

mgr inż. arch. Anna Jaruga-Rozdolska

Politechnika Łódzka

doktorantka w Interdyscyplinarnej Szkole Doktorskiej Politechniki Łódzkiej

Doi: 10.34658/9788366741072.10

Subtraction follows function. Proces powstawania projektu Obserwatorium astronomicznego w dolinie Wadi Rum w Jordanii.

Projekt ośrodka badawczego w Wadi Rum w Jordanii to próba odpowiedzi na problem projektowania w kontekście, gdzie piękno otaczającej scenerii skłania ku rozwiązaniom nie będącym konkurencją dla urody krajobrazu. Rozwiązanie funkcji jednostki badawczej polegało w dużej mierze na odejmowaniu, co stanowiło wyzwanie, powodowało odejście od dotychczasowego myślenia o architekturze i definiowanie na nowo pojęcia formy, funkcji i elewacji budynku. Prezentowany artykuł jest zapisem wrażeń i refleksji architektonicznych, które dały początek nowemu spojrzeniu na proces tworzenia architektury.

słowa kluczowe: budynek pod ziemią, Wadi Rum, obserwatorium astronomiczne, konkurs Dyplom Roku

Wstęp

Projekt został wykonany w ramach pracy magisterskiej pod kierunkiem dr. inż. Tomasza Krotowskiego. Obroniona w 2019 r. praca otrzymała wyróżnienie pierwszego stopnia w konkursie Dyplom Roku im. Zbyszka Zawistowskiego, organizowanego przez warszawskie Stowarzyszenie Architektów Polskich. Najlepszym dyplomem edycji 2020 była praca „Laudato si’: klasztor OO. Franciszkanów”, wykonana na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej, autorstwa Pawła Lisiaka¹.



Ryc. 1. Sąd konkursowy konkursu dyplomu roku edycja 2020. Źródło:http://www.sarp.org.pl/img/2945_5f85cac77232c-_sad_konkursowy_dyplom_roku.jpg

¹ http://www.sarp.org.pl/pokaz/wyniki_konkursu_o_doroczna_nagrade_sarp%25C2%25A0im._zbyszka_zawistowskiego,2945/ [dostęp: 2021-03-19]

Pragnę zachęcić wszystkich studentów do wzięcia udziału w kolejnych edycjach konkursu. Prezentowanie dyplomu w konkursowej formie jest świetnym punktem odniesienia, a możliwość poznania projektów powstałych na innych uczelniach pozwala na nowe, szersze spojrzenie na projektowanie architektury. Jest to wspaniałe podsumowanie okresu studiowania, oraz możliwość wkroczenia w karierę zawodową z istotnym osiągnięciem docenianym przez przyszłych pracodawców.

Założenia projektowe

Astronomia i Architektura to nauki nierozzerwalnie ze sobą związane. Starożytne cywilizacje pozostawiły budowle – artefakty, służące do obserwacji nocnego nieba, wskazujące na bardzo wczesne koneksje tych dwóch dziedzin – od megalitów w Stonehenge po obserwatoria na Bliskim Wschodzie datowane na wczesne średniowiecze².

Cechą architektury służącej astronomii pozostaje monumentalizm – determinowany dążeniem do maksymalnej precyzji, osiągananej poprzez zwiększanie skali instrumentów pomiarowych, za którą podąża skala architektury. Wyzwanie stanowi zaplanowanie wielkogabarytowego³, a przez to mocnego w wyrazie obiektu w otoczeniu, gdzie niezaprzeczalne piękno krajobrazu stoi w opozycji do monumentalnych form. Problemy konstrukcyjne napotymane przez inżynierów i badaczy, zarówno w zakresie samej aparatury jak i chroniącego ją budynku obserwatorium rozwiązywane są dzięki innowacyjnym rozwiązaniom. Obecne technologie pozwalają na wykonanie niezwykle precyzyjnych, modułowych zwierciadeł, których suma pól wynosi niemal 1000 m²; skala budynku dorównuje

2 Herz, N., Ervan G. Garrison, *Geological Methods for Archaeology*, Oxford University Press, 1998, s. 209, ISBN 0-19-509024-1

3 Skala budynku planowanego jako obserwatorium wynika ze skali instrumentów pomiarowych. Zależność ta występuje od początków astronomii, a pokonywane kolejno bariery technologiczne są dążeniem do dalszego zwiększania skali teleskopów. We współczesnych obserwatoriach stosowane są niemal wyłącznie wynalezione w XVII wieku teleskopy zwierciadlane, zwane również reflektorami. Dzięki zastosowaniu zwierciadeł, średnica teleskopu wzrosła: w 1789 r. do 126 cm (teleskop W. Herschela), w roku 1845 do 183 cm (teleskop Leviathana). W roku 1948 powstał 200 calowy teleskop Hale'a (średnica zwierciadła równa 508 cm). Teleskopy te pozostają największymi na świecie aparaturami wykorzystującymi pojedyncze zwierciadło. Konstrukcja wielkośrednicowych zwierciadeł napotkała problemy natury konstrukcyjnej i wykonawczej- przy rosnącej średnicy pojawiały się zniekształcenia; monozwierciadła zastąpiono więc zwierciadłem zbudowanym z wielu mniejszych modułów, tzw. mozaikowym. Zwierciadła mozaikowe są sercem współczesnych, wielkogabarytowych teleskopów. Do tych o największej aperturze zalicza się Gran Telescopio Canarias o średnicy 10,4 m w Hiszpanii, bliźniacze teleskopy Kecka na Hawajach oraz teleskop SALT w Południowej Afryce wyposażony w sześciokątne zwierciadło o 11 metrowym boku. Planowana na rok 2024 inwestycja, Ekstremalnie Wielki Teleskop, zlokalizowany w Republice Chile ma zostać wyposażony w zwierciadło mozaikowe o średnicy 39 metrów. W 2027 planowane jest oddanie do użytku kolejnego megateleskopu - Thirty Meter Telescope zlokalizowanego na Hawajach, ze zwierciadłem o średnicy 30 metrów, złożonym z 492 heksagonalnych luster.

skali teleskopów: kratownice będące konstrukcją kopuł obserwatorium, optymalizowane są dzięki zastosowaniu projektowania parametrycznego, przez co bez trudu podążają za rosnącym rozmiarem aparatury będącej ich wyposażeniem⁴. Wielkogabarytowe formy dominują przestrzeń, w której się znajdują, stają się najmocniejszym jej elementem.

Celem projektu była próba zrealizowania w pełni programu funkcjonalnego centrum badawczego wraz z obserwatorium w sposób dyskretny, z poszanowaniem dla naturalnego krajobrazu doliny Wadi Rum. Podjęta w ramach projektu dyplomowego próba odpowiedzi na problem, zakłada ukrycie obiektu w terenie - decyzja o projektowaniu obiektu w dużej mierze jako podziemnego podyktowana jest chęcią ukrycia go w krajobrazie.

W konsekwencji przyjętych założeń projektowych, program funkcjonalny obiektu nie definiuje jego formy, a ilość odjętej z gruntu kubatury, w czego następstwie pojęcia formy i elewacji również zyskują nowe definicje. Odpowiedzią na problematykę podjętego zadania projektowego okazała się być analiza architektury starożytnego miasta Petra - odległego o niecałe 100 km od miejsca założonego jako lokalizacja projektowanego obiektu.

Petra - miasto wykute w skale

Na terenie Królestwa Jordanii, będącego wybraną lokalizacją centrum badawczego, w jej południowo-zachodniej części znajdują się ruiny starożytnego miasta Nabatejczyków⁵. Architektura Petry, kształtowana przez budowle wykute w skale, nosiła znamiona wpływów kulturowych z Egiptu, Rzymu, Grecji i Syrii⁶. Niezwykły był również sposób komponowania jedynej, frontowej elewacji obiektów, która kształtowana była bez stosowania powszechnie stosowanej idei złotego podziału.

Bardzo silnie działający jest kontrast gładkiej faktury elewacji, rzeźbionej przez precyzyjne formy, z surową strukturą skały, w której wykuty jest budynek. Jako elewację odbiera się więc niejako całą frontową ścianę skały, nie tylko jej zaprojektowany fragment. Dodatkowy detal tworzony jest przez geologiczne warstwy skały, które odsłonięte przez dłuto ukazują swoją strukturę - wielobarwne pasy w odcieniach od płowych do głębokich czerwieni.

Studiowanie tych starożytnych budowli doprowadziło do następujących wniosków:

- w obiektach wykutych w skale jako fasada obiektu odczytywany jest dużo większy fragment, niż jedynie projektowany; kontrast naturalnych formacji skalnych i projektowanych form jest dodatkowym walorem; analogicznie odbierana jest elewacja projektowanego budynku podziemnego części badawczej (jako elewacja rozumiany jest rzut dachu widziany z góry);

4 Praca zbiorowa: Osiąganie nowych granic w astronomii (pol.). ESO, 2014-październik. s. 22-23. [dostęp 2021-03-12]

5 B. Sobieraj, *Petra – skalne miasto Nabatejczyków*, [w:] „Archeologia Żywa” 1/2005 (31), s. 30-34.

6 F. Bourbon, *Petra. Sztuka i historia. Przewodnik po stolicy Nabatejczyków*, Warszawa 2001

- w niemal wszystkich przykładach budowli z Petry zewnętrzna fasada kreowana jest bez ścisłego związku z wnętrzem; monumentalne formy kryją stosunkowo niewielkie komnaty (np. Ad-Dajr z elewacją o szerokości niemal 50 m za którą kryje się komnata o wymiarach 11,25 x 12,1 m) lub komnaty o zaskakującym kształcie (tj. sześciokątna komnata w Al-Chazna)⁷;
- elewacja o kolorystyce dokładnie odpowiadającej kolorystyce otoczenia, mimo monumentalizmu i rzeźbiarskiego detalu z łatwością staje się integralną częścią krajobrazu;
- nie bez znaczenia jest również aspekt funkcjonalny takiego rozwiązania - we wnętrzach wykutych w skałach temperatura jest znacznie niższa niż temperatura otoczenia, co w pustynnym klimacie stanowi niezaprzeczalną zaletę.



Ryc. 2. Al-Chazana, Petra, Jordania. Źródło: <https://disco.b-cdn.net/wp-content/uploads/2019/07/Treasury-Petra-Entrance.jpg>

7 W. Machowski, *Petra*, Ossolineum, Wrocław 2007, s. 56-59.

Inspirując się wyrazem estetycznym architektury Petry, której elewacje utrzymane są w tonacji otaczającego krajobrazu, jako materiał wiodący wybrano beton barwiony w masie na odcień zbliżony do koloru naturalnych skał. Użyty jest zarówno w zewnętrznych elementach budynku tj. elewacje, posadzki, schody i pochylnie, jak i elementy małej architektury. Dzięki temu budynek z łatwością wpasowuje się w otoczenie. Wyjątek - ze względów technicznych - stanowi materiał elewacji kopuły obserwatorium - stanowią one wyraźnie obcy element krajobrazu. Wykonane z refleksyjnej blachy, dzięki zabiegowi zagłębienia budynku obserwatorium w terenie, rysują się w krajobrazie jako dwie surrealistyczne kule zatopione w piaskach pustyni. Dzięki takim zabiegom, projektowany budynek miał stać się detalem wzbogacającym krajobraz, nie jego dominantą.

Lokalizacja

Dolina Wadi Rum położona jest w południowo-zachodniej części Jordanii, niedaleko granicy z Arabią Saudyjską⁸. Niesamowity, księżycowy krajobraz w którym dominują odcienie czerwieni tworzą piaszczyste doliny otoczone skalnymi formacjami o wyjątkowych kształtach. Struktura terenu jest wynikiem kolizji płyt tektonicznych arabskiej i anatolijskiej w okresie otwarcia się szczeliny Morza Martwego, jak i długotrwałych procesów geologicznych – wadi (arab. dolina) to termin określający suchą dolinę rzeczną, która niegdyś w porze deszczowej wypełniała się wodą tworzącą potoki i rzeki. Naturalny krajobraz doliny Wadi Rum, nazywanej też Doliną Księżycową, jest uderzająco podobny do tego widocznego na kadrach przesłanych przez łazik CURIOSITY z powierzchni pierwszej eksplorowanej przez człowieka planety - Marsa⁹.

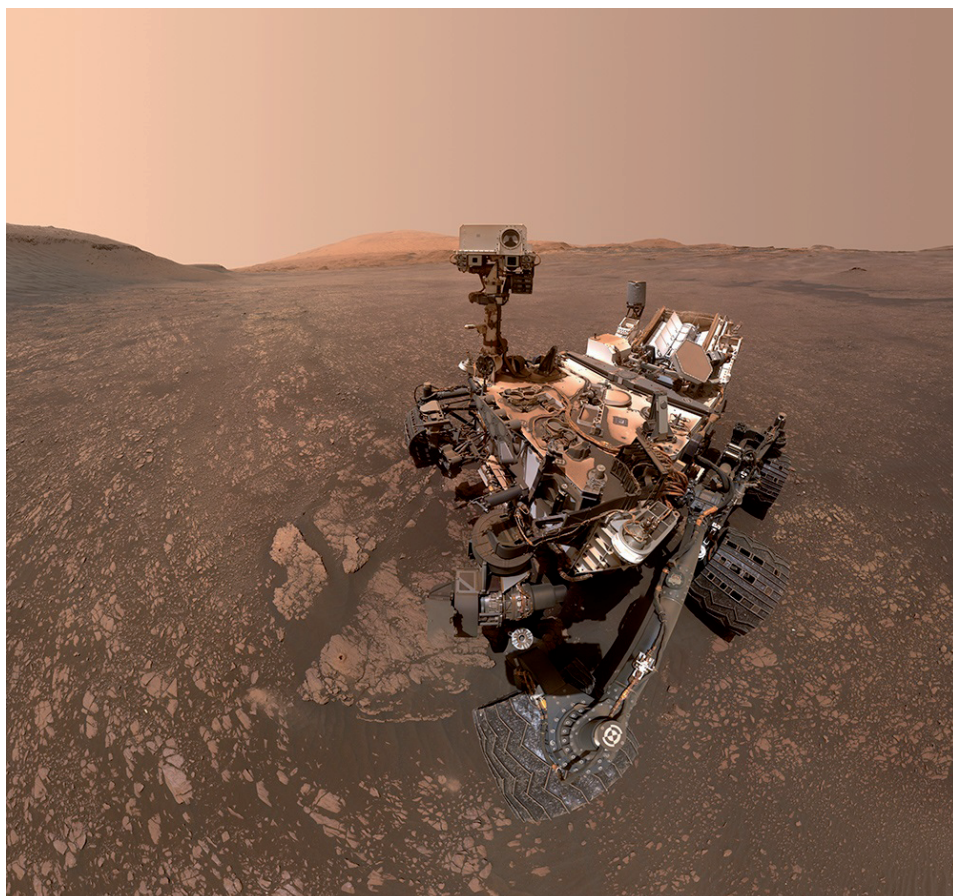


Ryc. 3. Dolina Wadi Rum. Źródło: <https://www.surfski.pl/blog/wp-content/uploads/2014/01/DSCF2291.jpg>

⁸ I. Mannheim, *Jordan. Footprint Handbooks*, 2000.

⁹ J. Nelson, *Mars Science Laboratory Curiosity Rover*, [w:] nasa.com. [dostęp 11.08.2019]

Od 2011 roku główny obszar doliny Wadi Rum figuruje na liście światowego dziedzictwa kulturowego i przyrodniczego UNESCO¹⁰. Wybrana lokalizacja znajduje się na granicy strefy buforowej¹¹. Poza względami estetycznymi, czynnikami wpływającymi na podjęcie decyzji o wybraniu doliny Wadi Rum jako miejsca lokalizacji projektowanego obiektu były korzystne uwarunkowania pogodowe, oraz długa tradycja obserwacji nieba na Bliskim Wschodzie¹², będącego głównym ośrodkiem astronomicznym w czasach średniowiecza. Dodatkowym atutem jest fakt, że pustylny, nisko zurbanizowany krajobraz pozostaje praktycznie nieskażony światłem sztucznym, którego migotanie zniekształca dane odczytywane z teleskopu.



Ryc. 4. Mars - zdjęcie wykonane przez łazik Curiosity. Źródło: NASA: <https://mars.nasa.gov/>

10 UNESCO World Heritage Centre, *Wadi Rum Protected Area*, whc.unesco.org [dostęp 2019-06-15]

11 Projektowany budynek nie narusza obszaru chronionego Wadi Rum, a zagłębienie go w terenie dodatkowo zniwelowało jego wpływ na naturalny krajobraz.

12 R. W. Lebling, *Arabic in the Sky*, [w:] „Saudi Aramco World” Volume 61, No. 5, 2010, s. 24–33.

Uwarunkowania pogodowe

Niezwykle istotnym aspektem przy wyborze miejsca lokalizacji obserwatorium astronomicznego są panujące na danym terenie uwarunkowania pogodowe. Najważniejszym z nich jest widoczność oraz tendencja do tworzenia się zjawisk pogodowych uniemożliwiających obserwację. W celu pozyskania możliwie najdokładniejszych danych pogodowych dla wybranego obszaru, odczytano depesze METAR¹³ z najbliższej stacji meteorologicznej znajdującej się na terenie oddalonego o około 40km od Wadi Rum portu lotniczego King Hussein International Airport J26C+F2 Akaba, N29°36.70' E035°01.08' Jordania; kod lotniska: ICAO/IARA: OJAQ/AQJ; konwersja czasu UTC -2:00.

Archiwalne depesze dla czerwca, lipca i sierpnia z 2019 roku. Sprawdzone wskazania dla godziny 17:00 UTC, 15:00 czasu lokalnego, ponieważ jest to czas najbardziej dynamicznego kształtowania się zjawisk pogodowych, a więc zwykle są to najbardziej niekorzystne warunki w ciągu całej doby, oraz dla godziny 6:00 UTC (4:00 czasu lokalnego), kiedy jest największa tendencja do powstawania mgieł.

Dodatkowo, z uwagi na fakt, że pora zimowa (oraz niekorzystne zjawiska pogodowe) występuje w Jordanii w okresie od listopada do marca, sprawdzono również dane pogodowe dla tych miesięcy, dla dni: 10, 20 i 30 dzień miesiąca z uwagi na ograniczenia serwera przechowującego archiwalne depesze METAR starsze niż trzy miesiące.

LISTOPAD:

godziny popołudniowe:

OJAQ 101700Z 34010KT 9999 FEW030 22/11 Q1013 NOSIG

OJAQ 201700Z 36012KT CAVOK 27/12 Q1017 NOSIG

OJAQ 301700Z 35008KT CAVOK 22/06 Q1013 NOSIG

godziny nocne:

OJAQ 100400Z 36008KT 9999 SCT030 21/13 Q1012 NOSIG

OJAQ 200400Z 00000KT CAVOK 18/07 Q1018 NOSIG

OJAQ 300400Z 00000KT CAVOK 19/16 Q1011 NOSIG¹⁴

Zaznaczony pogrubioną czcionką fragment depeszy zawiera informacje o widoczności. CAVOK lub 9999 oznacza widoczność powyżej 10 km; taka prognoza przeważa w znacznej części roku, nawet w najbardziej niekorzystnym sezonie zimowym. W okresie poddanym badaniom najmniej korzystne warunki wypadają w dniu 30.03.2019 gdzie depesza informuje o widoczności 5 km; skróć

13 akronimem od ang. Meteorological Aerodrome Report; komentarz autora

14 dane ze strony <https://navlost.eu/#/metar> [dostęp: 2019-08-21]

DU oznacza pył, natomiast SCT040 informuje o 3-4/8 nieba pokrytego chmurami o podstawie 400 stóp¹⁵.

Analiza archiwalnych raportów pogodowych wykazała, że warunki panujące na terenie wybranym pod lokalizację obserwatorium są bardzo sprzyjające. Okres bezchmurny w tym rejonie wynosi 300 dni w roku¹⁶.

Kontekst

Z uwagi na wyznaczenie granicy obszaru chronionego, duża część Wadi Rum¹⁷ pozostaje niezabudowana. Sezonowo pojawiają się w jej obrębie osiedla turystyczne, w formie budynków tymczasowych - od tradycyjnych beduińskich namiotów po nowoczesne, sferyczne kapsuły.



Ryc. 5. The Martian Camp - wioska turystyczna w Wadi Rum. Źródło:https://lonelyplanetwpnews.imgix.net/2017/04/Freedomes_Martian_Glamping_1.jpg

W 2013 r., do użytku zostało oddane obserwatorium Sky Gate Wadi Rum, obiekt funkcjonujący w założeniu wyłącznie jako atrakcja turystyczna; blaszana konstrukcja małych rozmiarów jest obecnie opuszczona. Mimo świetnych warunków pogodowych i doskonałej widoczności, nieprofesjonalna aparatura oraz niskiej jakości architektura skutkowały zupełnym brakiem zainteresowania obserwatorium. Na terenie doliny znajduje się również centrum turystyczne - skromny, jednokondygnacyjny budynek utrzymany w kolorystyce spójnej z otoczeniem.

Architekturę Wadi Rum tworzą więc w dużej mierze naturalne formacje skalne.

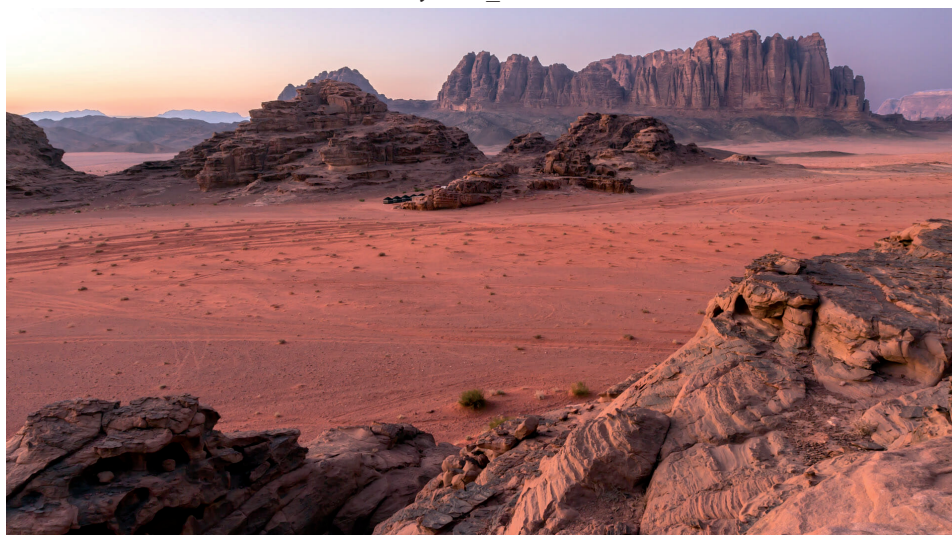
15 <https://pl.wikipedia.org/wiki/METAR> [dostęp: 2021-03-11]

16 <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine-in-Jordan> [dostęp: 2019-06-21]

17 <https://www.jordangrouptours.com/tourism-news/sky-gate-telescope-in-wadi-rum> [dostęp: 2019-06-12]



Ryc. 6. Obserwatorium Sky Gate w Wadi Rum, Jordania. Źródło:https://www.jordangrouptours.com/images/JordanTours/jordan_tours_-_wadi_rum_24/Wadi_Rum_SkyGate_5.JPG

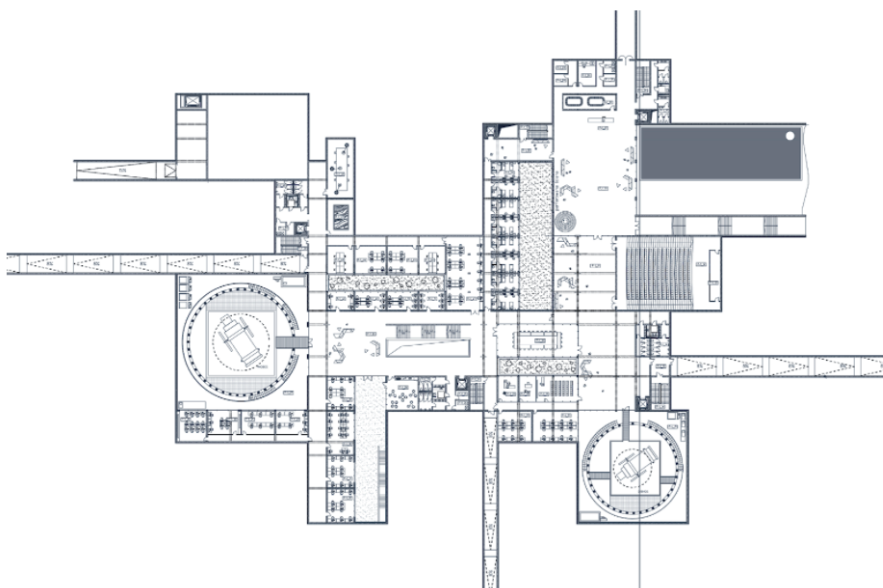


Ryc. 7. Formacje skalne w Dolinie Wadi Rum. Źródło:<https://www.steppestravel.com/app/uploads/2019/06/wadi-rum-landscape-jordan.jpg>

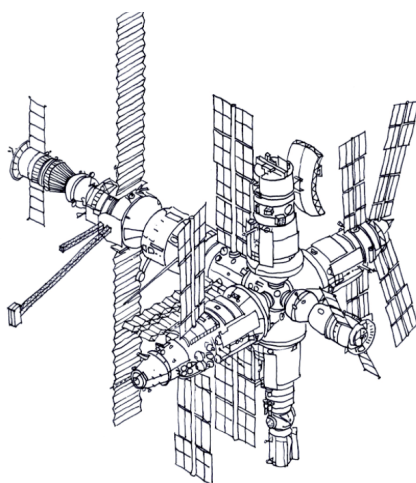
Forma i funkcja

Po przeprowadzeniu przytoczonych analiz, rozpoczęto prace nad programem funkcjonalnym projektowanego ośrodka badawczego. Inspiracją projektowanego układu funkcjonalnego centrum badawczego był sposób funkcjonowania stacji kosmicznych - gdzie kolejne funkcjonalne moduły podłączone są do głównego

modułu stanowiącego trzon komunikacji. W skład projektowanego kompleksu ośrodka badawczego Wadi Rum wchodzi dwa połączone ze sobą podziemnym i naziemnym traktem pieszym budynki. Program funkcjonalny głównego, podziemnego budynku badawczo-naukowego przewiduje dwa obserwatoria astronomiczne, zaplecze laboratoryjne, halę technologiczną z zapleczem magazynowym, pokoje administracyjne i biurowe, sale konferencyjne i dydaktyczne, strefę co-work oraz moduł mieszkalny przeznaczony dla pracowników ośrodka.

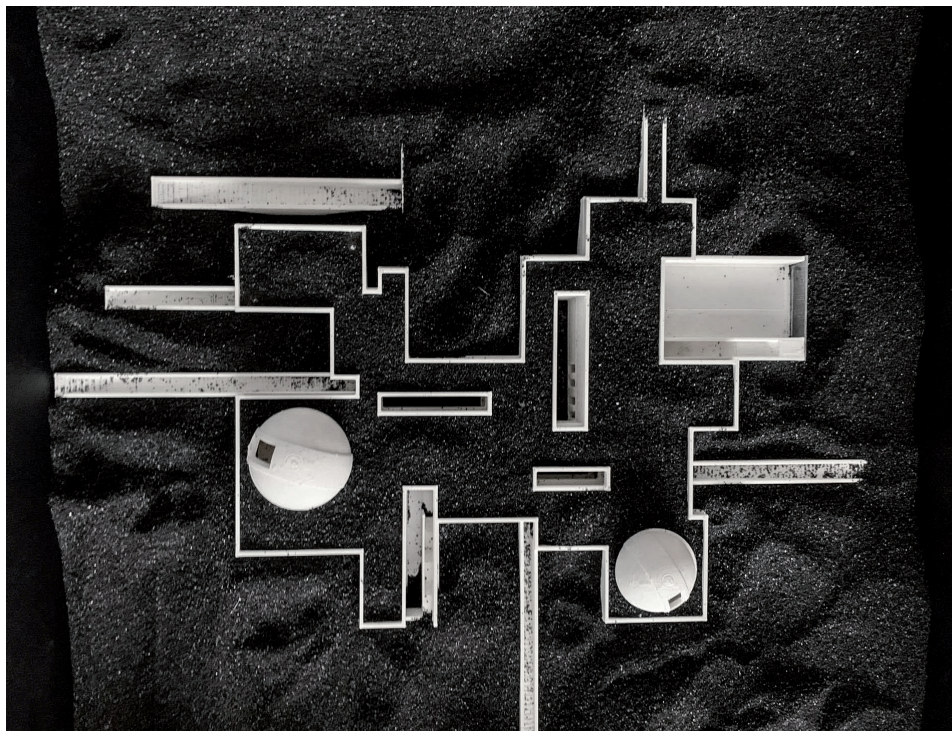


Ryc. 8. Rzut kondygnacji - 1 projektowanego ośrodka badawczego. Źródło: praca własna



Ryc. 9. Stacja kosmiczna MIR2. Źródło: praca własna

Drugi obiekt o funkcji hotelowo-rekreacyjnej wykuty jest w naturalnej formacji skalnej, a program funkcjonalny zakłada realizację pokoi hotelowych dla gości oraz inwestorów, recepcję z foyer oraz restaurację z zapleczem gastronomicznym, z widokiem na kompleks obserwatorium.



Ryc. 10. Makieta Ośrodka badawczego w Wadi Rum. Źródło: praca magisterska pod kierunkiem dr. Tomasza Krotowskiego



Ryc. 11. Projekt Ośrodka badawczego w Wadi Rum. Źródło: praca magisterska pod kierunkiem dr. Tomasza Krotowskiego

Budynek centrum badawczego planowany jest jako podziemny - jedynym jego nadziemnym elementem są dwie kopuły skrywające teleskopy. Nieregularny, swobodnie kształtowany plan podąża za projektowaną funkcją. Główne wejście prowadzi przez patio, doświetlające hol recepcji. Pomieszczenia biurowe i administracyjne oraz pokoje jednostki mieszkalnej doświetlają kolejne patia. Wertykalne i horyzontalne linie pochylni ewakuacyjnych porządkują bryłę. Kompozycja kopuł i zagłębień tworzy piątą elewację obiektu, widoczną z okien kompleksu hotelowego. Lekkości we wnętrzach mają nadać projektowane przeszklenia tworzące atrakcyjne wielopłany. Oparty na prostokątnej kompozycji rzut kontrastują dwa okręgi kopuł wpisanych w kwadratowe hale. Forma budynku hotelowego ukryta jest w masywie skalnej ściany. Projektowany budynek posiada tylko jedną frontową elewację. Gładkie linie w interesujący sposób kontrastują z chropowatą strukturą naturalnego kamienia. Strukturę elewacji buduje beton architektoniczny barwiony w masie oraz przeszklenia o szlachetnym podziale.

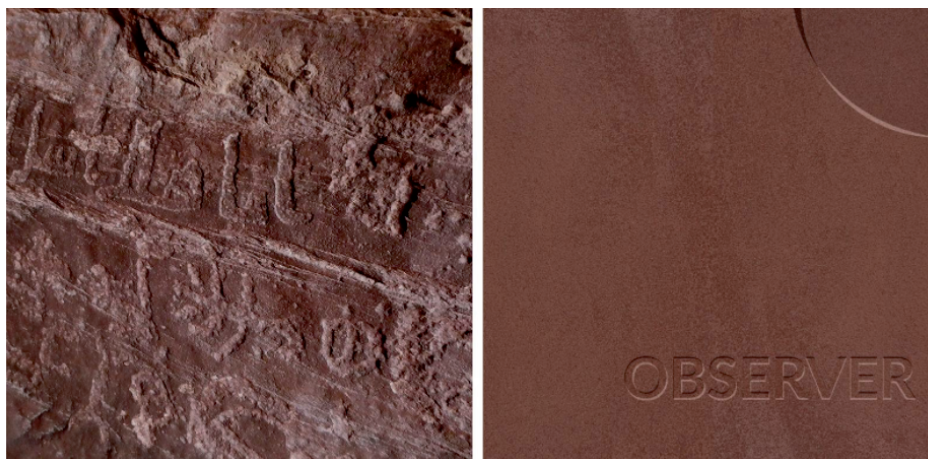
Detal architektoniczny stanowią schody i pochylnia prowadzące z poziomu gruntu na taras - przedpole hotelu. W pokojach hotelowych zastosowano okiennice z perforowanej blachy corten. Budynek doświetlają pasy przeszkleń osadzone w profilach aluminiowych malowanych na kolor RAL 3009 (czerwony tlenkowy) tj w tej samej kolorystyce co elewacje, o kilka tonów ciemniejszy. Pełne drzwi zewnętrzne wykonano z blachy corten. We wnętrzach budynku zaplanowano nawiązujące materiałowo do poszycia kopuł słupy ze stali polerowanej. Ściany wewnętrzne zaplanowano z jasno szarego betonu architektonicznego wylewanego in situ. Posadzki projektowane są z betonu zacieranego o tej samej kolorystyce.

We wnętrzach przestrzeni foyer i audytorium zastosowano zabieg estetyczny polegający na wprowadzeniu perforacji w ścianach na granicy wnętrza i zewnątrz - tj. w ścianie oddzielającej patio jednostki mieszkalnej od foyer ośrodka badawczego, w ścianie bocznej audytorium oraz w jednej ze ścian hali obserwatorium graniczącej z otwartą pochylnią; pozorną perforacją uzyskana jest dzięki wprowadzeniu okrągłych, szklanych modułów o małej średnicy. Przenikające przez nie światło przywodzić ma na myśl gwiazdne konstelacje. Detal jest inspirowany rozwiązaniem elewacji Centrum Sztuki na Teneryfie projektu szwajcarskiego biura Herzog & de Meuron¹⁸.

We wnętrzach projektowanego obiektu hotelowego pozostawiono fragmenty naturalnych skał. w tej części kompleksu beton zaplanowano jako barwiony na kolor zbliżony do ścian co ma potęgować wrażenie spójności wnętrza z zewnątrz oraz podkreślić wyjątkowy charakter budynku wykutego w skale. W pokojach hotelowych zaprojektowano zacieniające okiennice z perforowanej blachy corten. Rysunek perforacji jest syntezą ornamentu charakterystycznego dla Bliskiego Wschodu. W pokojach hotelowych zastosowano detal nawiązujący do perforowanych ścian w ośrodku badawczym, rozwiązany jednak w nieco inny sposób. Z uwagi na fakt, że zdobiona ściana dzieli wnętrze (a nie jak w przypadku ścian obserwatorium - wnętrze i zewnątrz) zastosowano luksfery o nietypowym kształcie wtopione w ścianę z betonu architektonicznego. W nawiązaniu

18 <https://www.herzogdemeuron.com/index.html> [dostęp: 2021-03-18]

do petroglifów odkrytych na skałach Wadi Rum planowane jest nadanie detalu ścianom wewnętrznym przez wyciskanie w nich napisów i grafik informacyjnych oraz schematów gwiazdnych konstelacji.



Ryc. 12. Petroglify odkryte w Wadi Rum oraz projektowane nawiązujące do nich wytłoczenia w betonowych ścianach. Źródło: <https://media-cdn.tripadvisor.com/media/photo-s/11/3a/a4/7e/petroglyphs.jpg>. projektowany detal: praca własna

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii

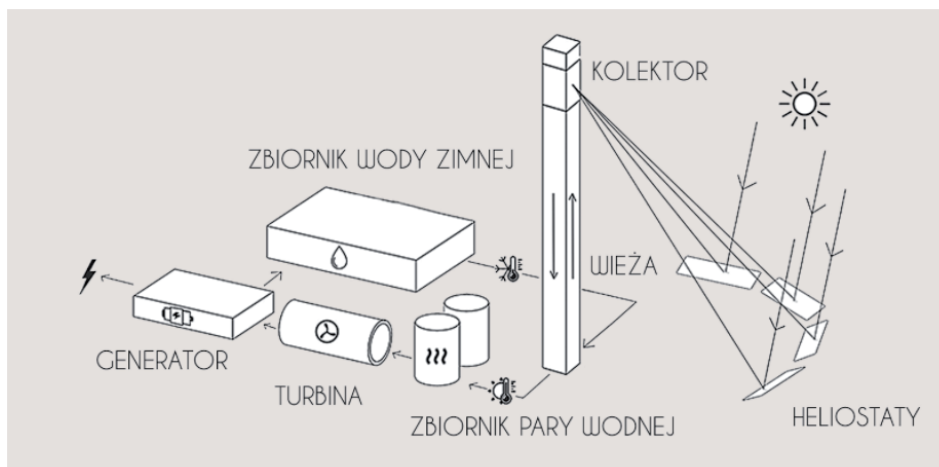
Poza naturalnym chłodzeniem budynku osiągniętym przez projektowanie kompleksu jako podziemnego, planowane jest stosowanie urządzeń generujących prąd z wykorzystaniem źródeł energii odnawialnej. Na Bliskim Wschodzie największą popularnością cieszą się elektrownie napędzane energią słoneczną - duże nasłonecznienie trwające przez większą część roku oraz suchy klimat sprzyjają wydajności generatorów solarnych. Obecnie na terenie Królestwa Jordanii zdecydowana większość budynków mieszkalnych wyposażona jest w kolektory. Zaspokajają one większość ich zapotrzebowania na energię elektryczną. Z uwagi na specyfikę funkcjonowania projektowanego centrum badawczego moc generowanego przez nie prądu nie byłaby wystarczająca, by w znaczący sposób obniżyć jego zapotrzebowanie o zewnętrzną energię elektryczną. Istnieją jednak systemy wykorzystujące energię Słońca generujące znacznie większą ilość prądu oraz posiadają zbiorniki pozwalające magazynowanie go w dużych ilościach. Projekt ośrodka badawczego w Jordanii zakłada wieżę solarną pokrywającą zapotrzebowanie jednostki na energię elektryczną.

W projekcie przewidziano wieżę centralną, zwaną inaczej heliostatyczną. Zasada ich działania jest następująca - okalające wieżę wysoce refleksyjne panele, kierują skoncentrowany blask słońca na kolektor - odbiornik umieszczony na jej szczycie. Skoncentrowana energia termiczna Słońca powoduje nagrzewanie się kolektora do wartości przekraczających 500°C. Panele wykonane są z parabolicznego, bądź tańszego płaskiego szkła. Ich pozycja jest mobilna, tak by ich powierzchnia była możliwie najbardziej oświetlona. Kolektor wyposażony jest w zbiornik wodny, bądź w zbiornik roztworu azotanu sodu (60%) i potasu

(40%). Zastosowanie roztworu zamiast czystej wody miało pozytywny wpływ na jego pojemność cieplną. Magazynowana energia pozwala na wytwarzanie energii elektrycznej również w nocy. Rozgrzanie roztworu do wysokich temperatur powoduje wytworzenie się pary wodnej, napędzającej turbiny, których energia kinetyczna przetwarzana jest przez generator w energię elektryczną. Następnie temperatura roztworu jest obniżana (chłodzenie odbywa się z wykorzystaniem wody lub wiatru) a następnie ponownie przekazywana do kolektora, gdzie ulega ponownemu nagrzaniu¹⁹. Zasada działania została pokazana na poniższym schemacie.



Ryc. 13. Wieża solarna heliostatyczna Ashdod Power Station w Izraelu. Źródło: https://helioscsp.com/wp-content/uploads/2017/03/advanced_software_allows_for_increased_energy_production_at_the_121_mw_ashdod_csp_plant_in_israel_credit-brightsource_energy.jpg



Ryc. 14. Zasada działania wieży solarnej. Źródło: praca własna.

19 M. Berger, M. Mokhtar, *Direct Steam Generation for Process Heat using Fresnel Collectors*, [w:] „Int. J. of Thermal & Environmental Engineering” Vol.10, No.1, 2015, s. 3-9.

Podsumowanie

Prezentowany artykuł jest zapisem procesu projektowego przeprowadzonego w ramach pracy dyplomowej magisterskiej, obronionej we wrześniu 2019 roku.

W trakcie powstawania pracy, sformułowane zostały następujące wnioski:

- odpowiedzią na projektowanie w kontekście naturalnego krajobrazu może być ukrycie obiektu w terenie;
- decyzja o projektowaniu budynku w dużej mierze jako podziemnego, jest przyczynkiem do odejścia od standardowego sposobu myślenia o architekturze: funkcji, formie oraz elewacji;
- w budynkach podziemnych lub wykutych w skale zewnętrzna fasada może być kreowana bez ścisłego związku z wnętrzem (tj. w wykutych w skale budynkach w mieście Petra, gdzie bogate w detal elewacje wykute na powierzchni skał sugerowały wielokondygnacyjne wnętrza, skrywając w rzeczywistości niewielkie, jednokondygnacyjne, pozbawione detalu komnaty tj. świątynia Ad-Dajr z elewacją o szerokości niemal 50 m za którą kryje się komnata o wymiarach 11,25 x 12,1 m);
- zastosowanie w projekcie materiałów o kolorystyce zbliżonej do kolorystyki otoczenia, powoduje, że projektowany obiekt staje się częścią zastanego krajobrazu, co sprzyja idei ukrycia obiektu w terenie;
- analogicznie, wszelkie elementy o wyraźnie odmiennej teksturze stają się akcentem (tj. metalowe poszycie kopuły);
- w budynku projektowanym jako podziemny, wyrazu nadawać może rzut dachu. Powstała kompozycja może stanowić interesujący element obiektu, szczególnie jeśli w ramach kompleksu przewidziane zostanie miejsce do obserwacji tej kompozycji z lotu ptaka (w projektowanym ośrodku badawczym jest to wykuty w skale kompleks hotelowy wraz z tarasami zewnętrznymi);

Pragnę podziękować promotorowi dr. inż. Tomaszowi Krotowskiemu z Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, za zaangażowanie i odwagę wspólnego podjęcia trudnego pod względem technologicznym tematu. Rezultat w postaci ośrodka badawczego skupionego na eksploracji nocnego nieba zlokalizowanego w malowniczej dolinie Wadi Rum w Jordanii jest spełnieniem moich projektowych marzeń, wynikających z długoletniej pasji do astronomii. Za wsparcie przy powstawaniu projektu dziękuję również łódzkiemu oddziałowi Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii, którego mam przyjemność być członkinią.

Bibliografia:

- Berger M., Mokhtar M., *Direct Steam Generation for Process Heat using Fresnel Collectors*, [w:] „Int. J. of Thermal & Environmental Engineering” 2015, Vol. 10, No. 1, s. 3-9.
- Bourbon, F., *Petra. Sztuka i historia. Przewodnik po stolicy Nabatejczyków*, Warszawa 2001.
- Browning I., *Petra*, Chatto & Windus, Londyn 1989.
- Herz N., Ervan G. Garrison, *Geological Methods for Archaeology*, Oxford University Press, Oxford 1998, s. 209.
- Holl S., Pallasmaa J., Perez-Gomez J., *Questions of Perception: Phenomenology of Architecture*, 2nd Edition, William K Stout Pub, New York 2006.

- King H., *The history of the telescope*, Dover Publications, New York 2003.
- Lebling, R.W., *Arabic in the Sky*, [w:] „Saudi Aramco World” 2010, Vol. 61, No. 5.
- Machowski W., *Petra*. Ossolineum, Wrocław 2007, s. 56-59.
- Mannheim I., *Jordan. Footprint Handbooks*, 2000, (dostęp: 07.11.2019).
- Menis F., *Architecture: Reason + Emotion*, Actar 2008.
- Nelson J. „Mars Science Laboratory Curiosity Rover, nasa.com. O’Gorman J., *Three American Architects: Richardson, Sullivan, and Wright*, University of Chicago Press, Chicago 1992, (dostęp 11.08.2019).
- Praca zbiorowa: *Osiąganie nowych granic w astronomii*, ESO, 2014 s. 22-23.
- Sullivan L. H., *The tall office building artistically considered*, „Lippincott’s Magazine”, 1896, March.
- Sobieraj B., *Petra – skalne miasto Nabatejczyków*, [w:] „Archeologia Żywa” 2005, nr 1 vol. 31, ss. 30-34.
- <https://www.jordangrouptours.com/tourism-news/sky-gate-telescope-in-wadi-rum> (dostęp: 06.12.2019).
- <https://pl.wikipedia.org/wiki/METAR> (dostęp: 03.11.2021).
- <https://weather-and-climate.com/average-monthly-Rainfall-Temperature-Sunshine-in-Jordan> (dostęp: 06.21.2019).
- <https://www.herzogdemeuron.com/index.html> (dostęp: 03.18.2021).
- http://www.sarp.org.pl/pokaz/wyniki_konkursu_o_doroczna_nagrade_sarp%25C2%25A0im._zbyszka_zawistowskiego,2945/ (dostęp: 03.19.2021).

Archiwalia:

Dane ze strony <https://navlost.eu/#/metar> [dostęp: 2019-08-21]

UNESCO World Heritage Centre, *Wadi Rum Protected Area*, whc.unesco.org [dostęp 2019-06-15]

Subtraction follows function. The process of creating the Astronomical Observatory project in the Wadi Rum valley in Jordan.

Summary

The design of the research center in Wadi Rum, Jordan, is an attempt to solve the problem of designing architecture in a place where the breathtaking beauty of the surrounding scenery leads to solutions that are not competitive to the beauty of the landscape. Design process based on subtraction was a challenge, causing a deviation from the standard way of creating an architectural object and redefining the concept of form, function and facade of the building. The presented article is a record of architectural impressions and reflections that gave rise to a new look at the process of creating architecture.

key words: underground building, Wadi Rum, astronomical observatory, Dyplom Roku competition