

Landscape Analysis of Historic Fortress Sites for the Gałachy Casemated Fortress Artillery Building

Marcin Górski, Michał Antoszewski, Wojciech Ostrowski

Analizy krajobrazowe
zespołów
pofortecznych
na przykładzie
skazamatowanej
budowli artylerii
fortecznej „Gałachy”
w Zakroczymiu

Key words: fortifications, landscape analysis, airborne laser scanning, numerical terrain models, spatial information

Introduction

In accordance with applicable regulations,¹ for either an agreement to a sale, exchange, donation or lease of an immovable, registered monument which is the property of the State Treasury or a territorial local government unit and for the provisions of planning documents (e.g. studies on the conditions and directions of spatial development of municipalities and local land use plans) on areas under protection and conservation, approval is required by the Provincial Inspector of Monuments. Looking at the experiences that have been collected to date, one can conclude that this measure for the protection of monuments will be insufficient for the preservation of historic fortresses, because of the structural and spatial features involved, if a comprehensive programme for the utilisation of a historic area is not drawn up from the beginning of the process to sell or develop fortified monuments or parts thereof. Potential owners of historic fortifications, who have no experience in the development of such sites, are prone to overestimate the investment potential of fortress grounds and structures. In turn, it is difficult for staff from a monument protection office to assess the potential risk to the historic

value of a fortification site only on the basis of the information contained in the contract of the intended buyer.

The scope of an intended programme should fit to the individual features of a monument as well as to conservatory requirements and should also take into account the formal legal and economic factors which would affect the realistic chances for carrying out an investment project. Moreover, the first stage of activity should be to evaluate the monument and the surrounding area before efforts are undertaken to define a programme of utilisation. The study of the monument should involve a thorough determination of its original form, structure, construction and function, and with respect to its surroundings, the landform and land cover of the terrain, and the original features of the landscape which influenced the decision to build a fortress there.

The next step would be to conduct an assessment of the value of a site as a historic monument. Two types of assessments can be done. They would address:

- intangible commemorative value, as well as historical, scientific and architectural and artistic value;
- the status of the condition and physical structure of the site as the purveyor of historic value and the object of conservation activity, that is, assessments which could be considered formal assessments.

The structural complexity of more modern fortifications, with

Słowa kluczowe: fortyfikacja, analiza krajobrazowa, skaning laserowy, model numeryczny, informacje przestrzenne

Wprowadzenie

Zgodnie z obowiązującymi przepisami¹ zarówno umowy sprzedaży, zamiany, darowizny lub dzierżawy zabytku nieruchomego wpisanego do rejestru, stanowiącego własność Skarbu Państwa lub jednostki samorządu terytorialnego, jak i zapisy dokumentów planistycznych (np.: studiów uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego gmin, miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego) na terenach objętych ochroną konserwatorską wymagają uzgodnienia Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków. Na podstawie dotychczasowych doświadczeń należy stwierdzić, że powyższe narzędzia ochrony zabytków wydają się mało skuteczne w kontekście utrzymania spójności strukturalno-przestrzennej założeń pofortecznych, jeśli na początku procesu związanego ze sprzedażą i zagospodarowaniem fragmentów bądź całych dzieł fortyfikacyjnych nie został przygotowany kompleksowy program użytkowy zabytkowego obszaru. Przyszli właściciele zabytkowych fortyfikacji, bez praktycznego doświadczenia w zagospodarowaniu podobnych obiektów, zwykle przeceniają możliwości inwestycyjne terenów i bu-

dowli fortecznych. Zaś pracownikom urzędów konserwatorskich trudno oceniać potencjalne zagrożenie wartości zabytkowych fortyfikacji jedynie na podstawie danych adresowych przyszłego nabywcy.

Zakres programu powinien być dopasowany do indywidualnych cech zabytku i oprócz uwarunkowań konserwatorskich uwzględniać realia formalno-prawne oraz ekonomiczne decydujące o rzeczywistych szansach na realizację inwestycji. Jednak pierwszym etapem działania, przed przystąpieniem do poszukiwania programu użytkowego, powinno być rozpoznanie zabytku i jego otoczenia. Identyfikacja wymaga pełnego rozpoznania pierwotnej formy, struktury, konstrukcji i funkcji zabytkowego obiektu, a w odniesieniu do otoczenia także ukształtowania terenu, jego pokrycia oraz pierwotnych cech krajobrazu fortecznego warunkujących decyzję o lokalizacji obiektu.

Kolejnym krokiem jest przeprowadzenie ocen waloryzacyjnych. Wyróżnić można dwie kategorie ocen zespołów pofortecznych obejmujące:

- niematerialne wartości upamiętniające: historyczne, naukowe i architektoniczne (artystyczne);
- stan formy i materialnej struktury obiektu jako „nośnika” wartości zabytkowych i przedmiotu technicznych zabiegów konserwatorskich – czyli ocen, które można określić mianem ocen formalnych.

Strukturalna złożoność fortyfikacji nowszej, skala przestrzenna oraz powiązanie z otaczającym krajobrazem wymagają podejścia krajobrazowego zarówno na etapie identyfikacji, waloryzacji oraz podejmowania decyzji w zakresie ochrony i zagospodarowania pojedynczych elementów i obiektów, a także, w oczywisty sposób, dzieł i zespołów obronnych.

Tak wygląda model teoretyczny. W praktyce jednak duża liczba czynników składających się na treść krajobrazu, związanych z całokształtem nawarstwień historycznych i przyrodniczych, rzadko kiedy stanowi podstawę decyzji konserwatorskich. Zwłaszcza w przypadku niewielkich obiektów i dzieł typowych, pozbawionych szczególnych wartości trudno o uzyskanie właściwego zasobu informacji dających gwarancję świadomych decyzji.

Jako przykład takiego obiektu może posłużyć znajdująca się obecnie w ewidencji zabytków skazamatowana budowla artylerii fortecznej „Gałachy” w Zakroczymiu wraz z otoczeniem, położona przy ulicy Gałachy. Opisane założenie to wyróżniający się jednolity układ przestrzenny dzieła obronnego związany z pierścieniową Twierdzą Modlin. Prace analityczne zostały podjęte przez autorów tekstu na zlecenie Urzędu Gminy w związku z zamiarem zbycia terenu przez gminę Zakroczym. Celem opracowania była oparta na analizie walorów kulturowych i krajobrazowych oce-

Fig. 1. The location of the casemated fortress artillery building

Ryc. 1. Lokalizacja skazamantowanej budowli artylerii fortecznej



regards to the size of area and associations within the surrounding landscape, requires a landscape-focused approach throughout all the stages of protection and development of single sites or elements within the broader defensive complexes or operations, starting with identifying, evaluating and making decisions for preservation or use.

In theory, this is how the model would look. In practice, however, the wide range of factors that impact the landscape and the historical and environmental influences that are accumulated over time are not often used as the basis for making decisions regarding conservation and preservation. In particular, for small sites and commonly found structures that have been stripped of particular value, it is difficult to obtain adequate sources of information that would ensure that informed decisions were taken.

The Gałachy casemated fortress artillery building in Zakroczym, on Gałachy Street, which has been registered as a historic monument along with the surrounding grounds, is a good case in point. This site is an interestingly uniform spatial complex of a defensive structure that was part of the ring-like Modlin Fortress. Research on this site was undertaken by the authors of this text on commission from municipal offices, in connection with the Municipality of Zakroczym's intended sale of this area. The aim of the study was to assess, on the basis of an analysis of cultural and landscape value, the development opportunities

for the area of the Gałachy casemated fortress artillery building, that would be in line with the requirements of conservation care.

Historical research

The casemated structure was probably built from 1885 to 1891 at a site 1 km away from the foregrounds of Fort I of the Modlin Fortress. It was a brick structure with earthen embankments, consisting of six casemates (Fig. 1), including two administration and residential casemates (Nos.1 and 6) for soldiers, four storage casemates (Nos. 2, 3, 4 and 5) and a ventilation gallery. A small yard in front of the brick building was surrounded by an embankment with a side entrance and a moat. Originally, there was a transverse earthen wall at the level of the entrance in front of the front façade, and up until a few years ago it was still there.

A great deal of the front wall is covered by inscriptions made by soldiers who had been stationed there, some of them going back to Tsarist times and some written later just after World War Two. One of the oldest inscriptions dates back to 1902. The soldiers stationed at the site wrote a sort of chronicle on the brick wall, often giving their rank, the date and the number of their military unit, and their first and last names.

The Gałachy site is of a type that is rarely seen in Russian fortresses. Two similar structures were built at the Osowiec Fortress on the northern side of the Central Fort, and also to accommodate the fortress artillery. There is, however, an important difference between the structures built at the two fortresses. At the Osowiec Fortress, the structures were much smaller and, instead of a ventilation gallery, they had a standard vertical ventilation system. It was not possible

Fig. 2. A schematic plan of the structure on a scale of 1:400 (measurements by the authors)

Ryc. 2. Schemat rzutu budowli w skali 1:400 (pomiarów autorów)

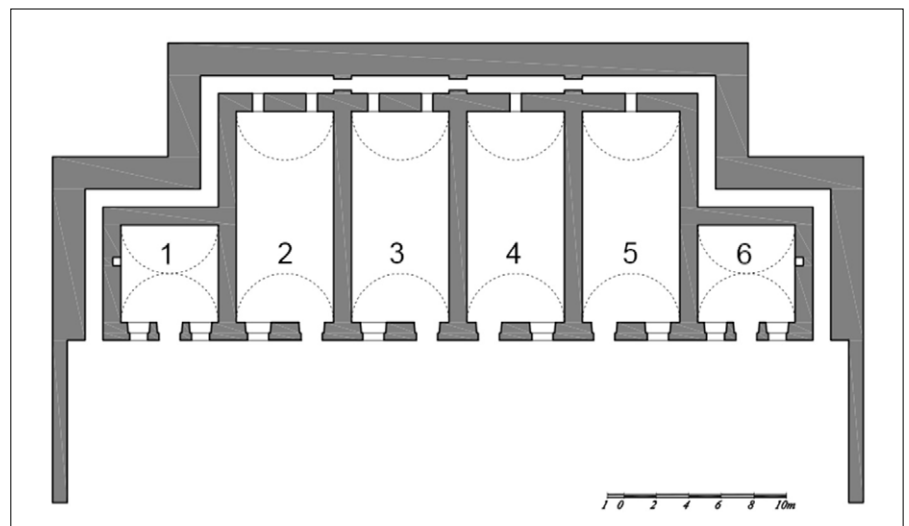


Fig. 3. The oldest inscription found

Ryc. 3. Najstarszy odkryty napis



na możliwości zagospodarowania obszaru skazamatowanej budowli artylerii fortecznej „Gałachy” wynikająca z uwarunkowań ochrony konserwatorskiej.

Badania historyczne

Skazamatowany obiekt wzniesiono najprawdopodobniej w okresie między 1885 a 1891 r. Zlokalizowany został w odległości 1 km od Fortu I Twierdzy Modlin, na jego zapole. Budowla o konstrukcji ceglanej z nasypem ziemnym składa się z sześciu kazamat (ryc. 1), w tym dwóch (nr 1, 6) administracyjno-mieszkalnych przeznaczonych dla żołnierzy i czterech (nr 2, 3, 4, 5) magazynowych oraz galerii wentylacyjnej. Niewielki dziedziniec przed ceglana budowlą otoczony został wałem z wejściem na osi i fosą. Przed frontową elewacją na osi wejścia znajdowała się pierwotnie (jeszcze przed kilku laty) ziemna poprzecznicą.

Znaczna część ściany frontowej pokryta jest napisami wykonanymi przez żołnierzy, którzy stacjonowali tu od czasów carskich, aż do okresu po II wojnie światowej. Jedną z najstarszych inskrypcji pochodzi z 1902 r. Tym samym żołnierze stacjonujący w obiekcie zapisali na ceglanej ścianie swoistą kronikę, umieszczając bardzo często obok imienia i nazwiska, stopień, datę oraz nazwę jednostki wojskowej.

Obiekt „Gałachy” należy do bardzo rzadko spotykanych w twierdzach rosyjskich. Podobne dwa obiekty wzniesiono w Twierdzy Osowiec w części północnej fortu Centralnego, również z przeznaczeniem dla artylerii fortecznej. Jest jednak zasadnicza różnica między obiektami tego typu zbudowanymi w obu twierdzach. W twierdzy Osowiec obiekty te są znacznie mniejsze i zamiast galerii wentylacyjnej mają standardową wentylację pionową. W rozpoznaniu historycznym nie udało się ustalić regulaminowej nazwy własnej dzieła. Dodatkowych analiz wymaga także precyzyjne określenie funkcji, wyposażenia oraz roli jaką pełniło w systemie obronnym Twierdzy Modlin.

Oprócz niewielkiej ilości dostępnego materiału historycznego na przeszkodzie w realizacji badań stanęły kolejne trudności:

- niskiej jakości mapa zasadnicza udostępniona przez zamawiającego,
- gęsta zieleń porastająca obiekt i jego otoczenie utrudniająca widzę lokalną i odczytanie ukształtowania terenu,
- brak oryginalnych planów,

- niska świadomość gospodarzy obiektu co do jego wartości.

W obliczu wynikłych trudności w celu osiągnięcia wysokiej jakości opracowania, w czasie uzgodnionym z zamawiającym podjęta została eksperymentalna próba sporządzenia analiz krajobrazowych na podstawie wykorzystania:

- numerycznych danych wysokościowych, w postaci chmury punktów pochodzących z lotniczego skanowania laserowego (ALS);
- wektorowej bazy danych topograficznych, pochodzącej z państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego poziomu centralnego (BDOT);
- danych o charakterze katastralnym, pochodzących z serwisu Web Feature Service (WFS) geportal.gov.pl.



Fig. 4. A view of the facade of the casemated building and the yard

Ryc. 4 Widok na elewację skazamatowanej budowli i majdan dzieła

to identify the historical framework for the name of the structure according to the military regulations of the time. Additional analysis was needed to make a precise determination of the function, equipment and role which was played in the defence of the Modlin Fortress.

In addition to the fact that there was little historical material available on the site, the research was made difficult by:

- the poor-quality master map provided by the municipality,
- the thick vegetation overgrowing the site and surrounding grounds that hindered field inspections and a study of the land form,
- the fact that the original plans had not been preserved,
- the limited knowledge of the owner on the value of the site.

In light of the difficulties with resource materials and in order to come up with valuable research in the timeframe agreed with the municipality, an experimental approach was undertaken for conducting landscape analysis based on the use of:

- numerical elevation data, in the form of a cloud of points taken from airborne laser scanning (ALS),
- a vector topographic object database from the state central-level geodetic and cartographic resource (BDOT),
- cadastral data from the Web Feature Service (WFS) geoportal.gov.pl.

The use of numerical models in the landscape analysis of the Gałachy building

For the purpose of preparing a conservation study, two areas were designated corresponding to the different scales used in the study (Fig. 4). The first area encompassed the site of the defensive structure within the boundaries of the present geodetic division of ownership, corresponding, with slight changes, to the original fortress parcel marked out when the structure was built. The second area, several times larger and defined as the area for landscape analysis, was designated on the basis of an analysis of the relief and cover of the terrain, which had indicated that there were important visual associations with the fortress structure.

The municipality supplied two maps for analysis: a master map and a drawing from the Local Land Use Plan (LLUP). The portion of the master map supplied covered only the study area, while a copy of the drawing from the LLUP did not provide high enough quality to be used for spatial analysis. Therefore, a decision was made to use additional data from the Airborne Laser Scanning (ALS) and Topographic Objects Database (BDOT).

Spatial information in the form of ALS and TODB measured data was used to prepare new background

maps for the area of landscape analysis. The advantage over traditional background maps is the fully digital geometry and the accompanying sets of descriptive parameters. Due to these features, the experimental maps can be easily processed and, to a great extent, it is possible to automatically prepare cartographic materials suitable for a specific type of analysis. A set of spatial data for most of the territory of Poland is available at the Main Centre of Geodetic and Cartographic Documentation.

The first research material prepared was a (relative) elevation analysis of the land cover for the studied landscape area. The use of measured data from airborne laser scanning made it possible to elaborate digital terrain models (DTM) and a digital surface model (DSM).

As a result, a background map was produced showing the height of the land cover for the whole study area. A diagram of the determined height in a range of colours superimposed over the model presents a clear picture of the land cover. This makes it possible to intuitively distinguish building areas from areas covered by vegetation without having to refer to a legend of special symbols (Fig. 5). For the analysis of the studied landscape area, the legibility of this type of background map is much greater than that of a master map. At the same time, when working in cooperation with a geo-information specialist, control is maintained over the individual cartographic editing process,

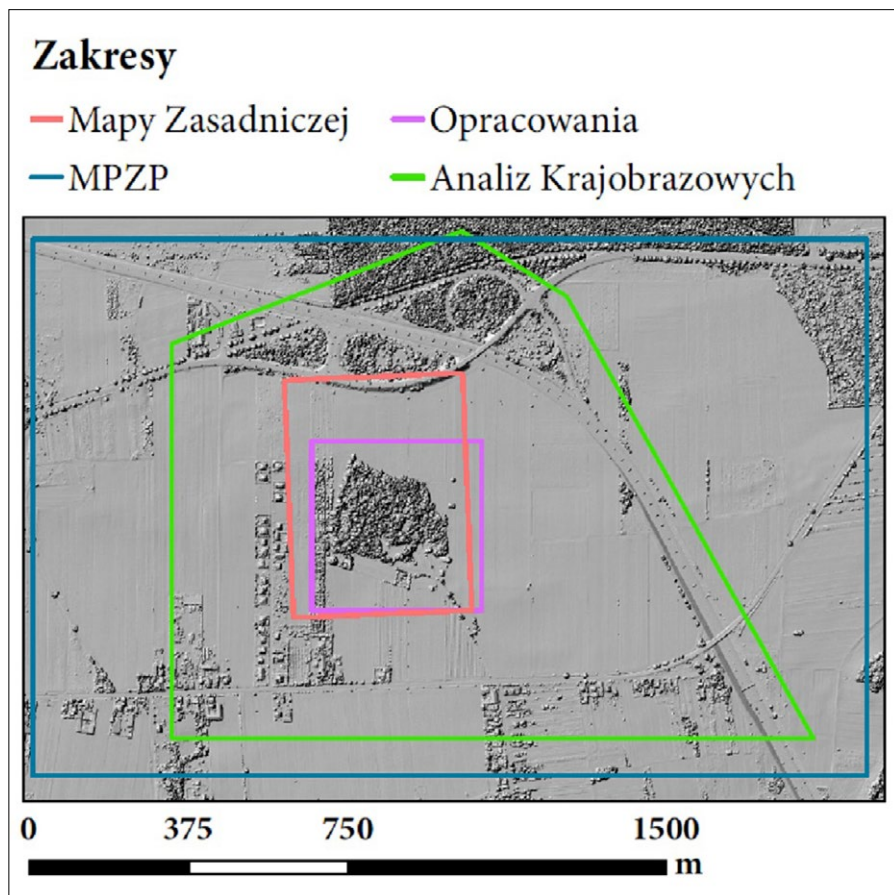


Fig. 5. The scope of the study area and the area used for analysis, compared with the scope of the data provided by the municipality

Ryc. 5. Zakres obszarów opracowania i analiz w zestawieniu z zasięgiem danych dostarczonych przez Urząd Gminy

i Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT).

Informacje przestrzenne w postaci danych pomiarowych ALS i BDOT posłużyły przygotowaniu nowych podkładów do obszarów analiz krajobrazowych. O ich przewadze nad tradycyjnymi podkładami decydują w pełni cyfrowa geometria oraz towarzyszące jej zestawy parametrów opisowych. Dzięki temu można je łatwo przetwarzać i w znacznej mierze automatycznie przygotowywać opracowania kartograficzne, odpowiednie dla konkretnego rodzaju analizy. Zbiór danych przestrzennych jest dostępny dla większości powierzchni Polski w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej.

Pierwszym z przygotowanych opracowań była analiza wysokościowa (względna) pokrycia terenu w przypadku obszaru analiz krajobrazowych. Wykorzystanie danych pomiarowych z lotniczego skaningu laserowego pozwoliło utworzyć numeryczne modele terenu (NMT) i pokrycia terenu (NMPT).

W rezultacie otrzymano podkład mapowy ukazujący wysokości pokrycia terenu na całym obszarze analiz krajobrazowych. Przedstawienie tych wysokości za pomocą palety barwnej w superpozycji z modelem cieniowanym w czytelny sposób prezentuje pokrycie terenu. Umożliwia on intuicyjne (bez zastosowania specjalnych oznaczeń i legendy) rozróżnienie obszarów zabudowanych od tych pokrytych roślinnością

Wykorzystanie modeli numerycznych w analizach krajobrazowych budowli „Gałachy”

Na potrzeby przygotowania studium konserwatorskiego wydzielono dwa obszary odpowiadające różnym skalom opracowania (ryc. 4). Pierwszy z nich obejmował obszar dzieła obronnego w granicy obecnych własnościowych podziałów geodezyjnych, odpowiadającej z niewielkimi zmianami wytyczonej w trakcie wznoszenia budowli pierwotnej działce fortecznej. Drugi, kil-

kukrotnie większy obszar, nazwany obszarem analiz krajobrazowych, wytyczony został na podstawie analizy ukształtowania i pokrycia terenu wskazującej na istotne kierunki powiązań widokowych z dziełem fortecznym.

Zamawiający (Gmina) dostarczył dwa podkłady do analiz: mapę zasadniczą i rysunek Miejsowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP). Udostępniony fragment mapy zasadniczej obejmował jedynie obszar opracowania, a kopia rysunku MPZP nie zapewniała wystarczającej jakości, by mogła stanowić podstawę do analiz przestrzennych. Stąd też do dalszej pracy zdecydowano się wykorzystać dodatkowo dane z lotniczego skaningu laserowego (ALS)

Fig. 6. Background maps for landscape analysis. A map showing the land cover and elevation (in metres)

Ryc. 6. Podkłady dla analiz krajobrazowych. Mapa ukazująca pokrycie terenu wraz z jego wysokościami

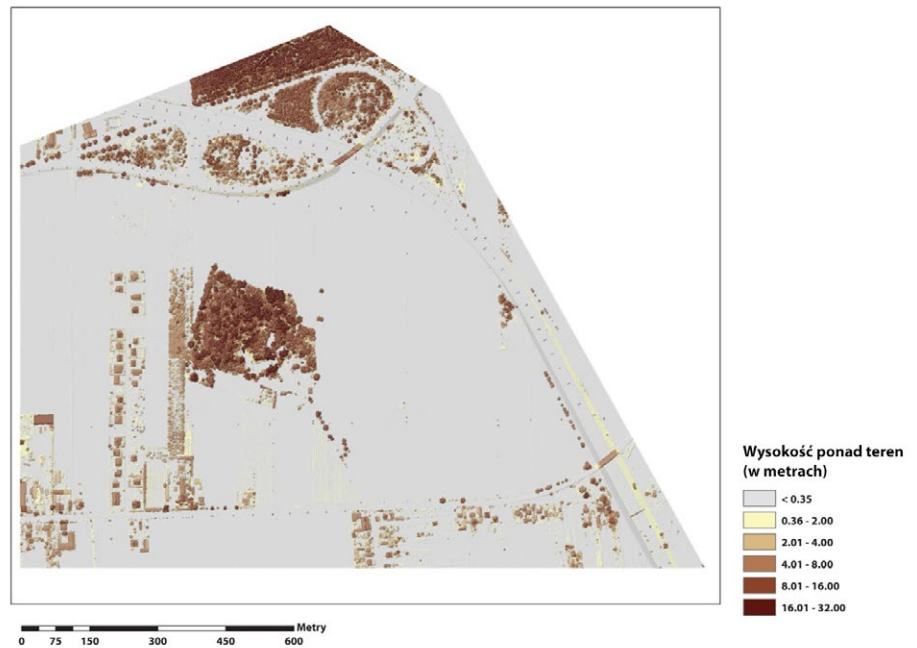
which cannot be said of the use of other maps, e.g. topographic maps.

A natural complement to the analysis of the land cover is the second background map which was prepared showing the land form (hypsoetry). Just as with the first experimental map, land elevation – this time, above sea level – was determined with DTM using a range of colours, superimposed on a shaded model and a map of slopes. The combination of these two models – a shaded model and a map of slopes – is a popular method for presenting land topography in archaeology [Kokalić et al. 2013].

The graphic representation of the land was complemented with additional information important to the analysis of land development, i.e. the outlines of buildings, road networks (both from BDOT) and the boundaries of parcels. Using the attributes of objects from BDOT, it is possible to plot options of objects or to differentiate symbols, e.g. in order to differentiate the functions fulfilled by buildings, type of surface, or class in the case of roads.

The map in Figure 4 shows yet another advantage provided by the use of ALS data in analysing the fortress landscape, that is the possibility of producing a detailed depiction of the land form in wooded areas.

A fortress landscape is to a large extent defined by the characteristic topography of the area, either the natural land form or that shaped by engineering operations for defensive



purposes as part of the fortification system. The land relief plays an important role in the fortified structure, often retaining a close relationship with natural vegetation and or camouflage greenery.

The first task was to legibly present the topography of the study area to make it possible to formulate policies and designate conservation zones. Just as with landscape analysis, the use of DTM for the study area produced a detailed, flat image of the area, which would not have been possible to achieve with aerial photographs or the master map (Fig. 5).

A comparison of the master map (Fig. 5b) and the results of the elaboration of the ALS data (Fig. 5c.) demonstrates the high quality of data from airborne laser scanning, in which the results are not dependent on the work of a human hand. This unique feature of scanning has already recognized in archaeology [Doneus, Briese 2006], and these benefits can also be applied to fortress sites. As a rule, there are two factors involved in fortified sites – a large degree of variety in the relief

of the terrain and thick vegetative cover that can have an adverse effect on being able to interpret the topography of the site, and the geodetic measurements taken on the ground. This often results in the absence of reliable documentation (a master map) for historic fortress sites.

The abovementioned factors have less impact on data obtained from airborne laser scanning, the degree of accuracy of which depends on the scanning parameters used, such as the scanning density, the rate of coincidence between rows and the time of the flight, and to a lesser extent, on the vegetative cover on the site or the variety of the topography.

Howsoever important graphic representations might be, they do not in any way limit the analytical potential of the spatial data used in this study. A further step was to use the data analogously to the landscape analysis study area to prepare highly accurate maps that show the hypsoetry of the site and the degree to which the study area is covered by tall vegetation.

Fig. 7. Background maps for landscape analysis. A map of the land relief with road networks, buildings and parcel boundaries

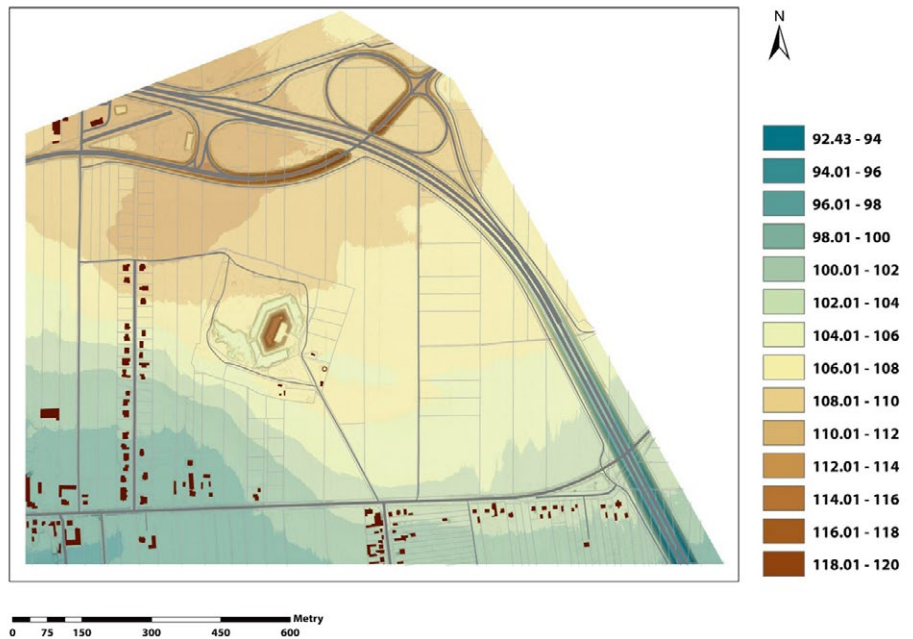
Ryc. 7. Podkłady do analiz krajobrazowych. Mapa rzeźby terenu z naniesioną siecią dróg, zabudowaniami i granicami działek

(rys. 5). W skali obszaru analiz krajobrazowych czytelność tego typu podkładu jest znacznie wyższa niż mapy zasadniczej, jednocześnie przy współpracy z geoinformatykiem zachowana jest kontrola nad indywidualnym procesem redakcji kartograficznej, o czym nie można mówić w przypadku wykorzystania innych map (np. topograficznych).

Naturalnym uzupełnieniem analizy pokrycia terenu jest drugi z przygotowanych podkładów, prezentujący ukształtowanie terenu (hipsometrię). Podobnie jak w poprzednim przypadku wysokości terenu (tym razem ponad poziomem morza) z NMT zostały oznaczone paletą barwną w złożeniu z modelem cieniowym i mapą spadków terenu. Połączenie tych dwóch modeli pochodnych (model cieniowany i mapa spadków) jest popularną metodą prezentacji topografii terenu w archeologii [Kokalij i in. 2013].

Graficzny sposób prezentacji terenu został uzupełniony o dodatkowe informacje, istotne z perspektywy wykonywanej analizy zagospodarowania terenu, takich jak obrysy budynków, sieć dróg (obie informacje z BDOT) oraz granice działek. Wykorzystując atrybuty obiektów z BDOT, możliwe jest wariantowe nanoszenie obiektów czy różnicowanie ich symboliki, np. ze względu na funkcję jaką pełnią zabudowania, rodzaj nawierzchni bądź klasę w przypadku dróg.

Mapa widoczna na rysunku 4 ukazuje jeszcze jedną zaletę jaką



daje wykorzystanie danych ALS w analizach krajobrazu forttecznego. Jest to możliwość szczegółowego ukazania rzeźby terenu na obszarach zalesionych.

Krajobraz fortteczny jest w znacznej mierze definiowany przez charakterystyczne ukształtowanie terenu, zarówno naturalne, jak i inżynierskie przekształcone w celach obronnych i stanowiące element systemu fortyfikacji. Znaczącą rolę w jego strukturze stanowi rzeźba terenu, często pozostająca w ścisłym związku z roślinnością naturalną oraz zachowanymi nasadzeniami maskującymi.

Pierwszym zadaniem była czytelna prezentacja ukształtowania terenu na obszarze opracowywania, tak by w odniesieniu do niej można było sformułować założenia i wyznaczać strefy ochrony konserwatorskiej. Podobnie jak w przypadku obszaru analiz krajobrazowych tak i na obszarze opracowania wykorzystanie NMT pozwoliło uzyskać szczegółowy, plastyczny obraz terenu, co nie byłoby możliwe przy wykorzystaniu

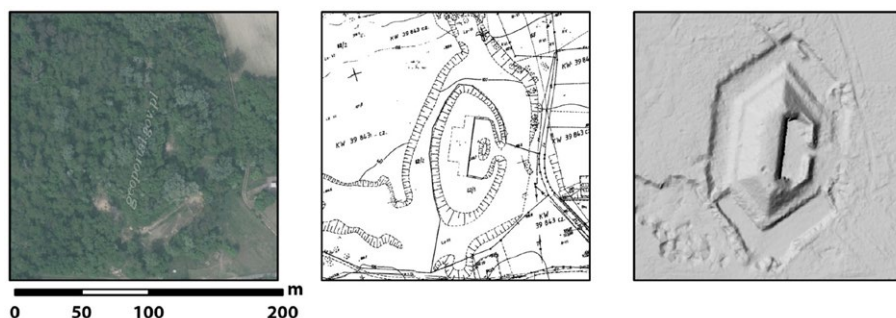
zdjęć lotniczych czy mapy zasadniczej (ryc. 5).

Zestawianie mapy zasadniczej (ryc. 5b) i wyniku opracowania danych ALS (ryc. 5c.) ukazuje wysoką jakość danych z lotniczego skaningu, w którym wyniki pomiarów nie są uzależnione od człowieka. Ta unikalna cecha skaningu została już doceniona w archeologii [Doneus, Briese 2006], a wpływające z niej korzyści odnoszą się również do terenów forttecznych. Na tych obszarach występują na ogół dwa czynniki – duże zróżnicowanie rzeźby terenu oraz intensywne pokrycie roślinnością, które wpływają niekorzystnie na interpretację ukształtowania terenu i tym samym na wyniki geodezyjnych pomiarów naziemnych. Powoduje to często braki wiarygodnej dokumentacji (mapy zasadniczej) na terenach poforttecznych.

Wspomniane wcześniej czynniki mają znacznie mniejszy wpływ na dane pochodzące z lotniczego skanowania laserowego, którego stopień dokładności zależy od przyjętych parametrów skanowania (takich jak:

Fig. 8. Comparison of three background maps:
(a) orthophotomap, (b) master map, and (c) DTM presentation

Ryc. 8. Zestawienie trzech podkładów:
(a) ortofotomapy, (b) mapy zasadniczej, (c) prezentacji NMT



Digital terrain and surface models make it possible to extract any cross-sections of terrain (Fig. 6), while keeping the actual scale and orientation of direction with respect to the physical world. They can also be exported into vector format (DWG) for additional use.

The capability of acquiring any cross-section almost automatically does not significantly increase the work involved, in fact it makes design work much easier with no need for taking measurements on a field inspection. One problem remains, however, that was noted during this study, of how to acquire a cross-section not only in linear form, but also one that shows what is behind the plane of the cross-section within a view or from a certain perspective.

The clouds of points from ALS can be assigned the colour parameters from aerial photographs, as is done for data acquired within the

confines of an ISOK Project (IT System of Country Protection Against Extreme Hazards). When using the data this way, landscape analyses can be elaborated analytically and visualised simply and effectively (Fig. 7).

The process of using this type of analysis can be divided into three stages. The first stage consists of selecting the viewpoints for which DTM and DSM can be used and which can be supported by visibility analysis [Ozimek et al. 2012].

The second stage is an elaboration of the analytical representation of the planned changes to the landscape. In the example examined here, this was the determination of the boundaries of planned clear-cutting for which points representing vegetation were removed.

The final step was the verification of the planned opening which should be preceded by a field inspection (with photographic documenta-

tion). The *in silico* verification of the opening consists of visualising the cloud of points, displayed in real colour with camera settings that would correspond to a photograph taken in an in-situ field verification. By comparing the photograph with the view and the whole cloud of points, there is verification of whether the visualisation parameters were well selected.

Next, visualisations corresponding to the planned transformations in the landscape were elaborated. Figure 8 shows an example of how points representing vegetation in the planned clear-cutting area were removed.

The scope of visual analysis does not have to be limited to the removal of points. By the same principles, planned changes in the topography of a site can be analysed and visualised, while maintaining the reliability of the work from the accuracy of the data used.

Conclusion

The results of this analysis confirm the usefulness of new technologies to be able to interpret the landscape of a former fortress and make it possible to draw overall conclusions on the development of new tools for studying and shaping the landscape.

Practical experiments indicate the usefulness of applying these technologies on many levels:

- **Identifying and taking an inventory of historic sites**

Fig. 9. Spatial analysis of the Gałachy casemated fortress artillery building in Zakroczym

Ryc. 9. Analizy przestrzenne skazamatowanej budowli artylerii fortecznej „Gałachy” w Zakroczymiu

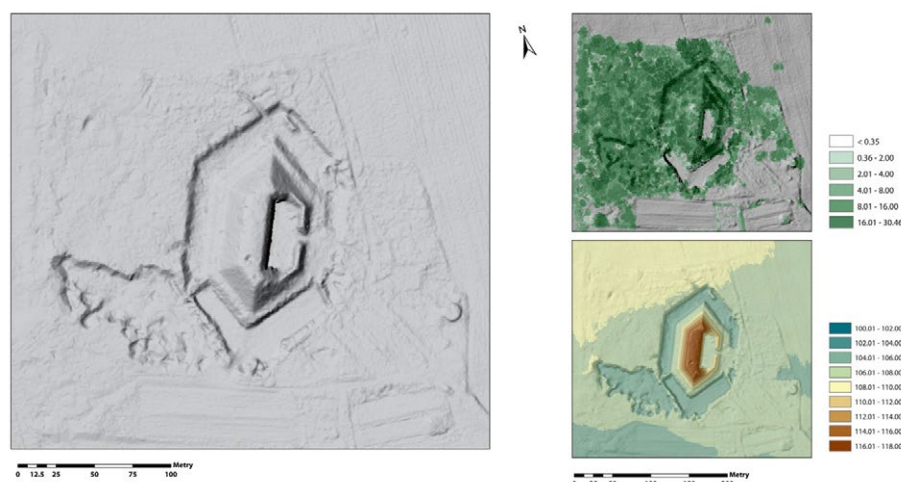


Fig. 10. A cross-section of the terrain (brown) and vegetation (green) extracted from DTM and DSM

Ryc. 10. Przekrój terenowy (brązowy) i przez roślinność (zielony), wyekstrahowany z NMT i NMPT



gęstość skanowania, wielkość pokrycia pomiędzy szeregami czy termin nalotu), a w mniejszym stopniu od pokrycia obiektu roślinnością bądź skomplikowania jego ukształtowania.

Jakkolwiek istotna by nie była prezentacja graficzna, nie wyczerpuje ona potencjału analitycznego wykorzystywanych w tym opracowaniu danych przestrzennych. W kolejnym etapie wykorzystano je (analogicznie do obszaru analiz krajobrazowych) do przygotowania wysokiej dokładności map prezentujących hipsometrię terenu oraz stopień pokrycia obszaru opracowania zielenią wysoką.

Numeryczne modele terenu i jego pokrycia pozwalają na ekstrakcję dowolnych przekrojów terenowych (ryc. 6), zachowując rzeczywistą skalę oraz orientację względem stron świata. Można je również eksportować do formatu wektorowego (dwg), co pozwala na ich dalsze wykorzystanie.

Możliwość prawie automatycznego uzyskania dowolnego przekroju nie zwiększa w znaczącym stopniu nakładu pracy, natomiast znacznie usprawnia prace projektowe – bez konieczności pomiarów podczas wizji lokalnej. Problemem zaobserwowanym w trakcie pracy pozostaje uzyskanie przekroju nie tylko w formie liniowej, ale ukazującego również, w widoku lub w perspekty-

wie, co znajduje się za płaszczyzną przekroju.

Chmury punktów z ALS mogą mieć nadane parametry koloru ze zdjęć lotniczych, jak ma to miejsce w przypadku danych pozyskiwanych na potrzeby projektu ISOK (Informatyczny System Ochrony Kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami). Dzięki temu wykorzystując te dane, można w sposób analityczny opracowywać analizy krajobrazowe oraz wizualizować je w prosty i efektowny sposób (ryc. 7).

Proces opracowywania takich analiz można podzielić na trzy etapy. Pierwszym z nich jest wybranie punktów widokowych, do czego można wykorzystać NMT i NMPT oraz wspierać się analizami widoczności [Ozimek i in. 2012].

Drugim etapem jest opracowanie analitycznej reprezentacji planowanych przekształceń w krajobrazie. W omawianym przykładzie było to określenie granic projektowanej wycinki, w których usunięto punkty reprezentujące roślinność.

Ostatnim krokiem jest weryfikacja zaplanowanego otwarcia, która powinna zostać poprzedzona wizją terenową (z dokumentacją zdjęciową). Weryfikacja otwarcia *in silico* polega na wykonaniu wizualizacji chmury punktów, wyświetlonej w barwach rzeczywistych z takimi ustawieniami kamery, by odpowiadały one zdjęciu wykonanemu podczas weryfikacji terenowej *in situ*. Porównując zdjęcie z widokiem na całą chmurę punktów, można zweryfikować, czy parametry wizualizacji zostały dobrze dobrane.

Następnie opracowano wizualizacje odpowiadające planowym przekształceniom w krajobrazie. Rycina 8 przedstawia przykład, na którym usunięto punkty reprezentujące roślinność na obszarze planowanej wycinki.

Zakres samych analiz widokowych nie musi ograniczać się do usuwania punktów. Na tej samej zasadzie można analizować i wizualizować planowane zmiany w ukształtowaniu terenu, zachowując wiarygodność wynikającą z dokładności danych, które zostały wykorzystane do analizy.



Fig. 11. A cloud of points for an ISOK Project. Displayed using real colours assigned on the basis of aerial photographs

Ryc. 11. Chmura punktów, pozyskana na potrzeby projektu ISOK. Wyświetlona wg kolorów rzeczywistych (przypisanych ze zdjęć lotniczych)

Fig. 12. A visual analysis carried out using a digital terrain model obtained from airborne laser scanning compared with a photograph of the existing conditions

Ryc. 12. Analiza widokowa wykonana przy wykorzystaniu modelu numerycznego terenu uzyskanego ze skaningu lotniczego w zestawieniu ze zdjęciem stanu istniejącego



The analysis of the data obtained from airborne laser scanning makes it possible to precisely identify defensive structures and their layouts, even when they are densely covered by trees.

An important issue related to precisely identifying structures is the absence of geo-references – any coordinates or metadata whatsoever – which would make it possible to incorporate archival materials (background maps, archival plans) with contemporary data and use them in spatial analysis. This field needs further research and practical tests.

● **Elaborating and implementing a conservation-oriented vision for protecting and developing an area**

New technologies can provide models of planned changes with an accurate representation of the real impact and, thus, a reliable assessment of the effect of a project on the landscape. These technologies greatly facilitate the process of evaluating the outcome of proposed changes to the silhouette of the landscape.

At this stage, it is important to integrate information acquired from *in silico* studies with *in-situ* analysis, e.g. the knowledge of the position of the camera when an image is taken. This area, too, needs further research and practical tests.

● **Education and promoting the heritage of military architecture**

The models elaborated for this research provided very attractive graphic material in visual terms.

The models appealingly produced spatial layouts of an extensive fortified structure that non-experts alike can appreciate. The ability to create simple, visual presentations of basic information about complicated defensive structures and fortification sites, which are barely discernible in a landscape, is the first step towards making local communities aware of the issues of protecting and utilizing historic monuments.

● **Protecting through monitoring**

In summary, it is worth emphasizing that the use of data like that obtained from ALS and BDOT not only substantially reduces analytical time, but also improves the quality of results and makes it possible to analyse materials for vast areas. It reduces the time spent on field inspections and eliminates the need to verify a master map or to take additional manual measurements.

Thus, it can be concluded that, with a substantial reduction in work required, high-quality analytical material can be obtained. Processing this material, however, requires interdisciplinary cooperation. Given the fact that this approach uses highly accurate material which is easy to process, in the future it could become an excellent tool for monitoring the preservation status and identifying unplanned or undesirable changes to large-area historic fortress sites.

Marcin Górski¹
Michał Antoszewski
Wojciech Ostrowski³

¹Faculty of Architecture

²Faculty of Geodesy and Cartography
Warsaw University of Technology

Endnote

¹ Articles 20 and 26 of the Act of 23 July on the Protection and Care of Monuments.

Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych analiz potwierdzają przydatność nowych technologii w „czytaniu” porfortecznego krajobrazu i pozwalają na opracowanie ogólniejszych wniosków w zakresie tworzenia nowych narzędzi badania i projektowania krajobrazu.

Praktyczne doświadczenia wskazują na przydatność wykorzystanych technologii na wielu poziomach:

- **Identyfikacja i inwentaryzacja zabytkowych obiektów**

Analiza danych uzyskanych ze skaningu lotniczego umożliwia precyzyjną identyfikację dzieł obronnych oraz ich narysów, nawet gęsto pokrytych drzewami.

Istotnym zagadnieniem związanym z precyzyjną identyfikacją dzieł jest brak georeferencji (jakichkolwiek współrzędnych i metadanych) pozwalających na integrację archiwalnych materiałów (podkładów, archiwalnych planów) ze współczesnymi danymi, a tym samym wykorzystanie w analizach przestrzennych. Obszar ten wymaga dalszych badań i testów w praktyce.

- **Opracowanie i wdrażanie konserwatorskiej wizji ochrony i zagospodarowania obszaru**

Nowe technologie pozwalają na wierne w stosunku do rzeczywistości modelowanie planowanych przekształceń, a co za tym idzie, rzetelną ocenę skutków projektowych w krajobrazie. Znacznie ułatwiają

rozpoznanie oddziaływania planowanych przekształceń na sylwetę krajobrazu.

Na tym etapie istotna jest integracja informacji otrzymanych w ramach badań *in silico* z analizami *in situ*, na przykład znajomość położenia aparatu w trakcie wykonywania zdjęcia. Także ten obszar wymaga dalszych badań i testów w praktyce.

- **Edukacja i popularyzacja dziedzictwa architektury militarnej**

Wykonane w opracowaniach modele stanowią atrakcyjny wizualnie materiał graficzny. W sposób czytelny, także dla laika, ukazują układ przestrzenny nawet bardzo rozległych założeń obronnych. Możliwość stworzenia prostego, wizualnego przekazu podstawowych informacji o formie skomplikowanych i słabo czytelnych w terenie dzieł i zespołów obronnych to pierwszy krok na drodze do uwrażliwienia lokalnych społeczności na aspekty ochrony i właściwego użytkowania zabytkowych założeń.

- **Ochrona poprzez monitorowanie**

Warto zwrócić uwagę, że wykorzystanie takich danych jak ALS i BDOT nie tylko znaczenie skraca czas pracy – podnosi jej wydajność, ale pozwala również analizować materiał dla znacznych powierzchniowo obszarów. Skraca się czas poświęcony na wizję lokalną, nie trzeba weryfikować mapy zasadniczej lub dokonywać ręcznych domiarów.

Podsumowując, przy znacznym ograniczeniu nakładu pracy otrzymujemy wysokiej jakości materiał anali-

tyczny, do którego obróbki potrzebna jest jednak interdyscyplinarna współpraca. Tego rodzaju działania ze względu na operowanie materiałem o wysokiej dokładności i łatwości w obróbce mogą w przyszłości stać się doskonałym narzędziem monitorowania stanu zachowania i wychwytywania niekontrolowanych przekształceń wielkoobszarowych założeń pofortecznych.

Marcin Górski¹
Michał Antoszewski
Wojciech Ostrowski³

¹Zakład Dziedzictwa Architektury i Sztuki

Wydział Architektury

³Wydział Geodezji i Kartografii

Politechnika Warszawska

Przypis

¹ Art. 20 i 26 ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami.

Literature – Literatura

1. Doneus M., Briese C., 2006. Full-waveform airborne laser scanning as a tool for archaeological reconnaissance. From Space to Place 2. International Conference Remote Sensing in Archaeology, 99–106.
2. Kokalij Z., Zaksek K., Ostir K., 2013. Interpreting Archaeological Topography, Oxford: Oxbow Books, Oxford, chapter Visualizations of lidar derived relief models, 100–114.
3. Ozimek A., Ozimek P., Łabędź P., 2012. Analizy widokowe z użyciem narzędzi cyfrowych. Metody badawcze i dydaktyczne w architekturze krajobrazu Architektura Krajobrazu, 3, 4–12.