

**Zbigniew Bać, Janusz Rębielak**

## *Autorskie studium projektowe rozwiązania zespołu centralnego dla Expo 2010*

### *Opis ogólny koncepcji*

Studium obejmuje koncepcję ideową dwóch głównych obiektów Wystawy Światowej Expo 2010 we Wrocławiu *Brama Expo (Expo Gate)* oraz *Hala 2010*. Usytuowano je w centralnej heliocentrycznej części planowanego założenia urbanistycznego, opracowanego przez zespół w Biurze Rozwoju Wrocławia. Tereny *Expo*, położone na zachód od historycznego centrum Wrocławia, zajmują obszar około 80 ha (ryc. 1).

Główna idea proponowanego założenia polega na wyraźnym zaakcentowaniu wejścia głównego (*wejście*

*młodości*) w postaci czytelnego znaku orientacyjnego w przestrzeni zachodniego Wrocławia, nazwanej *Bramą Expo* oraz wielkowsymiarowej kopuły prętowo-ciężkowej, nazwanej *Halą 2010*, która ma przyjąć ekspozycję rozproszonych pawilonów; przestrzeń przykrytą i dostępną dla wszystkich krajów. W tej przestrzeni byłoby eksponowane bogactwo tradycyjnych kultur, jako pozytywne oddziaływanie nauki i środków masowej informacji. Schemat rzutu przyziemia zespołu dwóch obiektów centralnych przedstawiono na ryc. 2.

### *Opis zespołu centralnego*

Całość założenia składa się z części centralnej, w postaci kopuły o konstrukcji prętowo-ciężkowej oraz kilku koncentrycznych i współśrodkowych pierścieni, tworzących formę przypominającą wyłaniającą się kulę ziemską, według projektu wyjściowego Biura Rozwoju Miasta Wrocławia. Opracowanie autorskie zostało wykonane przez architektów: zespołu centralnego *Bramy Expo* – Zbigniewa Bacia, *Hali 2010* zaś – przez Janusza Rębielaka [1].

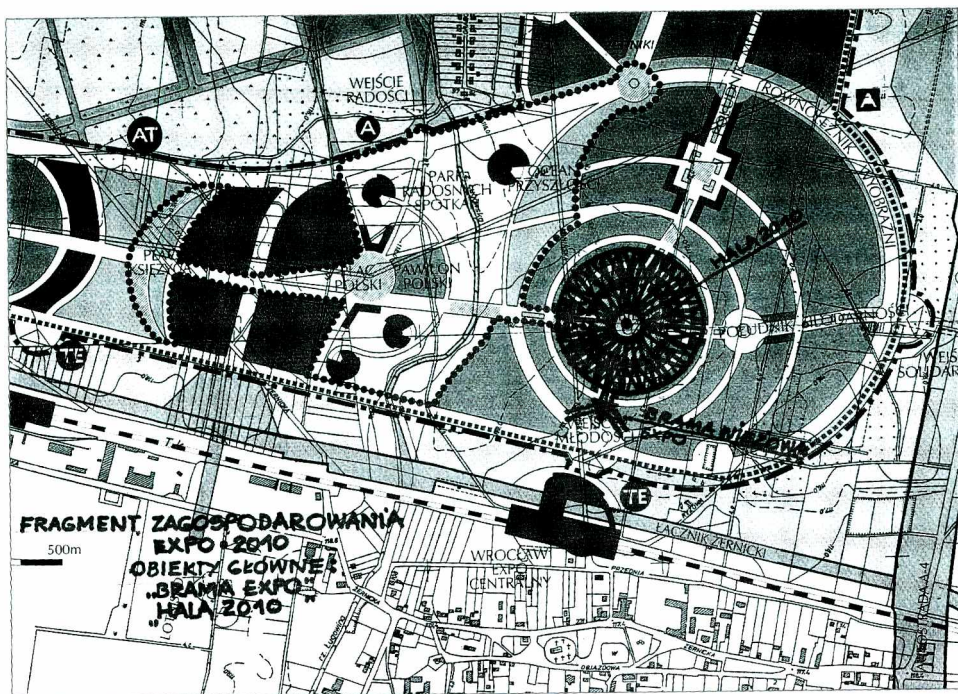
W warstwie ideowej systemu konstrukcyjnego kopuły są zakodowane wybrane miary przyrodnicze, nawiązujące do liczby dni i tygodni w roku oraz do czterech pór roku. Zespół dwóch podstawowych obiektów proponowanego założenia, w postaci przekrycia kopułowego (*Hala 2010*) oraz budynku wysokiego (*Brama Expo*), ryc. 3<sup>1</sup>, nawiązuje do zespołu podobnych obiektów

istniejących we Wrocławiu, który składa się z Hali Ludowej i tzw. Iglicy. Są one zlokalizowane w Parku Szczytnickim i usytuowane po wschodniej stronie historycznego centrum Wrocławia. Hala Ludowa, zbudowana na początku XX w. jako *Jahrhundert Halle*, była w tym czasie nowatorską konstrukcją żelbetową, o rozpiętości w świetle podpór wynoszącej ok. 65 m, co stanowiło spektakularne przekroczenie antycznego rekordu rozpiętości kopuł ustanowionego w II w. n.e. na poziomie ok. 43,5 m, po wybudowaniu Panteonu w starożytnym Rzymie.

Proponowana forma przekrycia kopułowego, z dużym centralnym otworem, nawiązuje do tej antycznej budowli poprzez swą nowatorską, lekką i wyjątkową w skali światowej konstrukcję, która umożliwi po raz pierwszy pokonanie granicy rozpiętości kopuł wynoszącej 300 m. Ponadto projektowana rozpiętość kopuły jest o 300 m większa od rozpiętości Hali Ludowej. Istniejące od ponad dwóch lat w Londynie przekrycie, określane mianem *Millennium Dome*, o rozpiętości ponad 300 m, ma co prawda formę sferyczną, nie jest jednak

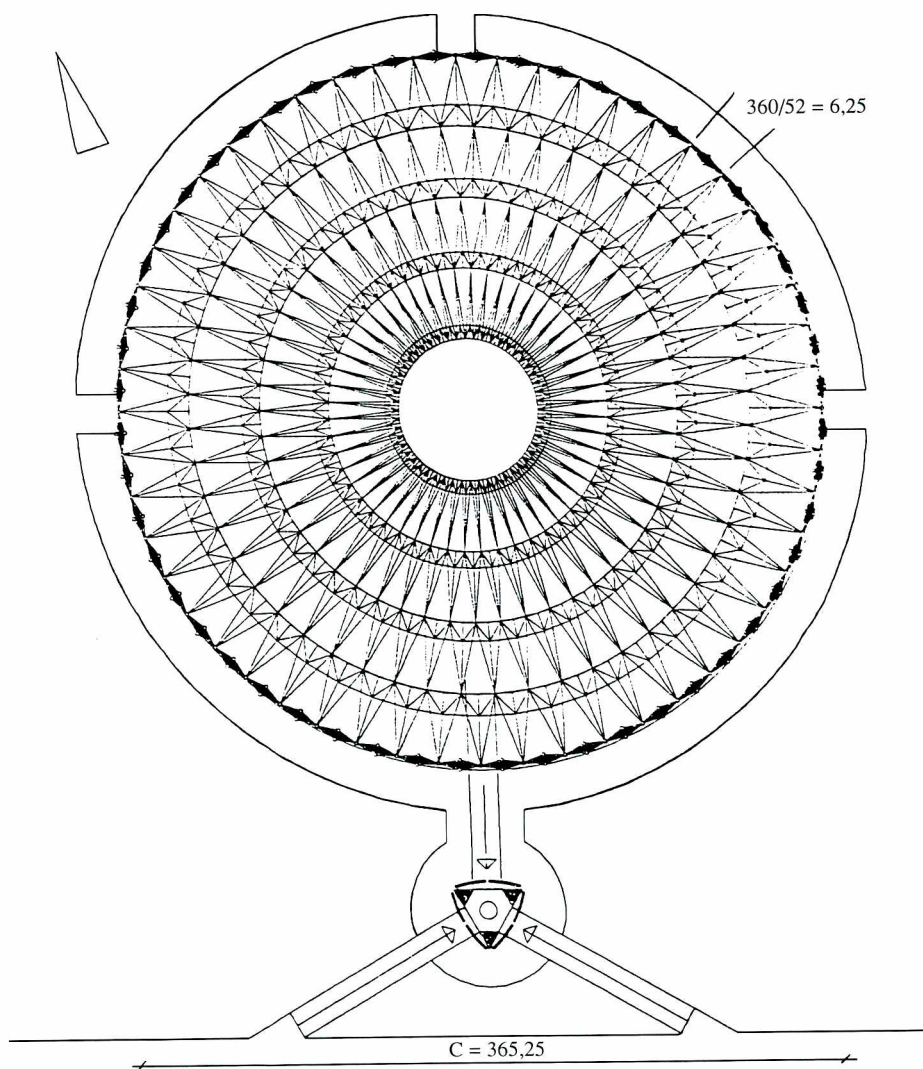
<sup>1</sup> Wizualizacje komputerowe dla prezentowanego studium projektowego wykonali studenci Strukturalnego Koła Naukowego przy Zakładzie Konstrukcji i Budownictwa Ogólnego na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej: Anna Drozd, Paweł Buck, Tomasz Kurpiel oraz Michał Pająkiewicz.





Ryc. 1. Propozycja usytuowania *Bramy* i *Hali 2010* na podstawie projektu zagospodarowania terenów planowanego Expo 2010 wykonanego przez Biuro Rozwoju Wrocławia

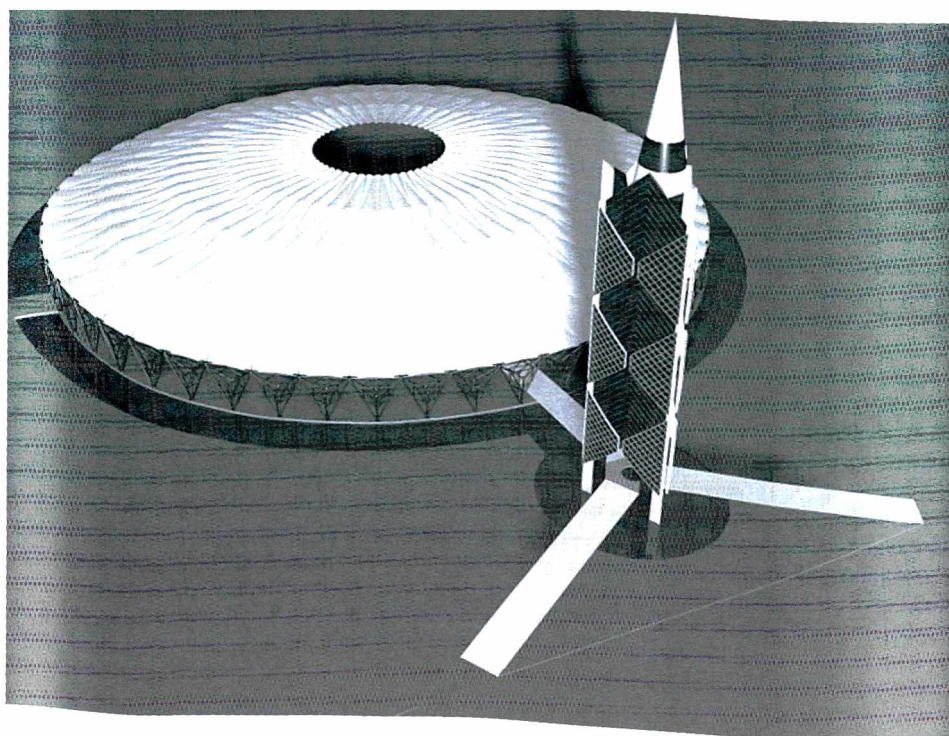
Fig. 1. Proposal of locating the *Gate* and *Hall 2010* is based on the area arrangement project for the planned Expo 2010, carried out by the Wrocław Development Bureau



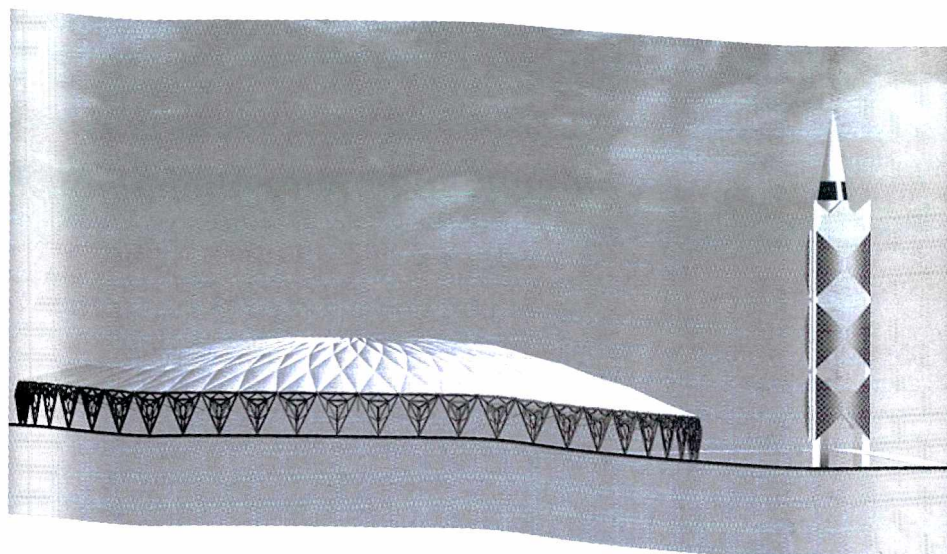
Ryc. 2. Rzut przyziemia *Bramy Expo* oraz *Hali 2010*  
Fig. 2. *Expo Gate* and *Hall 2010* ground floor projection



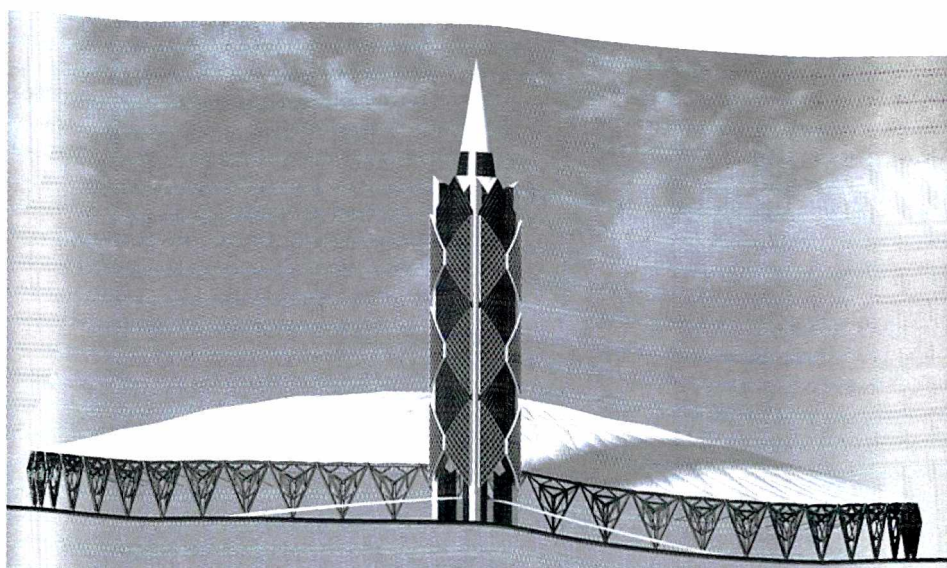
Ryc. 3. Widok ogólny obiektów centralnych  
Fig. 3. General view of the central objects



Ryc. 4. Elewacja zachodnia zespołu centralnego  
Fig. 4. West elevation of the central complex



Ryc. 5. Elewacja południowa zespołu centralnego  
Fig. 5. South elevation of the central complex

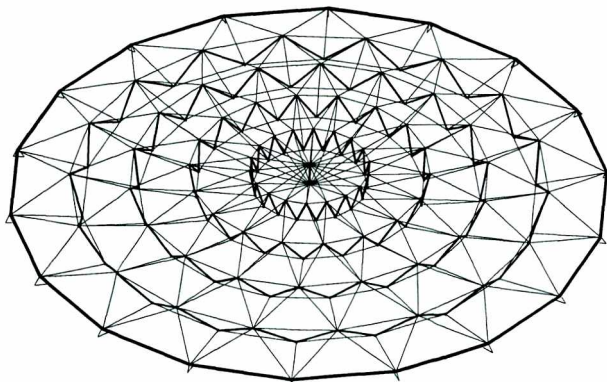




kopułą w sensie systemu konstrukcyjnego, ponieważ jest zaprojektowane jako konstrukcja podwieszona. Przekrycie *Millennium Dome* nie może być dlatego brane pod uwagę jako budowla o rekordowej rozpiętości.

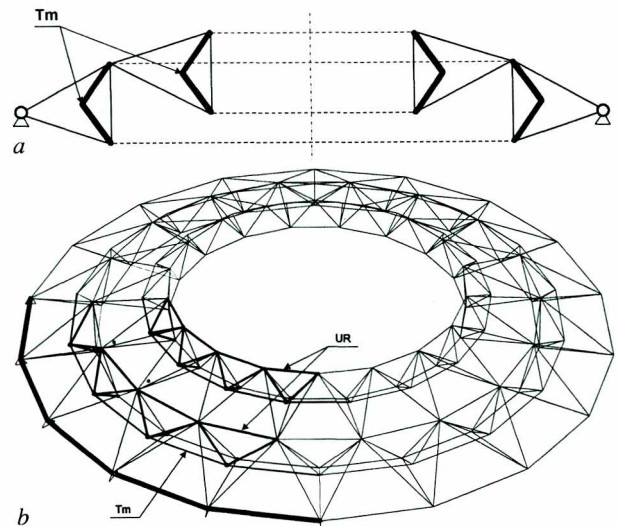
Przekrycie kopułowe, jako jeden z dwóch głównych obiektów Expo Wrocław 2010, powinno być wykonane za pomocą jednej z wielu form prętowo-ciężnowych systemów konstrukcyjnych, zaproponowanych w ostatnich latach przez autora założeń, Janusza Rębielaka [2], [6]. Przyjęte formy systemów konstrukcyjnych umożliwiają projektowanie lekkich konstrukcji dachowych o bardzo dużych rozpiętościach. Integralną częścią tych systemów mogą być membrany, które będąc rozmieszczone zwykle w warstwie górnej, jednocześnie pełnią funkcje pokrycia dachowego. Rozmieszczenie prętów i ciężni w przestrzeni tej wyjściowej formy systemu konstrukcyjnego, zwanej krystaliczną strukturą prętowo-ciężnową, przedstawiono na ryc. 6.

Postać systemu konstrukcyjnego (ryc. 6) odznacza się dużą sztywnością przestrzenną i może być pozbawiona pionowego słupka, umieszczonego w tzw. zworniku oraz ciężni łączących się z nim bezpośrednio, dzięki czemu można uzyskać stosowny otwór centralny. Podstawowa forma krystalicznej struktury prętowo-ciężnowej może być poddana wielu przekształceniom. Istotą jednego z wielu możliwych przekształceń było zastąpienie krzyżulców ciężniami i umieszczenie czworosiecznych modułów prętowo-ciężnowych z zestawami prętów typu V w co drugim dolnym polu trójkątnym każdego z pasów koncentrycznych (ryc. 7). Wierzchołki tych modułów czworosiecznych są połączone ciężniami biegnącymi w kolejnych pasach koncentrycznych, a ich pozycje oznaczono na ryc. 7b symbolem Tm. Węzły wierzchołkowe tych zestawów mogą być dodatkowo połączone za pomocą ciężni z innymi węzłami tej struktury, dzięki czemu jest ona odpowiednio sztywna. W celu, między innymi, ułatwienia montażu proponuje się umieścić w warstwie górnej pręty oznaczone na ryc. 7b symbolem UR, tworzące tam dodatkowe koncentryczne pierścienie ściskane. Całość systemu konstrukcyjnego, mającego duży centralny otwór i oznaczonego jako struktura VU-TensO, musi być od-



Ryc. 6. Rozmieszczenie elementów składowych w przestrzeni podstawowej formy systemu konstrukcyjnego, tzw. krystalicznej kopuły prętowo-ciężnowej

Fig. 6. Disposition of the component parts in the area of the construction system form, the so-called crystalline DRAW-BAR dome



Ryc. 7. Struktura VU-TensO jako konstrukcja kopuły prętowo-ciężnowej: a) przekrój pionowy, b) widok ogólny

Fig. 7. VU-TensO system as the construction of the DRAW-BAR dome: a) vertical section, b) general view

powiednio sprężona. System ten przyjęto za konstrukcję przekrycia kopuły centralnej dla Expo 2010.

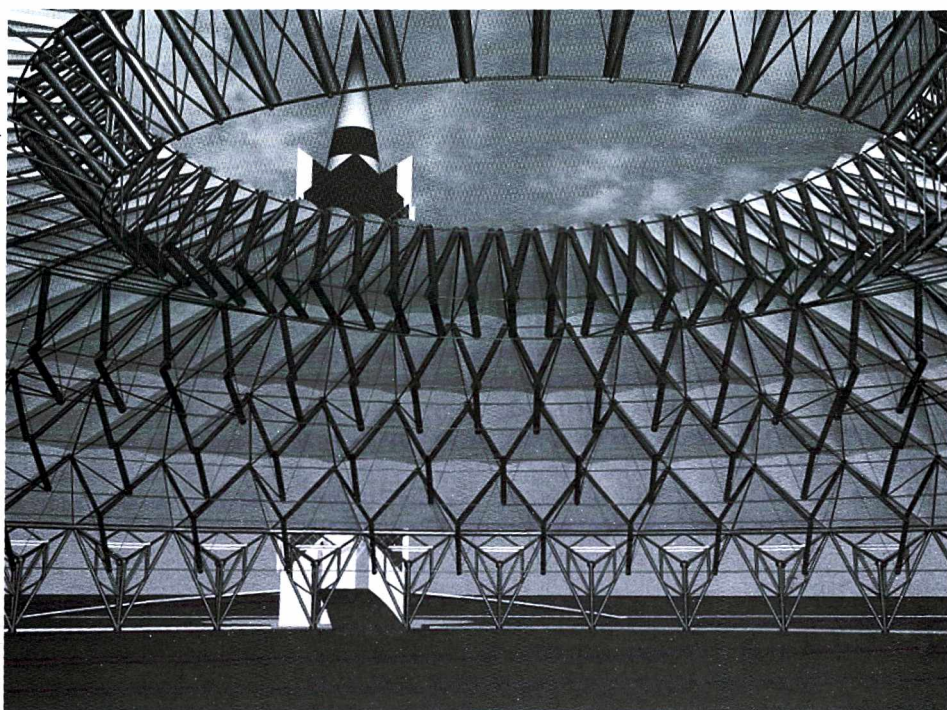
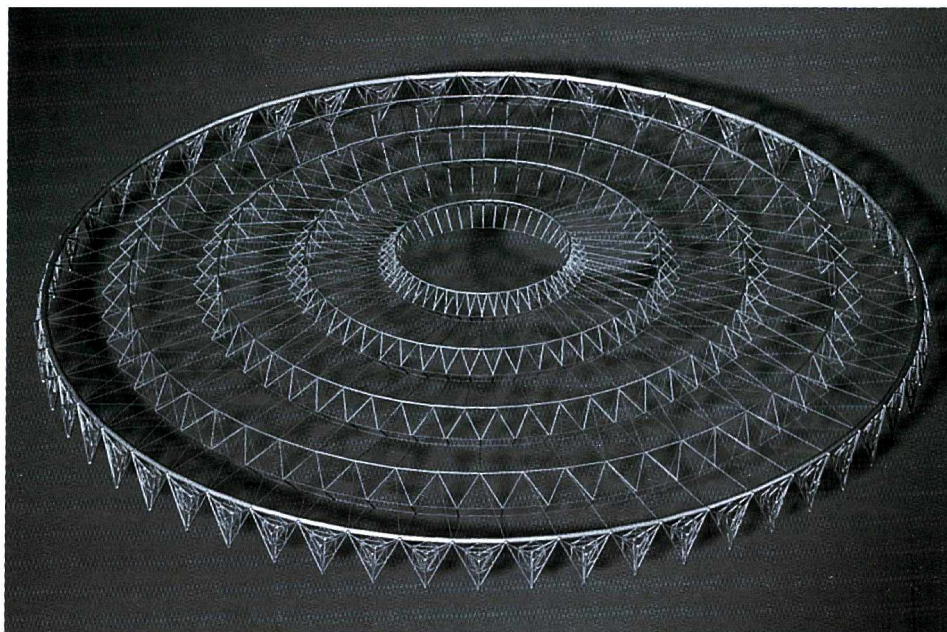
Kopuła centralna jest obiektem wielofunkcyjnym, ma rozpiętość wynoszącą 365,25 m, co odpowiada długości roku kalendarzowego, wyrażonej liczbą dni. Jej rozpiętość o ok. 300 m przekracza rozpiętość Hali Ludowej we Wrocławiu, wybudowanej przed niemal stu laty. W centralnej części znajduje się otwór o średnicy ok. 73,05 m. Przekrycie to ma w rzucie poziomym kształt koła i dookoła otworu centralnego jest pokryte elementami membranowymi, rozpiętymi na odpowiednich małych łukach ze stalowymi ściągami. Wysokość kopuły w górnej krawędzi otworu centralnego wynosi ok. 52 m, a jej krawędzie boczne na obwodzie przekrycia znajdują się na wysokości ok. 22,5 m. Konstrukcja prętowo-ciężnowa składa się z czterech głównych koncentrycznych pierścieni o odpowiednich formach. Liczba pierścieni odpowiada liczbie głównych pór roku (wiosna, lato, jesień, zima). Kopuła opiera się na 52 podporach, ukształtowanych w postaci pryzmatycznych struktur przestrzennych, rozmieszczonych w odstępach ok. 22,5 m. Liczba tych podpór odpowiada liczbie tygodni w roku. Podpory mają formę trójkątnych struktur pryzmatycznych, zbudowanych ze sztywnych prętów (ryc. 8). Pryzmatyczne struktury podporowe są obudowane ścianami osłonowymi, a w ich przestrzeniach mogą być umieszczone urządzenia techniczne, konieczne do funkcjonowania obiektu. Wzdłuż krawędzi górnych struktur podporowych biegnie obwodowy pierścień ściskany, do którego odpowiednich węzłów jest zamontowana konstrukcja prętowo-ciężnowa dachu. Powierzchnia użytkowa Hali wynosi ok. 105 tys. m<sup>2</sup>. Widoki wnętrza *Hali 2010* przedstawiono na rycinach 9 i 10.

*Brama Expo* według założeń ideowych miała stanowić czytelny punkt orientacyjny usytuowania terenów wystawowych w panoramie Wrocławia, a także w połączeniu z kopułą niepowtarzalny znak – symbol Expo



Ryc. 8. Widok ogólny konstrukcji Hali 2010

Fig. 8. General view of Hall 2010 construction



Ryc. 9. Widok wnętrza hali z punktu położonego blisko jej centrum

Fig. 9. View of the hall interior from a point near its centre

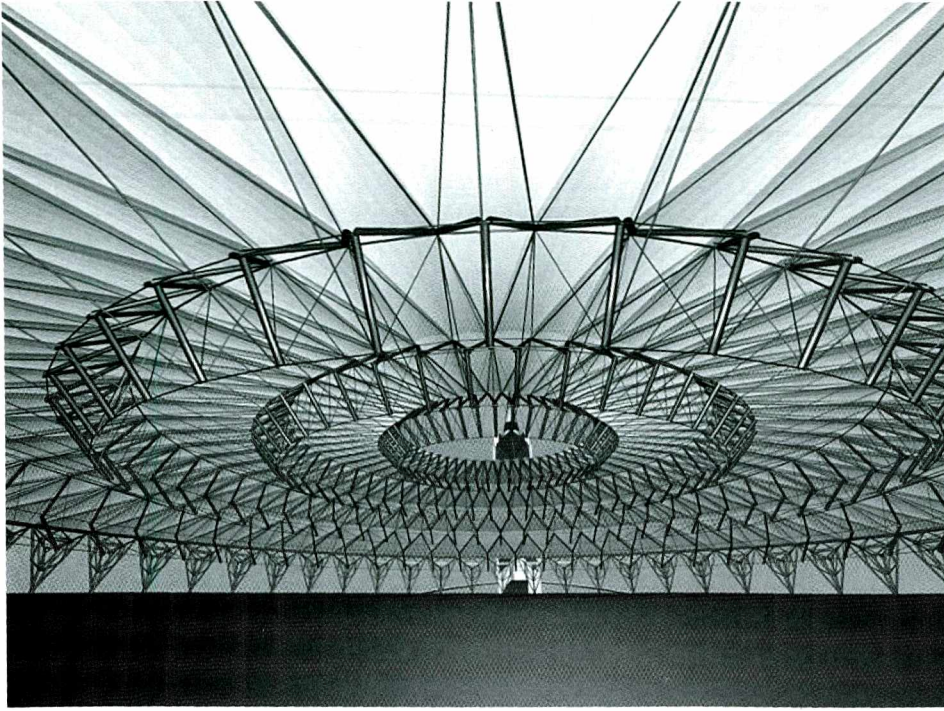
2010. Wieża *Brama Expo* jest położona od strony południowej *Hali 2010* w strefie projektowanego wejścia *młodości* (projekt wstępny Biura Rozwoju Wrocławia); będzie ona pełnić funkcję wejścia głównego na tereny wystawowe, z niezbędnym placem-forum oraz z wyposażeniem logistyczno-informacyjnym. Wieża zaprojektowana nad rzutem w formie trójkąta, którego szerokość boku wynosi 36,0 m, jest ustawiona na trzech skrajnych trzonach podporowych i ma całkowitą wysokość wynoszącą 182,625 m, co odpowiada długości promienia kopuły *Hali 2010*. Powierzchnia użytkowa *Bramy Expo* wynosi ok. 28,5 tys. m<sup>2</sup>.

*Brama Expo*, oprócz wspomnianego wejścia głównego, powinna także pełnić rolę użytkową; ma ona 45 kondygnacji nadziemnych, jest podzielona na trzy człony liczące po 15 kondygnacji każdy. W członie dolnym

przewiduje się rozmieszczenie centrów konferencyjno-kongresowych, audytoriów i pomieszczeń administracyjnych. W członie drugim zaplanowano biura i hotele, w członie trzecim zaś apartamenty mieszkaniowe. W części najwyższej, mającej kształt stożka wysokości 40 m, projektuje się oszklone tarasy widokowe z kawiarniami, pomieszczeniami ekspozycyjnymi, studiami radio-telewizyjnymi itp. Kształt wieży *Brama Expo* w zamiarze autorów nawiązuje do tradycyjnych form wieżowych Dolnego Śląska, strukturę jej elewacji można zmieniać za pomocą oświetlenia i kolorów. Dwa proponowane obiekty centralne są otoczone płytkimi basenami wodnymi, dzięki czemu ich aranżacje wizualne mogą uzyskać dodatkowe efekty plastyczne.

Kopuła prętowo-ciężkowa może być podczas Expo uzupełniana różnorodnymi elementami konstrukcyjnymi-

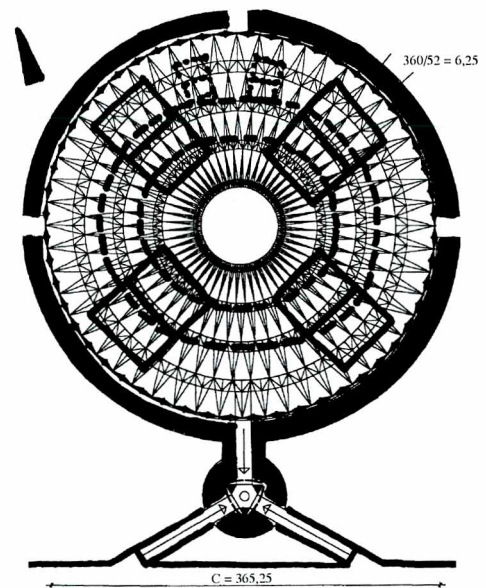




Ryc. 10. Widok wnętrza kopuły z punktu położonego blisko jej obwodu

Fig. 10. View of the hall interior from a point near its perimeter

mi, niezależnymi od konstrukcji podstawowej, rozmieszczonymi na zewnątrz obwodu przekrycia i stanowiącymi tymczasowe przekrycie wybranych powierzchni. Po zakończeniu Expo wokół otworu centralnego można by zaprojektować lekką konstrukcję, np. pneumatyczną, która może służyć do okresowego zamykania tego otworu, w zależności od potrzeb funkcjonalnych. W przestrzeni wewnętrznej tego obiektu mogą się znaleźć równocześnie cztery pełnowymiarowe boiska piłkarskie (ryc. 11) oraz wiele innych powierzchni, przeznaczonych np. do rekreacji sportowej, zarówno grup zorganizowanych, jak i indywidualnej aktywności mieszkańców miasta. Wiele tego typu obiektów o mniejszej rozpiętości powstało właśnie do takich celów w Japonii w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Ażurowa struktura ścian na obwodzie kopuły może być uzupełniona konstrukcjami dodatkowymi, rozpiętymi między trójkątnymi strukturami pryzmatycznymi podpór. Dzięki temu panele osłonowe mogą być rozmieszczone na całej powierzchni ściany obwodowej, co w połączeniu z zamykaną konstrukcją otworu centralnego umożliwi całkowite odseparowanie wnętrza kopuły od przestrzeni zewnętrznej. Możliwe jest także umieszczenie drugiej warstwy pokrycia membranowego, przez co ulegną poprawie warunki funkcjonalne takiej



Ryc. 11. Warianty aranżacji hali

Fig. 11. Variants of arrangement of the hall

hali; możliwe będzie zastosowanie tej kopuły jako obiektu wielofunkcyjnego, który mógłby być użytkowany przez cały rok.

### Uwagi końcowe

Proponowana autorska wizja zespołu centralnego dla planowanego Expo 2010 wyrastała z przesłanek historycznych nie tylko miasta – Wrocławia, lecz jest wyrazem dążenia do spektakularnego podkreślenia osiągnięć i aspiracji polskiego społeczeństwa Dolnego Śląska. Wymiary, zwłaszcza *Hali 2010*, mogą się obecnie

wydawać zbyt duże w stosunku do lokalnych potrzeb. Pamiętając jednak, że niebawem Polska znajdzie się w Unii Europejskiej, posiadanie wówczas tego typu zespołu obiektów może być stymulatorem rozwoju gospodarczego naszego regionu, rozpatrywanego w skali całego kontynentu.

Ryciny wykonali autorzy.

Figures by the authors.

## **Bibliografia**

- [1] Bać Z., Rębielak J., *Wystawa Światowa Expo 2010. Studium projektowe. Wariant rozwiązania zespołu centralnego Expo*, Raport Wydziału Architektury Politechniki Wrocławskiej nr I-1/P-899/2003.
- [2] Rębielak J., *Numerical modelling of lightweight structures*, red. J.B. Obrebski, [w:] *Proceedings of International Conference on Lightweight Structures in Civil Engineering*, Warszawa 2002, s. 61–68.
- [3] Rębielak J., *New structural proposals of tension-strut systems for lightweight roofs*, [w:] *Space Structures 5*, red. G.A.R. Parke and P. Disney, Vol. 2, Thomas Telford, Londyn 2002, s. 1179–1188.
- [4] Rębielak J., *Cable dome shaped on the ground of the {T – T} double-layer space structure. Example of Formian's application in creation of numerical model of a structure*, [w:] *Lightweight Structures in Civil Engineering*, Local Seminar of IASS Polish Chapter, red. Jan B. Obrebski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1999, s. 86-87.
- [5] Rębielak J., *Struktury przestrzenne o dużych rozpiętościach*, Prace Naukowe Instytutu Architektury i Urbanistyki Politechniki Wrocławskiej nr 27, Seria: Monografie nr 15, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1992.
- [6] Rębielak J., *Chosen types of tension-strut systems proposed for lightweight roofs*, IASS-APCS International Symposium on New Perspectives for Shell and Spatial Structures, Tajpej 2003, s. 236–237.

## **Design study of the Expo 2010 central complex solution**

The subject of the paper is the presentation of the authors' design study of a set of central objects for the previously planned World Exhibition Expo 2010. The concept of the two main central objects, one being a dome cover (Hall 2010) and the second one (Expo Gate) in the form of a tall object, is compatible to similar objects existing in the historic exhibition areas of the city of Wrocław. The Hall 2010 is designed as a multi-purpose object, it has a dome form of a relatively small rise and its clear span equals 365.25 m, which is the counterpart of the years' length measured in the number of days.

The Expo dome is supported by 52 spatial stanchions. The supports are shaped as prismatic space structures and disposed at distances of 22.5 m. The number of supports equals the number of weeks in the year. The tension-strut structure of the roof consists of four concentric hoops

having suitable forms. The number of hoops equals the number of seasons (spring, summer, autumn, winter). The cover has a circular shape in the base projection. In the central part of the dome is a large opening of the diameter of 73.05 m. The cladding of the roof is designed by means of membrane sheets spaced onto appropriate secondary arches with steel tension members. The height of the Expo Gate equals half of the diameter of the Hall 2010. The tall building called the Expo Gate plays the role of the Expo Center containing appropriate conference offices and halls and it is equipped with necessary technical installations.

A certain part of the perimeter structure is suitably shaped and purposely exposed in order to make visible in the facades of the building the letter symbol being the capital letter of the name of the city – Wrocław.



