

MIKROPRZESZŁOŚĆ

Badania specjalistyczne w archeologii



pod redakcją
Aldony Kurzawskiej i Iwony Sobkowiak-Tabaki



WYDZIAŁ
ARCHEOLOGII

MIKROPRZESZŁOŚĆ

Badania specjalistyczne w archeologii

pod redakcją

Aldony Kurzawskiej i Iwony Sobkowiak-Tabaki

Poznań 2021

Mikroprzeszłość
Badania specjalistyczne w archeologii

Recenzje:
dr hab. Maria Lityńska-Zajac, prof. IAE PAN
dr hab. Marek Nowak, prof. UJ

Redakcja:
Aldona Kurzawska
Iwona Sobkowiak-Tabaka

Opracowanie techniczne i skład komputerowy:
Bartłomiej Gruszka

Korekta językowa:
Agnieszka Gruszka

Projekt okładki i rycin poprzedzających rozdziały:
Przemysław Matejko

ISBN: 978-83-946591-8-9

<https://doi.org/10.14746/WA.2021.1.978-83-946591-8-9>

Monografia jest dostępna online w Repozytorium Uniwersytetu im A. Mickiewicza w Poznaniu
<https://repozytorium.amu.edu.pl/>

Wydział Archeologii
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Publikacja dofinansowana z Projektu Wydziału Archeologii nr DEC/19/WArch/2021

Copyright by Faculty of Archaeology Adam Mickiewicz University in Poznań and authors

Poznań 2021

Nakład:
200 egz.

SPIS TREŚCI

Przedmowa	5
Andrzej Michałowski	
Wprowadzenie	7
Aldona Kurzawska, Iwona Sobkowiak-Tabaka	
Palinologia	13
Piotr Kołaczek, Monika Karpińska-Kołaczek, Sambor Czerwiński, Katarzyna Marcisz, Mariusz Lamentowicz	
Archeobotanika	31
Magdalena Moskal-del Hoyo	
Dendroarcheologia	67
Henryk P. Dąbrowski	
Mikroskamieniałości okrzemkowe	89
Monika Rzodkiewicz	
Wioślarki	115
Izabela Zawiska	
Archeoentomologia	131
Marcin Kadej, Szymon Konwerski, Agata Hałuszko	
Archeomalakologia	155
Aldona Kurzawska	
Izotopy stabilne węgla ($\delta^{13}\text{C}$) i tlenu ($\delta^{18}\text{O}$) w archeomalakologii	181
Karina Apolinarska	
Archeozoologia	199
Jarosław Wilczyński	

Antropologia fizyczna	219
Dorota Lorkiewicz-Muszyńska, Julia Sobol, Wojciech Kociemba, Anna Hyrchała, Mariusz Glapiński	
Archeogenetyka	249
Maciej Chyleński	
Mikromorfologia	277
Karolina Leszczyńska, Michał Jankowiak	
Petroarcheologia	297
Piotr Gunia, Ewa Lisowska	
Surowce krzemionkowe – możliwości badań	315
Iwona Sobkowiak-Tabaka	
Traseologia	333
Katarzyna Pyżewicz	
Ceramika – badania petroarcheologiczne	353
Piotr Gunia, Marta Krueger, Ewa Lisowska	
Ceramika – badania osadów organicznych wnętrza naczyń	367
Marta Krueger	
Tekstylnia	387
Maria Cybulska, Anna Drązkowska	
Archeometalurgia	407
Marcin Biborski, Mateusz Biborski	
Mikroskopy stosowane w archeologii	431
Piotr Gunia, Ewa Lisowska, Aldona Kurzawska	
Ręczny spektrometr fluorescencji rentgenowskiej (XRF) w archeologii	443
Michał Krueger	
Wykaz autorów	451



Archeozoologia

Jarosław Wilczyński

WPROWADZENIE

Archeozoologia jest nauką łączącą w sobie elementy dwóch dyscyplin: archeologii, zaliczanej do dziedzin nauk humanistycznych oraz zoologii, zaliczanej do nauk biologicznych i będącej częścią nauk ścisłych oraz przyrodniczych (w świetle obowiązującego rozporządzenia ówczesnego Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z 2018 r.). Jej celem, w największym skrócie, jest rekonstrukcja szeroko rozumianych wzorców egzystencji dawnych społeczności ludzkich, zarówno tych łowiecko-zbierackich, jak i tych posługujących się gospodarką wytwórczą (Klein i Cruz-Urbe 1984; Olsen i Shipman 1988; Benecke 1994; Marciniak 1996; Reitz i Wing 1999; Lasota-Moskalewska 2008). Nazwa tej dyscypliny naukowej powstała z połączenia dwóch słów *archeo-* i *zoologia* i w sposób klarowny już na wstępie identyfikuje zarówno sam przedmiot badań – szczątki zwierzęce, jak i kontekst, z którego on pochodzi – stanowiska archeologiczne. Jej istotą jest dokładny opis odkrywanych szczątków zwierzęcych obejmujący przede wszystkim określenie ich przynależności gatunkowej, składu anatomicznego, struktury wiekowej oraz morfotypu, czyli budowy morfologicznej, i umieszczenie ich w odpowiednim kontekście. Pozwala to zrekonstruować proces tworzenia się danego nagromadzenia szczątków kostnych, a także

określić znaczenie i rolę zwierząt w gospodarce dawnych społeczności ludzkich. Na etapie opisu materiału osteologicznego istotną częścią analizy jest także opisanie wszelkich śladów działania czynników biotycznych, do których zaliczamy przede wszystkim działanie człowieka i zwierząt, oraz abiotycznych, tj. działanie czynników fizykochemicznych. W ramach omawianej dyscypliny istotnym zagadnieniem są badania nad udomowieniem zwierząt dzikich (Clutton-Brock 1987; Lasota-Moskalewska 2005), obecnie mocno wspierane przez analizę antycznego DNA.

W tym miejscu należałoby poruszyć kwestię istnienia dwóch terminów określających badania nad szczątkami zwierzęcymi ze stanowisk archeologicznych, tj. archeozoologii oraz zooarcheologii. Zagadnienie to zostało obszernie omówione przez L. Bartosiewicza w artykule zatytułowanym: *Archaeozoology or zooarchaeology?: a problem from the last century* (2001). Pierwszy termin wywodzi się z nurtu badań silnie związanych z naukami humanistycznymi i używany jest najczęściej w kręgu badaczy europejskich, w szczególności z obszaru szeroko pojętej Europy Środkowej. Skupia się on w głównej mierze na opisie zwierzęcych szczątków kostnych w kontekście archeologicznym, kładąc silny nacisk na te cechy zwierzęce, które są istotne z punktu widzenia człowieka. Drugi termin wykorzystywany jest głównie przez badaczy związanych

ze środowiskiem ogólnie określanym mianem anglosaskiego, mających silne związki z naukami ścisłymi, którzy włączają do metodologii swych badań szereg zagadnień tafonomicznych, czyli związanych z szeroko rozumianymi procesami postdepozycyjnymi mającymi bezpośredni wpływ na zachowywanie się materiału zwierzęcego. W tym kontekście najważniejsze jest opisanie wszelkich zaobserwowanych zmian występujących na powierzchniach kości.

Wraz z rozwojem tej dyscypliny nauki oraz poszerzaniem jej aparatu analitycznego archeozoologia coraz bardziej odchodzi od „suchego” opisu materiału kopalnego, polegającego na określaniu liczby szczątków poszczególnych gatunków, którą w prosty sposób identyfikowano z liczbą pogłowia reprezentowanego na stanowisku, na rzecz pogłębionej interpretacji mającej na celu określenie przyczyn, które doprowadziły do powstania danego nagromadzenia szczątków zwierzęcych, obejmujących zarówno kulturowe, jak i przyrodnicze aspekty tego zagadnienia. Odpowiada to ujęciu A. Marciniaka (1999), który rozpatruje analizę materiałów faunistycznych na dwóch poziomach: humanistycznym, czyli wykorzystującym teorie społeczne i antropologiczne do kulturowej interpretacji materiału, oraz przyrodniczym, mającym za zadanie wyjaśnić zagadnienia związane z ekologią oraz procesami formowania się depozytu kostnego. W takim ujęciu archeozoologia, podobnie jak zooarcheologia, pozostaje ostatecznie interdyscyplinarna i nie można jej zaszufladkować ani w kręgu wyłącznie nauk ścisłych, ani też humanistycznych (Albarella 2017).

Badania archeozoologiczne skoncentrowane na opisie szczątków zwierzęcych na poziomie interpretacji wyników czerpią, w dużej mierze, z badań eksperymentalnych mających na celu wyjaśnienie przyczyn powstawania konkretnych śladów obserwowanych na materiale osteologicznym, jak również aktualistycznych badań etnograficznych i czysto tafonomicznych. Na podstawie tych badań możliwe jest przedstawienie przypuszczalnych przyczyn powstania danego nagromadzenia szczątków kostnych czy tempa jego formowania się, a dzięki analizie źródeł archeologicznych możliwe jest ułożenie go we właściwym kontekście. Końcowym wynikiem analizy archeozoologicznej jest uzyskanie szeregu informacji będących podstawą do rekonstrukcji zachowań dawnych społeczności ludzkich i pozwalają poznać i zrozumieć ich organizację społeczną, ekonomiczną, dietę czy religię.

PRZEDMIOT BADAŃ

Przedmiotem badań archeozoologii są szczątki zwierzęce odkrywane na stanowiskach archeologicznych (ryc. 1), przy czym w kręgu zainteresowań specjalistów tej dyscypliny pozostają nie tylko najliczniej reprezentowane szczątki kostne ssaków, lecz również szczątki pozostałych grup kręgowców, tj. ryb, płazów, gadów i ptaków, a także mięczaków (por. Kurzawska, w tym tomie), a nawet skorupiaków (np. raków) (Marciniak 1996; Lasota-Moskalewska 1997; 2008). Zaznaczyć przy tym należy, że przedmiotem zainteresowania tej dyscypliny naukowej są nie tylko same szczątki zwierzęce, lecz również wytwory rąk ludzkich (m.in. narzędzia i ozdoby), do produkcji których wykorzystano surowiec zwierzęcy, głównie kości, zęby lub poroże. Ponieważ niezwykle bogactwo świata przyrodniczego ma swe bezpośrednie odbicie w różnorodności materiałów zoologicznych odkrywanych w trakcie badań wykopaliskowych, nie jest możliwe, aby pojedynczy badacz był w stanie, w sposób satysfakcjonujący, opanować anatomię różnych gromad zwierząt, od ryb, poprzez ptaki, aż do ssaków (nie wspominając o płazach i gadach, również odkrywanych na stanowiskach jaskiniowych czy funeralnych). To powoduje sytuację, kiedy w opracowaniach materiałów zwierzęcych pochodzących z pojedynczego stanowiska uczestniczy kilku archeozoologów lub zoologów.

Dodatkowo archeozoologowie badają szczątki zwierząt obecnie już wymarłych (np. mamut, nosorożec włochaty i niedźwiedź jaskiniowy) lub już niewystępujących na terytorium Polski (np. renifer, wół pizmowy i rosomak).

SPECYFIKA BADAŃ ARCHEOZOOLOGICZNYCH

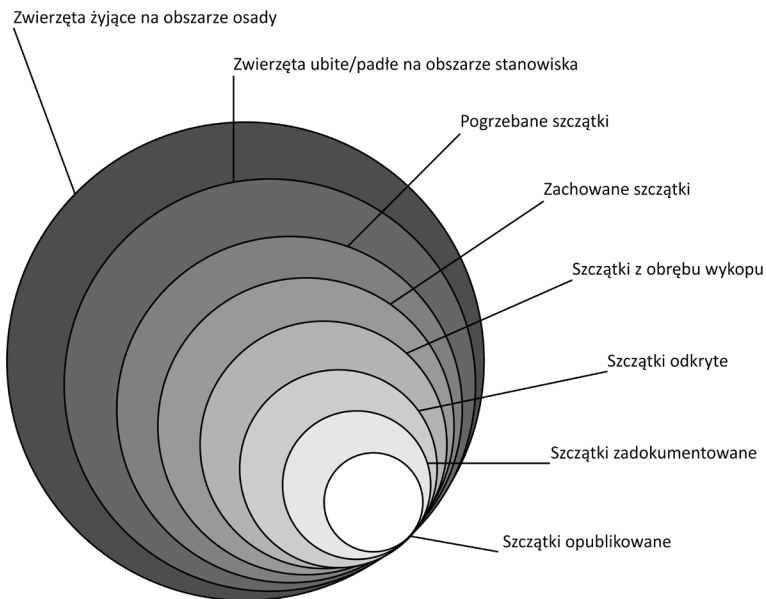
O specyfice omawianej dyscypliny decyduje sam przedmiot badań, jakim są szczątki zwierzęce, które w określonych warunkach ulegają znacznemu rozproszeniu lub całkowitemu zniszczeniu. Dzieje się tak z powodu ich dużej wrażliwości na działanie warunków środowiskowych, także i za sprawą samego człowieka, co w sposób znaczący odróżnia materiał osteologiczny od typowych wyrobów ludzkich będących przedmiotem badań archeologa, tj. wyrobów ceramicznych czy kamiennych. Dlatego trzeba



Ryc. 1. Standardowa próba szczątków zwierzęcych z wypełniska obiektu prehistorycznego. Fot. J. Wilczyński

mieć na uwadze, że szczątki zwierzęce odkrywane na danym stanowisku nie odpowiadają faktycznej liczbie zwierząt trzymanyh tu w przeszłości. Z tego też powodu należy bardzo ostrożnie podchodzić do wszelkich prób rekonstrukcji pierwotnej wielkości pogłowia zwierząt hodowanych na danej osadzie, sporządzanych na podstawie analizy zachowanego materiału osteologicznego. Podejmując taką próbę, trzeba wziąć pod uwagę szereg czynników, które są odpowiedzialne za powstanie danego nagromadzenia kości. Są to przede wszystkim: wiek oraz funkcja, jaką stanowisko pełniło w przeszłości (schronisko jaskiniowe, osada otwarta i tell), czas trwania oraz intensywność procesów osadniczych (krótkotrwałe schronisko łowieckie, miasto średniowieczne) czy sposób formowania i przeobrażania się wraz z upływem czasu samego stanowiska. Wpływ na rodzaj materiału osteologicznego pozyskanego na drodze badań wykopaliskowych mają także

czynniki bardziej dyskretne, jak np. organizacja społeczna, struktura prowadzonej hodowli, miejsce uboju zwierząt, obecność na stanowisku psów czy sposób porządkowania stanowiska. Niezwykle ważny jest również kontekst, w jakim kości zwierzęce zostały odkryte, który w silny sposób determinuje rodzaj oraz ilość zachowujących się szczątków. Informacja ta odnosi się nie tylko do rodzaju obiektu, w którym odkryty został dany zespół faunistyczny (studnia, jama, warstwa kulturowa), ale także jego położenia w obrębie badanego stanowiska, gdzie wpływ na charakter samych obiektów oraz na to, co odkrywa się w ich obrębie, jest bezpośrednio związany z organizacją przestrzenną funkcjonującego stanowiska. Innych materiałów bowiem dostarczy obszar średniowiecznego rynku, a inny uzyskany zostanie z terenu klasztoru czy jatek miejskich. Wpływ na zachowany materiał osteologiczny będzie miało również oddziaływanie



Ryc. 2. Diagram ukazujący utratę informacji z poziomu żywej populacji a opublikowanymi danymi (za Bogucki 2008 z modyfikacją)

środowiska naturalnego (kwasowość gleby, dostęp drapieżników do resztek pokonsumpcyjnych) czy wreszcie zastosowana metodyka badań wykopaliskowych oraz sposób przechowywania zbiorów (celowa segregacja zebranego materiału – wybieranie tylko dużych kości, zastosowanie w trakcie badań wykopaliskowych sit do płukania sedymentów).

Sytuację tę w sposób najbardziej dobitny obrazuje rycina 2, ukazująca stopień utraty informacji, jaką obserwujemy pomiędzy rzeczywistą liczbą zwierząt żyjących na obszarze stanowiska a danymi, które zostają ostatecznie publikowane. Ta nietrwałość materiałów źródłowych, na których opierają się badania archeozoologiczne, powoduje konieczność wydatkowania dużej ilości czasu i energii na poznanie procesów (zarówno kulturowych, jak i tafonomicznych), jakie doprowadziły do powstania danego nagromadzenia szczątków zwierzęcych, bez czego nie jest możliwe poznanie relacji zachodzących pomiędzy człowiekiem a światem zwierzęcym czy roli, jaką poszczególne gatunki zwierząt odgrywały w badanych społecznościach pradziejowych.

ZARYS HISTORII BADAŃ

Historia badań archeozoologicznych ma stosunkowo długą tradycję liczącą ponad 170 lat. Zapoczątkowały ją badania olbrzymich nagromadzeń muszli mięczaków morskich odkrywanych na

obszarze Danii w połowie XIX w. (Forchhammer i in. 1851-56). W swojej pracy Forchhammer wraz ze współpracownikami po raz pierwszy dokonał dokładnego rozróżnienia pomiędzy paleontologicznymi a archeologicznymi nagromadzeniami szczątków zwierzęcych, co stało się punktem wyjścia do powstania nowej dyscypliny nauki – archeozoologii. Wraz z jej rozwojem znacznemu poszerzeniu ulegał zarówno zakres stosowanej metodyki, jak i sama terminologia, przy czym, jak wspomniano wyżej, doszło do wyodrębnienia się dwóch pokrewnych dyscyplin naukowych określanych mianem archeozoologii i zooarcheologii, mających ten sam przedmiot badań, ale rozkładających nieco odmiennie akcenty jeśli chodzi o metodologię czy zakres zainteresowań badawczych.

W Polsce percepcja badań archeozoologicznych przez środowisko archeologów nastąpiła późno i to pomimo pojawienia się pierwszych opracowań jeszcze pod koniec XIX i w 1. poł. XX w. (G. Ossowski, E. Lubicz-Niezabitowski). Niemniej w naukowej literaturze polskiej opracowania szczątków zwierzęcych już od dawna towarzyszyły publikacjom materiałów archeologicznych, a same badania archeozoologiczne prowadzone były w kilku ośrodkach w Polsce. Przede wszystkim należy wymienić tutaj ośrodki weterynaryjne, zajmujące się analizami szczątków zwierzęcych, tj.: ośrodek poznański z kierownikiem prof. Marianem Sobocińskim, wrocławski z kierownikiem prof. Piotrem Wyrostem, warszawski, któremu przewodził prof. Kazimierz

Krysiak oraz szczeciński z kierownikiem prof. Marianem Kubasiewiczem. Nie możemy zapominać również o prof. M. Sobocińskim, badaczu związanym z różnymi ośrodkami naukowymi we Lwowie, Wrocławiu oraz Poznaniu. Jeszcze w 2. poł. XX w. doszło do znaczących zmian w tej strukturze, czemu sprzyjało powstanie kilku ośrodków zajmujących się tą tematyką badań działających w obrębie uczelni wyższych i instytutów naukowych PAN. Mam tutaj na myśli powstanie ośrodka warszawskiego z wieloletnią liderką tych badań w Polsce, prof. Alicją Lasotą-Moskalewską, a po przejściu Pani Profesor na emeryturę, kontynuujące te badania dr hab. J. Piątkowską-Malecką i dr Annę Gręzak. Kolejnym ważnym ośrodkiem prowadzącym badania archeozoologiczne jest Toruń. Kierujący tą jednostką prof. Daniel Makowiecki, pracujący wcześniej w Instytucie Archeologii i Etnologii PAN w Poznaniu, jest niekwestionowanym autorytetem, jeśli chodzi o szczątki ryb. Badania archeozoologiczne prowadzone są również w ośrodku krakowskim. Początkowo skupiały się one na materiałach plejstocenijskich (w tym gatunkach już wymarłych jak mamut czy nosorożec włochaty), a obecnie, wraz z powiększaniem się kolekcji osteologicznej, obejmują różnowiekowe materiały holocenijskie, nie pomijając zespołów nowożytnych. Wśród badaczy z tego ośrodka wymienić należy prof. Henryka Kubiaka, dr. hab. Piotra Wojtala czy autora niniejszego tekstu. Badania archeologiczne w Krakowie przez wiele lat prowadziła również zatrudniona w Instytucie Archeologii i Etnologii PAN Danuta Makowicz-Poliszot. Do grona badaczy archeozoologów należą również dr Renata Abłamowicz z Muzeum Śląskiego, dr. hab. Aleksander Chrószcz z Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz dr hab. Marta Osypińska związana do niedawna z Instytutem Archeologii i Etnologii PAN, a obecnie zatrudniona na Uniwersytecie Wrocławskim. Wyodrębnienie archeozoologii jako osobnej dyscypliny naukowej nie byłoby możliwe bez prac teoretycznych, próbujących opisać sam przedmiot badań oraz stworzyć adekwatną metodykę. Pierwsze prace dotyczące teorii archeozoologii w języku polskim zaczęły się pojawiać w połowie lat 90. Należy tutaj wymienić publikacje prof. Arkadiusza Marciniaka z ośrodka poznańskiego oraz wspomnianej już prof. Alicji Lasoty-Moskalewskiej (Marciniak 1996; 1999; 2005; Lasota-Moskalewska 1997; 2008).

WYKORZYSTANIE W ARCHEOLOGII

Należy podkreślić, że studia nad zmianami w gospodarce hodowlanej człowieka należą do tych zagadnień prehistorii, które mają kluczowe znaczenia dla poznania dawnych społeczności ludzkich, szczególnie w kontekście rozwoju kulturowego. Informacje pozyskane na drodze badań archeozoologicznych mają również istotne znaczenie w procesie rekonstrukcji dawnych modeli gospodarczych, w tym roli, jaką poszczególne gatunki zwierząt odgrywały w wytwórstwie, jako źródło surowca, w transporcie, rolnictwie, handlu i kulturze symbolicznej czy znaczenia łowiectwa. Tym samym archeozoologia stanowi nieocenione źródło informacji o minionych społecznościach.

CZYM SIĘ ZAJMUJE ARCHEOZOLOGIA? NA JAKIE PYTANIA BADAWCZE ODPOWIADA?

Archeozoologia, chociaż jest samodzielną dyscypliną naukową, traktowana jest także jako nauka pomocnicza archeologii. W takim ujęciu ma za zadanie poznanie roli zwierząt w rozwoju społeczności ludzkich, a także wpływu człowieka na kształtowanie się cech osobniczych zwierząt hodowlanych na przestrzeni dziejów. W ostatnim czasie coraz większy nacisk w badaniach archeozoologicznych kładzie się na lepsze poznanie procesów odpowiedzialnych za powstanie nagromadzeń szczątków zwierzęcych, dzieląc to pole zainteresowań z tafonomią i zbliżając się nieco do zooarcheologii.

Swymi badaniami archeozoologia obejmuje cały okres rozwoju kultury ludzkiej, od grup łowiecko-zbierackich żyjących w okresie starszej i środkowej epoki kamienia, poprzez społeczności pierwszych rolników i pasterzy (młodsza epoka kamienia), aż do czasów współczesnych. W przypadku stanowisk plejstocenijskich badania archeozoologiczne skupiają się na określeniu strategii łowieckich stosowanych przez grupy łowiecko-zbierackie, a także próbach wykluczenia lub potwierdzenia udziału człowieka w procesie akumulacji szczątków zwierzęcych na danym stanowisku (co odnotowuje się głównie w przypadku stanowisk jaskiniowych). Badania materiałów młodszych, obejmujących czasy rozwoju gospodarki wytwórczej, skupiają się na próbach

rekonstrukcji stosowanego modelu gospodarki hodowlanej, roli łowiectwa czy sposobie wykorzystywania poszczególnych gatunków zwierząt hodowlanych i dzikich. Dodatkowo badania archeozoologiczne są pomocne przy określeniu funkcji, jaką dane stanowisko lub jego część pełniło w przeszłości, stając się cennym narzędziem przy wyznaczaniu stref aktywności ludzkiej czy określaniu organizacji przestrzennej stanowisk.

METODOLOGIA BADAŃ ARCHEOZOOLOGICZNYCH

Aby wyniki badań archeozoologicznych dostarczały wiarygodnych i miarodajnych rezultatów, niezbędne jest zachowanie przez archeologa z góry ustalonych procedur. Przede wszystkim konieczne jest zastosowanie odpowiedniego sposobu eksploracji nawarstwień, dostosowanego do rodzaju stanowiska i występujących na nim sedymentów. Oczywiście wykorzystywane do tego celu narzędzia również powinny być dobrane pod takim kątem, aby w jak największym stopniu ograniczyć destrukcję szczątków. Drugim niezwykle ważnym warunkiem, którego spełnienie gwarantuje uzyskanie miarodajnych wyników analizy archeozoologicznej, jest zbieranie wszystkich odkrytych szczątków kostnych. Niedopuszczalna jest wstępna selekcja materiału przeznaczonego do zainwentaryzowania i finalnie opracowania, a polegająca na wybieraniu tylko określonych szczątków zwierzęcych (np. kości określonych rozmiarów) lub zbieranie materiałów występujących tylko w określonych obiektach lub w obrębie wydzielonych jednostek stratygraficznych. Najlepszym rozwiązaniem jest przepłukiwanie sedymentu przy użyciu sit o różnej średnicy oczek. Zabiegowi temu powinno się poddawać cały sedyment pochodzący z wypełnisk obiektów oraz warstw kulturowych, dzięki czemu do minimum ogranicza się możliwość przeoczenia drobnych szczątków zwierzęcych (łusek i ości ryb, zębów gryzoni i muszli), a także szczątków roślinnych (m.in. ziarniaków, pestek, fragmentów drewna; por. Moskal-del Hoyo, w tym tomie), drobnych fragmentów ceramiki, polepy czy wyrobów metalowych. Jednak ze względu na jej czasochłonność, w praktyce metodykę taką stosuje się obecnie przede wszystkim na stanowiskach plejstocenijskich, głównie w obiektach jaskiniowych. Rozwiązaniem

pośrednim jest zastosowanie sit do przesiewania materiału na sucho.

W trakcie ręcznej eksploracji nawarstwień niekiedy dochodzi do wtórnej fragmentacji materiału kostnego, często w wyniku złego stanu zachowania szczątków kostnych. W takim przypadku należy pamiętać o tym, aby wtórnie pofragmentowane szczątki zostały zbierane razem, co na etapie opisu materiału przyspieszy jego opracowanie. Samo dokumentowanie szczątków zwierzęcych zależy od przyjętej strategii eksploracji nawarstwień (zbieranie materiału w obrębie warstw mechanicznych lub namierzanie trójwymiarowe każdej kości). Inaczej wygląda eksploracja grobów lub innych obiektów zachowujących pierwotny, intencjonalny układ szczątków zwierzęcych. W takim przypadku odkryty szkielet czy też jego fragmenty odsłania się w całości na eksplorowanej powierzchni, po czym przystępuje do jego dokumentacji (rysunkowej i fotograficznej). Powinna być ona przeprowadzona w taki sposób, aby uchwycić jego relacje z towarzyszącymi mu obiektami w obrębie oryginalnego układu przestrzennego, np. jamy grobowej czy budynku. Dopiero po tak przeprowadzonej dokumentacji można przystąpić do wydobywania odsłoniętych szczątków kostnych, rejestrując sukcesywnie za pomocą odpowiednich urządzeń położenie każdej kości lub ich skupień. Powyższe zasady są analogiczne do tych, jakie stosuje się do innych materiałów archeologicznych: ceramiki czy wyrobów kamiennych. Jest to o tyle ważne, że często w obrębie pomijanych przez archeologów materiałów kostnych znajdują się ozdoby czy narzędzia, do produkcji których wykorzystano właśnie zwierzęce kości, zęby lub poroże.

Zwierzęce szczątki kostne, po wydobywaniu z sedymentu i zainwentaryzowaniu, przed dalszą analizą powinny być umyte. Często wskazane jest, aby materiał kostny bezpośrednio po jego wydobywaniu początkowo przesechł i dopiero później był myty. Aby na tym etapie do minimum ograniczyć dalszą destrukcję szczątków kostnych, niedopuszczalne jest wstępne oskrobywanie kości szpachelkami czy innymi metalowymi przedmiotami, a także używanie do mycia zbyt twardych szczoteczek. Ważne, aby suszenie materiału kostnego odbywało się w zacienionym pomieszczeniu, w którym utrzymuje się stała pokojowa temperatura. Powinno się unikać wystawiania umytego materiału na działanie promieni słonecznych czy umieszczania go

w pomieszczeniach o wysokiej temperaturze. W takiej sytuacji dochodzi do gwałtownego, nierównomiernego odparowania wody z umytej kości, co powoduje jej wtórne niszczenie. Szkodliwe jest również niewłaściwe przechowywanie szczątków zwierzęcych: albo w pomieszczeniach zbyt suchych, albo zbyt wilgotnych. Ważne jest, aby przed złożeniem szczątków kostnych do magazynu zostały one właściwie osuszone, tak aby zapobiec rozwojowi grzybów. Szczątki kostne mogą być przechowywane w transparentnych plastikowych workach strunowych, które w tym przypadku wydają się niezwykle praktyczne. W wyjątkowych przypadkach należy stosować również plastikowe pudełka membranowe, unieruchamiające przechowywany przedmiot, a jednocześnie umożliwiające jego obserwację.

Ponieważ materiał zwierzęcy na stanowiskach archeologicznych możemy uznać za materiał masowy, na pierwszym etapie jego opisu oceniamy stan zachowania kości oraz dokonujemy ich identyfikacji taksonomicznej i anatomicznej na podstawie obserwacji makroskopowych. Dopiero w przypadku wykrycia na kości bardziej dyskretnych śladów, w postaci np. nacięć, badacz sięga po instrumenty optyczne. Obecnie w badaniach archeozoologicznych podczas interpretacji śladów występujących na szczątkach zwierzęcych powszechnie wykorzystywane są lupy binokularowe czy stereoskopowe mikroskopy optyczne. Są one używane m.in. w celu określenia typu narzędzia, przy użyciu którego dane ślady powstały (np. rozróżnienie śladów powstałych przy użyciu narzędzi kamiennych i metalowych). Bardziej zaawansowane technologie, nie wyłączając np. użycia skaningowego mikroskopu elektronowego czy tomografii komputerowej, wykorzystywane są przy badaniach wszelkich mikrośladów czy zmian zachodzących wewnątrz kości. Niezwykle istotną częścią działalności archeozologa jest także identyfikacja różnorodnych wtórnych uszkodzeń widocznych na kościach, a powstałych w trakcie eksploracji.

Generalnie proces opisu szczątków zwierzęcych skupia się na kilku aspektach:

- określeniu przynależności taksonomicznej oraz anatomicznej opisywanych szczątków zwierzęcych, wraz z określeniem wieku osobniczego, morfotypu zwierzęcia czy obecności zmian patologicznych;
- opisie stanu zachowania badanego materiału z uwzględnieniem jego fragmentacji;

- opisie śladów działalności ludzkiej oraz zwierzęcej, ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji śladów obserwowanych na danym elemencie szkieletu.

Na końcu wszystkie zebrane dane poddawane są obróbce statystycznej oraz interpretacji w oparciu o kontekst, z którego pochodzą.

W toku przeprowadzonej analizy kości, które uległy wtórnej fragmentacji (np. podczas eksploracji czy mycia), składa się w anatomiczną całość, która jest opisywana jako pojedynczy element. Zapobiega to sztucznemu zawyżeniu frekwencji tych partii szkieletu, które są szczególnie narażone na fragmentację (np. czaszka), dzięki czemu wyniki przedstawionej analizy są bardziej wiarygodne i miarodajne. Za niemethodyczne możemy uznać zliczanie drobnych fragmentów pierwotnie należących do pojedynczego elementu anatomicznego, który uległ destrukcji w wyniku działalności różnorodnych procesów postdepozycyjnych lub w trakcie jego wydobywania z sedymentu.

Identyfikację taksonomiczną oraz anatomiczną przeprowadza się przy użyciu dostępnego materiału porównawczego, na podstawie opublikowanych kluczy identyfikacyjnych (np. Schmid 1972; Pales i Garcia 1981a; 1981b) oraz indywidualnych doświadczeń badacza. Szczególnie istotna dla tego etapu analizy materiałów osteologicznych jest dostępność bogatej kolekcji porównawczej, która powinna zawierać nie tylko jak największą liczbę gatunków, lecz również jak największą liczbę osobników poszczególnych taksonów, wliczając osobniki w różnym wieku, różnej płci czy morfotypu, co w sposób znaczący ułatwia poprawną identyfikację badanego materiału. Część szczątków kostnych ze względu na znaczną fragmentację i brak cech diagnostycznych zostaje ogólnie przyporządkowana do kategorii wielkościowych zwierząt, tj. ssaków dużych (wielkości bydła/konia), średnich (wielkości świni-kozy/owcy) oraz małych (wielkości lisa/zajaca). Fragmenty kości bez widocznych cech morfologicznych lub nierozwinięte kości bardzo młodych zwierząt zostają najczęściej klasyfikowane jako nieokreślone. Jeżeli jest to możliwe, badacz opisujący materiał zoologiczny powinien starać się określić wiek poszczególnych osobników. Ocenę tę wykonuje się m.in. na podstawie kolejności wyrzynania się zębów mlecznych i stałych oraz stopnia ich starcia, w mniejszym stopniu bierze się pod uwagę kolejność przyrastania nasad do trzonów kości długich

oraz płaskich. Ocena wieku jest pomocna przy ustalaniu liczby osobników obecnej na stanowisku, ale przede wszystkim na jej podstawie możliwe jest tworzenie tzw. profili śmiertelności poszczególnych gatunków, służących do oceny przeżywalności danej populacji. Ich analiza ma na celu poznanie strategii łowieckich społeczności łowiecko-zbierackich (np. wybijanie całych stad czy zabijanie tylko wybranych grup wiekowych, np. osobników młodych) lub sposobów zarządzania żywym inwentarzem przez społeczności rolnicze i pasterskie (np. mięsny lub mleczny profil gospodarki zwierzęcej) (Stiner 1990; 1994; Discamps i Costamagno 2015). Z kolei w celu określenia typu budowy zwierzęcia (morfotypu) i oszacowania jego wielkości wykonuje się szereg pomiarów osteometrycznych, postępując zgodnie ze standardami opisanymi w literaturze (np. von den Driesch 1976), przy czym mierzy się tylko kości dorosłych osobników z przyrośniętymi powierzchniami stawowymi, całe lub fragmenty okazów z zachowaną mierzalną częścią. Do obliczenia wysokości w kłębie wykorzystane są powszechnie informacje zawarte w literaturze archeozoologicznej (np. Calkin 1970; Lasota-Moskalewska 1980; Meadow 1999). Istotną, chociaż często trudną do przeprowadzenia, jest także próba określenia płci odkrywanych osobników.

Przy opisie materiałów osteologicznych ważne jest również zwrócenie uwagi na wszelkie zmiany patologiczne powstałe w trakcie życia danego osobnika, mogące świadczyć np. o urazach fizycznych (np. złamaniach), przebytych chorobach czy złych warunkach hodowli. Powstanie tego typu zmian może również być związane z określonym sposobem traktowania niektórych zwierząt hodowlanych, np. patologiczne zmiany w szkielecie bydła powstałe w wyniku ich wykorzystania w transporcie (Bartosiewicz i in. 1997; De Cupere i in. 2000; Groot 2005; Johannsen 2005) czy ślady wskazujące na wykorzystanie koni jako zwierząt jucznych, co ma akurat niebagatelne znaczenie przy próbach ustalenia momentu udomowienia tego gatunku (Levine 1999; Levine i in. 2000; Oates 2003).

Ocenę stanu zachowania szczątków wykonuje się przede wszystkim w celu określenia stopnia zniszczenia materiału osteologicznego. Wskutek oddziaływania m.in. słońca, zmian temperatury, wilgotności oraz kwasowości składniki organiczne i nieorganiczne ulegają rozdzieleniu, efektem czego jest wietrzenie (fizyczne, chemiczne) i stopniowy

rozpad szczątków na drobne fragmenty. Szczątki takie są następnie narażone na działanie różnych czynników o podłożu zarówno antropogenicznym, jak i naturalnym, które dodatkowo osłabiają strukturę kości i przyczyniają się do jej rozpadu. W rezultacie tego procesu często dochodzi do zniszczenia większości szczątków kostnych, obecnych pierwotnie na stanowisku. Dlatego tak ważna dla badań archeozoologicznych jest ocena stanu zachowania materiału, jego właściwe określenie pozwala bowiem oszacować, w jakim stopniu uzyskany materiał osteologiczny poddany został czynnikom niszczącym, mającym duży wpływ na ostateczną jego ilość oraz jakość. Dodatkowo znaczne uszkodzenie szczątków kostnych często utrudnia lub nawet uniemożliwia odkrycie śladów, które potencjalnie mogły się znajdować na ich powierzchni. W opracowaniach materiałów plejstocenijskich badacze często posługują się sześciostopniową skalą wietrzenia określoną przez A.K. Behrensmeyer (1978), ale na potrzeby własnych badań i ze względu na specyfikę materiału każdy badacz może stworzyć własną ich charakterystykę. Kolejnym zagadnieniem dotyczącym stanu zachowania szczątków zwierzęcych, jest udział kości oraz zębów, jakie udało się oznaczyć do gatunku, w porównaniu z liczbą fragmentów nieokreślonych, który w pewnym stopniu jest zależny od stopnia ich zwieterzenia. Wysoki udział szczątków nieokreślonych lub takich, które można przypisać jedynie do określonej wielkości zwierzęcia, świadczy o złym stanie zachowania materiału. Należy jednak pamiętać, że wynik ten jest również zależny od stopnia fragmentacji wynikającej zarówno z szybkości działania procesów postdepozycyjnych (szybkie pogrzebanie kości w osadzie chroni je przed dalszą fragmentacją), jak również działań, jakim tusze zwierzęce (a tym samym szczątki kostne) były poddawane przez człowieka (np. rozbijanie, rąbanie i palenie). Na etapie oceny stanu zachowania kości przeprowadzany jest również opis charakteru złamań oraz proporcji zachowanych szczątków, co dodatkowo pozwala ocenić wpływ czynników postdepozycyjnych na opisywany materiał.

W badaniach archeozoologicznych powszechnie wykorzystuje się określone współczynniki, za pomocą których możliwe jest obiektywne opisanie badanego zespołu szczątków zwierzęcych. Podstawowym współczynnikiem szeroko stosowanym w archeozoologii jest tzw. globalna liczba szczątków (ang. *number of identified specimens*, NISP). Odnosi się

ona generalnie do liczby szczątków stwierdzonych na stanowisku, najczęściej w odniesieniu do poszczególnych gatunków. Wyliczenie tego współczynnika jest niezwykle proste i szybkie, a polega na zliczeniu kości oraz zębów należących do danego taksonu. Niestety wartości obliczone na podstawie tego współczynnika mogą ulec zafałszowaniu w wyniku znacznej fragmentacji kości (a więc ze względu na stan zachowania materiałów), obecności na stanowisku całych szkieletów lub ich większych partii, a nawet ze względu na różnicę w budowie anatomicznej poszczególnych gatunków (np. liczba kości w szkielecie konia oraz psa jest różna). Tym samym NISP uwypukla znaczenie w badanym zespole tych gatunków, które były konsumowane lub przetwarzane bezpośrednio na stanowisku, w przeciwieństwie np. do zwierząt, które były ubijane poza obszarem osady.

Drugim, współczynnikiem stosowanym w archeozoologii jest minimalna liczba osobników (ang. *minimum number of individuals*, MNI). Współczynnik ten jest liczony dla globalnej liczby szczątków danego gatunku i wyraża minimalną liczbę osobników, jaką można stwierdzić w opisywanym materiale. W praktyce wyliczenie tego współczynnika sprowadza się do zliczenia najczęściej występujących w danym zespole jednoimiennych kości danego gatunku (np. lewej kości piętowej lub górnego lewego kła). Dla czytelnika, zwłaszcza nieobeznanego z metodyką archeozoologii, przede wszystkim uderzająca jest bardzo niska wartość tego współczynnika, rzadko przekraczająca liczbę 30-50 osobników. Należy jednak zdawać sobie sprawę z tego, że współczynnik ten nie wskazuje dokładnej liczby osobników rzeczywiście obecnych na stanowisku, a jest tylko obiektywną próbą oszacowania tej wielkości oraz uchwycenia pewnych proporcji istniejących pomiędzy różnymi gatunkami reprezentowanymi na danym stanowisku lub pomiędzy różnymi stanowiskami. Zdarzają się czasem próby „urealnienia” uzyskanego wyniku, polegające, np. na liczeniu tego współczynnika w rozbiciu na poszczególne obiekty zawierające szczątki zwierzęce. Rozwiązanie to nie wydaje się poprawne z kilku powodów. Po pierwsze, szczątki kostne pojedynczego osobnika mogą zostać pogrzebane w kilku obiektach, czemu sprzyjał sam proces uboju oraz konsumpcji zwierzęcia, jak również działanie procesów bezpośrednio następujących po tej czynności – np. rozwlekanie na obszarze stanowiska resztek tusz zwierzęcych przez

psy czy świnie. Po drugie, same procesy postdepozycyjne zachodzące na stanowisku oraz specyfika powstawania zasypisk obiektów wziemnych powoduje, że szczątki zwierzęce pojedynczego osobnika były deponowane w różnych obiektach. Wyjątek stanowią oczywiście wszelkie obiekty, w których dokonano intencjonalnego pogrzebania całych zwierząt lub ich części, np. w postaci ofiar zakładzinowych, darów grobowych czy intencjonalnych pochówków zwierzęcych.

Są różne metody obliczania współczynnika MNI. Najprostsza, jak już wyżej wspomniano, polega na zliczeniu najliczniej występujących na danym stanowisku jednoimiennych kości danego gatunku. Bardziej zaawansowana i czasochłonna metoda polega na przyporządkowaniu do określonej grupy wiekowej (np. osobnik młodociany, dojrzały) każdej kości oraz zęba. Na tej podstawie możliwe jest dużo dokładniejsze określenie tego współczynnika, gdzie pod uwagę jest brana nie tylko liczba poszczególnych elementów szkieletu danego gatunku, lecz również ich przynależność do różnych grup wiekowych. Jednakże jakkolwiek procedurą będziemy się posługiwać przy liczeniu MNI, ważne jest, aby porównując ze sobą poszczególne zespoły szczątków, używać jednakowej metodyki. Pomimo tego, że wyliczenie współczynnika MNI może wydawać się nieco skomplikowane, w praktyce nie jest trudne, zwłaszcza w erze powszechnej komputeryzacji, kiedy wszystkie dane przechowywane są w postaci cyfrowej.

Oprócz dwóch wyżej wymienionych współczynników, które są najprostsze w stosowaniu oraz powszechnie wykorzystywane, w dzisiejszej archeozoologii używa się dodatkowo kilku innych parametrów. Są to m.in. minimalna liczba elementów (ang. *minimum number of skeletal elements*, MNE) czy też minimalna liczba „jednostek zwierzęcych” (ang. *minimum number of animal units*, MAU), dzięki której archeozoologowie próbują oszacować m.in. znaczenie i rolę poszczególnych gatunków na podstawie nadreprezentacji na stanowisku wybranych części tusz zwierzęcych.

Ponieważ przedmiotem badań archeozoologicznych są szczątki zwierzęce odkryte na stanowiskach archeologicznych, bardzo istotnym elementem tych badań jest opis wszelkich widocznych na szczątkach śladów powstałych w wyniku działalności człowieka. Są to przede wszystkim ślady cięcia, rąbania, przepalenia czy rozbijania kości, których

identyfikacja wykonywana jest na podstawie kryteriów ustalonych przez wielu autorów (Klein i Cruz-Urbe 1984; Grant 1987; Bennet 1999; Maltby 2007; Fernández-Jalvo i Andrews 2016). Często też na podstawie badań aktualistycznych możliwe jest rozróżnienie śladów powstałych w trakcie różnych faz obróbki tuszy: skórowania, dzielenia tuszy oraz filetowania (Binford 1981; Olsen i Shipman 1988; Nilssen 2000). W celu identyfikacji spalonych szczątków kostnych często wykorzystuje się prace Buikstra i Swegle'a (1989) oraz Lymana (1994). Interpretacja śladów opalenia pozwala na stwierdzenie, czy obserwowane ślady powstały np. w trakcie obróbki termicznej mięsa (pieczenie), czy np. w wyniku wykorzystywania kości jako opału (Stiner i in. 1995).

Dla końcowej interpretacji wyników badań archeozoologicznych istotne znaczenie ma również obecność na danym stanowisku drapieżników (czy to będzie hiena jaskiniowa na stanowisku jaskiniowym, czy psy na osadzie neolitycznej), manifestująca się występowaniem na szczątkach zwierzęcych śladów gryzienia oraz trawienia (Haynes 1980; Lyman 1994). Chodzi tu zwłaszcza o silne niszczenie i rozdrabnianie materiału kostnego przez żerujące drapieżniki, a przede wszystkim pożeranie całych zwierząt (w szczególności osobników młodocianych czy ptaków). W wyniku tego działania część zespołu osteologicznego ulega bezpowrotnemu zniszczeniu, a tym samym nie jest rejestrowana w toku prowadzonej analizy archeozoologicznej, co w sposób znaczący wpływa na ostateczny wynik badań.

Podczas opisu szczątków zwierzęcych archeozoolog powinien również uwzględnić wszelkie narzędzia lub ozdoby, do produkcji których wykorzystano surowiec organiczny (kość/poroże/zęby). Celem szczegółowego opisu tego typu wyrobów w pierwszej kolejności powinna być taksonomiczna oraz anatomiczna identyfikacja kości wykorzystanych do produkcji danego przedmiotu, w drugim etapie należy opisać wszelkie modyfikacje, jakim została ona poddana w procesie produkcji oraz użytkowania danego artefaktu. W ten sposób uzyskujemy pełen zasób informacji powiązanych zarówno z badaniami archeozoologicznymi, jak i archeologicznymi koncentrującymi się na opisie technologii wykonania oraz typologii wyrobów ludzkich.

Obserwowany w ostatnich latach gwałtowny rozwój w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych stworzył nowe perspektywy również dla

archeozoologii. W orbicie zainteresowania archeozoologów znalazły się badania DNA i badania izotopowe, które dostarczają danych odnośnie do diety oraz kierunków migracji zwierząt w pradziejach. Są również źródłem informacji o zmianach klimatycznych zachodzących w przeszłości. Studia te obejmują zarówno gatunki dzikie, będące obiektem polowań, (w tym również gatunki wymarłe), jak i gatunki hodowane przez człowieka.

BADANIA KOPALNEGO (ANTYCZNEGO) DNA (aDNA)

Współcześnie coraz większe zainteresowanie zyskuje możliwość prowadzenia badań antycznego DNA zwierząt kopalnych (por. M. Chyleński, w tym tomie). Przekłada się to na zwiększoną popularność oraz dostępność tego typu badań, czemu sprzyja systematyczne obniżanie kosztów takich analiz oraz powstawanie nowych ośrodków, zarówno naukowych, jak i komercyjnych, zajmujących się tego typu usługami. Badania te polegają w głównej mierze na izolacji materiału DNA z kopalnej próbki (najczęściej kości lub zęba), jego amplifikacji, czyli sztucznym namnażaniu, oraz sekwencjonowaniu badanych fragmentów, tj. odczytywaniu sekwencji par nukleotydowych w uzyskanych cząsteczkach DNA za pomocą zautomatyzowanych sekwencjatorów. Uzyskane wyniki służą m.in. do oceny zmienności i wzajemnych zależności uzyskanych haplotypów (wariantów tego samego allelu, czyli różnych form tego samego genu, które są przekazywane razem) oraz określenia przynależności badanych osobników do odpowiednich haplogrup (tj. grup podobnych ze względu na wspólne pochodzenie haplotypów), pozwalających ocenić stopień pokrewieństwa poszczególnych osobników. Celem badań genetycznych może być także poznanie całego genomu, tj. całej informacji genetycznej dla danego organizmu. Stosuje się do tego tyw. sekwencjonowanie nowej generacji (ang. *next generation sequencing*, NGS). Uzyskane kopalne genomy można porównywać ze współczesnymi organizmami i dzięki temu badać ewolucję czy też historię danej grupy organizmów.

Badania paleogenetyczne antycznego DNA zwierząt kopalnych pozwalają m.in. badać zmienność genetyczną i stopień pokrewieństwa poszczególnych osobników w obrębie zarówno

pojedynczego gatunku, jak i pomiędzy różnymi gatunkami: i tymi wymarłymi, i tymi żyjącymi współcześnie. Zastosowanie badań aDNA pozwala również określić, z pewną dozą prawdopodobieństwa, czas pojawienia się poszczególnych linii ewolucyjnych w obrębie badanych gatunków. Obecnie prowadzone badania aDNA skupiają się w dużej mierze na mitochondrialnym DNA, którego jest najwięcej w komórkach, dzięki czemu jest ono najlepiej zachowane w materiale kopalnym. Ponieważ mitochondrialne DNA przekazywane jest jedynie w linii matczynej, badania tego typu DNA daje nam wyłącznie informacje o tej linii rozwojowej. Jednakże ze względu na coraz powszechniejsze i tańsze użycie w badaniach metod NGS i dostępności całych genomów bądź ich fragmentów możliwe jest poznanie innych cech organizmu, które są kodowane w jądrowym DNA (np. płeć) lub są kodowane wielogenowo, tak jak np. umaszczenie koni czy bydła. Dlatego też badania tego typu mogą mieć niebagatelne znaczenie, np. dla lepszego poznania obrzędów sepulkralnych społeczeństw pradziejowych. Na podstawie tych badań możliwe jest również tworzenie hipotez badawczych dotyczących wymierania i migracji poszczególnych gatunków zwierząt, zarówno dziko żyjących, jak i hodowlanych.

Niestety, pomimo niezwykłych możliwości, jakie oferują nam obecnie badania aDNA, ich zastosowanie napotyka na znaczące ograniczenia, wynikające głównie ze znacznej degradacji materiału genetycznego zawartego w kopalnych szczątkach. Do tej pory metodę tę udało się zastosować dla szczątków datowanych na ponad 700 tysięcy lat (Orlando i in. 2013)! Jednak aby było to możliwe, poddana takiemu badaniu kość musiała przebywać w ściśle określonych, bardzo sprzyjających zachowaniu materiału DNA warunkach sedymentacyjnych, jakie tworzą się w głębokich jaskiniach krasowych lub w wiecznej zmarzlinie. Ponieważ zwierzęce szczątki kostne zawierające materiał genetyczny odnajdywane są najczęściej w warunkach, które nie sprzyjają jego zachowaniu, tak ważne jest, aby podczas badań terenowych archeolodzy przestrzegali odpowiednich procedur. W szczególności zasady te dotyczą przechowywania materiału kopalnego tuż po jego wydobyciu z warstwy, w której zalegał przez ostatnie kilkaset czy też kilkanaście tysięcy lat. Szczególnie szkodliwe dla materiału genetycznego są wszelkie wahania temperatury (a w szczególności jej wzrost!) oraz wilgotności. Stąd też korzystne

jest jak najszybsze zapakowanie wydobytych i nieumytych kości przeznaczonych do dalszych badań aDNA do szczelnego pojemnika i umieszczenie ich w zamrażalniku. Również szczątki kostne pochodzące ze starszych badań winny być przechowywane raczej w chłodnych i umiarkowanie wilgotnych pomieszczeniach, co pozwoli ograniczyć dalszą degradację zachowanego w nich jeszcze materiału genetycznego.

W badaniach szczątków zwierzęcych w ostatnim czasie coraz częściej wykorzystywana jest jedna z metod tzw. ZooMS (ang. *zooarchaeology by mass spectroscopy*). Wykorzystuje ona trwałość i powolną ewolucję kolagenu jako molekularnego „kodu kreskowego” do identyfikacji kości. Do tego celu używa peptydowych „odcisków palców” powiązanych z wysokoprzepustową spektrometrią masową. Kolagen typu I jest izolowany ze szczątków zwierzęcych, następnie trawiony na peptydy, które są mierzone w spektrometrze masowym. Widmo spektralne dla badanej próbki jest następnie porównywane do biblioteki referencyjnej, a badane kości identyfikuje się na podstawie różnic w masie peptydów, które powstają w wyniku różnic sekwencji aminokwasowych między gatunkami (Buckley i in. 2009; van Doorn i in. 2011). W porównaniu ze standardową analizą aDNA stosowaną w paleogenetyce jest ona znacznie szybsza i tańsza, niestety w porównaniu z tą pierwszą nie jest tak precyzyjna – służy bowiem jedynie do identyfikacji do grupy zwierząt, rzadziej do konkretnego gatunku, nie jest natomiast wykorzystywana do badań paleogenetycznych, czyli np. do określenia pokrewieństwa między osobnikami. Metoda ta sprawdza się zwłaszcza w przypadku materiałów masowych, np. drobnych fragmentów kości niepoddających się standardowej identyfikacji taksonomicznej (np. Richter i in. 2011) lub w przypadku narzędzi kościanych i rogowych mocno zmodyfikowanych przez człowieka, co uniemożliwia identyfikację gatunku zwierzęcia, którego szczątki kostne posłużyły do wykonania danego artefaktu.

Badania antycznego DNA zwierząt są powszechnie stosowane w Polsce, a nawet zyskują w ostatnim czasie na popularności. Szczególnie ważne w tym świetle jest powstanie w Polsce ośrodków, które rozwijają badania nad kopalnym DNA zwierzęcym (np. Baca i in. 2012; 2014; 2017; 2019; Doan i in. 2021; Niedziałkowska 2017; Popović i in. 2015). Szczególnie aktywny w tym zakresie jest ośrodek

warszawski, który zajmuje się badaniami głównie kopalnej fauny plejstocenijskiej, a krąg jego zainteresowań obejmując szeroki wachlarz gatunków, od jesiota, różne gatunki gryzoni aż po niedźwiedzie.

BADANIA IZOTOPOWE

We współczesnych badaniach szczątków zwierzęcych wyjątkowo cenne okazują się analizy izotopowe. Wyniki uzyskane w trakcie tych badań dostarczają wielu informacji ważnych dla poznania panujących w przeszłości warunków środowiskowych (por. Apolinarska, w tym tomie), ekologii, diety czy mobilności badanych zwierząt (Pellegrini i in. 2008; Britton i in. 2011; Julien i in. 2012). W badaniach izotopowych najczęściej wykonuje się pomiary izotopów tlenu ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $\delta^{18}\text{O}$), węgla ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $\delta^{13}\text{C}$), azotu ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $\delta^{15}\text{N}$) oraz strontu ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$). Pierwiastki te są pobierane przez organizm żywy wraz z pożywieniem oraz wodą i podlegają akumulacji w szkielecie zwierzęcym, a skład izotopowy danych pierwiastków w tkance jest odzwierciedleniem warunków siedliskowych danego osobnika i składu jego diety (Pederzani i Britton 2018). W tego typu analizach szczególnie ważna jest obserwacja okresowych wahań stężeń poszczególnych pierwiastków i ich izotopów, zachodzących w wyniku np. zmian temperatury otoczenia czy zróżnicowania pomiędzy siedliskami, jakie zajmowało zwierzę. Do analiz tych wykorzystuje się zarówno kości, jak i zęby zwierzęce, przy czym te drugie są chętniej wykorzystywane. Dzieje się tak dlatego, ponieważ ząb pokryty jest z wierzchu szkliwem, czyli najtwardszym materiałem, jaki może wytworzyć organizm zwierzęcy. Szkliwo lepiej opiera się wpływowi czynników oddziałujących na organizm po jego śmierci (łac. *post mortem*) niż kość czy zębina (np. Hinz i Kohn 2010). Do czynników takich należy np. oddziaływanie roztworów krążących w środowisku pogrzebania, powodujących rozpuszczanie mineralnego składnika tkanki szkieletowej. Tym samym szkliwo zębowe, samo będąc nośnikiem informacji o zmianach stężeń niektórych izotopów (np. strontu), chroni utrwalaony w zębie zapis izotopowy przed wtórną akumulacją pierwiastków z otoczenia, co w przypadku szczątków często liczących kilka lub kilkanaście tysięcy lat jest szczególnie ważne. Ponadto w miarę wzrostu zęba, obejmującego często kilkuletnią nieprzerwaną historię życia danego

osobnika, w szkliwo wbudowywane są pierwiastki będące odzwierciedleniem zmian w diecie, sezonowej zmienności klimatu czy miejsca jego bytowania. A ponieważ u ssaków wraz z dorastaniem osobniczym dochodzi do wymiany zębów mlecznych na stałe, wartość poszczególnych zębów dla tych badań jest różna. Dlatego w przypadku badań prowadzonych nad większością gatunków ssaków najczęściej wykorzystywane są ostatnie zęby przedtrzonowe oraz trzonowe, zawierające najpełniejszy zapis obejmujący kilka lat życia osobnika (a w przypadku mamuta nawet kilkanaście). Ponieważ poszczególne zęby wyrzynają się w różnej kolejności, a co za tym idzie w różnym wieku, możliwe jest wykonanie tego typu analiz dla kilku zębów równocześnie, dzięki czemu możliwe jest obserwowanie zmian zawartości danego pierwiastka w dłuższym okresie. Oczywiście takie badania wykonuje się tylko i wyłącznie dla szeregu zębów pojedynczego osobnika, czyli najczęściej zębów pochodzących z pojedynczej zuchwy lub szczęki.

W badaniach zmian klimatu powszechnie wykorzystuje się izotopy tlenu. Proporcje izotopowe tlenu w szkliwie zębów dużych ssaków ściśle odzwierciedlają zawartość izotopów w spożywanej wodzie opadowej. A ponieważ w pobieranej wodzie opadowej zawartość izotopów tego pierwiastka w środowiskach kontynentalnych jest determinowana m.in. przez temperaturę powietrza przy powierzchni ziemi, na podstawie badania stężeń izotopów tlenu możliwe jest określenie średniej temperatury panującej w okresie życia danego osobnika. Pamiętać jednak należy, aby podczas interpretacji uzyskanych wyników uwzględnić również wpływ, jaki na uzyskane pomiary miała sezonowa zmienność temperatury opadów, oraz wpływ, jaki na skład izotopowy wody opadowej wywierają procesy związane z parowaniem wody, silnie powiązane ze stopniem wilgotności. W takim ujęciu proporcje izotopów tlenu w szkliwie zębów można wykorzystać jako wskaźniki przeszłych zmian klimatycznych i środowiskowych (np. Pryor i in. 2013) (por. Apolinarska, w tym tomie).

Celem poznania paleodiety wymarłych organizmów obecnie bada się stężenie izotopów węgla oraz azotu. Badania wartości $\delta^{13}\text{C}$ zawartego w kolagenie służą do określenia rodzaju pokarmu (rośliny) trawionego przez roślinożerców. Dzieje się tak, gdyż wartość izotopu węgla zawartego w danej roślinie różni się od sposobu jego wiązania na drodze dwóch odmiennych szlaków fotosyntezy. Na tej



Ryc. 3. Górny ząb trzonowy mamuta (*Mammuthus primigenius*) przygotowany do analizy składu izotopowego przy użyciu ablacji laserowej. Fot. N. Kowalik. Ze zbiorów Instytutu Nauk Geologicznych PAN, Ośrodka Badawczego w Krakowie

podstawie wyróżniono dwa typy roślin zwanych typem C_3 i C_4 . Do roślin C_3 zaliczamy większość gatunków strefy klimatu umiarkowanego, które rosną szybciej wraz ze wzrostem wilgotności. Z kolei rośliny C_4 rosną proporcjonalnie, gdy warunki klimatyczne stają się bardziej suche i cieplejsze, a dodatkowo cechują się większą wydajnością fotosyntezy i szybszą produkcją biomasy. Większość roślin typu C_4 występuje w klimacie gorącym, gdzie energia słoneczna nie jest czynnikiem limitującym i należą do nich np. proso oraz kukurydza. A dzięki temu, że zęby i kości roślinożerców rejestrują wartości $\delta^{13}C$ spożywanego pokarmu roślinnego różniące się w zależności od ich pochodzenia od roślin C_3 i C_4 , możliwa jest identyfikacja rodzaju pokarmu, jakie dane zwierzę przyjmowało, a pośrednio również

możliwe jest określenie typu środowiska, w którym ono żyło (Bocherens i Drucker 2013).

W badaniach paleodiety szeroko wykorzystywany jest także azot, który również pobierany jest wraz z pożywieniem i, podobnie jak węgiel, uzyskiwany jest z kolagenu zawartego w szczątkach zwierzęcych. Dzięki temu, że sygnatura izotopu azotu danego osobnika zależy od sygnatury izotopowej u podstawy sieci pokarmowej, do której on należał, i od pozycji gatunku w sieci pokarmowej (tj. troficznej; roślinożerca lub drapieżnik), na podstawie badań stężenia poszczególnych izotopów N i C w kościach oraz zębach zwierzęcych możliwe jest dokonanie rekonstrukcji drzewa troficznego poszczególnych organizmów, a więc ich diety. Z jednej strony pozwala to zrekonstruować łańcuch troficzny

tych zwierząt (czym odżywiły się poszczególne organizmy), z drugiej zaś mamy możliwość poznania zmian, jakie zachodziły w diecie badanych organizmów wraz z upływem czasu. Na podstawie badań izotopowych możliwe było m.in. określenie diety zwierząt wchodzących w skład fauny zamieszkującej stepo-tundrę na obszarze południowych Moraw w okresie trwania tzw. kultury pawłowskiej około 30 tysięcy lat temu (Bocherens i in. 2015) czy też na późnoneolitycznym stanowisku z Bawarii (Bösl i in. 2006).

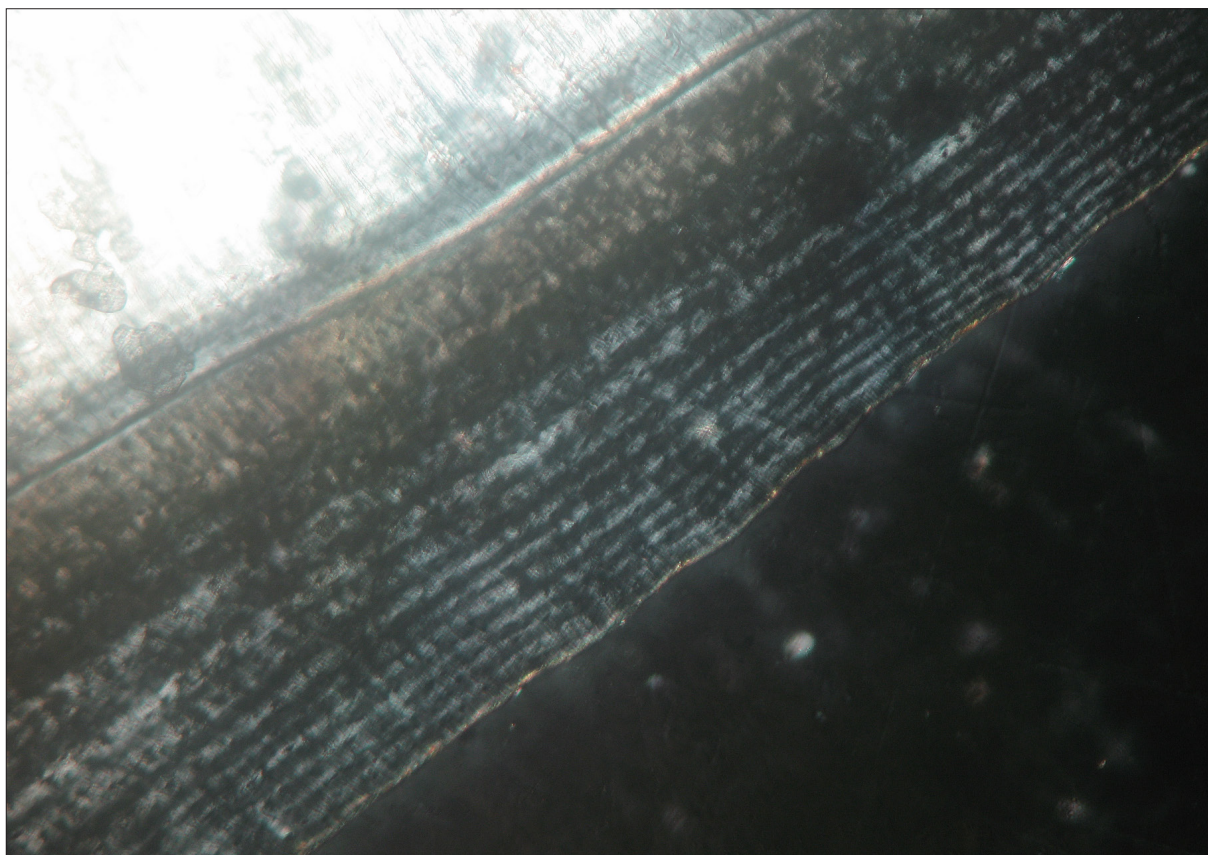
Do badań migracji wykorzystywane są izotopy strontu. Dzieje się tak, ponieważ skład izotopowy tego pierwiastka w poszczególnych regionach jest zależny od ich budowy geologicznej. Stront jest uwalniany do wód na drodze procesu wietrzenia minerałów i skał np. przez ich rozpuszczanie, stając się dostępny dla roślin i zwierząt (Montgomery 2010). Następnie pierwiastek ten jest pobierany wraz z wodą oraz pokarmem i sukcesywnie, w czasie życia danego osobnika, wbudowywany w cienkie warstwy szkliwa zębowego. Różnice w składzie izotopowym Sr w tkance mogą wykazać na migrację zwierzęcia między poszczególnymi regionami różniącymi się lokalną sygnaturą izotopową strontu (np. północne przedpole Karpat oraz obszar Kotliny Karpackiej). Jednak aby badania te przyniosły zadowalające efekty, konieczne jest dokładne poznanie lokalnych sygnatur Sr danego obszaru, najlepiej uzyskanych z różnych źródeł, tj. próbek wody, gleby, roślin oraz lokalnej fauny, niestety zaawansowanie tych badań, szczególnie dla obszaru Polski, jest na dalece niezadowalającym etapie.

Ponieważ migracje są zazwyczaj wymuszane przez liczne, zwykle ściśle ze sobą powiązane czynniki, takie jak dostępność żywności, zmiany środowiskowe i klimatyczne czy migracje ludności hodującej dane zwierzę, rekonstrukcja wzorców migracji dostarcza istotnych informacji na temat paleobiologii, ewolucji paleoklimatu i zmian klimatycznych, jak również mobilności grup ludzkich. Do badań tych najczęściej wykorzystuje się zęby stałe (ryc. 3). Analizę składu izotopowego Sr przeprowadza się z zastosowaniem spektrometrii masowej, wykonując pomiar serii próbek tkanki zębowej po uprzednim ich rozpuszczeniu i oczyszczeniu (metoda konwencjonalna) lub bezpośrednio w warstwach odsłoniętego szkliwa z użyciem ablacji laserowej (pomiar *in situ*) (Kowalik i in. 2020; Price i in. 2015; Pryor i in. 2020a).

BADANIA WIEKU ORAZ SEZONU ŚMIERCI

W badaniach archeozoologicznych istotnych informacji z punktu widzenia archeologii dostarczają badania wieku oraz sezonu śmierci zwierząt. Z jednej strony dają one odpowiedź na temat sezonu, w jakim występowało osadnictwo na danym stanowisku, co ma szczególnie istotne znaczenie dla badań stanowisk z okresu epoki kamienia, zwłaszcza jej starszego odcinka. Z drugiej mogą one dostarczyć informacji odnoszących się do sposobu wykorzystania zwierząt hodowlanych, w szczególności zarządzania stadem, pozwalając określić pory roku, w których szczególnie chętnie dokonywano uboju poszczególnych gatunków. Jak już wcześniej wspomniano, wiek zwierząt reprezentowanych na stanowisku najczęściej jest określany na podstawie wyrastania poszczególnych zębów, zużycia powierzchni zgryzu, a także stopnia zrośnięcia nasad kości długich i płaskich. Jednak o wiele dokładniejszą metodą określania wieku oraz dodatkowo sezonu śmierci zwierząt jest badanie przyrostu cementu zębowego. Tkanka ta rośnie przez cały okres życia organizmu i, co ważne, tempo tego wzrostu różni się w zależności od pory roku (Burke i Castinat 1995; Stutz 2002). Każdego roku powstają dwa rodzaje warstw: węższa budowana jest w okresie chłodnym, np. w okresie zimowym, a szersza powstaje w okresie ciepłym, np. wiosną i latem, kiedy występuje bogactwo pożywienia (Moffitt 2003). Co szczególnie ważne, metoda ta może być stosowana z powodzeniem zarówno w stosunku do przeżuwaczy, czyli zwierząt, które w wyniku następstwa pór roku odżywiają się odmiennym rodzajem paszy, jak również drapieżników, które przez cały rok zasadniczo bazują na pokarmie mięsnym (ryc. 4).

Do tej pory w Polsce metoda ta była rzadko wykorzystywana (Krajcarz i Krajcarz 2014; Pryor i in. 2020b) i wydaje się niedoceniana. A szkoda, albowiem możliwości interpretacyjne wynikające z jej zastosowania powinny być dla archeologii niezwykle interesujące. Jedynym mankamentem jest jej destrukcyjny charakter, ponieważ w przeciwieństwie do metody polegającej na określeniu wieku na podstawie obserwacji makroskopowych, metoda ta wymaga odpowiedniego przygotowania zębów wybranych do analizy (rozcięcia zęba i wycięcia cienkiej płytki, na której dokonuje się obserwacji przyrostów) oraz użycia specjalistycznego sprzętu (mikroskopu z filtrem polaryzacyjnym).



Ryc. 4. Przekrój kła foki szarej (*Halichoerus grypus*) z widocznymi warstwami przyrostów zimowych oraz letnich. Fot. S. Pospuła. Ze zbiorów Instytutu Systematyki i Ewolucji Zwierząt PAN w Krakowie

PODSUMOWANIE

Przedstawiony tutaj skrótowy obraz badań archeozoologicznych miał na celu przybliżenie czytelnikowi specyfiki tej dyscypliny nauki, skoncentrowanej na badaniu zwierzęcych szczątków kostnych, które nie zawsze budzą należyte zainteresowanie samych archeologów. Niniejszy tekst oczywiście nie wyczerpuje całego zagadnienia, ale zwraca uwagę, jak ważne i potrzebne jest prowadzenie tego typu badań, jeśli chcemy w jak najpełniejszym zakresie poznać i zrozumieć naszą przeszłość. Archeozoologia dostarcza wielu istotnych informacji dotyczących strategii łowieckich stosowanych w przeszłości, sposobów zarządzania stadami zwierząt hodowlanych czy funkcji oraz organizacji przestrzennej badanych stanowisk. Dodatkowo, o czym należy pamiętać, badania te są punktem wyjścia do przeprowadzenia dalszych analiz (m.in. antycznego DNA i badań izotopowych), niezwykle istotnych dla poznania mobilności dawnych grup ludzkich, ich wzajemnych relacji i kontaktów.

Oczywiście sama archeozoologia, pomimo wypracowania już właściwych sobie procedur badawczych, podobnie jak i cała nauka podlega ciągłym zmianom. Jest to widoczne m.in. w zwiększeniu roli badań tafonomicznych włączanych coraz częściej w zakres analizy zespołów kostnych czy w korzystaniu z możliwości szybko rozwijających się w ostatnim czasie badań molekularnych czy izotopowych.

LITERATURA

- Albarella, U. 2017. Zooarchaeology in the twenty-first century: where we come from, where we are now, and where we are going, (w:). U. Albarella, M. Rizzetto, H. Russ, K. Vickers, S. Viner-Daniels (red.), *The Oxford Handbook of Zooarchaeology*. Oxford, 3–21.
- Baca, M., Mackiewicz, P., Stankovic, A., Popović, D., Stefaniak, K., Czarnogórska, K., Nadachowski, A., Gąsiorowski, M., Hercman, H., Weglenski, P. 2014. Ancient DNA and dating of cave bear remains from

- Niedźwiedzia Cave suggest early appearance of *Ursus ingressus* in Sudetes. *Quaternary International* 339–340: 217–223.
- Baca, M., Nadachowski, A., Lipecki, G., Mackiewicz, P., Marciszak, A., Popovic, D., Socha, P., Stefaniak, K., Wojtal, P. 2017. Impact of climatic changes in the Late Pleistocene on migrations and extinctions of mammals in Europe: four case studies. *Geological Quarterly* 61(2): 291–304.
- Baca, M., Popović, D., Lemanik, A., Horáček, I., Nadachowski, A. 2019. Highly divergent lineage of narrow-headed vole from the Late Pleistocene Europe. *Scientific Reports* 9: 17799, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53937-1>.
- Baca, M., Stankovic, A., Stefaniak, K., Marciszak, A., Hofreiter, M., Nadachowski, A., Węgleński, P., Mackiewicz, P. 2012. Genetic analysis of cave bear specimens from Niedźwiedzia Cave, Sudetes, Poland. *Palaeontologia Electronica*. 15.2.21A, 16p.
- Bartosiewicz, L. 2001. Archaeozoology or zooarchaeology?: a problem from the last century. *Archaeologia Polona* 39: 75–86.
- Bartosiewicz, L., Van Neer, W., Lentacker, A. 1997. Draught Cattle: Their Osteological Identification and History. *Annales Sciences Zoologiques* 281.
- Behrensmeyer, A.K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4(2): 150–162, doi:10.1017/S0094837300005820.
- Benecke, N. 1994. *Der Mensch und seine Haustiere. Die Geschichte einer jahrtausendealten Beziehung*. Stuttgart.
- Bennet, J.L., 1999. Thermal alteration of buried bone. *Journal of Archaeological Science* 26: 1–8.
- Binford, L.R. 1981. *Bones: ancient men and modern myths*. New York.
- Bocherens, H., Drucker, D. 2013. Stable isotopes in terrestrial teeth and bones, (w:) S. Elias (red.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, 2nd ed., Amsterdam, 304–314.
- Bocherens, H., Drucker, D., Germonpre, M., Lazničková-Galetova, M., Naito, Y.I., Wissing, Ch., Brůžek, J., Oliva, M. 2015. Reconstruction of the Gravettian food-web at Předmostí I using multi-isotopic tracking (13C, 15N, 34S) of bone collagen. *Quaternary International* 359–360: 211–228.
- Bocherens, H., Drucker, D.G., Madelaine, S. 2014. Evidence for a ¹⁵N positive excursion in terrestrial foodwebs at the Middle to Upper Palaeolithic transition in South-western France: implications for early modern human palaeodiet and palaeoenvironment. *Journal of Human Evolution* 69: 31–43.
- Bogucki, P. 2008. Animal Exploitation by the Brześć Kujawski Group in the Brześć Kujawski and Oślonki Region, (w:) R. Grygiel (red.), *Neolit i Początki Epoki Brązu w Rejonie Brześcia Kujawskiego and Oślonki* (The Neolithic and Early Bronze Age in the Brześć Kujawski and Oślonki Region) vol. II/3. Łódź, 1581–1704.
- Bösl, C., Grupe, G., Peters, J. 2006. A Late Neolithic vertebrate foodweb based on stable isotope analyses. *International Journal of Osteoarchaeology* 16: 296–315.
- Britton, K., Grimes, V., Niven, L., Steele, T.E., Mcpherron, S., Soressi, M., Kelly, T.E., Jaubert, J., Hublin, J.-J. and Richards, M.P. 2011. Strontium isotope evidence for migration in late Pleistocene Rangifer: Implications for Neanderthal hunting strategies at the Middle Palaeolithic site of Jonzac, France. *Journal of Human Evolution* 61(2): 176–185.
- Buckley, M., Collins, M., Thomas-Oates, J., Wilson, J.C., 2009. Species identification by analysis of bone collagen using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23: 3843–3854, <https://doi.org/10.1002/rcm.4316>.
- Buikstra, J.E., Swegle, M. 1989. Bone modification due to burning: experimental evidence. *Journal of Archaeological Science* 22: 479–493.
- Burke, A.M., Castinat, J. 1995. Histological observations of cement growth in horse teeth and their applications to archaeology. *Journal of Archaeological Science* 22: 479–493.
- Calkin, V.I. 1970. *Drevnejše domašnje životnye vostočnoj Evropy*. Moskwa.
- Clutton-Brock, J. 1987. *A natural history of domesticated animals*. London.
- De Cupere, B., Lentacker, A., Van Neer, W., Waelkens, M. and Verslype, L. 2000. Osteological evidence for the draught exploitation of cattle: first applications of a new methodology. *International Journal of Osteoarchaeology* 10: 254–267.
- Discamps, E., Costamagno, S. 2015. Improving mortality profile analysis in zooarchaeology: a revised zoning for ternary diagrams. *Journal of Archaeological Science* 58: 62–76.
- Doan, K., Niedziałkowska, M., Stefaniak, K., i in. 2021. Phylogenetics and phylogeography of red deer mtDNA lineages during the last 50 000 years in Eurasia. *Zoological Journal of the Linnean Society* 20: 1–26, <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab025>.
- Driesch, A. von den. 1976. *A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites*. Peabody Museum Bulletin 1, Harvard.
- Fernández-Jalvo, Y., Andrews, P. 2016. *Atlas of taphonomic identifications*. New York.
- Forchhammer, G., Steenstrup, J., Worsaae, J. 1851–56. *Undersøgelser I geologisk-antikvarensik retning*. København.
- Grant, A. 1987. Some observations of butchery in England from the Iron Age to medieval period. *Anthrozoologica Special* 1: 53–59.
- Groot, M. 2005. Palaeopathological evidence for draught cattle on a Roman site in the Netherlands, (w:) J. Davies, M. Fabis, I. Mainland, M. Richards, R. Thomas (red.),

- Health and Diet in Past Animal Populations*. Oxford, 52–57.
- Haynes, G. 1980. Evidence of carnivore gnawing on Pleistocene and Recent mammalian bones. *Paleobiology* 6(3): 341–351.
- Hinz, E.A., Kohn, M.J. 2010. The effect of tissue structure and soil chemistry on trace element uptake in fossils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 74(11): 3213–3231.
- Johannsen, N.N. 2005. Palaeopathology and Neolithic cattle traction: methodological issues and archaeological perspectives, (w:) J. Davies, M. Fabisz, I. Mainland, M. Richards, R. Thomas (red.), *Health and Diet in Past Animal Populations*. Oxford, 39–51.
- Julien, M.-A., Bocherens, H., Burke, A., Drucker, D.G., Patou-Mathis, M., Krotova, O., Péan, S. 2012. Were European steppe bison migratory? ^{18}O , ^{13}C and Sr intra-tooth isotopic variations applied to a palaeoethological reconstruction. *Quaternary International* 271: 106–119.
- Klein, R.G., Cruz-Urbe, K. 1984. *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. Chicago.
- Kowalik, N., Anczkiewicz, R., Wilczyński J., Wojtal P., Müller W., Bondioli L., Gasparik M. 2020. Tracing human mobility in central Europe during the Upper Paleolithic using sub-seasonally resolved Sr isotope record in ornaments. *Scientific Reports* 10: 10386, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67017-2>.
- Krajcarz, M.T., Krajcarz, M. 2014. Summers and winters at Wilczyce. Seasonal changes of Paleolithic settlement and environment on the basis of seasonality and isotope analyses of animal teeth. (w:) R. Schild (red.), *Wilczyce. A late Magdalenian winter hunting camp in southern Poland*. Warszawa, 137–148.
- Krajcarz, M., Krajcarz, M.T., Baca, M., Baumann, Ch., Van Neer, V., Popović, D., Sudoł-Procyk, M., Wach, B., Wilczyński, J., Wojenka, M., Bocherens, H. 2020. Ancestors of domestic cats in Neolithic Central Europe – isotopic evidence of a synanthropic diet. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *PNAS* 117(30): 17710–17719, doi: 10.1073/pnas.1918884117.
- Lasota-Moskalewska, A. 1980. Morphotic changes of domestic cattle skeleton from the Neolithic Age to the beginning of the Iron Age. *Wiadomości Archeologiczne* 45(2): 119–163.
- Lasota-Moskalewska, A. 1997. *Podstawy archeozoologii. Szczątki ssaków*. Warszawa.
- Lasota-Moskalewska, A. 2005. *Zwierzęta udomowione w dziejach ludzkości*. Warszawa.
- Lasota-Moskalewska, A. 2008. *Podstawy archeozoologii, Szczątki ssaków*. Warszawa.
- Levine, M.A. 1999. The Origins of Horse Husbandry on the Eurasian Steppe, (w:) M. Levine, Y. Rassamakin, A. Kislenko, N. Tatarintseva (red.), *Late Prehistoric Exploitation of the Eurasian Steppe*. Cambridge, 5–58.
- Levine, M.A., Bailey, G.N., Whitwell, K.E., Jeffcott, L.B. 2000. Palaeopathology and horse domestication. (w:) G. Bailey, R. Charles, N. Winder (red.), *Human Ecodynamics and Environmental Archaeology*. Oxford, 123–133.
- Lyman, R.L. 1994. *Vertebrae Taphonomy*, Cambridge.
- Maltby, M. 2007. Chop and change: Specialist cattle carcass processing in Roman Britain, in Croxford, (in:) N. Ray, R. Roth (red.), *TRAC 2006: Proceedings of the 16th Annual Theoretical Roman Archaeology Conference*. Oxford, 59–76.
- Marciniak, A. 1996. *Archeologia i jej źródła: materiały faunistyczne w praktyce badawczej Archeologii*. Warszawa-Poznań.
- Marciniak, A. 1999. Niedoceniany potencjał poznawczy zwierzęcych szczątków kostnych. Perspektywa archeologiczna, (w:) P. Wyrost, N. Pospieszny, B. Gediga (red.), *Szczątki zwierzęce jako źródło badań nad różnicowaniem poziomów życia materialnego i kulturowego ludzi w różnych okresach dziejowych*. Wrocław, 19–32.
- Marciniak, A. 2005. *Placing animals in the Neolithic: Social zooarchaeology of prehistoric farming*, London.
- Meadow, R.H. 1999. The use of size index scaling techniques for research on archaeozoological collections from the Middle East, (w:) C. Becker, H. Manhart, J. Peters, J. Schiebler (red.), *Historia Animalium ex Ossibus, Beiträge zur Paläoanatomie, Archäologie, Ägyptologie, Ethnologie und Geschichte der Tiermedizin*, Rahden, 285–300.
- Moffitt, S.A., 2003. Appendix II Cementum annuli seasonality analysis of *Odocoileus hemionus* teeth from ten sites on the Big Sur Coast. (w:) T.L. Jones (red.), *Prehistoric Human Ecology of the Big Sur Coast, California*. Contributions of the University of California Archaeological Research Facility no. 61. Berkeley, 277–283.
- Montgomery, J. 2010. Passports from the past: Investigating human dispersals using strontium isotope analysis of tooth enamel. *Annals of Human Biology* 37(3): 325–346, doi:10.3109/03014461003649297.
- Niedziałkowska, M. 2017. Phylogeography of European moose (*Alces alces*) based on contemporary mtDNA data and archaeological records. *Mammalian Biology* 84: 35–43, doi: 10.1016/j.mambio.2017.01.004.
- Nilssen, P.J. 2000. *An actualistic butchery study in South Africa and its implications for reconstructing hominid strategies of carcass acquisition and butchery in the Upper Pleistocene and Plio-Pleistocene*. Cape Town.
- Oates, J. 2003. A note on the early evidence for horse and the riding of equids in Western Asia. (w:) M. Levine, C. Renfrew, K. Boyle (red.), *Prehistoric Steppe Adaptation and the Horse*. Cambridge, 115–125.
- Olsen, S.L., Shipman, P. 1988. Surface modification on bone: trampling vs butchery. *Journal of Archaeological Science* 15(5): 535–553.
- Orlando, L., Ginolhac, A., Zhang, G., i in. 2013. Recalibrating *Equus* evolution using the genome sequence of

- an early Middle Pleistocene horse. *Nature* 499: 74–78, doi:10.1038/nature12323.
- Pales, L., Garcia, M.A. 1981a. *Atlas ostéologique pour servir à l'identification des mammifères du Quaternaire, II. Les membres Herbivores - Tête- Rachis- Ceintures scapulaire et pelvienne*. Paris, 177 pl.
- Pales, L., Garcia, M.A. 1981b. *Atlas ostéologique pour servir à l'identification des mammifères du Quaternaire, II. Les membres Carnivores, Homme- Tête- Rachis-Ceintures scapulaire et pelvienne*. Paris, 76 pl.
- Pederzani, S., Britton, K. 2018. Oxygen isotopes in bioarchaeology: Principles and applications, challenges and opportunities. *Earth Science Reviews* 188: 77–107.
- Pellegrini, M., Donahue, R.E., Chenery, C., Evans, J., Lee-Thorp, J., Montgomery, J., Mussi, M. 2008. Faunal migration in late-glacial central Italy: implications for human resource exploitation. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 22 (11): 1714–1726.
- Popović, D., Baca, M., Panagiotopoulou, H. 2015. Complete mitochondrial genomes of Atlantic sturgeon, *Acipenser oxyrinchus oxyrinchus*, Gulf sturgeon, *A. o. desotoi* and European sturgeon *A. sturio* (Acipenseriformes: Acipenseridae) obtained through next generation sequencing. *Mitochondrial DNA*, doi:10.3109/19401736.2015.1038799.
- Price, T. D., Meiggs, D., Weber, M.-J., Pike-Tay, A. 2015. The migration of Late Pleistocene reindeer: isotopic evidence from northern Europe. *Archaeological and Anthropological Sciences* 9: 1–24, doi:10.1007/s12520-015-0290-z.
- Pryor, A. J. E., Insoll, T., Evis, L. 2020a. Laser ablation strontium isotope analysis of human remains from Harlaa and Sofi, eastern Ethiopia, and the implications for Islamisation and mobility. *STAR: Science & Technology of Archaeological Research* 6(1): 113–136, doi:10.1080/20548923.2020.1843266.
- Pryor, A.J.E., O'Connell, Wojtal, P., Krzemińska, A., Stevens, R.E. 2013. Investigating climate at the Upper Palaeolithic site of Kraków Spadzista Street (B), Poland, using oxygen isotopes. *Quaternary International* 294: 108–119.
- Pryor, A., Pospuła, S., Nesnidalova, T., Kowalik, N., Wojtal, P., Wilczyński, J. 2020b. Mobility and season of death of the Arctic foxes killed by Gravettian hunters at Kraków Spadzista, Poland, *Journal of Archaeological Science: Reports* 33. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.102520>.
- Reitz, E.J., Wing, E.S. 1999. *Zooarchaeology*. Cambridge.
- Richter, K.K., Wilson, J., Jones, A.K.G., Buckley, M., van Doorn, N., Collins, M.J., 2011. Fish 'n chips: ZooMS peptide mass fingerprinting in a 96 well plate format to identify fish bone fragments. *Journal of Archaeological Science* 38(7): 1502–1510. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2011.02.014>.
- Schmid, E. 1972. *Atlas of Animal Bones. For Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists*. Amsterdam–London–New York.
- Stiner, M.C., 1990. The use of mortality patterns in archaeological studies of hominid predatory adaptations. *Journal of Anthropological Archaeology* 9: 305–351.
- Stiner, M.C. 1994. *Honor among Thieves: A Zoo-archaeological Study of Neandertal Ecology*. Princeton.
- Stiner, M.C., Kuhn, S.L., Weiner, S., Bar-Yosef, O. 1995. Differential Burning, Recrystallization, and Fragmentation of Archaeological Bone. *Journal of Archaeological Science* 22: 223–237.
- Stutz, A.J. 2002. *Pursuing past seasons: a re-evaluation of cementum increment analysis in Paleolithic archaeology*. The University of Michigan, PhD thesis.
- van Doorn, N.L., Hollund, H., Collins, M.J. 2011. A novel and non-destructive approach for ZooMS analysis: ammonium bicarbonate buffer extraction. *Archaeological and Anthropological Sciences* 3: 281–289. <https://doi.org/10.1007/s12520-011-0067-y>.

