

Klaudia Stala*

orcid.org/0000-0001-7222-8504

Rola wyprzedzających badań analitycznych w projektowaniu konserwatorskim na stanowiskach archeologicznych – wybrane przykłady

Role of Anticipatory Analytical Research in Conservation Design at Archaeological Sites: Selected Examples

Słowa kluczowe: osłona archeologiczna, dziedzictwo archeologiczne, projekt konserwatorski

Keywords: archaeological cover, archaeological heritage, conservation design

Wprowadzenie

Projektowanie architektury bezpośrednio w obszarze dziedzictwa archeologicznego, gdzie ochronie podlegają zarówno nieruchome relikty zachowane na powierzchni, jak i układ nawarstwień kulturowych oraz otaczający krajobraz, jest wyzwaniem nie tylko twórczym, lecz także naukowym i konserwatorskim. Szczególnym przykładem takiego działania jest projekt rezerwatu archeologicznego. Wykonanie projektu wymaga interdyscyplinarnej wiedzy, stąd ważne, by w zespole projektowym w formie konsultantów znaleźli się archeolodzy i konserwatorzy. Tematem artykułu jest przedstawienie najnowszych tendencji w procesie projektowania osłon w rezerwach archeologicznych, na których obszarze znalazły się relikty wymagające specjalistycznego zabezpieczenia przed niekorzystnymi warunkami zewnętrznymi. Ponieważ stanowiska archeologiczne są bardzo często mocno powiązane z otoczeniem, projekt powinien uwzględniać również kwestię ochrony krajobrazu kulturowego i otoczenia przyrodniczego. Obecne standardy takich działań różnią się od tych z połowy, a nawet końca XX stulecia. Wiele realizacji okazało się doskonałymi kreacjami architektonicznymi, ale były nietrafione, jeżeli chodzi

Introduction

Designing architecture directly in an area of archaeological heritage, where both immobile relics preserved on the surface and the layout of cultural stratifications and the surrounding landscape are protected, is not only an artistic but also a scientific and conservation challenge. A special case of this is the design of an archaeological reserve. As the execution of projects requires interdisciplinary knowledge, it is important to include archaeologists and conservationists in the design team as consultants. The subject of this paper is to present the latest trends in the process of designing canopies and covers in archaeological reserves, and especially those that include relics which require special protection from adverse external conditions. Since archaeological sites are very often strongly connected with their surroundings, the design should also consider protecting the cultural landscape and the natural surroundings. Current standards for this differ from those that were in place in the mid- or even late twentieth century. Many projects which turned out to be excellent architectural creations were misguided in terms of materials, their quality, parameters, rules of fixing traffic routes, and archaeological shelters made

* dr hab., prof. PK, Katedra Historii Architektury i Konserwacji Zabytków, Wydział Architektury Politechniki Krakowskiej

* Ph.D., CUT Professor, Faculty of Architecture, Cracow University of Technology

Cytowanie / Citation: Stala K. Role of Anticipatory Analytical Research in Conservation Design at Archaeological Sites: Selected Examples. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2024, 77:58–71

Otrzymano / Received: 5.03.2023 • **Zaakceptowano / Accepted:** 7.10.2023

doi: 10.48234/WK77ANTICIPATORY

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews

o zastosowane materiały, ich jakość, parametry, zasady mocowania traktów komunikacyjnych i osłon archeologicznych wykonywanych ingerencyjnie w zabytkowych murach, co w konsekwencji nie dość że nie chroniło reliktyw, to jeszcze doprowadzało do niszczenia substancji zabytkowej [Alagna 2006–2008; Ruggirello 2007].

Celem artykułu jest prześledzenie współczesnych rozwiązań architektonicznych w rezerwach archeologicznych (które zostały oparte na analitycznych badaniach przedprojektowych), zwrócenie uwagi na nowo formujące się zasady tego typu projektowania oraz wykazanie nie tylko ich zasadności, lecz także potrzeby powszechnego ich wprowadzenia do standardów projektowania konserwatorskiego w kontekście zapewnienia skutecznej ochrony dziedzictwa archeologicznego. Należy zaznaczyć, że problem jest bardzo poważny: tylko we Włoszech już na początku XXI w. przeprowadzono ponad 100 analiz zrealizowanych konstrukcji archeologicznych z XX w. pod kątem ochrony osłanianych reliktyw, z czego skutecznymi było zaledwie 39%; w Izraelu ze 106 tylko połowa spełniała standardy ochrony [Neguer, Alef 2008; Ministero 2006; Cabello Briones 2017, s. 35]. Coraz więcej jest też nowych realizacji powstałych na bazie przedprojektowych badań i analiz. Uświadomienie sobie faktu, że nawet proste zadanie błędnie zaprojektowane jest szkodliwe, stanowi pierwszy krok do zastosowania odpowiednich rozwiązań prewencyjnych.

Kryteria doboru przykładów

Podstawowym kryterium jest podobny przedprojektowy proces metodologiczny. Wybrane przykłady pochodzą z Malty, Grecji oraz Chin. Realizacje te charakteryzuje szczegółowa i wieloaspektowa analiza destrukcyjnych uwarunkowań środowiska oparta na długoterminowych obserwacjach, co daje rzetelny obraz zagrożeń. Wszystkie przykłady podlegały poprojektowemu monitoringowi, sprawdzającemu skuteczność realizacji. Były badane przez interdyscyplinarne zespoły. Każde z wybranych do analizy stanowisk ma odmienne uwarunkowania: dwa przykłady pochodzą z terenów wyspiarskich basenu Morza Śródziemnego, jeden z kontynentalnych Chin. Hagar Qim i Akrotiri to stanowiska usytuowane w linii brzegowej, przy czym stanowisko z Malty położone jest nad urwiskiem skalnym na otwartej przestrzeni i jest bezpośrednio narażone na agresywne czynniki śródziemnomorskiego klimatu, natomiast relikty Akrotiri są zagłębione 3–4 m w stosunku do współczesnego terenu. Jaskinia Zhoukoudian charakteryzuje się lokalizacją kontynentalną (150 km od morza) z typowym górskim klimatem o wpływach stepowych i jest ukryta pod ziemią na głębokości ponad 30 m. Położenie względem współczesnego poziomu użytkowego ma również istotny wpływ na dostęp szkodliwych czynników pod względem ich ilości, typu i siły oddziaływań.

interferencyjnie w historycznych murach. As a result, not only did they fail to protect the relics, but they also led to the destruction of historic substance [Alagna 2006–2008; Ruggirello 2007]. The purpose of this paper is to trace contemporary architectural solutions in archaeological reserves that have been based on analytical pre-design studies, to draw attention to the newly forming principles of this type of design today, and to demonstrate not only their validity, but also the need for their widespread introduction into conservation design standards in order to ensure effective protection of archaeological heritage. It should be noted that the problem is grave. In Italy alone, in the first years of the twenty-first century, more than 100 of the archaeological constructions that were completed in the twentieth century were examined for the protection of shielded relics. Of these, only 39% were effective. In Israel, out of 106 archaeological constructions, only half met protection standards [Neguer, Alef 2008; Ministero 2006; Cabello Briones 2017, p. 35]. There is also a growing number of new developments based on pre-design research and analysis. Recognizing that even a simple but incorrectly designed canopy can be harmful is the first step to applying appropriate preventive solutions.

Criteria for selecting examples

The essential criterion is a similar pre-design methodological process. The selected examples are from Malta, Greece and China. These are completed projects that can be characterized by a detailed and multifaceted analysis of destructive environmental conditions based on long-term observations, which, in turn, provides a reliable picture of the risks. All examples were subjected to post-project monitoring, verifying the effectiveness of the project execution. They were studied by interdisciplinary teams. Each of the sites selected for the analysis represents different conditions: two examples come from Mediterranean island areas while one is from mainland China. Hagar Qim and Akrotiri are both coastline sites, while the site from Malta is located over a rocky cliff in an open area and directly exposed to the aggressive Mediterranean climate, while the Akrotiri relics are recessed 3–4 m from the contemporary level. The Zhoukoudian cave is characterized by a continental location (150 km from the sea) with a typical mountain climate with steppe climate influences and is hidden underground at a depth of more than 30 m. The aspect of location in relation to the modern utility level also has a significant impact on the access of harmful agents in terms of their number, type and strength of impacts.

State of research

In regards to the contemporary criteria for the design of archaeological shelters, the academic debate has been more and more intensive since the turn of the twenty-first century, when it became recognized that

Stan badań

Na temat współczesnych kryteriów projektowania osłon archeologicznych środowisko naukowe wypowiada się coraz intensywniej od przełomu XX i XXI w., kiedy to wiele realizacji generowało szkodliwe dla chronionych relikwów warunki. Jednym z wcześniejszych krytycznych głosów na ten temat była publikacja Zakiego Aslana dotycząca struktur ochronnych w konserwacji i prezentacji stanowisk archeologicznych, wygłoszona jako referat na konferencji w Tunisie w 1997 r. [Aslan 1997]. Jako architekt i konserwator doskonale orientuje się on w tej problematyce i jest aktywny na wielu forach [Aslan 2007; Aslan et al. 2018]. W tym temacie należy również podkreślić udział May Cassar z Malty specjalizującej się w zagadnieniu zrównoważonego dziedzictwa, Cristiny Sabbioni [Cassar et al. 2001], Koenraada Van Balena z Uniwersytetu w Leuven [Van Balen, Vandesande 2021], Sadamichiego Maekawy [Maekawa 2006], Jacques'a Neguera i Yaela Alefa [Neguer, Alef 2008] oraz Marthy Demas [2013], Cristiny Cabello Briones [2016a; 2016b; 2016c; 2017], a także Marii Concetty Laurenti [2001], która w 2006 r. zaprezentowała wyniki badań nad analizą próbek pokryć dachowych osłon archeologicznych z wykonaniem mapy ryzyka [Laurenti 2006], czy Sandra Ranelucciego, który w 2009 r. przeprowadził szczegółową analizę warunków środowiskowych tworzących się pod osłonami archeologicznymi [Ranelucci 2011]. Lista badaczy stale się powiększa wraz ze wzrostem zapotrzebowania na projekty osłon archeologicznych.

Prezentacja reprezentatywnych realizacji

Hagar Qim, Malta

Jednym z ciekawszych przykładów standardów postępowania przedprojektowego są badania prowadzone na Malcie. Już w latach 80. i 90. ubiegłego wieku, w ramach projektu na podstawie umowy pomiędzy oddziałami Muzeum z Malty a Uniwersytetem we Florencji, prowadzono monitoring na stanowiskach w Hagar Qim, Mnajdrze i Tarxien [Cabello Briones 2016a, 2016b, 2016c]. Monitoring dotyczył postępującego procesu degradacji kamiennych świątyń megalitycznych, z których dwie pierwsze położone są blisko siebie na południowym wybrzeżu, a kolejna po północno-wschodniej stronie wyspy, na terenach miejskich. Obiekty zostały odkryte w XIX wieku i od tego czasu pozostawały w otwartej ekspozycji plenerowej. Wobec narastających problemów wpisane na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO świątynie należało zabezpieczyć. W 2000 r. podjęto decyzję o konieczności osłonięcia relikwów. W tym samym roku rząd maltański powołał interdyscyplinarny zespół specjalistów, który miał przeprowadzić szczegółowe badania w celu podjęcia ostatecznych decyzji i sformułowania wytycznych. Na wspomnianych stanowiskach w różnym stopniu i nasileniu występowały skomplikowane problemy wynikające z agresywnego morskiego klimatu, który bardzo mocno ingerował

many of the completed projects had generated harmful conditions to protected relics. One of the earlier critical voices on the subject was Zaki Aslan whose publication on protective structures in the conservation and presentation of archaeological sites was based on the paper delivered at a conference in Tunis in 1997 [Aslan 1997]. As an architect and conservator, Aslan is well versed in this issue and active in many fora, engaging in discussions and publishing [Aslan 2007; Aslan et al. 2018]. In this regards it is also important to mention May Cassar from Malta who focuses on sustainable heritage, Cristina Sabbioni [Cassar et al. 2001], Koen Van Balen of the University of Leuven [Van Balen, Vandesande 2021], Sadamichi Maekawa [Maekawa 2006], Jacques Neguer and Yael Alef [Neguer, Alef 2008], Martha Demas [2013], Cristina Cabello Briones [2016a; 2016b; 2016c; 2017], and Maria Concetta Laurenti [2001] who in 2006 presented the results of a study based on the analysis of roofing samples of archaeological shelters together with a risk map [Laurenti 2006], or Sandra Ranelucci who in 2009 conducted a detailed analysis of the environmental conditions forming under archaeological shelters [Ranelucci 2011]. The list of researchers continues to grow as the demand for archaeological shelter designs increases.

Case projects

Hagar Qim, Malta

One of the most interesting examples of pre-design standards is the research conducted in Malta. In the 1980s and 1990s, monitoring was carried out at the sites of Hagar Qim, Mnajdra and Tarxien [Cabello Briones 2016a, 2016b, 2016c] as part of a project which was implemented under an agreement between the Museum's Malta branches and the University of Florence. This monitoring focused on the progressive degradation of the megalithic stone temples, the first two of which are located close to each other on the southern coast, and another on the north eastern side of the island, in urban areas. The sites were discovered in the nineteenth century and have remained on open-air display ever since. Faced with mounting problems, the UNESCO World Heritage-listed temples had to be secured. In 2000, it was decided that the relics needed to be sheltered. The Maltese government set up an interdisciplinary team of specialists in the same year to conduct a detailed study in order to make a final decision and formulate guidelines. The aforementioned sites had complicated problems of varying degrees and severity due to the aggressive maritime climate, which interfered greatly with the structure of the limestone. The salinity of the air, unusually strong sea winds and periodic intense rainfall led to numerous cracks in the stone, flaking, delamination of the face surfaces, and even to individual collapses, especially in areas where rainwater had persisted for a long time and there was a lack of drainage. The study also found wind to be a major factor associated with the application of biological material to the stone

w strukturę wapienia. Zasolenie powietrza, niezwykle silny wiatr morski i okresowe intensywne opady doprowadziły do licznych spękań kamienia, łuszczenia, rozwarstwiania powierzchni licowych, a nawet do pojedynczych zawałisk, szczególnie w miejscach, gdzie długo utrzymywała się woda opadowa, a brak drenażu utrudniał odpływ. W badaniach stwierdzono, że wiatr był też głównym czynnikiem związanym z naniesieniem materiału biologicznego na powierzchnię kamienia. Istotnym problemem stanowiło silne nasłonecznienie: w miesiącach letnich temperatura powietrza dochodziła do 40 °C. Nasłonecznienie i wysoka temperatura miały bezpośredni wpływ na pogarszającą się kondycję kamienia. Nie bez znaczenia było też zanieczyszczenie powietrza, szczególnie w Tarxien, oraz fakt łatania ubytków kamienia z użyciem betonu w latach 50. i 60. ubiegłego wieku w ramach prac konserwatorskich. Większość z tych problemów okazała się odwracalna, należało tylko zastosować odpowiednie działania, w tym wzniesienie osłony, co budziło w środowisku konserwatorskim sporo obaw i kontrowersji. Główne obawy dotyczyły ochrony krajobrazu naturalnego i kulturowego oraz tego, jak osłona wpłynie na substancję zabytkową. Wśród wytycznych dla architektów zaproponowano stworzenie lekkiej, otwartej konstrukcji o walorach estetycznych. Bardzo ważną wytyczną była odpowiednia przepuszczalność i refleksyjność membrany, a dobór materiału poszyciowego miał ograniczyć gromadzenie się ciepła pod osłoną. Na podstawie badań prowadzonych od 2000 r. i po analizie wyników wytypowano materiały budowlane. Na membranę przewidziano odporny na rozciąganie politetrafluoroetylen (PTFE) o dobranej dla każdego stanowiska adekwatnej do warunków zewnętrznych przepuszczalności (w przypadku Hagar Qim to 12% o współczynniku odbicia 60%). Przewidywana trwałość materiału to 25 lat. Prace budowlane w Hagar Qim (i Mnajdrze) wykonano w latach 2009–2010. Projektantem było niemieckie biuro FormTL. Do warunków i wytycznych, jakie przedstawiono projektantowi po badaniach wyprzedzających, oprócz ochrony przed niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi omówionymi powyżej, dodano wymogi możliwości zdejmowania dachu i ustawienia konstrukcji zgodnie z astronomicznym ustawieniem świątyń, równocześnie zaznaczając, że ustawienie to ma dać ochronę przed szkodliwymi warunkami zewnętrznymi. Osłoną przekryto 1495 m² w Hagar Qim i 2460 m² w Mnajdrze. Konstrukcja wykonana jest ze stalowych, lekko nachylonych łuków z rozpiętą pomiędzy nimi siatką, na której zawieszona jest zdejmowalna membrana (ryc. 1a, 1b, 1c). Wykonano także drenaże, umożliwiające swobodny odpływ wody [<https://www.form-tl.de/en/project/hagar-qim-und-mnajdra-temples-malta/>]. Po zamontowaniu osłon rozpoczęto ponowny monitoring warunków klimatycznych pod zadaszeniem i poza nim w celu sprawdzenia, czy realizacja obłożona licznymi uwarunkowaniami chroni znajdujące się pod nią relikty i jak zmienia się ich stan. Przykładowe czerwcowe wyniki temperatury otrzymane w 2005 r. przed powstaniem osłony porównano z czerwcową temperaturą z 2012 r.

surface. A strong insolation was a significant problem: during the summer months, air temperature reached 40 °C. Sunlight and high temperatures had a direct impact on the deteriorating condition of the stone. Air pollution, especially in Tarxien, and the fact that stone defects were patched with concrete in the 1950s and 1960s as part of restoration work were also significant. Most of these problems turned out to be reversible. It was only necessary to apply appropriate measures, including the erection of a canopy, which caused a lot of concern and controversy in the conservation community. The primary concern was over the protection of the natural and cultural landscape and how the shelter would affect the historic material. It was suggested that the architects create a lightweight, open structure with aesthetic qualities. The adequate translucency and reflectivity of the membrane, and the choice of sheathing material was to limit heat build-up under the cover were essential guidelines. Based on the research conducted after 2000 and after an analysis of the results, a selection of construction materials was made. A tensile-resistant polytetrafluoroethylene (PTFE) with a translucency selected for each site adequate for the outdoor conditions was envisioned for the membrane, with Hagar Qim having 12% with a reflectivity of 60%. The expected service life of the material is 25 years. Construction work at Hagar Qim (and Mnajdra) was carried out in 2009–2010, with FormTL from Germany as designers. In addition to the protection from adverse weather conditions discussed in detail above, the requirement that the roof could be removed and the structure positioned according to the astronomical alignment of the temples was added to the conditions and guidelines that were presented to the designer after preliminary studies. It was noted that the alignment was to give protection from harmful external conditions. The shelter covered 1,495 m² at Hagar Qim and 2,460 m² at Mnajdra. The structure is made of steel, slightly sloping arches with a net stretched between them, from which a removable membrane is suspended (Figures 1a, 1b, 1c). Drains were also made, allowing water to drain freely [<https://www.form-tl.de/en/project/hagar-qim-und-mnajdra-temples-malta/>]. After covers were installed, renewed monitoring of climate conditions under and outside the canopy began in order to check whether the implementation draped with numerous conditions protects the relics underneath and how their condition changes. Sample June temperature results obtained in 2005 before the canopy was built were compared with June 2012 temperatures measured under and outside the canopy. The 2005 data showed that there was an average 40 °C at the relic level without the canopy while the 2012 data showed a reduction of up to 15 °C under the canopy even when outside the temperature was within 37 °C. In August, the differences were smaller and reached about 5 °C, while in January, the membrane protected against the cold and at very low temperatures there were several degrees more underneath the membrane [Cassar et al.



Ryc. 1. Osłona archeologiczna w Hagar Qim (proj. biuro FormTL, fot. M. Ansaloni): a. widok; b. montaż, c. stelaż w trakcie montażu.

Fig. 1. Archaeological shelter at Hagar Qim (design by FormTL, photo by M. Ansaloni): a – view; b – installation; c – frame during installation.



mierzoną pod i poza osłoną. Dane z 2005 r. wykazały 40 °C na reliktach bez osłony, dane z 2012 to redukcja temperatury pod osłoną nawet o 15 °C, podczas gdy poza osłoną uchwytana temperatura była w granicach 37 °C. W sierpniu różnice były mniejsze i sięgały ok. 5 stopni, a w styczniu membrana chroniła przed zimmem i przy bardzo niskiej temperaturze pod osłoną było o kilka stopni więcej [Cassar et al. 2018]. Wyniki pokazują, że pod względem parametrów temperaturowych membrana chroni relikty – w żadnym wypadku nie doszło do sytuacji, w której w miesiącach letnich temperatura pod osłoną osiągnęłaby wyższe wartości od temperatury zewnętrznej, co było częstym zjawiskiem w projektach z XX stulecia. Zmniejszyła się także wilgotność i zasolenie kamienia. Wprawdzie w badaniach z lat 2013–2015 stopień zasolenia był nieco niższy poza osłoną [Cabello Briones 2016a], ale już w 2015 r. proporcje nieznacznie się odwróciły, co jak zauważa Cassel, może świadczyć o stopniowym poprawianiu się warunków pod zadaszeniem. Generalnie większość parametrów poprawiła się, co udało się uzyskać dzięki szczegółowym obserwacjom procesów destrukcyjnych zachodzących w świątyniach i sporządzeniu odpowiednich wytycznych, zindywidualizowanych dla każdego ze stanowisk.

Akrotiri, wyspa Santorini, Grecja

W Akrotiri, mieście na wyspie Santorini położonej na Morzu Egejskim w bliskim sąsiedztwie Krety, znajduje się jedno z najsłynniejszych stanowisk archeologicznych na świecie i jeden z bardziej popularnych rezerwatów archeologicznych odwiedzanych przez rzesze turystów. Potężne i prężnie rozwijające się miasto z okresu minojskiego uległo gwałtownemu zniszczeniu w wyniku erupcji wulkanu w XVII w. p.n.e., odczuwalnej w całym basenie Morza Egejskiego. Stanowisko zostało ponownie odkryte w latach 60. ubiegłego wieku przez archeologów greckich, a prace badawcze są kontynuowane do dziś. Podobnie jak w przypadku Pompejów miasto jest zachowane w bardzo dobrym stanie, zabezpieczone lawą i tufem wulkanicznym. To stąd pochodzą najpiękniejsze freski minojskie zdobiące wnętrza domostw, zachował

2018]. The results illustrate that in terms of temperature parameters, the membrane protects the relics—in no case did the temperature under the cover reach higher values than the outside temperature in the summer months, which was a common phenomenon in twentieth-century projects. The moisture content and salinity of the stone also decreased. Although the degree of salinity was slightly lower outside the canopy in the 2013–2015 study [Cabello Briones 2016a], the proportions had already reversed slightly in 2015, which, as Cassel notes, may indicate a gradual improvement in conditions under the canopy [Cassel 2018]. In general, most of the parameters improved, which was achieved through detailed observations of the destructive processes occurring in the temples and the drafting of appropriate guidelines individualized for each site.

Akrotiri, island of Santorini, Greece

Akrotiri, a town on the island of Santorini located in the Aegean Sea in close proximity to Crete, is home to one of the most famous archaeological sites in the world and one of the more popular archaeological reserves visited by multitudes of tourists. The powerful and thriving Minoan-period city was violently destroyed by a volcanic eruption that occurred in the seventeenth century BC and was felt throughout the Aegean basin. The site was rediscovered in the 1960s by Greek archaeologists, and research work continues virtually to this day. As with Pompeii, the city is preserved in very good condition, protected by lava and volcanic tuff. It is from here that the most beautiful

się układ urbanistyczny z ulicami i elewacjami domów, kamieniarką i miejscami drewnianą stolarką. Ruiny miasta rozciągają się na powierzchni ok. 20 ha. To duży teren wymagający po odsłonięciu interdyscyplinarnej opieki, narażony na zasolone morskie powietrze, wiatry i wysoką temperaturę w miesiącach letnich. Szczególnie wrażliwe na niekorzystne warunki były cenne malowidła ściennie i mury domostw wykonane z suszonej cegły. Od początku prac oczywista była konieczność zabezpieczenia odsłanianych relikwów, o czym informował prowadzący wykopaliska archeolog Spyridon Marinatis. Z tego też powodu nad całym obszarem badań wzniesiono osłonę. Dla elementów konstrukcyjnych użyto metalowych systemów modułowych DEXION, a dachy wykonano z płyt azbestowo-cementowych HELLENIT [Fintikakis, Doumas 2014, s. 143]. Projekt był jak na tamte czasy bardzo innowacyjny, chyba po raz pierwszy wtedy właśnie wykonano osłonę w trakcie prowadzonych prac archeologicznych, kontynuowanych jednocześnie z otwieraniem powoli ruchem turystycznym. Również użyty materiał – eternit – uważany był za trwały i tani w użyciu, system modułowy zaś pozwalał na rozbudowanie osłony w miarę poszerzania się prac terenowych. Obecnie takie działania nie stanowią metodologicznego *novum*, aczkolwiek są skomplikowane, a zatem wciąż rzadkie. W trakcie 30 lat użytkowania osłony wilgotne i zasolone powietrze bardzo mocno uszkodziło metalowe elementy konstrukcyjne, w które wdarła się korozja. Pojawił się też problem z samym pokryciem, kiedy świat uświadomił sobie niezwykłą szkodliwość azbestu dla ludzkiego zdrowia, dlatego podjęto decyzję o rozebraniu osłony i zaprojektowaniu nowej, zgodnie ze współczesnymi standardami. Nowy projekt, wykonany przez greckiego architekta Nikosa Fintikakisa, został oparty na naturze i jej prawach. Powstała w ten sposób bioklimatyczna osłona, która prawie całkowicie zamknęła potężną przestrzeń z relikwami, tworząc wewnętrzny, przyjazny dla relikwów klimat bez użycia sztucznych źródeł energii. W projekcie autor odwołał się do czterech żywiołów: wkomponowane w naturalne ukształtowanie terenu zadanie składa się z łukowato wygiętych podłużnych paneli ułożonych w kierunku północ–południe (ryc. 2a). Słońce wpada jedynie od strony północnej przez specjalne otwory, dając odczucie lekkiego zacienienia, wiatr odświeża powietrze wewnątrz poprzez automatycznie otwierane w nocy otwory, tworząc naturalną wentylację (cyrkulację), gdy temperatura powietrza na zewnątrz spada. Natomiast w ciągu dnia otwory cyrkulacyjne zamykają się, utrzymując w środku temperaturę nocną, przez co uzyskiwany jest komfort termiczny w upalne dni, a temperatura wewnątrz jest praktycznie stała, bez większych amplitud, i latem oscyluje w granicach 25–29 °C (ryc. 2c). Konstrukcja osłony to rodzaj ramy pokrytej blachą INOX z wodoodporną membraną, od zewnątrz osłoniętą ziemią wulkaniczną, tak by konstrukcja wtapiała się w naturalny krajobraz. Wygięte części stropu wykonano z desek, pomiędzy blachą a sufitem zostawiono strefę buforową, która umożliwia naturalną wentylację,

Minoan frescoes adorning the interiors of houses originate, and the urban layout with streets and house facades, stonework and in places wooden woodwork has been preserved. The ruins of the city extend over an area of about 20 ha. It is a large area requiring interdisciplinary care after exposure to salty sea air, winds and high temperatures during the summer months. The priceless wall paintings and dried brick walls of the houses are particularly vulnerable to adverse conditions. From the beginning of the work, the necessity to protect the uncovered relics was obvious, as Spyridon Marinatis, the archaeologist in charge of the excavations, reported. For this reason, a shelter was erected over the entire study area. For the structural elements, DEXION metal modular systems were used, and the roofs were made of HELLENIT asbestos-cement panels [Fintikakis, Doumas 2014, p. 143]. The project was very innovative for its time and was probably the first time that a canopy was made while archaeological work was underway, which continued simultaneously with the slow opening of tourist traffic. Also, the material used—eternit—was considered very durable and inexpensive, while the modular system allowed the shelter to be expanded as the field work expanded. Today, such measures are not methodologically new, although the procedure is complicated, hence still rare. During the thirty years of the shelter's use, the humid and salty air severely damaged the metal structural components, which began to suffer corrosion. There was also a problem with the canopy itself when the world became aware of the extraordinary harmfulness of asbestos to human health, thus the decision was made to dismantle the roofing and design a new one in accordance with modern standards.

The new design by Greek architect Nikos Fintikakis was based on the laws of nature. The result was a bioclimatic shelter that almost completely eschewed the massive relic space, creating an indoor, relic-friendly climate without the use of artificial energy sources. In the design, the author referred to the four elements. Integrated into the natural terrain, the canopy consists of curved longitudinal panels arranged in a north-south direction (Fig. 2a). The sun only comes in from the north side through special openings, giving a feeling of slight shade, while the wind refreshes the air inside through openings that automatically open at night. Natural ventilation (circulation) is then created when the outside air temperature drops. On the other hand, during the day, the circulation openings close, keeping the night temperature inside, so thermal comfort is achieved on hot days, and the interior temperature is practically constant without major amplitudes and oscillates between 25–29 °C during the summer months (Fig. 2c). The structure of the cover is a frame covered with INOX sheet metal with a waterproof membrane, shielded from the outside with volcanic earth so that the structure blends in with the natural landscape. The curved parts of the ceiling were made of planks and a buffer zone was left between the sheet metal and the



Ryc. 2. Akrotiri (proj. i oprac. N. Fintikakis): a. widok na osłonę w krajobrazie naturalnym; b. widok wnętrza rezerwatu archeologicznego; c. rozkład temperatury pod osłoną mierzony w wyznaczonych punktach w miesiącach letnich.

Fig. 2. Akrotiri (design by N. Fintikakis): a – view of the shelter in the natural landscape; b – view of the interior of the archaeological reserve; c – temperature distribution under the shelter measured at designated points during the summer months.

przede wszystkim pozbycie się dwutlenku węgla w powietrzu wydychanym przez turystów [Fintikakis 2005] (ryc. 2b). Przed montażem osłony wielokrotnie wykonywano badania pilotażowe i symulacje komputerowe w celu sprawdzenia poprawności zaprojektowanego systemu. Ramy zostały umieszczone na słupach nośnych, które osadzono w miejscach po uprzednich elementach konstrukcyjnych; szyby miały tam głębokość dochodzącą do 18 m i wykute były w naturalnym podłożu skalno-wulkanicznym. W 2005 r. doszło do katastrofy na terenie obiektu, który został ponownie oddany do użytku po pracach remontowych w 2011 r.; do dzisiaj pod osłoną trwają badania archeologiczne, a jednocześnie obiekt jest udostępniany turystom.

Doświadczenia wyciągnięte z Akrotiri pozwalają pozytywnie podsumować całą realizację. Warunki wewnętrzne w rezerwacie są korzystne i nie uległy zmianie, utrzymywane są bez dodatkowych nakładów finansowych za energię elektryczną, a rezerwat jest przykładem wzorowego współczesnego podejścia do zarządzania dziedzictwem archeologicznym [Thompson, Adcha 2013, s. 26].

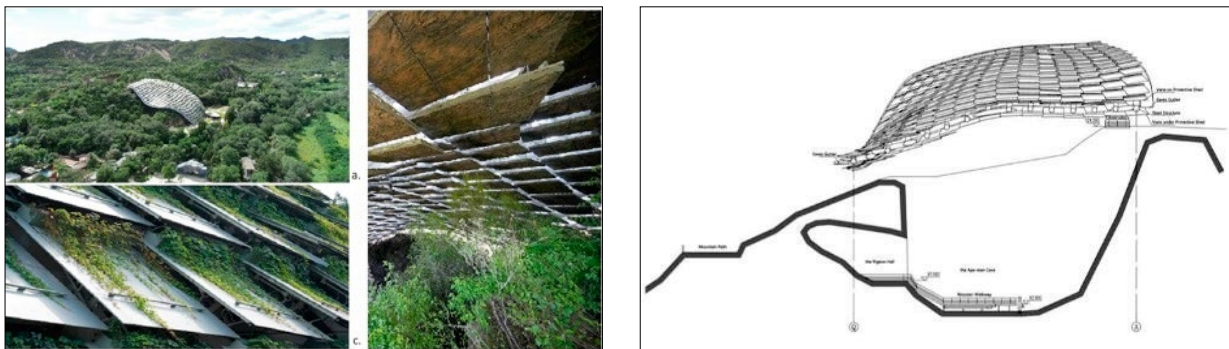
Jaskinia Zhoukoudian, północne Chiny

Stanowisko archeologiczne położone jest w masywie górskim, u którego podnóża leży miasto Zhoukoudian. Jest to głęboka (na 30 m) jaskinia ukryta w zboczu i przysłonięta intensywną zielenią. Szczątki człowieka pekińskiego i ślady jego działalności odkryto w jaskini w 1920 r., a w 1987 jaskinia została wpisana na Listę Światowego Dziedzictwa UNESCO [Report of the Joint 1999]. W 2012 r. obfite i długotrwałe deszcze doprowadziły do częściowego osunięcia się masy roślinnej zbocza i zerwania partii stropowej jaskini, która chroniła w sposób naturalny jej wnętrze. W efekcie cenne pozostałości z czasów paleolitu zostały wystawione na bezpośrednie zagrożenie przez czynniki zewnętrzne. Dostającą się do wnętrza woda bardzo szybko zaczęła zmieniać środowisko wewnętrzne jaskini, dlatego sprawa zabezpieczenia stanowiska stała się nadzwyczaj pilna. Plan ratunkowy polegający na wybudowaniu osłony archeologicznej zgłoszono już w 2013 r. do UNESCO, a w 2014 ukończono projekt. Zanim jednak doszło do

ceiling to allow natural ventilation, primarily to get rid of carbon dioxide in the air exhaled by tourists [Fintikakis 2005] (Fig. 2b). Pilot tests and computer simulations were repeatedly carried out before the shield was installed to verify the correctness of the designed system. The frames were placed on support pillars, which were set in the place of previous structural elements; the shafts there were up to 18 m deep and carved into the natural volcanic rock. In 2005, there was a disaster at the site, which was reopened after renovation work in 2011. The archaeological research continues under the canopy to this day, carried out simultaneously with the opening to tourists. The lessons learned from Akrotiri allow a positive summary of the entire implementation. The internal conditions in the reserve are favorable and have not changed, they are maintained without additional financial expenditures for electricity, and the reserve is an example of an exemplary modern approach to the management of archaeological heritage [Thompson 2013, p. 26].

Zhoukoudian Cave, northern China

The archaeological site is located in a mountain range at the foot of which lies the city of Zhoukoudian. It is a deep (30 m) cave hidden in a slope and obscured by intense greenery. The remains of Peking Man and traces of his activities were discovered in the cave in 1920, and in 1987 the cave was listed as a UNESCO World Heritage Site [Report of the Joint 1999]. In 2012, heavy and prolonged rains led to a partial landslide of the slope's vegetation mass and to the breaking off of the cave's ceiling section, which naturally protected the cave's interior. As a result of this event, the priceless remains from Paleolithic times were directly exposed to external dangers. Water entering the interior very quickly began to noticeably change the cave's internal environment. Hence, the matter of securing the site became very urgent. A rescue plan to build an archaeological cover was submitted to UNESCO as early as 2013, and the project was completed in 2014. However, before the project was carried out, interdisciplinary anticipatory research was commissioned, for which the latest technology was used. The main



Ryc. 3. Jaskinia Zhoukoudian: a. osłona archeologiczna w krajobrazie naturalnym, b. wewnętrzne panele osłony archeologicznej; c. zewnętrzne panele osłony pokryte roślinnością, d. przekrój przez jaskinię i osłonę, proj. biuro ARCHITECT Cui Guanghai.

Fig. 3. Zhoukoudian cave: a – archaeological shield in natural landscape, b – interior panels of archaeological shield; c – exterior panels of shield covered with vegetation, d. cross-section through cave and shield; design by ARCHITECT Cui Guanghai.

wykonania projektu, zlecono interdyscyplinarne badania wyprzedzające, do których użyto najnowszych technologii. Główne dane pozyskiwano z monitoringu meteorologicznego i mikrośrodowiska panującego wewnątrz jaskini. Należało przede wszystkim przywrócić równowagę środowiskową sprzed zalania. Ważnym elementem było wkomponowanie osłony w naturalny krajobraz górski, tak by nie został on zeszpecony. Projektanci zastosowali regułę minimalnych i odwracalnych interwencji. Zaproponowali kształt osłony powtarzający morfologię zbocza, wtapiając osłonę w krajobraz. Elementy osłony były składane na miejscu i są demontowalne. Konstrukcja ma kształt muszli, która jest zakotwiczona na szczycie wzgórza i u jego podnóża, zadaszenie ma powierzchnię 3700 m² (ryc. 3a) i składa się z dwóch powłok: zewnętrznej (zbudowanej z 420 odstających od siebie paneli) i wewnętrznej (405 paneli) [https://www.archdaily.com/943323/the-protective-shelter-of-locality-1-archaeological-site-of-zhoukoudian-peking-man-cave-thad]. Mając już koncepcję projektową, przeprowadzono symulacje i obliczenia analogowe za pomocą technik numerycznych w tunelu aerodynamicznym, by np. określić odstęp między tworzącymi osłonę panelami oraz ich optymalną wielkość (3 x 4 m). Odpowiednio dobrane odstępki zapewniały stabilizację temperatury wnętrza i wilgotności, ważny był kąt nachylenia paneli, a także dostępu światła dziennego tworzącego półmrok i odpowiedniej wentylacji. Montaż osłony i projekt rezerwatu wewnątrz jaskini przeprowadzono w latach 2015–2018. Elementy konstrukcyjne wykonano ze stali, panele zewnętrzne z aluminium, a wewnętrzne z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknom szklanym. Wzór i faktura paneli wewnętrznych zostały skopiowane z naturalnych urwisk skalnych, które zeskanowano laserem 3D (ryc. 3b). Powierzchnię zewnętrzną pokrywa naturalna roślinność, zasadzona w umieszczonych w panelach zewnętrznych rowkach [https://issuu.com/arcasia/docs/2019-02/s/10673248]. Całkowite zazielenienie osłony i wtopienie się jej w krajobraz przewidywano za dwa lata od momentu nasadzenia (ryc. 3c). System drenażowy ukryto w zboczu, a realizację oddano do zwiedzania we wrześniu 2018 r. Projekt wykonało biuro ARCHITECT Cui Guanghai (ryc. 3d).

data were obtained from meteorological monitoring and the microenvironment inside the cave. First and foremost, it was necessary to restore the pre-flood environmental balance. An important element was to integrate the cover into the natural mountain landscape so that it would not be tarnished. The designers applied the rule of minimal and reversible interventions. They proposed a shape for the shield that repeated the morphology of the slope and blending the shield into the landscape. The elements of the shield were assembled on site and are removable. The shield structure is shell-shaped, which is anchored at the top of the hill and at the foot of the hill with the canopy having an area of 3,700 m² (Fig. 3a). It consists of two shells: an outer shell made of 420 standoff panels and 405 inner panels [https://www.archdaily.com/943323/the-protective-shelter-of-locality-1-archaeological-site-of-zhoukoudian-peking-man-cave-thad].

With the design proposal already in place, simulations and analogue calculations were carried out using numerical techniques in the wind tunnel to, for example, determine the spacing between the panels forming the shell and their optimal size (3 x 4 m). Appropriate spacing ensured stabilization of interior temperature and humidity. The angle of the panels was important as was access to daylight, creating twilight and adequate ventilation. The installation of the cover and the design of the reserve inside the cave was carried out in 2015–2018. The structural elements were made of steel, the outer panels were made of aluminum, and the inner panels were made of fiberglass-reinforced plastic. The pattern and texture of the interior panels were copied from natural rock cliffs, which were scanned with a 3D laser (Fig. 3b). The outer surface is covered with natural vegetation, planted in grooves placed in the outer panels [https://issuu.com/arcasia/docs/2019-02/s/10673248]. The cover was expected to completely green up and blend into the landscape within two years of planting (Fig. 3c). The drainage system was hidden in the slope, and the project was opened to the public in September 2018. The project was carried out by ARCHITECT Cui Guanghai of- fice (Fig. 3d).

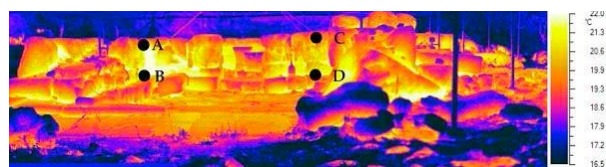
Opisane przykłady dowodzą nadrzędnej roli prowadzenia badań wyprzedzających przed przygotowaniem projektu konserwatorskiego na stanowisku archeologicznym. Tak jak w projektowaniu konserwatorskim w obrębie budynków historycznych należy przeprowadzić wcześniejszą ocenę stanu zachowania budynku i jego historycznych przekształceń, tak w przypadku projektowania rezerwatów archeologicznych kryteria działań powinny być podobne, z tym że ukierunkowane nie tylko na stan zachowania substancji zabytkowej, lecz także na ochronę nawarstwień kulturowych oraz rozpoznanie zagrożeń zewnętrznych, w tym środowiskowych, na które projekt powinien znaleźć odpowiednie rozwiązania. Ocena taka nie jest możliwa bez wcześniejszych obserwacji i monitoringu na stanowisku archeologicznym. Tobit Curteis [2018] proponuje kilka podstawowych analiz, które powinny zostać wykonane przed rozpoczęciem projektu. Są to: analiza historyczna stanowiska archeologicznego związana ze wszystkimi wcześniejszymi działaniami, również architektonicznymi i konserwatorskimi, analiza stanu zachowania stanowiska oraz ocena warunków klimatycznych. Materiały budowlane użyte do konstrukcji zadaszeń powinny być wyposażone w powłoki anti-UV (ryc. 4). Materiały konstrukcyjne nie mogą być światłoczułe i wrażliwe na temperatury, inaczej będą podlegały działaniom fizycznym, w tym naprężeniom, a wystarczy rozszczelnienie powłok w wyniku pracy materiału, by doszło do zmiany warunków pod osłoną. Istotne są także stopień natężenia wiatru oraz jego kierunek, szczególnie wiatr morski niesie dużą ilość soli, która może doprowadzać do erozji materiału zabytkowego czy do korozji nieodpowiednio dobranych materiałów osłony archeologicznej; wiatr może być też nośnikiem mikroorganizmów biologicznie czynnych. Nie bez znaczenia są też uwarunkowania geologiczne, ukształtowanie terenu i sytuacja hydrologiczna z uwzględnieniem cieków podskórnych. Według autorów artykułu o nowych procedurach i materiałach przy projektowaniu konstrukcji ochronnych na stanowiskach archeologicznych [Rosina et al. 2011], powinien wystarczyć roczny monitoring poprzedzający projekt, by uchwycić podstawowe problemy związane z danym stanowiskiem. Obecnie najistotniejsze jest wytyczenie zasad i kryteriów przedprojektowych badań, które powinny wejść na stałe do kanonu niezbędnych i obowiązkowych czynności związanych z projektowaniem konserwatorskim na stanowisku archeologicznym.

Analizując wyniki z trzech omówionych stanowisk, należy zwrócić uwagę na fakt, że obok typowych naturalnych czynników środowiska, o których była mowa powyżej, duży wpływ na pogarszanie się kondycji reliktyw mają czynniki cywilizacyjne, w tym zmiany klimatyczne (ryc. 5). Niezależnie od lokalizacji stanowisk pojawiają się te same problemy związane z wysokim promieniowaniem UV, co z kolei ma związek z zanieczyszczeniami freonem i innymi substancjami prowadzącymi do powstania tzw. dziury ozonowej.

The examples described above demonstrate the overriding role of conducting anticipatory research before preparing a conservation design at an archaeological site. Just as in conservation design within historical buildings a prior assessment of the state of preservation of the building and its historical transformations should be carried out, so in the design of archaeological reserves the criteria for action should be similar, except that it should be directed not only at the state of preservation of the historic substance, but also at the protection of cultural layers and the identification of external threats, including environmental threats, to which the design should find appropriate solutions. Such an assessment is not possible without prior observation and monitoring of the archaeological site. Tobit Curteis [2018] proposes several basic analyses that should be performed before starting a project. These include: a historical analysis of the archaeological site related to all previous activities, including architectural and conservation; an analysis of the site's state of preservation; and an assessment of the climate conditions. Construction materials used for canopies should be equipped with anti-UV coatings (Fig. 4). Construction materials must not be light-sensitive and temperature-sensitive, otherwise they will be subject to the physical environment, including stress, and it is enough to unseal the coatings as a result of the work of the material for there to be a change in conditions under the shelter. The degree of wind intensity and direction are also important, especially offshore wind carries a large amount of salt, which can lead to erosion of historic material or corrosion of inadequate archaeological cover materials. Wind can also be a carrier of biologically active microorganisms. Geological conditions, landforms and the hydrological situation, taking into account the subcutaneous watercourses, are also not insignificant. According to the authors of an article on new procedures and materials in the design of protective structures at archaeological sites [Rosina et al. 2011], a year's worth of pre-design monitoring should be sufficient to capture the basic problems associated with a site. At present, it is most important to delineate the principles and criteria of pre-design surveys, which should enter permanently into the canon of necessary and mandatory conservation design activities at an archaeological site. Analyzing the results from the three discussed sites, it should be noted that in addition to the typical natural environmental factors mentioned above, civilization factors, including climate change, have a major impact on the deterioration of relics (Fig. 5). Regardless of the location of the sites, the same problems of high UV radiation arise, which in turn is related to pollution by freon and other substances leading to the formation of the so-called ozone hole. The destructive nature of high radiation, especially UVA, affects not only original historical sites, including paintings, facing layers of stone, bricks, wood, but also modern materials from

Destrukcyjny charakter wysokiego promieniowania, szczególnie UV A, dotyczy nie tylko oryginalnych historycznych obiektów, w tym powłok malarskich, warstw licowych kamienia, cegieł, drewna, lecz także współczesnych materiałów, z których wznoszone są osłony archeologiczne, stąd tak ważne jest zastosowanie zadaszeń ze specjalną powłoką anti-UV. Kolejny czynnik wspólny dla wszystkich omawianych stanowisk to bardzo wysokie temperatury w miesiącach letnich, co niewątpliwie wiąże się z globalnym ociepleniem Ziemi. Wyraźnie widać, że niezależnie od położenia geograficznego badanych stanowisk archeologicznych oraz typu klimatu w okresie letnim temperatura powietrza na zewnątrz wynosi zazwyczaj powyżej 30 °C. Następnym istotnym czynnikiem jest zanieczyszczenie powietrza zarówno przez silniki spalinowe, jak i niedostosowane do współczesnych standardów systemy ogrzewania. W tym przypadku wyspa Santorini charakteryzuje się znikomym stopniem zanieczyszczeń w ciągu całego roku, co wynika z łagodnych zim, minimalnego ruchu samochodowego, zerowego przemysłu ciężkiego, ale też z intensywnego przewietrzania wyspy. Wydawać by się mogło, że stanowiska archeologiczne Malty, jako kraju wyspiarskiego, położonego daleko od brzegów Półwyspu Apenińskiego, nie powinny być narażone na tego typu szkodliwe czynniki, zwłaszcza że zimy są tu cieplejsze niż na Santorini i nie ma przemysłu ciężkiego. Jednak mimo sprzyjających warunków w niektórych częściach wyspy utrzymuje się zanieczyszczenie oddziałujące na stan zachowania zabytków, w tym omawianej świątyni megalitycznej, związane z ruchem samochodowym i niewystarczającym przewietrzaniem. Dużym stopniem zanieczyszczenia charakteryzuje się obszar Zhoukoudian. Zmiany klimatyczne mają też wpływ na nagłe zjawiska przyrodnicze, szczególnie na ich intensyfikację, którą obserwujemy we współczesnym świecie. Gwałtowna ulewa w Zhoukoudian doprowadziła do zalania jaskini, osunięcia się części zbocza, a co za tym idzie: poważnych zmian w środowisku wewnątrz stanowiska, co rozpoczęło proces postępującej szybko degradacji. W przypadku Akrotiri jednorazowe intensywne opady doprowadziły do podmycia konstrukcji słupowych i zawalenia się osłony w 2005 r., w konsekwencji czego zginął turysta, a kilku zostało rannych. Osłona spadła na relikty, a woda opadowa dostała się do wnętrza i penetrowała stanowisko. Także intensyfikacja opadów na Malcie była jedną z głównych przyczyn dewastacji konstrukcji kamiennych świątyń. Nie bez znaczenia dla kondycji omawianych stanowisk archeologicznych jest intensywny ruch turystyczny, będący ważnym źródłem dochodu, ale też generujący problemy związane z ochroną masowo odwiedzanego dziedzictwa.

Próbując przenieść powyższą problematykę na polski grunt, należy podkreślić, że w przeciwieństwie do wysoko zaawansowanej technologii wznoszenia zamkniętych pawilonów ekspozycyjnych posadowionych wprost na stanowiskach archeologicznych (Rynek Podziemny w Krakowie, Genius Loci w Poznaniu, Pawilon Mu-



Ryc. 4. Rozkład temperatur pod osłoną archeologiczną i poza nią, przykład efektu cieplarnianego; [Mollaert et al. 2011].

Fig. 4. Temperature distribution under and outside the archaeological cover, an example of the greenhouse effect [Mollaert et al. 2011].

which archaeological covers are erected, hence the importance of using canopies with a special anti-UV coating. Another factor common to all the sites in question are very high temperatures during the summer months, which is undoubtedly related to the phenomenon of global warming. It is clear that regardless of the geographic location of the archaeological sites studied and the type of climate, the outdoor air temperature is usually above 30 °C during the summer. The next major factor is air pollution from both internal combustion engines and heating systems that are not up to modern standards. In this case, the island of Santorini is characterized by negligible pollution throughout the year, which is certainly due to mild winters, minimal traffic, zero heavy industry, but also to the island's intense ventilation. It would seem that Malta's archaeological sites, as an island country far from the shores of the Apennine Peninsula, should not be exposed to such harmful factors, especially since winters here are warmer than on Santorini and there is no heavy industry. Yet, despite favorable conditions, pollution affecting the state of preservation of monuments, including the megalithic temple in question, related to traffic and insufficient ventilation, persists in some parts of the island. The Zhoukoudian area is characterized by a high degree of pollution. Climate change also has an impact on sudden natural phenomena. A sudden downpour in Zhoukoudian led to the flooding of the cave, a landslide of part of the slope, and consequently: serious changes in the environment inside the site, which started the process of rapid degradation.

In the case of Akrotiri, a singular bout of heavy rainfall led to the washing away of pillar structures and the collapse of the canopy in 2005, as a consequence of which a tourist died and several were injured. The canopy fell on the relics, and rainwater entered and penetrated the site. Also, the intensification of rainfall in Malta was one of the main reasons for the devastation of the stone temple structures. Intensive tourist traffic is also impactful on the condition of the archaeological sites in question, which provides significant income but also generates problems related to the protection of the mass-visited heritage.

Relating the above-mentioned issues to the Polish context, it should be emphasized that, in contrast to the very highly advanced technology of erecting closed exhibition pavilions sited directly on archaeological sites (the underground market in Cracow, Genius Loci in Poznań, the Archaeological Museum

ANALIZA STOPNIA SZKODLIWOŚCI WARUKÓW ŚRODOWISKA W WYBRANYCH OBIEKTACH			
UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKA	Hagar Qim MALTA	Akrotiri SANTORINI GRECJA	Zhoukoudian CHINY
Max. temperatura powietrza	40 C	30 C	31 C
Min. temperatura powietrza	16 c	15-12,5	-8 C
Nasłonecznienie	wysokie UV	wysokie UV	wysokie UV
Wilgotność	wysoka	średnia	wysoka
Wiatr	silny	średni	średni/silny
Zasolenie	bardzo wysokie	wysokie	niskie
Mikroorganizmy	liczne	nieliczne	liczne
Opady atmosferyczne	Intensywne deszcz	Umiarkowane deszcz	Umiarkowane/intensywne Deszcz/śnieg
Ingerencje konserwatorskie przed realizacją osłony	tak	tak	nie
Turystyka	intensywna	intensywna	intensywna
Zanieczyszczenie powietrza	wysokie	niskie	wysokie
Wpływ zmian klimatycznych	TAK	CZĘŚCIOWO	TAK
Czynniki inne/gwałtowne/ jednorazowe	-	Katastrofa budowlana Zalanie wodami opadowymi fragmentu stanowiska	Zalanie stanowiska wodami opadowymi Osunięcie się fragmentu zbocza

Ryc. 5. Zestawienie szkodliwych czynników dla analizowanych stanowisk archeologicznych; oprac. K. Stala.

ANALYSIS OF THE DEGREE OF HARMFULNESS OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN SELECTED EXAMPLES			
CONDITIONS ENVIRONMENT	Hagar Qim MALTA	Akrotiri SANTORINI GREECE	Zhoukoudian CHINA
Max. air temperature	40 C	30 C	31 C
Min. air temperature	16 c	15-12,5	-8 C
Sunshine	high UV	high UV	high UV
Humidity	high	medium	high
Wind	strong	medium	medium/strong
Salinity	extremely high	high	low
Microorganisms	numerous	few	numerous
Percipitation	Intensive rain	Moderate rain	moderate/intensive rain/snow
Conservation interventions before shelter implementing	YES	YES	NO
Tourism	intensive	intensive	intensive
Air pollution	high	low	high
Imact of climate changes	YES	PARTLY	YES
Other factors/ violent/ disposable	-	Construction disaster Flooding of a part of the site with rainwater	Flooding the site with rainwater Landslide of a section of the slope

Fig. 5. Summary of harmful factors for the archaeological sites analyzed; by Mollaert et al., K. Stala.

zeum Archeologicznego w Wiślicy i inne), których metodologicznie przeprowadzone realizacje obserwujemy od początku XXI wieku, w Polsce wznoszenie osłon nie rozpowszechniło się jako sposób ochrony dziedzictwa archeologicznego na tyle, by można było prześledzić tę problematykę. Jest to po części związane z dotychczasowymi warunkami klimatycznymi, nie mamy zatem takich doświadczeń jak kraje śródziemnomorskie, bliskowschodnie czy azjatyckie. Z przykładów rodzimych warto wspomnieć osłonę archeologiczną chroniącą relikty na Ostrowie Lednickim, która została wzniesiona pod koniec lat 70. ubiegłego wieku, a w 2008 r. rozebrana, by na jej miejscu wzniesić nową. To jedyny taki przykład realizacji współczesnej osłony archeologicznej w Polsce [Kaszubkiewicz 2008]. Przyczyną rozbiórki starej konstrukcji były jej wady wykonawcze, m.in. nie przesłaniała reliktyw w całości, co w przypadku wilgot-

Pavilion in Wiślica and others), whose methodologically carried out projects have been observing since the early 2000s, in Poland the erection of covers has not spread as a way of protecting archaeological heritage to such an extent that this issue can be traced. This is partly due to the climatic conditions to date, as we do not have the same experience as Mediterranean, Middle Eastern or Asian countries. In terms of domestic examples, it is worth mentioning the archaeological shelter protecting the relics on Ostrów Lednicki, which was erected in the late 1970s and demolished in 2008 to build a new one in its place. This is the only such example of the implementation of a modern archaeological cover in Poland [Kaszubkiewicz 2008]. The reason for the demolition of the old structure was its workmanship flaws, including the fact that it did not obscure the relics in their entirety,

PROGNOZA ZMIAN KLIMATYCZNYCH	POLSKA 2021-2041	TENDENCJE	SKUTKI
Temperatura	35-40 C (10 lub więcej dni w sezonie letnim)		susze
Opady	Deszcze (intensywne w zimie, w sezonie letnim sucho) Śnieg (małe opady lub brak)		sucha gleba wysychanie cieków wodnych
Zjawiska ekstremalne	gwałtowne ulewę, burze, huragany, trąby powietrzne		podtopienia, zniszczenia, uszkodzenia
Zanieczyszczenie powietrza, emisja gazów cieplarnianych	Utrzymuje się dalej na tym samym wysokim poziomie		Szkodliwe warunki dla zdrowia ludzkiego (destrukcyjne warunki dla zabytków)

Opracowane na podstawie IMGW-PIB źródło: <https://smoglab.pl/zmiany-klimatu-w-polsce-imgw-pib> raport z 2021 roku

Ryc. 6. Ilustracja prognozowanych zmian klimatycznych dla Polski oraz ich skutków; oprac. K. Stala.

CLIMATE CHANGE PROJECTION	POLAND 2021-2041	TENDENCIES	EFFECTS
Temperature	35-40 C (10 or more days in the summer season)		droughts
Precipitation	Rain (heavy in winter, rare in summer) Snow (rare or none)		Dry soil, drying out of watercourses
Extreme phenomena	Heavy downpours, storms, hurricanes, tornadoes		Flooding, destruction, damage
Air pollution, greenhouse gas emissions	It remains at the same high level		Harmful conditions for human health (destructive conditions for monuments)

Prepared on the basis of IMWM-PIB source: <https://smoglab.pl/zmiany-klimatu-w-polsce-imgw-pib> report from year 2021

Fig. 6. Illustration of projected climate change for Poland and its effects; by K. Stala.

nego powietrza i opadów atmosferycznych nie chroniło wystarczająco ruin. W dodatku huragan w 2006 r. uszkodził osłonę, a materiał, z którego była wykonana, starzał się szybko ze względu na niską jakość. Nowa osłona została stworzona w duchu estetyki modernistycznej, prace przeprowadzono po wyprzedzających badaniach archeologicznych, jednak nie wykonywano monitoringu w obecnych standardach europejskich i nie prowadzono szeroko zakrojonej współpracy interdyscyplinarnej. Obecna osłona całkowicie zasłania ruiny i zgodnie z opinią władz muzeum spełnia swoją funkcję, chroniąc relikty przed wodami opadowymi. Należy zaznaczyć, że w latach 90. XX w. powstał projekt proponujący w rozwiązaniu lekkie konstrukcje stalowe i połacie dachowe wykonane z wodoodpornego materiału, w myśl współczesnych norm dla takich obiektów. Z pewnością membranę taką można było pokryć także powłoką anti-UV. Projekt został wykonany przez studenta ASP w ramach konkursu. W mojej ocenie był doskonałym rozwiązaniem dla tego rezerwatu, niestety z braku środków finansowych nie został zrealizowany.

Te nikłe polskie doświadczenia w budowie osłon, których wzniesienie wymaga interdyscyplinarnej wiedzy, wnikliwych badań przed- i poprojektowych oraz zastosowania wysokiej jakości materiałów, a wszystko to w celu maksymalizacji warunków ochronnych dla

which did not sufficiently protect the ruins in case of humid air and precipitation. In addition, a hurricane in 2006 damaged the cover, and the material from which it was made was aging rapidly due to its poor quality. The new cover was created in the spirit of modernist aesthetics, the work was carried out after anticipatory archaeological research, but no monitoring was performed to current European standards and there was no extensive interdisciplinary cooperation. The current cover obscures the ruins completely, and according to the museum authorities after its implementation, it was found to fulfil its function, protecting the relics from rainwater. It should be noted that in the 1990s there was a project proposing lightweight steel structures and roof slopes made of waterproof material, according to contemporary standards for such objects. Certainly, such a membrane could also be covered with an anti-UV coating. The project was proposed by an Academy of Fine Arts student as part of a competition. In my opinion, it was an excellent solution for this reserve, unfortunately, due to lack of funds, it was not implemented. This scant Polish experience in the construction of canopies, the erection which requires interdisciplinary knowledge, thorough pre- and post-design research and the use of high-quality materials, all with the aim of maxi-

ukrytego pod konstrukcją dziedzictwa oraz minimalizacji szkodliwych czynników zewnętrznych, skłaniają do postawienia wniosku w środowiskach konserwatorów, architektów, archeologów i muzealników dotyczącego opracowania zasad i wytycznych badawczo-projektowych realizacji konstrukcji tego typu. Istotne jest, by w standardzie postępowań znalazły się badania symulacyjne na wybranych przez projektanta materiałach, zanim nastąpi montaż *in situ*. Jak wykazano, proces projektowy konstrukcji osłaniających stanowiska archeologiczne jest wyzwaniem wieloaspektowym i interdyscyplinarnym, wymagającym współpracy wielu specjalistów i dalece wykraczającym poza reguły zwykłego projektowania w kontekście. W Polsce, przy tak dużej ilości dziedzictwa archeologicznego, wciąż powiększającego swój zasób, z pewnością pojawi się zapotrzebowanie na takie realizacje, dlatego już dziś powinniśmy przygotowywać się do wyzwań, przed jakimi u progu XXI w. stanęły kraje śródziemnomorskie i bliskowschodnie, analizując tamtejsze problemy i zastosowane rozwiązania oraz monitorując zmiany klimatyczne zachodzące w naszym najbliższym otoczeniu.

minimizing protective conditions for the heritage hidden under the structure and minimizing harmful external factors, prompts a proposal in the circles of conservators, architects, archaeologists and museologists for the development of principles and research and design guidelines for implementation of this type of construction. It is essential that the standard of proceedings include simulation studies on the designer's chosen materials before on site installation takes place. As demonstrated, the design process of structures shielding archaeological sites is a multifaceted and interdisciplinary challenge, requiring the cooperation of many specialists and going far beyond the rules of ordinary design in context. In Poland, with such a large amount of archaeological heritage, whose stock continually expands, there is bound to be a demand for such projects, and as such we should already be preparing for the challenges faced by the Mediterranean and Middle Eastern countries at the dawn of the twenty-first century, analyzing the problems there and the solutions applied, and monitoring the climate changes taking place in our own "backyard" (Fig. 6).

Bibliografia / References

Opracowania / Secondary sources

- Aslan Zaki, *Protective Structures for the Conservation and Preservation of archaeological sites*, „Journal of Conservation & Museum Studies” 1997, vol. 3.
- Aslan Zaki, *The design of protective structures for the conservation and preservation of archaeological sites*, London 2007.
- Aslan Zaki, Court Sarah, Pesaresi Paola, Thompson Jane, *Introduction: sheltering the Mediterranean's archaeological heritage in Protective shelter for archaeological sites*, [w:] *Protective Shelters for Archaeological Sites: proceedings of a symposium (Herculaneum, Italy, 23–27 September 2013)*, red. Zaki Aslan, Sarah Court, Jeanne Marie Teutonico, Jane Thompson, London 2018.
- Cabello Briones Cristina, *How to evaluate shelters for archaeological sites: some recommendations based on the use of exposure trials*, „Ge-conservación” 2017, no. 11.
- Cabello Briones Cristina, *Is the Shelter at Hagar Qim in Malta Effective at Protecting the Limestone Remains?* [w:] *Science and Art: A Future for Stone: Proceedings of the 13th International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone*, red. J. Hughes, T. Howind, Paisley 2016b.
- Cabello Briones Cristina, *Methods to evaluate shelters for archaeological sites: review and recommendations*, YOCOCU 2016 International Conference, Madrid 2016c.
- Cabello Briones Cristina, *The effects of open shelters on the preservation of limestone remains at archaeological sites*, Oxford 2016a.
- Cassar JoAnn, Cefai Shirley, Grima Reuben, Stroud Katya, *Sheltering archaeological sites in Malta: lessons learnt*, „Heritage Science” 2018, nr 6.
- Cassar Mary, Brimblecombe Peter, Nixon Taryn, Price Clifford, Sabbioni Cristina, Saiz Jimenez Cesaro, van Balen Koenraad, *Technological requirements for solutions in the conservation and protection of historic monuments and archaeological remains*, Kirchberg–Luxembourg 2001.
- Curteis Tobit, *The use of environmental survey and monitoring in the design and evaluation of archaeological shelters context*, [in:] *Protective shelters for archaeological sites*, red. Zaki Aslan, Sarah Court, Jeanne Marie Teutonico, Jane Thompson, London 2018.
- Demas Martha, *Protective Shelters for Archaeological Sites*, [w:] *Mosaics In Situ. An Overview of Literature on Conservation of Mosaics In Situ*, red. Thomas Roby, Martha Demas, Los Angeles 2013.
- Fintikais Nikos, *Aristotle's theory as a tool for inspiration in architecture. The shelter of the archaeological site at Akrotiri*, International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”, Santorini 2005.
- Fintikakis Nikos, Doulas Christos, *Археологический участок в Акротири на острове Тера: работы по улучшению, описание концепции и замена защитного навеса (Enhancement, Presentation and Shelter Replacement of the Archaeological Site at Akrotiri, Thera)*, 2014, https://www.researchgate.net/publication/307721334_Enhancement_Presentation_and_Shelter_Replacement_of_the_Archaeological_Site_at_Akrotiri_Thera.
- Kaszubkiewicz Andrzej, *Nowa osłona nad relikdami wczesnoromańskiego palatium na Ostrowie Lednickim*, „Studia Lednickie” 2008, nr 9.
- Laurenti Maria Concetta, *Le coperture delle aree archeologiche, museo aperto*, Rome 2006.

- Laurenti Maria Concetta, *Research project on protective shelters for archaeological areas in Italy*, „Conservation and Management of Archaeological Sites” 2001, vol. 5.
- Maekawa Sadamichi, *Comparison of Shelters' Performance at Joya de Ceren, El Salvador*, [w:] *Proceedings of the International Conference on Heritage, Weathering and Conservation*, red. Rafael Fort, Marcus Alvarez de. Buergo, Miguel Gomez-Heraz, Carmen Vazquez Calvo, London 2006.
- Ministero per i Beni e le Attività Culturali & Istituto Centrale per il Restauro, *Le Coperture delle aree archeologiche. Museo aperto*, Roma 2006.
- Mollaert Marijke, De Laet Lars, Verdonck Ann, Lombardi Stephan, Beccarelli Paolo, Zanelli Alessandra, *Textile shelters for archaeological or heritage areas: design references, Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture* 2011.
- Neguer Jacques, Alef Yael, *Rapid, Assessment of Shelters over Mosaics: Initial Results from Israel*, 9th Conference of the International Committee for the conservation of mosaics (Tunisia, 2005), [w:] *Lessons learned: reflecting on the theory and practice of mosaics conservation. The Getty Conservation Institute*, red. Aïcha Ben Abed, Martha Demas, Thomas Roby, Los Angeles 2008.
- Ranellucci Sandro, *Coperture archeologiche. Allestimenti protettivi sui siti archeologici, Teoria dell'archeologia, Restauro e conservazione delle opere d'arte*, DEI 2011.
- Rosina Elisabetta, Zanelli Alessandra, Beccarelli Paolo, Gargano Marco, Romoli Elena, *New Procedures and Materials for Improving Protection of Archaeological Areas*, „Materials Evaluation” 2011, nr 69 (8).
- Ruggirello Vanna Lisa, *In Sicilian ancient theatres three interventions of restorations in Sicily*, XXI International CIPA Symposium, 01–06 October 2007, Athens.
- Thompson Jane, Adcha Ben Abed, *Deciding to shelter: values and the management context*, [w:] *Protective shelters for archaeological sites*, red. Z. Aslan, S. Court., J.M. Teutonico, J. Thompson, London 2018.
- Van Balen Koenraad, Vandesande Aziliz, *The value of heritage in sustainable development and spatial planning*, [w:] *A Research Agenda for Heritage Planning*, red. Eva Stegmeijer, Loes Veldpaus, Cheltenham UK–Northampton USA 2021.
- Źródła elektroniczne / Electronic sources**
<https://issuu.com/arcasia/docs/2019-02/s/10673248> (dostęp: 28 II 2023).
<https://www.archdaily.com/943323/the-protective-shelter-of-locality-1-archaeological-site-of-zhoukoudian-peking-man-cave-thad> (dostęp: 28 II 2023).
<https://www.form-tl.de/en/project/hagar-qim-und-m-najdra-temples-malta/> (dostęp: 27 II 2023).
<https://imanage.com.mt/portfolio/temples-conservation.html> (dostęp: 27 II 2023).
<https://worldarchitecture.org/architecture-news/cghfz/nikos-fintikakis-creates-a-bioclimatic-shelter-for-akrotiri-archaeological-site-in-greece.html> (dostęp: 27 II 2023).
https://www.researchgate.net/figure/Location-of-the-ten-points-where-thermal-comfort-conditions-have-been-evaluated_fig7_251721867 (dostęp: 27 II 2023).
- Inne / Others**
Alagna Alessandra, „Franco Minissi, Restauro e Musealizzazione dei siti archeologici in Sicilia” (doktorat), Università degli Studi di Napoli Federico II – Facoltà di Architettura Dipartimento di Storia dell'Architettura e Restauro, dottorato in conservazione dei beni architettonici, ciclo XXI, coordinatore del corso: prof. arch. Stella Casiello, tutor: prof. arch. Franco Tomaselli, Napoli 2006–2008.
Report of the Joint ICCROM/ICOMOS Reactive Monitoring Mission to the World Heritage Site of Peking Man at Zhoukoudian, China undertaken by Dr Nicholas Stanley-Price on behalf of ICCROM and Hilary Sullivan on behalf of ICOMOS, October 1999.
ARCHITECT Cui Guanghai, Architectural Design & Research Institute of Tsinghua University Co., Ltd., Beijing, <https://issuu.com/arcasia/docs/2019-02/s/10673248>.

Streszczenie

Artykuł dotyczy podnoszonej w środowisku konserwatorskim kwestii projektowania osłon archeologicznych, które jak wykazało doświadczenie z ubiegłego wieku, przy złym doborze materiałów i bez odpowiednich badań przedprojektowych prawie w 50% realizacji nie chroniły dostatecznie reliktyw, a nawet generowały szkodliwy mikroklimat. Dlatego świadomość, że nawet otwarte lub półotwarte konstrukcje osłaniające zmieniają warunki środowiskowe pod osłoną, jest podstawą do podjęcia odpowiednich działań. Uważa się obecnie, że badania przedprojektowe związane z rozpoznaniem warunków klimatycznych i związanych z nimi zagrożeń, obok analizy stanu zachowania reliktyw, powinny być wymogiem i standardową procedurą, bez których nie może powstać projekt konserwatorski na terenie stanowiska archeologicznego.

Abstract

This paper discusses the issue that is currently being addressed by the conservation community and which refers to the design of archaeological shelters. Namely, the experience of the last century has shown that a poor choice of materials and lack of adequate pre-design studies resulted in insufficient protection of relics and even generated harmful microclimates in almost 50% of the cases. Therefore, the understanding that even open or semi-open protective structures change the environmental conditions under the shelter is the basis for appropriate action. It is now believed that pre-design studies related to the identification of climatic conditions and associated risks, in addition to the analysis of the state of preservation of relics, should be a requirement and standard procedure, without which no conservation project should be developed at an archaeological site.