

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



Archeoentomologia

Marcin Kadej, Szymon Konwerski, Agata Hałuszko

WPROWADZENIE

Związek archeologii i entomologii został doskonale zobrazowany w pierwszej scenie filmu *Faraon* z 1965 roku w reżyserii Jerzego Kawalerowicza ukazującej skarabeusza, który toczy po piasku pustyni kulkę zwierzęcych odchodów. W *Milczeniu owiec* w reżyserii Jonathana Demme z 1991 roku owad umieszczony w ustach ofiary stanowi istotny element umożliwiający rozwikłanie kryminalnej zagadki i ukazuje złożoną problematykę entomologii sądowej. Podobnych przykładów zapisanych w kulturze popularnej jest dużo więcej. Symboliczne znaczenie owadów to oczywiście tylko jeden z wielu aspektów towarzyszących badaniom archeoentomofauny, a jej zagadnienia i problematyka są znacznie bardziej złożone. Owady (Insecta) stanowiące podstawę wnioskowania w archeoentomologii to najliczniej reprezentowana w środowiskach lądowych gromada zwierząt. Liczebność tych stawonogów oceniana jest na blisko 5,5 miliona gatunków, choć dotychczas opisano dopiero około miliona (Stork 2018). Ta ich liczebna przewaga wiąże się z wieloma funkcjami, które mają istotny wpływ na trwałość ekosystemów. Owady uczestniczą w tak ważnych procesach, jak zapylanie roślin kwiatowych, rozsiewanie nasion, przemiana martwej materii organicznej, spulchnianie gleby, regulowanie populacji innych organizmów etc. Zamieszkują różnorodne

środowiska lądowe i wtórnie przystosowały się do życia w wodzie.

Istotnym elementem metodyki archeologicznych badań terenowych jest zabezpieczanie pozyskiwanych z dawnych nawarstwień prób przeznaczonych do szeroko rozumianych analiz przyrodniczych. Swoistym standardem, z którym spotykamy się najczęściej, są próbki pozyskiwane w celu datowania bezwzględnych sedymentów, wskazania obecności i rozpoznania zalegających mikro- i makroskopowych szczątków roślinnych, oceny składu mineralicznego i genezy gleb oraz rekonstrukcji paleośrodowiska. Choć podczas prac wykopaliskowych nieco rzadziej spotykamy się z próbkami pozyskiwanymi w celu potwierdzenia obecności owadów, nie oznacza to, że w tych kontekstach nie występowały. Wynika to głównie z relatywnie niewielkich rozmiarów owadów oraz fragmentacji ich ciał zabezpieczonych w próbkach. W związku z tym dopiero oko uzbrojone w okular mikroskopu stereoskopowego, zwanego też binokulem (czasem też mikroskopu świetlnego), jest w stanie dostrzec szczegóły morfologii (np. urzeźbienie pokryw) mające często kluczowe znaczenie przy identyfikacji gatunkowej.

Archeoentomologia (ang. *archaeoentomology*) to wąska specjalność na styku dwóch dyscyplin naukowych, jakimi są nauki archeologiczne i biologiczne (patrz ramka na następnej stronie). Jest ona stosunkowo młodą specjalnością, spopularyzowaną

w drugiej połowie XX w. (Coope 1977; 1986; 1990; Osborne 1969; Buckland 1976). Pomimo krótkiego stażu w ostatnich latach rozwija się dynamicznie, o czym świadczą liczne publikacje naukowe (Moret 1998; Panagiotakopulu i Buckland 1991; 2018; Huchet 1996; 2017a; 2017b; Huchet i Greenberg 2010; Carrott i Kenward 2001; Gaudioi in. 2013; Forbes i in. 2014; Panagiotakopulu i in. 2010; 2013; 2018; Giordani i in. 2018; Panagiotakopulu 2019; Pradelli i in. 2019; Fägerström i in. 2020; Henríquez-Valido i in. 2020), a także coraz większa atrakcyjność tego zagadnienia na międzynarodowych konferencjach naukowych (Forbes i in. 2019; Kirgis i in. 2019; Solari i in. 2019). Jednak w rodzimej literaturze termin „archeontomologia” nieczęsto się pojawia, a badania sprowadzają się raczej do incydentalnych działań niż pełnowartościowej, świadomie rozwijanej subdyscypliny naukowej. Odnośnie do Polski można śmiało zaryzykować stwierdzenie, że badania w zakresie archeontomologii są dopiero na etapie początkowym, o czym świadczy niewielka liczba publikacji poświęconych tej dziedzinie (Bunalski i Rączkowski 1998; Gładykowska-Rzeczycka i Parafiniuk 2001; Bunalski 2005; Konwerski 2013; 2017).

DEFINICJE WYBRANYCH DZIAŁÓW NAUKI ZAJMUJĄCYCH SIĘ BADANIEM SZCZĄTKÓW OWADÓW

Paleontomologia – dział paleozoologii zajmujący się badaniem szczątków wymarłych owadów zdeponowanych w pokładach (warstwach stratygraficznych), na podstawie których odtwarzana jest historia naturalna, procesy ewolucyjne i związki pokrewieństwa pomiędzy taksonami, rekonstruowana jest ich biologia oraz środowisko życia.

Archeontomologia – dział na pograniczu archeologii i entomologii, zajmujący się badaniem szczątków owadów z kontekstów archeologicznych. Jest to specjalistyczna subdyscyplina w obrębie nauk biologicznych, oparta głównie na wiedzy o owadach (entomologia). Aktywność naukowa na tym polu czerpie z informacji na temat taksonomii, morfologii, biologii, ekologii, zoogeografii poszczególnych gatunków owadów oraz ich możliwego wpływu na wnioskowanie o okolicznościach, w jakich organizmy te zostały zidentyfikowane w zabezpieczonym materiale i próbkach w czasie badań

archeologicznych. Analizy próbek z materiałami entomologicznymi służą do rekonstrukcji sposobu życia i stanu zdrowia dawnych populacji (kondycji biologicznej), gospodarki, ewolucji wzorców żywieniowych i wpływu działalności człowieka na przeszłe środowiska.

Archeontomologia funeralna – wąska subdyscyplina w obrębie archeontomologii skupiająca się na badaniu szczątków owadów towarzyszących zwłokom lub ich częściom. W tym kontekście archeologicznym badania owadów pozwalają zdobyć wiedzę na temat środowiska, okoliczności ekologicznych, tafonomii, a niekiedy takich czynników kulturowych, jak praktyki i zwyczaje związane z grzebaniem zwłok ludzkich i zwierzęcych.

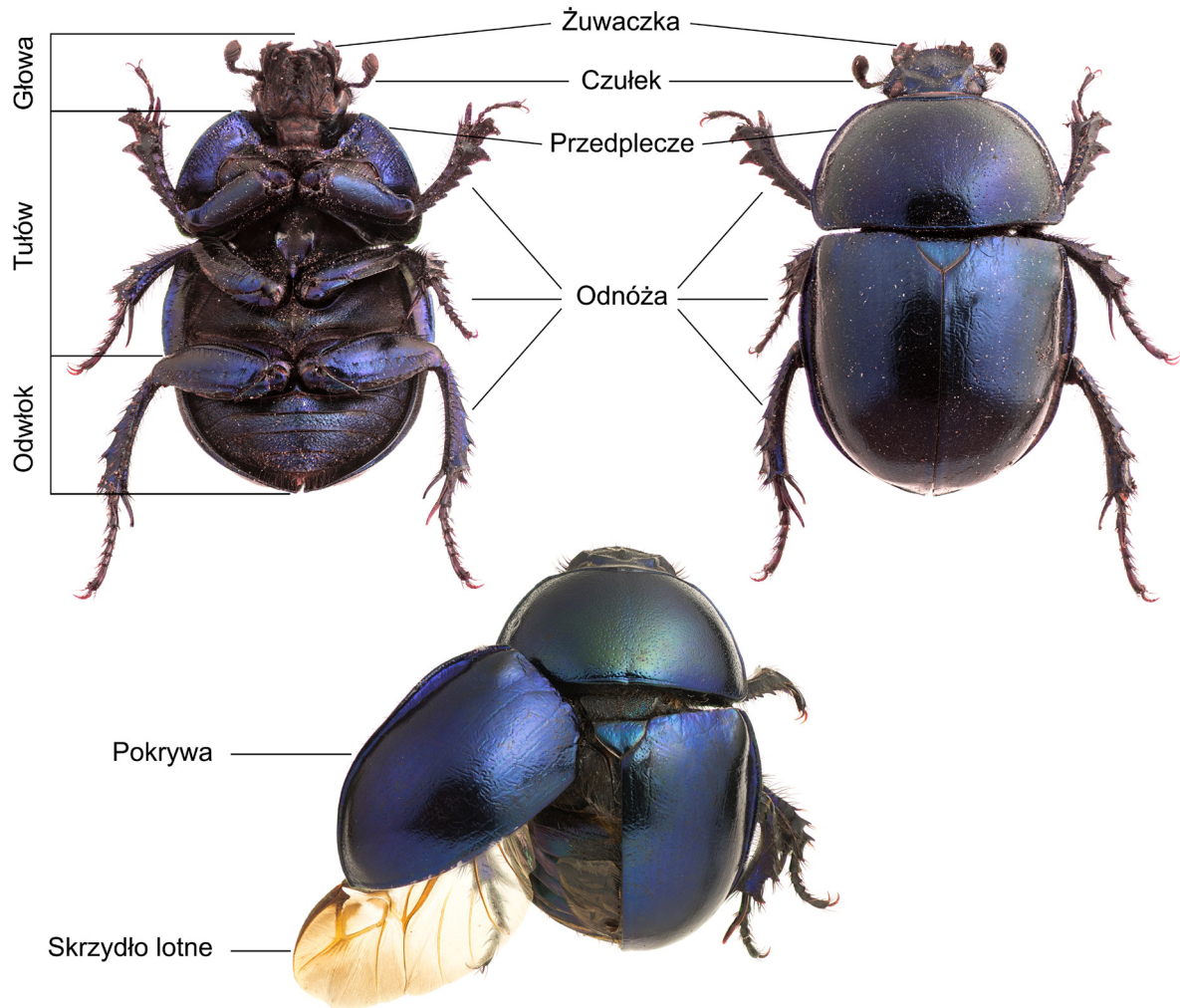
Entomologia sądowa – wąska specjalność w obrębie entomologii skupiająca się na badaniu owadów, ich szczątków i śladów aktywności w kontekście postępowań sądowych. W obrębie tej dziedziny wyróżnia się trzy działy: entomologię magazynowo-przemysłową (ang. *stored product entomology*), entomologię miejską (ang. *urban entomology*, czasem nazywaną sanitarno-epidemiologiczną) oraz entomologię medyczno-kryminalistyczną, zwaną też entomoskopią (ang. *medico-legal entomology* lub *medico-criminal entomology*).

Entomologia sądowa najczęściej kojarzona jest z entomoskopią, której głównym celem jest określenie czasu zgonu na podstawie analizy jakościowej i ilościowej owadów znalezionych na zwłokach, zwłaszcza wtedy, gdy zastosowanie innych metod medyczno-sądowych jest utrudnione. Czasem z jej pomocą można ustalić także okoliczności i przyczynę zgonu.

CHARAKTERYSTYKA OWADÓW

Obecnie wyróżnia się ok. 35 rzędów owadów (Beutel i in. 2014); wśród nich najliczniej reprezentowane są chrząszcze (Coleoptera) (ryc. 1), muchówki (Diptera) (ryc. 2), błonkówki (Hymenoptera) oraz motyle (Lepidoptera) (Grimaldi, Engel 2005).

Ciało owada zbudowane jest zasadniczo z trzech odcinków: głowy (*caput*), tułowia (*thorax*) i odwłoka (*abdomen*) (ryc. 1-2). Funkcję szkieletu zewnętrznego owadów pełni oskórek, zwany kutikulą, zbudowany z amino-polisacharydów. Na ich głowie obecne są czułki, oczy oraz aparat gębowy; na tułowiu znajdują się dwie pary skrzydeł (czasem przekształcone, nieobecne lub mocno



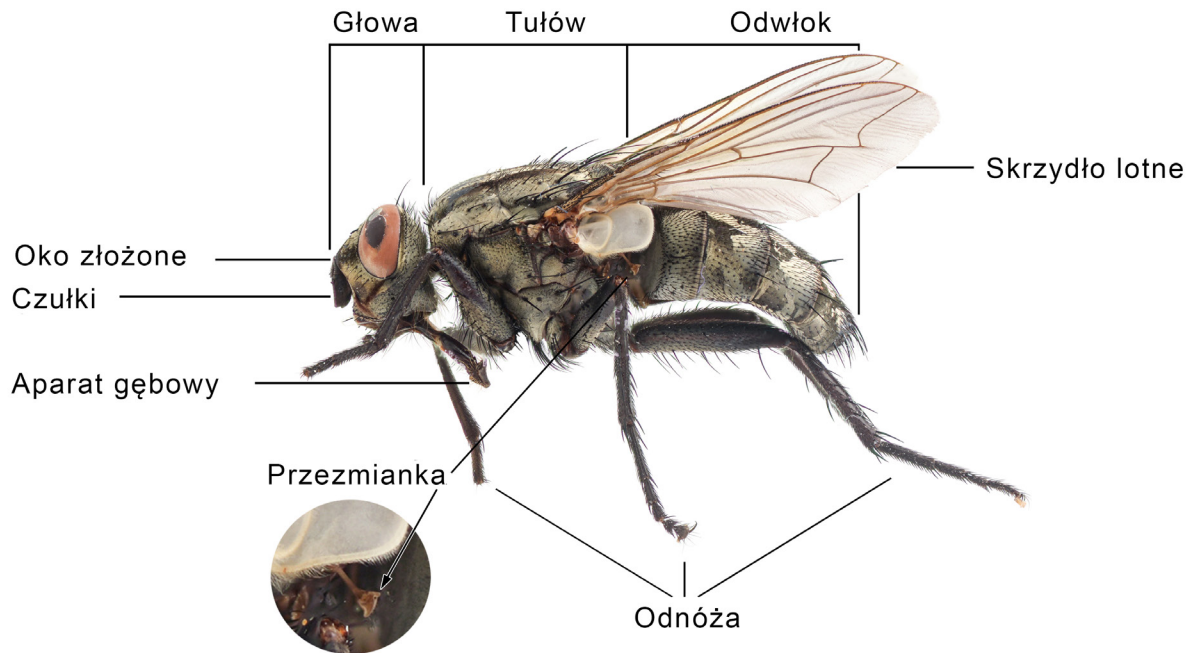
Ryc. 1. Ogólna budowa chrząszcza na przykładzie żuka wiosennego *Trypocopris vernalis vernalis*. Fot. M. Kukla, oprac. A. Hałuszko

zredukowane) oraz trzy pary odnóży (ryc. 1-2). Odwłok składa się z 11 segmentów i stanowi tę część owada, która zawiera m.in. część układu pokarmowego, układu oddechowego oraz narządy rozrodcze. Szczegółowe informacje o budowie morfologicznej oraz biologii owadów przedstawiają Grabda (1985) i Szadziwski (2012).

Owadami najczęściej wykazywanymi w próbach entomologicznych, zarówno w odniesieniu do archeoentomologii, jak i entomologii sądowej, są przedstawiciele chrząszczy (Coleoptera) (ryc. 1) i muchówek (Diptera) (ryc. 2). Owady należące do tych rzędów przechodzą cykl rozwojowy zamknięty, w którym pomiędzy postaciami młodocianymi (tj. jaja i larwy) a postacią dorosłą (*imago*) występuje poczwarka (*pupa*). W takim cyklu owady przechodzą przez przeobrażenie zupełne (holometabolia).

O ile w przypadku entomologii sądowej w zabezpieczonym materiale niemal tak samo często możemy spotkać żywe i martwe chrząszcze i muchówki, o tyle w archeoentomologii (w tym funeralnej) zdecydowanie lepiej zostają zachowane szczątki chrząszczy (Coleoptera). Wynika to z faktu, że kutikula Coleoptera jest o wiele bardziej wysycona amino-polisacharydami, przez co jest grubsza, a więc lepiej zabezpieczona przed niekorzystnym wpływem czynników zewnętrznych (np. tlen, woda, temperatura) przyspieszających ich rozkład. W przypadku muchówek (Diptera), z tych samych powodów co u chrząszczy, szczątkami najlepiej zachowanymi w próbkach są osłonki poczwarkowe (*puparia*) i ich fragmenty.

Szczegółowe informacje o budowie morfologicznej oraz biologii chrząszczy przedstawia Wanat (2012), muchówki zaś scharakteryzowali Szadziwski i Giłka (2012).



Ryc. 2. Ogólna budowa muchówki na przykładzie ścierwicy *Sarcophaga* sp. (widok z boku). Fot. M. Kukla, oprac. A. Hałuszko

PODZIAŁ MATERIAŁÓW ARCHEOENTOMOLOGICZNYCH

Większość pozostałości bioarcheologicznych nie jest widoczna nieuzbrojonym w sprzęt optyczny okiem i może zostać zidentyfikowana dopiero podczas specjalistycznej flotacji i segregacji. W nielicznych przypadkach szczątki organiczne zachowują się znacznie lepiej i dzięki temu można je dokładniej zabezpieczyć, udokumentować *in situ* i przekazać do dalszych badań specjalistycznych.

Ze względu na rodzaj odkrywanych pozostałości, materiały entomologiczne możemy podzielić na:

- znaleziska bezpośrednie – fragmenty ciał owadów;
- znaleziska pośrednie, w tym:
 - ślady działalności życiowej, np. żerowiska larw w drewnie (ryc. 3);
 - ślady utylitarne wykorzystywania owadów, np. w postaci związków chemicznych;
 - przedstawienia ikonograficzne.

Pierwszą grupę stanowią zachowane szczątki dorosłych owadów i ich części oraz pozostałości po poszczególnych stadiach rozwojowych. W materiale archeologicznym najlepiej zachowują się fragmenty silnie zesklekotyzowane, o zwartej budowie. Najczęściej są to głowy, żuwaczki, przedplecza, pokrywy, półpokrywy i bobówki

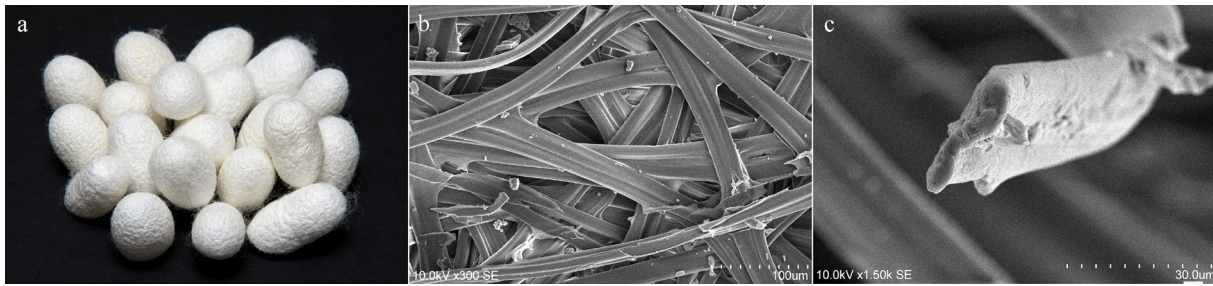
muchówek. Struktury członowane (np. odnóża i odwłoki) zwykle rozpadają się na części lub ulegają zniszczeniu (np. czułki, głaszczki i stopy), a stopień zniszczenia zależy głównie od ich wielkości i kształtu (zwykle materiał jest przynajmniej częściowo rozdrobniony i zdeformowany). Stopień rozdrobnienia i deformacji zachowanego materiału wpływa na możliwość jego dalszego opracowywania, gdyż fragmenty pozbawione cech taksonomicznych nie są możliwe do oznaczenia. Deformacja, np. silne spłaszczenie, także może utrudnić oznaczanie (dotyczy to zwłaszcza pokryw chrząszczy). Większość rzędów owadów o przeobrażeniu zupełnym (holometaboliczne) reprezentowana jest w próbach archeologicznych głównie przez osobniki dorosłe (*imagines*). Ciała larw są zwykle słabo zesklekotyzowane i ulegają niemal całkowitemu zniszczeniu; zachowują się jedynie takie struktury, jak puszka głowowa i żuwaczki. Larwy silnie zesklekotyzowane (np. chrząszczy sprężkowatych Elateridae czy czarnuchowatych Tenebrionidae) mają szansę na zachowanie w próbach, jednak zwykle w stanie rozczłonkowanym (poszczególne segmenty). W przypadku muchówek (Diptera) najczęściej zachowują się bobówki, czyli osłonki poczwarkowe, natomiast osobniki dorosłe i larwy



Ryc. 3. Belka z konstrukcji średniowiecznej z widocznymi żerowiskami larw kozioroga dębosza *Cerambyx cerdo* (a); samiec *C. cerdo* (b). Fot. S. Konwerski (a), M. Kukła (b)



Ryc. 4. Współczesne liście dębu z galasami. Fot. M. Mackiewicz



Ryc. 5. Współczesne kokony jedwabnika z gatunku *Bombyx mori* (a) (fot. M. Mackiewicz); obrazowanie powierzchni kokonu wykonane techniką SEM (b); pojedyncze włókno jedwabiu w obrazowaniu SEM (c). Oprac. A. Hałuszko

ulegają zwykle zniszczeniu ze względu na delikatną budowę ciała. Nawet mocne struktury chitynowe w przypadku materiałów archeoentomologicznych ulegają zmianom w stosunku do ich wyglądu u żywego owada. Dotyczy to zwłaszcza barwy (szczególnie gdy jest ona efektem barwników organicznych) oraz struktury mikrorzeźby (co wiąże się z wrażeniem połysku lub matowości powierzchni).

Przetrawianie szczątków archeoentomologicznych zależy od sprzyjających określonych warunków tafonomicznych (Stegmaier 2009; Huchet 2014; Kirillova i in. 2016) lub relatywnie krótkiego czasu zalegania (Vanin i Huchet 2017). Do najczęściej zachowujących się śladów działalności owadów należą znaleziska pośrednie: żerowiska larwalne, kolebki poczwarkowe w drewnie, nagromadzenia odchodów i ślady żerowania na powierzchni roślin oraz w ich wnętrzu (tzw. miny) i wyrośla (galasy; ryc. 4), kolebki poczwarkowe wygrzane przez larwy w twardym materiale (np. kościach w wypadku nekrofilnych *Dermestidae*). Znaleziska te wydzielane są głównie podczas analiz archeobotanicznych (Tomaszewska 2015) bądź obserwowane w trakcie badań osteologicznych (antropologicznych, archeozoologicznych) (Gładykowska-Rzeczycka i Parafiniuk 2001; Hałuszko 2015).

Oddzielną grupę oznak pośredniej obecności owadów stanowią przetrwałe związki chemiczne na/w ściankach naczyń lub zachowanych tekstyliach (Vanden Berghe 2011; Gu i in. 2019), a także identyfikowane włókna pochodzenia zwierzęcego (tu: jedwabiu) (Rast-Eicher 2016: 277-291; ryc. 5). W trakcie badań terenowych należy brać pod uwagę znaleziska mieszane – np. owady (zarówno osobniki dorosłe, jak i larwy) zachowane we wnętrzu żerowisk (Jach i in. 2018). Zupełnie inny

aspekt badawczy dotyczy ikonografii owadów, nierzadko konfrontowanej ze znaleziskami entomofauny, jak np. odnośnie do ektopasożytów w uchu mumii psa (Huchet i in. 2013), sceny strąsania z dębów dzikich jedwabników z gatunku *Pachypasa otus* (Panagiotakopulu i in. 1997) czy figurki z kła dzika, przedstawiającej gąsienicę jedwabnika (SCIO 2020). Do jednych z najbardziej znanych odwzorowań owadów należą hieroglify egipskie, takie jak skarabeusz i pszczoła (ryc. 6).

KONTEKST ZNALEZISK ARCHEOENTOMOFAUNY

Obecność szczątków archeoentomologicznych w znacznej mierze zależy od kontekstu eksplorowanych obiektów archeologicznych. Wszelkie obiekty gospodarcze bądź mieszkalne, w których przechowywano żywność, sprzyjały pojawianiu się tzw. szkodników spożywczych. Poza typowymi miejscami magazynowania produktów spożywczych do obiektów gospodarczych zaliczyć należy także studnie i jamy śmietnikowe, będące depozytem różnych odpadów, w tym organicznych (w warunkach miejskich spotykane są również często kloaki). Owady wykorzystywano w celach włókienniczych (Good 2002), meblarskich (np. szelak; Sutton 1995), spożywczych (np. miód; Mazar i Panitz-Cohen 2007), farbiarskich (Codreanu-Windauer i Bartel 2002; Hofmann-de Keijzer R. 2016) czy nawet dekoracyjnych, zdobniczych i biżuteryjnych (Moszyński 1939: 908-910; Abłamowicz i Józefowska 2020).

Sprzyjające przetrwaniu szczątków organicznych warunki tafonomiczne obserwowane są



Ryc. 6. Hieroglify egipskie przedstawiające pszczołę i skarabeusza (Obelisk Teodozjusza w Stambule, XV w. p.n.e.).
Fot. S. Konwerski

w pozyskiwanych próbach palinologicznych (Porch i Kershaw 2010). Wśród zestawu mikro- i makroskopowych szczątków botanicznych równie łatwo powinna zachowywać się towarzysząca danemu ekosystemowi entomofauna (Kirillova i in. 2016). Bez względu na kontekst szczątki archeoentomologiczne najczęściej informują o aspektach środowiskowych i ich przemianach na podstawie sukcesji owadów pod wpływem działalności antropogenicznej (Konwerski 2013). Nawet w ujęciu funeralnym stanowią wyznacznik warunków pośmiertnych, w których przebywały zwłoki, często dostarczając informacji na temat czasu zgonu czy przemieszczania zwłok.

Archeoentomofauna odkrywana w kontekście funeralnym ze względu na zróżnicowane praktyki grzebalne, jak i chronologię badanych obiektów sepulkralnych charakteryzuje się dużą złożonością.

Ponadto specyficzne warunki tanatologiczne towarzyszące zwłokom sprzyjają ekspansji nie tylko entomofauny nekrofilnej, ale również drapieżników, które na nią polują. Postępujący rozkład ciała, a w szczególnych przypadkach jego naturalna mumifikacja, wywołuje sukcesję kolejnych gatunków owadów, żerujących nawet na odzieży zmarłego. Analizując ludzkie szczątki w kontekście archeologicznym, należy mieć na uwadze, że poza entomofauną związaną z różnymi etapami rozkładu ciała na konkretnych partiach szkieletu mogą znajdować się również ektopasożyty (wszy, pluskwy i pchły), bytujące *antemortem* na ciele zmarłego, a oprócz tego także owady współczesne (Kaczorowska i Draber-Mońko 2014: 21-76). Badając materiały archeoentomologiczne z kontekstów funeralnych, możemy zetknąć się również z symbolicznym wykorzystaniem niektórych gatunków owadów (Andrews 1994: 50-58).



Ryc. 7. Pojemniki i pęsety przydatne do zabezpieczania prób archeoentomologicznych podczas prac wykopaliskowych. Fot. M. Mackiewicz

POBIERANIE MATERIAŁÓW ENTOMOLOGICZNYCH PODCZAS PRAC WYKOPALISKOWYCH

Próby archeologiczne, tak jak wcześniej już wspomniano, mogą odznaczać się różnorodną formą, w zależności od rodzaju wypełniska badanych obiektów czy złożoności analizowanych struktur. Większość prób przyrodniczych zabezpieczana jest jako luźna frakcja sedymentu pobieranego z określonej warstwy obiektu. Zaleca się pobieranie ok. 10-20-litrowych prób przyrodniczych (Renfrew i Bahn 2012: 247). W przypadkach, kiedy szczątki organiczne są zauważalne, często poza „luźną próbą” pobiera się i zabezpiecza oddzielnie pojedyncze, większe szczątki owadów, np. w plastikowych probówkach typu Eppendorf. W przypadku entomofauny funeralnej najczęściej widoczne fragmenty owadów zabezpiecza się, wkładając do pojemników o odpowiedniej wielkości (ryc. 7). Czasami oddzielenie ich od zmineralizowanych kości nie jest łatwe, dlatego warto posłużyć się pęsetą, drewnianym patyczkiem

lub szpatułką i podważając je, delikatnie zeszkrobać. Należy pamiętać, że tego typu próby są zwykle wilgotne, więc jeśli mają zostać przekazane do analiz archeoentomologicznych w późniejszym terminie, trzeba je przesuszyć, otwierając wieko pojemnika. Równie ważne jest sporządzenie dokumentacji opisowej i fotograficznej, choć bywa, że podczas badań wykopaliskowych wykonanie zdjęć makro jest utrudnione. Ważną rolę odgrywa tu ustalona strategia próbkowania i ścisła kooperacja między kierownikiem badań a współpracującym w ramach zespołu przyrodnikiem (bioarcheologiem).

Ze względu na bardzo drobne rozmiary większości struktur pozostałych po owadach i ich delikatność pobieranie prób i wydobywanie poszczególnych fragmentów wymaga ogromnej uwagi i ostrożności. Jeśli w próbce (np. glebie lub mierzwie) widoczne są fragmenty owadów, najlepiej przekazać ją w całości entomologowi. Wyselekcjonowanie powinno odbywać się w laboratorium, konieczne z wykorzystaniem binokularu, co zminimalizuje możliwość utraty drobnych fragmentów,

mogących mieć znaczenie dla dalszego wnioskowania. Również w laboratorium należy przeprowadzić dalszą analizę zauważonych w drewnie żerowisk. Nigdy nie należy pukać ani czyścić takiego materiału zaraz po jego wydobyciu, gdyż w substancji wypełniającej korytarze żerowiska mogą się znajdować fragmenty owadów.

Materiały organiczne wewnątrz złożonych w kryptach sarkofagów zachowują się zwykle znacznie lepiej, co powoduje, że jest ich dużo i są niejednorodne. Prace w kryptach są jednak trudne i wieloaspektowe, poza stosowaniem środków ochrony osobistej, zwykle odbywają się przy niedostatecznym oświetleniu, w ograniczonej przestrzeni i niskiej temperaturze. W takich przypadkach pobiera się objętościowo duże luźne próby do worków strunowych, a w dalszej kolejności przekazuje się je do analiz botanicznych i archeoentomologicznych. Należy pamiętać, że w pobranych próbach mogą się również znajdować materiały współczesne. Wraz ze szczątkami owadów dobrą praktyką jest również przekazanie informacji o lokalizacji i kontekście znaleziska. Inwentaryzując próby entomologiczne, na metrykach można zawrzeć informacje o ich szczegółowym usytuowaniu w obiekcie bądź na szkielecie.

PRZYGOTOWANIE PREPARATÓW ARCHEOENTOMOLOGICZNYCH DO OZNACZANIA

Wyodrębnione z próby archeologicznej fragmenty owadów, po ich oczyszczeniu i wysuszeniu, należy odpowiednio spreparować. Wykorzystujemy do tego metody typowe dla tworzenia kolekcji entomologicznej. Jeśli w opracowywanym materiale zachowały się struktury duże (powyżej 1 cm), nigdy nie nabijamy ich bezpośrednio na szpilki entomologiczne. Niezależnie od wielkości wszystkie fragmenty owadów naklejamy za pomocą rozpuszczalnego w wodzie i przezroczystego kleju (obecnie najczęściej na bazie alkoholu poliwinylowego) na odpowiedniej wielkości kartoniki (ryc. 9). Najlepsze są kartoniki o kształcie trójkątnym, gdyż umożliwiają obserwację naklejonej części z każdej strony. Kartoniki te następnie nabijamy na szpilki entomologiczne. Takie przygotowanie preparatów

ułatwia manipulację nimi podczas porównywania pod binokulem i chroni delikatne struktury przed uszkodzeniem. Nie jest wskazane przetrzymywanie fragmentów owadów „luźnem” (np. w próbkach), gdyż każdorazowe ich wyciąganie może spowodować uszkodzenia i w konsekwencji dodatkowo utrudnić lub wręcz uniemożliwić ich dalsze oznaczenie.

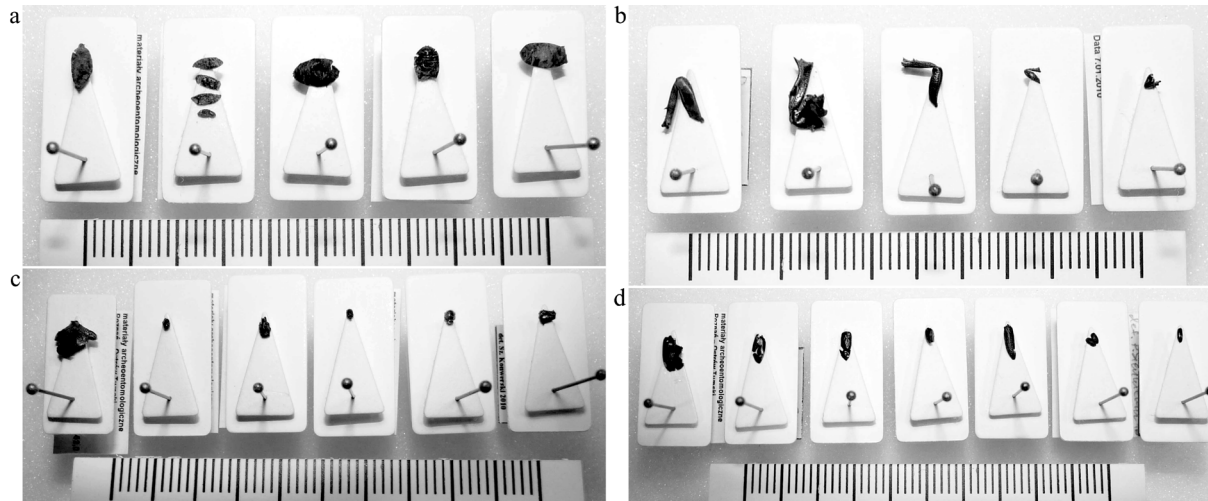
PROBLEMY ZWIĄZANE Z OZNACZANIEM MATERIAŁÓW ARCHEOENTOMOLOGICZNYCH

Ze względu na stan zachowania szczątków owadów w próbach archeologicznych (rozdrobienie, deformacja, częściowa lub całkowita zmiana barwy, zmiana mikrorzeźby powierzchni poszczególnych części ciała), wykorzystanie specjalistycznych kluczy do oznaczania owadów jest bardzo trudne lub niemożliwe. Cechy taksonomiczne obecne na strukturach łatwo ulegających zniszczeniu lub rozdrobieniu (np. czułki i stopy) lub dotyczące wyłącznie dobrze zachowanych okazów (barwa, mikrorzeźba, obecność szczecin) stają się tutaj nieprzydatne. Bezkrytyczne dopasowywanie takiego materiału do cech kluczowych doprowadza najczęściej do błędnego oznaczenia taksonu.

Należy też pamiętać, że w próbach entomologicznych sprzed setek lub tysięcy lat możemy mieć do czynienia z taksonami niereprezentowanymi obecnie w entomofaunie badanego obszaru (regionu geograficznego, kraju). Większość kluczy specjalistycznych ma charakter regionalny (zwykle w skali kraju) i przy wątpliwościach pojawiających się w trakcie oznaczania należy uwzględnić także taksony z sąsiednich obszarów.

ENTOMOLOGICZNY ZBIÓR PORÓWNAWCZY – PODSTAWOWE NARZĘDZIE PRACY

Do prawidłowego oznaczenia materiałów archeoentomologicznych niezbędna jest entomologiczna kolekcja porównawcza – najbardziej odpowiednie są tu zbiory suchych owadów przechowywanych w specjalnych gablotach entomologicznych (ryc. 8-9) oraz kolekcje żerowisk i innych śladów



Ryc. 8. Fragmenty owadów z prób archeologicznych przygotowane do analizy porównawczej (a – fragmenty bobówek; b – odnóża chrząszczy; c – głowy; d – pokrywy chrząszczy). Fot. S. Konwerski

życia owadów. Sposoby preparowania owadów należących do różnych rzędów zostały ustalone w początkach istnienia entomologii jako nauki i stosowane są do dziś z niewielkimi modyfikacjami. Najczęstszym sposobem zabezpieczenia materiału jest nabijanie owadów na szpilki entomologiczne oraz naklejanie ich (klejem rozpuszczalnym w wodzie) na odpowiedniej wielkości kartoniki, które dopiero potem nabija się na szpilki. Zarówno miejsce, w które wbijana jest szpila, wysokość, na której nabity jest kartonik, jak i sposób ułożenia przydatków ciała (nogi, czułki) preparowanego owada są ściśle określone i uwzględniają optymalne zabezpieczenie okazu muzealnego podczas używania go w trakcie oznaczania i badań porównawczych.

W przypadku porównawczych kolekcji entomologicznych niezwykle ważne jest ich zabezpieczenie. Takie zbiory są narażone na wiele czynników niszczących, np. nadmierną wilgotność sprzyjającą rozwojowi grzybów oraz obecność owadów będących szkodnikami muzealnymi (np. chrząszczy skórnikowatych). Kolekcje entomologiczne przetrzymywane w nieodpowiednich warunkach ulegają szybkiemu zniszczeniu i nie nadają się do dalszego opracowywania i wykorzystywania w celach porównawczych. Również światło słoneczne uszkadza okazy, doprowadzając do utraty ich pierwotnego ubarwienia. Aby temu zapobiec, w pomieszczeniach muzealnych powinna być kontrolowana wilgotność i ograniczony dostęp światła, natomiast suche owady powinny

być trzymane w szczelnych gablotach i zamykane w szafach (ryc. 9).

Istnieje wiele powszechnie dostępnych i godnych polecenia anglojęzycznych publikacji i skryptów dotyczących preparowania owadów i zabezpieczania kolekcji entomologicznych (np. Millar i in. 2000; Upton i Mantle 2010). Szkoda, że w krajowej literaturze wciąż nie ma nowoczesnego opracowania poświęconego tej tematyce. Najbardziej wartościowym pozostaje: *Podręcznik do zbierania i konserwowania zwierząt należących do fauny polskiej* pod redakcją Władysława Polińskiego (1923), w którym szczegółowo omówione zostały poszczególne rzędy owadów. Cenne informacje można również znaleźć w wielu zeszytach serii: *Klucze do oznaczania owadów Polski* wydawanej przez Polskie Towarzystwo Entomologiczne.

Mając na uwadze specyfikę prób archeoentomologicznych, można także przygotować zbiór porównawczy, w którym reprezentowane będą jedynie poszczególne części (np. pokrywy, przedplecza, głowy, żuwaczki) owadów, odpowiadające tym, które są najliczniej reprezentowane w materiale archeologicznym. Pozwala to na ich szybsze porównywanie z wykorzystaniem struktur niewidocznych w przypadku całych osobników. Poszczególne części pozyskane z wcześniej oznaczonych owadów też powinny być odpowiednio spreparowane. Zależnie od ich wielkości można je bezpośrednio nabijać na szpilki entomologiczne lub przykleić do odpowiednich (najczęściej trójkątnych) kartoników, co ułatwi manipulację podczas porównywania pod binokulem.



Ryc. 9. Zbiór porównawczy – szafy wypełnione gablotami z zabezpieczonym na sucho materiałem entomologicznym.
Fot. S. Konwerski

TECHNIKI MIKROSKOPOWE I RENTGENOWSKIE STOSOWANE W ARCHEOENTOMOLOGII

Kluczowe znaczenie przy identyfikacji gatunkowej owadów mają morfologiczne szczegóły budowy chitynowych elementów (np. szczecinki odwłokowe). W związku z tym nieodzownym elementem pracy z materiałami entomologicznymi jest korzystanie z binokularu, mikroskopu świetlnego, a w szczególnych przypadkach również skaningowego mikroskopu elektronowego (ang. *scanning electron microscope*, SEM). O ile w przypadku mikroskopii optycznej wykorzystywane jest światło przechodzące przez zestaw soczewek optycznych, o tyle w mikroskopii skaningowej używa się wiązki elektronów. Dzięki temu możliwe jest rozpoznanie topografii badanych obiektów w skali nano- do mikrometrycznej (ryc. 10).

Innym rodzajem metod coraz częściej stosowanych w entomologii jest obrazowanie oparte na zastosowaniu promieniowania rentgenowskiego, głównie w mikroskali, czyli mikrotomografia lub – w szczególnych przypadkach – mikrotomografia synchrotronowa. Ta ostatnia wykorzystywana jest przede wszystkim przez paleoentomologów do rekonstruowania inkluzji organicznych, w tym owadów znajdujących w bursztynach i kopalach (Johnson i in. 2013; Coty i in. 2014; Jałoszyński i in. 2020). Wynikiem takich badań jest uzyskanie licznych przekrojów (tomogramów) analizowanego obiektu. Tomogramy poddane odpowiedniej obróbce *post processingu* można przekształcić w trójwymiarowy, szczegółowy model obiektu. Tomografia komputerowa może być również stosowana do rekonstrukcji procesów tafonomicznych związanych z aktywnością mikrofauny i flory, zachodzących w odkrywanych strukturach



Ryc. 10. Linka larwalna chrząszcza *Anthrenus* sp. (a). Fot. M. Kadej; obrazowanie SEM szczegółów budowy morfologicznej szczecin larwalnych: harpunowate zakończenia szczecin w typie „hastiseta” (b); szczeciny w typie „spiciseta” (c); przyczepy szczecin (d). Oprac. A. Hałuszko

antropogenicznych bądź wybranych zabytkach (Villagran i in. 2019).

Poza technikami mikroskopowymi i rentgenowskimi, w celu detekcji obecności owadów w materiałach archeologicznych wykorzystywane są także metody chemiczne (głównie chromatograficzne). Jedną z nich jest np. wysokosprawna chromatografia cieczowa (ang. *high-performance liquid chromatography*, HPLC) z powodzeniem stosowana do identyfikacji naturalnych barwników używanych do farbowania tkanin, takich jak np. kwas karminowy uzyskiwany z larw różnych gatunków czerwców (Vanden Berghe 2011).

POTENCJAŁ INFORMACYJNY BADAŃ ARCHEOENTOMOFAUNY (NA PODSTAWIE WYBRANYCH PRZYKŁADÓW)

Kompleksowe badania cmentarzy XIX/XX-wiecznych z terenu Wrocławia takich, jak Nowy Cmentarz Gminy Ewangelicko-Reformowanej, cmentarz św. Doroty II oraz współczesnego cmentarza w Niebończowach, wykazały, że spośród ogółu przebadanych szkieletów u ok. 3,5% osobników zaobserwowano i zabezpieczono do dalszych analiz fragmenty entomofauny (zob. tab. 1). Należy przy tym zaznaczyć,



Ryc. 11. Zachowane szczątki entomofauny funeralnej *in situ* zidentyfikowane na ludzkich szkieletach: liczne bobówki w lewym oczodole (a); bobówki w okolicach podstawy czaszki i łuku jarzmowego (b); prawie niezauważalne fragmenty dorosłych owadów na kości miedniczej (c); liczne zesklebione części dorosłych owadów (d). Fot. A. Hałaszk

że podczas analiz pochówków na starszych cmentarzach nie stwierdzono obecności owadów ani śladów ich żerowania. Podczas ekshumacji ludzkich szczątków na cmentarzu parafialnym w „starych” Nieboczowach pozyskano zbiór 26 prób entomologicznych. Wszystkie zabezpieczone próby to owady lub ich części w różnych stadiach rozwojowych. Z podobną sytuacją zetknięto się podczas badań dawnych wrocławskich cmentarzy. Owady bądź ich części pozyskane do analiz w większości przypadków były umiejscowione na/w tych samych częściach ludzkich szkieletów. Najczęściej były przytwierdzone lub całkowicie wypełniały naturalne otwory i zagłębienia anatomiczne kości (ryc. 11). Odnajdywano je na kościach czaszki, a szczególnie w oczodołach, na wyrostkach podniebiennych kości szczękowych (podniebieniu twardym), w otworach podstawy czaszki oraz wewnątrz czaszki. Często znajdowały

się w otworach kości krzyżowej oraz otworach kręgowych kręgow różnych części kręgosłupa, a także na powierzchni krzyżowo-miednicznej kości biodrowej. Znacznie rzadziej obserwowano występowanie entomofauny na kościach kończyn, poza przypadkami, kiedy doszło do naturalnej mumifikacji części tkanek miękkich. Na podstawie zebranych i oznaczonych gatunkowo fragmentów owadów możliwe będzie przeanalizowanie przyczyn zachowania się ich tylko na części szkieletów. Fragmenty zebrane w trakcie ekshumacji szczątków umożliwią również precyzyjniejsze przyjrzenie się obrządkowi grzebalnemu, który na przestrzeni ponad 150 lat mógł ulec zmianom (por. tab. 1), np. pod kątem dłuższej ekspozycji i wystawiania odsłoniętych zwłok poprzedzających ich pogrzebanie.

Z kolei badania w kryptach (krypta rodu Promnitzów w kościele Wszystkich Świętych w Pszczynie;



Ryc. 12. Sarkofag z Mauzoleum rodu Güttlerów w trakcie eksploracji i pobierania prób przyrodniczych (a); zbliżenie na warstwę wypełniska, w której stwierdzono obecność fragmentów owadów, głównie bobówek (b). Fot. A Hałuszko

krypta północna w Bazylice Podwyższenia Krzyża Świętego w Opolu; Mauzoleum rodu Güttlerów w Złotym Stoku), w których najczęściej dochodzi do naturalnej mumifikacji zwłok, dowodzą, że pozostałości entomologiczne towarzyszyły większości szczątków ludzkich. Przykładowo, spośród ośmiu sarkofagów przebadanych w krypcie rodu Promnitzów w Pszczynie w sześciu odnotowano obecność archeoentomofauny. Z kolei podczas prac inwentaryzacyjno-porządkowych w Mauzoleum rodu Güttlerów, pomimo rozwleczenia i przemieszania szczątków ludzkich oraz znacznego zniszczenia wszystkich sarkofagów, w wypełnisku jednego z nich odkryto kilka fragmentów bobówek (ryc. 12). Podobna sytuacja zaistniała podczas ukraińsko-polskich badań archeologicznych byłego zespołu klasztorного oo. karmelitów trzewickich w Bołszowcach (obw. iwanofrankiński, rej. Halicki). Wśród ogromnej liczby ludzkich kości, wtórnie zdeponowanych w krypcie centralnej, odkryto kilka fragmentów kości wyróżniających się odmiennym stanem zachowania. Na ich powierzchni zachowane były naturalnie zmumifikowane fragmenty tkanek miękkich, a ich zabarwienie było znacznie ciemniejsze (ciemnobrązowe) w porównaniu z pozostałymi kośćmi. Dodatkowo podczas szczegółowych analiz antropologicznych zaobserwowano obecność kilkunastu bobówek, które mieściły się wewnątrz naturalnych otworów kości krzyżowej (ryc. 13). Pomiedzy kolejnymi warstwami kości zalegających w krypcie natknięto się na element mocno zniszczonego sarkofagu, w którym mogły zaistnieć warunki sprzyjające naturalnej mumifikacji złożonych w nim zwłok. Na podstawie zebranych danych

oraz kwerendy źródeł historycznych prawdopodobne jest, że odkryte szczątki z dużą dozą ostrożności można wiązać z osobą fundatora kościoła – hetmanem Marcinem Kazanowskim (Furmanek i in. 2015).

Ciekawym przypadkiem pośredniej obecności entomofauny były ślady żerowania na zachowanych fragmentach czaszek ludzkich, odkrytych w zasypisku studni krypty klasztoru Bernardynów w Jaworze (Hałuszko 2015). Zidentyfikowane zmiany osteologiczne miały wyraźny charakter pseudopatologiczny. Zaobserwowane w kościach czaszki zagłębienia miały zróżnicowaną formę i kształt. Część z nich powstała na skutek uszkodzeń mechanicznych bądź działania kwasów humusowych wytrączanych z zalegającej warstwy materii organicznej (ryc. 14a-b). Szczególną uwagę zwróciła grupa zmian charakteryzująca się okrągłym zarysem oraz wyraźną jaśniejszą otoczką (ryc. 14b-c). Występowały one przede wszystkim w naturalnych zagłębieniach kości czaszki, szczególnie na kościach skroniowych. Ich szczegółowe makro- i mikroskopowe analizy umożliwiły ustalenie ich genezy – prawdopodobnie powstały na skutek żerowania owadów (Gładykowska-Rzeczycka i Parafiniuk 2001; Huchet 2014; Hałuszko 2015; ryc. 14d-f).

Wśród zarejestrowanych obecności entomofauny na szczególną uwagę zasługują znaleziska z kontekstów pradziejowych. Jednym z nich są fragmenty owadów w grobie ciałopalnym kultury łużyckiej z cmentarzyska w Domasławiu (Ablamowicz i Józefowska 2020). Najprawdopodobniej przetrwały one dzięki sąsiedztwu brązowej zapinki harfowej w wyniku impregnacji związkami chemicznymi,



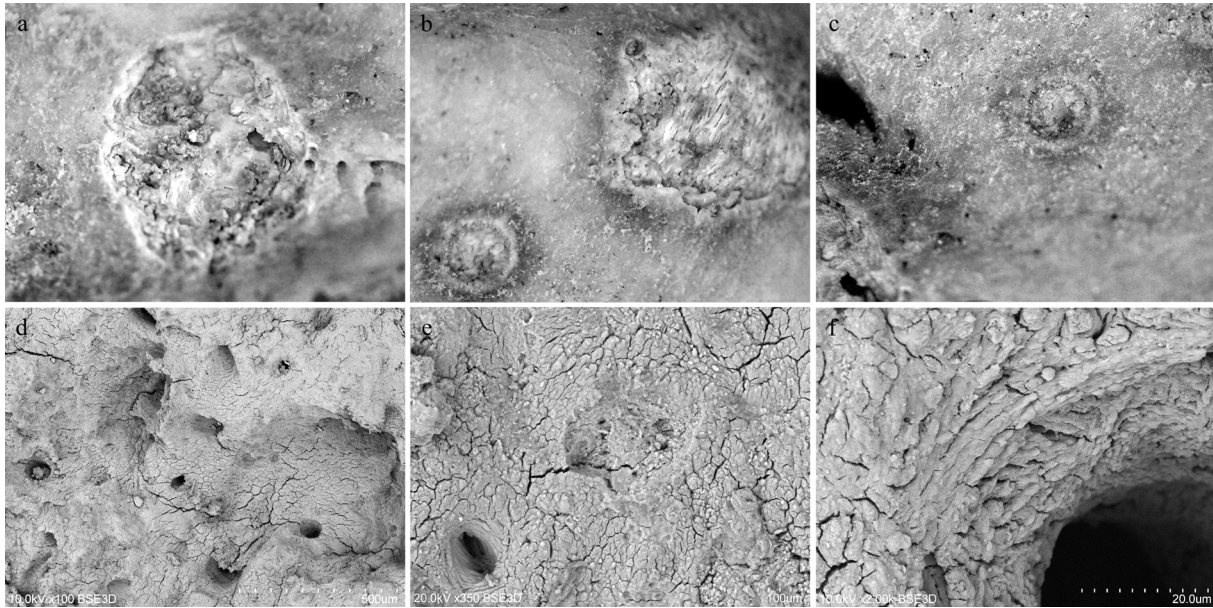
Ryc. 13. Kość krzyżowa odkryta w zasypisku krypty (a) z zachowanymi fragmentami bobówek wypełniających kanał krzyżowy (b) i jeden z otworów krzyżowych (c). Fot. A. Hałuszko

wytrąconymi w procesie pasywacji miedzi zawartej w stopie metali. Odkryte fragmenty owadów były nanizane na źdźbło trawy (ryc. 15), dlatego przypuszczalnie pełniły funkcję dekoracyjną bądź biżuteryjną. Analizy entomologiczne rozpoczęto od badań morfologicznych i wyselekcjonowania kilku najlepiej zachowanych fragmentów owadów do obrazowania SEM. Dzięki temu możliwa była znacznie bardziej precyzyjna dokumentacja diagnostycznych części anatomicznych, niezbędna do identyfikacji gatunkowej (ryc. 15).

Wykorzystywanie owadów bądź ich części do celów zdobniczych czy jubilerskich nie było tylko epizodyczne, znane jest np. z czasów wiktoriańskich (lata 1837-1901). W tej epoce owady były używane zarówno do tworzenia wyszukanej biżuterii, jak i aplikacji (ryc. 16). Najczęściej wykorzystywano gatunki sprowadzane z Ameryki Południowej: *Lamprocyphus augustus*, *Polychalca punctatissima* i Azji Południowej: *Sternocera aequisignata*. Większość z nich odznaczała się metalicznym połyskiem i szmaragdowym kolorem. Również Huculi wykorzystywali do wyrobu biżuterii owady o intensywnej zielonej barwie. Naszyjniki tworzone

z nanizanych na nić kilkunastu osobników kruszczyk z gatunków: *Cetonia aurata* i *Protaetia (Potosia) cuprea* (Moszyński 1939: 908-910, 967; ryc. 17). Według opisu etnograficznego, naszyjniki te były noszone przez dziewczęta w charakterze talizmanów mających zapewnić im powodzenie. Mimo że chrząszcze nasączano gorącym woskiem z dodatkiem oleju lnianego, biżuteria ta była nietrwała i miała charakter sezonowy.

Znaleziska archeoentomofauny nie zawsze mogą być jednoznacznie interpretowane, pomimo znanego kontekstu zalegania i precyzyjnych oznaczeń entomologicznych. Taka sytuacja zaistniała w przypadku fragmentów chrząszcza z rodzaju *Geotrupes* odkrytych w jednej z urn kultury łużyckiej na cmentarzystku we Wtórku, pow. ostrowski. Zachowane szczątki owada wydzielono spośród materiałów osteologicznych podczas przeprowadzania rutynowych analiz antropologicznych. Pierwotnie zalegały pod warstwą ozdób z brązu: bransoleta, zawieszka z kółek, naszyjnik, których obecność mogła się przyczynić do ich „konserwacji”. Wizualnie podobne do nich skarabeusze były czczone w starożytnym Egipcie, a analizy różnych przedmiotów importowanych z basenu



Ryc. 14. Obraz makroskopowy (a-c) zmian na powierzchni kości czaszki odkrytej w zasypisku studni krypty klasztoru Bernardynów w Jaworze wraz z obrazowaniem SEM (d-f) zaobserwowanych pseudopatologii (za: Hałuszko 2015)



Ryc. 15. Fragmenty owadów pełniące funkcję dekoracyjną/biżuteryjną z grobu ciałałpalnego kultury łużyckiej z cmantarzyńska w Domasławiu (a) oraz obrazowanie SEM zachowanego żdźbła trawy, na które nanizano owady (b); przedplecze owada od strony brzusznej (c); przedplecza owadów na żdźbło trawy (d); grzbietowa część przedplecza (e). Fot. i oprac. A. Hałuszko

Morza Śródziemnego potwierdzają kontakty handlowe z tamtymi kulturami, wysnuto więc hipotezę o analogicznym, jubilerskim wykorzystaniu odkrytego chrząszcza, a zarazem nie wykluczono możliwości jego przypadkowego dostania się do urny. Częściowo potwierdzał to przeprowadzony wywiad środowiskowy, zgodnie z którym ponad pół wieku temu w miejscu obecnych pól uprawnych znajdowała się łąka, na której wypasano konie. Takie warunki środowiskowe stanowiły idealne środowisko życia chrząszczy z rodzaju *Geotrupes*. W następstwie tych ustaleń podjęto próbę szczegółowej

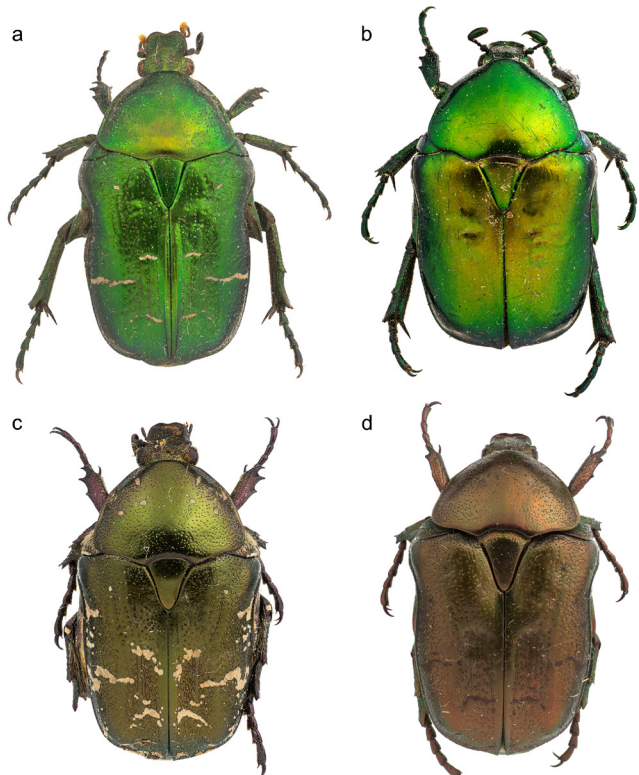
identyfikacji wcześniej zarejestrowanych tuneli i korytarzy w obrazie tomograficznym urn wybranych do badań rentgenodiagnostycznych (ryc. 18).

PODSUMOWANIE

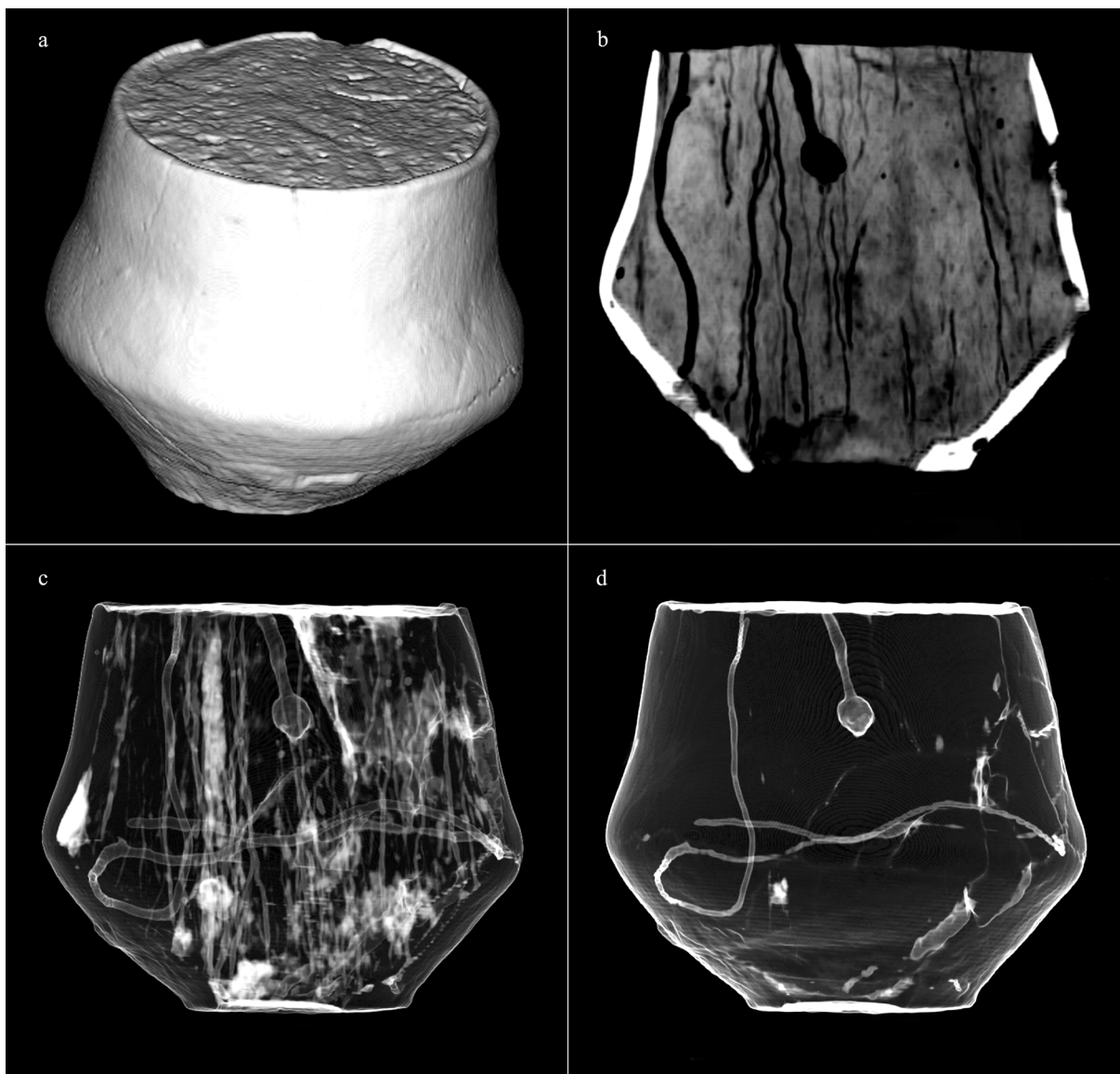
Techniki mikroskopowe stanowią podstawowe narzędzie pracy archeoentomologa i entomologa sądowego, gdyż pozwalają na dokonanie identyfikacji materiałów i przyporządkowanie ich poszczególnym jednostkom taksonomicznym, w tym także



Ryc. 16. Suknia z drugiej połowy XIX w. z aplikacjami z pokryw skrzydłowych chrząszczy z gatunku *Sternocera aeqisignata* oraz szczegóły haftu (ze zbiorów ©Victoria and Albert Museum, London). Wiktoriańska broszka z chrząszczami z gatunku *Polychalca punctatissima*; współcześnie wykonany plemienny naszyjnik z chrząszczami z rodzaju *Megasoma* pochodzący z Guberni Francuskiej (broszka i naszyjnik ze zbiorów prywatnych A. Hałaszk). Fot. M. Mackiewicz



Ryc. 17. Oryginalna rycina ze *Sztuki ludowej Słowian* Kazimierza Moszyńskiego (1939) przedstawiająca gatunki chrząszczy wykorzystywane do tworzenia tradycyjnej biżuterii na Huculszczyźnie; zdjęcia współczesnych owadów: *Cetonia aurata* (a); *Prototia speciosissima* (b); zmienność morfologiczna pokryw *Netocia metallica* (c-d). Fot. M. Kukla



Ryc. 18. Badania CT (tomograficzne) naczynia przystawnego z grobu ciałopalnego kultury lużyckiej we Wtórku: rekonstrukcja 3D skanowanego naczynia (a); tomogram (b); rekonstrukcja VR naczynia z widocznymi tunelami pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (c-d); komora gniazdowa wykonana przez chrząszcza *Geotrupes* sp., bądź komora estywacyjna dżdżownicy oraz korytarz wydrążony przez dżdżownicę (d). Oprac. A. Hałuszko

oznaczenie do poziomu gatunkowego. Obecny poziom zaawansowania techniki pozwala też na tworzenie modułów umożliwiających nie tylko obserwację detali morfologicznych w powiększeniu (binokular, mikroskop świetlny), ale także na dokumentowanie tych szczegółów za pomocą przytwierdzonych do sprzętu mikroskopowego aparatów fotograficznych (ryc. 10a). Nieocenionym źródłem informacji są detale mikrostruktury utrwalone na zdjęciach przy użyciu mikroskopów skaningowych (ryc. 10b-d, 14-15).

Zróznicowanie preferencji ekologicznych poszczególnych gatunków owadów jest ogromne.

Niektóre gatunki wymagają do swojej egzystencji wyższych temperatur, natomiast inne są wskaźnikami środowisk o chłodniejszym klimacie. Niektóre z nich zaadaptowały się do życia w bliskim sąsiedztwie człowieka i stały się gatunkami synantropijnymi (często o znaczącym negatywnym wpływie na gromadzone w ludzkich obejściach dobra, tzw. szkodniki, np. spichrzak surynameński, wołek zbożowy), jeszcze inne wyspecjalizowały się w wykorzystywaniu ludzi jako podstawowego źródła pokarmu (ektopasożyty takie jak wszy, pluskwy i pchły). Podczas gdy jedne gatunki wykazują

Tabela 1. Cmentarze przebadane kompleksowo pod kątem obecności archeoentomofauny nekrofilnej (oprac. A. Hałuszko na podstawie badań własnych)

Lokalizacja, nazwa cmentarza	Chronologia cmentarza	Ogólna liczba analizowanych osobników	Liczba osobników przebadanych pod kątem obecności entomofauny	Liczba osobników z odnotowaną obecnością szczątków owadów	Frekwencja występowania entomofauny
Niebochowy, cmentarz parafialny w „starych” Niebochowach	1865-2016 r.	598	598	26	4,35%*
Wrocław, Nowy Cmentarz Gminy Ewangelicko-Reformowanej	1862-1967 r.	2740	626	15	2,40%*
Wrocław, cmentarz św. Doroty II	1861-1967 r.	562	562	22	3,91%*
Ostrów Wielkopolski, cmentarz przy konkatedrze św. St. Biskupa	XV w.-ok. 1782 r.	89	89	0	0,00%
Wrocław, cmentarz św. Bernardyna	XV w.-ok. 1775 r.	738	738	0	0,00%
Łącznie		4727	2613	63	2,13% (3,55%*)

szerokie zasięgi występowania, inne ograniczone są do niewielkich obszarów, dodatkowo charakteryzują się wąskimi wymaganiami ekologicznymi i zakresem tolerancji odnośnie do czynników środowiskowych. Bezkręgowce pozyskane podczas badań archeologicznych pozwalają biologom znajdować odpowiedzi na pytania o pochodzenie i rozwój regionalnych faun, uzasadnić poglądy na temat tempa ewolucji oraz morfologicznej i ekologicznej stałości gatunków, a także zmian klimatycznych (Kenward 2009).

Precyzyjne oznaczenia gatunków owadów i znajomość ich preferencji ekologicznych może się przyczynić do poznania warunków życia i diety ówczesnych społeczności oraz do zrozumienia podłoża metamorfozy paleośrodowiska pod wpływem czynników antropogenicznych lub klimatycznych. Ponadto mogą stanowić źródło informacji na temat importowanych surowców, starożytnego handlu, podejścia do higieny, etiologii wybranych chorób czy losowych zdarzeń, takich jak np. powódź.

Zaniedbywanie badań archeoentomologicznych stanowi zatem swoistą stratę dla archeologów, ale też biologów. Z tego względu już na etapie prac terenowych wymagana jest należyta staranność, odpowiednie zabezpieczanie materiałów bioarcheologicznych, w tym również archeoentomologicznych. Sukces współpracy pomiędzy archeologami i przyrodnikami wynika ze wzajemnego zrozumienia pytań i oczekiwań

badawczych, a postępy we wspólnej pracy nierzadko mogą przynieść reinterpretację danych. Możliwość ścisłej współpracy między specjalistami tych dwóch naukowych dyscyplin polegającej na tworzeniu trwałych zespołów badawczych, które publikowałyby potem wyniki swoich prac, to w Polsce wciąż ogromny i niewystarczająco wykorzystany naukowy potencjał.

PODZIĘKOWANIA

Szczególne podziękowania składamy Michałowi Kukli (Uniwersytet Wrocławski) za pomoc w przygotowaniu zdjęć owadów (ryc. 1-2, 3a, 17a-d). Maksymowi Mackiewiczowi za pomoc w przygotowaniu zdjęć i uwagi merytoryczne. Panom prof. Bogusławowi Gedidze (Polska Akademia Nauk), Grzegorzowi Gmyrkowi (Usługi Archeologiczne, Kalisz), dr. Mirosławowi Furmankowi (Uniwersytet Wrocławski) oraz Sławomirowi Kulpie (Muzeum w Wodzisławiu Śląskim) za udostępnienie materiałów do badań. Teresie Tarnawskiej dziękujemy za konsultację językową. Panu dr. Wojciechowi Gilowi (Uniwersytet Wrocławski) za pomoc w przygotowaniu obrazowania SEM. Badania CT i obrazowanie SEM przeprowadzono w wyniku realizacji projektu badawczego o nr UMO-2018/29/N/HS3/00887 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

LITERATURA

- Ablamowicz, R., Józefowska, A. 2020. Wyroby z surowców pochodzenia zwierzęcego z cmentarzyska z epoki żelaza z Domasławia 10/11/12, gm. Kobierzyce, (w:) B. Gediga, A. Józefowska (red.), *Cmentarzysko wczesnej epoki żelaza w Domasławiu 10/11/12, powiat wrocławski*, tom V: Opracowania specjalistyczne, Wrocław, 227–233.
- Andrews, C. 1994. *Amulets of ancient Egypt*. London.
- Beutel, R.G., Friedrich, F., Ge, S-Q., Yang, X-K. 2014. *Insect morphology and phylogeny*. Berlin-Boston.
- Buckland, P.C. 1976. The use of insect remains in the interpretation of archaeological environments, (w:) D.A. Davidson, M.L. Shackley (red.), *Geoarchaeology. Earth Science and the Past*. Duckworth. London, 369–396.
- Bunalski, M. 2005. Szczątki żuków (Coleoptera: Scarabaeoidea) w materiałach archeoentomologicznych z Wrześnicy na Pomorzu Zachodnim. *Wiadomości Entomologiczne* 24(3): 165–174.
- Bunalski, M., Rączkowski, W. 1998. Materiały archeoentomologiczne ze stanowiska we Wrześnicy (gmina Sławno) i próba ich wykorzystania w archeologii, (w:) M. Dworaczek, P. Krajewski, E. Wilgocki (red.), *XII Sesja Pomoroznawcza. Acta Archaeologica Pomeranica* 1. Szczecin, 195–198.
- Carrott, J., Kenward, H. 2001. Species Associations Among Insect Remains from Urban Archaeological Deposits and their Significance in Reconstructing the Past Human Environment. *Journal of Archaeological Science* 28: 887–905.
- Codreanu-Windauer, S., Bartel, A. 2002. Spindle, Whorl, Pot - a remarkable group of grave goods from Pfakofen, Lkr. Regensburg, Bavaria. *Lucerna* 23: 17–27.
- Coope, G.R. 1977. Quaternary Coleoptera as aids in the interpretation of environmental history, (w:) F.W. Shotton (red.), *British Quaternary Studies: Recent Advances*. Oxford, 55–68.
- Coope, G.R. 1986. Coleoptera analysis, (w:) B.E. Berglund (red.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. New York, 703–713.
- Coope, G.R. 1990. The invasion of northern Europe during the Pleistocene by mediterranean species of Coleoptera, (w:) F. di Castri, A.J. Hansen, M. Debussche (red.), *Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. Dordrecht, 203–215.
- Coty, D., Aria, C., Garrouste, R., Wils, P., Legendre, F., Nel, A. 2014. The first ant-termite syninclusion in amber with CT-scan analysis of taphonomy. *PloS one*, 9(8), e104410.
- Fägerström, C., Buckland, P., Lemdahl, G., Karsten, P., Lagerås, P., Manhag, A. 2020. Insects and other invertebrate remains from the coffin of a 17th century bishop in Lund Minster, S Sweden. *Journal of Archaeological Science: Reports* 31: 102299.
- Forbes, V., Dussault, F., Bain, A. 2014. Archaeoentomological Research in the North Atlantic: Past, Present, and Future. *Journal of the North Atlantic* 26: 1–24.
- Forbes, V., Huchet, J.-B., Knecht, R. 2019. The Archaeoentomology of a conflict scene: blow-flies and ectoparasites from pre-contact (16-17th c.a.d.) Yup'ik Nunalleq, Alaska. *The 16th European Association Forensic for Entomology (EAFE) & The 3rd International Conference in Funerary Archaeo-Entomology (ICFAE) meetings, June 5-8, 2019 in Bordeaux, France* (abstract to oral presentation).
- Furmanek, M., Hałaszk, A., Holik, W., Konczewski, P., Kulpa, S., Mackiewicz, M., Melnychuk, O., Tkachuk, T. 2015. Długie dzieje wzgórza klasztorne w Bolszowcach (Ukraina). Przegląd najważniejszych wyników badań archeologicznych z lat 2006-2011. *Śląskie Sprawozdania Archeologiczne* 57: 307–323.
- Gaudio, D., Betto, A., Vanin, S., De Guio, A., Galassi, A., Cattaneo, C. 2013. Excavation and Study of Skeletal Remains from a World War I Mass Grave. *International Journal of Osteoarchaeology* 25(5): 585–592.
- Giordani, G., Tuccia, F., Floris, I., Vanin, S. 2018. First record of *Phormia regina* (Meigen, 1826) (Diptera: Calliphoridae) from mummies at the Sant' Antonio Abate Cathedral of Castelsardo, Sardinia, Italy. *PeerJ* DOI: 10.7717/peerj.4176.
- Gładykowska-Rzeczycka, J.J., Parafiniuk, M. 2001. Atypical cranial vault and cervical vertebrae lesions caused by insects. *Journal of Paleopathology* 13: 75–78.
- Good, I. 2002. *The Archaeology of Early Silk. Silk Roads, Other Roads: Proceedings of the 8th Biennial Symposium of the Textile Society of America, September 26-28, 2002*. Northampton.
- Grabda, E. (red.), 1985. *Zoologia, bezkręgowce. Tom 2, część 2*. Warszawa.
- Grimaldi, D., Engel, M.S. 2005. *Evolution of the Insects (Cambridge Evolution Series) 1st Edition*. Cambridge.
- Gu, J., Li, Q., Chen, B., Xu, C., Zheng, H., Zhou, Y., Peng, Z., Hu, Z., Wang, B. 2019. Species identification of *Bombyx mori* and *Antheraea pernyi* silk via immunology and proteomics. *Scientific Reports* 9(1): 1–11.
- Hałaszk, A. 2015. Ludzkie szczątki kostne z zasypiska studni krypty klasztoru bernardynów w Jaworze, (w:) A. Muła (red.), *Średniowieczna studnia klasztoru bernardynów w Jaworze*. Jawor, 145–156.
- Henríquez-Valido, P., Morales, J., Vidal-Matutano, P., Moreno-Benítez, M., Marchante-Ortega, A., Rodríguez-Rodríguez, A., Huchet, J.-B. 2020. Archaeoentomological indicators of long-term food plant storage at the Prehispanic granary of La Fortaleza (Gran Canaria, Spain). *Journal of Archaeological Science* 120: 105179.
- Hofmann-de Keijzer, R. 2016. Dyeing (w:) K. Grömer (red.), *The Art of Prehistoric Textile Making: The development of craft traditions and clothing in Central Europe*. Wien, 140–169.

- Huchet, J.-B. 1996. L'archéontomologie funéraire: Une approche originale dans l'interprétation des sépultures. *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris* 8: 289–302.
- Huchet, J.-B. 2014. Insect remains and their traces: relevant fossil witnesses in the reconstruction of past funerary practices. *Anthropologie* 52(3): 329–346.
- Huchet, J.-B. 2017a. Insectes et archéologie. *Les Nouvelles de l'archéologie* 148: 40–44.
- Huchet, J.-B. 2017b. Archéontomologie et archéoparasitologie d'unemomie égyptienne. *Technè* 44: 79–83.
- Huchet, J.B., Callou, C., Lichtenberg, R., Dunand, F. 2013. The dog mummy, the ticks and the louse fly: archaeological report of severe ectoparasitosis in Ancient Egypt. *International Journal of Paleopathology* 3(3): 165–175.
- Huchet, J.-B., Greenberg, B. 2010. Flies, Mochicas and burial practices: a case study from Huaca de la Luna, Peru. *Journal of Archaeological Science* 37: 2846–2856.
- Jach R., Knutelski S., Uchman A., Hercman H., Dohnalik M. 2018. Subfossil markers of climate change during the Roman Warm Period of the late Holocene. *The Science of Nature* 105: 6.
- Jałoszyński, P., Luo, X.Z., Hammel, J.U., Yamamoto, S., Beutel, R.G. 2020. The mid-Cretaceous† *Lepiceratus* Gen. nov. and the Evolution of the Relict Beetle Family Lepiceridae (Insecta: Coleoptera: Myxophaga). *Journal of Systematic Palaeontology*, 1127–1140.
- Johnson, A., Archer, M., Leigh-Shaw, L., Brown, M., O'Donnell, C., Wallman, J. 2013. Non-invasive visualisation and volume estimation of maggot masses using computed tomography scanning. *International journal of legal medicine* 127(1): 185–194.
- Kaczorowska, E., Draber-Mońko, A. 2014. *Wprowadzenie do entomologii sądowej*. Gdańsk, 292.
- Kenward, H. 2009. *Northern Regional Review of Environmental Archaeology: Invertebrates in Archaeology in the North of England*. Northern Regional Review of Environmental Archaeology, Research Department Report Series 12-2009.
- Kirgis, P., Bou, C., Lemaitre, S., Thomas, A., Huchet, J.-B. 2019. Contribution of Archaeoentomology, Archaeoparasitology and 3D reconstruction to the study of Prehispanic human mummies. *The 16th European Association Forensic for Entomology & The 3rd International Conference in Funerary Archaeo-Entomology (ICFAE) meetings, June 5-8, 2019 in Bordeaux, France* (abstract to oral presentation).
- Kirillova, I.V., Argant, J., Lapteva, E.G., Korona, O.M., Van der Plicht, J., Zinovyev, E.V., Kotoy, A.A., Chernova, O.F., Fadeeva, E.O., Baturina, O.A., Kabiloy, M.R., Shidlovskiy, F.K., Zanina, O.G. 2016. The diet and environment of mammoths in North-East Russia reconstructed from the contents of their feces. *Quaternary International* 406: 147–161.
- Klucze do oznaczania owadów Polski. Warszawa-Wrocław (1954-2016).
- Konwerski, S. 2013. Analiza entomologiczna materiałów zebranych w trakcie badań archeologicznych przeprowadzonych na Ostrowie Tumskim w Poznaniu przy ul. Posadzego 5, (w:) H. Kóčki-Krenz (red.), *Poznań we wczesnym średniowieczu, tom VIII*, Poznań.
- Konwerski, S. 2017. IV. 3. Wyniki analizy archeoentomologicznej, (w:) M. Majewski, K. Stań (red.), *Archeologia Stargardu – badania na Rynku Staromiejskim*. Stargard, 239–244.
- Mazar, A., Panitz-Cohen, N. 2007. It is the Land of Honey: Beekeeping at Tel Rehov. *Near Eastern Archaeology* 70(4): 202–219.
- Millar, I.M., Uys, V.M., Urban, R.P. (red.), 2000. *Collecting and preserving insects and arachnids. A manual for entomology and arachnology*. Pretoria, 105.
- Moret, P. 1998. Archeoentomology, insects in help of History. *Revue de Médecine Vétérinaire* 149(11): 995–998.
- Moszyński, K. 1939. *Kultura ludowa Słowian: Kultura duchowa, część II, zesz. II*. Kraków.
- Osborne, J. 1969. An insect fauna of late Bronze Age date from Wilsford, Wiltshire. *Journal of Animal Ecology* 38: 555–566.
- Panagiotakopulu, E. 2019. Fish for grain? Archaeoentomological research and emerging patterns of exchange. *AmS-Skrifter* 27: 93–105.
- Panagiotakopulu, E., Buckland, P.C. 1991. Insect pests of stored products from late Bronze Age Santorini, Greece. *Journal of stored Product Research* 27: 179–184.
- Panagiotakopulu, E., Buckland, P.C. 2018. Early invaders: farmers, the granary weevil and other uninvited guests in the Neolithic. *Biological Invasions* 20: 219–233.
- Panagiotakopulu, E., Buckland, P.C., Day, P.M., Doulas, C., Sarpaki, A., Skidmore, P. 1997. A lepidopterous cocoon from Thera and evidence for silk in the Aegean Bronze Age. *Antiquity* 71(272): 420–429.
- Panagiotakopulu, E., Buckland, P.C., Kemp, B. 2010. Underneath ranefer's Floors – urban environments on the desert edge. *Journal of Archaeological Science* 37: 474–481.
- Panagiotakopulu, E., Buckland, P.C., Wickler, S. 2018. Is there anybody in there? Entomological evidence from a boat burial at Øksnes in Vesterålen, northern Norway. *PLoS ONE* 13(7): e0200545.
- Panagiotakopulu, E., Higham, T., Sarpaki, A., Buckland, P.C., Doulas, C. 2013. Ancient pests: the Season of the Santorini minoan volcanic eruption and a date from insect chitin. *Naturwissenschaften* 100(7): 683–689.
- Poliński, W. (red.), 1923. *Podręcznik do zbierania i konserwowania zwierząt należących do fauny polskiej. Zeszyt 5. Owady*. Warszawa, 160.
- Porch, N., Kershaw, A.P. 2010. Comparative AMS 14C dating of plant macrofossils, beetles and pollen preparations from two late Pleistocene sites in southeastern Australia. *Altered Ecologies: Fire, Climate and Human Influence on Terrestrial Landscapes. Terra Australis* 32: 395–403.

- Pradelli, J., Rossetti, C., Tuccia, F., Giordani, G., Licata, M., Birkhoff, J.M., Verzeletti, A., Vanin, S. 2019. Environmental necrophagous fauna selection in a funerary hypogeal context: The putridarium of the Franciscan monastery of Azzio (northern Italy). *Journal of Archaeological Science: Reports* 24: 683–692.
- Rast-Eicher, A. 2016. *Fibres. Microscopy of Archaeological Textiles and Furs*. Budapest.
- Renfrew, C., Bahn, P. G. 2012. *Archaeology: theories, methods and practice*. 6th ed. London.
- SCIO 2020. *Archaeological findings provide key proof of Chinese civilization origin*, http://english.scio.gov.cn/in-depth/2020-05/08/content_76019389.htm, dostęp: 08.05.2020.
- Solari, A., Pessis, A.M., Martin, G., Barbosa, F., Da Silva S.F.S.M. 2019. A case study: Termites as natural agents of postdepositional taphonomic alterations in a prehistoric human skeleton from a Middle Holocene archaeological site, Toca do Enoque (Piauí, Brazil). *The 16th European Association Forensic for Entomology (EAFE) & The 3rd International Conference in Funerary Archaeo-Entomology (ICFAE) meetings, 5-8 June, 2019 – Université de Bordeaux (Bordeaux, France)* (abstract to oral presentation).
- Stegmaier, G.E.R.D. 2009. Zur Bedeutung entomologischer Untersuchungen für die interpretation prähistorischer Grabfunde. *Restaurierung und Archäologie* 2: 111–121.
- Stork, N.E. 2018. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? *Annual Review of Entomology* 63(1): 31–45.
- Sutton, M.Q. 1995. Archaeological aspects of insect use. *Journal of Archaeological Method and Theory* 2(3): 253–298.
- Szadziewski, R. 2012. Gromada: owady właściwe – Insecta s. str. (owady jawnoszczękie – Ectognatha), (w:) Cz. Błaszak (red.), *Zoologia. 2, Stawonogi. Cz. 2, Tchawkodyszne*. Warszawa, 109–131.
- Szadziewski, R., Gilka, W. 2012. Rząd: muchówki – Diptera, (w:) Cz. Błaszak (red.), *Zoologia. 2, Stawonogi. Cz. 2, Tchawkodyszne*. Warszawa, 390–418.
- Tomaszewska, K. 2015. Szczątki roślinne z badań archeologicznych przy ul. św. Idziego na Ostrowie Tumskim we Wrocławiu, (w:) A. Limisiewicz, A. Pankiewicz (red.), *Kształtowanie się grodu na wrocławskim Ostrowie Tumskim. Badania przy ul. św. Idziego*. Wrocław, 415–419.
- Upton, M.S., Mantle, B.L. 2010. *Methods for collecting, preserving and studying insects and other terrestrial arthropods*. Canberra.
- Vanden Berghe, I. 2011. Dye Analysis of Archaeological Textile Objects, (w:) J. Banck-Burgess, C. Nübold (red.), *Proceedings of The North European Symposium for Archaeological Textiles (NESAT) XI*. Esslingen am Neckar, 57–62.
- Vanin, S., Huchet, J.-B. 2017. Forensic Entomology and Funerary Archaeoentomology, (w:) E.M.J. Schotsmans, N. Márquez-Grant, S.L. Forbes. (red.), *Taphonomy of Human Remains: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment: Forensic Analysis of the Dead and the Depositional Environment*, 167–186.
- Villagran, X.S., Strauss, A., Alves, M., Oliveira, R.E. 2019. Virtual micromorphology: The application of micro-CT scanning for the identification of termite mounds in archaeological sediments. *Journal of Archaeological Science: Reports* 24: 785–795.
- Wanat, M. 2012. Rząd: chrząszcze – Coleoptera, (w:) Cz. Błaszak (red.), *Zoologia. 2, Stawonogi. Cz. 2, Tchawkodyszne*. Warszawa, 257–305.

