

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII GIS W LOKALIZACJI STANOWISK ARCHEOLOGICZNYCH PODCZAS PROSPEKCJI TERENOWEJ

APPLICATION OF GIS TECHNOLOGY IN LOCATION OF ARCHAEOLOGICAL SITES DURING FIELD SURVEY

Magdalena Bryk, Julia M. Chyla

Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology – Poland (CAA PL)

Słowa kluczowe: mobilny GIS, GPS, System Informacji Archeologicznej, Archeologiczne Zdjęcie Polski, badania powierzchniowe

Keywords: mobile GIS, GPS, Archaeological Information System, „Archeologiczne Zdjęcie Polski”, filed survey

Badania powierzchniowe – Archeologiczne Zdjęcie Polski

Badania powierzchniowe to obecnie najbardziej rozpowszechniona, niedestrukcyjna metoda poszukiwania stanowisk archeologicznych. Polega na systematycznej prospekcji terenu przez kilkusobowy zespół, poruszający się tyralierą. Celem badaczy jest zarejestrowanie i określenie zasięgu obszaru występowania ruchomych zabytków archeologicznych lub widocznych, antropogenicznych form krajobrazowych. W efekcie powstaje dokumentacja opisowa i kartograficzna stanowiska archeologicznego (Ławecka, 2003).

W 1978 roku rozpoczęto, trwający do dziś, program badawczo-konserwatorski o nazwie Archeologiczne Zdjęcie Polski, w skrócie AZP (Woyda, 1975), w ramach którego przebadano już ok. 87% powierzchni kraju (NID, 2013). Autorzy projektu za swój cel przyjęli rozpoznanie krajowych zasobów archeologicznych w oparciu o cykliczne badania powierzchniowe, poprzedzone kwerendą materiałów archiwalnych. Drugim założeniem programowym było wypracowanie standardów dla prowadzenia prac terenowych oraz dokumentacji (Jaskanis, 1996; Standardy, 2010). Dla usystematyzowania działań, teren Polski podzielono na ponumerowane, prostokątne pola o wymiarach 7,5×5 km (37,5 km²), określane jako obszary AZP. Podczas procesu podziału nie uwzględniono żadnego odwzorowania kartograficznego, a dla pojedynczych obszarów zastosowano mapy w skali 1:25 000 w układzie PUWG 1965 (Kozioł i in., 2012). Według przyjętego schematu każde, zlokalizowane podczas badań lub kwerendy archiwalnej stanowisko posiada numer identyfikacyjny, nadany w ramach obszaru AZP oraz kartę katalogową – Kartę Ewidencji Zabytku Archeologicznego (KEZA).

Formularz zawiera część opisową oraz mapę w skali 1:10 000 w układzie PUWG 1965 z lokalizacją i zasięgiem stanowiska. Całość dokumentacji – mapy obszarów z oznaczonymi stanowiskami, KEZA, sprawozdania z badań wraz z określonymi zestawieniami – przekazywana jest właściwemu wojewódzkiemu konserwatorowi zabytków (WKZ) oraz gromadzona w ramach krajowego systemu ewidencji stanowisk archeologicznych w Narodowym Instytucie Dziedzictwa (NID), z siedzibą w Warszawie. Zebrane podczas badań powierzchniowych zabytki ruchome deponowane są w wyznaczonych przez WKZ placówkach muzealnych lub instytucjach naukowych.

Program AZP został przygotowany przez archeologów i dla archeologów, z uwzględnieniem konserwatorskiej potrzeby ochrony odkrywanych stanowisk, z pominięciem metod kartograficznych przy podziale obszarów i opracowaniu map. Następstwem jest wzbudzająca wątpliwość dokładność dokumentacji położenia stanowisk archeologicznych i ewentualność wystąpienia błędów (zob. Kozioł i in., 2012).

Podczas tworzenia programu nie wzięto pod uwagę, że AZP stanie się podstawą dla konserwatorskiej ochrony stanowisk archeologicznych i główną bazą danych o krajowych zasobach archeologicznych. W dzisiejszych czasach AZP wykorzystywane jest nie tylko przez naukowców, ale również przez administrację oraz inwestorów, dla których kluczowa jest dokładna lokalizacja stanowisk (Kobyliński, 2001). Dlatego, w momencie tworzenia gminnych planów zagospodarowania przestrzennego lub planowania nowych inwestycji, ważną staje się weryfikacja badań przeprowadzonych we wcześniejszych latach, która ma na celu sprawdzenie i uaktualnienie informacji o przestrzennym zasięgu stanowisk archeologicznych.

Obecnie, aktualizowane na bieżąco informacje przestrzenne o zasobach archeologicznych są dostępne, w postaci analogowego zbioru KEZA oraz map obszarów AZP, u właściwych dla regionu konserwatorów zabytków. Liczne próby stworzenia cyfrowych rozwiązań w postaci systemów informacji geograficznej, które syntezowałyby dane z KEZA i wyników nowych badań powierzchniowych, jak np. mAZePA, AZP2010 (Prinke, 2002, 2012; Bronk-Zaborowska i in., 2005), portal eArcheo (NID, 2013) czy AZPGEO (Kozioł i in., 2012), nie uzyskały szerokiego kręgu odbiorców lub zostały ograniczone do zasięgu regionalnego. Ponadto, twórcy baz danych i systemów informacji nie dostosowali swoich rozwiązań do prac terenowych, prowadzonych przy użyciu nowoczesnych narzędzi i oprogramowania, które zapewniają coraz większą mobilność i elastyczność pracy z danymi cyfrowymi.

W związku z tym, dla naukowców rozpoczynających badania terenowe, czy inwestorów przygotowujących plany zabudowy, oficjalnym źródłem informacji wciąż pozostają papierowe karty i mapy obszarów występowania stanowisk archeologicznych.

Biorąc pod uwagę wspomniane wyżej uwarunkowania, dotyczące dostępności i formy dokumentacji źródłowej, w dalszej części artykułu przedstawiony zostanie dotychczasowy proces badań powierzchniowych o charakterze weryfikacyjnym oraz zaproponowany schemat postępowania z użyciem mobilnej technologii GIS.

Weryfikacja terenowa – metoda tradycyjna

Weryfikacja badań powierzchniowych, a zatem przebadanie danego obszaru lub pojedynczego stanowiska, w celu monitorowania zmian zasięgu występowania zabytków archeologicznych oraz obserwacji potencjalnych zagrożeń, to postępowanie zalecane w programie Archeologicznego Zdjęcia Polski. Ponowną prospekcję powierzchniową stanowisk o znanej

lokalizacji często wykonuje się w ramach regionalnych projektów naukowych oraz przy wstępnym rozpoznaniu stanowiska archeologicznego przed badaniami wykopaliskowymi.

Rozpoznanie zasobów archeologicznych jako czynnika podlegającego zmianom, niezbędne jest również do celów administracyjnych przy tworzeniu dokumentów planistycznych na poziomie gmin i województw, gdzie wskazywane są prawnie chronione obszary ograniczonego użytkowania, na przykład w studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego oraz miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego. Aktualne informacje, pochodzące z badań powierzchniowych, zawarte w zbiorze KEZA, niezbędne są także przy prowadzeniu przez służby konserwatorskie wojewódzkiej oraz gminnej ewidencji zabytków, za którą odpowiedzialne są lokalne władze samorządowe. Konieczne są również przy opracowaniach regionalnych programów opieki nad zabytkami. Ponadto rozkład i lokalizacja stanowisk archeologicznych są niewrażliwą informacją dla inwestorów przed rozpoczęciem prac budowlanych, ze względu na obowiązek pokrycia kosztów ewentualnych badań przedinwestycyjnych lub nadzorów archeologicznych (Matoga, 2007; Marciszewski, 2008).

Najważniejsze informacje zebrane podczas powierzchniowych badań weryfikacyjnych, to przede wszystkim lokalizacja i stan znanych lub nowych stanowisk archeologicznych, aktualny zasięg występowania zabytków ruchomych oraz identyfikacja istniejących bądź potencjalnych zagrożeń. W artykule celowo pominięto szczegółowy opis prac, które należy wykonać po zakończeniu prospekcji powierzchniowej, w tym analiz zabytków – nacisk został położony na działania terenowe związane z lokalizacją i weryfikacją stanu stanowisk archeologicznych.

Przed rozpoczęciem prac terenowych, niezwykle ważny był i nadal jest, prawidłowo przeprowadzony etap przygotowań. Pierwszym krokiem przed przystąpieniem do prac terenowych było przeprowadzenie kwerendy dostępnych danych. Był to żmudny proces, polegający na pozyskaniu informacji z KEZA, map archiwalnych, sprawozdań z poprzednich badań oraz dostępnej literatury. Lokalizowano obszary stanowisk archeologicznych na podstawie ogólnych map obszarów AZP (skala 1:25 000, układ PUWG 1965), następnie ustalano szczegółową lokalizację za pomocą dokładniejszych map (skala 1:10 000, układ PUWG 1965) znajdujących się na drugich stronach KEZA (rys. 1; Instrukcja ewidencji stanowisk archeologicznych, 1998).

Następnie planowano prace i wyznaczano trasy dla poszczególnych grup badawczych. Odpowiedni podział obszaru badawczego do prac terenowych był ważnym aspektem badań, pomagającym uniknąć problematycznych sytuacji, w których poszczególne grupy działające w tym samym czasie, mogłyby omyłkowo weryfikować ten sam obszar dwukrotnie.

Dalej przeprowadzano terenowe badania powierzchniowe, przemierzając tyralierą wyznaczone wcześniej obszary, w oparciu o przygotowaną dokumentację papierową oraz mapy. Podczas badań terenowych naukowcy posługiwali się kopiami Kart Ewidencji Zabytku Archeologicznego dla wszystkich weryfikowanych stanowisk, mapami obszarów AZP oraz dodatkowymi mapami topograficznymi, które miały wspomóc orientację w terenie. Początkowo, położenie zlokalizowanego stanowiska umieszczano na mapie na podstawie obserwacji charakterystycznych obiektów otoczenia i form terenowych, takich jak np. drogi lub budynki, co skutkowało niską precyzją lokalizacji i trudnościami w odnajdywaniu stanowisk podczas kolejnych badań. Podczas badań powierzchniowych, bez względu na warunki atmosferyczne, uzupełniano KEZA, wstępnie szkicując na wyżej wspomnianych mapach zaobserwowane w terenie domniemane zasięgi stanowisk archeologicznych (Kaczmarek, Medyńska-Gulij, 2007).

Ostatnim krokiem była analiza zebranego materiału i informacji oraz opracowanie dokumentacji: sprawozdania z badań, zestawień chronologicznych, map obszarów AZP oraz uzu-

pełnienie kart poszczególnych stanowisk i utworzenie KEZA dla nowych stanowisk odkrytych podczas badań. Początkowo, w pierwszym dziesięcioleciu trwania projektu, przepisywano na maszynie stworzone w terenie karty, uzupełniano dane bibliograficzne, statystyczne oraz wklejano skopiowane i wycięte fragmenty map z naniesionym położeniem stanowiska. Lokalizację stanowisk nanoszono w mniejszej skali również na całościową mapę obszaru. W dobie powszechnego użycia komputerów, zaczęto przepisywać informacje na elektroniczne wersje KEZA, a lokalizację stanowisk nanosić za pomocą prostych programów graficznych na zeskanowane wcześniej mapy i drukować.

Jak można zauważyć, dotychczasowy proces przeprowadzania prac terenowych był czasochłonny, mało wydajny, istniało duże prawdopodobieństwo pojawienia się błędów, szczególnie podczas przepisywania kart lub przerysowywania lokalizacji. Najczęściej pojawiające się błędy w dokumentacji dotyczą powtarzającej się lub błędnej numeracji stanowisk w ramach obszaru AZP, spowodowane brakiem wcześniejszej, pełnej kwerendy archiwalnej oraz błędami w lokalizacji, powstałymi podczas pracy na mapach o różnych skalach (Bryk, 2011). Problemy z lokalizowaniem stanowisk to także konsekwencja niezastosowania żadnego odwzorowania kartograficznego podczas tworzenia obszarów AZP (Kozioł i in., 2012). Spowodowało to pojawienie się pustych stref na granicy obszarów AZP, czyli terenu, który nie wchodzi w zakres żadnego z nich. Istnieje zatem prawdopodobieństwo, że miejsca te mogły nigdy nie zostać przebadane przy wykorzystaniu prospekcji powierzchniowej. Również przenoszenie lokalizacji stanowisk z map w układzie PUWG 1965 na dzisiejsze ortofotomapy, bądź mapy w innych układach współrzędnych, uwidacznia dodatkowe przesunięcia lokalizacji o kilka lub kilkanaście metrów. Zarówno w archeologii, jak i w planach inwestorskich, takie różnice odległości są niedopuszczalne. Warto też podkreślić, że błędy i nieaktualne informacje na poziomie zbioru kart, skutkują powielaniem tych samych błędów na poszczególnych etapach ewidencji konserwatorskiej oraz w późniejszych opracowaniach planistycznych, co dodatkowo zwraca uwagę na potrzebę weryfikacji informacji dotychczas zebranych w ramach AZP.

Weryfikacja terenowa – mobilny GIS

W dzisiejszych czasach dysponujemy wieloma nowoczesnymi narzędziami (nawigatory GPS, palmtopy, smartfony i tablety) oraz oprogramowaniem GIS (np. ArcPad, QGISCloud czy Mapy Google lub Google Earth), które mogą wzbogacić warsztat badawczy archeologa i usprawnić proces przygotowania, wykonywania oraz analizy badań powierzchniowych (Sikora, 2013).

Zastosowanie współczesnych technologii nie zmieniło konieczności rzetelnego przygotowania przed rozpoczęciem prac badawczych w terenie, choć zmienił się ich charakter. Po przeprowadzeniu kwerendy archiwalnej, ważne stało się pozyskanie informacji przestrzennych, dotyczących stanowisk archeologicznych, które w postaci wektorów posłużą do pracy w urządzeniach mobilnych. Ponieważ, wspomniane we wcześniejszej części artykułu, dotychczasowe systemy informacji geograficznej nie zawierają wszystkich potrzebnych danych, dotyczących zasobów archeologicznych lub mają wyłącznie zasięg lokalny, podstawą do prac są analogowe materiały, które należy zdigitalizować we własnym zakresie.

W trakcie przygotowania materiałów należy zdigitalizować Karty Ewidencji Zabytku Archeologicznego i mapy archiwalne (Chyla, 2011; Zapłata, 2012). Tak pozyskane dane zgeoreferować na podstawie rastrowych map topograficznych w odpowiednim układzie współrzędnych i zwektoryzować obszary stanowisk archeologicznych, w postaci punktów lub poligo-

nów, a potem przetransformować do układów obowiązujących dzisiaj. Zastosowanie tej metody może jednak skutkować błędną lokalizacją stanowisk archeologicznych. Dlatego, można pominąć proces georeferencji zdigitalizowanych map z KEZA i skupić się na zwektoryzowaniu interesujących nas obiektów. W tym celu dobrze posłuży metoda porównawcza, tj. wektoryzowanie obiektów na podkładzie mapowym przy obserwacji charakterystycznego przebiegu zasięgu stanowisk na mapie w skali 1:10 000 znajdującej się w karcie (rys. 2). Tak powstałe wektory można zapisać jako *shapefile*, a następnie wyeksportować do urządzenia mobilnego typu palmtop z oprogramowaniem GIS (Chyla, 2011).

Inną metodą wektoryzacji, której można użyć wykorzystując aplikacje Mapy Google lub Google Earth, jest porównanie zasięgu stanowisk archeologicznych z map w KEZA z mapami topograficznymi dostępnymi w Geoportalu, zestawienie tego zasięgu z ortofotomapą, a następnie zaznaczenie tego samego obszaru w aplikacjach Google, odnosząc się do charakterystycznych punktów terenowych (rys. 3). Tak stworzone mapy przedstawiające lokalizację stanowisk możemy zapisać w formacie *.kml i wyeksportować do aplikacji na urządzeniach mobilnych typu tablet czy smartfon.

Wektory stworzone za pomocą zarówno pierwszej, jak i drugiej metody można swobodnie konwertować pomiędzy formatami *.kml lub *.shp, co umożliwi pracę na tych samych danych w różnych urządzeniach mobilnych i stacjonarnych, przy użyciu różnorodnego oprogramowania.

W trakcie tego etapu nie trzeba ograniczać się do korzystania wyłącznie z tradycyjnych materiałów źródłowych. W procesie określania obszarów przeznaczonych do badań, można skorzystać z potencjału nowych technologii, tj. lotniczego skaningu laserowego lub wstępnej analizy zobrażeń satelitarnych, pod kątem stopnia zabudowy terenu.

W procesie przygotowania do prac terenowych, przy użyciu wyżej wymienionych urządzeń, powinno zostać uwzględnione zaplanowanie dogodnego terminu sesji pomiarowej. Za pomocą aplikacji, jak np. Trimble Planning Software lub Web Mission Planning należy przeanalizować wysokość współczynnika *dilution of precision* czy liczbę satelitów nad horyzontem i na tej podstawie wyznaczyć datę i godziny badań powierzchniowych podczas najkorzystniejszych warunków (Wagtendonk, de Jeu, 2007, s. 656).

Po przygotowaniu cyfrowych danych przestrzennych, należy zastanowić się nad wyborem konkretnych urządzeń potrzebnych do prac powierzchniowych, które zależne są od specyfiki weryfikowanych danych oraz obszaru badawczego. Tabela przedstawia zestawie-

Tabela 1. Porównanie urządzeń i oprogramowań podczas przeprowadzania prac terenowych (opracowanie: M. Bryk, J.M. Chyla)

Urządzenie	Poligony	Praca bez łączności z Internetem	Wytrzymałość baterii	Grupy działające w tym samym czasie	Wytrzymałość podczas prac w terenie	Atrybuty rastrowe	Przetworzenie danych na podstawie stacji referencyjnej
Nawigator GPS	×	✓	✓	×	✓	×	✓
Aplikacje Google na tablecie lub smartfonie	✓	×	×	✓	×	✓	×
Oprogramowanie GIS na palmtopie	✓	☒	✓	☒	✓	✓	✓

Oznaczenia: ✓ – jest taka funkcja, × – nie ma takiej funkcji, ☒ – funkcja istnieje, ale należy spełnić specjalne warunki.

nie i omówienie kilku urządzeń, wykorzystujących technologię mobilnego GIS. Wszystkie były używane podczas prac terenowych z zakresu aktualizacji informacji o lokalizacji i stanie stanowisk archeologicznych, dla gminnych ewidencji zabytków oraz prospekcji powierzchniowych o charakterze weryfikacyjnym.

Nawigatory GPS, dziś powszechnie stosowane w archeologii (przede wszystkim do pomiaru współrzędnych i śledzenia tras), zapewniają akceptowalną dla badań powierzchniowych dokładność pomiarów i są obecnie zalecane przez NID do wykonywania pomiarów (NID, 2013). Praca terenowa z GPS pozwala na zlokalizowanie położenia użytkownika na wgranych do urządzenia podkładach mapowych. Zapewnia to dobrą orientację w terenie oraz umożliwia lokalizację względem wcześniej wprowadzonych punktów. Dzięki temu, dotarcie do weryfikowanych obszarów staje się dużo prostsze i szybsze, niż przy użyciu map analogowych. Nawigatory umożliwiają zbieranie nowych danych w postaci obiektów punktowych, w dowolnym układzie współrzędnych, uzupełnionych o krótkie informacje tekstowe, a także ich eksport, zwykle w formacie .gpx. Możliwa jest także edycja wcześniej wprowadzonych danych, a zatem bieżąca aktualizacja przygotowanych materiałów. Obiekty poligonowe domyślnie nie są obsługiwane przez nawigatory, dlatego trzeba mieć na względzie pracę głównie z obiektami punktowymi. Urządzenia te mają jednak możliwość generowania linii w postaci tras – przebytych lub planowanych, co pozwala na zastąpienie poligonów, zarówno na etapie przygotowań, jak i podczas pracy w terenie, np. podczas wyznaczania zasięgu stanowiska. Łączność z Internetem w przypadku tego typu urządzeń nie jest konieczna, ponieważ podkłady mapowe są zapisywane bezpośrednio w urządzeniu. GPS nie pozwala na jednoczesne wprowadzanie informacji do zewnętrznych baz danych w czasie rzeczywistym przez różne grupy, a w mniej zaawansowanych modelach, także na dodanie atrybutów w postaci rastrow, jak np. wykonanego w czasie pomiaru zdjęcia. Nawigator GPS został zaprojektowany z myślą o pracy terenowej, dlatego jego dużymi zaletami są: wysoka odporność na trudne warunki atmosferyczne i trwałość obudowy, a także duża żywotność baterii, umożliwiająca długotrwałą pracę. Po powrocie z badań, zebrane dane terenowe należy poddać przetworzeniu na podstawie stacji referencyjnych oraz przekonwertować na odpowiedni format plików do dalszej pracy w oprogramowaniu GIS. Praca z samym nawigatorem GPS, jeśli nie uwzględnia wcześniejszego dokładnego odwzorowania zasięgu stanowiska lub rastrowych podkładów mapowych, utworzonych bezpośrednio ze zgeoreferowanych map obszaru AZP, powinna zostać uzupełniona o szczegółowe materiały kartograficzne – wybrane KEZA w postaci analogowej bądź cyfrowej na osobnym urządzeniu, ponieważ do przygotowanych wcześniej, zwektoryzowanych obiektów punktowych nie można dołączyć dodatkowego pliku graficznego.

Taką możliwość dają aplikacje Mapy Google lub Google Earth, funkcjonujące na tablecie bądź smartfonie z wbudowanym odbiornikiem GPS. Pozwalają na namierzanie lokalizacji użytkownika lub zasięgu stanowisk archeologicznych, zapisanych wcześniej jako zbiór obiektów punktowych i poligonowych, bezpośrednio pobieranie zróżnicowanych, nowych danych z terenu, tj. współrzędnych, opisów tekstowych, a także zdjęć oraz edycję danych przygotowanych wcześniej. Odradza się jednak tworzenie nowych wektorów bezpośrednio przy użyciu odbiornika GPS, gdyż nie jest on wystarczająco dokładny, zwłaszcza na terenach poza aglomeracjami miejskimi (Zandbergen, 2009). Właściwe odwzorowanie lokalizacji i zasięgu stanowiska powinno zostać uzupełnione własnymi obserwacjami terenowymi, z porównaniem zobrazowań satelitarnych, które stanowią główny podkład mapowy w omawianych aplikacjach. Usługi lokalizacyjne są aktualnie wykorzystywane w każdej telefonii

komórkowej nowej generacji (3G, 3,5G, 4G), co umożliwia szybki transfer danych, potrzebny między innymi przy ciągłej transmisji map (GNSS Raport, 2013). Edycja informacji lokalizacyjnych, na podstawie obserwacji terenowych oraz wykonanie notatek tekstowych, dotyczących na przykład zagrożeń lub wręcz wstępne wypełnienie elektronicznej wersji KEZA bezpośrednio w urządzeniu mobilnym, pozwalają na znaczne skrócenie czasu poświęconego późniejszemu przetwarzaniu danych. Ponieważ wszystkie aplikacje Google domyślnie działają w systemie odniesienia WGS-84, nie powoduje to zmian wynikających z ewentualnych transformacji układów, pomiędzy wprowadzonymi wcześniej do programu danymi archiwalnymi i informacjami zebranymi podczas prac terenowych. Ponadto możliwe jest dołączenie dłuższych opisów tekstowych oraz atrybutów rastrowych (np. skanów KEZA) do przygotowanych wcześniej wektorów. Działania całego zespołu na jednym, wspólnym zestawie wektorów, dzięki zmianom symboli punktów w trakcie pracy terenowej, umożliwia obserwację postępów różnych grup w czasie rzeczywistym. Opisywane aplikacje wymagają jednak stałego dostępu do Internetu, a ich znaczącą wadą jest brak przystosowania urządzeń do trudnych warunków terenowych oraz krótka żywotności baterii. Po zakończonej prospekcji powierzchniowej, zebrane i uaktualnione dane przestrzenne można zapisać w formatach *.kml lub *.kmz i poddać dalszemu opracowaniu.

W marcu 2013 roku, firma Google uruchomiła nową aplikację Google Maps Engine Lite, która usprawniła wyżej wymienione czynności, dodając kilka przydatnych innowacji, takich jak: tworzenie warstw, dodawanie własnych rastrow, czy też możliwość wykorzystania dzieł różnych map podkładowych. Istnieje również możliwość wyeksportowania poszczególnych warstw, jak i całej mapy do formatu Google Earth *.kml (Google, 2013). Użytkownicy tabletek i smartfonów powinni także zwrócić uwagę na pojawiające się nowe, darmowe aplikacje mobilne, opierające się na technologii GIS, które mogą usprawnić prace badawcze, dedykowane pod systemy Android czy IOS (np. Locus lub Wolf-GIS) (Sikora, 2013).

Użycie oprogramowania GIS zainstalowanego na palmtopie, jak np. ArcPad, łączy odporność oraz dokładność nawigatora GPS i wygodę użytkownika aplikacji dla urządzeń mobilnych typu smartfon (rys. 4). Dzięki niemu możliwe jest weryfikowanie lokalizacji stanowisk i dokumentowanie w postaci wektorów – zarówno obiektów punktowych, jak i poligonowych czy liniowych – w określonym przez użytkownika systemie odniesienia (zwykle WGS-84) oraz wybranych przez niego podkładach mapowych. Takie oprogramowanie pozwala na edycję istniejących lub stworzenie nowych wektorów, na podstawie położenia odbiornika GPS czy śledzenia ruchu urządzenia. Urządzenie nie musi być połączone z Internetem, jednak wykorzystanie tej opcji pozwala na bieżące śledzenie działań różnych grup oraz wyświetlanie warstw WMS, na przykład z geoportalu. Program umożliwia użycie atrybutów dowolnego typu, a także w razie konieczności utworzenia nowych w trakcie pracy terenowej. Palmtop, podobnie jak nawigator GPS, jest urządzeniem dedykowanym do działania w terenie, a zatem jest odporny na trudne warunki atmosferyczne, ma trwałą obudowę i baterię zapewniającą długotrwałą pracę. Należy pamiętać, aby po powrocie z badań, dane terenowe poddać obliczeniom zmniejszającym granicę błędów dla realnej pozycji odbiornika w momencie pomiaru (Tripcevich, Wernke, 2012) oraz opracować pod kątem analiz i tworzenia dokumentacji archeologicznej.

Proponowanym, optymalnym rozwiązaniem do pracy terenowej, podczas badań powierzchniowych o charakterze weryfikacyjnym, jest użycie nawigatora GPS w trakcie przemieszczania się pomiędzy obszarami występowania stanowisk oraz do śledzenia tras poszczególnych grup. Natomiast do szczegółowej lokalizacji stanowisk, edycji danych i doda-

wania atrybutów, korzystniejsze jest użycie tabletu lub smartfona z aplikacją GIS lub palmtopa, ze względu na znacznie większe możliwości urządzenia oraz wygodę użytkownika.

Etapem końcowym, który łączy wszystkie omówione rozwiązania jest dalsza praca z danymi zebranymi podczas prospekcji powierzchniowej, a więc eksport do oprogramowania GIS i uzupełnienie danych o analizy zebranych zabytków ruchomych. Rezultatem powinno być utworzenie otwartego Systemu Informacji Archeologicznej, gotowego do dalszej pracy naukowej, wizualizacji wyników (rys. 5, 6), przygotowania dokumentacji AZP i eksportu danych do regionalnych geoportali (Miałduń i in., 2005). Otwartość SIA, tj. możliwość dodawania nowych i edytowania wprowadzonych już danych, pozwala na stałe powiększanie zbioru o kolejne informacje, jak i przystosowanie do nowych technologii, które z pewnością pojawiają się w przyszłości. SIA jest prosty w obsłudze, umożliwia szybkie i efektywne odnalezienie potrzebnych zgromadzonych wcześniej materiałów, ich porównanie, zestawienie oraz przeanalizowanie wyników badań, opisów obiektów i tworzenie inwentarzy zabytków oraz materiałów kartograficznych gotowych do druku.

Wnioski

Program Archeologicznego Zdjęcia Polski, oparty na badaniach powierzchniowych, stał się podstawą do rozpoznania i zarejestrowania zasobów archeologicznych, które są integralną częścią krajowego dziedzictwa kulturowego. Dlatego digitalizacja dziedzictwa archeologicznego jest istotna, szczególnie w kontekście jego ochrony i konserwacji.

Zastosowanie GIS-u w działaniach konserwatorskich i naukowo-badawczych stanowi kolejny krok w stronę modernizacji warsztatu badawczego, a zarazem zmianę jakościową działań konserwatorskich, dokumentacyjnych i analitycznych archeologa (Chyla, 2011). Współczesny postęp technologiczny rozpowszechnił użycie mobilnych urządzeń o możliwościach przenośnych komputerów. Dzięki wbudowanym odbiornikom GPS oraz technologii GIS, urządzenia takie jak na przykład tablety, mogą znaleźć zastosowanie w archeologicznych badaniach powierzchniowych, szczególnie o charakterze weryfikacyjnym, zwiększając w porównaniu do dotychczasowych praktyk, ich skuteczność, jak i zapewniając udogodnienia, które nie były możliwe w momencie formowania programu badawczego AZP.

Kluczowe zadanie badacza – dokładne zlokalizowanie i oznaczenie na mapie obszaru stanowiska archeologicznego na podstawie własnych obserwacji, było zawsze dużym wyzwaniem, zwłaszcza wobec zmian zachodzących w krajobrazie i zaniku lub wręcz braku charakterystycznych punktów odniesienia w terenie. Urządzenia z wbudowanymi odbiornikami GPS stały się udogodnieniem, dzięki któremu zwiększyła się dokładność określania własnej pozycji, a zatem i wiarygodność wyników badań. Wyznaczenie położenia znanych stanowisk archeologicznych, ewentualnych miejsc przeznaczonych do prospekcji oraz tras dla zespołu badawczego, znacząco skracają czas poświęcony na pracę terenową. Wpływ na to ma także lepsza mobilność samych badaczy, osiągnięta dzięki możliwości dodania wszystkich materiałów analogowych (np. kart AZP) bezpośrednio do urządzeń przenośnych. Obserwacja w czasie rzeczywistym postępu prac poszczególnych grup, chroni przed zdublowaniem badanych obszarów oraz pozwala na bieżąco oceniać postępy badań.

Technologia mobilnego GIS umożliwia wyznaczanie nowych stanowisk oraz edycję wcześniej przygotowanych obiektów punktowych i poligonowych, reprezentujących stanowiska archeologiczne w wersji cyfrowej, bezpośrednio w terenie. Możliwość edycji dotyczy nie

tylko informacji przestrzennych, tj. współrzędnych geograficznych i zasięgu, ale także atrybutów zarówno opisowych, jak i rastrowych (np. zdjęcia lub uwagi dotyczące zagrożeń). Dzięki takim rozwiązaniom, natychmiastowym rezultatem wykonanej prospekcji staje się zbiór cyfrowych danych, który uzupełniony o gabinetowe studium chronologiczno-kulturowe zebranych zabytków ruchomych, jest gotowy do komputerowej analizy wyników, generowania map obszarów AZP, jak i pojedynczych stanowisk oraz przygotowania raportów.

Zauważalną zmianą w porównaniu do wcześniej stosowanych metod, jest przeniesienie pomiędzy etapami badań czynności jakie trzeba wykonać, aby uzyskać zdigitalizowany zbiór informacji. Dawniej był to czasochłonny i obciążony błędami proces, który odbywał się już po zakończeniu prac terenowych. Współcześnie, według zaproponowanego w artykule schematu działań, digitalizacja materiałów źródłowych odbywa się w czasie prac przygotowawczych, natomiast ich aktualizacja, podczas samej prospekcji terenowej.

Przygotowany w opisany sposób System Informacji Archeologicznej może zostać przyjęty przez środowisko naukowe, administrację oraz inwestorów z różnym poziomem dostępności do danych i posłużyć do uzupełnienia informacji o zasobach archeologicznych w lokalnych geoportalach lub systemach informacji firm deweloperskich. Zatem konieczne wydaje się utworzenie oficjalnego, scentralizowanego Systemu Informacji Archeologicznej, który przejąłby rolę dzisiejszych archiwów, wypełnionych obowiązującą dokumentacją analogową oraz opracowanie nowych wytycznych dotyczących prowadzenia i dokumentacji badań powierzchniowych przy uwzględnieniu technologii GIS.

Literatura

- AZP_2010, 2012: Nowa wersja pierwszego polskiego programu komputerowego dla archeologów. [W:] Jasiewicz J., Lutyńska M., Rzeszewski M., Szmyt M., Makohonienko M. (red.), *Metody geoinformacyjne w badaniach archeologicznych. Materiały konferencyjne*. Poznań.
- Bronk-Zaborowska B., Prinke A., Żuk L., 2005: APH_Max – baza danych o zdjęciach lotniczych na potrzeby archeologii. [W:] Nowakowski J., Prinke A., Rączkowski W. (red.), *Biskupin... i co dalej? Zdjęcia lotnicze w polskiej archeologii: 171-180*. Poznań.
- Bryk M., 2011: *Dziedzictwo archeologiczne dzielnicy Białołęka m.st. Warszawy*. Praca magisterska, UKSW, Warszawa.
- Chyla J., Ejsmond W., 2013: Stan badań nad zespołem stanowisk archeologicznych w Gebelein i zastosowanie GIS w jego dokumentacji. [W:] Chudzik P., Ejsmond W., Taterka F. (red.), *Medzat: Studnie Egiptologiczne / Medjat: Egyptological Studies*, tom I: 20-43, Warszawa.
- Chyla J., 2012: Digitalizing paper documentation – on the example of an early celtic settlement Altdorf „Am Friedhof”, in Germany, in the program ArcView. [In:] *Studia Antiqua et Archaeologica XVIII*: 115-124, Iasi.
- Chyla J., 2011: *Zastosowanie Systemów Informacji Geograficznej w Archeologii – stanowisko Altdorf „Am Friedhof” w Niemczech*. Praca magisterska, UKSW, Warszawa.
- Instrukcja, 1998: *Instrukcja ewidencji stanowisk archeologicznych. Metoda badań powierzchniowych (Archeologiczne Zdjęcie Polski)*.
- Jaskanis D. (red.), 1996: *Archeologiczne Zdjęcie Polski – metoda i doświadczenia. Próba oceny*. Warszawa.
- Kaczmarek L., Medyńska-Gulij B., 2007: *Źródła i metody pozyskiwania danych przestrzennych w badaniach środowiska przyrodniczego*. Poznań.
- Kobyliński Z., 2001: *Teoretyczne podstawy konserwacji dziedzictwa archeologicznego*. Warszawa.
- Kozioł K., Czerniec J., Bęgiak B., Orlikowski R., 2012: Archeologiczne Zdjęcie Polski jako element infrastruktury informacji przestrzennej. *Roczniki Geomatyki* t. 10, z. 4(54): 133-143, PTIP Warszawa.
- Lamparski J., 2001: *Navstar GPS. Od teorii do praktyki*. Olsztyn.
- Ławecka D., 2003: *Wstęp do archeologii*. Warszawa.

- Matoga, A., 2007: Tak zwane stanowiska archeologiczne a polityka konserwatorska (na przykładzie kompleksu osadniczego z epoki brązu i wczesnej epoki żelaza w rejonie Pińczowa w woj. świętokrzyskim). [W:] Bakalarska L. (red.), Materiały z konferencji konserwatorstwa archeologicznego zorganizowanych przez Ośrodek Ochrony Dziedzictwa Archeologicznego. Jurata (8-20 V 2005 r.), Wigry (28-30 IX 2005 r.), Krynica (30 XI-3 XII 2005 r.): 227-241. Warszawa.
- Marciszewski R., 1998: Archeologiczne badania ratownicze. Poradnik inwestora, Zeszyty Ośrodka Ratowniczych Badań Archeologicznych 3A. Warszawa.
- Miałduń J., Mirkowska I., Rączkowski W., 2005: Wczesnośredniowieczne założenia obronne w Polsce północno-wschodniej: projekt systemu informacji archeologicznej. [W:] Nowakowski J., Prinke A., Rączkowski W. (red.), Biskupin... i co dalej? Zdjęcia lotnicze w polskiej archeologii: 193-201, Poznań.
- Prinke A., 2002: Szansa na komputerową mapę Wielkopolski – koncepcja i stan zaawansowania. Program mAZePa. *Wielkopolski Biuletyn Konserwatorski*: 158-168, Poznań.
- Tzvetkova J., 2012: Mobile GIS and the perspectives for archaeological surface surveys in Bulgaria. [In:] Morintz A.S. Kogalniceanu R. (red.), Survey in archaeology, often a neglected science: 55-82.
- Tripcevic N., Wernke S. A., 2010: On-Site Recording of Excavation Data Using Mobile GIS. *Journal of Field Archaeology* t. 35/4: 380-397.
- Tripcevic N., 2004a: Interfaces: Mobile GIS in archaeological survey. *The SAA Archaeological Record* 4(3): 17-22.
- Tripcevic N., 2004b: Flexibility by the design: How mobile GIS meets the needs of archaeological survey. *Cartography and Geographic Information Science* 31(3): 137-151.
- Wagendonk A.J., de Jeu R.A.M., 2007: Sensible Field Computing: Evaluating the Use of Mobile GIS Methods in Scientific Fieldwork. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 73(6): 651-662.
- Woyda S., 1975: Archeologiczne zdjęcie terenu – ogólne założenia metody w oparciu o doświadczenia mazowieckie. Wrocław.
- Zandbergen P.A., 2009: Accuracy of iPhone Locations: A comparison of assisted GPS, WiFi and Cellular Positioning. *Transactions in GIS*, 13(s1): 5-26. Oxford.

Źródła internetowe

- Contreras D., Brodie N.: Using Google Earth to identify and quantify the looting of archaeological sites: Methodology. Dostęp 13.02.2014. traffickingculture.org/data/using-google-earth-to-identify-and-quantify-the-looting-of-archaeological-sites-methodology-dan-contreras-and-neil-brodie/
- GNSS market raport, 2013: Dostęp 27.01.2014. www.gsa.europa.eu/sites/default/files/GNSS_Market%20Report_2013_web.pdf
- Google, 2013: Visualize your data on a custom map using Google Maps Engine Lite: www.google.com/earth/outreach/tutorials/mapseng_lite.html
- NID, 2013: Archeologiczne zdjęcie Polski. Dostęp 30.06.2013. www.nid.pl/pl/Dla_specjalistow/Badania_i_dokumentacja/zabytki-archeologiczne/instrukcje-wytyczne-zalecenia/Instrukcja%20AZP%202012.pdf
- Sikora J., 2012: Tablet dla archeologa? Dostęp 03.04.2013. gunthera.wordpress.com/2012/12/26/tablet-dla-archeologa
- Sikora J., 2013: Android, Locus i badania powierzchniowe. Dostęp 12.11.2013. gunthera.wordpress.com/2013/11/08/android-locus-i-badania-powierzchniowe/
- Standardy, 2010: Standardy metodyczne i dokumentacyjne badań archeologicznych i opracowań ich wyników. *Kurier Konserwatorski* 6/2010: 40-49. Dostęp 27.06.2013. www.kobidz.pl/idm,379,kurier-konserwatorski.html
- Zaplata R., 2011: Digitalizacja dziedzictwa archeologicznego wybrane zagadnienia. Wprowadzenie. [W:] Zaplata R. (red.) Digitalizacja dziedzictwa archeologicznego: 8-44. Lublin. Dostęp 27.01.2014. wiedzaedukacja.eu/wp-content/uploads/2012/02/Digitalizacja%20dziedzictwa%20archeologicznego%20%5Bred%5D%20Rafal%20Zaplata.pdf

Streszczenie

Artykuł proponuje schemat postępowania przed, podczas oraz po przeprowadzeniu prospekcji terenowej za pomocą technologii mobilnego GIS, której celem było zweryfikowanie lokalizacji stanowisk archeologicznych, zadokumentowanych w latach 80. i 90. XX w.

W pierwszej części scharakteryzowane zostały badania powierzchniowe oraz założenia naukowo-konserwatorskiego programu Archeologicznego Zdjęcia Polski, który stał się podstawą krajowego systemu ewidencji stanowisk archeologicznych i obowiązującym źródłem pozyskania danych przestrzennych. Wskazane zostały także uwarunkowania do przeprowadzenia badań o charakterze weryfikacyjnym. Następnie opisano etapy procesu badawczego, przeprowadzanego metodami tradycyjnymi i opartego na dokumentacji analogowej oraz wskazano miejsca obarczone ryzykiem generowania błędów. W dalszej części zaproponowany został schemat prac przy użyciu urządzeń mobilnych z GIS, z naciskiem na etap przygotowania materiałów do działań w terenie – pozyskanie cyfrowych danych z map analogowych. Scharakteryzowane i porównane zostały możliwości wykorzystania: nawigatorów GPS, tabletów i smartfonów z aplikacjami Google oraz palmtopów z oprogramowaniem GIS, jako narzędzi badawczych do celów weryfikacyjnych, a kluczowe cechy wybranych urządzeń i aplikacji zestawiono w tabeli.

Podsumowanie wskazuje na korzyści płynące z zastosowania nowych rozwiązań podczas badań powierzchniowych, istotne zmiany w stosunku do metod tradycyjnych oraz postulat uwzględnienia nowoczesnych technologii i dostosowania zgromadzonych informacji o zasobach dziedzictwa archeologicznego w ośrodkach nimi zarządzających.

Abstract

The paper proposes a work flow before, during and after the archaeological field survey, with the use of mobile GIS technology, aimed at verifying the location of archaeological sites, documented in the 1980s and 1990s.

The first part characterized the field survey and of scientific and conservation assumptions of the program called the Polish Archeological Record, which became the basis for a national register of archaeological sites and the current source of spatial data acquisition. The text specified also circumstances needed to carry out verification research. Further part described the steps of the research process, carried out with the use of traditional methods and based on the analog records. Additionally, areas endangered by the risk of generating errors were highlighted.

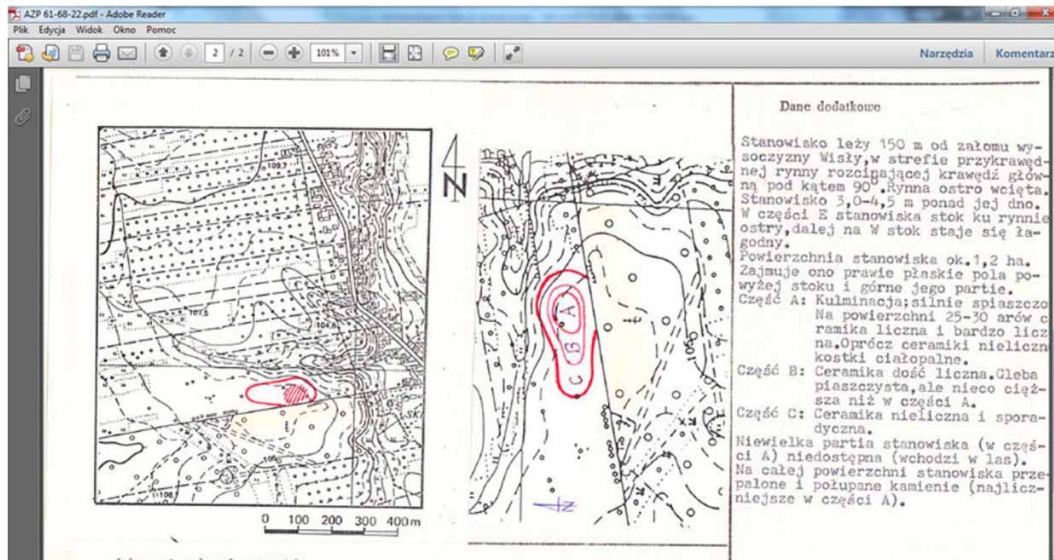
The next part proposes workflow on the mobile devices with GIS, with a focus on the process of preparing materials for actions in the field - acquiring digital data from analogue maps. The text compares the possibilities and characteristics of GPS navigators, tablets and smartphones with Google applications and PDAs with GIS software as research tools for the verification of data obtained. Key features of selected devices and applications are summarized in the table.

The summary indicates the benefits of the new solutions during the field survey, significant changes in relation to traditional methods, and the postulate to take into account new technologies and adapt to them the collected information about the resources of the archaeological heritage in the national conservation offices.

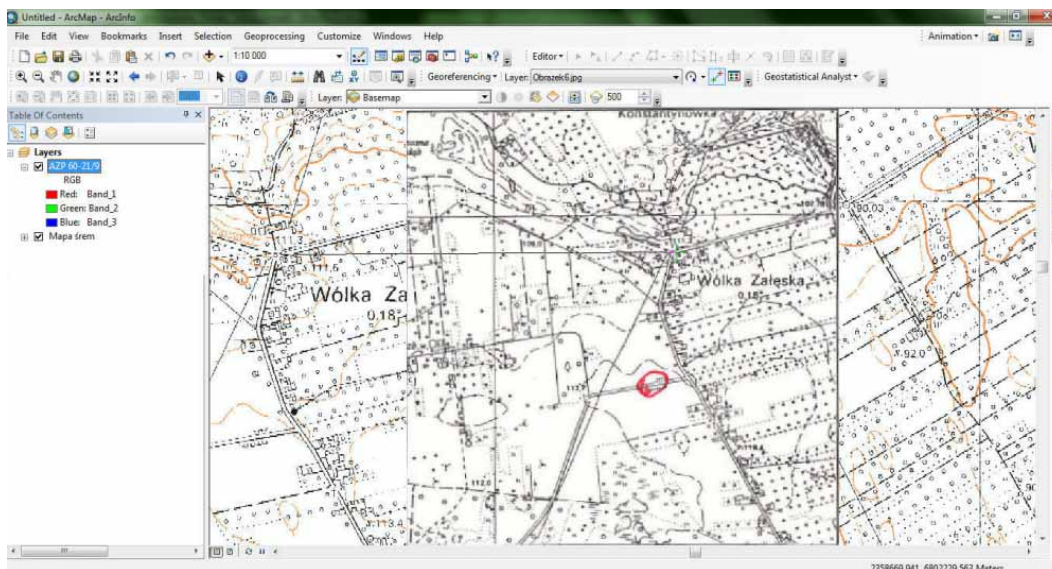
mgr Magdalena Bryk
magdalena.bryk@gmail.com

mgr Julia Chyla
julia.chyla@gmail.com

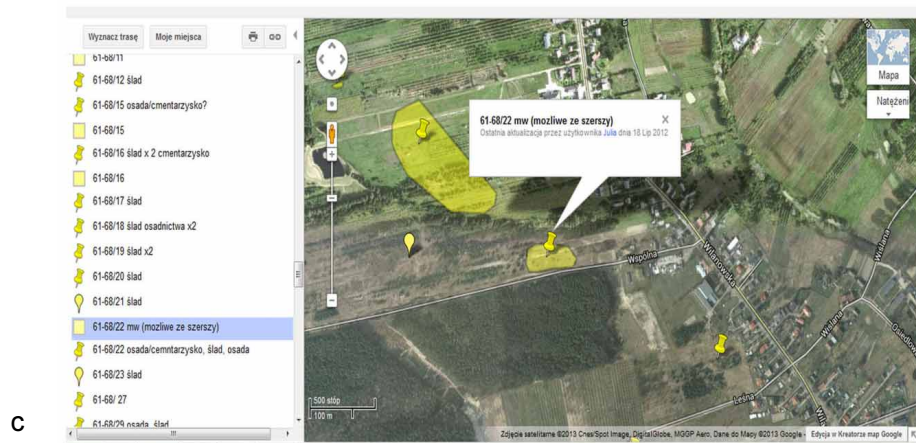
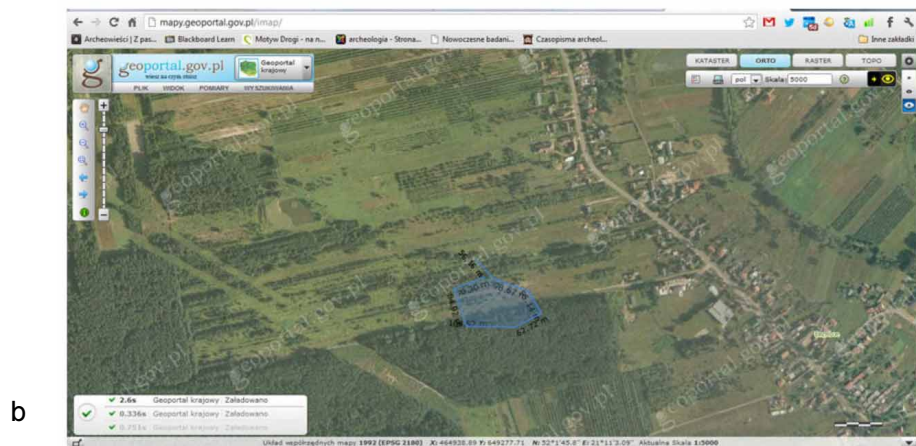
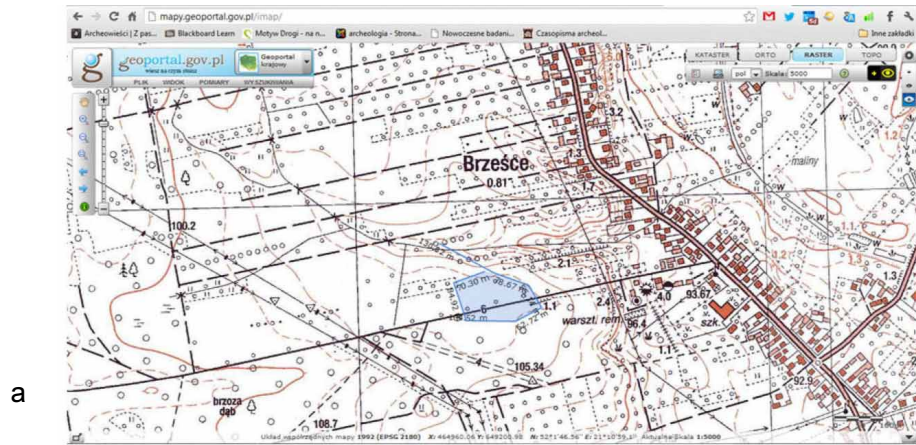
<http://pl.caa-international.org/>



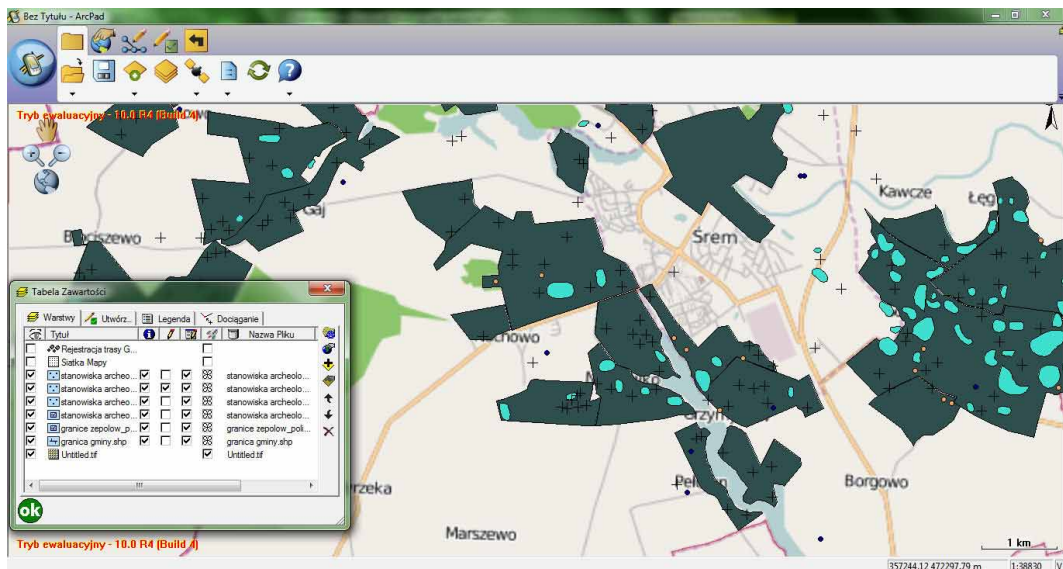
Rysunek 1. Druga strony Karty Ewidencji Stanowiska Archeologicznego z zaznaczonym zasięgiem stanowiska archeologicznego na mapie w skali 1:10 000, w układzie PUWG 1965 (Karta Ewidencji Zabytku Archeologicznego nr 56/15, Narodowy Instytut Dziedzictwa)



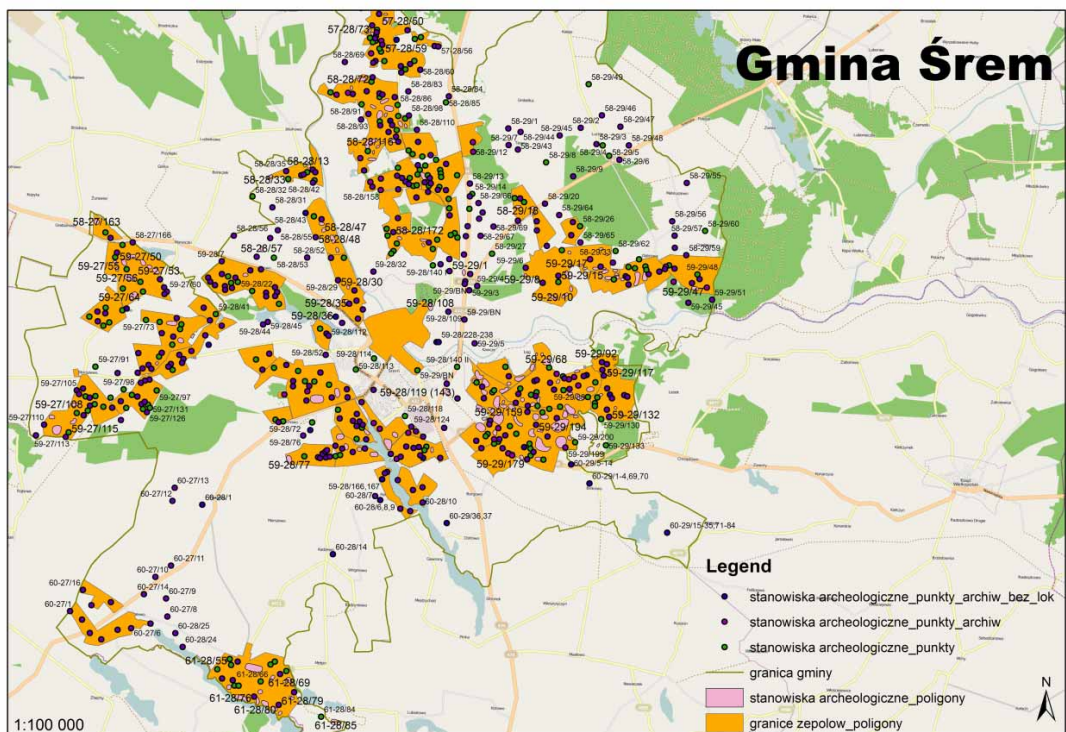
Rysunek 2. Wektoryzacja mapy z zaznaczonym obszarem stanowiska na podstawie mapy w układzie PUWG 1965 (Karta Ewidencji Zabytku Archeologicznego nr 56/15, Narodowy Instytut Dziedzictwa, wms geoportal)



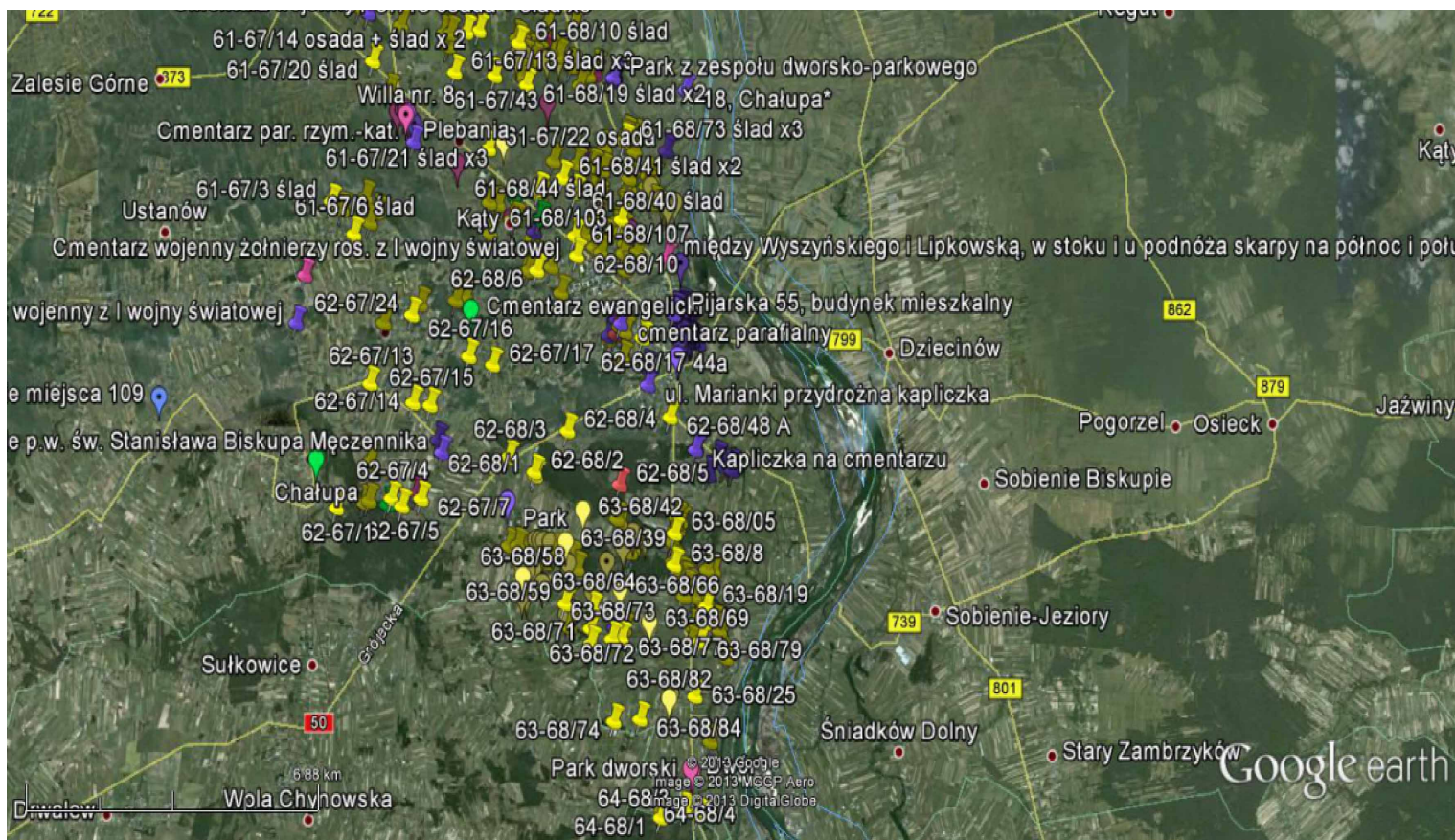
Rysunek 3. Proces wektoryzacji położenia stanowiska archeologicznego metodą porównawczą:
 a – zaznaczenie obszaru stanowiska na mapie topograficznej,
 b – zamiana mapy bazowej z mapy topograficznej na ortofotomapę,
 c – przerysowanie obszaru stanowiska na obrazie satelitarnym google maps
 (a, b – geoportal.gov.pl, c – maps.google.pl)



Rysunek 4. System Informacji Archeologicznej z naniesionymi stanowiskami archeologicznymi w postaci punktów oraz obszarów chronionych w postaci poligonów; wersja mobilna, przygotowana do pracy terenowej (opracowanie: M. Bryk, J.M. Chyła)



Rysunek 5. System Informacji Archeologicznej wykonany w module ArcMap programu ArcGIS (opracowanie: M. Bryk, J.M. Chyła)



Rysunek 6. System Informacji Archeologicznej wykonany w aplikacji Google Earth (opracowanie: M. Bryk, J.M. Chyła)