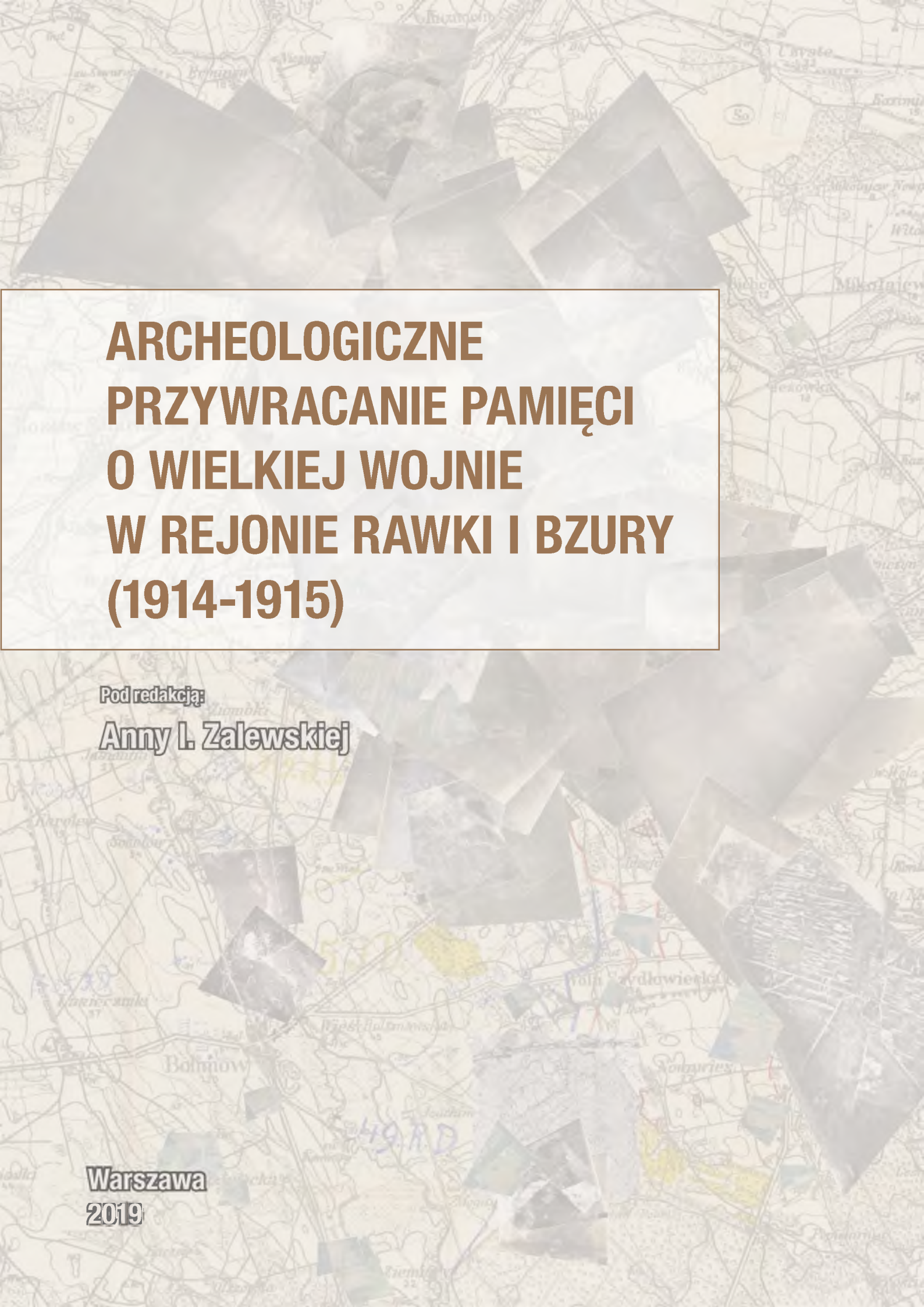


**ARCHEOLOGICZNE
PRZYWRACANIE PAMIĘCI
O WIELKIEJ WOJNIE
W REJONIE RAWKI I BZURY
(1914-1915)**

Pod redakcją:

Anny I. Zalewskiej



ARCHEOLOGICZNE PRZYWRACANIE PAMIĘCI O WIELKIEJ WOJNIE W REJONIE RAWKI I BZURY (1914-1915)

Pod redakcją:

Anny I. Zalewskiej

Warszawa
2019

Książkę opiniowała do druku Komisja Wydawnicza IAE PAN w składzie:

dr hab. Andrzej Janeczek, prof. IAE PAN (przewodniczący);
dr hab. Kamila Baraniecka-Olszewska, prof. IAE PAN; prof. dr hab. Mirosława Drozd-Piasecka;
dr hab. Dariusz Główka, prof. IAE PAN; prof. dr hab. Iwona Kabzińska; prof. dr hab. Andrzej Klonder;
dr Małgorzata Mogielnicka-Urban; dr Maciej Trzeciecki
oraz recenzenci zewnętrzni:
dr Paweł Brudek; prof. dr hab. Marian Głosek; dr hab. Piotr Strzyż, prof. UŁ

Koncepcja i redakcja naukowa:

Anna I. Zalewska

Redakcja i korekta:

Dorota Cyngot

Autorzy:

Damian Bednarczyk (17); Zdzisław Bełka (22); Paulina Borówka (23); Andrzej Chałas (6); Dorota Cyngot (8, 9, 20);
Jacek Czarnecki (2, 12); Szymon Domagała (7); Stanisław Kaliński (3, 4, 15, 19); Krzysztof Karasiewicz (16);
Małgorzata Karczewska (24); Grzegorz Kiarszys (10, 11, 25, 26); Tomasz Konopka (21); Justyna Marchewka (21-23);
Natalia Mucha (21); Włodzimierz Rączkowski (11); Jarosław Rostkowski (14); Dominik Strapagiel (23);
Anna Szarlip-Mysliwiec (21); Maciej Śliwakowski (6); Grzegorz Śnieżko (18); Marta Wardas-Lasoń (22);
Piotr Wroniecki (13); Jakub Wrzosek (16); Anna I. Zalewska (1, 2, 5, 20, 25, 26)

Publikacja została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Nauki
przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/10/E/HS3/00406 na realizację projektu pt.
Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie. Materialne pozostałości życia i śmierci w okopach
na froncie wschodnim oraz stan przemian krajobrazu pobitewnego w rejonie Rawki i Bzury (1914-2014)
(nr 2013/10/3/00406)



NARODOWE CENTRUM NAUKI

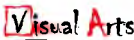
Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej książki nie może być powielana
ani rozpowszechniana za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających
i innych – bez pisemnej zgody autorów i wydawcy.

© Copyright by Anna I. Zalewska, individual authors
and Instytut Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk

Wydanie I
Warszawa 2019

ISBN 978-83-66463-01-1

Skład i łamanie:

 Visual Arts biuro@v-arts.pl

Druk:
Soft Vision



Wydawnictwo Instytutu Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk
Al. Solidarności 105, 00-140 Warszawa
www.iaepan.edu.pl

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
1. Kontekst, cele, zadania, zakres i metody archeologicznego przywracania pamięci o Wielkiej Wojnie w rejonie Rawki i Bzury	9
<i>Anna I. Zalewska</i>	
Część I. PRZYWRACANIE PAMIĘCI O WIELKIEJ WOJNIE NAD RAWKĄ I BZURĄ	25
2. ...Zastój na całej linii. Historia przejścia od wojny manewrowej do pozycyjnej na przyczółku bolimowskim (1914/1915)	27
<i>Anna I. Zalewska, Jacek Czamecki</i>	
3. Od powołania do listy strat. Żołnierze armii niemieckiej i rosyjskiej w bitwie nad Rawką i Bzurą	43
<i>Stanisław Kaliński</i>	
4. Wojna minowa w bitwie nad Rawką i Bzurą	81
<i>Stanisław Kaliński</i>	
5. Historia użycia przez armię niemiecką broni masowego rażenia (<i>Massenwirkung</i>) w rejonie Rawki i Bzury w styczniu 1915 roku	99
<i>Anna I. Zalewska</i>	
6. Poszukiwanie śladów użycia substancji drażniących. Analiza próbek z rejonu walk prowadzonych w czasie I wojny światowej w okolicach Bolimowa	113
<i>Maciej Śliwakowski, Andrzej Chałas</i>	
7. Badanie stanu przemian krajobrazu w rejonie Rawki i Bzury jako element przywracania pamięci o Wielkiej Wojnie	117
<i>Szymon Domagała</i>	
Część II. ARCHEOLOGIA W PROCESIE PRZYWRACANIA PAMIĘCI O I WOJNIE ŚWIATOWEJ	135
8. Rejon walk nad Rawką i Bzurą: charakterystyka przyrodnicza obszaru badań archeologicznych	137
<i>Dorota Cyngot</i>	
9. Stan badań archeologicznych przed podjęciem realizacji projektu Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie w rejonie Rawki i Bzury	143
<i>Dorota Cyngot</i>	
10. Zastosowanie lotniczego skanowania laserowego w projekcie Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie	155
<i>Grzegorz Kiarszys</i>	
11. Analizy fotografii lotniczych: identyfikowanie reliktyw I wojny światowej w rejonie Rawki i Bzury	171
<i>Grzegorz Kiarszys, Włodzimierz Rączkowski</i>	
12. Archiwalne zdjęcia zwiadowcze – rozpoznanie lotnicze oraz rola samolotów w czasie bitwy nad Rawką i Bzurą 1914-1915	181
<i>Jacek Czamecki</i>	
13. Badania geofizyczne na wybranych stanowiskach w rejonie Rawki i Bzury	197
<i>Piotr Wroniecki</i>	

Część III. ŻYCIE W OKOPACH I JEGO MATERIALNE POZOSTAŁOŚCI (1914-1915)	213
14. Sylwetka żołnierza armii Imperium Rosyjskiego znad Rawki i Bzury (1914-1915) z uwzględnieniem zabytków archeologicznych	215
<i>Jarosław Rostkowski</i>	
15. Feldgrau. Umundurowanie i wyposażenie żołnierza niemieckiej piechoty na polu bitwy nad Rawką 1914-1915 z uwzględnieniem znalezisk archeologicznych	239
<i>Stanisław Kaliński</i>	
16. Amunicja strzelecka z badań archeologicznych pozostałości frontu nad Rawką i Bzurą (1914-1915). Próba analizy	261
<i>Krzysztof Karasiewicz, Jakub Wrzosek</i>	
17. Bagnety używane w I wojnie światowej na froncie wschodnim przez żołnierzy armii rosyjskiej i niemieckiej w latach 1914-1915 w rejonie Rawki i Bzury. Uwagi wstępne	277
<i>Damian Bednarczyk</i>	
18. Dewocjonalia z pola bitwy I wojny światowej nad Rawką i Bzurą	288
<i>Grzegorz Śnieżko</i>	
19. „Dziś wieczorem idziemy do okopów”. Niemiecka poczta polowa (Feldpost) w bitwie nad Rawką i Bzurą.	299
<i>Stanisław Kaliński</i>	
Część IV. MATERIALNE POZOSTAŁOŚCI ŚMIERCI NA POLU BITWY	315
20. Problem masowej śmierci i (nie)obecności miejsc spoczynku żołnierzy poległych w rejonie Rawki i Bzury w latach 1914-1915.	317
<i>Anna I. Zalewska, Dorota Cyngot</i>	
21. Szczątki kostne poległych znad Rawki i Bzury. Wyniki analiz antropologicznych i medyczno-sądowych.	325
<i>Justyna Marchewka, Tomasz Konopka, Anna Szarlip-Myśliwiec, Natalia Mucha</i>	
22. Badania składu izotopowego strontu i składu pierwiastkowego szczątków żołnierzy poległych podczas I wojny światowej (1914-1915) nad Rawką i Bzurą.	343
<i>Justyna Marchewka, Zdzisław Bełka, Marta Wardas-Lasoń</i>	
23. Badania genetyczne (DNA) wybranych prób szczątków żołnierzy poległych w wyniku działań wojennych 1914-1915 nad Rawką i Bzurą	349
<i>Justyna Marchewka, Dominik Strapagiel, Paulina Borówka</i>	
24. Cmentarze Wielkiej Wojny na terenie pola bitwy nad Rawką i Bzurą na podstawie materiałów niemieckiego Ministerstwa Spraw Zagranicznych oraz Volksbund Deutsche Kriegsgräberfürsorge e.V. z lat 1923-1939.	355
<i>Małgorzata Karczewska</i>	
25. Poszukiwanie cmentarzy wojennych w rejonie Rawki i Bzury poprzez korelowanie danych archiwalnych, kartograficznych, teledetekcyjnych i archeologicznych	387
<i>Anna I. Zalewska, Grzegorz Kiarszys</i>	
26. Cmentarze i mogiły wojenne zlokalizowane w wyniku Archeologicznego Przywracania Pamięci o Wielkiej Wojnie w rejonie Rawki i Bzury w aktualnych granicach gmin Bolimów, Nieborów, Nowa Sucha i Wiskitki	403
<i>Anna I. Zalewska, Grzegorz Kiarszys</i>	
ARCHAEOLOGY OF THE EASTERN FRONT OF WORLD WAR I. SUMMARY. ARCHEOLOGIA FRONTU WSCHODNIEGO I WOJNY ŚWIATOWEJ. PODSUMOWANIE.	409
<i>Anna I. Zalewska</i>	

Projekt „Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie. Materialne pozostałości życia i śmierci w okopach Wielkiej Wojny w rejonie Rawki i Bzury” (akronim: APP) to zrealizowane w latach 2014-2018 badania naukowe i prospołeczne działania kulturotwórcze. To też kontekst dążeń do spełnienia trzech zasadniczych celów:

- (1) przywrócenie pamięci o froncie wschodnim I wojny światowej;
- (2) wzbogacenie wiedzy o życiu i śmierci żołnierzy w okopach;
- (3) zaktualizowanie wyobrażeń o specyfice, znaczeniach i następstwach działań zbrojnych, jakie miały miejsce w rejonie nad Rawką i Bzurą przed stu laty.

Wraz z Zespołem powołanym do realizacji projektu APP oraz zaproszonymi do współpracy specjalistami i podwykonawcami, w wyniku realizacji założonych (oraz nadprogramowych względem założonych wyjściowo) celów i zadań, zebraliśmy znacznie więcej danych, materiałów, znalezisk niż pierwotnie zakładaliśmy. W efekcie, nie zdołaliśmy pomieścić omówienia całości wyników badań APP w jednej publikacji. Dlatego zdecydowaliśmy się zaprezentować te wyniki trójtorowo, w trzech odrębnych książkach. Wątki i zagadnienia zawarte w publikacjach, artykułach (w tym wąskoaspektywnych, specjalistycznych publikacjach naukowych) i opracowaniach APP przeplatają się i dopełniają.

W pierwszej z serii książkowych publikacji stanowiących wynik naszych dotychczasowych badań, zatytułowanej „Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie w rejonie Rawki i Bzury (1914-1915)” prezentujemy treści stanowiące artikulację realizacji dwóch celów, tj.: przywracania pamięci o froncie wschodnim I wojny światowej we współczesności oraz wzbogacania wiedzy o życiu i śmierci żołnierzy w okopach tej wojny. Punkt wyjścia stanowi zarys kontekstu historycznego i społecznego działań wojennych, które toczyły się od grudnia 1914 do lipca 1915 r. w rejonie Rawki i Bzury (część I). Następnie, szkicujemy najciekawsze, jak sądzimy, założenia, metody, działania i wnioski archeologicznego procesu poznawczego odnoszące się do materialnych pozostałości wojennych wydarzeń sprzed stu lat. Prezentujemy kontekst poznawczy, cele, uwarunkowania metodyczne i metodologiczne oraz oczekiwania społeczne i wymagania konserwatorskie, które złożyły się na archeologiczne przywracanie pamięci o wydarzeniach z czasu Wielkiej Wojny (część II).

Następnie, prezentujemy to, co po tych wydarzeniach pozostało w sensie materialnym – na wybranych najbardziej w naszej opinii sugestywnych przykładach kategoriach zabytków ruchomych oraz zabytków nieruchomych. Re-prezentując obecność materialnych pozostałości wydarzeń czasu wojny, kładziemy nacisk na szczególnie ciekawe z obranej perspektywy wyniki badań archeologicznych, historycznych i antropologicznych, które postrzegamy jako istotne w procesie roz-poznawania obrazów życia (część III) i śmierci (część IV) w okopach Wielkiej Wojny poprzez materialne pozostałości. Wątki (z) pamięci materii i biografii (w tym osteobiografii i biografii krajobrazu pobojo-wiska) staramy się wpleść na nowo w historię ludzi i rzeczy (za)angażowanych w działania wojenne, by w wyniku realizowanych w ten sposób praktyk materialno-dyskursywnych podtrzymać pamięć o zagarniętych przez wojnę ludziach i rzeczach. Ku przestrodze.

Staramy się przy tym ukazać zarówno wartości poznawcze, jak i społeczne materialnych nośników pamięci mówiących o trudnej przeszłości. Dlatego w części stanowiącej podsumowanie obrazujemy kompleksowe wyniki archeologicznego przywracania pamięci o I wojnie z nadzieją, że zostaną po-traktowane jako istotne argumenty przemawiające za wartością historyczną, poznawczą i społeczną fenomenów, które uczyniliśmy przedmiotem badań. Treści tego dotyczące zawarliśmy w niniejszej publikacji. Do jej powstania przyczynili się Członkowie Zespołu powołanego do realizacji projektu oraz zaproszeni do współpracy Autorzy.

Kolejna publikacja, w której zaprezentowane zostały wyniki archeologicznego przywracania pamięci o Wielkiej Wojnie, stanowi dopełnienie procesu realizacji jednego z trzech kluczowych celów archeologicznego przywracania pamięci o Wielkiej Wojnie, a mianowicie dążenia do (z) aktualizowania wyobrażeń o specyfice, znaczeniach i następstwach działań zbrojnych, jakie miały miejsce w rejonie Rawki i Bzury przed stu laty. Ta publikacja, autorstwa piszącej te słowa oraz Jacka Czarneckiego i Grzegorza Kiarszysa, nosi tytuł „Krajobraz Wielkiej Wojny. Front nad Rawką i Bzurą (1914-1915) w świetle teledetekcji archeologicznej i źródeł historycznych” (Zalewska, Czarnecki, Kiarszys, Warszawa 2018-2019). Ponieważ zawarte w niej treści stanowią wynik badawczych działań nadprogramowych wywołanych niespodziewanym odnalezieniem zbioru unikatowych, dotychczas nie poddawanych żadnej analizie, lotniczych fotografii pola bitwy w rejonie Rawki i Bzury, wykonanych

w roku 1914, publikacja została przygotowana do druku wysiłkiem i przy wsparciu finansowym Fundacji Przydrożne Lekcje Historii we współpracy z Wydawnictwem Instytutu Archeologii i Etnologii PAN. W publikacji tej skupiamy uwagę Czytelnika na specyfice i potencjale danych teledetekcyjnych i badań nieinwazyjnych, podkreślając ich wielką wartość dla działań poznawczych, społecznych i konserwatorskich – jako pomocnych w dążeniu do konserwacji *in situ* oraz w realizacji dyrektyw konserwacji zapobiegawczej, również w odniesieniu do dziedzictwa nieodległej przeszłości. Dlatego właśnie w finalnej części publikacji na temat „krajobrazu wojny” zawarliśmy podsumowanie argumentów, które dają podstawę do świadomego i odpowiedzialnego wytypowania obszaru spełniającego zarówno wymagania formalne stawiane wielkoobszarowemu stanowisku archeologicznemu”, jak i strefie o walorach „pomnika historii”. Towarzyszy nam przekonanie, że dzięki tej i tego typu publikacjom, materialne pozostałości Wielkiej Wojny będą bardziej niż dotychczas refleksyjnie i świadomie postrzegane – przez lokalnych mieszkańców, ale także m.in. krajoznawców, historyków, pamięcioznawców, kulturoznawców, antropologów, przyrodników, leśników, ekologów i oczywiście archeologów. Właśnie z myślą o archeologach, o entuzjastach i sceptykach archeologii jako samodzielnej dyscypliny naukowej zainicjowaliśmy prace nad kolejną publikacją. Planujemy w niej zawrzeć między innymi uszczegółowione wyniki archeologicznych badań inwazyjnych, w tym prezentację zabytków ruchomych i nieruchomych, które zostały zebrane w toku realizacji obranych w ramach APP strategii badawczych. Na upowszechnienie poprzez ich opublikowanie zasługują zarówno wyniki analiz jakościowych i ilościowych odnoszące się do zabytków ruchomych, jak i charakterystyka wyników badań sondażowych (w tym zadokumentowanych zabytków nieruchomych) – wykonane w ramach APP w latach 2014-2018. Treści te są, z naszej perspektywy, na tyle istotne i ciekawe, że z pożytkiem poznawczym i społecznym mogłyby wypełnić karty kolejnej publikacji naukowej i/lub popularnonaukowej. Naszym aktualnym dążeniem jest, by te wyniki badań APP, które nie pomieściły się w pracach dotychczas opublikowanych zostały utrwalone i zaprezentowane w kolejnej, odrębnej publikacji książkowej (zwłaszcza po ich uzupełnieniu o wyniki dodatkowych analiz oraz po uzupełnieniach o wyniki ewentualnych kolejnych analiz specjalistycznych w zakresach konserwatorskim, kulturoznawczym, bronioznawczym, muzeologicznym etc.). W takiej publikacji mogłyby zostać zaprezentowane zarówno wyniki archeologicznego przywracania pamięci o I wojnie światowej na froncie wschodnim zgromadzone w latach 2014-2018 w ramach realizacji projektu APP, jak i dodatkowo wnioski płynące z różnego typu uprzednich i bieżących – zarówno proaktywnych, jak i reaktywnych – interakcji współczesnych nam ludzi (np. archeologów, rolników, leśników etc.) z materialnym i niematerialnym dziedzictwem I wojny światowej. Są to jednak plany na (oby nieodległą) przyszłość.

Tymczasem tu i teraz, zachęcam do zapoznania się z wynikami procesu archeologicznego przywracania pamięci o Wielkiej Wojnie, które zawarliśmy na kartach niniejszej publikacji. Do jej powstania przyczyniło się wiele osób i instytucji, którym pragnę tu podziękować.

Prezentowane w niniejszej publikacji treści stanowią wynik badań i zaangażowania całego Zespołu powołanego do realizacji projektu Archeologicznego Przywracania Pamięci o Wielkiej Wojnie oraz licznych współpracowników. Wszystkim osobom i instytucjom, w tym Dyrekcji Instytutu Archeologii i Etnologii Polskiej Akademii Nauk, która zgodziła się na to, bym przy niej mogła ten wyjątkowy, w warunkach polskich odważny i prekursorski projekt zrealizować – pragnę w tym miejscu bardzo podziękować. W szczególności dziękuję wspaniałym Kobietom: mojej Mamie – Alicji Zalewskiej i Dorocie Cyngot – bez których serc, cierpliwości, dobroci, mądrości, pomocy, zachęty książka ta nie powstałaby (na czas). Bardzo też dziękuję za życzliwość, rozważność, wsparcie, otwartość na współpracę etc. Janinie Flisiuk, Justynie Marchewce i Kamili Baranieckiej-Olszewskiej, a także Paniom z GOK Bolimów z P. Ireną Śmigierą-Milewską na czele.

Również, dziękuję dzielnym Panom – w szczególności doskonale wiedzącym za co Mężowi i Synkowi oraz mojemu Bratu Wojciechowi Zalewskiemu i Grzegorzowi Kiarszysowi za ich bezinteresowność, uważność i wsparcie w trudnych momentach. Dziękuję wszystkim członkom i współpracownikom Zespołu APP zwłaszcza za wspaniałe zaangażowanie w prace terenowe. Dziękuję Panom Wójtom Gmin Bolimów i Nowa Sucha oraz Panom Nadleśniczym Nadleśnictw Radziwiłłów i Skierniewice za tolerowanie „pozytecznego szkodnika”, by użyć określenia Stanisława Linarta (w jego reakcji na wiadomość o kolejnym cmentarzu wojennym, zlokalizowanym w procesie archeologicznego przywracania pamięci), któremu dodatkowo dziękuję przeogromnie, za skontaktowanie mnie z osobami, doświadczającymi postpamięci Wielkiej Wojny, które zechciały się ze mną podzielić swoimi przemyśleniami z tą wojną związanymi. Za to ostatnie równie mocno dziękuję Panu Sławomirowi Rybakowskiemu prezesowi Wspólnoty Lasów Osada Bolimów i wszystkim moim rozmówcom. Wreszcie, dziękuję inicjatorom i uczestnikom działań na rzecz opieki nad równie trudnym, co istotnym dziedzictwem Wielkiej Wojny. Dziękuję zwłaszcza Członkom i Przyjaciółom stowarzyszeń „Wystarczy Chcieć”, „Kolekcjonerzy Czasu” i „Zróbmy to” – którzy wspierali zarówno proces badawczy APP, jak i wspólnotowy, prospołeczny obszar badań i działań APP. Wprawdzie pośrednio, ale w sposób bardzo istotny, złożyło się to na możliwość finalizacji procesu wydawniczego niniejszej publikacji, bez nadmiernego poczucia frustracji, której nietrudno doświadczać w kontakcie z namacalnością śladów wojny, zwłaszcza Wielkiej Wojny.

Anna I. Zalewska

BADANIA GEOFIZYCZNE NA WYBRANYCH STANOWISKACH W REJONIE RAWKI I BZURY

Piotr Wronecki

Wprowadzenie: metodyka badań geofizycznych

W trakcie projektu „Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie. Materialne pozostałości życia i śmierci w okopach na froncie wschodnim oraz stan przemian krajobrazu pobitewnego w rejonie Rawki i Bzury (1914-2014)” (dalej: APP) wykonane zostały liczne badania z zastosowaniem metod geofizycznych. Wykonawcami były grupy badawcze, które prowadziły prace terenowe w swoisty sposób, wynikający z obranej metodyki oraz wykorzystywanego sprzętu pomiarowego i procedur opracowywania danych. W przeważającej większości były to badania obejmujące obszary (tzw. *area survey*), czyli sposób pobierania danych polegał na wykonaniu równoległych, oddalonych od siebie o konkretną odległość profili pomiarowych obejmujących poszczególne obszary badawcze (pomiar magnetyczny, profilowania elektrooporowe, pomiary georadarowe – GPR). Wynikiem tych działań były dwuwymiarowe mapy z rozkładem wartości mierzonych cech. Drugi sposób działania, typowy dla sondowań elektrooporowych oraz również pomiarów georadarowych, polegał na pobieraniu danych na odcinkach liniowych, celem wykonania przekroju pionowego mierzonych wartości. Różnice w pobieraniu i prezentowaniu danych wynikały z różnych pytań badawczych, na które starano się odpowiedzieć przy pomocy badań geofizycznych.

Wspólną cechą wszystkich działań była bieżąca korelacja różnego typu danych poprzez wprowadzanie wyników badań nicinwazyjnych do bazy danych GIS, która służyła zarówno do prowadzenia dokumentacji, jak i analiz oraz do wektoryzacji i interpretacji rejestrowanych anomalii, struktur i relacji przestrzennych (szerzej na temat zasadności takiej strategii *vide*: Sikora, Wronecki 2011).

Georeferencja w terenie odbywała się przy zastosowaniu pomiarów geodezyjnych z użyciem tachimetrów laserowych oraz GPS-ów w trybie Real Time Kinetic (RTK). Pomiary geodezyjne były wykonywane w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych (PUWG 92; EPSG: 2180).

Badania geofizyczne w archeologii są wykorzystywane przeważnie jako technika prospekcyjna (por. cele badań geofizycznych Schmidt 2002: 8-9). Umożliwiają rozpoznanie

cech warstw podpowierzchniowych bez jednoczesnego niszczenia kontekstu stratygraficznego. Na podstawie wyników prospekcji możliwe jest wskazanie miejsc potencjalnej obecności struktur o charakterze antropogenicznym będących przedmiotem rozpoznania archeologicznego i częściowe określenie ich cech (por. Sikora, Wronecki 2014; Wronecki 2015; Andrzejewski, Wronecki 2015; Wronecki 2017, tam dalsza literatura).

Metody geofizyczne dają możliwość zarejestrowania wielu rodzajów pozostałości dawnej aktywności człowieka, jak i przekształceń środowiska w wyniku jego działalności. W kontekście badań archeologicznych największym wyzwaniem zwykle jest zawiła interpretacja uzyskanego zbioru danych, na ogół oparta na wizualnej analizie kontrastu pomiędzy naturalnym tłem geologicznym a widocznymi zmianami wartości mierzonych cech. Na podstawie kształtów czy lokalizacji przestrzennej anomalii dokonywana jest interpretacja, w tym szukanie powiązań z analogicznymi obiektami archeologicznymi (Wronecki 2015).

Badania geofizyczne w ramach APP były wykonywane z zastosowaniem różnych metod – zależnie od poszukiwanych obiektów oraz dostępności terenu. Efektem tych badań jest bogaty zbiór wielometodowych danych, które stanowią ważny wkład w badania naukowe nad rozwojem wdrożenia i stosowania metod geofizycznych w badaniu obiektów związanych z fortyfikacjami polowymi i innymi obiektami okresu Wielkiej Wojny.

Projekt przyniósł ciekawe studia przypadków z zakresu integracji metod (inwazyjnych, teledetekcyjnych i geofizycznych). Zastosowano trzy najpopularniejsze i powszechne metody prospekcji geofizycznej, czyli pomiary magnetyczne, elektrooporowe i georadarowe.

W badaniach geofizycznych metoda magnetyczna zwykle stanowi podstawę działań, gdyż jest pasywna, nie wymaga kontaktu z gruntem, przez co jest jednocześnie mało wymagająca, jeżeli chodzi o dostępność terenu, oraz pozwala na szerokopłaszczyznowe, wysokorozdzielcze pomiary (Aspinall et al. 2008, tam dalsza literatura). Stosunkowo łatwo stosuje się metodę magnetyczną na obszarach leśnych, gdyż systemy korzeniowe drzew nie mają wpływu na odczyty (por. Kostyrko et al. 2016; Konczewski et al. 2016; Michnik et al. 2016; Sikora et al. 2017: 69-86).

Miało to w przypadku badań na stanowiskach APP kluczowe znaczenie. Dodatkowo obiekty, które miały być rozpoznawane metodą magnetyczną, w teorii stanowią idealny cel dla tego typu prospekcji. Jako powstałe i funkcjonujące w relatywnie nieodległej przeszłości, czynnie użytkowane przez okres ok. 8 miesięcy (tj. między grudniem roku 1914 i lipcem 1915), poddane badaniom geofizycznym obiekty mogły cechować się wypełniskiem o dużej miąższości i objętości. Można też było zakładać obecność pozostałości konstrukcji drewnianych oraz ewentualnie kamiennych w badanych obiektach.

Założono, że na skutek procesów podepozycyjnych, m.in. poprzez zasypanie ich wypełniskami, będą się one wyraźnie różniły od naturalnego podłoża geologicznego. Ograniczeniem metody magnetycznej jest wpływ obecności wszelkich współczesnych konstrukcji posiadających własne pole magnetyczne o wysokiej amplitudzie. Ich obecność uniemożliwia wykrycie pola magnetycznego generowanego przez struktury archeologiczne, które odznaczają się zazwyczaj o wiele niższą od wyżej wymienionych amplitudą. Pomiar magnetyczny zbierano z zastosowaniem instrumentów typu *fluxgate* działających w trybie gradiometru.

Pomiary elektrooporowe zastosowano w ramach APP w celu uzupełnienia informacji uzyskanych w wyniku prospekcji magnetycznej, nie wszystkie poszukiwane obiekty generują bowiem anomalie w polu magnetycznym (por. Schmidt 2013, tam dalsza literatura). Pomiar elektrooporowy to metoda dosyć wszechstronna – ma wiele wariantów i sposobów wykorzystania. Podczas badań na stanowiskach APP wykorzystano głównie układ Wenner oraz Twin-Probe (dwuelektrodowy).

Niestety procedura terenowa jest dość czasochłonna, gdyż wymaga zapewnienia dobrego kontaktu elektrod z gruntem. Metoda ta jest też bardzo wrażliwa na nierówności terenu; np. gdy obszar badań jest głęboko zaorany, w wynikach będą widoczne głównie bruzdy, które mogą przysłonić informacje na temat obiektów będących przedmiotem poszukiwań archeologicznych. Wynik pomiarów jest również zależny od warunków pogodowych, gdyż długie opady lub susza mogą powodować zanik kontrastu wilgotnościowego między wypełniskami obiektów a podłożem naturalnym, co uniemożliwia wyróżnienie obiektów archeologicznych. Mimo tych wyzwań, na podstawie poprawnie wykonanych pomiarów możliwe jest wydzielenie struktur podpowierzchniowych oraz niekiedy określenie ich głębokości, budulca i miąższości.

Dla dokładnego uzupełnienia obrazu struktur podpowierzchniowych w toku APP zastosowano także pomiary georadarowe (por. Conyers 2013, tam dalsza literatura). W tej metodzie głębokość pomiaru zależy od częstotliwości pracy anteny, jak również od warunków geologicznych (głównie przewodności) i zmiennej, m.in. stałej dielektrycznej. W archeologii stosuje się najczęściej anteny o częstotliwości od 200 do 800 MHz. Największą zaletą pomiarów radarowych jest fakt, że jednorazowy pomiar jest wykonywany

od razu na wszystkich dostępnych głębokościach. Można dzięki temu uzyskać trójwymiarowe odwzorowanie anomalii. Wyniki radarowe prezentuje się w formie echogramów/ radarogramów (profilu) lub tzw. przekrojów czasowych (ang. *time-slice*). Metoda ta dobrze sprawdza się w terenach miejskich, w badaniach architektury i obiektów wielowarstwowych. Ma natomiast bardzo ograniczone zastosowanie na terenach podmokłych i na wielu glebach, które powszechnie występują w Polsce. Niestety jest też wrażliwa na warunki pogodowe – wynik może być różny zależnie od pory roku i zastanych warunków. Chociaż procedura terenowa jest stosunkowo prosta i pozwala na szybkie wykonanie pomiarów, to późniejsza filtracja danych jest czasochłonna i skomplikowana.

Poniżej został przedstawiony wybór badań, które najlepiej ukazują przekrój praktycznych możliwości i ograniczeń metod geofizycznych podczas realizacji celów projektu. Uwzględniono trzy główne aspekty, które mają wpływ na efektywność i jakość rezultatów badawczych:

- metodyczne (informacja, którą pozyskujemy, zależy w dużej mierze od stosowanej metody i szczegółowych parametrów pomiaru),
- terenowe (wpływ przeszłego i obecnego sposobu zagospodarowania przestrzeni na pozyskane informacje),
- specyfika badanych obiektów (wpływ stanu zachowania, miąższości czy złożoności stratygrafii na uzyskany rezultat).

Geofizyczne studia przypadków APP

Badania geofizyczne cmentarza wojennego w Borzymówce, gm. Nowa Sucha, woj. mazowieckie

Przedmiotem badań geofizycznych był cmentarz wojenny żołnierzy I wojny światowej znajdujący się we wsi Borzymówka, w połowie drogi między wsiami Borzymówka i Mizerka. Obecnie teren cmentarza tworzy prostokątny zagajnik z otwartą na południe polaną. Archeologiczną prospekcją geofizyczną (pomiar georadarowy) został objęty prostokątny obszar 0,12 ha (profile pomiarowe co 1 m, 1189 metrów bieżących pomiaru) biegnący wzdłuż przez środek terenu cmentarza (ryc. 1).

Zaplanowana korelacja metod geofizycznych nie doszła do skutku z następujących powodów: pomimo podjętych prób przygotowania terenu na potrzeby badań nieinwazyjnych (wykoszenie, usunięcie współczesnych śmieci), liczne drzewa (szczególnie w północnej części cmentarza) i zalegające na powierzchni destrukty (kamiennie, ceglane) utrudniały i miejscami wręcz uniemożliwiały zebranie danych. Całkowite oczyszczenie badanego terenu cmentarza ze współczesnych drobnych śmieci było niemożliwe, z uwagi na co nie zastosowano metody magnetycznej, najbardziej wrażliwej na wspomniane zakłócenia. Badań elektrooporowych nie podjęto zaś ze względu na obecność dużych



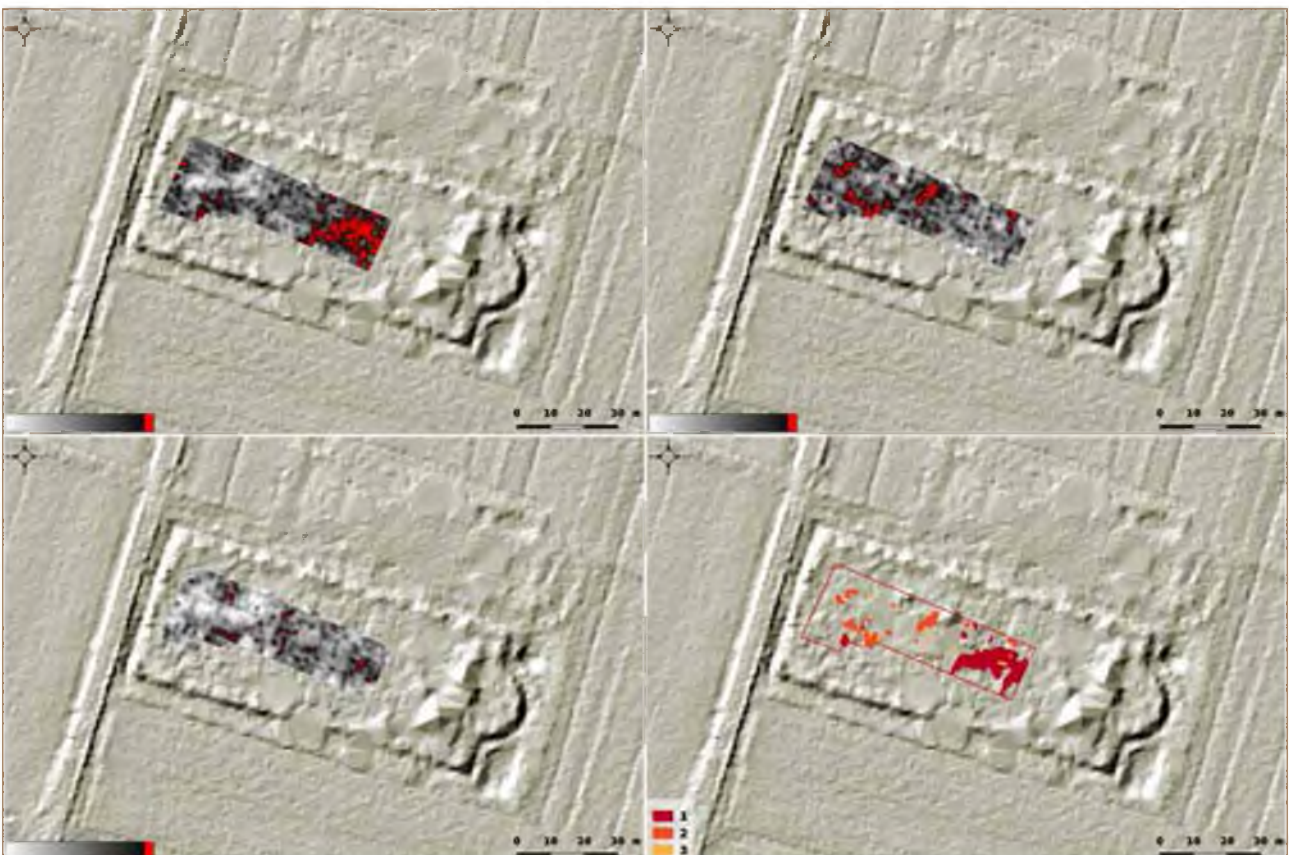
Ryc. 1. Borzymówka, gm. Nowa Sucha. Relikty cmentarza wojennego. A – obszar badań georadarowych.

korzeni licznych starych drzew, które generują zakłócenia. W efekcie, obszar cmentarza został poddany prospekcji radarowej celem próby lokalizacji obiektów grobowych niewidocznych lub słabo widocznych napowierzchniowo.

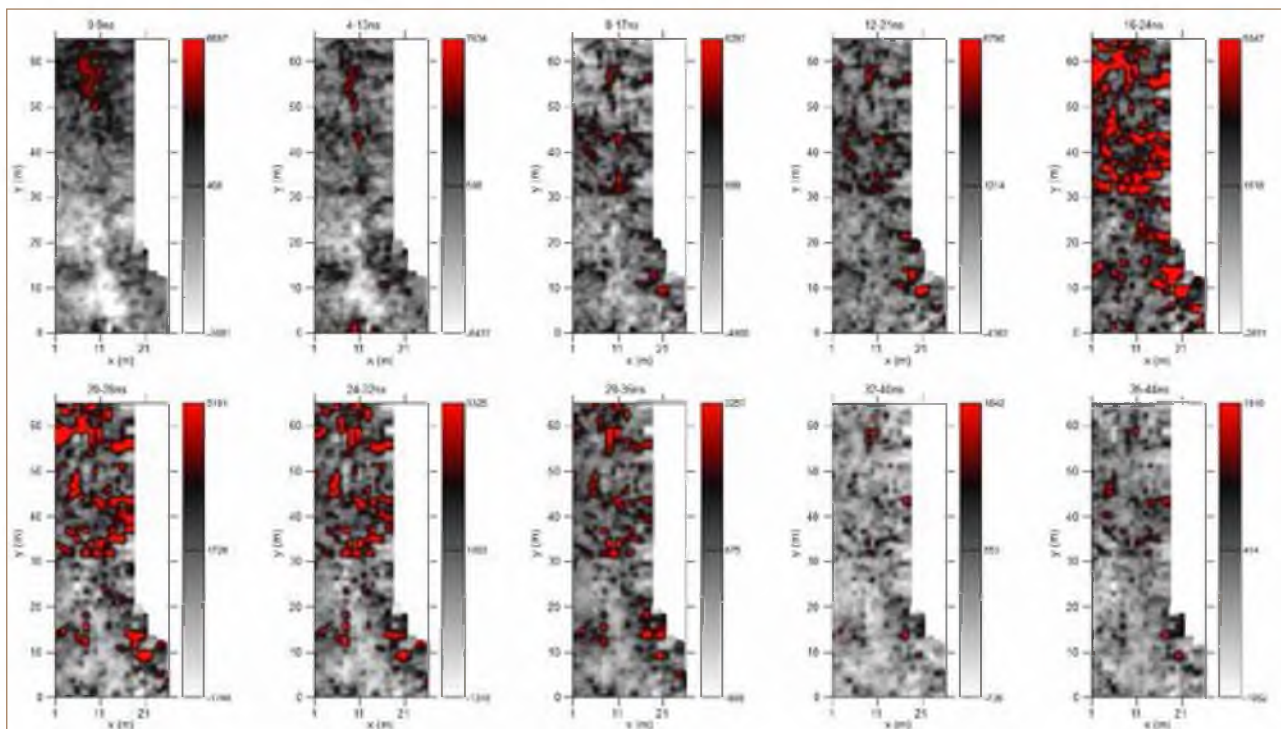
Na podstawie zwizualizowanych danych georadarowych na różnych głębokościach wydzielone zostały strefy występowania anomalii georadarowych (*vide* strefy oznaczone różnymi odcieniami koloru czerwonego na ryc. 2 i 3). Wskazują one miejsca, w których propagacja fali elektromagnetycznej różniła się od otoczenia. Zdecydowanie największe zmiany zostały zarejestrowane i zlokalizowane we wschodniej części przebadanego terenu. Potencjalna lokalizacja obiektów grobowych i wkopów została zwektoryzowana i zaprezentowana na rycinie 2.

Relikty fortyfikacji polowych z czasów I wojny światowej w okolicy wsi Okopy, gm. Nowa Sucha, woj. mazowieckie w świetle badań geofizycznych

Zespolenie metod geofizycznych i korelacja wyników zostały skutecznie przeprowadzone w odniesieniu do niemal niezwykłych napowierzchniowo struktur wyróżnionych na podstawie analiz danych teledetekcyjnych i wyników kwerend archiwalnych i studiów historycznych odnoszących się do wydarzeń ze stycznia 1915 r. (por. Zalewska, Czarnecki 2016: 30-31). Na wytypowanym obszarze stanowiącym w latach 1914-1915 kontekst pola bitwy



Ryc. 2. Borzymówka, gm. Nowa Sucha. Relikty cmentarza wojennego, wizualizacja radarowych przekrojów: 1 – anomalie georadarowe na głębokości 16-24 nanosekund; 2 – anomalie georadarowe na głębokości 20-28 ns; 3 – anomalie georadarowe na głębokości 24-32 ns czasowych.



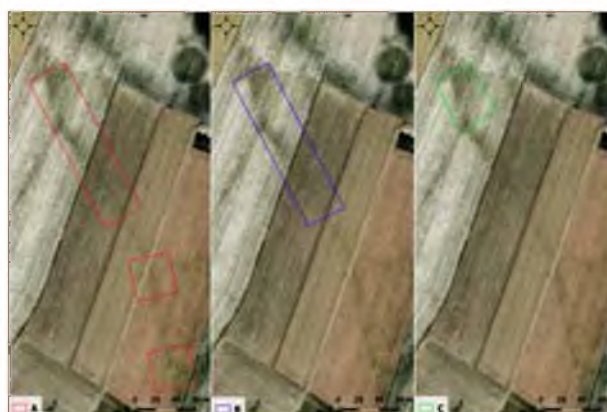
Ryc. 3. Cmentarz wojenny we wsi Borzymówka, gm. Nowa Sucha. Relikty cmentarza wojennego, wizualizacja georadarowych przekrojów czasowych.

wykonano nieinwazyjne badania magnetyczne, radarowe i elektrooporowe (ryc. 4). Prospekcją nieinwazyjną został objęty teren ponad 1 ha, podzielony na obszary (prostokątny i dwa kwadraty) opisane na wyróżnikach wskazujących na obecność relikwów umocnień polowych – widocznych na zdjęciach lotniczych.

Metoda magnetyczna, jako najbardziej ekonomiczna czasowo, została zastosowana na całym wytypowanym terenie (1 ha), tj. na podłużnym, prostokątnym obszarze (40×160 m) w północnej części oraz na dwóch kwadratowych obszarach (40×40 m) w południowej części. Pomiaru były wykonane przy próbkowaniu 0,25×1 m. W sumie uzyskano 40 000 punktów pomiarowych, które zostały zwizualizowane w różnych kontrastach skali szarości.

Metoda elektrooporowa została zastosowana w północnym prostokątnym obszarze (40×160 m, 0,64 ha) przy próbkowaniu 1×1 m (6400 pomiarów), a kontrolne pomiary radarowe jedynie w północnej jego części (0,22 ha, 2200 metrów bieżących pomiaru, profile co 1 m).

Teren badań jest płaski i pozbawiony współczesnych instalacji naziemnych i podziemnych, jest także oddalony od współczesnych dróg i ścieżek, nie jest więc zanieczyszczony współczesnymi śmieciami, które mogłyby zakłócać pomiary. Podczas prowadzenia badań nad pozostałościami relikwów okopów z I wojny światowej obszar był świeżo zaozary, co było bardzo korzystne dla wykonywania pomiarów magnetycznych. Głębokie bruzdy utrudniały natomiast zastosowanie pomiarów radarowych (przerwywany kontakt anteny z powierzchnią) i pomiarów elektrooporowych (spulchniona ziemia). Oba typy pomiarów, oprócz anomalii



Ryc. 4. Okopy, gm. Nowa Sucha. Lokalizacja pomiarów geofizycznych. Obrys czerwony – pomiary magnetyczne; obrys niebieski – pomiary elektrooporowe, układ Wenner 0,5 m; obrys zielony – pomiary georadarowe, antena 400 mHz. (Źródło: fotografia lotnicza z zasobu danych APP).

wynikających z obecności pod ziemią poszukiwanych obiektów, zarejestrowały różnicę w wysokości powierzchni spowodowaną orką.

Prócz celów prospekcyjnych, zastosowanie w odniesieniu do pozostałości fortyfikacji polowych trzech metod miało wykazać stopień ich użyteczności / skuteczności w odniesieniu do tych liniowych obiektów z okresu 1914 i 1915, które zostały poddane znacznym przekształceniom w wyniku działań wojennych i procesów podepozycyjnych.

Najbardziej efektywne okazały się pomiary magnetyczne, które ujawniły bardzo czytelnie struktury umocnień polowych, natomiast pomiary elektrooporowe oraz



Ryc. 5. | Okopy, gm. Nowa Sucha. Wizualizacja pomiarów geofizycznych. Po lewej – pomiary magnetyczne; środek – pomiary elektrooporowe; po prawej – pomiary georadarowe (4-7 ns). (Źródło: fotografia lotnicza z zasobu danych APP).

radarowe skutecznie wykryły wypełniska tych obiektów, nie ukazując dodatkowych szczegółów (ryc. 5). Bardzo istotny dla interpretacji jest fakt, że na badanym terenie stwierdzono znikomą ilość potencjalnych źródeł zakłóceń magnetycznych, zatem większość anomalii można wiązać z relikami poszukiwanych pozostałości działań wojennych.

Badania radarowe (ryc. 6) zostały wykonane w północnej części podłużnego, prostokątnego obszaru badań. Ukazały zasypisko okopów, bardzo wyraźnie odróżniające się od naturalnego podłoża. Badania elektrooporowe, podobnie jak pomiary radarowe, ukazały zasypisko okopów widoczne na wizualizacjach jako nieznaczne, relatywne obniżenie oporności pozornej gruntu.

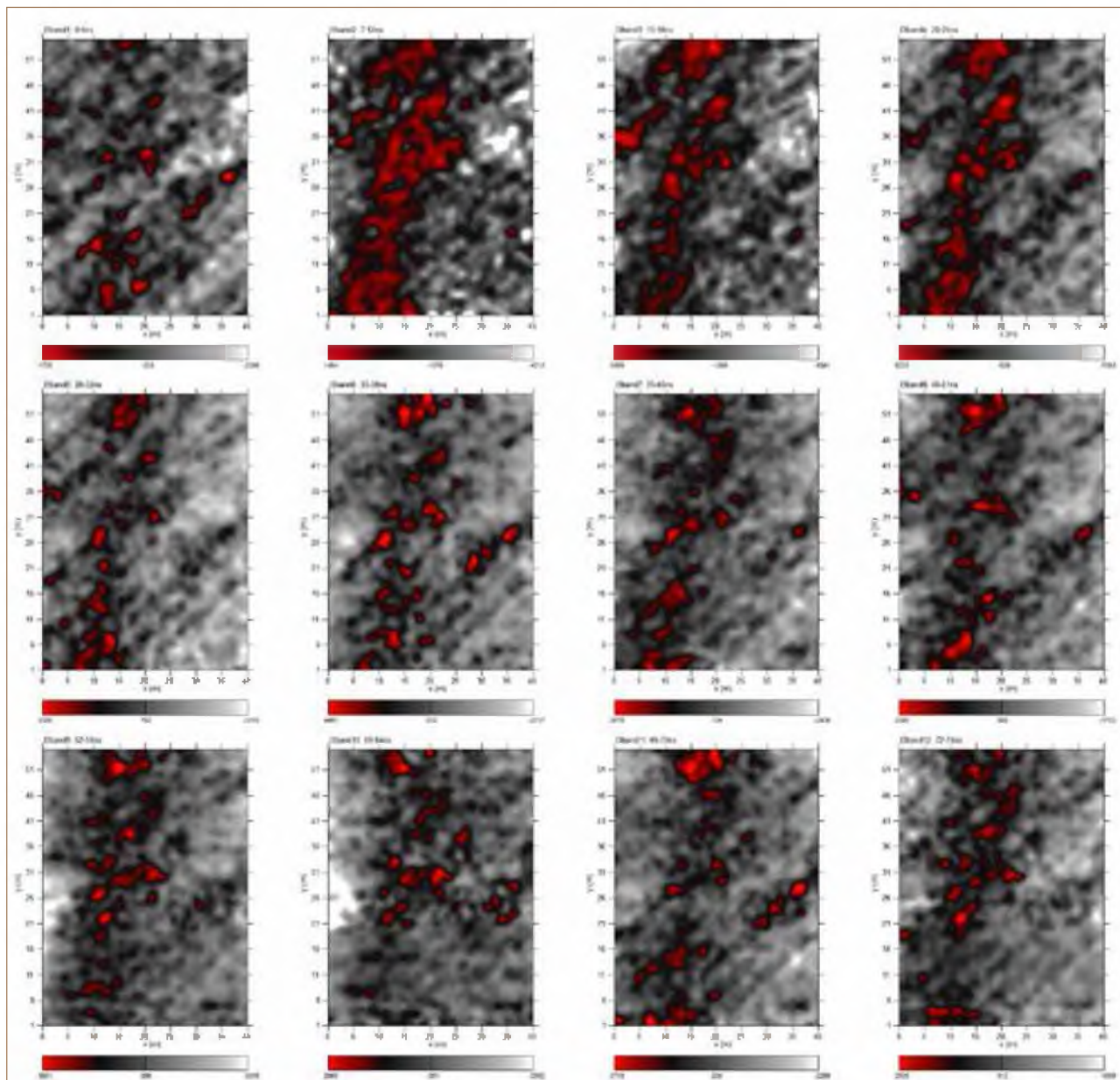
Interpretacja danych pochodzących z wszystkich wykonanych pomiarów, a także analiz dostępnych zdjęć lotniczych (współczesnych i archiwalnych) przeprowadzonych na etapie poprzedzającym badania geofizyczne, pozwoliła wysnuć wnioski dotyczące lokalizacji połowych umocnień i struktury ich budulca. Przyniosła także informacje odnoszące się do rozmieszczenia anomalii magnetycznych, które mogą być związane z aktywnością człowieka na tym terenie w kontekście I wojny światowej (ryc. 6).

Pomiary magnetyczne bardzo skutecznie uchwyciły anomalie potwierdzające obecność pozostałości okopów zlokalizowanych na podstawie wiedzy historycznej

i archiwalnych zdjęć lotniczych oraz pozwalające na dookreślenie ich kształtów. Są to zwarte skupiska anomalii o wysokiej amplitudzie, złożone z punktowych podwyższeń pola magnetycznego i anomalii dipolowych. Ich charakter wskazuje na rodzaj wypełniska pozostałości okopów – najprawdopodobniej są to relikty drewnianych umocnień i liczne niewielkie obiekty ferromagnetyczne. Pomiary magnetyczne uchwyciły także liczne anomalie w otoczeniu linii okopów. Są to punktowe, liniowe proste i liniowe zaokrąglone anomalie o prawdopodobnym charakterze antropogenicznym.

Pomiary radarowe nie przyniosły nowych informacji, na których podstawie można by wnioskować co do dokładnej lokalizacji niewielkich elementów. Może być to efektem profilowania wykonywanego co 1 m, które powoduje, że potencjalne struktury (<1 m) nie są rejestrowane ze względu na brak pomiaru. Otrzymany wynik wskazuje jednak na wysoką skuteczność metody w wykrywaniu linii okopów (ryc. 6).

Metoda elektrooporowa również wyraźnie pokazuje linię umocnień, szczególnie w części północnej, gdzie geologiczne tło pozwoliło uzyskać bardzo czytelny wynik. Dzięki temu, że pomiary elektrooporowe wykazały różnicę pomiędzy tłem a wypełniskiem byłych okopów (szczególnie w północnej części), możliwe było zlokalizowanie wkopu prowadzącego do umocnień



Ryc. 6. | Okopy, gm. Nowa Sucha. Wizualizacja georadarowych przekrojów czasowych.

(ryc. 7G), którego nie sposób dostrzec na pozostałych wizualizacjach pomiarów.

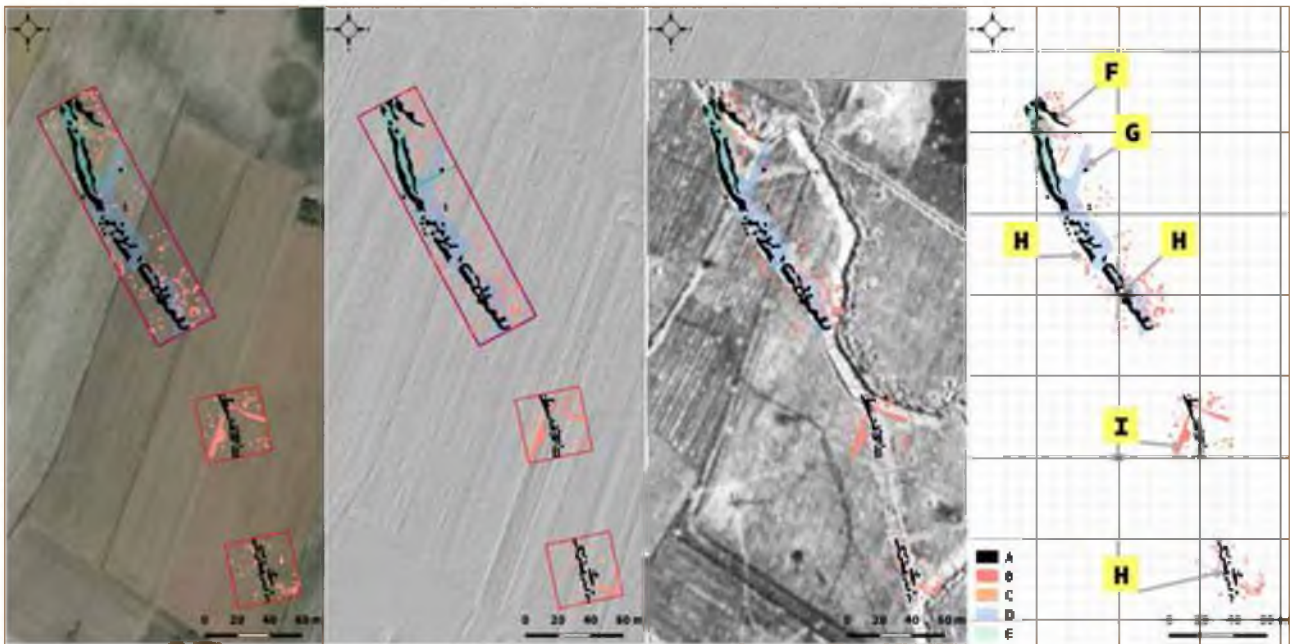
Wraz z granicą pola i sposobu uprawiania ziemi radykalnie zmienia się rezystywność gruntu (ryc. 5 (środkowa wizualizacja) / ryc. 15 (środkowa i dolna wizualizacja)), co w bardzo wyraźny sposób pokazuje wrażliwość metody na czynniki agrotechniczne. Fakt, że jej skuteczność zależy od rodzaju uprawy, świadczy o tym, że jej szersze zastosowanie na badanym terenie wymagałoby głębszej rozważ i przemyślanego planu badawczego.

Rycina 7 przedstawia punktowe wskazania interpretacyjne. Rycina 7F pokazuje lokalizację długo funkcjonującego okopu wykrytego dzięki anomalii w danych magnetycznych. Pomiary magnetyczne przyczyniły się do wykrycia także w bardziej przejrzysty sposób okopów relatywnie krótko funkcjonujących (ryc. 7H) – poprzez

wykrycie anomalii, których źródłem są zasypana i relikty ziemnych konstrukcji polowych. Rycina 7I obrazuje podłużną anomalię magnetyczną, której źródłem jest współczesna droga gruntowa. Zaznaczona niebieskim kolorem anomalia elektrooporowa (ryc. 7G) pokazuje obniżenie oporności pozornej gruntu spowodowane obecnością wypełniska krótko funkcjonującego okopu.

Podsumowując, metody geofizyczne okazały się pomocne w ukazaniu różnych aspektów funkcjonowania oraz (przeważnie) celowego zasypania badanych umocnień polowych, pomimo że metody te są podatne na inne czynniki wprowadzające do danych tzw. szum, który utrudnia archeologiczną interpretację.

Lokalne zmiany gruntu są ważnym czynnikiem przy ocenie skuteczności każdej metody geofizycznej, zwłaszcza na obszarach cechujących się częstymi lokalnymi



Ryc. 7. Okopy, gm. Nowa Sucha. Interpretacja danych geofizycznych nałożona na różne podkłady kartograficzne; od lewej – ortofotomapa, skanowanie laserowe, archiwalne zdjęcie lotnicze; A – anomalie magnetyczne (wypełniska okopów); B – anomalie magnetyczne (możliwe obiekty); C – anomalie magnetyczne; D – obniżenia oporności pozornej gruntu; E – anomalie georadarowe (7 ns).

zmianami podłoża geologicznego. W praktyce znaczy to, że w obrębie jednego badanego obszaru (szczególnie większego niż 1 ha) możemy natrafić zarówno na gleby korzystne dla prospekcji geofizycznej, jak i na całkowicie uniemożliwiające wyróżnienie anomalii o charakterze archeologicznym. Kolejnym niezależnym czynnikiem ograniczającym widoczność obiektów archeologicznych są również długotrwałe zabiegi agrotechniczne, które zmieniają odczyt chociażby oporności pozornej naturalnego tła i utrudniają tworzenie wizualizacji zbiorczych danych. Obydwa te czynniki miały wpływ na wyniki badań geofizycznych w okolicy wsi Okopy zrealizowanych w toku APP.

Na podstawie badań we wsi Okopy można stwierdzić, że uzasadnione jest korzystanie z minimum dwóch uzupełniających się metod geofizycznych. Zgodnie z panującym ogólnym standardem główną metodą rozpoznania geofizycznego mogą być pomiary magnetyczne. Otwarte tereny pozbawione zakłóceń płynących od współczesnej infrastruktury oraz silnie magnetyczne relikty różnego rodzaju śladów po działaniach wojennych sprawiają, że metoda ta jest wysoce skuteczna w ich wykrywaniu. Nie jest w tym przypadku tak podatna na zmiany tła geologicznego, jak pozostałe. Uzupełnieniem dla metody magnetycznej mogą być pomiary radarowe lub elektrooporowe. Na podstawie naszych testów można stwierdzić, że generują podobne wyniki. W obu metodach można kontrolować głębokość pomiaru, lecz niestety obie podlegają ograniczeniom wynikającym z nadmiaru wilgotności gleb czy stanu powierzchni podczas prospekcji.

Pozostałości obozowiska zapleczonego armii Imperium Rosyjskiego w okolicy wsi Nowy Białynin, gm. Nowa Sucha, woj. mazowieckie

W okolicy wsi Nowy Białynin wykonano nieinwazyjne badania magnetyczne, elektrooporowe i radarowe na łącznym obszarze 2 ha. Podstawą wytyczenia obszaru badań były fotografie lotnicze wykonane jako element realizacji projektu APP latem 2016 r., na których czytelne były wyróżniki roślinne, oraz ortofotomapa z zasobów COD-GiK (ryc. 8) (szerzej na ten temat Kiarszys, Rączkowski w tym tomie, rozdział 11). Pomiary geofizyczne wykonano na podłużnym, prostokątnym obszarze zorientowanym w kierunku północ – południe i otoczonym od wschodu i południa rowem melioracyjnym oraz linią drzew. Użytkowany rolniczo teren jest dobrze dostępny i poza dwiema studzienkami wolny od współczesnych instalacji naziemnych i podziemnych.

Celem badań geofizycznych było dookreślenie cechy obiektów rozpoznanych dzięki analizie ukośnych zdjęć lotniczych. Ważnym elementem badań geofizycznych była również ocena skuteczności różnych metod prospekcji w rejestrowaniu zabytków ruchomych i nieruchomych stanowiących pozostałość wydarzeń z lat 1914-1915. Jej podstawą była prosta analiza porównawcza wykorzystująca interpretację wykonanych wcześniej zdjęć lotniczych (np. ryc. 8 i 9).

Metoda magnetyczna została zastosowana na całym prostokątnym obszarze występowania wyróżników roślinnych, który poszerzono w kierunku zachodnim o fragment sąsiedniego pola, w pobliżu miejsca szczególnego nagromadzenia wyróżników. W sumie przebadano 2 ha przy zastosowaniu



Ryc. 8. Białynin, gm. Nowa Sucha. Obszar badań naniesiony na ortofotomapę oraz kalibrowane zdjęcie lotnicze z 2016 r. ukazujące liczne, pozytywne wyróżniki wegetacyjne. Czerwony obrys – pomiary magnetyczne; niebieski obrys – pomiary elektrooporowe i georadarowe.

próbkowania $1 \times 0,25$ m (80 000 punktów pomiarowych). Badania nie ujawniły w sposób jednoznaczny obecności obiektów archeologicznych widocznych na zdjęciach lotniczych, ale w ich wyniku zarejestrowano liczne, niewielkie, punktowe anomalie dipolowe, w tym kilka ich skupisk (ryc. 9 po lewej).

Brak pozytywnej weryfikacji wyróżników ze zdjęć lotniczych niesie ze sobą informację na temat ich wypełniska i pozostawionego w ziemi budulca. Fakt braku zakłóceń przez zlokalizowane obiekty naturalnego pola magnetycznego Ziemi (w stopniu możliwym do wykrycia przez urządzenia pomiarowe) jest dowodem na to, że ich wypełniska nie kontrastują magnetycznie z otoczeniem. Nie zawierają one elementów ceglanych lub kamiennych, nie poddano ich także obróbce termicznej.

W miejscu nagromadzenia wyróżników wegetacyjnych, w środkowym obszarze pola wykonano punktową weryfikację metodą radarową (ryc. 9 po prawej) na kwadratowym obszarze o wymiarach 40×40 m (0,16 ha). Pomiary radarowe zostały wykonane przy profilu co 1 m (1600 m bieżących). Metoda radarowa, pomimo niewielkiego obszaru testowego, wykazała wielką skuteczność – wykryła obecność reliktywów ziemianek pod powierzchnią ziemi i ukazała ich kształt oraz głębokość zalegania (ryc. 10). Fakt wyraźnie widocznych anomalii radarowych wskazuje na charakter zalegających pod ziemią reliktywów i świadczy o tym,

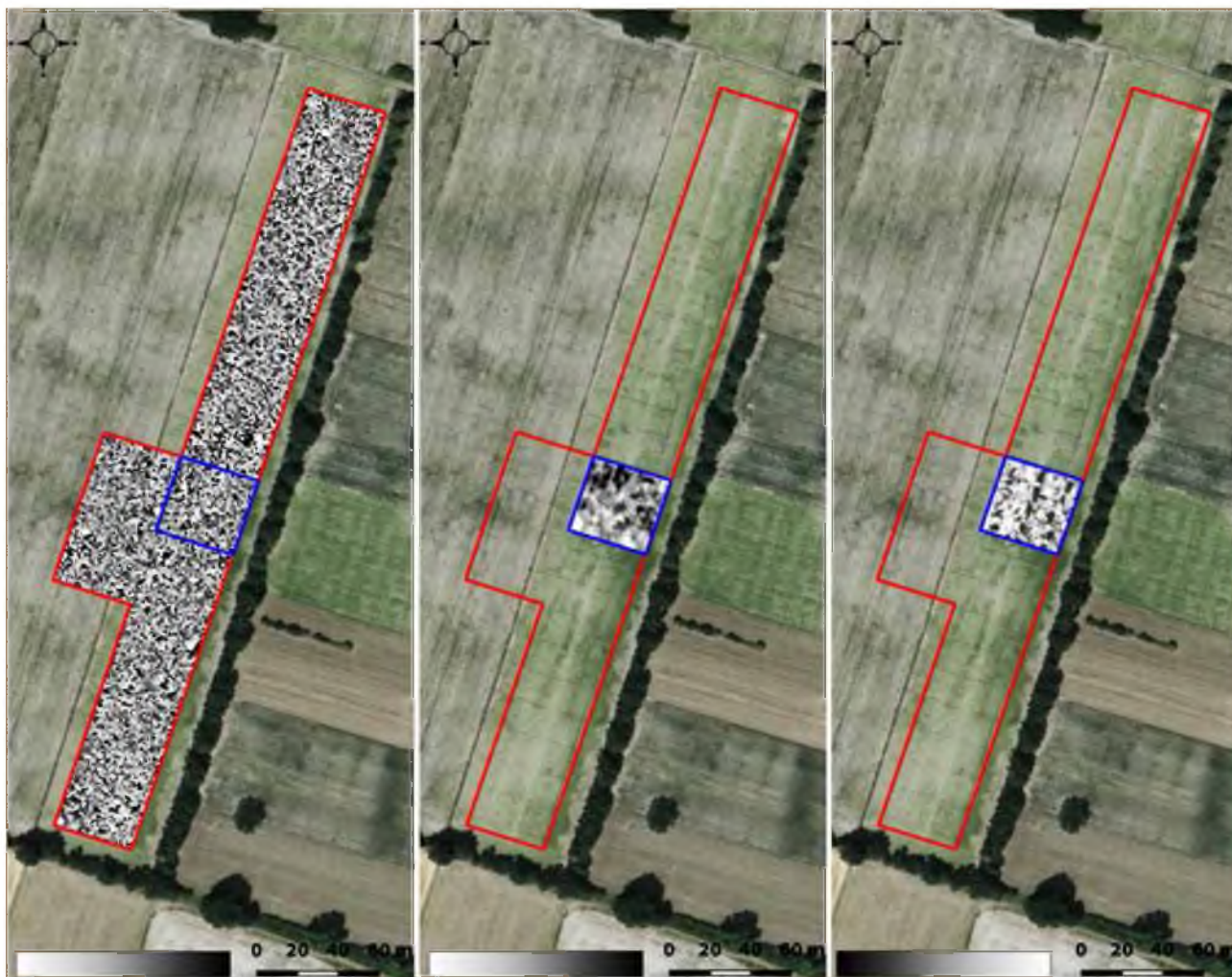
że zasypane są materia o innych właściwościach propagacji fali elektromagnetycznej niż otoczenie.

Na obszarze prospekcji radarowej wykonano także punktowe badania elektrooporowe przy zastosowaniu rozdzielczości 1×1 m (1600 punktów pomiarowych), które nie wykazały obecności anomalii skłaniających do interpretacji archeologicznych. Wpływ na to miał z pewnością trudny badawczo teren (nierówna powierzchnia i złe warunki pogodowe). W procesie pozwalającym na doskonalenie korelacji metod nieinwazyjnych, zasadne byłoby powtórzenie pomiarów badania przy maksymalnie sprzyjających okolicznościach (płaski teren, brak roślinności, średnia wilgotność gleby), aby ostatecznie zweryfikować skuteczność prospekcji elektrooporowej na badanym terenie. Warto byłoby także przetestować większą głębokość pomiaru, gdyż wnioski płynące z analizy wyników pomiarów radarowych wskazują na większą głębokość zalegania warstw wyróżniających się obiektów.

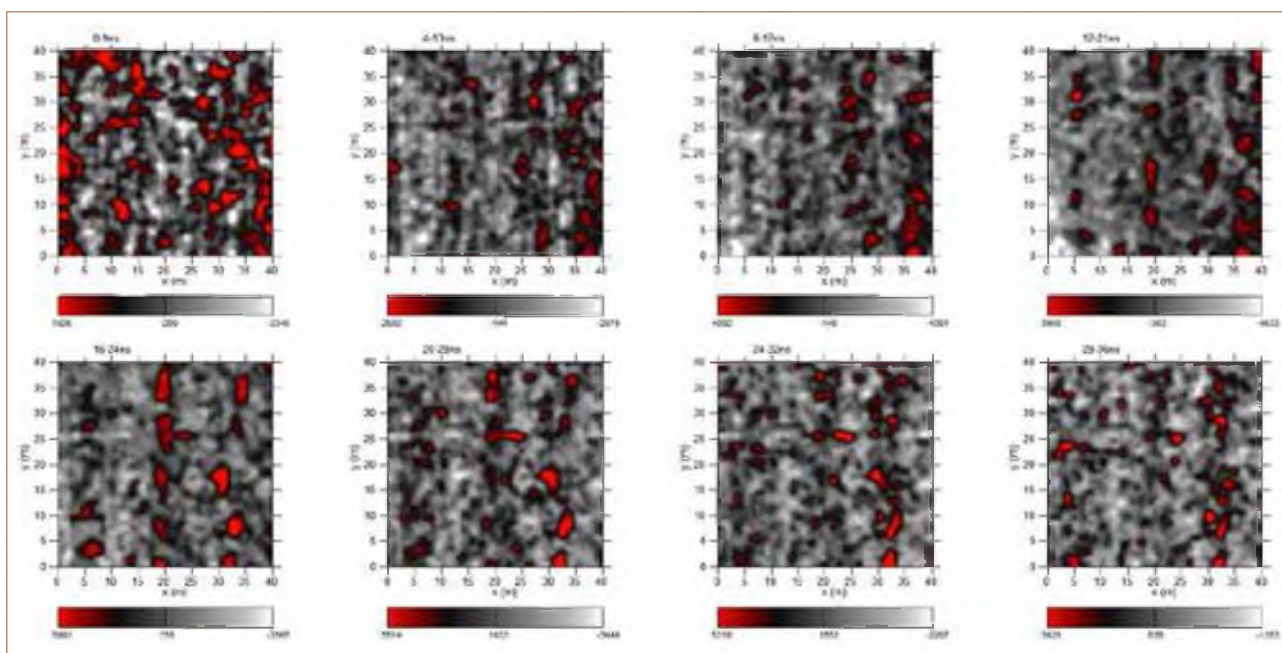
Interpretacja danych ze wszystkich pomiarów przyniosła ciekawe rezultaty zarówno w związku z nowymi informacjami o obiektach odkrytych na zdjęciach lotniczych, jak i w sensie metodycznym – badania pozwoliły na zdiagnozowanie zasadności i skuteczności zastosowania trzech metod nieinwazyjnych na wytypowanych obszarach, ukazując w praktyce ich możliwości i ograniczenia (ryc. 11). Wypełniska obiektów ziemiankowych znanych ze zdjęć nie są widoczne w danych magnetycznych (wypełniska nie są zatem magnetyczne) i elektrooporowych (można przypuszczać, że nie istniały dobre warunki do ich zarejestrowania). Badania magnetyczne wskazały obecność licznych miejsc, które bardzo wyraźnie zaburzają pole magnetyczne – widoczne są jako skupiska anomalii dipolowych. Anomalie te zostały zinterpretowane jako potencjalne: naturalnie występujące kamienie, destrukty kamienne czy ceglane lub pozostałości ognisk, palenisk i wszelkich miejsc obróbki termicznej (świadczące o obecności na tym terenie wzmożonej działalności człowieka) oraz współczesne śmieci wyrzucane na pole podczas nawożenia. Wniosek taki można wysnuć z faktu, że ilość anomalii dipolowych znacznie przekracza poziom, jaki mógłby wynikać jedynie z prowadzenia prac agrotechnicznych na polu uprawnym.

Zakładając, że znaczna część anomalii jest związana z funkcjonowaniem tego miejsca w przeszłości, tj. w latach 1914-1915, zasadne wydają się dalsze prace prospekcyjne. Odróżnienie specyfiki, w tym pochodzenia licznych dipolowych anomalii, jest w zasadzie niemożliwe i należy zweryfikować ich źródło w inny sposób. Warto zauważyć, że część z nich znajduje się w obrębie lub w bezpośrednim otoczeniu odkrytych ziemianek i jest prawdopodobnie bezpośrednio związana z ich funkcjonowaniem. Najprawdopodobniej są to albo pojedyncze (lecz większe) przedmioty ferromagnetyczne lub ślady miejscowej obróbki termicznej (ryc. 12 i 13).

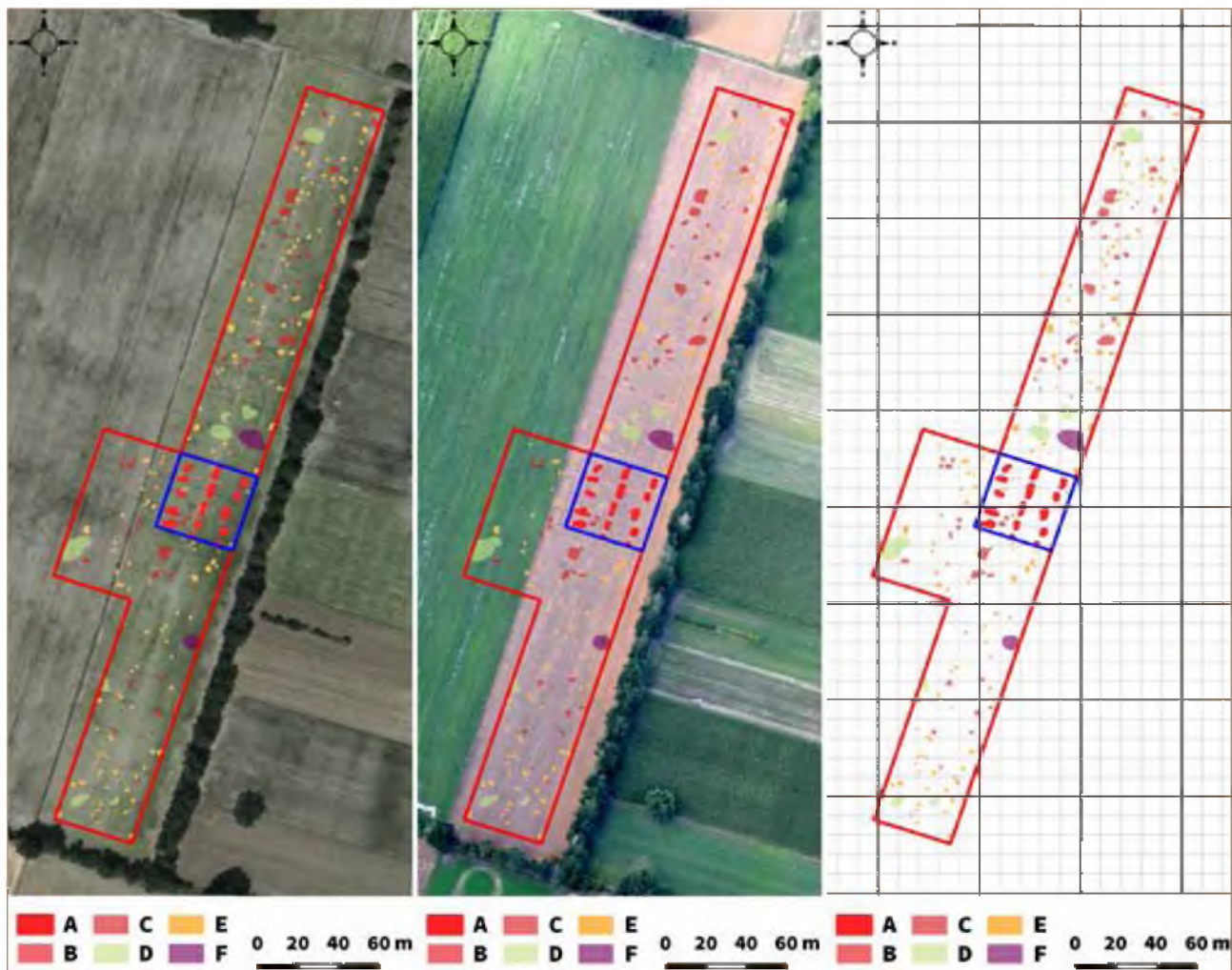
Na badanym obszarze występują również tzw. pozytywne punktowe anomalie magnetyczne o mniejszych amplitudach, które mogą świadczyć o obecności reliktywów



Ryc. 9. | Białynin, gm. Nowa Sucha. Wizualizacja pomiarów geofizycznych. Po lewej – pomiary magnetyczne; środek – pomiary elektrooporowe; po prawej – pomiary georadarowe (16-24 nanosekund).



Ryc. 10. | Białynin, gm. Nowa Sucha. Wizualizacja georadarowych przekrojów czasowych.



Ryc. 11. Białynin, gm. Nowa Sucha. Interpretacja danych geofizycznych nałożona na różne podkłady kartograficzne; od lewej – ortofotomapa, kalibrowane zdjęcie lotnicze, siatka arowa. A – obiekty archeologiczne (GPR); B – możliwe obiekty archeologiczne (GPR); C – anomalie pozytywne punktowe (mag.); D – skupiska anomalii dipolowych (mag.); E – anomalie dipolowe (mag.); F – współczesne zakłócenia (mag.).

niewielkich naruszeń stratygraficznych. Te anomalie mogą powodować obiekty archeologiczne z wypełniskami niewiele kontrastującymi z otoczeniem pod względem natężenia pola magnetycznego.

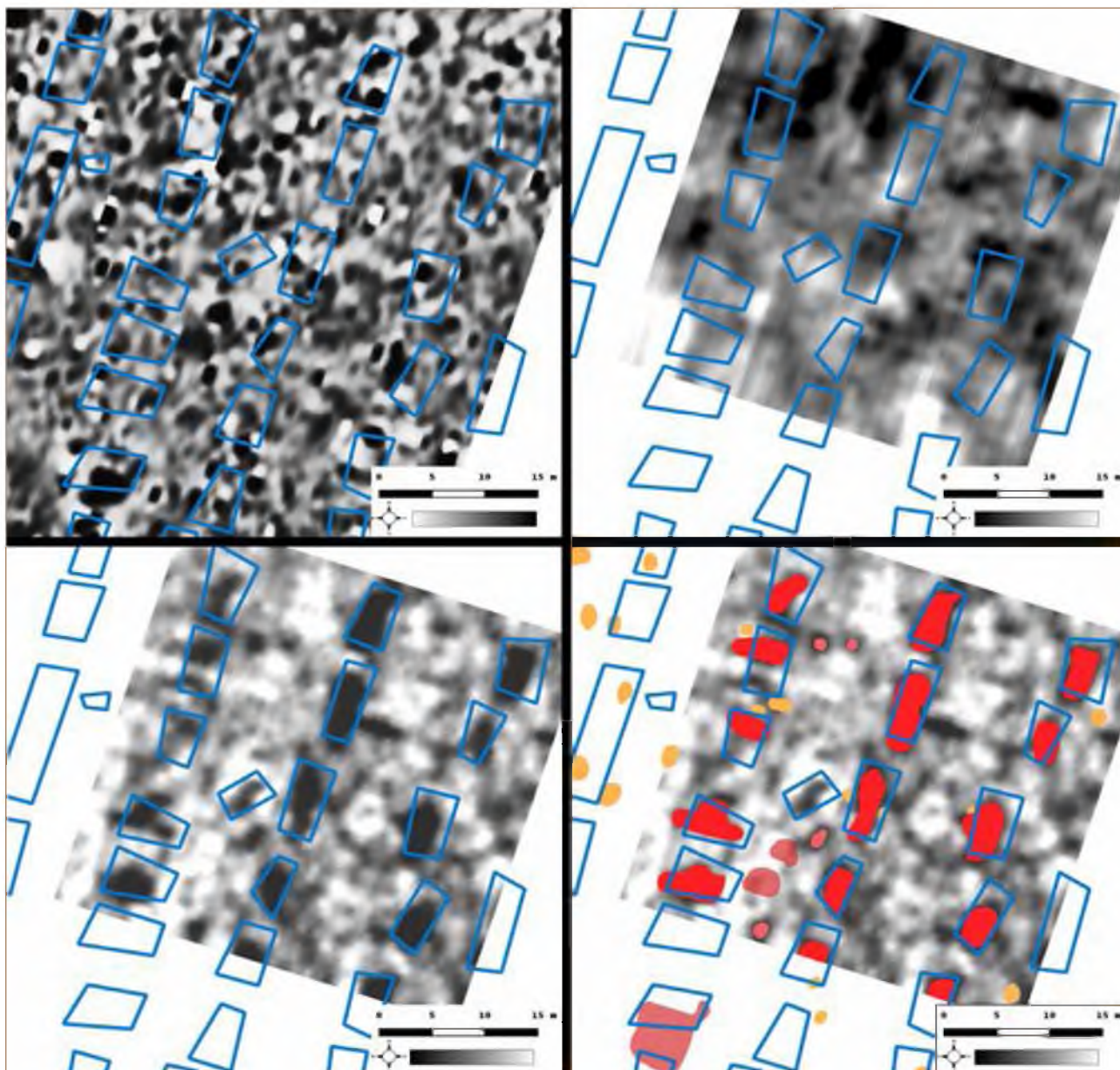
Dzięki porównaniu wyników pomiarów radarowych ze zdjęciem lotniczym widać wysoką skuteczność tej metody. Ukazała ona bardzo wyraźnie kilkanaście podłużnych, punktowych anomalii układających się w trzy rzędy na linii północ – południe, potwierdzając i doprecyzowując informacje pozyskane ze zdjęć lotniczych. Ta obiecująca próba, wykonana na obszarze zaledwie 40×40 m, dobrze rokuje wynikom ewentualnej szerszej prospekcji radarowej.

Podsumowując, badania w okolicy wsi Nowy Białynin stanowią istotny argument przemawiający za zasadnością i wartością integracji różnego typu metod nieinwazyjnych. Stanowisk archeologicznych odkrytych na podstawie ukośnych zdjęć lotniczych nie można uznać za w pełni rozpoznane. W omawianym przypadku, wyróżniki archeologiczne ukazały się bardzo czytelnie jedynie we fragmencie badanego obszaru, tj. na jednym z pól, gdzie uprawy były podatne na stres wilgotnościowy, zaś obrona metoda

geofizyczna pozwoliła wykazać, że bez wątpienia relikty ziemianek znajdują się również na polu sąsiadującym, aczkolwiek inna uprawa spowodowała, że są mniej czytelne na zdjęciu lotniczym. Niewątpliwie do rozpoznania zasięgu występowania obiektów ziemiankowych skuteczną byłaby metoda georadarowa, która mimo nieprzychylnych warunków była w stanie te obiekty zarejestrować.

Ważnym elementem badań są wyniki pomiarów magnetycznych. Negatywna weryfikacja obiektów interpretowanych jako ziemianki pokazuje, że mimo znacznego potencjału poznawczego i przestrzennego tej metody nie zawsze jest ona skuteczna w realizacji celów rozpoznania zabytków archeologicznych. Nie oznacza to, że nie warto tej metody stosować w sytuacjach analogicznych do tu przedstawianej. Metoda oparta na pomiarach magnetycznych okazała się bowiem pomocna w ukazaniu, że pod ziemią znajdują się potencjalne obiekty archeologiczne, będące elementami większych zespołów stratygraficznych.

W przypadku badań elektrooporowych wskazane byłyby dalsze eksperymenty, gdyż wynik pomiarów może być efektem raczej niekorzystnych warunków zastanych podczas



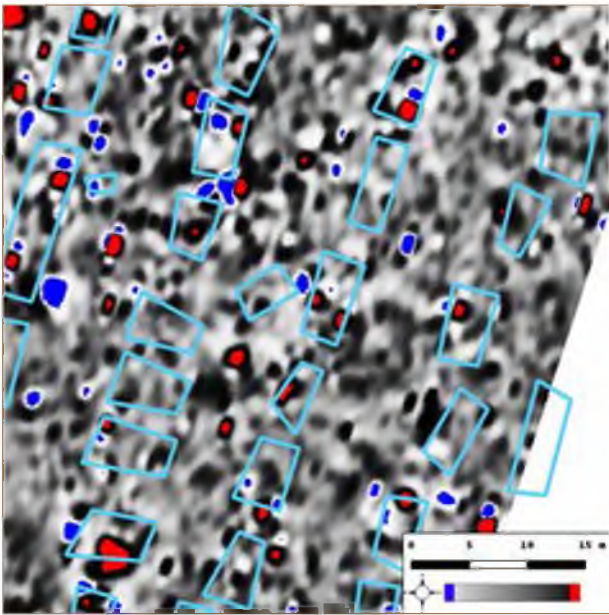
Ryc. 12. Białynin, gm. Nowa Sucha. Obrysy pozytywnych wyróżników roślinnych (ziemiarki) znanych ze zdjęć lotniczych (interpretacja: W. Rączkowski, szerzej na ten temat por. Kiarszys, Rączkowski w tym tomie, rozdział 11) nałożone na wizualizację pomiarów magnetycznych (górny lewy róg), elektrooporowych (górny prawy róg), radarowych (dolny lewy róg) oraz danych radarowych i obrysów anomalii radarowych (dolny prawy róg).

wykonywania prac, niż kwestią faktycznej skuteczności metody w odniesieniu do tego konkretnego stanowiska.

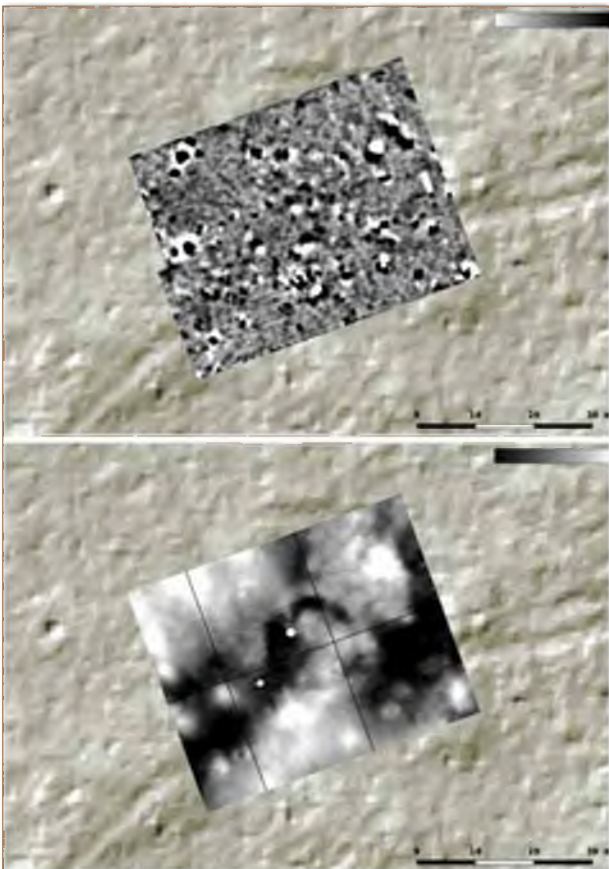
Geofizyczne studia przypadków APP. Wnioski

Efektom prac w ramach projektu „Archeologiczne Przywrócenie Pamięci o Wielkiej Wojnie. Materialne pozostałości życia i śmierci w okopach na froncie wschodnim oraz stan przemian krajobrazu pobitewnego w rejonie Rawki i Bzury (1914–2014)” są liczne przykłady wielometodowego, zintegrowanego i nieinwazyjnego rozpoznawania obszarów przekształconych na potrzeby budowy fortyfikacji polowych

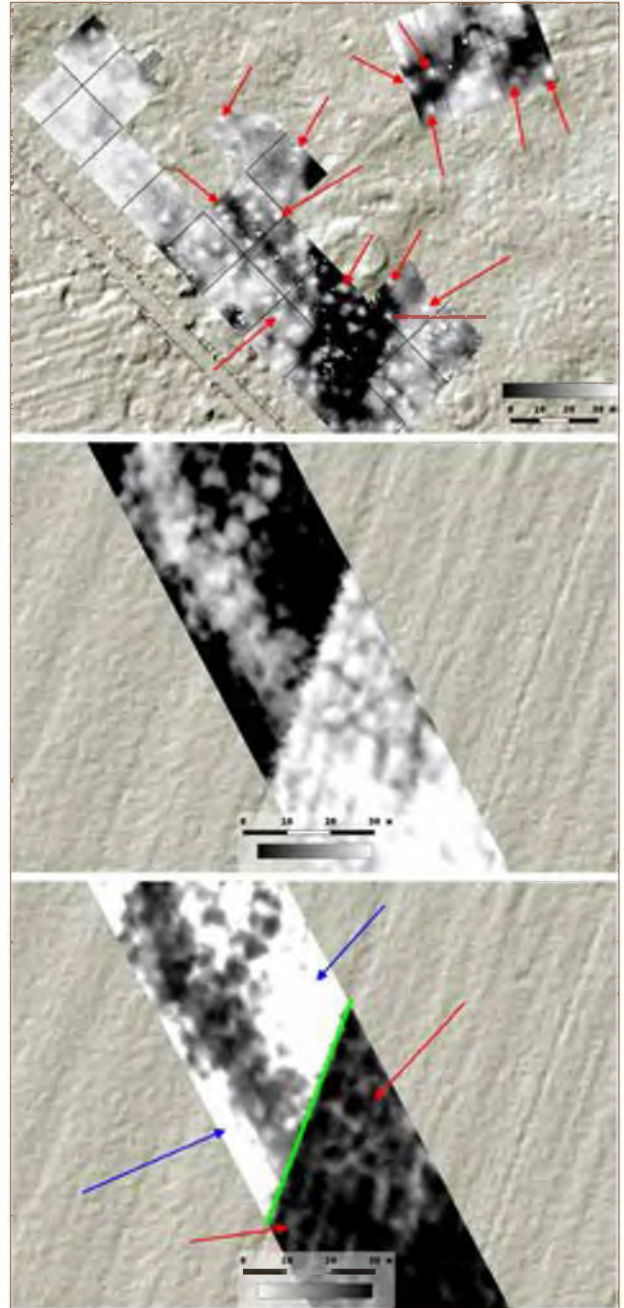
i innych obiektów polowych związanych z walkami okresu Wielkiej Wojny. Ten wyjątkowy zbiór tworzą ciekawe studia przypadków, których wspólna analiza prowadzi do ogólnych wniosków nad skutecznością i zastosowaniem metod nieinwazyjnych, co pozwala na optymalizację doboru stosowanych metod geofizycznych w odniesieniu do terenów pobojozisk z XX w. i wszelkich obiektów stanowiących ich element, lub z nimi powiązanych. Między innymi dzięki licznym próbom zastosowania badań geofizycznych w ramach projektu APP, możliwe było określenie wpływu współczesnych cech terenu (wynikających z dostępności, sposobu użytkowania, a nawet pogody) na wykrywalność obiektów z I wojny światowej oraz dowiedzenie zasadności stosowania zintegrowanych metod nieinwazyjnych.



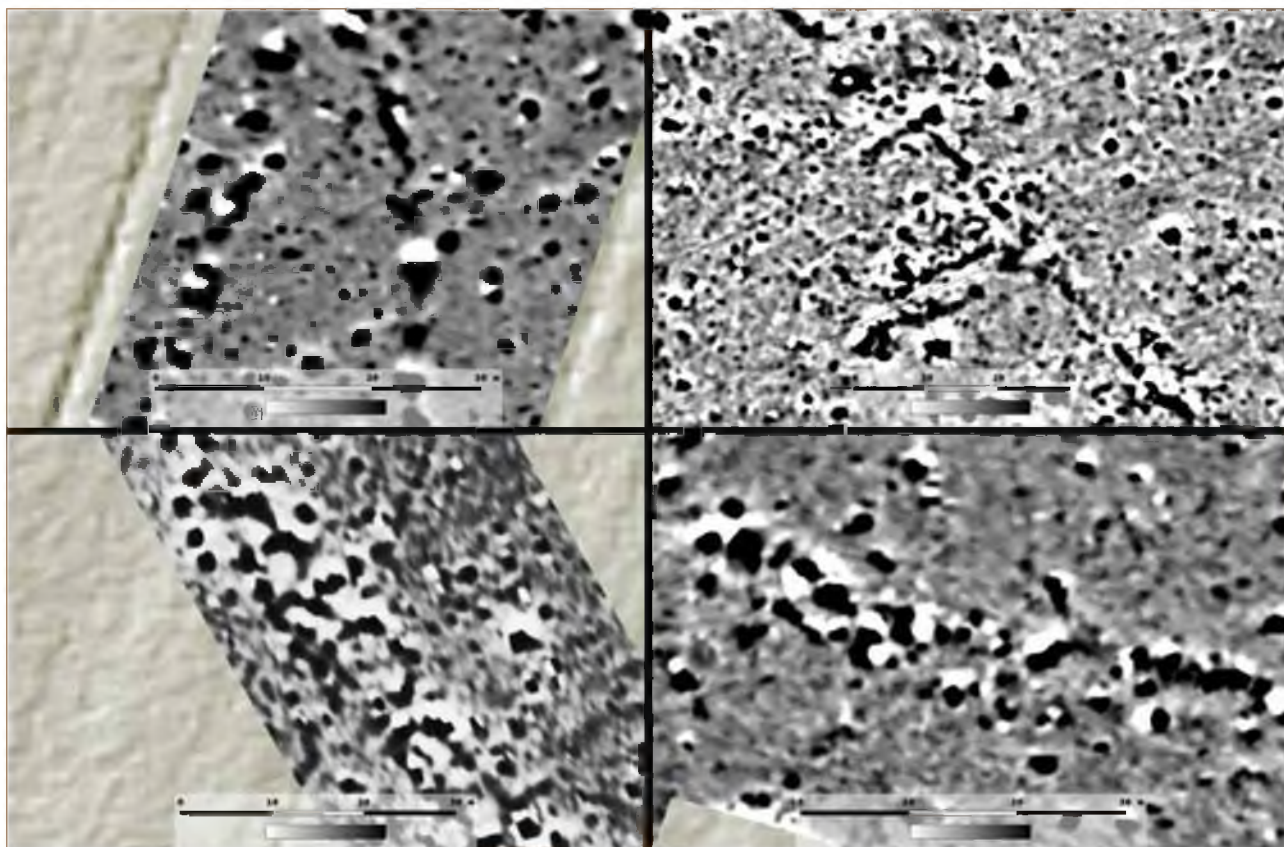
Ryc. 13. Bialynin, gm. Nowa Sucha. Obrysy wyróżników roślinnych interpretowanych jako ziemianki, znanych ze zdjęć lotniczych, nałożone (interpretacja: W. Rączkowski, szerzej na ten temat por. Kiarszys, Rączkowski w tym tomie, rozdział 11) na wizualizację pomiarów magnetycznych w skali czytelnie ukazującej punktowe anomalie dipolowe.



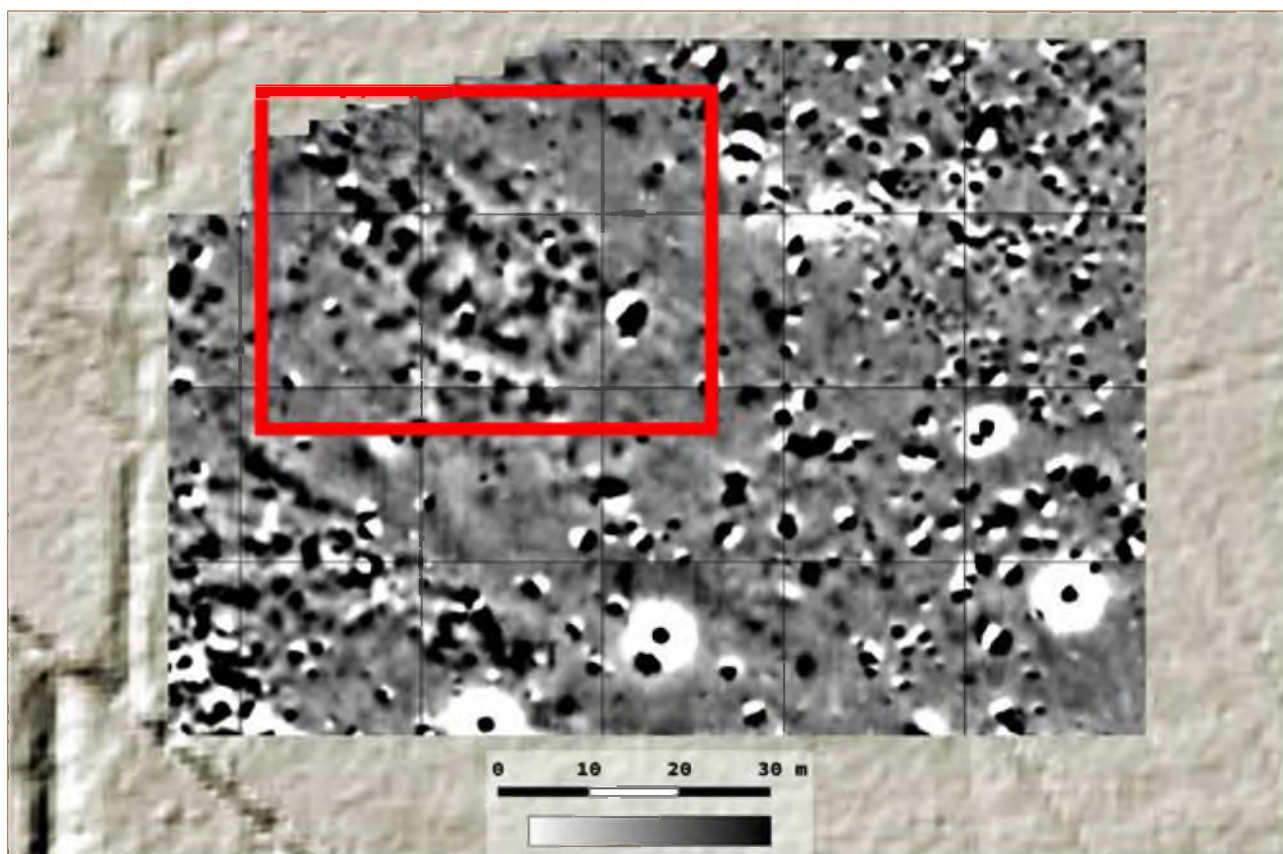
Ryc. 14. Joachimów-Mogily, gm. Bolimów, stan. APP-16. Przykład porównania wyników dwóch metod geofizycznych. Górna wizualizacja – pomiary magnetyczne; dolna wizualizacja – pomiary elektrooporowe (Źródło: zasób danych na temat wyników badań geofizycznych zrealizowanych w ramach APP pod kierownictwem T. Herbicha. Oprac. P. Wroniecki).



Ryc. 15. Przykłady ograniczeń prospekcji elektrooporowej. Górna grafika: Joachimów-Mogily, gm. Bolimów, stanowisko APP-16 – czerwone strzałki oznaczają anomalie spowodowane przez korzenie drzew (Źródło: zasób danych na temat wyników badań geofizycznych zrealizowanych w ramach APP pod kierownictwem T. Herbicha); środkowa i dolna grafika: Okopy, gm. Nowa Sucha, stanowisko APP-29. (Oprac. badań zrealizowanych w ramach APP, P. Wroniecki). Ryciny przedstawiają różnice w wykrywalności linii umocnień polowych ze względu na zmianę oporności pozornej tła wynikającej z różnych upraw (zielona linia – miedza). (Oprac. P. Wroniecki).



Ryc. 16. | Przykłady manifestacji zaspanych umocnień polowych w danych magnetycznych w ramach projektu APP w okolicy wsi Okopy, gm. Nowa Sucha, stanowisko APP-29). Badania na tym stanowisku były elementem procesu interpretacyjnego odnośnie do opartej na analizie danych teledetekcyjnych hipotezy A.I. Zalewskiej i J. Czarneckiego dotyczącej potencjalnego miejsca spoczynku ofiar jednego z ataków z użyciem broni chemicznej (szerzej na ten temat por. rozdz. 5 autorstwa A. Zalewskiej w tym tomie oraz Zalewska, Czarnecki 2016 i Zalewska, Czarnecki, Kiarszys 2019. Oprac. P. Wronecki).



Ryc. 17. | Przykłady manifestacji zaspanych umocnień polowych w danych magnetycznych, w okolicy wsi Wólka Łasiecka, gm. Bolimów (autor badań: zespół IAE PAN pod kierownictwem T. Herbicha w ramach APP, oprac. P. Wronecki w ramach projektu APP).

Tabela 1. Podsumowanie skuteczności stosowanych w projekcie APP metod geofizycznych w rejestracji poszczególnych obiektów związanych z Wielką Wojną: T – skuteczne; n – raczej nieskuteczne; N – nieskuteczne.

Metoda	Konstrukcje okopów	Linie okopów	Ziemiarki	Paleniska	Nieoznaczone groby
Magnetyczna	T	T	N	T	N
Elektrooporowa	N	T	?	N	N
Georadarowa	N	T	T	n	n

Wpływ upraw na wykrywalność konstrukcji okopowych szczególnie wyraźnie widać na przykładzie pomiarów elektrooporowych we wsi Okopy (ryc. 15, wizualizacja środkowa i dolna). Skrajnie różne odczyty będące tłem pozwoliły wyróżnić obiekty jedynie w północnej części przebadanego obszaru.

W wyniku badań geofizycznych cmentarza wojennego we wsi Joachimów-Mogiły, gm. Bolimów (stanowisko APP-16) na obszarze o całkowitej powierzchni 8 ha dowiedziono ograniczonej użyteczności tych metod w delimitacji wkopów grobowych. Ten niemal całkowicie zapomniany do niedawna cmentarz, którego układ przestrzenny został rozpoznany głównie na podstawie analizy danych z laserowego skanowania lotniczego, cechują pojedyncze i zbiorowe pochówki płaskie oraz regularnie rozplanowane nasypy / kopce (więcej informacji *vide* Zalewska, Kiarszys 2017). Wyraźnie czytelne punktowe podwyższenia oporności pozornej gruntu (ryc. 15, wizualizacja górna), które w kilku wypadkach mogły być zinterpretowane jako wkopy grobowe, były wynikiem wykrywania przez metodę elektrooporową systemów korzeniowych drzew. Pobierająca wodę duża roślina lokalnie obniża wilgotność gruntu, co wykrywa urządzenie pomiarowe.

Sposób wykorzystania terenu i jego nawet tymczasowy mikrorelief (ukształtowanie samej powierzchni gruntu) także mają wpływ na wyniki pomiarów geofizycznych. Bruzdy wynikające z **orania pola** widoczne są w wynikach pomiarów elektrooporowych i radarowych w Okopach (ryc. 5 i 6). Na skuteczność metod wrażliwych na zmiany wilgotności podłoża (elektrooporowa, georadarowa) duży wpływ mają długotrwałe procesy pogodowe. Wynikająca z nich wilgotność gruntu miewa kluczowe znaczenie dla wykrywalności obiektów. Różna miąższość geologicznego podłoża i wypełnisk obiektów może powodować różnice w retencji wody, co jest dobrze widoczne w wynikach pomiarów elektrooporowych. Gdy wilgotność wypełniska i otoczenia są bardzo do siebie zbliżone, kontrast jest niemożliwy do uchwycenia.

Ograniczenia i możliwości wykrywania obiektów z okresu trwających kilka miesięcy działań wojennych w latach 1914-1915 wynikają także ze specyfiki poszczególnych metod geofizycznych. Każda z nich pozwala na zbadanie innych właściwości fizycznych badanych obiektów. Przykład reliktyw ziemianek w okolicy wsi Nowy Białynin wydaje się szczególnie pouczający (ryc. 12, 13): zasięg przestrzenny prostokątnych i równo rozmieszczonych obiektów – częściowo rozpoznanych dzięki wykonanym w ramach Archeologicznego Przywracania Pamięci

zdjęciom lotniczym – został poszerzony jedynie dzięki zastosowaniu metody georadarowej, gdyż pomiar wykonywany jest na wielu głębokościach na raz. Natomiast istnieje szansa, że obiekty mogłyby zostać wykryte przez metodę elektrooporową, np. przy sprzyjającej kontrastowi wilgotności lub gdyby wykonać pomiar przy zastosowaniu innego układu elektrod. Wiadomo natomiast, że metoda magnetyczna nie wykryła reliktyw ziemianek wcale, gdyż ich wypełniska nie kontrastują magnetycznie z otoczeniem. Metoda ta pozwoliła jednak na wykrycie punktowych anomalii dipolowych, z których część usytuowana jest w narożnikach prostokątnych anomalii georadarowych. Można więc z dużym prawdopodobieństwem łączyć je z pozostałościami palenisk położonych w obrębie ziemianek. Na przykładzie tym można doskonale zobrazować zasadność integracji i stosowania różnego typu metod nieinwazyjnych w badaniu pobojuwisk i infrastruktury zapleczewej z czasów wojen XX w.

Kolejny przykład to badania wykonane we wsi Joachimów-Mogiły (ryc. 14), gdzie wykryto jedynie punktowe anomalie magnetyczne, które nie potwierdzają obecności obiektu, zaś badania elektrooporowe wyraźnie oddały jego okrągły kształt. To geometryczne obniżenie oporności pozornej gruntu wskazuje na potencjalną obecność wkopu grobowego.

Wielometodowe rozpoznanie w okolicy wsi Okopy przyniosło ciekawe wnioski metodyczne. Jest to bardzo ważne studium przypadku, gdyż pokazuje możliwości współczesnych metod prospekcji geofizycznej w rozpoznaniu, dokumentowaniu i archeologiczno-historycznym interpretowaniu odkrywanych struktur. Badania magnetyczne dobrze rejestrują kształt przebiegu okopów (szczególnie tych długo funkcjonujących) oraz konstrukcji w nich zawartych. To jednak pomiary elektrooporowe były w stanie uchwycić relikty okopu, który istniał przez krótki czas (ryc. 5, 7G), zaś pomiary magnetyczne nie były w stanie go wykryć. Choć wnioski z pomiarów radarowych są ograniczone z uwagi na dość niewielki obszar badawczy można stwierdzić, że są dość podobne do wyników pomiarów elektrooporowych. Mają jednak tę przewagę, że pozwalają zaprezentować wnioski dotyczące miąższości i głębokości zalegania obiektu (ryc. 6).

Tworzenie i doskonalenie klucza interpretacyjnego dla danych geofizycznych jest niezmiernie ważne dla opracowania strategii ich stosowania i poszerzania możliwości ich wykorzystywania w archeologicznym procesie badawczym – również w odniesieniu do archeologii czasów współczesnych. Analiza i krzyżowe porównywanie wyników

prospekcji geofizycznej wymaga dużej wiedzy i doświadczenia, jednak każde kolejne badania mogą przyczynić się do budowania fachowej literatury. Analiza i interpretacja nieinwazyjnych danych pełna jest pułapek, które możliwe są do rozpoznania i uniknięcia.

Podsumowanie

Współczesna technologia pozwala opracowywać narzędzia pomiarowe, które wykorzystywane na potrzeby prospekcji archeologicznej pozwalają nieinwazyjnie (bez ingerowania w strukturę gleby) ujawniać ukryte pod ziemią informacje dotyczące działalności człowieka w przeszłości – również o charakterze militarnym. Metody te wzajemnie uzupełniają się, a łączne ich stosowanie znacznie podnosi wartość informacyjną badań i ułatwia interpretację. Kolejność ich stosowania jest natomiast kluczowa dla optymalizacji prac terenowych. Ogólna zasada mówi, aby przechodzić od metod najbardziej ogólnych i najszybszych, najbardziej szerokokąsowych, do bardziej studyjnych i czasochłonnych. Wpływ kolejności zastosowania poszczególnych metod na poddanych badaniom stanowiskach na uzyskane wyniki zintegrowanych badań nieinwazyjnych był bardzo istotny. Wiele czynników, m.in. dostępność i ukształtowanie terenu, geomorfologia obszaru czy charakter poszukiwanych obiektów, rzutuje każdorazowo na optymalny wybór kolejności stosowanych metod. Analiza wyników oparta została na rezultatach pomiarów geodezyjnych, magnetycznych, elektrooporowych, georadarowych, analizach przestrzennych i teledetekcyjnych stanowisk, wcześniejszym rozpoznaniu wyróżników roślinnych oraz na podstawie posiadanego doświadczenia badawczego.

Badane miejsca miały bardzo różnicowaną dostępność. Okolice wsi Nowy Białynin i Okopy, gdzie badano relikty ziemianek i okopów, są terenem intensywnie wykorzystywanym rolniczo. Badania geofizyczne przeprowadzone w ramach APP wykazały, że tego typu sytuacja stanowi zarówno zaletę (teren nie jest zadrzewiony i nie jest bardzo zanieczyszczony współczesnymi śmieciami), jak i wadę, gdyż prace agrotechniczne ograniczają czas możliwości

wykonania pomiarów, a świeżo zaorane pole (jak w przypadku reliktyw fortyfikacji polowych w okolicy wsi Okopy) czy młode uprawy (jak w przypadku obozowiska w okolicy wsi Nowy Białynin) ograniczają możliwości pomiarowe metody radarowej i elektrooporowej. To, co utrudnia zastosowanie obu wspomnianych metod, nie stanowi przeszkody w zastosowaniu metody magnetycznej.

Spośród przebadanych geofizycznie obiektów, najtrudniejszym badawczo terenem okazał się cmentarz wojenny w Borzymówce, w odniesieniu do którego zastosowanie metody radarowej było dużym wyzwaniem. Brak jednoznacznej odpowiedzi na zadane pytania badawcze (rejestracja nieoznaczonych grobów oraz jednocześnie wytypowanie optymalnej przestrzeni pustej na ossuarium) wynika głównie z trudności w jednoznacznej interpretacji poszczególnych anomalii jako grobów (inne obiekty czy zjawiska naturalne mogą powodować podobne odczyty) oraz z ograniczonej dostępności terenu opuszczonego cmentarza.

Należy pamiętać, że przedstawione tutaj badania miały również charakter studium przypadku – zbierania i budowania wiedzy eksperckiej – gdyż istniały możliwości krzyżowego sprawdzenia skuteczności trzech podstawowych metod geofizycznych stosowanych w archeologii, czyli gradiometrii magnetycznej, georadaru i pomiarów elektrooporowych. Wykonane badania geofizyczne stanowią ważny element w kompleksowym rozpoznaniu źródeł archeologicznych związanych z pierwszowojennymi stanowiskami archeologicznymi w rejonie centralnej Polski. Uzyskano obraz struktur podpowierzchniowych, które wyróżnić można na podstawie wzajemnie uzupełniających się wyników prospekcji. Ważnym czynnikiem jest powtarzalność rejestracji tych samych struktur podpowierzchniowych za pomocą kilku metod. Na podstawie danych zebranych w trakcie projektu „Archeologiczne Przywracanie Pamięci o Wielkiej Wojnie” można zainicjować próbę systematyzacji wyników badań geofizycznych stanowiących zobrazowania obiektów związanych z I wojną światową, w tym dalszych analiz pozostałości fortyfikacji polowych, architektury obozowej czy innych materialnych pozostałości „życia i śmierci” na nieco zapomnianym froncie wschodnim pierwszej wojny światowej.

Bibliografia

- Andrzejewski A., Wroniecki P. 2015. *W poszukiwaniu zaginionego miasta. 15 lat badań średniowiecznej lokalizacji Nieszawy*. Łódź.
- Aspinall A., Gaffney, C., Schmidt A. 2008. *Magnetometry for archaeologists*. Lanham.
- Conyers L. B. 2013. *Ground-penetrating Radar for Archaeology*. Latham, Maryland.
- Konczewski P., Konczewska M., Sady A., Szczurowski J., Wroniecki P. 2016. Krajobraz kulturowy i paleoekologia Puszczy Zgorzeleckiej. Badania w leśnictwach Toporów i Zabłocie. *Śląskie Sprawozdania Archeologiczne* 58: 199-226.
- Kostyrko, M., Kajda K., Wroniecki P., Lokś A. 2016. Archeologia nieinwazyjna w lesie. Prospekcja wczesnośredniowiecznego grodziska w Biedrzychowicach Dolnych, woj. lubuskie. *Śląskie Sprawozdania Archeologiczne* 58: 85-99.
- Michnik M., Wroniecki P., Zdaniewicz, R. 2016. Badania nieinwazyjne w obrębie grodzisk stożkowatych w Starych Tarnowicach, pow. tarnogórski oraz Pniowie, pow. gliwicki. W: M. Furmanek, T. Herbich, M. Mackiewicz (red.), *Metody geofizyczne w archeologii polskiej*. Wrocław: 85-88.
- Schmidt A. 2002. *ADS Guide to Good Practice: Geophysical Data in Archaeology*. Oxford.
- Schmidt A. 2013. *Earth Resistance for Archaeologists*. Latham, Maryland.
- Sikora J., Kittel P., Wroniecki P. 2017. Katalog obiektów objętych badaniami nieinwazyjnymi z lat 2013-2016. W: A. Andrzejewski, J. Sikora (red.), *Grodziska wczesnośredniowieczne Polski Centralnej. Archeologiczne badania nieinwazyjne z lat 2013-2016*. Łódź: 67-280.
- Sikora J., Wroniecki P. 2011. Zobaczyć niewidoczne? GIS, geofizyka i prospekcja lotnicza w Ostrowitem, gm. Chojnice. W: J. Jasiewicz, M. Lutyńska, M. Rzeszewski, M. Szmyt, M. Makohonienko (red.), *Metody geoinformacyjne w badaniach archeologicznych*. Środowisko i kultura. T. 9. Poznań: 82-86.
- Sikora J., Wroniecki P. 2014. Prospekcja geofizyczna jako integralna część procesu badawczego w archeologii. Przykład mikroregionu osadniczego w Ostrowitem. *Fontes Archaeologici Posnanienses* 50/2: 131-146.
- Wroniecki P. 2012. Discovery of new Iron Age groove-type features from Michałowice in 2010. A geophysical case study. *Recherches Archeologiques* NS 4. Kraków: 163-172.
- Wroniecki P. 2015. Rzecz o interpretacji wyników badań geofizycznych. Szurpiły, st. 8. W: S. Wadył, M. Karczewski, M. Hoffman (red.), *Mosiężysko. Materiały do archeologii Warmii i Mazur*. T. 1. Warszawa-Białystok: 57-66.
- Wroniecki P. 2017. Kompleksowe geofizyczne rozpoznanie zaginionego średniowiecznego miasta w Dzwonowie. W: M. Krzepakowski, M. Moeglich, P. Wroniecki (red.), *Dzwonowo. Średniowieczne zaginione miasto*. T. I, *Środowisko naturalne, zarys dziejów, metody nieinwazyjne*. Wągrowiec: 178-193.
- Zalewska A., Czarnecki J. 2016. *Ślady i świadectwa Wielkiej Wojny nad Rawką i Bzurą*. Fundacja Przydrożne Lekcje Historii. Warszawa.
- Zalewska A., Kiarszys G. 2017. Absent presence of Great War cemeteries in the municipality of Bolimów, Central Poland. W: A. I. Zalewska, J.M. Scott, G. Kiarszys, *The Materiality of Troubled Pasts: Archaeologies of Conflicts and Wars*. Warszawa-Szczecin: 55-81.
- Zalewska A., Czarnecki J., Kiarszys G. 2019. *Krajobraz Wielkiej Wojny. Front nad Rawką i Bzurą (1914-1915) w świetle reledetekcji archeologicznej i źródeł historycznych*. Warszawa.