

ARCHITECTURE

ARCHITEKTURA

HANNA MICHALAK

Prof. PhD DSc Eng.

Warsaw University of Technology

Faculty of Architecture

e-mail: hanna.michalak@pw.edu.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5914-4859>

ALEKSANDRA TORBERNTSSON

Prof. D.Sc. Ph.D. Eng.

Warsaw University of Technology

Doctoral School

e-mail: aleksandra.grzelak3.dokt@pw.edu.pl

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3689-8978>

ON THE ARCHITECTURAL DESIGN OF STADIUMS FOR THE 2022 MENS'S WORLD CUP IN QATAR

O KSZTAŁTOWANIU ARCHITEKTONICZNYM STADIONÓW NA XXII MISTRZOSTWA ŚWIATA W PIŁCE NOŻNEJ — KATAR 2022

ABSTRACT

The 2022 FIFA Men's World Cup in Qatar was held in eight stadiums. It was a unique event in many ways, including the fact that seven (out of eight) new stadiums were built specifically for the World Cup. The result was modern facilities, both in terms of their attractive and innovative architectural design and the structural, technological and infrastructural solutions.

The 2022 World Cup was treated as a priority project that would spearhead extensive publicity and promotion of Qatar. For this reason, all venues were spatially and architecturally designed according to a shared set of principles. In particular, they were designed with reference to the key elements that constitute the identity and cultural heritage of the Qatari community.

One important common feature of all the stadiums is that they were designed with the community's sports infrastructure needs in mind, even after the end of the World Cup. For this reason, partial dismantling and a reduction of the volume of the facility, or complete demolition of the facility, was taken into account during the design stage.

The aim of this paper is to analyse the architectural features of the sports stadiums of the 2022 FIFA World Cup in Qatar, to identify the general design principles and considerations and to provide conclusions on the architecture of these facilities.

The case study was used as the primary research method and the scope of the study covered eight sports stadiums of the 2022 World Cup in Qatar.

The research was conducted by studying and analysing documents, papers, and promotional materials, etc. related to the 2022 World Cup from online sources.

Keywords: World Cup, sports stadium, architectural design, Qatar 2022

STRESZCZENIE

XXII Mistrzostwa Świata w Piłce Nożnej 2022 w Katarze zostały rozegrane na ośmiu stadionach. Stanowiły wydarzenie pod wieloma względami wyjątkowe, w tym między innymi z uwagi na fakt wybudowania siedmiu (spośród ośmiu) nowych stadionów dedykowanych tej imprezie sportowej. W konsekwencji powstały obiekty nowoczesne, zarówno pod względem atrakcyjnie i nowatorsko ukształtowanej formy architektonicznej, jak również zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, technologicznych i infrastruktury technicznej.



Mundial 2022 został potraktowany jako przedsięwzięcie priorytetowe, umożliwiające szeroką reklamę i promocję Kataru. W związku z tym wszystkie obiekty zostały zaprojektowane przestrzennie i architektonicznie z uwzględnieniem wspólnych zasad, a w szczególności ukształtowane z nawiązaniem do najistotniejszych elementów budujących tożsamość i dziedzictwo kulturowe społeczności katarskiej.

Istotną cechą wspólną wszystkich stadionów jest to, że były projektowane z uwzględnieniem zapotrzebowania danej społeczności w zakresie infrastruktury sportowej, również po zakończeniu mundialu. Z tych względów w rozwiązaniach projektowych uwzględniano częściowy demontaż skutkujący zmniejszeniem kubatury obiektu bądź jego całkowitą rozbiórkę.

Celem artykułu jest dokonanie analizy rozwiązań architektonicznych stadionów sportowych XXII Mistrzostw Świata w Piłce Nożnej 2022 w Katarze, ogólne scharakteryzowanie przyjętych w tym zakresie założeń i uwarunkowań projektowych, a także przedstawienie wniosków dotyczących kształtowania architektonicznego tych stadionów.

Jako podstawową metodę badań zastosowano studium przypadku, a zakresem badań objęto osiem stadionów sportowych mundialu 2022 w Katarze.

Badania prowadzono na podstawie studiów i analiz dokumentów, prac, materiałów reklamowych itp., dotyczących mundialu 2022, pochodzących ze źródeł internetowych.

Słowa kluczowe: stadion sportowy, kształtowanie architektoniczne, mundial, Katar 2022

1. GENERAL INFORMATION

The FIFA World Cup, also known as the Mundial in Spanish, is organized by FIFA (Fédération Internationale de Football Association) and is one of the most important sporting events for football fans and non-fans alike. The first competition took place in 1930 in Uruguay and is still held every four years (the exceptions were 1942 and 1946) (Pawlikowska-Piechotka and Piechotka, 2017, p. 144–147; Encyclopedia Britannica, 2022).

Sports stadiums which are dedicated to cyclical, important events widely reported by the media are usually innovative facilities in terms of the solutions used, i.e., spatial, functional, construction and installation solutions. As landmarks of cities/regions, they are designed with attention to proper integration into the landscape or urban space, as well as promotion of the local community and country, creating positive aesthetic experiences and impressions for the participants of events organized at them, as well as tourists and residents. For these reasons, stadiums are increasingly often being built using the latest and most innovative solutions in terms of technology, materials and sustainable construction (Ahlfeldt and Maennig, 2010, pp. 629–646; Dendura, 2015, pp. 223–250; Erten and Özfiliz, 2006, pp. 525–541; Mezher, 2003, pp. 46–56; Szlendak et al., 2014, pp. 1–29; Twardowski, 2018, pp. 53–70; Yaroni, 2012, pp. 33–90).

Stadiums where World Cup matches are played must meet relevant FIFA requirements. Both existing stadiums and those newly designed especially for this event are used for this purpose. It should be mentioned that since the 1990s, World Cup matches have usually been played in 10–12 stadiums, with the exception of the 1994 Cup, where nine venues

were used, and the 2022 Cup, with eight stadiums. In addition, since 2002 there has been a trend of at least two countries preparing and organizing the championship, i.e., Japan and South Korea in 2002 or Canada, the United States and Mexico in 2026.

The organization of the 2022 FIFA Men's World Cup was preceded by the submission of a bid from Qatar, the United States, South Korea, Japan and Australia by 2 February 2009. Three of these countries had previously hosted such a sporting event, namely the USA in 1994 and South Korea and Japan in 2002, and therefore had the necessary infrastructure of sports facilities. The FIFA Executive Committee, by a decision of 2 December 2010, awarded the organization of the 2022 World Cup to Qatar, whose candidacy received more votes in the final round than the US bid: 14 votes versus 8 (Ramsay, 2022; *Stadiony Mistrzostw Świata 2022 (Katar)*, 2022).

Goal of the paper

The aim of this paper is to analyse the architectural features of the sports stadiums of the 2022 FIFA World Cup in Qatar, to identify the general principles and design conditions and to present conclusions on the architectural design of these buildings.

Methods and scope

The case study method was used as the primary research method and the scope of the study covered eight sports stadiums of the 2022 World Cup in Qatar.

Literature

The research was conducted by studying and analysing documents, papers, promotional materials, etc., related to the 2022 World Cup from online sources.

2. CHARACTERISTICS OF THE STADIUMS AT THE QATAR WORLD CUP

The 2022 World Cup in Qatar was held in eight stadiums, four of which were located in close proximity to the Qatari capital, Doha. Transportation between the stadiums, which are located within 75 km of each other, is very convenient.

Lusail Iconic Stadium

Stadium, located in the town of Lusail, 20 km from the capital, has the largest capacity (of all 2022 World Cup stadiums), with 88,966 potential spectators. The stadium was designed by three architectural studios: Foster + Partners, AFL Architects and Mannica Architecture. The tender for its construction began in 2014 and construction began in 2017. The facility was expected to be ready by the end of 2020, but the final handover took place on 20 November 2021.

The building was built on a circular layout with a diameter of 293 m at ground level and 323 m in diameter at the roof finial. The shape of the stadium resembles a large bowl, which is a reference to traditional vessels for dried dates.

The building's gold-coloured facade was also inspired by regional culture. It consists of 4,200 triangular aluminium plates, which are reminiscent of the products of a local craft: *fanar* lamps (Ill. 1). The perforated surface of these plates reinforces the 'bowl' effect and also provides shade and diffuses the natural light entering the stadium (Ciula, 2018, pp. 111–125). The roof of the stadium boasts unique aesthetics and rich ornamentation and consists of repetitive diamond-shaped membrane elements. The roof membrane is made of polytetrafluoroethylene (PTFE), which provides protection against climatic elements, i.e., warm wind or dust. At the same time, it provides adequate shading as well as the required interior lighting and consequently contributes to reducing the load on the building's air conditioning system.

The stadium's roof structure is based on a system of 48 diagonal columns forming an interconnected V-shape. The load-bearing structure of the roof is a spatial bar-and-tension truss consisting of two steel rings, i.e., an external and internal ring and also a bar-and-tension system, on which the roof membrane covering is formed.

The stadium was designed as an energy-efficient facility with a zero carbon footprint. It incorporates devices for water efficiency, for leak detection in water systems and reuse of treated used water to water the greenery around the stadium. The construction process was planned in accordance with the principles of sustainability and projected water

consumption, which was 40% lower than in similar construction projects.

The facility has received a number of certifications, including 'five stars' from GSAS Design & Build, and an A* rating from GSAS Construction Management.

An interesting idea for the use of the facility after the World Cup is that parts of it will be adapted to the needs of the local community, i.e., for cafés, shops, clinics or schools. Therefore, some of the fixtures and fittings in the current facility will be modified or dismantled. The dismantled fixtures and fittings will be retained for reuse in other sports infrastructure (Florian, 2022; *Lusail Stadium earns five-star sustainability rating*, 2022; *Lusail Stadium, Foster+Partners*, 2022; *Lusail Stadium: World Cup final venue*, FIFA, 2022; *Lusail Iconic Stadium*, 2022; *Stadion Lusail, FIFA World Cup Qatar 2022*, 2022).

Al Bayt Stadium

More interesting, with a capacity of 68,895 spectators, is Al Bayt Stadium, located in Al Khor, approximately 35 km north of Doha. Construction of the venue began in 2015 and was completed in early 2019. The inaugural match at this stadium was played as a part of the 2021 Arab Cup of Nations tournament between Qatar and Bahrain in 2021.

The shape of the Al Bayt stadium evokes the local tradition, i.e., its design was based on the Bedouin tent Bayt Al Sha'ar (Ill. 2). Tents of this type were used by nomads in the Qatar and Persian Gulf areas. The structure consists of two parts: the 'bowl' of the stadium and the canopy — the 'tent'. It is rectangular and measures 372.5 × 310 m and has a height of 37 m. The facade was designed with a polytetrafluoroethylene (PTFE) membrane in two colours: white and black, arranged horizontally in stripes of varying thickness. The stripes have a symbolic meaning and refer to identification used in the past: the 'ID card' of the family inhabiting the tent. The interiors are decorated with kilims in patterns characteristic of Qatari handicrafts and feature visual elements and necessary accessories that stand for the Qatari flag.

The structure of the roof overhang is trussed and made of steel bars with tubular sections. The roof over the pitch is retractable: supported by two lattice girders placed along the long side of the pitch, along with a truss structure (each truss in the shape of a lens) with a roofing membrane. The grandstands were divided into three levels with the first two lower levels made of reinforced concrete and the upper level made of steel. The facility was equipped with an energy-efficient cooling system comprising water chillers, glycol chillers, ice tanks and thermal energy storage equipment,

as well as an efficient fire and smoke detection, ventilation and air distribution system inside the stadium.

The building was designed in such a way as to keep it cool in the summer and warm in the winter. Recyclable or reusable building materials were used for the structural elements according to the Global Sustainability Assessment System (GSAS) certification.

The Al Bayt Stadium was designed with its future use in mind. For this reason, the stadium has a modular design, which allows its volume to be adapted to current needs or dismantled. The upper floor is to be demolished and the space that will remain converted into a hotel, shopping centre, catering space, gyms, etc. The surroundings of the stadium were also designed to provide the local community with a place for recreation, such as jogging, cycling, and space for different types of exercise (*Al Bayt Stadium, Dar, 2022; Al Bayt Stadium, 2022; Al Bayt Stadium, Al Khor City, 2022*).

Khalifa International Stadium

Khalifa International Stadium is the oldest of the stadiums used for the World Cup, having been commissioned in 1976, and the only one not built specifically for the World Cup. It is located in Aspire, about 5 km from the centre of Qatar's capital, Doha. It has a capacity of 45,857. The stadium was modernized in 2005, which involved the erection of a steel roof structure. The basis of the roof's load-bearing system consists of two steel arches inclined horizontally, braced with lattice and with battens in the middle section. The roof membrane was suspended from these arches with prestressed tendons (Ill. 3). In connection with the preparations for the 2022 World Cup, the eastern stand was extended by a second level between 2014 and 2017.

The roof over the stadium is covered with three different types of membrane, namely PTFE, single-layer ETFE and Tensotherm. Transparent ETFE was used on the south side to provide favourable lighting in the interior of the stadium. At the perimeter ring, the roof was coated with the innovative Tensotherm coating to provide the required thermal insulation.

The stadium has an asymmetrical layout of two-tiered stands resulting from an earlier history of redevelopment (the east stand differs from the west stand). The facility is equipped with an innovative cooling system: the temperature of the pitch is approximately 26 °C, while in the stands it is 24 °C. At the same time, energy consumption is 40% lower than in traditional-type installations (Ikiz, 2022; *Khalifa International Stadium Tensotherm Roof, 2022; Khalifa International Stadium, 2022*).

Ahmad Bin Ali Stadium

Ahmad Bin Ali Stadium, also known as the 'the Gate of the Desert' is located in the city of Al-Rayyan, around 20 km west of the Qatari capital. The facility has a capacity of 45,032 seats. It was built on the site of the previous stadium dating back to 2003. Initially, the old venue was to be upgraded for the 2022 World Cup, but in 2014 it was decided that the building would be demolished and a new one would be built on the same site. Around 90% of its fixtures and fittings, i.e., seating, lighting, etc., were dismantled and used in other stadiums. The rubble from the demolition was used as the base layers of the new facility. Also, soil from the excavation was used for landscaping and planting greenery around the stadium. Construction of the new facility began in 2016 and was completed in late 2020.

The shape of the stadium is rectangular. The facade is covered with multimedia screens in front of which there is a metal mesh of varying weave density: denser at the bottom and thinner at the top. This facade is a contemporary interpretation of the traditional craftsmanship and decoration of Qatari houses from the Doha area, called *Naqsh* (Ill. 4). Additionally, it is enriched with symbolic meanings and consists of seven traditional engravings, representing the shield of Rayyan, the sand flower, the palm tree, the chain, the banana swirl, the heart of a walnut and a bride's ring.

The roofing structure is a system of cantilevered steel trusses stiffened by an internal rim, also of spatial truss construction and oval shape, located in the central part of the covering over the pitch.

The facility is equipped with a cooling system that supplies pre-cooled water into suitably positioned air handling units to provide the required temperature within the turf and stands. This type of solution can save 20% water and 20% energy compared to traditional solutions.

The stadium has three certifications in sustainable design, construction, construction management and energy efficiency issued by the Global Sustainability Assessment System (GSAS) (*Ahmad bin Ali Stadium (Al-Rayyan Stadium), 2022; Elengical, 2022a; Qatar 2022/ Ahmad Bin Ali Stadium, Architectural Masterpiece Symbolizes Desert and its Dunes, 2022; Ravenscroft, 2020b*).

Education City Stadium

The Education City Stadium — with a capacity of 44,667 seats — is located in Al-Rayyan on the university campus (Education City). Site preparation began in 2013 and the erection of the stadium lasted four years, from 2016 to 2020.

The stadium structure consists of a reinforced concrete section in four tiers of stands, a steel roofing structure and a steel facade structure. The roof structure is made up of cantilever frames, formed from box sections of variable (length) height. The spatial rigidity of the superstructure is ensured by means of prestressed ties (ring beams) and bar bracing of the frames, along the inner perimeter of the roof opening.

The facade of the building is made of flat diamond-shaped panels. The arrangement of the panels creates a diamond-like structure that shimmers in sunlight during the day and in digitally projected artificial lighting at night. To enhance this effect, metallic fabric panels of different colours were used that change depending on the time of day and the angle of the sun. The geometric patterns on the facade allude to the rich design of typical Islamic architecture (Ill. 5). The design of the facade as well as the positioning of the stadium below the level of the surrounding terrain were intended to ensure adequate thermal conditions inside the facility. The facade was equipped with photovoltaic panels, which provide 20% of the total energy required for the facility.

The roof cladding is a continuation of the facade cladding, further enhancing the impression of the stadium being shaped like a diamond crystal.

The facility has been awarded five stars by the Global Sustainability Assessment System. Around 55% of the materials used in the construction of the facility were sustainably sourced, with 28% coming from recycled sources (*Education City Stadium — stadium description*, 2022; Elengical, 2022c; Ravenscroft, 2020a).

Al Janoub Stadium

This stadium — which can accommodate 44,325 spectators — was built in the port city of Al-Wakra, 16 km south of the Qatari capital.

Earthworks and foundation work began in 2014, followed by the erection of the above-ground part of the building in 2016. The inauguration took place in May 2019.

The shape of the stadium is intended to evoke the harbour character of the city and resemble a boat used by pearl catchers and fishermen, called a dhow (Ill. 6). The structure of the roof is steel and consists of spaced truss girders supported by glulam arches. The roofing is made of a white membrane and its form and colour resembles sails.

The roof above the pitch can be completely closed thanks to a special mechanism. The PTFE membrane of the moving part is concealed under the stationary part of the roof (above the stands). If necessary, it can be extended towards the centre of the

pitch. The structure of the central movable part of the roof is a spatial truss beam in the shape of a ‘lens’ and a system of tendons that tension the membrane.

The facility was equipped with a cooling system for both the grandstand space and the pitch. Al Janoub Stadium has received three sustainability certifications, i.e., a four-star GSAS Design & Build Certificate, a Grade A* GSAS from Construction Management and an Energy Efficiency Index Certificate (*Al Janoub Stadium in Al Wakrah, archello*, 2022; *Al Janoub Stadium, SCIA*, 2022; *Al Janoub Stadium*, 2022; Elengical, 2022b).

Al Thumama Stadium

The Al Thumama Stadium, with a capacity of 44,400, is located 12 km from the centre of Qatar’s capital, Doha. It features convenient transportation infrastructure and can be reached by public transport. Construction of the stadium began in 2016 and its inauguration ceremony for the Qatar Cup final match was held in late 2021.

The building has a circular floor plan, with white perforated cladding on the facade. The openings in the facade refer to the lace pattern found on the *gahfiya* (Ill. 7), the traditional headgear worn by men in Qatar. The facade cladding and roofing are made of PTFE membrane. The roof has a steel spatial bar-and-beam structure covered with a membrane.

After the World Cup, the upper level of the stadium is to be demolished and converted into service and leisure space. The capacity of the facility will be adapted to the anticipated needs, i.e., reduced by half.

The stadium was built using recycled materials and design solutions, reducing the environmental impact of the investment, and as a result the facility was awarded four stars by GSAS (*Al Thumama Stadium*, 2022; Ravenscroft, 2021).

Stadium 974

This stadium, designed to seat 44,089 spectators, is located in the Ras Abu Aboud district, situated 10 km from downtown Doha. It is the first venue in the history of the championship to be completely dismantled immediately after the event with the possibility of being reassembled elsewhere. The area afterwards will be transformed into a green space.

Earthworks and foundation work lasted from late 2017 to mid-2019, while structural work and construction of the above-ground part took place from November 2019 to 2021.

The facility has a rectangular shape with rounded corners. Due to the mobility of the structure along with its equipment, the facility was designed with 974 shipping containers mounted in a modular steel

frame structure (Ill. 8). The basic structural module for the entire facility, excluding the corners, was 9×8.5 m.

The name of the stadium comes from the number of containers used in its construction, but the number 974 is also intended to promote the country more widely, being the area code for Qatar.

Steel elements with unified overall dimensions and cross-sections were used for the construction and erection of the stadium to ensure smooth assembly and subsequent dismantling. The steel structure was assembled from bolted components.

The roof structure consists of steel trusses and bar-and-tension bracing. The roof covering was made of steel panels, properly spaced to ensure free drainage of rainwater.

The stadium received four stars from GSAS (Elengical, 2022d; *Stadium 974, Doha AV*, 2022; *Stadium 974*, 2022).

3. RESULTS

The architectural design of the stadiums draws on the traditions and culture of the hosts of the World Cup, hence their shape resembling a bowl for dried dates; a Bedouin tent; Naqsh facade decorations alluding to traditional craftsmanship; a diamond crystal symbolizing durability, wealth, indestructibility, purity or beauty; a dhow; and lastly, *gahfiya* embroidery on men's headgear. One of the stadiums was named after the area code for Qatar, which is a straightforward promotion strategy.

All the venues were designed with a focus on the environment and the basic principles of sustainable construction throughout the life of the facility. This has been confirmed by a number of prestigious certificates, including the Global Sustainability Assessment System (GSAS) certificate, awarded to all the stadiums and, in particular, to their construction process, which included the choice of materials — local or recycled — and attention to the continued use of the facilities after the World Cup and adaptation. For example, adapting the volume to the current needs of the local community, etc.

An important aspect that sets Qatar's stadiums apart is the advanced cooling system covering both parts of the stands and the pitch. This is primarily due to the requirements set by FIFA and resulting from the location of the country that was chosen to host the World Cup: its climate with extremely high air temperatures. Most of the venues were equipped with a system of cooling jets which were placed around the pitch and locally under the seats within the stands. One exception is Stadium 974, which

utilized natural air conditioning resulting from the facility's location on the bay. An additional aspect that was incorporated into the design to support the facility's cooling system and provide thermal comfort was the use of suitable roofing material and roofs with closing or shading mechanisms.

One important common feature of all the stadiums is that they were designed with the community's sports infrastructure needs in mind even after the end of the World Cup. For these reasons, the design solutions accounted for partial dismantling resulting in a reduction of the facility's volume or, as in the case of Stadium 974, complete demolition of the facility, as well as often adaptive reuse as per the needs of the local community.

Qatar's World Cup stadiums have a modern design and advanced technology, especially when it comes to the cooling/air-conditioning systems and the design of large-scale sports venues taking into account the whole life cycle with attention to sustainable building solutions. In addition, the venues have a strong connection to the region's tradition shown in a modern and non-obvious way so they can easily serve as a promotion of a region that is both modern and traditional.

A summary of basic information on the Qatar 2022 Men's World Cup stadiums is shown in Table 1.

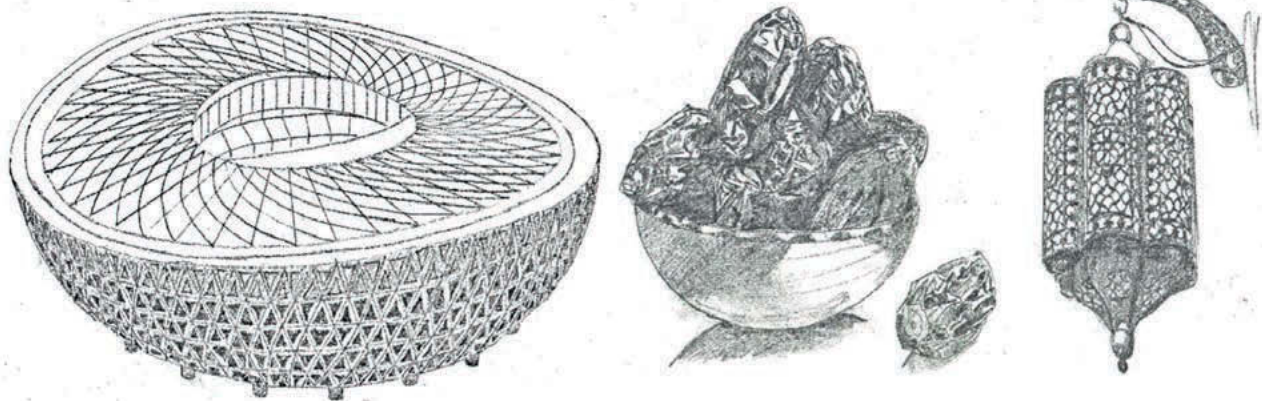
4. CONCLUSIONS

The men's football stadiums used during the 2022 Qatar World Cup were unique in many respects, while being spatially, architecturally and structurally designed with common principles in mind. The 2022 World Cup stadiums were mostly (i.e., seven of the eight venues) newly built in connection with the sporting event. Only one existing facility, the Khalifa International Stadium, underwent expansion and major redevelopment with features of adaptation for an international global event. The design of the stadiums, the time of construction, the technology of construction and the scope of innovative solutions in terms of materials, construction, equipment, technical infrastructure, MEP services, etc. were significantly and fundamentally influenced by the economic background and the size of the funds allocated for this purpose by one of the richest countries in the world in terms of GDP per capita, the state of Qatar.

The 2022 World Cup was treated as a priority undertaking enabling extensive advertising and promotion of the country. For these reasons, all venues were designed in a way that refers to the most essential elements that constitute the identity and cultural heritage of the Qatari community.

Table 1. Basic information on the stadiums for the Qatar 2022 World Cup.

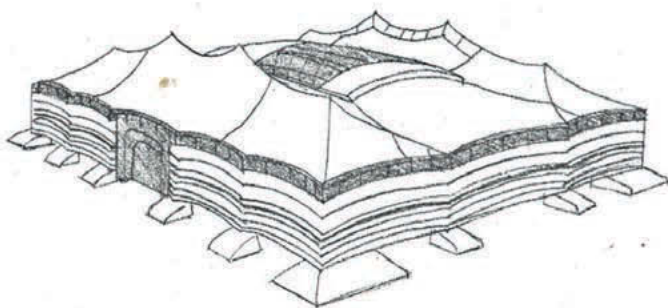
Stadium name	Architects	Constructors	Shape	Facade cladding material	Structure material of roof covering	Type of roof construction	Roofing material	Capacity	End of construction
Lusail Iconic	Foster + Partners, AFL Architects , Mannica Architecture	HBK Contracting, China Railway Construction Corporation	circle	aluminium panels	steel	spatial bar-and-tension truss	PTFE membrane	88,966	2021
Al Bayt	Albert Speer & Partner GmbH, Dar Al-Handasah	Salini Impregilo Group, Cimolai, Galfar Al Misnad	rectangle	PTFE membrane	steel	trussed	PTFE membrane	68,895	2021
Khalifa International	Arup Sport, DHG, Cox Richardson Architects & Planners	Midmac/Sxco	ellipse	-	steel	suspended	membranes: PTFE, ETFE and Tensotherm	45,857	Reconstruction 2017
Ahmad Bin Ali	Pattern Design	Schlaich Bergemann Partner (stia), Matejko & Wesoly Biuro (zelbet)	rectangle	steel, multimedia panels	steel	trussed	membrane	45,032	2020
Education City	Pattern Design, RFA Fenwick Iribarren Architects	Buro Happold, Arup	rectangle with rounded corners	metallic fabric	reinforced concrete, steel	frame, braced by a rod-and-beam construction	metal panels	44,667	2020
Al Janoub	Zaha Hadid Architects	AECOM	ellipsis	PTFE membrane	steel, glued laminated timber	spatial truss girders	PTFE membrane	44,325	2019
Al Thumama	Ibrahim M. Jaidah (Arab Engineering Bureau), Fenwick Iribarren Architects, Heerim	Al Jaber Engineering, Tekfen Construction	circle	PTFE membrane	reinforced concrete, steel	spatial rod-and-crane structure	PTFE membrane	44,400	2021
974	Fenwick Iribarren Architects	Partner Schlaich Bergemann	rectangle with rounded corners	transport containers	steel	trusses with bar-and-beam bracing	steel panels	44,089	2021



III. 1. Lusail Iconic Stadium — general view; inspiration — a dried date bowl and a fanar lantern.

II. 1. Stadion Lusail Iconic — widok ogólny; inspiracje — misa na suszone daktyle i lampion „fanar”.

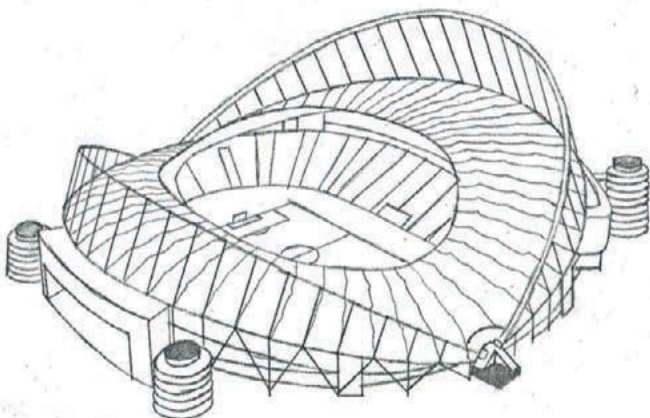
Source/Źródło: A. Torberntsson.



III. 2. Al Bayt Stadium — general view; inspiration — a Bedouin tent.

II. 2. Stadion Al Bayt — widok ogólny; inspiracje — namiot beduiński.

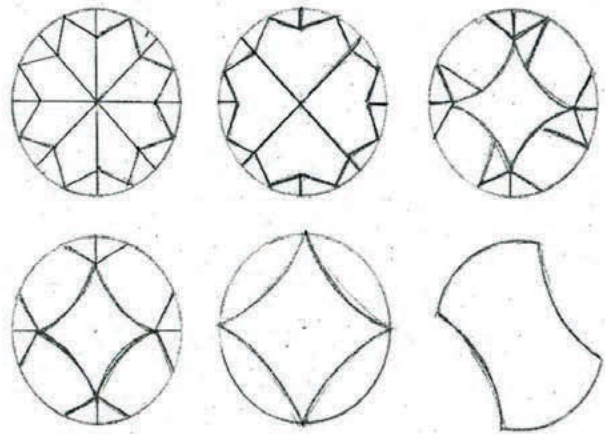
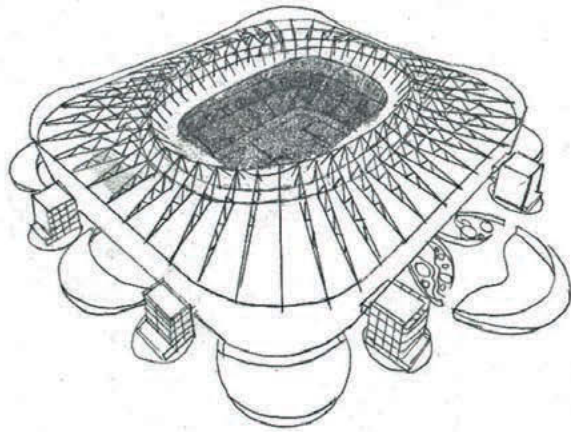
Source/Źródło: A. Torberntsson.



III. 3. Khalifa International Stadium — general view.

II. 3. Międzynarodowy Stadion Khalifa — widok ogólny.

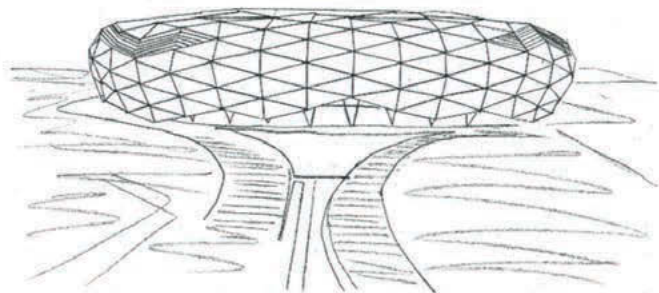
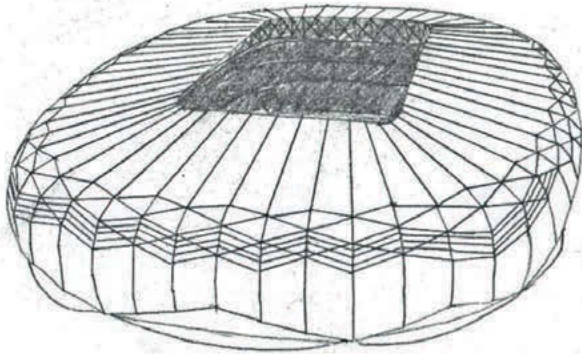
Source/Źródło: A. Torberntsson.



III. 4. Ahmad Bin Ali Stadium — general view; inspiration — traditional Qatari craft designs.

II. 4. Stadion Ahmad Bin Ali — widok ogólny; inspiracje — tradycyjne wzory rzemiosła katarskiego.

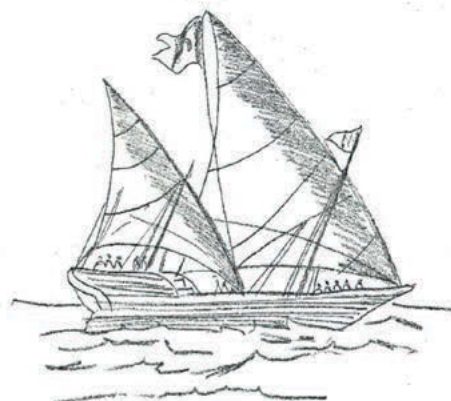
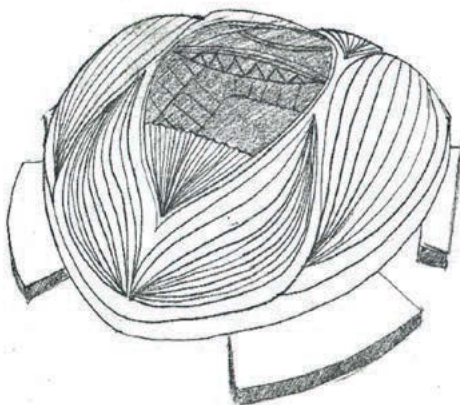
Source/ Źródło: A. Torberntsson.



III. 5. Education City Stadium — general view; symbolism — gate of the desert.

II. 5. Stadion Education City — widok ogólny; symbolika — „brama pustyni”.

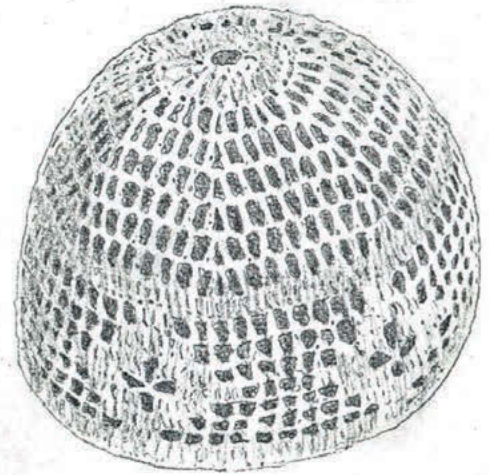
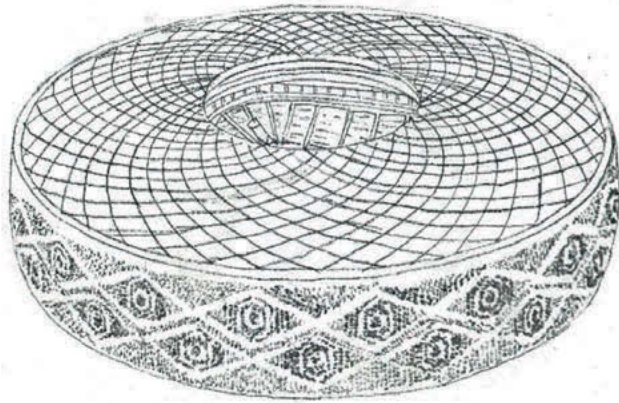
Source/ Źródło: A. Torberntsson.



III. 6. Al Janoub Stadium — general view; inspiration — a dhow.

II. 6. Stadion Al Janoub — widok ogólny; inspiracje — łódź „dhow”.

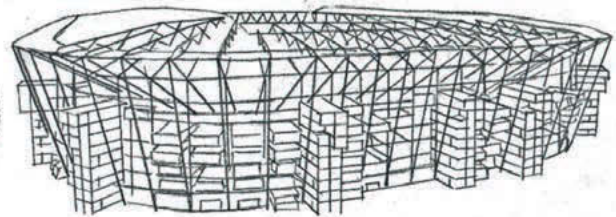
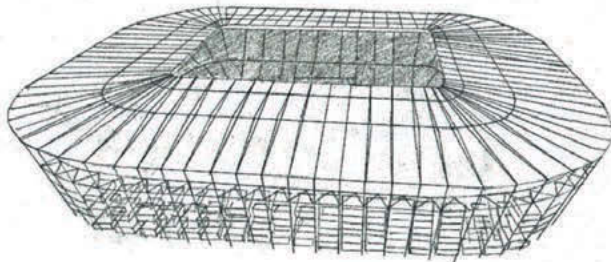
Source/ Źródło: A. Torberntsson.



III. 7. The Al Thumama Stadium — general view; inspiration — traditional men's headwear, the gahfiya.

II. 7. Stadion Al Thumama — widok ogólny; inspiracje — tradycyjne męskie nakrycie głowy „gahfiya”.

Source/Źródło: A. Torberntsson.



III. 8. Stadium 974 — general view and side view.

II. 8. Stadion 974 — widok ogólny i widok z boku.

Source/Źródło: A. Torberntsson.

1. INFORMACJE OGÓLNE

Mistrzostwa świata w piłce nożnej mężczyzn, zwane również mundialem (z hiszp. mundial — światowy) lub pucharem świata (z ang. World Cup), organizowane przez FIFA (z fr. Fédération Internationale de Football Association), to jedna z najważniejszych imprez sportowych, skupiająca zarówno fanów tego sportu, jak również osoby niezwiązane z tą dyscypliną. Pierwsze zawody odbyły się w 1930 roku w Urugwaju i są rozgrywane do dzisiaj, co 4 lata (z wyjątkiem lat 1942 i 1946) (Pawlikowska-Piechotka, Piechotka, 2017, s. 144–147; Encyclopedia Britannica, 2022).

Stadiony sportowe dedykowane cyklicznym, ważnym i medialnym wydarzeniom są zazwyczaj obiektami innowacyjnymi pod względem zastosowanych rozwiązań, między innymi przestrzennych, funkcjonalnych, konstrukcyjnych, instalacyjnych. Stanowią „wizytówki” i miejsca charakterystyczne miast/regionów, projektowane są z dbałością o odpowiednie wkomponowanie w krajobraz bądź przestrzeń miasta, a także promocję lokalnej społeczności i kraju, utrwalenie pozytywnych doznań estetycznych i wrażeń w pamięci uczestników imprez na nich organizowanych, turystów i mieszkańców. Z tych względów coraz częściej tego rodzaju stadiony są wznoszone z wykorzystaniem najnowszych i nowatorskich rozwiązań technologicznych, materiałowych i budownictwa zrównoważonego (Ahlfeldt i Maennig, 2010, s. 629–646; Dendura, 2015, s. 223–250; Erten i Özfiliz, 2006, s. 525–541; Mezher, 2003, s. 46–56; Szlendak i in., 2014, s. 1–29; Twardowski, 2018, s. 53–70; Yaroni, 2012, s. 33–90).

Stadiony rozgrywek mistrzostw świata muszą spełniać odpowiednie wymogi zdefiniowane przez FIFA. Do tego rodzaju wydarzeń są wykorzystywane zarówno stadiony istniejące, jak również nowo zaprojektowane i wzniesione specjalnie na tę imprezę sportową. Należy nadmienić, że od lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku mecze mundialu są rozgrywane najczęściej na 10–12 stadionach, z wyjątkiem mistrzostw w 1994 roku, gdzie wykorzystano dziewięć obiektów oraz 2022 roku — osiem stadionów. Ponadto od 2002 roku pojawiła się nowa tendencja partycypacji co najmniej dwóch krajów w przygotowaniu i organizacji tego rodzaju mistrzostw, na przykład w 2002 roku — Japonii i Korei Południowej czy też w 2026 roku — Kanady, Stanów Zjednoczonych i Meksyku.

Organizację mundialu w 2022 poprzedzało złożenie oferty przez Katar, Stany Zjednoczone, Koreę Południową, Japonię i Australię. Termin składania

ofert upływał 2 lutego 2009 roku. Trzy z wymienionych krajów wcześniej organizowały tego rodzaju imprezę sportową, tj. USA w 1994 roku, Korea Południowa i Japonia w 2002 roku, a zatem dysponowały odpowiednią infrastrukturą obiektów sportowych. Komisja Wykonawcza FIFA decyzją z 2 grudnia 2010 roku przyznała organizację mundialu 2022 Katarowi, którego kandydatura w ostatniej rundzie głosowania zyskała przewagę nad ofertą Stanów Zjednoczonych — 14 do 8 głosów (Ramsay, 2022; *Stadiony Mistrzostw Świata 2022 (Katar)*, 2022).

Cel artykułu

Celem artykułu jest dokonanie analizy rozwiązań architektonicznych stadionów sportowych XXII Mistrzostw Świata w Piłce Nożnej 2022 w Katarze, ogólne scharakteryzowanie przyjętych w tym zakresie założeń i uwarunkowań projektowych, a także przedstawienie wniosków dotyczących kształtowania architektonicznego tych stadionów.

Metoda i zakres badań

Jako podstawową metodę badań zastosowano studium przypadku, a zakresem badań objęto osiem stadionów sportowych mundialu 2022 w Katarze.

Źródła badań

Badania prowadzono na podstawie studiów i analiz dokumentów, prac, materiałów reklamowych itp., dotyczących mundialu 2022, pochodzących ze źródeł internetowych.

2. CHARAKTERYSTYKA STADIONÓW NA XXII MISTRZOSTWA ŚWIATA W PIŁCE NOŻNEJ 2022 W KATARZE

Mistrzostwa świata 2022 w Katarze zostały rozegrane na ośmiu stadionach, w tym czterech zlokalizowanych w bezpośredniej bliskości stolicy Kataru — Dohy. Komunikacja między stadionami usytuowanymi względem siebie w odległościach nieprzekraczających 75 km jest bardzo korzystna.

Stadion Lusail Iconic

Stadion wzniesiony w mieście Lusail odległym o 20 km od stolicy ma największą pojemność (spośród stadionów na mundial 2022) wynoszącą 88 966 widzów. Został zaprojektowany przez trzy pracownie architektoniczne Foster + Partners, AFL Architects i Mannica Architecture. Przetarg na jego budowę rozpoczął się w 2014 roku, a sama budowa — w 2017 roku. Obiekt miał być gotowy do końca 2020 roku, jednak ostateczne oddanie do użytkowania nastąpiło 20 listopada 2021 roku.

Obiekt ukształtowany na planie zbliżonym do koła i średnicy w strefie przyziemia wynoszącej 293 metry, a średnicy w poziomie zwieńczenia przekrycia dachowego — 323 metry. W ukształtowaniu bryły stadionu wykorzystano formę miski nawiązującą do tradycyjnych naczyń na suszone daktyle.

Elewacja obiektu w kolorze złotym była również inspirowana wzorcami regionalnej kultury. Składa się z 4200 trójkątnych płyt aluminiowych, które swoim ułożeniem przypominają wyroby lokalnego rzemiosła — lampy fanar (il. 1). Perforacja powierzchni tych płyt wzmacnia efekt „misy”, a także zapewnia zacienienie i rozproszenie światła naturalnego wpadającego do wnętrza stadionu (Ciula, 2018, s. 111–125). Dach stadionu charakteryzuje się estetyką i bogatym zdobnictwem i składa się z powtarzalnych elementów membranowych w kształcie rombu. Membrana pokrycia dachowego została wykonana z politetrafluoroetyleny (PTFE), który zapewnia ochronę przed oddziaływaniami klimatycznymi, tj. ciepły wiatr, kurz. Jednocześnie daje odpowiednie zacienienie i wymagane doświetlenie wnętrza, a w konsekwencji przyczynia się do ograniczenia obciążenia budynku instalacją klimatyzacyjną.

Konstrukcja przekrycia stadionu jest oparta na układzie 48 ukośnych kolumn tworzących połączone ze sobą litery V. Konstrukcję nośną przekrycia dachowego stanowi przestrzenny wiązarko-prętowo-ciężnowy złożony z dwóch pierścieni stalowych, tj. obwodowego zewnętrznego i wewnętrznego oraz układu prętowo-ciężnowego, na którym jest ukształtowane pokrycie membranowe dachu.

Stadion został zaprojektowany jako obiekt energooszczędny o zerowym śladzie węglowym. Zastosowano w nim urządzenia umożliwiające oszczędne wykorzystanie wody, wykrywanie nieszczelności w instalacjach wodnych, a także powtórne wykorzystanie uzdatnionej zużytej wody do podlewania nasadzeń zieleni wokół stadionu. Proces budowy został zaplanowany zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju i założonym zużyciu wody o 40% mniejszym w stosunku do odpowiadających przedsięwzięć budowlanych.

Obiekt uzyskał wiele certyfikatów, w tym pięć gwiazdek w GSAS Design & Build, ocenę A* w GSAS Construction Management.

Ciekawym pomysłem na wykorzystanie obiektu po zakończeniu mundialu jest adaptacja jego części do potrzeb lokalnej społeczności — z przeznaczeniem na kawiarnie, sklepy, przychodnie, szkoły. W związku z powyższym część instalacji stanowiących wyposażenie obecnego obiektu będzie podlegała modyfikacji bądź demontażowi. Przy czym zdemontowane instalacje zostaną zachowane do

ponownego wykorzystania w innej infrastrukturze sportowej (Florian, 2022; *Lusail Stadium earns five-star sustainability rating*, 2022; *Lusail Stadium, Foster+Partners*, 2022; *Lusail Stadium: World Cup final venue*, FIFA, 2022; *Lusail Iconic Stadium*, 2022; *Stadion Lusail, FIFA World Cup Qatar 2022*, 2022).

Stadion Al Bayt

Kolejnym — największym pod względem pojemności, która wynosi 68 895 widzów — jest Stadion Al Bayt zlokalizowany w Al Khor, w odległości około 35 km na północ od Dohy. Budowę obiektu rozpoczęto w 2015 roku i zakończono na początku 2019 roku. Inauguracyjny mecz na tym stadionie został rozegrany w ramach turnieju Puchar Narodów Arabskich 2021, między drużynami Kataru i Bahrajnu.

Bryła stadionu Al Bayt nawiązuje do lokalnej tradycji — została ukształtowana w formie beduińskiego namiotu Bayt Al Sha'ar (il. 2). Namioty tego rodzaju były używane przez nomadów na obszarze Kataru i Zatoki Perskiej. Obiekt składa się z dwóch części, tj. „misy” stadionu i przekrycia — „namiotu”. W rzucie ma kształt prostokąta o wymiarach 372,5 × 310 metrów i wysokości 37 metrów. Fasada została zaprojektowana z membrany z politetrafluoroetyleny (PTFE), w dwóch kolorach — białym i czarnym, układanej poziomo w pasy o zmiennej grubości. Pasy mają znaczenie symboliczne i nawiązują do stosowanej w przeszłości identyfikacji — „wizytówki” rodu zamieszkującego dany namiot. Wnętrze stadionu zostało ozdobione kilimami w charakterystyczne dla rękodziela katarskiego wzory, a także wyposażone w elementy informacji wizualnej i niezbędne akcesoria do trybun w kolorystyce flagi Kataru.

Konstrukcja przekrycia dachowego jest kratownicowa, wykonana ze stalowych prętów o przekrojach rurowych. Przekrycie nad płytą boiska stanowi rozsuwany dach, oparty na dwóch sytuowanych wzdłuż dłuższego boku boiska dźwigarach kratowych, po których jest rozsuwana konstrukcja kratownic (każda o kształcie soczewki) z mocowaną do nich membraną pokrycia dachowego. Trybuny zostały podzielone na trzy poziomy, z czego pierwsze dwa dolne zostały wykonane o konstrukcji żelbetonowej, natomiast górny — stalowej. Obiekt został wyposażony w energooszczędną centralę chłodniczą, w której skład wchodzi agregaty chłodzące wodę, agregaty chłodnicze z glikolem, zbiorniki z lodem oraz urządzenia do magazynowania energii cieplnej. Stadion posiada także efektywną instalację przeciwpożarową, dymową, wentylacji i dystrybucji powietrza wewnątrz stadionu.

Forma obiektu została ukształtowana w sposób umożliwiający schładzanie budynku w okresie let-

nim oraz utrzymywanie ciepła w okresie zimowym. Do elementów konstrukcyjnych zostały użyte, możliwe do recyklingu bądź powtórnego wykorzystania, materiały budowlane, co zostało potwierdzone przez Global Sustainability Assessment System (GSAS).

Stadion Al Bayt został zaprojektowany z myślą o jego późniejszym wykorzystaniu. Konstrukcja modułowa obiektu umożliwi dostosowanie jego kubatury do bieżących potrzeb i ewentualny jego częściowy demontaż. Górna kondygnacja ma zostać poddana rozbiórce, a powstała w ten sposób przestrzeń przekształcona w hotel, centrum handlowe, przestrzeń gastronomiczną, siłownię itp. Otoczenie stadionu zostało tak zaprojektowane, aby zapewnić lokalnej społeczności miejsce do rekreacji, w tym uprawiania joggingu, jazdy na rowerze, przestrzeni do różnego rodzaju ćwiczeń (*Al Bayt Stadium, Dar, 2022; Al Bayt Stadium, 2022; Al Bayt Stadium, Al Khor City, 2022*).

Międzynarodowy Stadion Khalifa

Stadion ten jest najstarszym z obiektów wykorzystywanych w mistrzostwach świata, oddanym do użytkowania w 1976 roku i jedynym, który nie był wznoszony specjalnie na potrzeby tych rozgrywek. Jest usytuowany w Aspire, tj. w odległości 5 km od centrum stolicy Kataru — Dohy. Ma pojemność wynoszącą 45 857 miejsc. Stadion w 2005 roku poddano modernizacji, która obejmowała wzniesienie stalowej konstrukcji przekrycia dachowego. Podstawę układu nośnego dachu stanowią dwa pochylone w stosunku do poziomu łuki stalowe dwugałęziowe, usztywnione skratowaniem i w części środkowej przewiązkami. Do tych łuków została podwieszona, za pośrednictwem sprężonych cięgien, membrana pokrycia dachowego (il. 3). W związku z przygotowaniem do mundialu 2022 w okresie 2014–2017 dokonano między innymi rozbudowy wschodniej trybuny o drugi poziom.

Dach nad stadionem jest kryty trzema różnymi rodzajami membran. Są to: PTFE, jednowarstwowy ETFE i Tensotherm. Od strony południowej zastosowany został przezroczysty ETFE do zapewnienia korzystnego doświetlenia wnętrza stadionu. W miejscu pierścienia obwodowego dach został pokryty innowacyjną powłoką Tensotherm zapewniającą wymaganą izolacyjność termiczną.

Stadion ma niesymetryczny układ dwukondygnacyjnych trybun, będący wynikiem wcześniejszej historii przebudów (trybuna wschodnia różni się od zachodniej). Obiekt wyposażono w innowacyjny system chłodzenia, zapewniający w poziomie murawy boiska temperaturę wynoszącą około 26°C, w poziomie trybun — 24°C. Przy czym zużycie energii w stosunku do tradycyjnych rozwiązań tego

rodzaju instalacji jest o 40% mniejsze (Ikiz, 2022; *Khalifa International Stadium Tensotherm Roof, 2022; Khalifa International Stadium, 2022*).

Stadion Ahmad Bin Ali

Ten stadion, znany również pod nazwą „brama pustyni”, jest zlokalizowany w mieście Al-Rayyan oddalonym o 20 km w kierunku zachodnim od stolicy Kataru. Obiekt może pomieścić 45 032 widzów. Powstał w miejscu poprzedniego stadionu, wybudowanego w 2003 roku. Początkowo stary obiekt miał zostać zmodernizowany i wykorzystany do rozgrywek mundialu 2022, jednak w 2014 roku podjęto decyzję o jego rozbiórce i wzniesieniu w tym samym miejscu nowej budowli. Około 90% elementów wyposażenia, tj. siedziska, oświetlenie itp., zostało po zdemontowaniu zastosowane w innych stadionach. Gruz pochodzący z rozbiórki wykorzystano na warstwy podłoża nowego obiektu, a grunt z wykopów — do zagospodarowania i nasadzeń zieleni wokół stadionu. Budowę nowego obiektu rozpoczęto w 2016 roku i zakończono pod koniec 2020.

Bryła stadionu została ukształtowana na rzucie prostokąta. Fasada jest pokryta ekranami multimedialnymi, przed którymi znajduje się metalowa, delikatna w wyrazie siatka o zmiennej gęstości splotu — gęstsza w dolnej części i rozrzedzona ku górze. Ta fasada stanowi współczesną interpretację tradycyjnego rzemiosła i dekoracji katarskich domów z rejonu Dohy — zwanej „Naqsh” (il. 4). Dodatkowo jest wzbogacona o znaczenia symboliczne i składa się z siedmiu tradycyjnych rycin, w tym tarczy Rayyan, kwiatu piasku, palmy, łańcucha, wiru banana, wnętrza orzecha włoskiego i pierścienia panny młodej.

Konstrukcję przekrycia dachowego stanowi układ stalowych kratownic wspornikowych usztywnionych wewnętrznym wieńcem, również o przestrzennej konstrukcji kratownicowej i owalnym rzucie, znajdującym się w części środkowej przekrycia nad boiskiem.

Obiekt jest wyposażony w system chłodzenia doprowadzający schłodzoną wcześniej wodę do jednostek uzdatniania powietrza odpowiednio rozmieszczonych, aby zapewnić wymaganą temperaturę w obrębie murawy i trybun. Tego rodzaju rozwiązanie pozwala zaoszczędzić 20% wody oraz 20% energii w stosunku do tradycyjnych rozwiązań.

Stadion ma trzy certyfikaty w zakresie zrównoważonego projektowania, budowy, zarządzania budową i efektywności energetycznej przyznane przez Globalny System Oceny Zrównoważonego Rozwoju (GSAS) (*Ahmad bin Ali Stadium (Al-Rayyan Stadium), 2022; Elengical, 2022a; Qatar 2022 / Ahmad Bin Ali Stadium, Architectural Masterpiece Symbolizes Desert and its Dunes, 2022; Ravenscroft, 2020b*).

Stadion Education City

Obiekt o pojemności 44 667 miejsc, znajduje się w Al-Rayyan na terenie kampusu uniwersyteckiego (Education City). Przygotowanie placu budowy rozpoczęto w 2013 roku, a wznoszenie stadionu trwało cztery lata — w okresie 2016–2020.

Konstrukcja stadionu składa się z części żelbetowej, sytuowanej w czterech poziomach trybun, stalowej konstrukcji przekrycia dachowego i stalowej konstrukcji elewacji. Konstrukcję przekrycia stanowią ramy wspornikowe ukształtowane wytrzymałościowo z przekrojów skrzynkowych o zmiennej (na długości) wysokości. Sztywność przestrzenna ustroju nośnego jest zapewniona dzięki sytuowanym po obwodzie wewnętrznym otworu przekrycia dachowego sprężonym cięgnami pierścieniom (wieńcom) i stężeniom prętowym ram.

Elewacja obiektu została wykonana z płaskich paneli w kształcie rombów. Układ paneli tworzy strukturę przypominającą diament lśniący w świetle słonecznym zarówno w ciągu dnia, jak i w ciągu nocy, dzięki projekcji cyfrowej oświetlenia sztucznego. Aby wzmocnić ten efekt zastosowano panele z metalicznej tkaniny o różnej kolorystyce, zmieniającej się w zależności od pory dnia i kąta padania promieni słonecznych. Wzory geometryczne powstające na fasadzie nawiązują do bogatego wzornictwa typowej architektury islamu (il. 5). Założone ukształtowanie elewacji i usytuowanie stadionu poniżej poziomu otaczającego terenu miało na celu zapewnienie odpowiednich warunków termicznych wewnątrz obiektu. Elewacja została wyposażona w panele fotowoltaiczne, które zapewniają 20% energii całkowitej potrzebnej do funkcjonowania obiektu.

Pokrycie dachowe stanowi kontynuację okładzin elewacji, potęgując wrażenie ukształtowania stadionu na wzór kryształu diamentu.

Obiekt uzyskał pięć gwiazdek w ramach Global Sustainability Assessment System. Materiały użyte do budowy obiektu, pochodzące ze zrównoważonych źródeł, stanowią około 55%, materiały pochodzące z recyklingu — 28% (*Education City Stadium — stadium description*, 2022; Elengical, 2022c; Ravenscroft, 2020a).

Stadion Al Janoub

Stadion na 44 325 widzów, został wybudowany w mieście portowym Al-Wakra, oddalonym o 16 km w kierunku południowym od stolicy Kataru.

Roboty ziemne i fundamentowanie rozpoczęto w 2014 roku, a w 2016 — wznoszenie części nadziemnej obiektu. Inauguracja odbyła się w maju 2019 roku.

Bryła stadionu ma nawiązywać do portowego charakteru miasta i przypominać łódź używaną przez poławiaczy pereł i ryb, nazywaną „dhow” (il. 6). Konstrukcja zadaszenia jest stalowa, złożona z przestrzennie usytuowanych dźwigarów kratownicowych, na których są oparte łuki z drewna klejonego warstwowo. Pokrycie dachowe zostało wykonane z membrany w kolorze białym i nawiązuje swoją formą oraz kolorystyką do żagli.

Dach został wyposażony w mechanizm umożliwiający całkowite zamknięcie przestrzeni nad boiskiem. Membrana z PTFE ruchomej części została ukryta pod nieruchomą częścią dachu (nad trybunami). W przypadku zaistnienia takiej potrzeby, może podlegać rozsunięciu w kierunku środka boiska. Konstrukcję centralnej ruchomej części przekrycia dachowego stanowi przestrzenna belka kratownicowa w kształcie „soczewki” i układ cięgien napinających membranę.

Obiekt został wyposażony w system chłodzenia zarówno przestrzeni trybun, jak i boiska. Stadion Al Janoub uzyskał trzy certyfikaty zrównoważonego rozwoju, tj. cztery gwiazdki w systemie GSAS Design & Build Certificate, ocenę Klasy A* GSAS z zarządzania budową oraz świadectwo wskaźnika efektywności energetycznej (*Al Janoub Stadium in Al Wakrah, archello*, 2022; *Al Janoub Stadium, SCIA*, 2022; *Al Janoub Stadium*, 2022; Elengical, 2022b).

Stadion Al Thumama

Obiekt o pojemności 44 400 miejsc, jest usytuowany w odległości 12 km od centrum stolicy Kataru — Dohy. Charakteryzuje się dogodną infrastrukturą komunikacyjną oraz transportem publicznym. Budowę stadionu rozpoczęto w 2016 roku, a jego inaugurację stanowił mecz finałowy o Puchar Kataru, który odbył się pod koniec 2021 roku.

Obiekt został zaprojektowany na planie koła, a jego elewację stanowi biała, perforowana okładzina. Otwory w fasadzie nawiązują do koronki — wzoru znajdującego się na „gahfiya” (il. 7), czyli tradycyjnym nakryciu głowy, noszonym przez mężczyzn w Katarze. Okładzina elewacyjna i pokrycie dachowe zostały wykonane z membrany PTFE. Konstrukcję dachu stanowi stalowa przestrzenna struktura prętowo-cięgnowa pokryta membraną.

Po zakończeniu mistrzostw świata górny poziom stadionu miał zostać rozebrany i adaptowany na przestrzeń usługowo-rekreacyjną. Pojemność obiektu zostanie dostosowana do przewidywanych potrzeb, tj. zmniejszona do połowy.

Do wykonania stadionu zostały użyte materiały z recyklingu i rozwiązania projektowe mające na celu ograniczenie negatywnego oddziaływania

inwestycji na środowisko, w konsekwencji obiekt uzyskał cztery gwiazdki przyznawane przez GSAS (*Al Thumama Stadium*, 2022; Ravenscroft, 2021).

Stadion 974

Obiekt przeznaczony dla 44 089 widzów, znajduje się w dzielnicy Ras Abu Aboud usytuowanej w odległości 10 km od centrum Dohy. Jest to pierwszy stadion w historii mistrzostw, który bezpośrednio po ich zakończeniu będzie podlegał całkowitemu demontażowi z możliwością ponownego montażu w innym miejscu. Teren po nim zostanie przekształcony w zieloną przestrzeń.

Prace ziemne i fundamentowe trwały od końca 2017 do połowy 2019 roku, a konstrukcyjne i budowlane części nadziemnej — od listopada 2019 do 2021 roku.

Obiekt w rzucie ma kształt prostokąta o zaokrąglonych narożach. Z uwagi na założoną mobilność konstrukcji wraz z wyposażeniem obiektu został zaprojektowany z 974 kontenerów transportowych, zamontowanych w modułowej, stalowej konstrukcji ramowej (il. 8). Podstawowy moduł konstrukcyjny dla całego obiektu, z wyłączeniem naroży, wynosił $9 \times 8,5$ metra.

Nazwa stadionu wynika z liczby kontenerów wykorzystanych do jego wzniesienia, ale liczba 974 ma również na celu szerszą promocję kraju, stając numer kierunkowy do Kataru.

Do konstruowania i wznoszenia stadionu wykorzystano elementy stalowe zunifikowane pod względem wymiarów gabarytowych, w tym przekrojów poprzecznych, aby zapewnić sprawny montaż oraz demontaż. Konstrukcja stalowa była scalana z elementów łączonych za pośrednictwem połączeń śrubowych.

Konstrukcja dachu składa się ze stalowych wiązarów kratownicowych oraz stężeń prętowo-ciężnych. Pokrycie dachowe zostało wykonane z paneli stalowych, odpowiednio sytuowanych do zapewnienia swobodnego odprowadzenia wody deszczowej.

Stadion uzyskał cztery gwiazdki od GSAS (Elenigal, 2022d; *Stadium 974, Doha AV*, 2022; *Stadium 974*, 2022).

3. WYNIKI

Bryły stadionów swoimi formami architektonicznymi nawiązują do tradycji i kultury gospodarzy mundialu, stąd mają kształty przypominające odpowiednio: popularne naczynie — misę na suszone daktyle; beduiński namiot; nawiązujące wprost do tradycyjnego rzemiosła dekoracje elewacyjne „Naqsh”; symbolizujący trwałość, bogactwo,

niezniszczalność, czystość oraz piękno kryształ diamentu; łódź „dhow”; haft na męskim nakryciu głowy, zwanym „gahfiya”. Bezpośrednią promocją Kataru jest przypisanie jednemu ze stadionów nazwy ujmującej numer kierunkowy do tego państwa.

Wszystkie obiekty zostały zaprojektowane z założeniem dbałości o środowisko naturalne i uwzględnieniem podstawowych zasad zrównoważonego budownictwa w ciągu całego okresu ich życia. Potwierdzeniem tego faktu są liczne prestiżowe certyfikaty, w tym The Global Sustainability Assessment System (GSAS), przyznane wszystkim stadionom, w szczególności w odniesieniu do procesu ich wznoszenia, obejmującego między innymi wybór materiałów — lokalnych czy pochodzących z recyklingu, dbałość o kontynuację wykorzystania obiektów po mundialu i dostosowanie na przykład kubatury do bieżących potrzeb lokalnej społeczności itp.

Istotnym aspektem, który wyróżnia katarskie stadiony, jest zaawansowany system chłodzenia, obejmujący zarówno części trybun, jak również płytę boiska. Wynika to przede wszystkim z wymagań stawianych przez FIFA, uwzględniających lokalizację wybranego do organizacji mundialu kraju i jego uwarunkowań klimatycznych, w tym ekstremalnie wysokich temperatur powietrza. Większość obiektów została wyposażona w system dysz chłodzących, umieszczonych wokół boiska oraz lokalnie pod siedzeniami w obrębie trybun. Wyjątkiem jest Stadion 974, w którym wykorzystano naturalną klimatyzację wynikającą z lokalizacji obiektu nad zatoką. Dodatkowym aspektem uwzględnianym w projektowaniu, do wspomaganie systemu chłodzenia i zapewnienia komfortu termicznego, było zastosowanie odpowiedniego materiału pokrycia dachowego oraz wyposażenia dachów w mechanizmy zamykania bądź zacieniania.

Istotną cechą wspólną wszystkich stadionów jest fakt, że były projektowane z uwzględnieniem zapotrzebowania danej społeczności w zakresie infrastruktury sportowej, również po zakończeniu mundialu. W związku z tym w rozwiązaniach projektowych uwzględniano częściowy demontaż, skutkujący zmniejszeniem kubatury obiektu bądź — jak w przypadku Stadionu 974 — całkowitą rozbiórkę, a często także adaptację rozwiązania funkcjonalnego do potrzeb lokalnej społeczności.

Stadiony mistrzostw świata w Katarze wyróżniają: nowoczesna forma, zaawansowana technologia — szczególnie instalacji chłodzącej/klimatyzacji, projektowanie obiektów sportowych wielkoprzestrzennych z uwzględnieniem całego okresu życia, z dbałością o wdrażanie rozwiązań zrównoważonego budownictwa. Dodatkowo obiekty mają silny związek

Tab. 1 Podstawowe informacje dotyczące stadionów XXII Mistrzostw Świata w Piłce Nożnej 2022 w Katarze.

Nazwa stadionu	Architekt	Konstruktor	Kształt rzutu	Material okładziny elewacyjnej	Material konstrukcji przekrycia dachowego	Rodzaj konstrukcji dachu	Material pokrycia dachowego	Pojemność	Zakończenie budowy
Lusail Iconic	Foster + Partnerzy, AFL Architects, Mannica Architecture	HBK Contracting, China Railway Construction Corporation	koło	panele z aluminium	stal	przestrzenny wiażar prętowo-ciężnowy	membrana PTFE	88 966	2021
Al Bayt	Albert Speer & Partner GmbH, Dar Al-Handasah	Salini Impregilo Group, Cimolai, Galfar Al Misnad	prostokąt	membrana PTFE	stal	kratownicowa	membrana PTFE	68 895	2021
Khalifa International	Arup Sport, DHG, Cox Richardson Architects & Planners	Midmac/Sxco	elipsa	–	stal	podwieszona, łukowa	membrany: PTFE, ETFE i Tensotherm	45 857	przebudowa 2017
Ahmad Bin Ali	Pattern Design	Schlaich Bergemann Partner (stal), Matejko & Wesoly Biuro (żelbet)	prostokąt	stal, panele multimedialne	stalowa	kratownicowa	membrana	45 032	2020
Education City	Pattern Design, RFA Fenwick Iribarren Architects	Buro Happold, Arup	prostokąt z zaokrąglonymi narożnikami	metaliczna tkanina	żelbet, stal	ramowa, stężona konstrukcją prętowo-ciężnową	metalowe panele	44 667	2020

Nazwa stadionu	Architekt	Konstruktor	Kształt rzutu	Material okładziny elewacyjnej	Material konstrukcji przekrycia dachowego	Rodzaj konstrukcji dachu	Material pokrycia dachowego	Pojemność	Zakończenie budowy
Al Janoub	Zaha Hadid Architects	AECOM	elipsa	membrana PTFE	stal, drewno klejone warstwowo	przeźrzyste dźwigary kratownicowe	membrana PTFE	44 325	2019
Al Thumama	Ibrahim M. Jaidah (Arabskie Biuro Inżynierii), Fenwick Iribarren Architects, Heerim	Al Jaber Engineering, Tekfen Construction	koło	membrana PTFE	żelbet, stal	przeźrzenna struktura prętowo-ciężnowa	membrana PTFE	44 400	2021
974	Architekci Fenwick Iribarren	Partner Schlaich Bergermann	prostokąt o zaokrąglonych narożach	kontenery transportowe	stalowa	wiązary kratownicowe ze ściężkami prętowo-ciężnowymi	panele stalowe	44 089	2021

z tradycją regionu, ukazaną w nowoczesny i nieoczywisty sposób, dzięki czemu mogą z łatwością służyć jako promocja regionu, który jest nowoczesny i tradycyjny jednocześnie.

Zestawienie podstawowych informacji dotyczących wyżej omówionych stadionów podano w tabeli 1.

4. WNIOSKI

Stadiony sportowe do piłki nożnej wykorzystywane w związku z organizacją mistrzostw świata w Katarze w 2022 roku pod wieloma względami były wyjątkowe i jednocześnie zostały ukształtowane przestrzennie, architektonicznie oraz konstrukcyjnie z uwzględnieniem wspólnych zasad. Stadiony na mundial 2022 zostały w większości (siedem z ośmiu obiektów) nowo wybudowane, a tylko jeden istniejący — Khalifa International Stadium — został poddany rozbudowie i gruntownej przebudowie, mającej cechy adaptacji do wydarzenia o randze światowej. Na sposób projektowania, czas realizacji, technologię wznoszenia i zakres wdrożonych innowacyjnych rozwiązań materiałowych, konstrukcyjnych, wyposażenia, infrastruktury technicznej, instalacji itp., stadionów znaczący i podstawowy wpływ miało zaplecze ekonomiczne i wielkość przeznaczonych na ten cel funduszy, jednego z najbogatszych w świecie pod względem produktu krajowego brutto (PKB) w przeliczeniu na jednego mieszkańca, państwa — Kataru.

Mundial 2022 został potraktowany jako przedsięwzięcie priorytetowe, umożliwiające szeroką reklamę i promocję kraju. Z tych względów wszystkie obiekty zostały ukształtowane w sposób nawiązujący do najistotniejszych elementów budujących tożsamość i stanowiących dziedzictwo kulturowe społeczności katarskiej.

REFERENCES

Ahlfeldt, G., Maennig, W. (2010), 'Stadium Architecture and Urban Development from the Perspective of Urban Economics', *International Journal of Urban and Regional Research*, 34(3). Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1468-2427.2010.00908.x> (accessed: 10.05.2023).

Ahmad bin Ali Stadium (Al-Rayyan Stadium), StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/stadiums/qat/ahmed_bin_ali_stadium (accessed: 12.01.2023).

Al Bayt Stadium, Al Khor City, World Construction Network, 2018. Available at: <https://www.worldconstructionnetwork.com/projects/al-bayt-stadium-al-khor-city/> (accessed: 12.01.2023).

Al Bayt Stadium, Dar. Available at: <https://www.dar.com/work/project/al-bayt-stadium> (accessed: 12.01.2023).

Al Bayt Stadium, StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/stadiums/qat/al_bayt_stadium (accessed: 12.01.2023).

Al Janoub Stadium in Al Wakrah, archello. Available at: <https://archello.com/project/al-janoub-stadium-in-al-wakrah> (accessed: 12.01.2023).

Al Janoub Stadium, SCIA. Available at: <https://www.scia.net/en/user-stories/al-janoub-stadium> (accessed: 12.01.2023).

Al Janoub Stadium, StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/stadiums/qat/al_janoub_stadium (accessed: 12.01.2023).

Al Thumama Stadium, StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/designs/qat/al_thumama_stadium (accessed: 12.01.2023).

Ciuła, M. (2018), 'Gra brył w świetle, czyli rola słońca w architekturze', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, Vol. XLVI, pp. 111–125.

Dendura, B. (2015), 'Miasto postolimpijskie — Londyn 2012', *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury Oddziału PAN w Krakowie*, Vol. XLIII, pp. 223–250.

Education City Stadium — stadium description, StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/stadiums/qat/education_city_stadium (accessed: 12.01.2023).

Elengical, J. (2022a), *FIFA Arenas: Ahmad bin Ali Stadium by BDP Pattern in Al Rayyan, Qatar*. Available at: <https://www.stirworld.com/see-features-fifa-arenas-ahmad-bin-ali-stadium-by-bdp-pattern-in-al-rayyan-qatar> (accessed: 12.01.2023).

Elengical, J. (2022b), *FIFA Arenas: Al Janoub Stadium by Zaha Hadid Architects in Al Wakrah, Qatar*. Available at: <https://www.stirworld.com/see-features-fifa-arenas-al-janoub-stadium-by-zaha-hadid-architects-in-al-wakrah-qatar> (accessed: 12.01.2023).

Elengical, J. (2022c), *FIFA Arenas: Education City Stadium by Fenwick Iribarren Architects in Al Rayyan*. Available at: <https://www.stirworld.com/see-features-fifa-arenas-education-city-stadium-by-fenwick-iribarren-architects-in-al-rayyan> (accessed: 12.01.2023).

Elengical, J. (2022d), *FIFA Arenas: Stadium 974 by Fenwick Iribarren Architects in Ras Abu Aboud, Qatar*. Available at: <https://www.stirworld.com/see-features-fifa-arenas-stadium-974-by-fenwick-iribarren-architects-in-ras-abu-aboud-qatar> (accessed: 12.01.2023).

Erten, S., Özfiliz, S. (2006), *Stadium Construction and Sustainability: The Review of Mega-Event Stadiums (1990–2012)*, 1st International CIB Endorsed METU Postgraduate Conference Built Environment & Information Technologies. Ankara. Available at: <https://www.irbnet.de/daten/iconda/06059012396.pdf> (accessed: 12.01.2023).

Florian, M.C. (2022), *Qatar's Lusail Stadium Designed by Foster + Partners Hosts Its First Game*. Available at: <https://www.archdaily.com/989700/qatars-lusail-stadium-designed-by-foster-plus-partners-hosts-its-first-game> (accessed: 12.01.2023).

Ikiz, S.U. (2022), *Qatar's National Stadium Was Renovated Before FIFA 2022 World Cup*. Available at: <https://parametric-architecture.com/qatars-national-stadium-was-renovated-before-fifa-2022-world-cup/> (accessed: 12.01.2023).

- Khalifa International Stadium Tensotherm Roof*, MakMax Australia. Available at: <https://www.makmax.com.au/project/khalifa-international-stadium-tensotherm-roof/> (accessed: 12.01.2023).
- Khalifa International Stadium*, Stadiony.net. Available at: http://stadiony.net/turnieje/mundial/2022/khalifa_international_stadium (accessed: 12.01.2023).
- Lusail Stadium earns five-star sustainability rating*. Available at: <https://www.qatar2022.qa/en/news/lusail-stadium-earns-five-star-sustainability-rating> (accessed: 12.01.2023).
- Lusail Stadium, Foster+Partners*. Available at: <https://www.fosterandpartners.com/projects/lusail-stadium> (accessed: 12.01.2023).
- Lusail Stadium: World Cup final venue, FIFA*. Available at: <https://www.fifa.com/fifaplus/en/articles/lusail-stadium> (accessed: 12.01.2023).
- Lusail Iconic Stadium*, StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/stadiums/qat/lusail_stadium (accessed: 12.01.2023).
- Mezher, J.F. (2003), *Evolution in the Design and Construction of Stadium*, Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology. Available at: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/29561> (accessed: 10.05.2023).
- Pawlikowska-Piechotka, A., Piechotka, M. (2017) *Dzieje obiektów sportowych w Europie. Historia architektury sportowej od czasów starożytnych do współczesności*, Warszawa: Akademia Wychowania Fizycznego Józefa Piłsudskiego w Warszawie.
- Qatar 2022 / Ahmad Bin Ali Stadium, Architectural Masterpiece Symbolizes Desert and its Dunes*, Qatar News Agency, 2022. Available at: <https://www.qna.org.qa/en/News-Area/Special-News/2022-11/06/0035-qatar-2022-ahmad-bin-ali-stadium,-architectural-masterpiece-symbolizes-desert-and-its-dunes> (accessed: 12.01.2023).
- Ramsay, G. (2022), *How Qatar ended up hosting the World Cup*, CNN. Available at: <https://edition.cnn.com/2022/11/23/football/qatar-fifa-world-cup-explainer-spt-intl/index.html> (accessed: 12.01.2023).
- Ravenscroft, T. (2020a), *“Diamond in the Desert” stadium completes ahead of 2022 World Cup in Qatar*. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/06/16/education-city-stadium-qatar-2022-world-cup-fenwick-iribarren-architects/> (accessed: 12.01.2023).
- Ravenscroft, T. (2020b), *Pattern Design completes “open air-cooled” stadium ahead of Qatar World Cup*. Available at: <https://www.dezeen.com/2020/12/23/ahmed-bin-ali-stadium-2022-world-cup-qatar-pattern/> (accessed: 12.01.2023).
- Ravenscroft, T. (2021), *Stadium modelled on traditional Arab head cap opens ahead of Qatar World Cup*. Available at: <https://www.dezeen.com/2021/10/27/al-thumama-stadium-gahfiya-head-cap-fifa-world-cup/> (accessed: 12.01.2023).
- Stadion Lusail*, FIFA World Cup Qatar 2022. Available at: <https://www.qatar2022.qa/en/tournament/stadiums/lusail-stadium> (accessed: 12.01.2023).
- Stadiony Mistrzostw Świata 2022 (Katar)*, Stadiony.net. Available at: <http://stadiony.net/turnieje/mundial/2022> (accessed: 12.01.2023).
- Stadium 974, Doha, AV*. Available at: <https://arquitecturaviva.com/works/estadio-974-en-doha> (accessed: 12.01.2023).
- Stadium 974*, StadiumDB.com. Available at: http://stadiumdb.com/stadiums/qat/stadium_974 (accessed: 12.01.2023).
- Szlendak, T. et al. (2014), ‘Projektowanie społecznych wzorów. Stadiony piątej generacji jako »maszyny do życia«’, *Prakseologia*, 155. Available at: https://repozytorium.umk.pl/bitstream/handle/item/2197/Prakseologia_155_2014_s.229_257.pdf (accessed: 10.05.2023).
- Twardowski, M. (2018) ‘Football Stadium — Icons of Sports Architecture’, *Technical Transactions*, 115(11). Available at: <https://sciendo.com/article/10.4467/2353737XCT.18.162.9418> (accessed: 10.05.2023).
- World Cup*, Encyclopedia Britannica (2022). Available at: <https://www.britannica.com/sports/World-Cup-football> (accessed: 12.01.2023).
- Yaroni, E. (2012), *Evolution of Stadium Design*, Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering at the Massachusetts Institute of Technology. Available at: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/74417> (accessed: 10.05.2023).