Tomasz Herbich

Problematyka standaryzacji komercyjnych badań archeologiczno-geofizycznych: od pomiaru do interpretacji

(wykład wygłoszony podczas II Ogólnopolskiej Konferencji Geofizyki Archeologicznej w Poznaniu, 6-7 grudnia 2012)

UWAGI WSTĘPNE

W ostatnim pięcioleciu stanęliśmy wobec nowej sytuacji: gwałtownie rosnącej podaży usług geofizycznych dla potrzeb archeologicznych. Podaż oczywiście jest odpowiedzią na rosnący popyt. Nową sytuacją jest, iż na zlecenie różnych inwestorów badania geofizyczne przestały robić wyłącznie ośrodki naukowe (lub, w ramach prywatnych zleceń, osoby zatrudnione w tych ośrodkach), zaczęły je robić także firmy prywatne.

Rodzi się zatem pytanie: jaka jest jakość badań wykonywanych przez te firmy? Czy też, jak ocenić jakość tych badań? Wykład ten kieruję przede wszystkim do odbiorców badań geofizycznych: archeologów zlecających prace geofizyczne, konserwatorów, szefów projektów badawczych którzy w programie uwzględnili geofizykę.

Problematyka jakości badań geofizycznych jest – przynajmniej w odczuciu osób organizujących tę konferencję - tak ważna, iż zdecydowaliśmy się tematowi temu poświęcić więcej czasu, niż pierwotnie planowaliśmy. Wykład wygłoszony zostanie w dwóch częściach. Dziś, poza obserwacjami ogólnymi, dotyczącymi całości problematyki standaryzacji, skupię się na metodzie magnetycznej; jutro poruszę problematykę związaną ze stosowaniem metody elektrooporowej.

Zanim przejdę do meritum, chciałbym podzielić się kilkoma obserwacjami na temat wiedzy o geofizyce archeologicznej w Polsce i o przygotowaniu zawodowym w tej dziedzinie archeologów kształconych w Polsce.

Pierwsza generalna uwaga: wiedza o geofizyce archeologicznej jest w Polsce znikoma. Ludzie wiedzą, ze coś takiego istnieje, że jest to element nowoczesnego warsztatu badawczego, ze warto to spróbować. Badania te znakomicie się mieszczą w kierunku zwanym archeologią nieinwazyjną, który według niektórych badaczy, powinien być kierunkiem dominującym.

W przypadku komercyjnych badań geofizycznych, mamy dwie strony: instytucję bądź osobę zamawiającą badania i firmę lub osobę wykonującą badania. Wykonującą za pieniądze, a więc w domyśle, dającą produkt, który jest pełnowartościowy. Problem w tym, czy jest to

produkt rzeczywiście produkt pełnowartościowy i czy zamawiający badania jest w stanie to ocenić?

Przyjrzymy się zetem tym dwóm stronom:

Jedna strona to archeolodzy zlecający prace. Jak już powiedziałem, ich wiedza na temat geofizyki jest w przeważającej mierze znikoma. Skąd bowiem mieliby ja czerpać?

Zawsze istnieje możliwość samokształcenia poprzez poznawanie literatury przedmiotu. Jedyne dostępne na rynku opracowania książkowe to prace prof. Krzysztofa Misiewicza. Nie są to prace łatwe w odbiorze, jest tam ogromna liczba informacji technicznych, metodycznych. Dobra, poglądowa praca skierowana do archeologów powinna być katalogiem dobrze zilustrowanych przykładów zastosowań metod na różnego typu stanowiskach. Takiej pracy po polsku nie ma. Jest dobra praca Gaffneya i Gatera – ale po angielsku. W literaturze polskojęzycznej trochę informacji wydobyć można z pojedynczych publikacji poszczególnych badan, rozrzuconych po różnych czasopismach. Tyle, że rzadko w tych publikacjach mapom geofizycznym towarzyszą wyniki wykopalisk. Dość dobrym przeglądem możliwości metod jest numer Archeologii Polony powstały przy okazji konferencji Archaeological Prospection 2003 w Krakowie - niestety, po angielsku. Poza tym jest to książka z pracami pisanym przez geofizyków archeologicznych dla geofizyków archeologicznych . Zatem z punktu widzenia archeologa, jest tam zdecydowanie za mało przykładów weryfikacji wykopaliskowych.

Istnieje też możliwość kształcenia w ośrodkach akademickich. Jedynym miejscem, gdzie geofizyka jest tematem dość rozbudowanych zajęć, połączonych z praktykami terenowymi, jest Instytut Archeologii UW. Zajęcia, w skromniejszym wymiarze, prowadzone są także w Instytucie Prehistorii UAM w Poznaniu. Zajęcia te prowadzone są od niedawna, zatem wiedzę pozyskać mogli relatywnie młodzi ludzi, którzy jeszcze nie osiągnęli pozycji, która dawałaby im możliwość wpływu na taki a nie inny program badan.

Reasumując, można mieć duże wątpliwości co do kwalifikacji w dziedzinie geofizyki archeologicznej zarówno osób zlecających prowadzących badania, jak i mających je potem odebrać (i w domyśle: będących w stanie je ocenić).

Druga strona to firmy oferujące badania. Jakie jest przygotowanie do zawodu osób oferujących usługi? Jeśli archeolog chce mieć prawo samodzielnego prowadzenia wykopalisk, to po odbyciu studiów musi terminować na wykopaliskach, pod czyjąś naukową opieką, przez 10 miesięcy. Jakie jest przygotowanie zawodowe pracowników firm oferujących usługi geofizyczne? Jeśli zakładamy, że tytuł magistra archeologii nie poświadcza wystraczającej wiedzy i doświadczenia, które pozwoliłoby absolwentowi prowadzić samodzielnie badania wykopaliskowe, to dlaczego takie założenie nie jest czynione w przypadku osób które prowadzą badania geofizyczne? Odpowiedź jest prosta:

niedouczony geofizyk zmarnuje fundusze wydane na badania, ale przynajmniej nie zniszczy stanowiska. Ale czy taka odpowiedź dobrze świadczy o naszym profesjonalizmie?

Firmy oferujące usługi można podzielić na trzy kategorie:
- firmy oferujące badania geofizyczne, zwykle jednoosobowe, przeważnie ograniczone do jednej metody (magnetycznej), rzadziej do dwóch (magnetycznej i elektrooporowej);
- firmy o profilu archeologicznym, oferujące usługę geofizyczną obok usług *stricte* wykopaliskowych;
- firmy oferujące pakiety badań nieinwazyjnych takich jak: płytką geofizykę, pomiary geodezyjne, zdjęcia lotnicze, skanowanie laserowe.

Usługi geofizyczne oferowane są także przez specjalistów w dziedzinie geofizyki, zakotwiczonych w instytucjach geofizycznych, jak AGH, wydziały geologii na uczelniach.

Wśród wykonawców badań mamy zatem jednej strony archeologów przyuczonych do geofizyki, z drugiej, geofizyków którzy w mniejszym lub większym stopniu rozumieją problematykę archeologii, będącą jednak daleko od głównego nurtu ich działań. Rodzi się pytanie: czy sytuacja taka jest zła, czy dobra? Moim zdanie: dobra, bo prawda jest taka, że znaczący postęp w geofizyce archeologicznej zaznaczył się dopiero wtedy, gdy w badaniach zaczęli dominować archeolodzy przyuczeni do geofizyki, a geofizycy zapraszani przez archeologów zeszli na drugi plan – do roli ekspertów i doradców, a nie głównych wykonawców. Problem jest tylko w stopniu przyuczenia archeologa do samodzielnego wykonywania badań geofizycznych

CZĘŚĆ I – METODA MAGNETYCZNA

W procesie badan metodą magnetyczną wyróżnić można trzy etapy:
- etap pomiarów w terenie;
- etap opracowania i prezentacji wyniku;
- etap interpretacji,

stąd tytuł tego wystąpienia: od pomiaru do interpretacji.

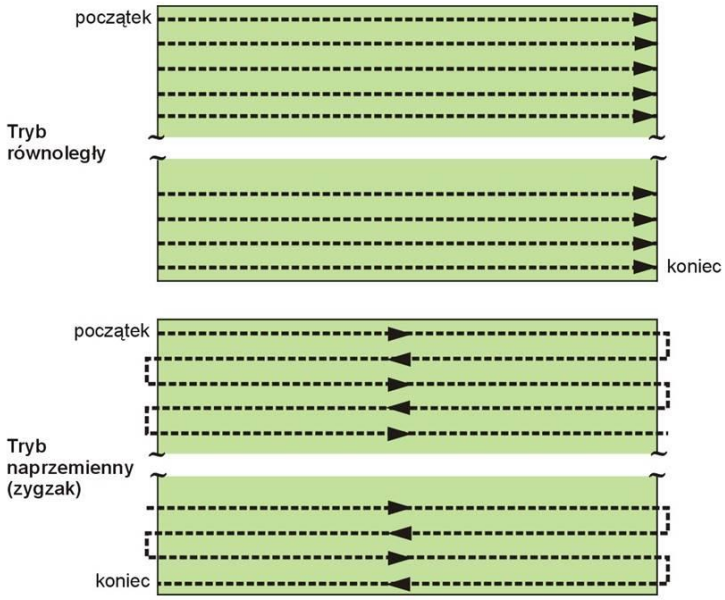
Moim zdaniem, pierwszym i najważniejszym warunkiem, jaki musi spełniać oferujący badania geofizyczne, to umiejętność prawidłowej realizacji pierwszych dwóch etapów. Przy etapie trzecim zawsze można posiłkować się doradztwem osób o większym doświadczeniu, ekspertów etc. Można takie wyniki wrzucić na stronę International Society for Archaeological Prospection i zawsze znajda się chętni do dyskusji i oceny wyników.

Zanalizujmy pokrótce te trzy etapy:

Etap 1: Pomiary w terenie.

Jakie elementy wpływają na jakość wyniku?

W przypadku metody magnetycznej kluczową sprawą jest gęstość siatki pomiarowej i tryb pomiarowy: zygzak lub równoległy. Obydwa te czynniki zdecydowanie określają czas badań. A że jak wiadomo, w komercji czas to pieniądz, wiec te dwa czynniki określają kosztochłonność badań.



Ryc.1

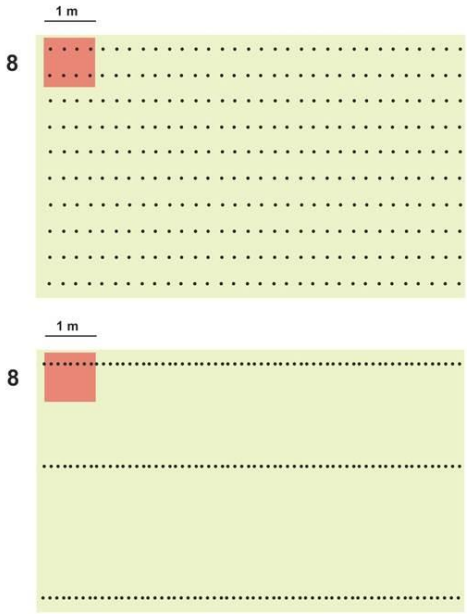
Mówiąc o gęstości siatki, myślimy przede wszystkim o odległości pomiędzy profilami pomiarowymi. Pomiary wzdłuż profilu rejestrowane są bowiem automatycznie, w zależności od instrumentu do 10 pomiarów na sekundę, wiec czynnik kroku pomiarowego nie nie wpływa na ogólny czas badan.

Gęstość siatki pomiarowej. Zleceniodawca ma dwie oferty: ofertę firmy X - 3 tys. za hektar, firmy Y - 1,5 tys. za ha. Z każdej oferty wynika, ze na metr kwadratowy przypada 8 pomiarów. Oczywiście, bierzemy ofertę Y, bo dwa razy tańsza, przy tej samej liczbie punktów pomiarowych na metr kwadratowy

Zamawiający był jednak na naszej konferencji i zadaje dodatkowe pytanie o odległość pomiędzy profilami i tryb pracy. Okazuje się ze w droższej ofercie pomiary prowadzone są w trybie paralelnym, z profilami co poł metra, z pomiarami co 25 cm (**ryc. 2, góra**). Wykonanie hektara przy takich parametrach, przy użyciu instrumentu z jedną sondą, wymaga przejścia co najmniej 40 km – czyli, z mojej praktyki jest to co najmniej 2 do 2.5 dnia pracy.

Zanalizujmy tańszą ofertę: okazuje się, że pomiary wykonano biorąc 8 pomiarów na metr profilu (czyli, utrzymując stale tempo chodzenia, co ok. 12 cm) na linii, ale odległość między liniami wynosi 2 m i pomiary są w trybie zygzak (**ryc. 2, dół**). Do wykonania pomiarów przy takich parametrach, by zmierzyć obszar o pow. 1 ha, trzeba przejść 5 km, 8-krotnie mniej niż

w poprzednim przypadku, czyli prace wykonać można w ośmiokrotnej krótszym czasie.
W czasie kiedy firma X wykonała 1 ha i zarobiła 3 tys., firma Y zrobiła 8 ha i zarobiła 12 tys.



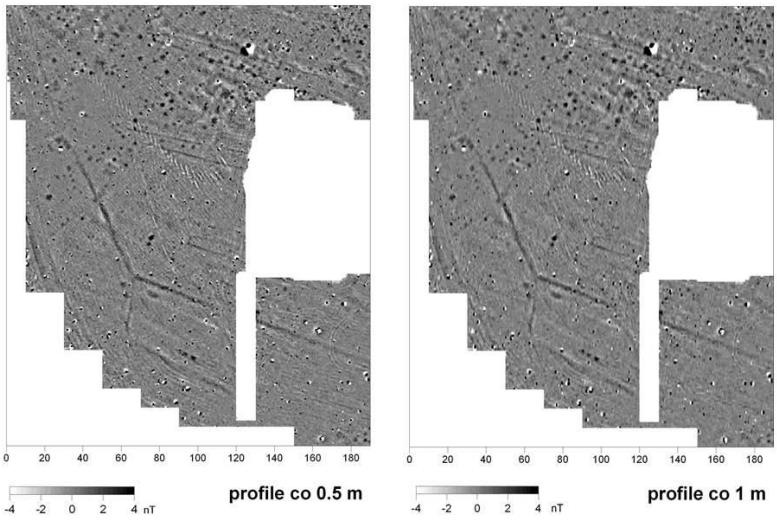
Ryc.2

A teraz porównajmy jakość map, jakie powstały w wyniku prac firmy X i firmy Y. Za przykład weźmy badania w Słonowicach, na wysoczyźnie lessowej. Na zdjęciach widzimy typowe obiekty dla tego zespołu: jamy, rowy, rowki palisadowe i resztki słupów. Był to zespół monumentalnych neolitycznych grobowców wykonanych z drewna. Na to nałożona jest warstwa z epoki brązu – tworzy ją zespół jam (**ryc. 3**).

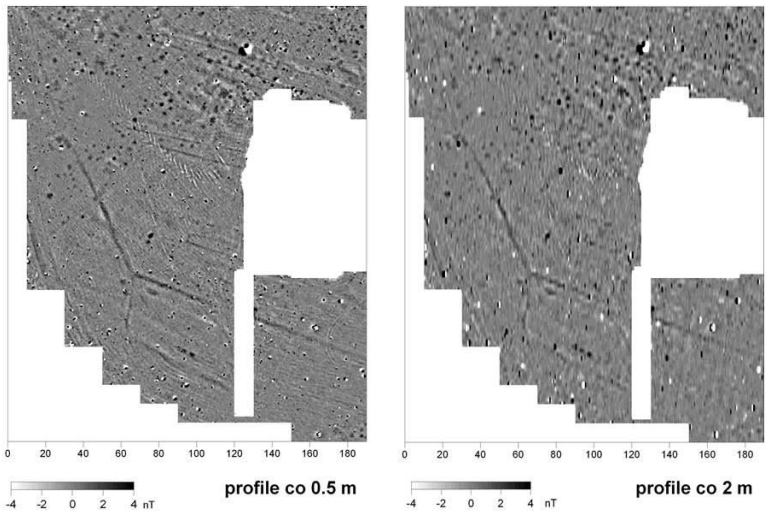
Ryc.3

Obejrzyjmy mapy z pomiarami wzdłuż profili o różnych odstępach: 0.5m, 1 m i 2 m (**ryc. 4 - 5; ryc. 6 - 7**). Na pierwszy rzut oka nie ma wielkiej różnicy pomiędzy mapami z profilami co 0,5 m i 1 m (**ryc. 4**). Przy bliższej analizie okazuje się jednak, że część obiektów dobrze widocznych na mapie lewej, na prawej zanika, np. wąska liniowa anomalia odpowiadająca

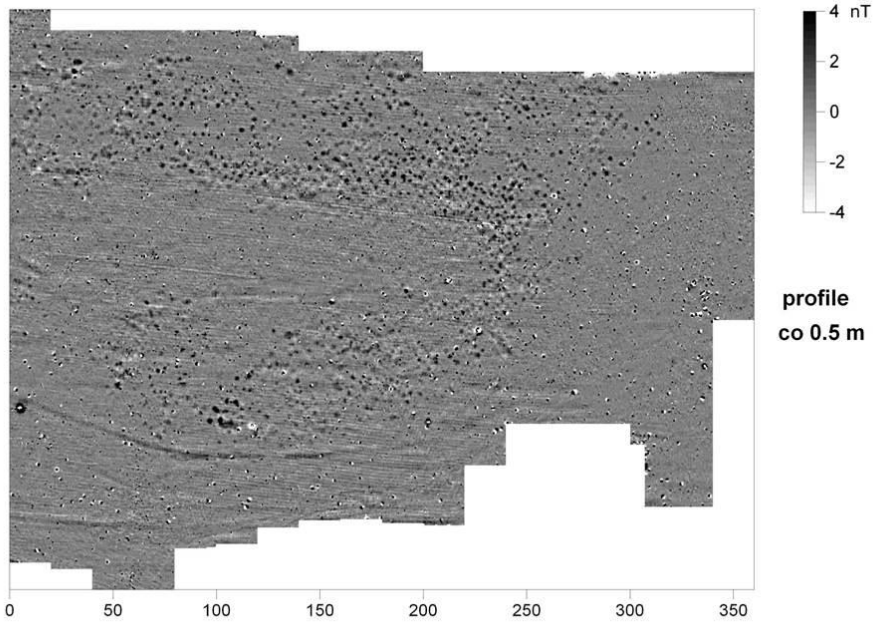
wschodniemu odcinkowi północnej palisady północnego grobu. Gdy spojrzymy na mapę z profilami co 2 m (**ryc. 5**), wszystkie palisady – których rejestracja była głównym zadaniem badań – są niewidoczne. We wschodniej części stanowiska, pomiary w gęstej siatce doskonale pokazały zasięg osady, poprzez określenie zasięgu obszaru występowania jam (odpowiadają im owalne anomalie o średnicy do 2 – 3 m). Po południowej stronie widoczna jest anomalia wywołana przez rów. Na mapie z profilami co 2 m obraz nie jest już tak jednoznaczny (**ryc. 6 i 7**).



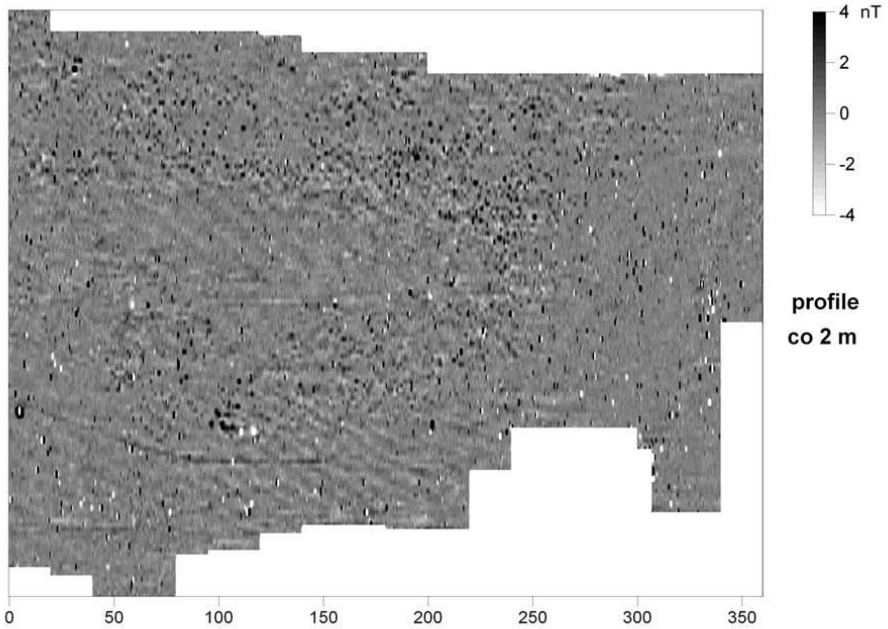
Ryc.4



Ryc.5



Ryc.6



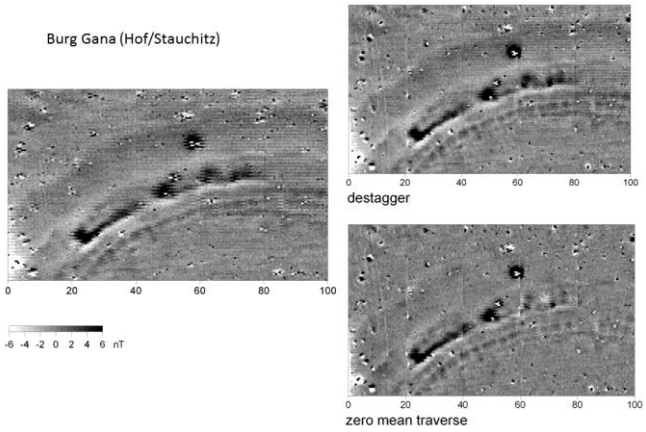
Ryc.7

Jak widać, badania z profilami co 2 m są dopuszczalne, ale tylko jeżeli szukamy obiektów zalegających na znacznych powierzchniach (jak np. kilkusetmetrowe rowy). Określenie zasięgu stanowiska jest już problematyczne. Jeżeli chcemy by geofizyka wsparła nas w badaniach nad rozplanowaniem osady, w danych statystycznych (ilość obiektów), rekonstrukcji wzajemnego położenia etc. - to pomiary z profilami co 2 m nam na te pytania odpowiedzi nie dadzą. Są to stracone pieniądze. I winien jest tej sytuacji bardziej zamawiający badania, niż oferujący. Bo zamawiający powinien dokładnie zdefiniować,

jakiemu celowi badania służą. A oferujący może wówczas dostosować metodykę pomiaru do oczekiwań zamawiającego.
Boję się, że prawda jest taka, iż zamawiający ma duże oczekiwania wobec wyników badań (czyli że oczekuje obrazu dokładnego), ale że podczas wyborze oferty wygrywa czynnik ceny (a i oferent nie spieszy się z wytłumaczeniem jaka będzie jakość jego pomiaru bo takie pytanie nie pada), to wygrywa oferta która w efekcie nie spełnia oczekiwań zamawiającego.
Kolejny przypadek: mamy dwie oferty, identyczne pod względem odległości miedzy profilami, ta sama ilość pomiarów na metr, tym razem – w każdej ofercie po 8 pomiarów na m^2. Jedyna różnica to: w ofercie X tryb paralelny, i niezmienna cena 3 tys., w ofercie Y, 2.5 tys. i tryb zygzak. Droga do przejścia i czas badan: w trybie paralelnym 40 km, 2-2.5 dnia. W trybie równoległym: 20 km – 1 – 1.5 dnia. W czasie gdy firma X zarobiła 3 tys., firma Y zarobiła 5 tys. Zależności pomiędzy trybem pomiarów, gęstością siatki pomiarowej i czasem pomiarów ilustruje **tabela 1**.

tryb pomiaru	odległość między liniami pomiarowymi	krok pomiarowy w metrach	liczba pomiarów w 1 m^2	odległość do przejścia przez operatora w kwadracie o boku 20 m w metrach	czas pomiaru kwadratu o boku 20 m w minutach	czas wymagany do pomiarów obszaru o pow. 1 ha w godzinach
równoległy	0,5	0,25	8	1600	25	10,4
równoległy	0,5	0,125	16	1600	25	10,4
równoległy	1	0,25	4	800	13	5,4
równoległy	1	0,125	8	800	13	5,4
równoległy	2	0,25	2	400	6	2,5
równoległy	2	0,125	4	400	6	2,5
zygzak	0,5	0,25	8	800	15	6,3
zygzak	0,5	0,125	16	800	15	6,3
zygzak	1	0,25	4	400	8	3,4
zygzak	1	0,125	8	400	8	3,4
zygzak	2	0,25	2	200	4	1,7
zygzak	2	0,125	4	200	4	1,7

Spójrzmy na mapę powstałą w trybie zygzak (**ryc. 8**). Widzimy iż w zależności od kierunku chodzenia, mamy różne średnie wartości na profilach (**ryc. 8 - mapa lewa i prawa u góry**). Dysponując odpowiednim oprogramowaniem, możemy to zlikwidować – tyle, że może to spowodować iż mapa zatraci znaczącą liczbę istotnych informacji (**ryc. 8 - mapa prawa u dołu)**. Szerzej zajmiemy się tym za chwilę, podczas omawiania sposobów obróbki danych



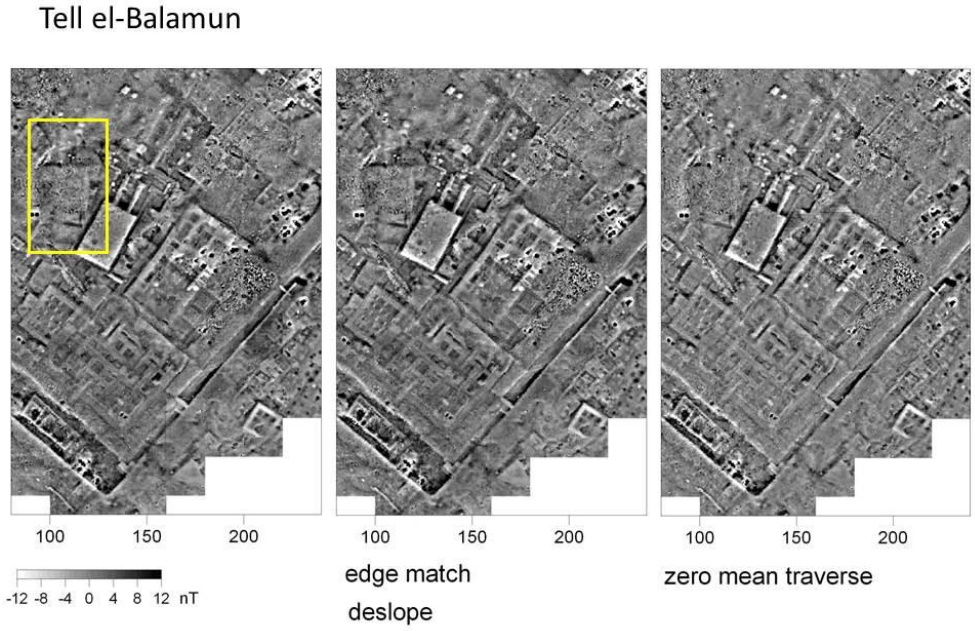
Ryc.8

Nie wchodzę już w takie zagadnienia jak dobór aparatury, bo dobrze wykonany pomiar jest wartościowy, niezależnie od zastosowanego instrumentu. Nie wchodzę też w zagadnienie umiejętności operowania sprzętem (w przypadku *fluxgatów* to umiejętność utrzymania właściwego rytmu chodzenia, umiejętność utrzymania instrumentu w nieruchomej pozycji podczas marszu, zwracanie uwagi na brak elementów magnetycznych w odzieniu operatora)

Etap 2: opracowania i prezentacji wyniku

Wynik badań poddawany jest różnego rodzaju obróbce cyfrowej. Cel tego jest w zasadzie jeden: by zlikwidować wszelkiego rodzaju zmiany w obrazie, które wynikają z techniki pomiaru (lub z błędów pomiarowych). Chodzi o to, by w obraz odzwierciedlał jedynie zmiany natężenia pola magnetycznego, nie odzwierciedlał natomiast zmian wynikłych z trybu chodzenia zygzakiem, czasowych zmian natężenia pola magnetycznego, czy nieumiejętnej adjustacji czujników w punkcie referencyjnym. Zrobić to można jedynie mając do dyspozycji specjalistyczne oprogramowanie, takie jak *Geoplot* lub *Archaeosurveyer*. Oprogramowanie to jest kosztowne, użytkowników jest zatem niewielu.

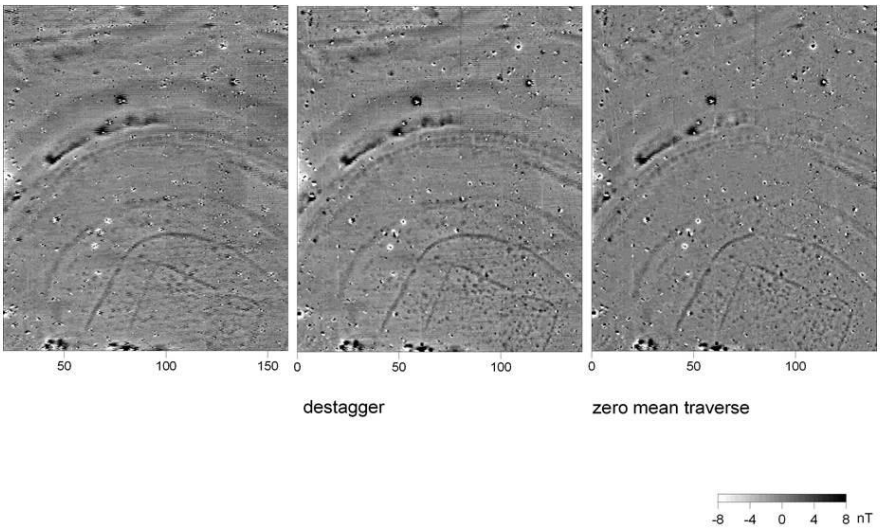
By państwu pokazać typowy proces obróbki i zależności pomiędzy trybem wykonywania pomiarów a ostatecznym obrazem zmian natężenia pola, posłużę się danymi ze stanowiska Balamun w delcie Nilu (**ryc. 9**).



Ryc.9

Po lewej mamy dane bezpośrednio z pomiarów w trybie paralelnym. Widzimy bogaty obraz struktur archeologicznych, lekko zakłócony różnicami pomiędzy poszczególnymi kwadratami, w obrębie których braliśmy pomiary, widzimy różnice czasowe, widzimy różnice pomiędzy poszczególnymi profilami. Profesjonalne oprogramowanie pozwala te wszystkie błędy zniwelować – co widzimy na mapie środkowej. Dla wyrazistości obrazu

ważne jest, by te błędy niwelować krok po kroku, nie stosując filtra *zero mean travers*, polegającej na sprowadzeniu wszystkich wartości do jednego wspólnego poziomu. Skraca to czas, jakiego wymagają działania przy komputerze opisane jako „krok po kroku", czasem nawet, przy wielkich powierzchniach, i stukrotnie, ale jaki jest tego wynik, widzimy na prawej mapie. Najbardziej istotne odkrycie: nieznana dotychczas świątynia z wcześniejszej fazy zespołu świątynnego (**w żółtym prostokącie na ryc. 9)**, po zastosowaniu algorytmu *zero mean traverse* przestaje być widoczna.

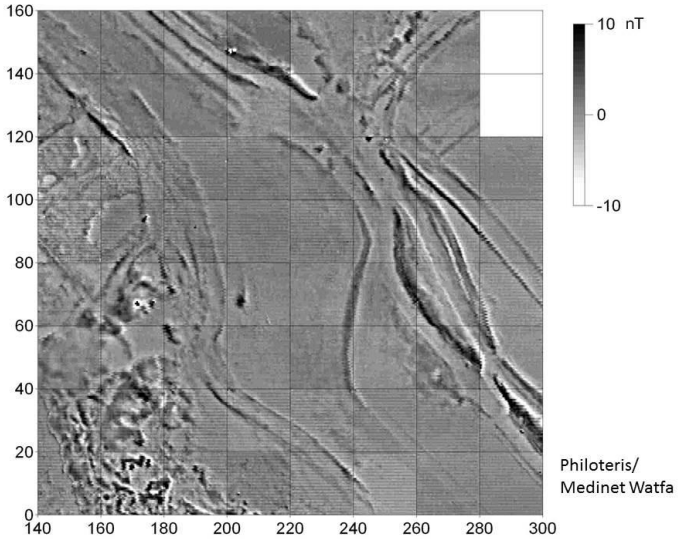


Ryc.10

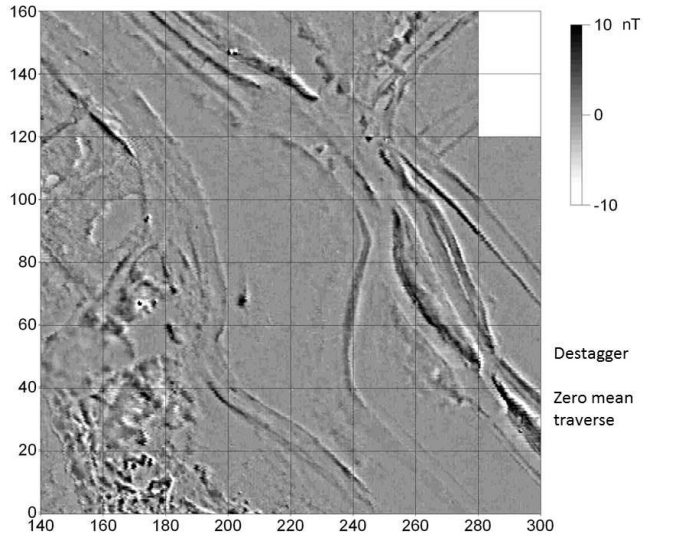
Spójrzmy teraz na dane z Burg Ghana – to pomiary prowadzone w trybie zygzak (**ryc. 10**). Z racji zmiany kierunku chodzenia widzimy różnice w średnim poziomie wartości pomiędzy sąsiadującymi ze sobą profilami; widzimy także (na mapie po lewej stronie) bardzo plastyczny obraz umocnień grodziska. Mapa środkowa to obraz po skorygowaniu przez algorytm *destagger* zniekształceń wynikłych z pomiarów w trybie zygzak. Doskonale rysują się drobne struktury w południowej części mapy – jamy i pozostałości umocnień. Różnice pomiędzy profilami możemy skorygować algorytmem zwanym *zero mean traverse*, zajmie to kilka sekund – i mamy mapę po prawej stronie. Różnice pomiędzy profilami zniknęły, ale proszę zobaczyć o ile mniej plastyczny jest obraz struktur o rozległych wymiarach i niewielkiej amplitudzie zmian. Obraz wału praktycznie zniknął.

Są jednakże stanowiska, którym filtr *zero mean traverse* zbytnio nie szkodzi: są to stanowiska gdzie obiekty cechuje duża zmienność wartości natężenia. Przykładem są badania w Watfa w Oazie Fajum w Egipcie. Pierwsza mapa pokazuje wyniki nie poddane jakiejkolwiek korekcji (**ryc. 11**). Kolejna mapa prezentuje wyniki poddane korekcji likwidującej efekt chodzenia zygzakiem oraz różnych średnich wartości na poszczególnych profilach i w obrębie poligonów (**ryc. 12**). Ostania mapa pokazuje wyniki przetworzone algorytmem *low pass filter*. Ta mapa już minimalnie różniłaby się od wyników otrzymanych

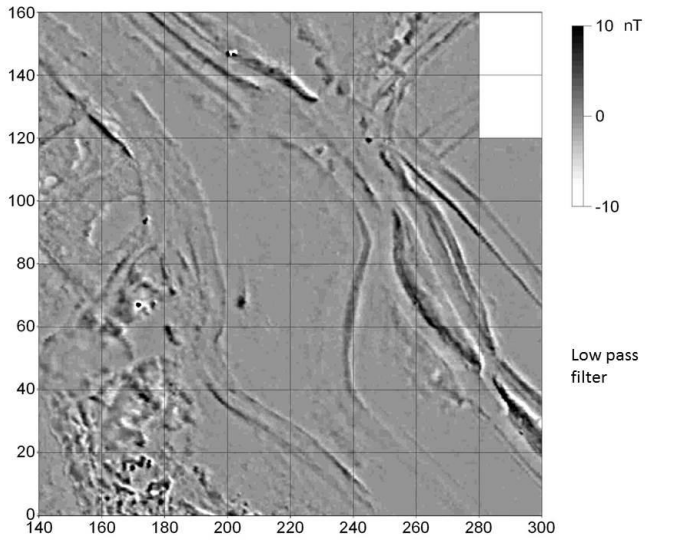
w trybie zygzak (**ryc. 13**). Problem w tym, że tego typu stanowiska są rzadkością w warunkach polskich.



Ryc.11

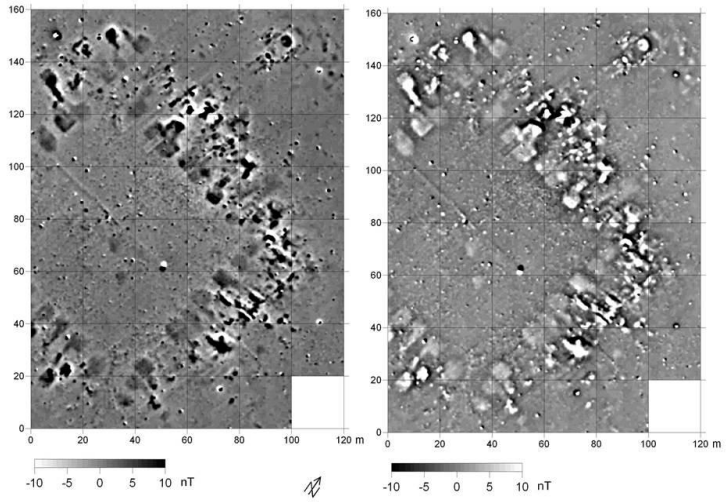


Ryc.12



Ryc.13

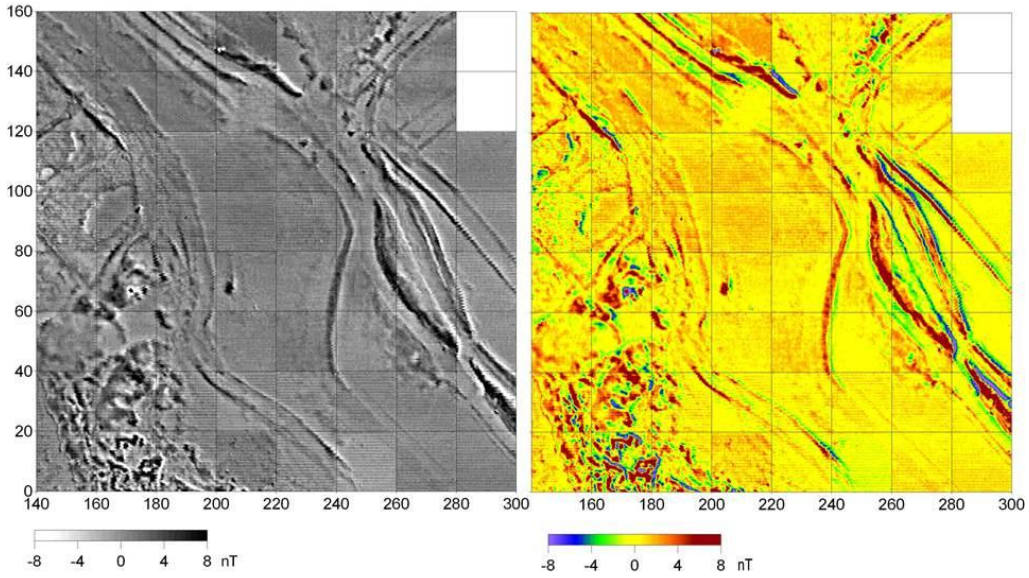
Sprawa negatywowej i pozytywowej skali szarości. Mapę można przedstawić tak, by wartościom najwyższym odpowiadała czerń (nazywamy taką skalę pozytywową) lub biel (skala negatywowa). Jako przykładem posłużę się mapą Starych Szamotuł (**ryc. 14**). Podstawą powinna być prezentacja w skali pozytywnej – zgodnie z przyjętą ogólnie konwencją, że to co chcemy pokazać, jest ciemniejsze od otoczenia (**ryc. 14 –mapa lewa**). W przypadku, gdy dla jakiś powodów stosujemy czasem skale negatywową (**ryc. 14 –mapa prawa)**, niezbędna jest umieszczenie na mapie skali szarości, by mieć pewność, w jakiej skali jest mapa: pozytywowej czy negatywowej. Jak jest to ważne, to wiem choćby po sobie: kiedyś mi się te mapy poplątały i w publikacji wyciągałem wnioski jak z mapy pozytywowej, tyle że posługiwałem się mapą negatywową. Spuśćmy zasłonę milczenia na naukową wartość tych konkluzji...



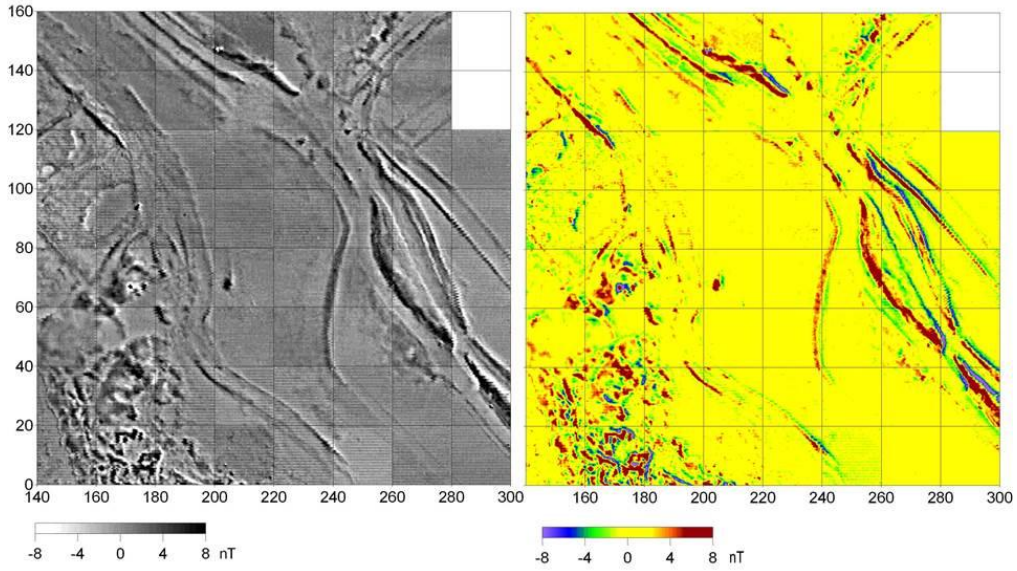
Ryc.14

Proszę zwrócić uwagę, iż cały czas poruszamy się w obrębie map monochromatycznych. Pokazywane wcześniej przykłady badan magnetycznych opracowane zostały wyłącznie jako mapy monochromatyczne, gdzie wartościom skrajnym w wybranym przedziale wartości odpowiada biel i czerń, wartości pośrednie oddane są w odcieniach szarości. Co się dzieje, gdy zastosujemy dość powszechną w Polsce manierę map barwnych?
Niestety, mam brzydkie podejrzenie – przykro to mówić - że w niektórych wypadkach stosowanie map barwnych służy do ukrycia błędów pomiarowych. Weźmy pokazywaną już wcześniej mapę z Watfa. Zobaczmy co się będzie działo jeśli zastosujemy skalę kolorów. Najpierw - mapa bez korekcji wyników. Widać paski wynikłe z pomiarów w trybie zygzak oraz różnice w średnich poziomach wartości pomiędzy poligonami (**ryc. 15**). Poszerzamy wiec zakres koloru żółtego, w którym mieszczą się wartości odpowiadające paskom – i paski znikają (**ryc. 16 – prawa**). Uzyskujemy mapę, na której widać jakieś struktury i nie widać błędów pomiarowych. Mapa w skali szarości (**ryc. 16 – lewa**) pokazuje jednakże, jaka ilość szczegółów na tak przedstawionej mapie barwnej zaniknęła. Błędy pomiarowe likwiduje się – jak pokazałem wcześniej – przy użyciu odpowiednich algorytmów, zawartych w specjalistycznym oprogramowaniu. Dowodem ich użycia jest zawsze mapa w skali szarości. Jakie narzędzia (i czy w ogóle?) były użyte do obróbki danych w przypadku map barwnych - tego odbiorca badań się nie dowie. Jeśli zatem wykonawca nie posiada

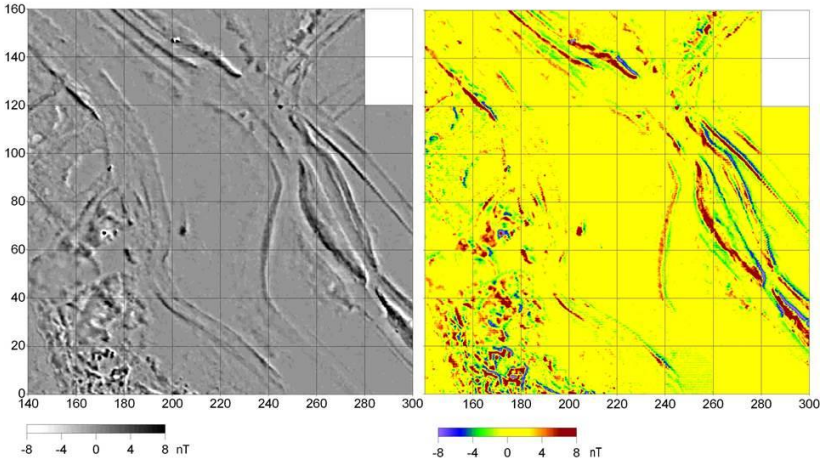
specjalistycznego oprogramowania (a praktycznie w grę wchodzą tylko dwa programy: *Geoplot* i *Archaeosurveyer*), to - w przypadku gdy posługuje się instrumentem typu *fluxgate* – bezwzględnie powinien robić pomiary w trybie równoległym.



Ryc.15

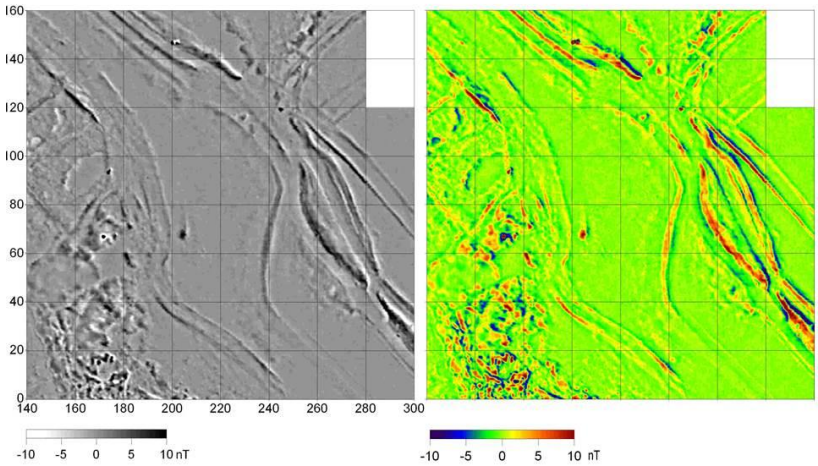


Ryc.16



Ryc.17

Porównajmy mapę monochromatyczną i barwną – powstałe przy użyciu tych samych danych, po pełnej obróbce (**ryc. 17 i 18**). Kolory w mapie barwnej dobrane są według typowych zestawów tęczy, chętnie stosowanych np. przez kolegów ze Słowacji. Chyba nie muszę nikogo przekonywać o wyższości obrazu monochromatycznego.



Ryc.18

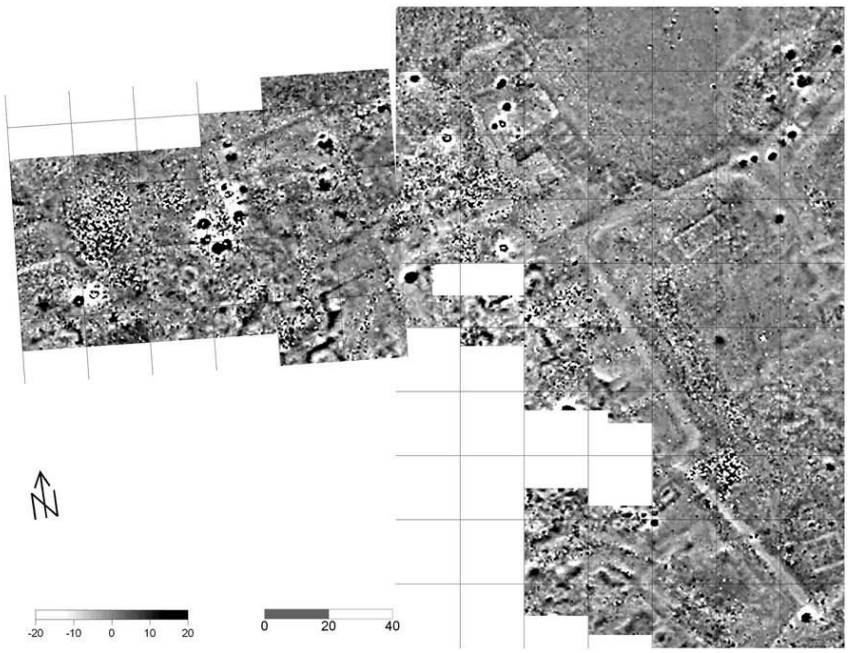
Nie jest moim celem wykluczać skalę barwną ze sposobu prezentacji wyniku. Niech będzie! Ale niech będzie użyta obok całego zestawu map monochromatycznych, prezentujących wyniki pomiarów w różnych przedziałach wartości. Wtedy mamy pewność, że mapa barwna jest kolejną propozycją prezentacji wyniku, a nie drogą do ukrycia niedoskonałości pomiarowych, których nie możemy usunąć z racji braku właściwego oprogramowania. Dodanie barwy do mapy monochromatycznej daje często dobry poglądowy wynik: spójrzmy na mapy ośrodka produkcji ceramicznej w Buto w delcie Nilu: mapa monochromatyczna (**ryc. 19**), a następnie – z kolorem użytym do „łopatologicznego" wyeksponowania anomalii odpowiadających piecom – odpowiada im barwa czerwona (**ryc. 20**). Dla mnie mapa

monochromatyczna jest wystarczającą informacją, ale zauważyłem, ze archeologom podobało się także to drugie rozwiązanie. I na koniec mapa wielobarwna tego terenu – o ileż uboższa w informacje. (**ryc. 21**)

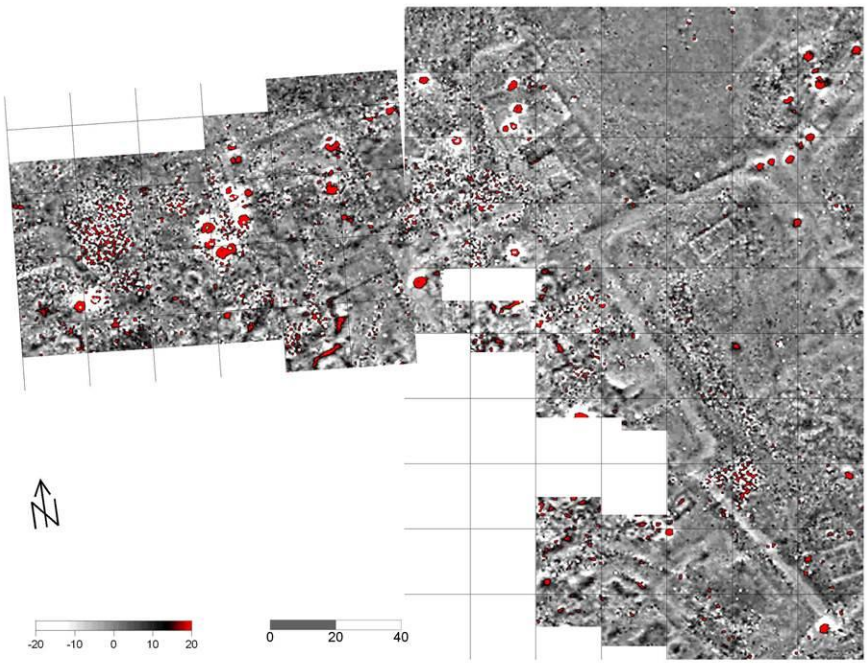
I jeszcze jeden sposób, dość u nas rozpowszechniony, prezentacji wyniku jako barwna mapa 3D, w rzucie pionowym (**ryc. 22 – prawa**). Znów wykorzystuję badania w Słonowicach. Moim zdaniem, wariant barwny nie wnosi nic nowego a raczej zubaża informację.

Niezwykle istotne jest wyposażenie mapy w legendę. Skala metrowa i północ wydają się oczywiste, natomiast bardzo powszechnym błędem jest nie dawanie skali wartości natężenia pola magnetycznego. O tym jakiego rodzaju błędy może rodzić brak skali wartości natężenia pola, mówiłem przed chwilą, przy okazji map negatywowych i pozytywowych. Północ jest konieczna, bo ma to związek z kształtem anomalii i jej ukierunkowaniem, czyli brak oznaczenia kierunku północy utrudnia interpretację.

I na koniec uwaga: przyglądajmy się mapom. Jeżeli mamy sytuacje, ze mapa jest sklejana z kilku kawałków (widać przerwy pomiędzy obszarami, widać brak kontynuacji w opisie skali) – to świadczy to, iż osoba opracowująca wyniki ma słabe przygotowanie w opracowaniu map, nie ma też najprawdopodobniej odpowiedniego oprogramowania. Nie mamy też żadnej gwarancji, czy każdy z kawałków wklejonych w mapę, jest w tym samym przedziale wartości. Zatem branie takiej mapy jako podstawy do interpretacji – może okazać się błędem.

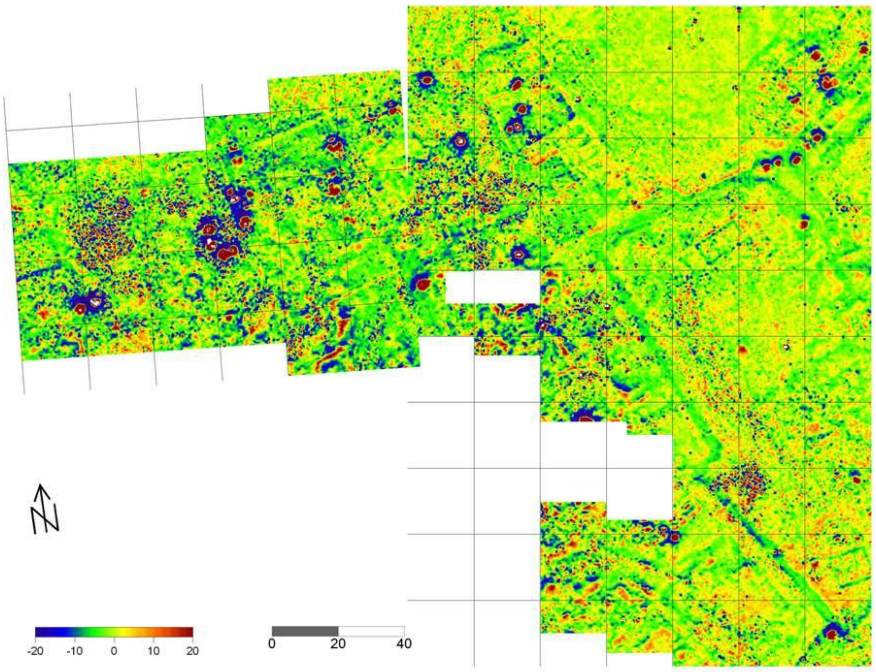


ryc.19

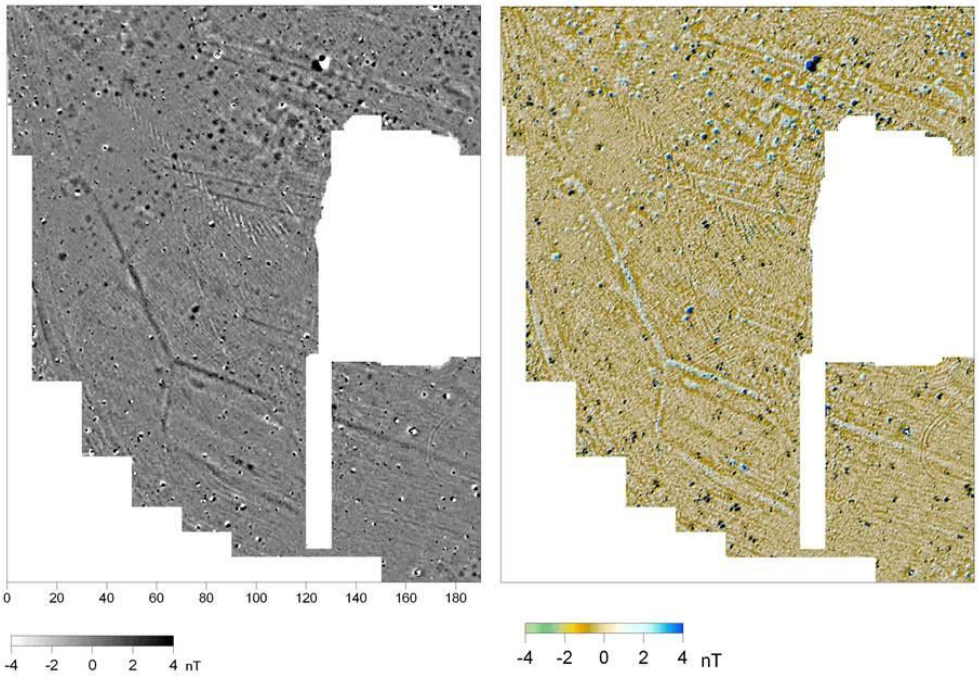


Ryc.20

Pomiary prowadzi się zwykle w obrębie kwadratów. Jeśli granice struktur widocznych na mapie odpowiadają brzegom kwadratu, to znaczy że mapa jest błędna. Albo na etapie zgrywania wyników pomylono numery kwadratów i zostały one niewłaściwie ulokowane na mapie, albo też mapa jest składanką map zrobionych w Photoshopie, i błąd powstał na etapie tworzenia składanki.



Ryc.21



Ryc.22

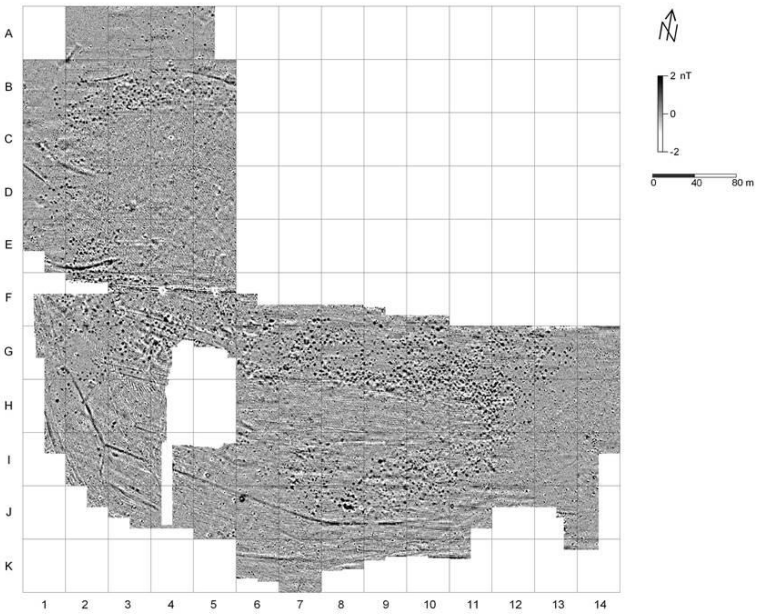
Etap 3: etap interpretacji.

Jak powiedziałem przed chwilą – opracowanie powstałe w obrębie tego etapu, jeśli mamy wobec niego zastrzeżenia, zawsze może być skorygowane ale jest to możliwe tylko wówczas, jeśli etapy poprzednie wykonane zostały bez zarzutu. To jest *credo* które wynieśliśmy z nauk Aleksandra Jagodzińskiego: podstawą wszystkiego jest dobry, wiarygodny pomiar.

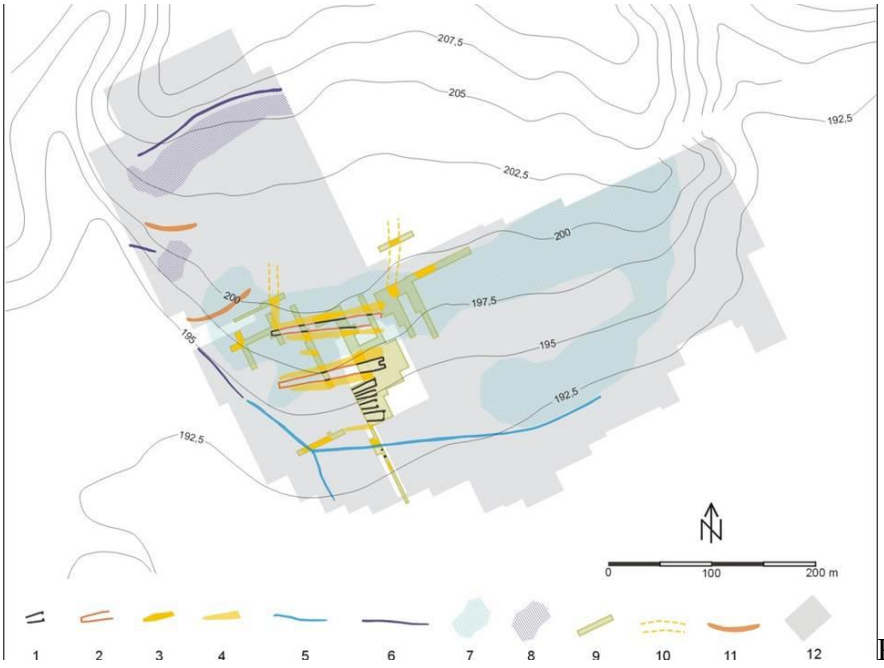
W raportach z badań, w części prezentującej wyniki badań można znaleźć odbicie kilku stanowisk:

Jedni stoją na stanowisku, iż mapa jest tylko i wyłącznie odzwierciedleniem zmian cechy fizycznej gruntu jaką mierzyliśmy – i wszelkie dalsze wnioskowanie zastawia archeologowi, wypunktowując wyłącznie strefy zaburzeń, czyli strefy gdzie „coś się dzieje".

Inni wyrysowują zarysy planów osad, poszczególnych domostw, lokalizują paleniska, jamy etc. Ograniczają się w interpretacji jedynie do zaznaczenia tylko tych elementów, które są ewidentne. Nie ukrywam że taka postawa jest mi najbliższa. Spójrzmy na mapę magnetyczną Słonowic (**ryc. 23**) i opartą na niej mapę wynikową (**ryc. 24**), na której zarysowane zostały strefy jam, rowy, palisady grobowców. Żadnej nadinterpretacji, raczej – inwentaryzacja.



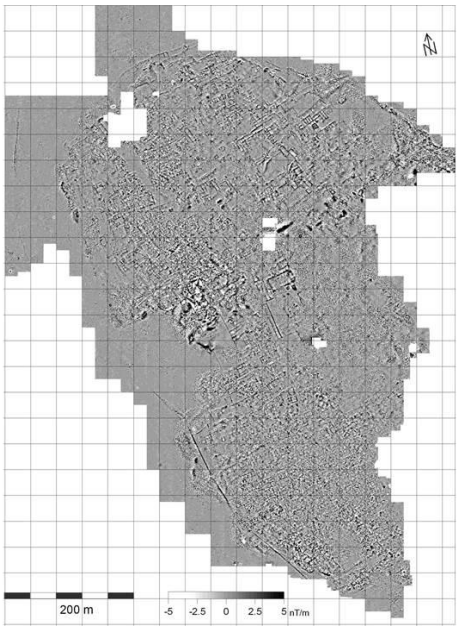
Ryc.23



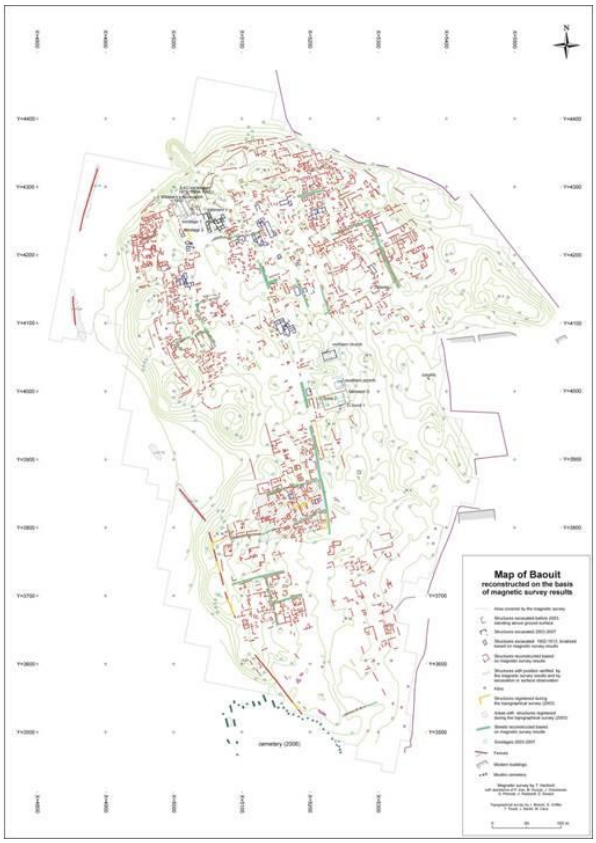
Ryc,24

Przykładem bardziej szczegółowym jest rekonstrukcja centrum monastycznego w Bawit w środkowym Egipcie. **Ryciny 25 i 27** przedstawiają mapy magnetyczne. **Ryciny 26 i 28** przedstawiają rekonstrukcję zabudowy stanowiska. W kolorze niebieskim zaznaczono mury struktur, odkopanych i opublikowanych przeszło sto lat temu, które z biegiem lat zostały zasypane i których lokalizacja była jedynie orientacyjna. W kolorze czerwonym zaznaczono mury odkryte w wyniku badań magnetycznych, w kolorze żółtym – struktury widoczne zarówno na mapie, jak i na powierzchni. Na czarno – mury odsłonięte ostatnio w wyniku wykopalisk. Na zielono - propozycje przebiegu ulic. Rysowanie tej mapy zajęło przeszło miesiąc.

Bawit



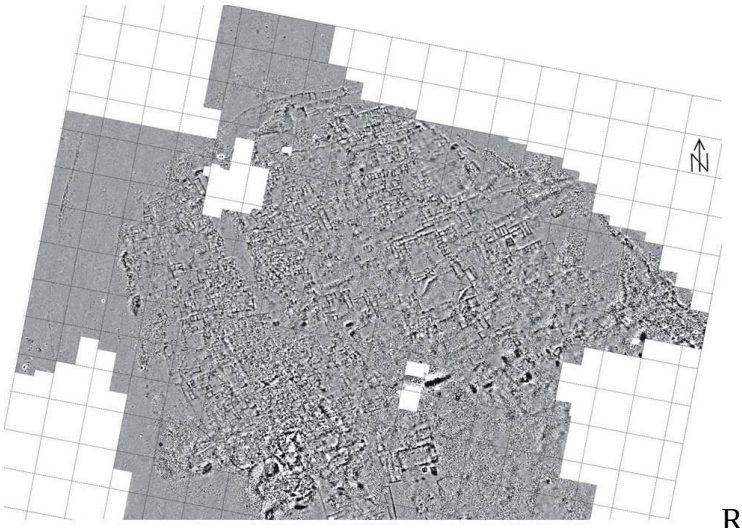
Ryc.25



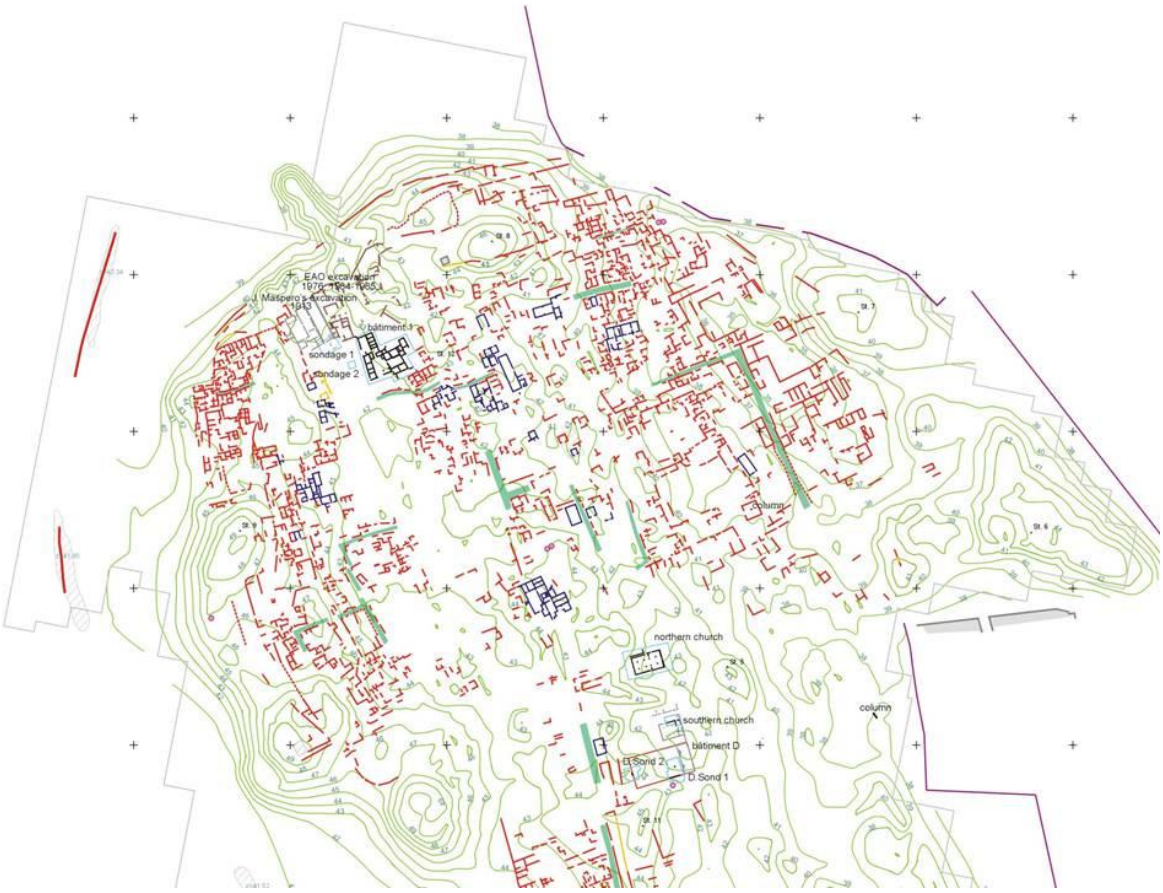
Ryc.26

Jest jeszcze inna postawa, gdy opracowujący wyniki bardziej myśli o spełnienie oczekiwań zamawiającego niż o krytycznej analizie wyniku – i dokonuje interpretacji, które nie mają solidnej podstawy w wyniku. Wynik taki wzbudza zachwyt u archeologa, ale w zderzeniu z twardą rzeczywistością dostarczoną przez wykopaliska, zostaje skompromitowany. Pół

biedy z kompromitacją ambitnego geofizyka. Gorzej, że w takiej sytuacji skompromitowana jest także metoda badawcza – czyli geofizyka – i archeolog-odbiorca badań staje się aktywnym członkiem obozu uważających, że geofizyka jest bez sensu. Opis tej sytuacji może brzmieć dla Państwa niewiarygodnie, ale zaręczam – obserwowałem takie sytuacje.



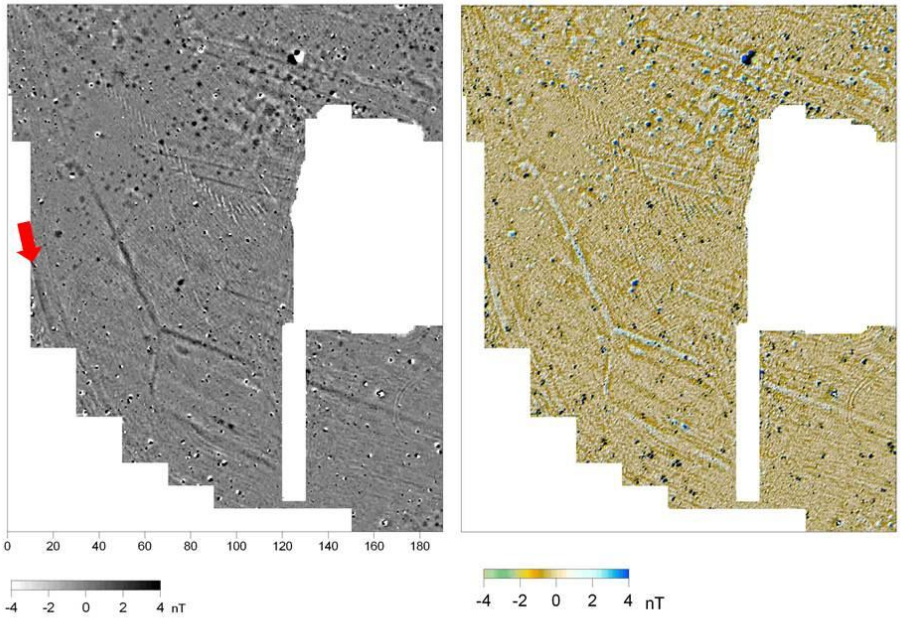
Ryc.27



Ryc.28

Moim zdaniem, niezwykle istotnym elementem następującym po etapie wizualizacji wyniku, a poprzedzającym proces interpretacji, jest staranne porównanie każdego punktu anomalnego na mapie z rzeźbą powierzchniową. Informacja ta pozwoli uniknąć wielu kłopotów podczas

interpretacji. Wróćmy do mapy Słonowic. Liniowa anomalia w południowo-zachodniej części mapy (wskazana czerwoną strzałką, **ryc. 29**) sugeruje obecność kolejnego rowu. A jest to po prostu szeroka miedza, rozgraniczająca brzeg pola i nieużytek. Jeśli tego nie sprawdzi się w terenie, z mapą magnetyczną w ręku, to ograniczamy sobie możliwość interpretacji wyniku.



Ryc.29

Bardzo ważne jest też - o ile mamy taką możliwość – porównywanie mapy magnetycznej ze starymi mapami topograficznymi, podkładami geodezyjnymi, planami katastralnymi, nawet starymi zdjęciami, wreszcie - wywiad z mieszkańcami. Wszystko to po to, by coś, co nam na podstawie naszych pomiarów wydaje się archeologią, nie okazało się starą budą pamiętaną przez mieszkańców i by nie okazało się, że ogłosiliśmy odkrycie rowu, a w rzeczywistości jest to stara miedza.

Reasumując: w procesie interpretacji dużo zależy od tego czego szukamy, jak daleko obraz zmian jakie zarejestrowaliśmy, powiela wzorce jakich oczekujemy. Dużo zależy od naszego doświadczenia i wiedzy archeologicznej. Często jest tak, że klucz interpretacyjny pasuje tylko do jednego stanowiska. Dlatego tak ważne jest obserwowanie przez geofizyka weryfikacji archeologicznej. Analizując zależności między obrazem magnetycznym, a obiektami odsłoniętym podczas wykopalisk, jesteśmy w stanie udoskonalić proces interpretacji. Tak naprawdę, tylko tędy droga do zdobycia doświadczenia w dziedzinie interpretacji.

Powtarzam jednak z uporem maniaka – nie ma mowy o dobrej interpretacji, jeśli wykonujący badania nie umie pomyślnie wykonać pierwszego i drugiego etapu badań.

Mój dość pesymistyczny obraz nie jest opisem sytuacji jaka istnieje wyłącznie w Polsce. Bynajmniej! Na przykład w kraju tak wydawałoby się dobrze zorganizowanym jak Szwecja,

rynek usług geofizycznych zdominowany został przez ludzi o znikomym przygotowaniu zawodowym, ale znakomitym przygotowaniu handlowym. Ludzie ci nie pojawiają się na konferencjach naukowych i nie publikują (lub próbują publikować) w uznanych czasopismach, bo unikają konfrontacji ze środowiskiem profesjonalistów.

Celem naszego spotkania jest wymiana wiedzy w dziedzinie geofizyki archeologicznej i, mam nadzieję, twórcza konfrontacja naszych doświadczeń na tym polu. Dlatego symptomatyczny jest dla mnie brak obecności na tej sali kilku osób komercyjnie oferujących usługi geofizyczne w Polsce. Dla mnie, od ich obecności daleko ważniejszy jest udział w takich spotkaniach tych, którzy im zlecają badania. Pozyskana wiedza pozwoli – taką mam nadzieję! - że będą w stanie prawidłowo oceniać wartość oferty badań geofizycznych i wiedzieć, że to co kupują jest warte żądanych pieniędzy, czy też jest to produkt pozbawiony wartości.

Czas na podsumowanie:

Jakich zatem standardów pracy powinniśmy wymagać od firm wykonujących usługę geofizyczna, przy zastosowaniu metody magnetycznej?

1. **Gęstość pomiaru**: za standardową przyjąć trzeba odległość pomiędzy profilami równa 0.5 m. W szczególnych przypadkach, gdy szukamy struktur rozległych (jak rowy), lub gdy mamy określić zasięg stanowiska, a nie jesteśmy tak zainteresowani szczegółowym planem stanowiska, można tę siatkę rozrzedzić do 1 m.

2. **Tryb równoległy lub zygzak**: zależnie od pożądanej szczegółowości obrazu oraz używanego sprzętu.
   - Jeżeli firma używa instrumentów *fluxgate* (czyli turboprzepływowych), to przy robieniu map mniej szczegółowych, tryb zygzak jest jak najbardziej prawidłowy. Jeżeli chcemy mieć możliwie jak najwierniejszy obraz, w gęstej siatce, optuję za trybem równoległym. Na pewno tryb zygzak jest wykluczony jeżeli firma nie dysponuje oprogramowaniem korygującym zniekształcenie obrazu wynikłe ze stosowania tego trybu. Tryb zygzak nie obniża zbytnio jakości wyniku w przypadku stanowisk o neutralnym tle i dużej amplitudzie wartości poszukiwanych obiektów, np. pieców. Wówczas korekcja algorytmem *zero mean traverse* (zwykle konieczna przy trybie zygzak) nie uszczupla liczby informacji. W przypadku pokazywanych przez mnie badań na terenie Delty, (w Balamun), dopuszczenie trybu zygzak byłoby świadomą redukcją znaczącej liczby informacji;

   -jeżeli firma używa magnetometrów cezowych, tryb zygzak daje mniejsza liczbę zniekształceń dzięki krótszemu czasowi pomiaru.

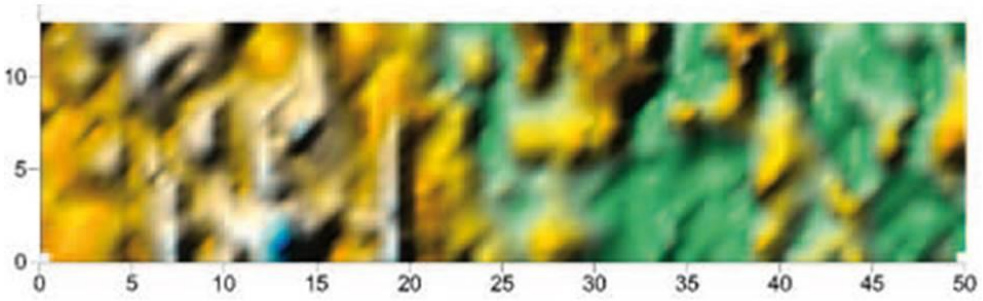
3. **Opracowanie wyniku**. Pytajmy się, jakim oprogramowaniem dysponuje oferent badań. Jeśli pracuje *fluxgatem*, a nie ma programu *Geoplot* albo *Archeosurveyer*, (albo

innego programu oferującego podstawowe funkcje korygujące zniekształcenia obrazu wynikłe z metodyki pomiaru) to mamy gwarancje, ze wynik nie jest prawidłowo opracowany. Tzn. – my błędów na mapie nie zobaczymy, ale by skasować te błędy, oferent użył funkcji dostępnych w innych programach (jak *low pass filter*), tyle że zrobił to zdecydowanie kosztem jakości informacji na mapie.

Konieczne jest naniesienie na mapę skali wartości natężenia pola magnetycznego

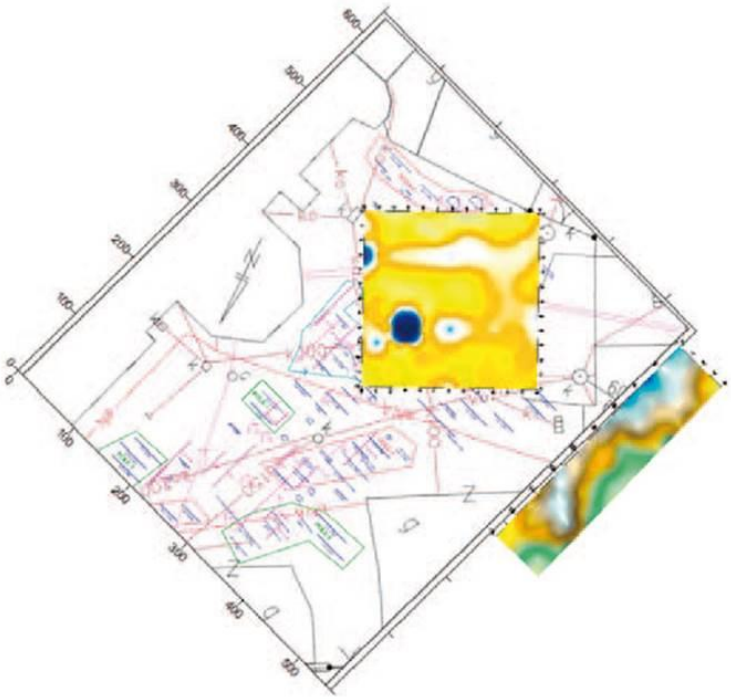
4. **Interpretacja**. W pierwszym etapie interpretacji, powinien być dany opis mapy – tzn. wypunktowanie obszarów anomalnych. Po nim powinna następować próba wydobycia informacji o charakterze archeologicznym, polegająca na powiazaniu poszczególnych anomalii z obiektami archeologicznymi, lub też określeniu, że takich związków nie ma, lub że są, ale wątpliwe. Warto robić interpretację graficzną – obrysy sugerowanych struktur archeologicznych nałożone na mapę magnetyczną.
   Z interpretacji musi wynikać, ze czy wykryte anomalie mają, czy nie mają związku z rzeźbą powierzchniową.

Warto też , by wiedzę o standardach przyswoili sobie także redaktorzy czasopism archeologicznych, którzy nie recenzują artykułów w swoich wydawnictwach. Oto dwie próbki z artykułu opublikowanym w dość ważnym czasopiśmie wydawanego przez ambitne centrum akademickie (**ryc. 30 i 31**). Świadomie nie podaję źródła. Jaka jest wartość informacji przekazywana przez te mapy? Jaka jest zgodność podpisów z zawartością ilustracji? W tekście nie znalazłem nawet informacji jaką metodą pomiary wykonano. Jak to świadczy o kondycji dyscypliny jaką uprawiamy, jeśli takie publikacje są akceptowane przez szacowne gremia redaktorskie?



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

Ryc.30



Ryc. 2. Przebieg instalacji wcześniej błędnie zinterpretowanej jako mury oraz zlokalizowane pozostałości bramy i muru.

Ryc.31

CZĘŚĆ II – METODA ELEKTROOPOROWA

Na wstępie parę ogólnych obserwacji. Metoda elektrooporowa jest rzadziej stosowana przez firmy komercyjne od metody magnetycznej. Składa się na to kilka powodów, z których pierwszy – to przekonanie, że magnetyka daje więcej informacji od elektrooporówki, drugi – znacznie wolniejsze tempo pomiarów, trzecie – wyższy próg wymagań od operatora, jeśli chce się by pomiary przeprowadzone zostały prawidłowo. Krótko o każdym z powyższych powodów:

Która metoda - magnetyczna czy elektrooporowa, ma bardziej uniwersalne zastosowanie? W warunkach polskich zapewne metoda magnetyczna, choć, jak wszędzie, są stanowiska, na których więcej informacji zdobędzie się dzięki obserwacji oporności gruntu.

Co do tempa prac: wszystko zależy od aparatury. Francuska firma Geocarta opracowała systemy wieloelektrodowego systemu pomiaru ciągłego, z elektrodami talerzowymi ciągniętymi przez traktor. Takimi systemami można zrobić tyle samo, co wieloczujnikowymi systemami mobilnym w metodzie magnetycznej – do parunastu hektarów dziennie. Na poziomie małej firmy, mającej np. dwusondowego gradientometr Bartington i polski instrument ADA wyprodukowany przez Leona Muchę – zgoda, elektrooporówka jest znacznie wolniejsza. Ale jeśli firma zainwestuje w np. instrument RM firmy Geoscan Reasearch, może mierzyć dwa profile za jednym zabiciem elektrod (**ryc. 32**), i system taki, jeśli krok pomiarowy wynosi metr a odległość między profilami także metr, jest szybszy od

pomiarów jednosondowym magnetometrem, z pomiarami w trybie równoległym, branymi wzdłuż profili co 0,5 m.

Ryc.32

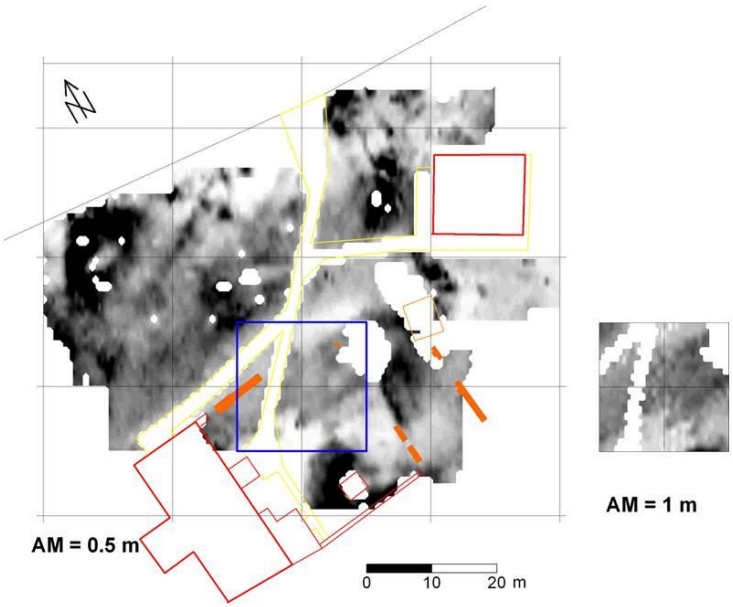
Jeśli chodzi o wyższy próg wymagań od operatora: do prawidłowego prowadzenia pomiarów w metodzie elektrooporowej wymagane jest daleko większe doświadczenie operatora, niż jest to w przypadku metody magnetycznej. W elektrooporówce problem jest w tym, że obwód powinien być zamknięty tylko i wyłącznie poprzez elektrody zabite w grunt. A często dzieje się inaczej, i po pierwsze – znacznego doświadczenia wymaga uchwycenie sytuacji kiedy pomiar staje się niewiarygodny, po drugie – zaradzenie takiej sytuacji.

Omawiając wcześniej metodę magnetyczną, mówiłem o trzech etapach w badaniach geofizycznych: etapie pomiarów, opracowania i wizualizacji wyniku i interpretacji. Te same etapy mają zastosowanie w przypadku omawiania metody elektrooporowej.

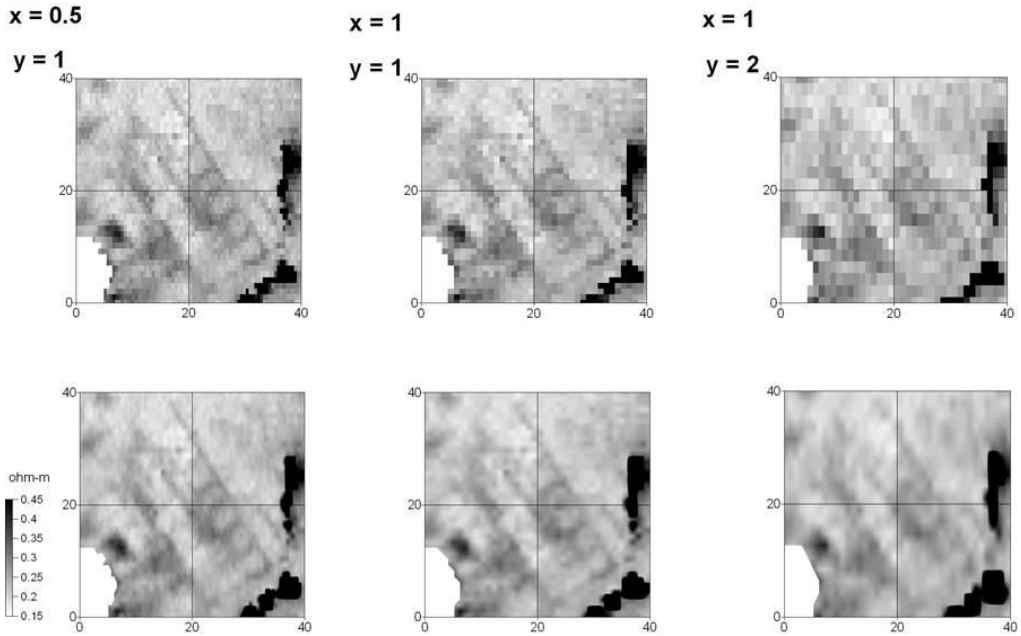
Etap 1: etap pomiarów

Komercyjna geofizyka archeologiczna na zachodzie Europy zdominowana została przez układ dwuelektrodowy (*twin-probe*), i nie sądzę, by w Polsce było inaczej. Jest to dobry układ, tyle że w moim przekonaniu, używany w złej konfiguracji i złym rozstawie. Użytkownicy instrumentu Leona Muchy robią sobie ramę z zamontowanymi na stałe elektrodami o odstępie 1 m. Typowa siatka pomiarowa to 1 x 1 m, czyli krok pomiarowy jednometrowy, wzdłuż profili odległych od siebie o 1 m. Tymczasem w krajach, gdzie robi się dużo więcej elektrooporówki, typowy odstęp pomiędzy elektrodami to 0.5 m, krok pomiarowy też wynosi 0.5 m. Odstępy miedzy profilami to albo pół metra, albo metr. Zgodnie z teorią, głębokość prospekcji układem dwuelektrodowym jest równa 1,5 odległości

pomiędzy parą elektrod ruchomych. Przy rozstawie 0.5 m jest to prospekcja do ¾ metra. Elektrooporówkę stosujemy przeważnie w miejscach gdzie mamy murowane, płytkie fundamenty. Spójrzmy na wyniki badań zamku w Krajence, robione na zlecenie Wielkopolskiego Konserwatora Zabytków (**ryc. 33**). Mapa robiona układem o rozstawie elektrod ruchomych AM = 0,5 m daje dość dokładny obraz północnego skrzydła zamku (obwiedzione niebieskim kwadratem). Mapa tego samego obszaru (**ryc. 33, po prawej**), zmierzona układem o rozstawie AM = 1 m, daje daleko mniej wyrazisty obraz.



Ryc.33



Ryc.35

Jak mówiłem, jestem zdecydowanie za gęstą siatką pomiarową. Wpływ gęstości próbkowania na jakość wyniku najlepiej zilustrować przykładem – do przeprowadzenia symulacji wykorzystałem wyniki badań na obszarze hellenistyczno-rzymskiego miasta w Peluzjum (Tell el-Farana) na północnym wybrzeżu Synaju. **Ryciny 34 i 35** ilustrują wynik pomiarów fundamentów tych samych obiektów, zbudowanych z cegły palonej, kolejno w siatce 0,5 x 1 m (**ryc. 34 i 35, po lewej**), 1 x 1 m (**ryc. 34 i 35, po środku**) i 1 x 2 m (**ryc. 34 i 35, po prawej**). Porównanie wyników wskazuje wyraźnie, iż najbardziej wyrazisty obraz rozplanowania miasta prezentuje mapa uzyskana przy gęstości próbkowania 0,5 x 1 m. Mapa o gęstości 1 x 1 m daje obraz bardzo podobny, ale pewne szczegóły wewnętrznego rozplanowania konstrukcji zanikają. Mapa o gęstości 1 x 2 m pozwala wiarygodnie określić jedynie zasięg zewnętrzny konstrukcji; rekonstrukcja planu jej wewnętrza na podstawie tej mapy byłaby daleko mniej dokładna, niż na podstawie mapy o większej gęstości próbkowania.

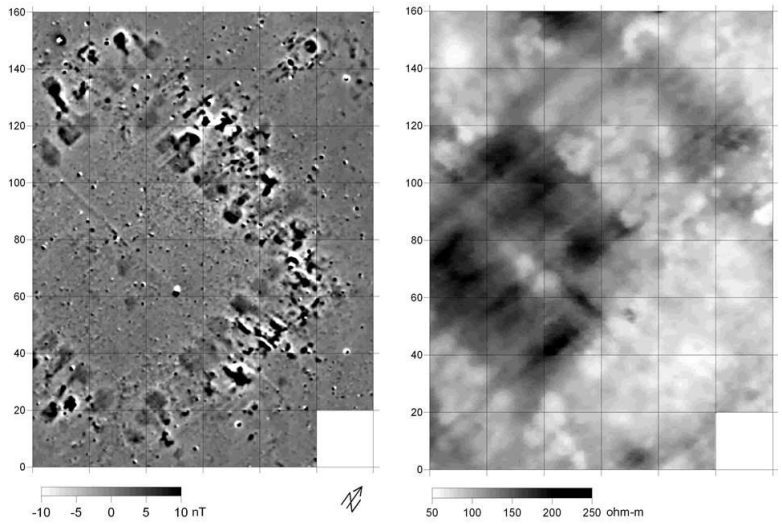
Mówiąc o etapie pomiarów, musimy też wziąć pod uwagę element, który nie ma znaczenia przy pomiarach metodą magnetyczną: porę roku, w jakich odbywają się badania. Bo pewnego rodzaju struktury, np. rowy wypełnione humusem, wykopane w lessie i przykryte oraniną, w zależności od pory roku, na mapie oporności gruntu będą raz strukturą wyżej oporową, raz niżej oporową, a w pewnych porach – całkowicie niewyróżnialną z tła. Zależny od pory roku czynnik wilgotności gruntu (decydującej o jego przewodności), musi być zatem barny pod uwagę. Oczywiście, czynnik ten jest istotny tylko w przypadku pewnego typu stanowisk. Ważne jest, by prowadząc badania w kilku kolejnych sezonach, planować je w zbliżonych porach roku, najlepiej, obserwując średni poziom opadów.

Etap 2: etap opracowania i prezentacji wyników

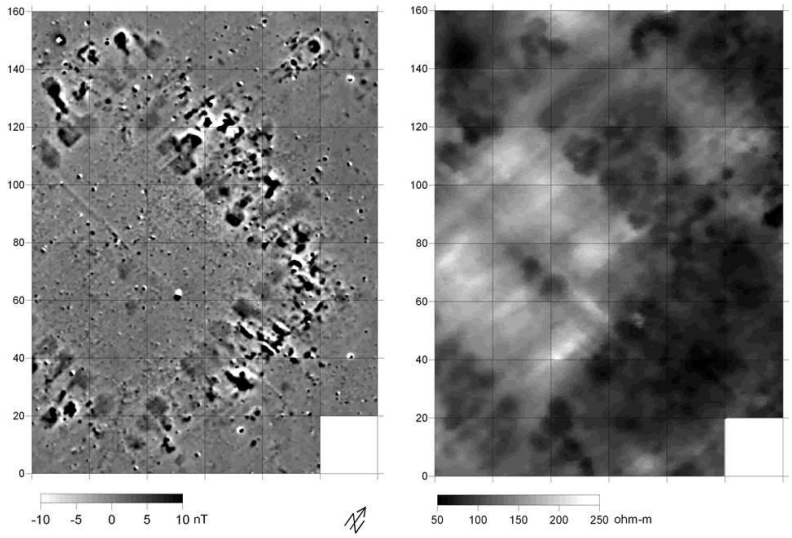
W przypadku stosowania miernika ADA Leona Muchy, pomiary praktycznie nie wymagają żadnej obróbki. Co najwyżej można ręcznie skorygować pomiary ewidentnie błędne, a następnie je zinterpolować, dla lepszej czytelności wyniku. Funkcje, o których mówiłem w przypadku magnetyki, takie jak *edge match* czy *zero mean traverse*, bardziej przydatne są przy używaniu instrumentu Geoscan Research, choć, jeśli może się zdarzyć że pracując instrumentem ADA, przy zmianie elektrod stałych zabijemy je tak nieszczęśliwie, ze średnia wartość kolejnego kwadratu będzie różna od poprzedniego. Wtedy funkcja *edge match* będzie bardzo przydatna.

Elektrooporówka, przynajmniej w Polsce, ma długą tradycję ręcznego kreślenia map izoom, z kolorowaniem poszczególnych przedziałów wartości. Jesteśmy dość opatrzeni, by tak powiedzieć, z wizualizacją barwną. Rozpatrując, który sposób wizualizacji: barwny czy monochromatyczny, lepiej oddaje obraz struktur wydzielanych na podstawie zmian w rozkładzie oporności, musimy mieć na uwadze rodzaj stanowiska i cel badań. Stosowanie barw ma sens, gdy mapa bardziej oddaje płytką geologię, niż obraz struktur. W moim przekonaniu, gdy mapa obrazuje gęstą zabudowę, wizualizacja czarnobiała daje daleko lepszy efekt, i to powinno być standardem.

W wizualizacji monochromatycznej, podobnie jak w przypadku map magnetycznych. możemy operować skalą negatywową lub pozytywową. Dobry przykładem doboru skali daje opracowanie badań magnetycznych i elektrooporowych przeprowadzonych na terenie pierwszej lokacji Szamotuł. Na mapie magnetycznej w skali pozytywowej domostwom odpowiadają wyraźnie okonturowane anomalie o podwyższonych wartościach natężenia pola magnetycznego. W skali pozytywowej chatom odpowiadają struktury o barwach ciemniejszych od otoczenia – taki sposób wizualizacji struktur jest dla oglądającego wyniki logiczny i zrozumiały (**ryc. 36 lewa**). Zastosowanie skali negatywowej staje się pożądane natomiast w przypadku prezentacji wyników tego samego obszaru, przy użyciu metody elektrooporowej. Domostwom odpowiadają anomalie o obniżonych w stosunku do otoczenia wartościach oporności (**ryc. 36 prawa**). Ich obraz w skali pozytywowej jest daleko mniej wyrazisty, niż w skali negatywowej – gdy, podobnie jak w przypadku magnetycznej mapy pozytywowej, anomalie wywołane przez domostwa są w ciemniejszych barwach od otoczenia (**ryc. 37**).



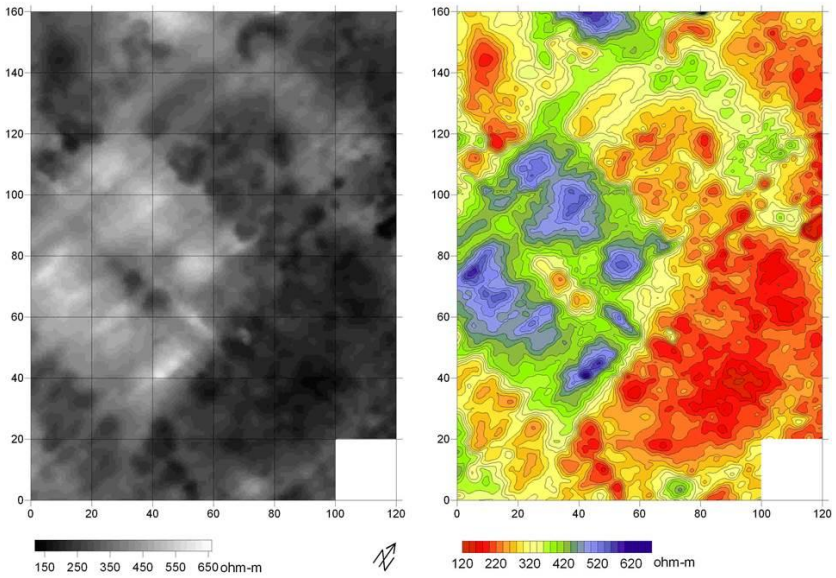
Ryc.36



Ryc.37

Spójrzmy, jaki obraz otrzymamy w przypadku wizualizacji barwnej tego samego stanowiska (**ryc. 38**). W moim przekonaniu, więcej detali oddaje mapa monochromatyczna bo odcienie szarości lepiej oddają względne zmiany w poszczególnych przedziałach wartości i w mapie monochromatycznej lepiej krawędzie struktur. Widoczne to jest najlepiej, gdy porównamy monochromatyczny i barwny obraz struktur w zachodnim narożniku mapy.

Bardzo ważne jest danie na mapie skali wartości oporności – mówiliśmy o tym wcześniej przy okazji wymogów stawianych prezentacji map magnetycznych.



Ryc.38

Etap 3: etap interpretacji

Generalnie, interpretacja badań elektrooporowych jest prostsza niż w przypadku badań magnetycznych, z tego powodu, iż metoda ta nie jest - tak jak jest to w przypadku magnetyki – tak podatna na rejestracje zaburzeń o dużej amplitudzie wartości, zalegających na niewielkich przestrzeniach. Pomiary elektrooporowe nie są też tak wrażliwe na zaburzenia wywołane przez ukształtowanie terenu, jak ma to miejsce w przypadku magnetyki.

Niezwykle istotna jest obserwacja zgłoszona wczoraj: nie ma możliwości przeprowadzenia wiarygodnej interpretacji, jeśli operator nieumiejętnie przeszedł przez pierwsze dwa etapy.

Firmy komercyjne w zasadzie nie robią sondowań. Możemy kupić usługę zwaną tomografią elektrooporową. Ja nie jestem wielkim zwolennikiem tej metody pomiarów, uważam że sondowania dla uzyskania przekroi są metodą daleko bardziej wiarygodną. W każdym razie zlecając tego typu usługę, trzeba mieć świadomość że wynik jest jakościowy a nie ilościowy, nie otrzymamy miąższości i głębokości poszczególnych warstw, a jedynie obraz zmienności oporu w podłożu. To jest jednak margines usług, i nie ma sensu o tym tutaj mówić.

Na koniec – może się zdarzyć, że zamawiający, zgodnie z intencją inwestora, chce mieć jak najpełniejszy obraz ewentualnych struktur na danym obszarze, i chce mieć pewność że zrobił wszystko co można, by mieć jasność, czy struktury są, czy ich nie ma. W sytuacji takiej zamawia badania przy użyciu dwóch lub też trzech różnych metod geofizycznych. By takie badania miały wartość, pomiary każdą z tych metod muszą być przeprowadzone zgodnie ze standardami właściwymi dla każdej z metod. Badania, w których np. pomiary magnetyczne wykonywane są w standardzie odpowiadającym standardowi badań archeologicznych, a badania elektrooporowe – wykonywane są z profilami w odstępach co 10 czy 20 m – nie zasługują na miano badań archeologicznych przy użyciu dwóch różnych metod geofizycznych. Tak bowiem zastosowana metoda elektrooporowa nie może wnieść jakiekolwiek nowej wiedzy o strukturach archeologicznych. Nie jest zatem jakimkolwiek uzupełnieniem czy też wsparciem badań magnetycznych. Tak zastosowana metoda elektrooporowa może dać jedynie rozpoznanie płytkiej geologii i z problematyką archeologiczną nie ma nic wspólnego. To samo dotyczy badań radarowych, jako metody uzupełniającej. Jeżeli na terenie zbadanym magnetyką we właściwej dla problematyki archeologicznej siatce pomiarowej, to robienie profilu radarowego co 20 czy 30 m jest tylko i wyłącznie badaniem płytkiej geologii. O śledzeniu jakichkolwiek struktur archeologicznych (poza kilkusetmetrowymi rowami) nie ma wówczas mowy; nie ma też mowy o określaniu zasięgu stanowiska. Jeśli firma kusi nas tak zaplanowanym pakietem badań, szermując argumentem „wielometodowości", to wskazuje to albo na ignorancję wykonawcy, albo, w co chętniej wierzę, jest elementem który ma skłonić inwestora do wyboru naszej oferty, jako atrakcyjniejszej od innych. Mówiąc krótko, jest to naciąganie inwestora.

Standardy:

1. Siatka pomiarowa i typ układu (rozstaw elektrod): zależna od głębokości zalegania struktur od powierzchni i rodzaju układu pomiarowego. W przypadku struktur położonych płyciej niż na głębokości 1 m, optuję za siatką 1 m x 0.5 m, i siatka 1 x 1 m w przypadku struktur głębokich i stosowania układów do głębokich pomiarów. W przypadku braku doświadczeń w badaniu analogicznego stanowiska do tego, na którym rozpoczynamy badania, standardem powinien być test kilku różnych układów i dobór takiego, który daje najwięcej informacji.

2. Wizualizacja wyniku: mapy monochromatyczne jako mapy główne, mapy wielobarwne jako mapy uzupełniające.

3. Interpretacja – to samo co mówiłem w przypadku bada n metodą magnetyczną, a czego nie ujmiemy w standardy: umiar i rozwaga. Raport powinien zawierać staranny opis obszarów anomalnych a następnie próbę ich powiązania z ewentualnymi strukturami archeologicznymi. Warto dać schematy graficzne, z zaznaczeniem oczekiwanych struktur. Ważna jest kwerenda archiwalna, analiza starych map i planów, map kadastralnych.