

Łukasz Porzuczek*

The Application of Advanced Technology of Archaeological Geophysical Research in Combination with DEM (Digital Elevation Model), Aerial Photographs, and 3D Scans

ABSTRACT

Ł. Porzuczek 2010 (2011). The Application of Advanced Technology of Archaeological Geophysical Research in Combination with DEM (Digital Elevation Model), Aerial Photographs, and 3D Scans. *Analecta Archaeologica Ressoiviensia* 5, 481–491

The aim of the article is to present the application of advanced technology of archaeological geophysical research in combination with digital elevation model, aerial photographs, and 3D scans. The described methods are illustrated with a few selected examples of archaeological investigations made by the author.

Keywords: geophysical research, aerial photography, 3D scan, digital elevation model

Received: 7.02.2009; Revised: 16.10.2009; Accepted: 5.09.2011

First attempts of applying the geophysics in archaeology took place in 40's of XX century. In that time ones used electro-resistant surveying method for the tombs with stone borders. The next step in applying the geophysical methods was the use of magnetic scales for Piecowski research. In Poland attempts like these took place in 60's on the present świętokrzyskie voivodeship. After that, scales were replaced with first proton magnetometers (Misiewicz 1998). In Poland magnetometers like these were made by PAN (Polska Akademia Nauk) – The Polish Academy of Science. Individual generation of magnetometers were called PMP – number of generation. Till the beginning of 90's there were no turning points in methodology of geophysical research in archeology. The moment where digital data handling became popular caused the increase of speed and accuracy of data. Before introducing the digital program for graphical data presentation creating a map, that shows the layout of anomalies on the site, required manual shading on the graph paper. It was inaccurate and passed over many important information. The present archeological level allows to gain data on the

* PROTON-ARCHEO Łukasz Porzuczek, ul. Szarych Szeregów 7/43, 32-065 Krzeszowice, Poland; lukaszporzuczek@protonarcho.pl.

archeological site in a very fast, cheap and accurate way. The most common geophysical method used on archeological sites was geomagnetic method (eg. Bielenin *et al.* 1963). This method in a very fast way gives an accurate data, but every method has its own limitation. The most modern researched methodology is aimed at combining not invasive methods to minimize any possibilities of misinterpretation. This kind of methodology works best on urban sites, where a researcher who is using non invasive methods run up against interferences and problems that might have adverse impact on the results. One of the successful example (impossible to achieve only with one researched method) is research in Szydłów. This research was aimed at checking the terrain before making some investments, paying special attention to existence of archeological objects. It was expected to find some remains of stone buildings. There were found some problems on the site: electric line that was sank into the ground and gas fittings that supplies gas to a church which was close to researched terrain. To eliminate faulty anomalies that came from gas fittings, magnetic and ground-penetrating methods were used (Karczewski 2007, 15–27). It allowed to find the gas fitting course and its occurrence, which haven't been found on any plan. Then the terrain was researched with ground-penetrating method (Herbich *et al.* 1998). During the research there were found remains of the ruins of the city and the route of some walls (Fig. 1).

Methodology of research aiming at combining methods allows to work with present interference. Its biggest advantage is maximize the numbers of found objects and their correct interpretation. The most common case is inability to find specific archeological objects with only one method in existing archeological conditions. Therefore the methods complement each other. As the example might serve a situation

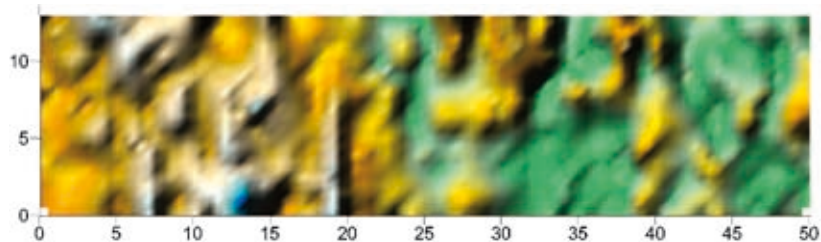


Fig. 1. The walls that have been localized in the surrounding of the ruins of the city in Szydłów.

Ryc. 1. Zlokalizowane mury w otoczeniu gruzowiska w Szydłowie.

where two methods detect an archeological object, but each of them gives only a partial information about its character and a depth of its occurrence. Described situation took place on the terrain of a Church at Skalka in Cracow. First research was conducted by the group of engineers who were never involved into archeological research (this is also one of the common mistakes). The person who conducts the research should have archeological knowledge. Having only technical knowledge prevents from conducting the correct research and its accurate interpretation. First research was conducted only with ground-penetrating radar showing many correlated anomalies on different levels. These anomalies were interpreted as walls and a single emptiness. After conducting the research by the group who specialize in non invasive archeological research, it was found that previously found anomalies which were recognized at the beginning as walls in fact were present WKOP filled with sand and had pipes inside. While the anomaly which was recognized as a single emptiness turned out to be a fragment of a wall. During researched there were used two researched methods. In the Fig. 2 there are shown the results of electro-resistant research which are confronted with ground penetrating research. From the results it is easy to notice WKOP route with pipes. On the second smaller researched terrain there were found the remains of the tower and walls localized behind church terrain.

The next important issue that involves non invasive research is the location of measuring results using GIS system that creates digital elevation models.

Traditional layer 2D maps show only general location of the site. Using digital elevation model of high accuracy, in combination with digital processing techniques we can put the results of geophysical research (that can show not only a range of the site but also the position of the single objects) on three-dimensional depiction of the terrain which is done with GPS-RTK system. In this way we create a data base that allows to: localizes the sites, determines the confluence layers when the sites are on the slopes, and allows to reconstruct the former terrain layout including an old water sewers. It gives a better possibility to draw additional research conclusions, to plan the costs and to help to analyze the information.

For a good example might serve a cooperation with Archeological Museum in Biskupin. Professional approach to the matter of non-in-

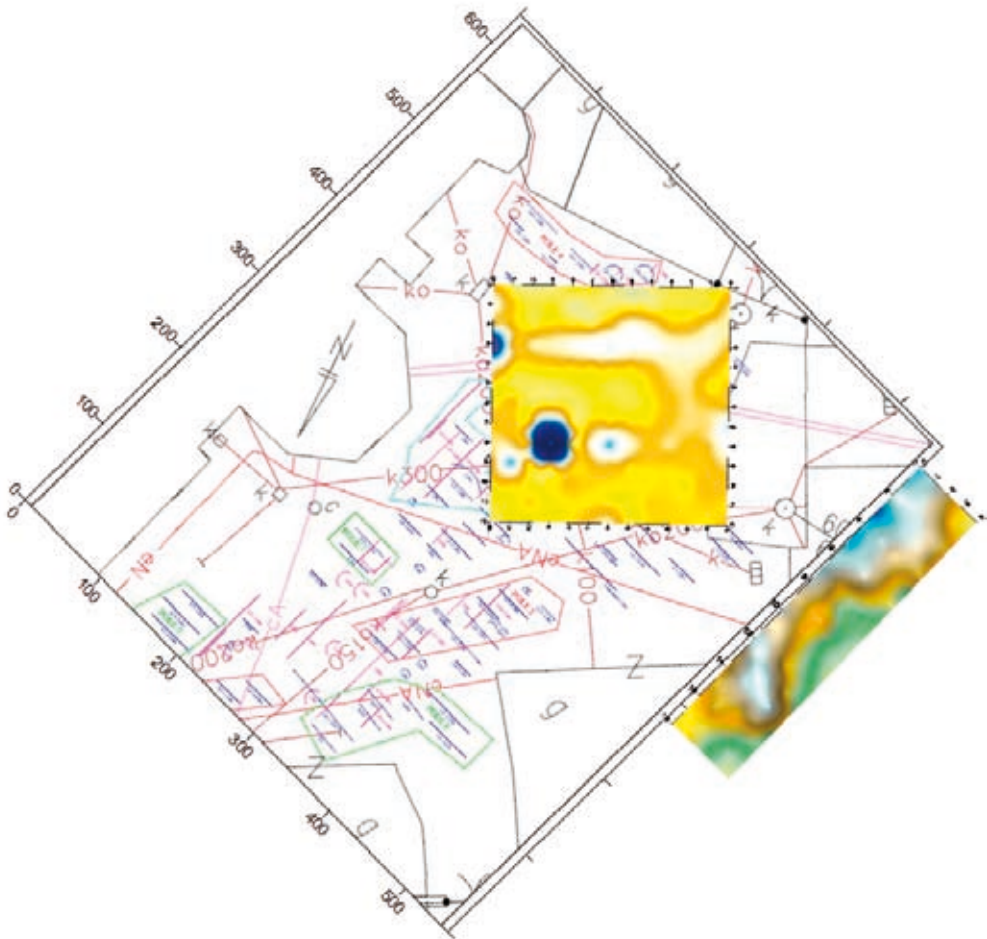


Fig. 2. The route of the gas fittings which previously was interpreted as walls and as the remains of gate with walls. The research results are in possession of doctor Jacek Poleski from Archeological Institute of Jagiellonian University.

Ryc. 2. Przebieg instalacji wcześniej błędnie zinterpretowanej jako mury oraz zlokalizowane pozostałości bramy i muru. Dysponentem wyników badań jest dr hab. Jacek Poleski z Instytutu Archeologii Uniwersytetu Jagiellońskiego.

vasive research guaranteed the high accuracy of conducted research. Better results were achieved thanks to the cooperation of local researchers with the group that was conducting non-invasive research, and also thanks to making all the necessary information available as well as constant discussions. It is unacceptable for people conducting geophysical research to move away from the researcher who is either working on a specific site or on a specific terrain. Without an infor-

mation getting from archeologist achieved research results would be incomplete. In the final stage some important site aspects might be passed over. An archeologist who is interested in non-invasive research has to be open for any suggestions. Accurate exchange of opinions and information will help both sides to avoid any misunderstandings that might spring from imprecise explanation what possibilities give non invasive research and also prevent any misunderstandings if the expectations of archeologist are completely different then supposed to be in the beginning of conducting the research.

Conducted research for Archeological Museum in Biskupin was aimed at confirming the results of aerial survey, done by Włodzimierz Rączkowski. There were localized the structure which was interpreted as Neolithic rondell. Magnetic research confirmed the results of aerial survey (Kobyliński 1999) (Fig. 3), which localize not only ditches that were supposed to be a part of rondell, but also its surroundings palisade and archeological objects inside and outside the structure.

After achieving the magnetic results the museum agreed to make a digital elevation model (Fig. 4). It gave a possibility to create the be-

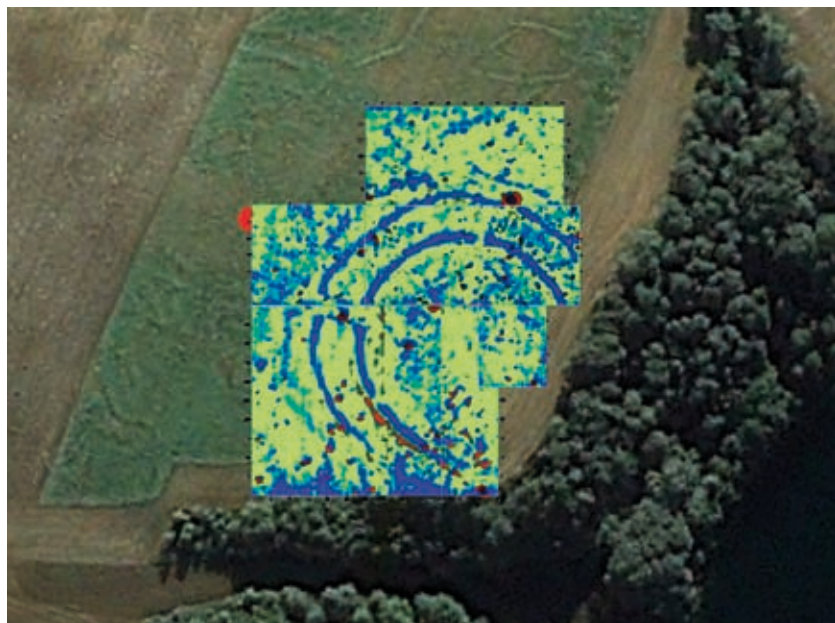


Fig. 3. The results of magnetic research in Wencja near Biskupin. Localized structure has over 1000 m diameter.

Ryc. 3. Wyniki badań magnetycznych w miejscowości Wencja koło Biskupina. Zlokalizowana struktura ma ponad 100 m średnicy.

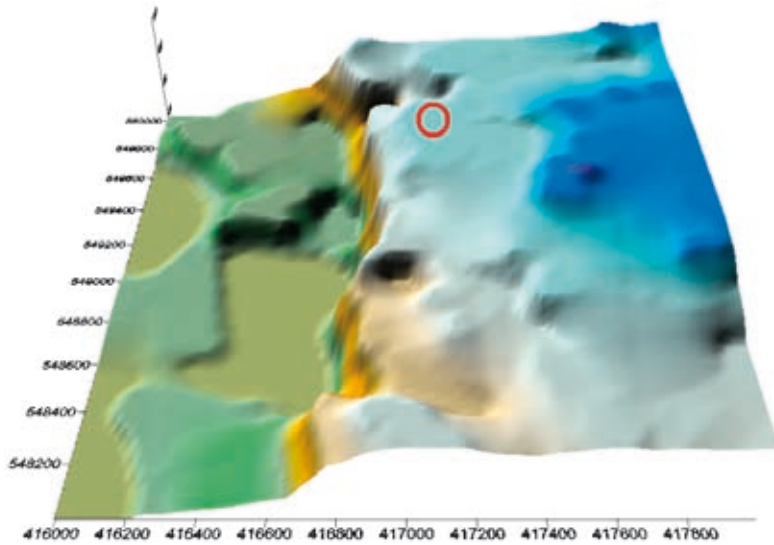


Fig. 4. Plastic depiction of the terrain around the rondell including highlands and embankment that leads to a lake. The localization of the rondell was presented visually. Accurate recognition of the rondell will occur after the texture mapping of elevation model (state on 24.03.2009).

Ryc. 4. Plastikzne przedstawienie terenu wokół rondla uwzględniające wyniosłości terenu i skarpe prowadzącą do jeziora. Lokalizacja rondla przedstawiona poglądowo. Dokładne wkompiłowanie rondla nastąpi po teksturowaniu modelu terenowego (stan na 24.03.2009 r.).

ginning of data base GIS, that would help to give a precise analyze of the rondell location compared to other archeological sites in the region. This data base might be supplemented with the results of non invasive and excavation methods.

Modern science has many achievements to its credit involving non-invasive methods. These achievements are: detecting the ritual kurgan plowing under the kurgan coat of 3,5 meters thick, detecting furrows being the remains of a megalithic burial with thickness of 7 centimeters, 12 centimeters wide that was under the 80 centimeters of humus layers, detecting ancient objects under 2 meters of confluence layer, and detecting single postholes. Each of this achievements needed an accurate method of gaining the data and an experience in their interpretations.

To sum up, an accurate research results depend on the experience of the group who conducts non invasive archeological research, on appropriate equipment, on researched methodology and on cooperation with a person who conducts excavations. Since the specialist

company which conducts non invasive archeological research has a develop-research department – which is aimed at observation and adaptation new technologies on archeological needs, it should be stated that the development of non invasive research has just begun. Now in the company has been tested a mobile system of non invasive recognition. It has a possibility to examine about 15 hectares of terrain per day (with 3 geophysical methods including taking horizontal aerial photographs and making a digital elevation model). The next step will be to introduce a mobile scanning systems to constant dynamic work with geophysical recognition system. Thanks to this, GPS system supplied with inertial system would be responsible only for controlling the operation of geophysical devices and for the navigation on the researched terrain. 3D scanner placed on the top of geophysical recognition mobile system will scan the terrain creating the most possible copy of the research terrain which automatically will be saved in the selected frame of reference.

Thanks to new technologies gaining data is more accurate and faster. It is just a matter of time when digital data base will become a norm in many fields of study including archeology.

References

- Bielenin K., Kowalczyk J. and Stopka T. 1963. Zastosowanie metody magnetycznej w badaniach stanowiska Nowa Słupia 4 pow. Kielce. *Materiały Archeologiczne* 4, 303–324.
- Herbich T., Misiewicz K. and Mucha L. 1998. The “ARA” Resistivity Meter and its Applications. *Materialhefte zur Archäologie in Baden-Württemberg* 41, 127–131.
- Karczewski J. 2007. *Zarys metody georadarowej*. Kraków.
- Kobyliński Z. 1999. *Metodyka ratowniczych badań archeologicznych*. Warszawa.
- Misiewicz K. 1998. *Metody geofizyczne w planowaniu badań wykopaliskowych*. Warszawa.

Łukasz Porzuczek

Zastosowanie zaawansowanych technologii badań geofizyki archeologicznej w połączeniu z NMT (numerycznym modelem terenu), zdjęciami lotniczymi i skanowaniem 3D

Pierwsze próby zastosowania geofizyki w archeologii miały miejsce w latach 40. XX. Wykorzystano wówczas metodę elektrooporową do poszukiwań grobów z obstawą kamienną. Kolejnym krokiem w zastosowaniu metod geofizycznych było użycie wag magnetycznych do poszukiwań Piecowski. W Polsce próby takie miały miejsce między innymi na terenie obecnego województwa świętokrzyskiego w latach 60. XX w. Wkrótce wagi zostały zastąpione przez pierwsze magnetometry protonowe (Misiewicz 1998). W Polsce magnetometry takie wykonywała PAN. Poszczególne generacje magnetometrów nosiły nazwę PMP-numer generacji. Do początku lat 90. XX w. nie nastąpił żaden przełom w metodyce wykorzystania badań geofizycznych w archeologii. W chwili, gdy upowszechniła się cyfrowa obróbka danych, w niezwykle sposób zwiększyło to szybkość badań i precyzyjność samych danych. Do czasu wprowadzenia cyfrowych programów dla graficznej prezentacji danych, uzyskanie mapy przedstawiającej rozkład anomalii na stanowisku wymagało ręcznego cieniowania na papierze milimetrowym. Było to bardzo nieprecyzyjne i pomijało szereg ważnych informacji. Obecny poziom technologiczny umożliwia niezwykle dokładne, szybkie i tanie pozyskiwanie danych na stanowiskach archeologicznych. Najczęściej używaną metodą geofizyczną na stanowiskach archeologicznych jest obecnie metoda geomagnetyczna (np. Bielenin *et al.* 1963). Metoda ta w bardzo szybki sposób, umożliwia pozyskiwanie danych. Jednak każda metoda ma swoje ograniczenia. Najnowocześniejsza metodyka badawcza, zakłada krzyżowanie metod nieinwazyjnych w celu zminimalizowania możliwości błędnych interpretacji. Metodyka ta najlepiej sprawdza się na stanowiskach miejskich, gdzie badacz wykorzystujący metody bezinwazyjne spotyka się z największą ilością zakłóceń i problemów mogących wpłynąć na wyniki. Jako jeden z wielu przykładów sukcesu (niemożliwego do osiągnięcia przy zastosowaniu tylko jednej metody badawczej) mogą posłużyć badania w Szydłowie. Badania miały na celu sprawdzenie terenu przed dokonaniem inwestycji, pod kątem występowania obiektów archeologicznych. Spodziewano się możliwości wystąpienia śladów zabudowy kamiennej. Do problemów występujących na stanowisku należały: linia elektryczna wkopana w ziemię oraz instalacja gazowa doprowadzająca gaz do kościoła sąsiadującego z terenem badań. Aby wyeliminować błędne anomalie pochodzące od instalacji, zastosowano metodę magnetyczną i georadarową (Karczewski 2007, 15–27). Pozwoliło to precyzyjnie określić

przebieg instalacji, które nie były uprzednio zaznaczone na żadnym planie oraz głębokość ich zalegania. Następnie za pomocą metody elektrooporowej (Herbich *et al.* 1998) przebadano teren planowanych badań. W efekcie badania wykryto dokładny zasięg występowania pozostałości zabudowy w postaci gruzowiska i przebiegu konkretnych murów (Ryc. 1).

Metodyka badań zakładająca krzyżowanie metod umożliwia nie tylko radzenie sobie ze współczesnymi interferencjami. Główną jej zaletą, jest zmaksymalizowanie ilości wykrytych obiektów i ich prawidłowa interpretacja. Najczęstszym przypadkiem niemożliwość wykrycia konkretnych obiektów archeologicznych jedną metodą w zastanych warunkach geologicznych. Dlatego też metody uzupełniają się. Jako przykład może stanowić sytuacja, gdzie dwie metody wykrywają obiekt, ale każda daje tylko częściowe informacje na temat jego charakteru i głębokości zalegania. Opisana sytuacja miała miejsce na terenie Kościoła na Skałce w Krakowie. Pierwsze badanie wykonała grupa inżynierów nie związana z badaniami archeologicznymi (co również jest jednym z częstych błędów). Osoba prowadząca badania powinna posiadać wiedzę archeologiczną. Podejście „techniczne” do zagadnień archeologicznych, uniemożliwia prawidłowe przeprowadzenie badań, i ich właściwą interpretację. Pierwsze badanie przeprowadzone tylko za pomocą georadaru wykazało istnienie licznych anomalii korelujących się na różnych profilach. Anomalie te, zostały zinterpretowane jako mury i pojedyncza pustka. Po przeprowadzeniu badań przez zespół specjalizujący się w nieinwazyjnych badaniach archeologicznych przy użyciu dwóch metod badawczych stwierdzono, iż anomalie wcześniej uznane za mury, w rzeczywistości są współczesnymi wkopami wysypanymi piaskiem i umieszczonymi w nim rurami. Natomiast anomalia zinterpretowana jako, pustka okazała się być fragmentem muru. Na rycinie numer 2 przedstawiono wyniki badań elektrooporowych skonfrontowane z badaniami radarowymi. Widać na nich wyraźnie przebieg wkopów z rurami. Drugi mniejszy obszar badawczy, przedstawia zlokalizowane pozostałości wieży i muru poza terenem kościoła.

Kolejnym ważnym zagadnieniem związanym z badaniami nieinwazyjnymi, jest lokalizacja wyników pomiarowych, przy użyciu systemów GIS-owskich tworząc numeryczne modele terenu. Jeśli celem badań jest określenie intensywności występowania obiektów dla zaplanowania badań, ważnym aspektem zarówno ze względów finansowych jak i badawczych, jest określenie lokalizacji stanowiska w stosunku do ukształtowania terenu. Tradycyjne mapy warstwowe 2D, pokazują jedynie ogólne usytuowanie stanowiska. Wykorzystując numeryczny model terenu o wysokiej dokładności, w połączeniu z technikami obróbki cyfrowej, możemy nałożyć wyniki badań geofizycznych, (które są w stanie przedstawić nie tylko ogólny zasięg stanowiska lecz również rozmieszczenie pojedynczych obiektów) na trójwymiarowe przedstawienie terenu, wykonane za pomocą systemu GPS-RTK. Zyskujemy w ten sposób bazę danych umożliwiającą np.: lokalizowanie stanowisk względem siebie, określanie warstwy spływu w przypadku stanowisk na stokach, czy też możliwość odtworzenia dawnego układu terenowego uwzględ-

niającego stare ciekii wodne itp. Daje to możliwość wyciągania dodatkowych wniosków badawczych, lepszego zaplanowania kosztów oraz znacznie ułatwia analizowanie informacji.

Za znakomity przykład może posłużyć współpraca z Muzeum Archeologiczne w Biskupinie. Profesjonalne podejście do zagadnienia badań bezinwazyjnych, zagwarantowało możliwość prawidłowego wykonania badań. Do właściwego podejścia, zaliczyć należy kontakt miejscowych badaczy z zespołem wykonującym badania bezinwazyjne, udostępnienie wszystkich potrzebnych informacji oraz ciągła dyskusja zagwarantowały pozytywny wynik badań. Niedopuszczalne jest, aby osoby wykonujące badania geofizyczne, odcinały się od badacza pracującego na danym stanowisku, czy też działającego na określonym terenie. Bez informacji uzyskanych od archeologów zamawiających badanie, uzyskane wyniki staną się niekompletne. W końcowym efekcie pominięte zostać mogą ważne aspekty związane z badanym stanowiskiem. Archeolog zainteresowany badaniami nieinwazyjnymi, powinien być otwarty na sugestie i propozycje. Wzajemna dyskusja i dokładna wymiana informacji pozwoli obu stronom uniknąć nieporozumień związanych np. z niedokładnym wyjaśnieniem możliwości, jakie dają badania bezinwazyjne lub gdyby oczekiwania archeologa, okazały się zupełnie inne, niż zakładano podczas przystępowania do badań.

Podczas badań przeprowadzonych dla Muzeum Archeologicznego w Biskupinie głównym celem było potwierdzenie wyników prospekcji lotniczej, wykonanej przez Włodzimierza Rączkowskiego. W jej wyniku zlokalizowano strukturę, którą zinterpretowano jako rondel neolityczny (założenie koncentrycznych rowów). Badania magnetyczne potwierdziły wyniki prospekcji lotniczej (Kobyliński 1999) (Ryc. 3), lokalizując nie tylko rowy będące częścią założenia rondla, ale również otaczającą go palisadę i obiekty archeologiczne zarówno wewnątrz jak i na zewnątrz struktury.

W wyniku rozmów przeprowadzonych po uzyskaniu wyników badań magnetycznych, muzeum wyraziło zgodę na stworzenie numerycznego modelu terenu (Ryc. 4). Dzięki temu zaistniała możliwość stworzenia początku dla bazy danych GIS która, umożliwi dokładną analizę położenia rondla w stosunku do innych stanowisk archeologicznych w regionie. Bazę taką, można uzupełniać o kolejne prowadzone badania, zarówno metodami wykopaliskowymi jak i bezinwazyjnymi.

Nowoczesna nauka zajmująca się metodami bezinwazyjnymi ma wiele osiągnięć, na swoim koncie. Za osiągnięcia możemy przyjąć: wykrycie rytualnej orki podkurhanowej pod płaszczem kurhanu o grubości 3,5 m, wykrycie rowków po grobowcu megalitycznym o miąższości 7 cm i szerokości 12 cm pod 80-centymetrową warstwą humusu, wykrycie obiektów średniowiecznych pod 2 m warstwą sływu, wykrycie pojedynczych dołków posłupowych. Każde z tych osiągnięć wymagało dopracowania sposobu zbierania danych w terenie i dużego doświadczenia w interpretacji.

W ramach podsumowania należy stwierdzić, iż prawidłowe przeprowadzenie badań wymaga zespołu mającego, duże doświadczenie w bezin-

ważnych badaniach archeologicznych, odpowiedniego sprzętu, metodyki badawczej i kooperacji osoby prowadzącej wykopaliska. Jako, iż specjalistyczna firma zajmująca się nieinwazyjnymi badaniami archeologicznymi posiada dział badawczo-rozwojowy, którego celem jest obserwowanie i adaptacja nowych technologii na potrzeby archeologii (który pozostaje w stałym kontakcie z ośrodkami produkującymi sprzęt geofizyczny), można stwierdzić, iż rozwój metod bezinwazyjnych dopiero się zaczął. Już teraz przetestowany został w tej firmie mobilny system rozpoznania bezinwazyjnego. Ma on możliwość przebadania dziennie do 15 hektarów terenu (trzech metodami geofizycznymi wraz z wykonaniem poziomych zdjęć lotniczych i numerycznym modelem terenu). Kolejnym krokiem będzie zaadoptowanie mobilnych systemów skanujących do stałej dynamicznej współpracy z systemem rozpoznania geofizycznego w czasie rzeczywistym. Dzięki temu GPS zaopatrzone w system bezwładnościowy, odpowiedzialny będzie tylko za sterowanie pracą urządzeń geofizycznych i nawigację po obszarze badawczym. Skaner 3D umieszczony na mobilnym systemie rozpoznania geofizycznego, będzie skanował teren tworząc tym samym najdokładniejsze możliwe odwzorowanie terenu, automatycznie zapisywane w wybranym układzie odniesienia.

Dzięki technologii możliwości pozyskiwania danych są coraz dokładniejsze i szybsze. To tylko kwestia czasu kiedy normą staną się cyfrowe bazy danych w różnych dziedzinach nauki nie wyłączając archeologii.

Wszystkie prezentowane badania zostały wykonane przez firmę PROTON-ARCHEO.

