w otar-

czowaniu. Zaletą katalogowania zmienności międzypersonicznej są dodatkowe informacje na temat danej populacji, np. duża liczba osobników z bliźniami może świadczyć o wysokiej presji drapieżników na danym terenie.

Wskazane metody są z powodzeniem stosowane m.in. w Wielkiej Brytanii i Holandii także przez wolontariuszy biorących udział w monitoringu, co świadczy o łatwości ich użycia. Również w Niemczech sfotografowano 890 dorosłych i młodych żmij zygzakowatych, a 86% dorosłych osobników udało się zidentyfikować ponownie (Schwarz 1997). Metody te mogą, zatem stanowić podstawę dla przyszłego monitoringu żmii zygzakowatej w Polsce. Prezentowane metody mogą częściowo nadawać się do badań nad dwoma innymi gatunkami krajowych węży, tj. zaskrońcem zwyczajnym i gniewozem plamistym. Oba te gatunki reprezentują dużą międzypersoniczną zmienność ubarwienia. W przypadku zaskrońca zwyczajnego jest to przede wszystkim plamistość brzusznej strony ciała począwszy od odcinka szyjnego (Vaughan 2010; Najbar, Borczyk 2012), a w przypadku gniewosza plamistego jest to plamistość głowy i przedniej części ciała (Najbar 2000). Gatunki te nie wykazują tak dużej zmienności w układzie łusek na głowie, ale są niejadowite i ich odławianie nie stanowi problemu. Dzięki temu znacznie łatwiej jest wykonać dokumentację fotograficzną w wystandardyzowany sposób, tak aby zdjęcia nadawały się do obróbki wyżej wspomnianym oprogramowaniem. Wąż Eskulapa jako jedyny krajowy gatunek wykazuje niewielką różnorodność wzoru i kolorytu ciała, a zmienność w układzie tarczki głowowej jest u tego gatunku również mniejsza niż w przypadku żmii zygzakowatej. Dlatego najlepszą metodą identyfikacji osobniczej jest w przypadku węża Eskulapa nacinanie tarczki brzusznej (Kurek i in. 2017).

PIŚMIENNICTWO

Andrén C., Nilson G. 1981. Reproductive success and risk of predation in normal and melanistic colour morphs of the adder, *Vipera berus*. *Biological Journal of the Linnean Society* 15: 235–246.

- Benson P.A. 1999. Identifying individual adders, *Vipera berus*, within an isolated colony in east Yorkshire. *Bulletin-British Herpetological Society* 67: 21–27.
- Borczyk B. 2000. Przegląd metod stosowanych w znakowaniu i identyfikacji płazów i gadów. *Przegląd Zoologiczny* 44: 165–176.
- Carpentier A.S., Jean C., Barret M., Chassagneux A., Ciccione S. 2016. Stability of facial scale patterns on green sea turtles *Chelonia mydas* over time: A validation for the use of a photo-identification method. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 476: 15–21.
- De Smedt J. 2006. *The Vipers of Europe*. JDS Verlag.
- Dodd Jr. C.K. 1993. Strategies for snake conservation. W: Seigel R.A., Collin J.T., Novak S.S. (red.). *Snakes: ecology and evolutionary biology*. The Blackburn Press, New Jersey: 63–393.
- Eckhardt F.S., Doring K.W. 2015. Computer Vision-based method for recognition of individual patterns in amphibians. W: *Programme and Abstracts*. 18th European Congress of Herpetology, Wrocław.
- Ekner A., Sajkowska Z., Dudek K., Tryjanowski P. 2011. Medical cautery units as a permanent and non-invasive method of marking lizards. *Acta Herpetologica* 6 (2): 229–236.
- Ferner J.W. 2007. A review of marking and individual recognition techniques for amphibian and reptiles. *Herpetological Circular* 35. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Atlanta, USA.
- Forsman A. 1994. Growth rate and survival in relation to head size in *Vipera berus*. *Journal of Herpetology* 28: 231–238.
- Gibbons J.W., Scott D.E., Ryan T.J., Buhlmann K.A., Tuberville T.D., Metts B.S., Greene J.L., Mills T., Leiden Y., Poppy S., Winne C.T. 2000. The Global Decline of Reptiles, Déjà Vu Amphibians Reptile species are declining on a global scale. Six significant threats to reptile populations are habitat loss and degradation, introduced invasive species, environmental pollution, disease, unsustainable use, and global climate change. *BioScience* 50 (8): 653–666.
- Glandt D. 2011. *Grandkurs Amphibien- und Reptilienbestimmung*. Quelle & Meyer, Wiebelsheim.
- Głowaciński Z. 2003. Wąż Eskulapa *Elaphe longissima*. W: Głowaciński Z., Rafiński J. (red.). *Atlas płazów i gadów Polski*. Status – rozmieszczenie – ochrona. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska w Warszawie,

- Instytut Ochrony Przyrody PAN w Krakowie, Warszawa–Kraków: 93–95
- Gruber U. 2009. Die Schlangen Europas. Kosmos, Stuttgart.
- Janssen P. 2004. The status of adder research in the Netherlands. *Mertensiella* 15: 156–163.
- Janssen P. 2005. Individuele herkenning bij de adder. *RAVON* 22 (8): 9–11.
- Joger U., Wollesen R. 2004. Verbreitung, Ökologie und Schutz der Kreuzotter (*Vipera berus* [Linnaeus, 1758]). *Mertensiella* 15, DGHT, Rheinbach.
- Kurek K., Najberek K., Zajęc B., Bury S., Ćmiel A.M., Baś G., Najbar B. 2017. Changes in distribution of Aesculapian snake and implications for its active conservation in Poland. *Polish Journal of Ecology* 65 (4): 422–431.
- Lewke R.E., Stroud R.K. 1974. Freeze-branding as a method of marking snakes. *Copeia* 1974 (4): 997–1000.
- Li J.S.J., Tohl D., Randhawa S., Shamimi L., Bull C.M. 2009. Non-invasive lizard identification using signature curves. In *TENCON 2009–2009 IEEE Region 10 Conference*, 1–5. IEEE.
- Malkmus R., Sauer H. 2016. Wundheilungsstörung nach der Entnahme eines Telemetrie-Senders bei der Schlingnatter. *Feldherpetologisches Magazin* 5: 45–47.
- Mettouris O., Megremis G., Giokas S. 2016. A newt does not change its spots: using pattern mapping for the identification of individuals in large populations of newt species. *Ecological Research* 31 (3): 483.
- Mittenzwei F. 2013. Bemerkungen zur Telemetrie bei heimischen Schlangen aus Tierärztlicher Sicht. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 20: 223–227.
- Najbar B. 2000. Gniewosz plamisty. Monografie Przyrodnicze 5. Wydawnictwo Lubuskiego Klubu Przyrodników. Świebodzin: 1–64.
- Najbar B. 2012a. Wąż Eskulapa *Zamenis longissimus*. Wyniki monitoringu. Ogólnopolski monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków [http://www.gios.gov.pl/siedliska/pdf/wyniki_monitoringu_zwierzat_2009_2011_zamenis_longissimus.pdf], aktualizacja 18.04.2012 r.
- Najbar B. 2012b. Gniewosz plamisty *Coronella austriaca austriaca*. Wyniki monitoringu. Monitoring gatunków i siedlisk przyrodniczych ze szczególnym uwzględnieniem specjalnych obszarów ochrony siedlisk Natura 2000. Instytut Ochrony Przyrody PAN, Kraków [http://www.gios.gov.pl/siedliska/pdf/wyniki_monitoringu_zwierzat_2009_2011_coronella_austriaca.pdf], aktualizacja 18.04.2012 r.
- Najbar B., Borczyk B. 2012. Zaskroniec zwyczajny. *Biologia i Ochrona*. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
- Najbar B., Szuszkiewicz E., Najbar A. 2015. Żmija zygzakowata. Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
- Nilson G., Andrén C. 1997. *Vipera berus* (Linnaeus, 1758). W: Gasc J.P., Cabela A., Crnobrnja-Isailovic J., Dolmen D., Grossenbacher K., Haffner P., Lescure J., Martens H., Martínez Rica J.P., Maurin H., Oliveira M.E., Sofianidou T.S., Veith M., Zuiderwijk A. (red.). *Atlas of amphibians and reptiles in Europe*. Collection Patrimoines Naturels, 29, Societas Europaea Herpetologica, Muséum National d'Histoire Naturelle & Service du Patrimoine Naturel, Paris: 389–388.
- Pomianowska-Pilipiuk I. 1974. Energy balance and food requirements of adult Vipers *Vipera berus* (L.). *Ekologia Polska* 22 (1): 195–211.
- Reading C.J., Luiselli L.M., Akani G.C., Bonnet X., Amori G., Ballouard J.M., Filippi E., Naulleau G., Pearson D., Rugiero L. 2010. Are snake population in widespread decline? *Biology Letters* 6 (6): 777–780.
- Rocha R., Carrilho T., Rebelo R. 2013. Iris photo-identification: a new methodology for the individual recognition of Tarentola geckos. *Amphibia-Reptilia* 34 (4): 590–596.
- Rozporządzenie 2016. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie ochrony gatunkowej zwierząt.
- Sacchi R., Scali S., Mangiacotti M., Sanollo M., Zuffi M.A.L. 2016. Chapter 5. Digital identification and analysis. W: Dodd C.K. (red.). *Reptile ecology and conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press, Oxford: 59–72.
- Schiemenz H. 1985. Die Kreuzotter. Neue Brehm-Bücherei. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Schoen A., Boenke M., Green D.M. 2015. Tracking Toads Using Photo Identification and Image-Recognition Software. *Herpetological Review* 46 (2): 188–192.
- Schwarz A. 1997. Möglichkeiten der Ermittlung von Raumnutzung und Populationsdichte bei der Kreuzotter (*Vipera b. berus* L.). *Mertensiella* (Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie) 7: 247–260.
- Sura P., Profus P. 2018. Żmija zygzakowata *Vipera berus* (Linnaeus, 1758). W: Głowaciński Z., Sura

- P. (red.). Atlas płazów i gadów Polski. Status, rozmieszczenie, ochrona. PWN, Warszawa.
- Sura P., Zamachowski W. 2003. Żmija zygzakowata *Vipera berus* (Linnaeus, 1758). W: Głowaciński Z., Rafiński J. (red.). Atlas płazów i gadów Polski. Status – rozmieszczenie – ochrona. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Inspekcja Ochrony Środowiska w Warszawie, Instytut Ochrony Przyrody PAN w Krakowie, Warszawa–Kraków: 98–100.
- Ustawa 2004. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 roku o ochronie przyrody. Dz. U. Nr 92 (2004), poz. 880.
- Van Tienhoven A.M., Den Hartog J.E., Reijns R.A., Peddemors V.M. 2007. A computer-aided program for pattern-matching of natural marks on the spotted raggedtooth shark *Carcharias taurus*. *Journal of Applied Ecology* 44 (2): 273–280.
- Vaughan R. 2010. Grass Snakes. Lulu.com.
- Weary G.C. 1969. An improved method of marking snakes. *Copeia* 1969 (4): 854–855.
- Wildlife photo-ID network. Nieformalna grupa, zrzeszająca osoby zajmujące się tematyką foto-identyfikacji, organizująca cykliczne warsztaty i pracująca nad rozwojem oprogramowania [<http://www.uef.fi/web/photo-id>]; dostęp: 7.07.2017 r.
- I3S. Strona programu [<http://www.reijns.com/i3s/index.html>]; dostęp: 7.07.2017 r.

SUMMARY

Chrońmy Przyrodę Ojczystą 74 (5): 355–364, 2018

Bury S., Bury A., Kurek K., Borczyk B., Kolanek A. Methods of non-invasive individual identification of the adder *Vipera berus* in field research

The European adder *Vipera berus* (Linnaeus 1758) is a species with unknown population trends in Poland, while in Europe it has been declining over the last decades. The lack of even most basic research on this species in Poland is most likely caused by the fact that safe and non-invasive methods of monitoring, which do not require capturing animals, thus are not associated with the risk of being bitten, are generally unknown in Poland. In this paper, we present an overview of the most basic methods that allow such non-invasive field surveys. They are easy and may serve as the basis for the development of methods for country-wide monitoring of the adder in Poland.