

Farid Nassery\*

## FORMY GEOMETRYCZNE W ARCHITEKTURZE WSPÓŁCZESNEJ

### GEOMETRIC FORMS IN CONTEMPORARY ARCHITECTURE

Referat ma na celu usystematyzowanie i sklasyfikowanie różnych rodzajów przestrzennych utworów geometrycznych w aspekcie ich występowania w strukturach architektonicznych. Na tej bazie zaprezentowano przykłady form w architekturze współczesnej.

*Słowa kluczowe: forma, bryły geometryczne, architektura współczesna*

The paper tends towards systematizing the various types of spatial geometric works in reference of their presence in architectural structures. On the ground of it are presented the examples of forms in contemporary architecture.

*Keywords: form, geometric solids, contemporary architecture*

*... substancja w sposób całkiem szczególny jest podmiotem pierwszym i jako taka w jednym znaczeniu oznacza materię, w drugim formę, w trzecim złożenie[1]*  
Arystoteles

Struktura architektoniczna, rozumiana jako przestrzeń zbudowana z elementów euklidesowych, jest podstawą do analizy architektury w aspekcie geometrycznym. Formy geometryczne w architekturze można podzielić na:

- płaskie – figury geometryczne,
- trójwymiarowe – bryły oraz powierzchnie.

Figury geometryczne można zaobserwować dopiero na dwuwymiarowych odwzorowaniach trójwymiarowych budowli: w elewacjach, przekrojach, rzutach obiektów budowlanych.

miarowych budowli: w elewacjach, przekrojach, rzutach obiektów budowlanych.

Bryły geometryczne (m.in. wielościany, stożki, walce, kule, elipsoidy, torusy) oraz powierzchnie pojawiają się, jako elementy składowe każdego obiektu architektonicznego, ponieważ każda budowla jest kompozycją elementów przestrzennych. Analizując formę obiektu można wyodrębnić konkretne rodzaje podstawowych brył lub powierzchni w całości albo w postaci fragmentów. Wiele obiektów należy rozpatrywać po przyjęciu pewnej skali dokładności. Zjawisko zniekształceń podstawowych form geometrycznych związane jest najczęściej z granicami działki, zastanymi elementami zagospodarowania czy też z ideą kompozycyjną projektu.

\* Nassery Farid, mgr inż. arch., Politechnika Krakowska, Wydział Architektury, Zakład Geometrii Wykreślnej, Rysunku Technicznego i Grafiki Inżynierskiej.

Celem poniższej klasyfikacji utworów geometrycznych jest usystematyzowanie form występujących w obiektach architektonicznych. W tych rozważaniach nie uwzględniono aspektu symbolicznego kształtów.

Formy przestrzenne można geometrycznie podzielić na:

- wielościany,
- bryły obrotowe,
- powierzchnie.

Pierwszą grupę obiektów zaliczanych do form geometrycznych stanowią WIELOŚCIANY. Są to bryły ograniczone zamkniętą powierzchnią zbudowaną ze skończonej ilości wielokątów płaskich. Dzielą się na:

- pryzmatoidy,
- wielościany foremne (bryły Platońskie),
- wielościany półforemne (bryły Archimedesa),
- inne wielościany gwiaździste,
- inne wielościany.

PRYZMATOIDY – wielościany, których wszystkie wierzchołki leżą na dwóch równoległych płaszczyznach. Podstawami pryzmatoidów są wielokąty, a ścianami bocznymi trójkąty i trapezy. Do pryzmatoidów należą:

- ostrosłupy,
- graniastosłupy,
- antygraniastosłupy,
- pryzmatoid całkowity,
- pryzmatoid prosto ścięty,
- ośmiościan foremny.

OSTROSŁUP – wielościan o podstawie wielokąta i poboczniczy stanowiącej zbiór trójkątów o wspólnym wierzchołku. W obrębie ostrosłupów wyróżniamy: ostrosłup prawidłowy prosty, ostrosłup ścięty, ostrosłup przycięty, piramidę, czworościan, czworościan foremny (zaliczany także do brył Platońskich).

GRANIASTOSŁUP – wielościan, w którym podstawy stanowią wielokąty przystające i są do siebie równoległe, a pozostałe ściany, zwane ścianami bocznymi są równoległobokami. Do tej grupy wielościanów należy:

graniastosłup prosty, graniastosłup prawidłowy, graniastosłup przycięty, równoległościan, romboedr, prostopadłościan, sześcián (będący także bryłą Platońską).

Do pryzmatoidów kwalifikują się także GRANIASTOSŁUPY I ANTYGRANIASTOSŁUPY ARCHIMEDESOWE.

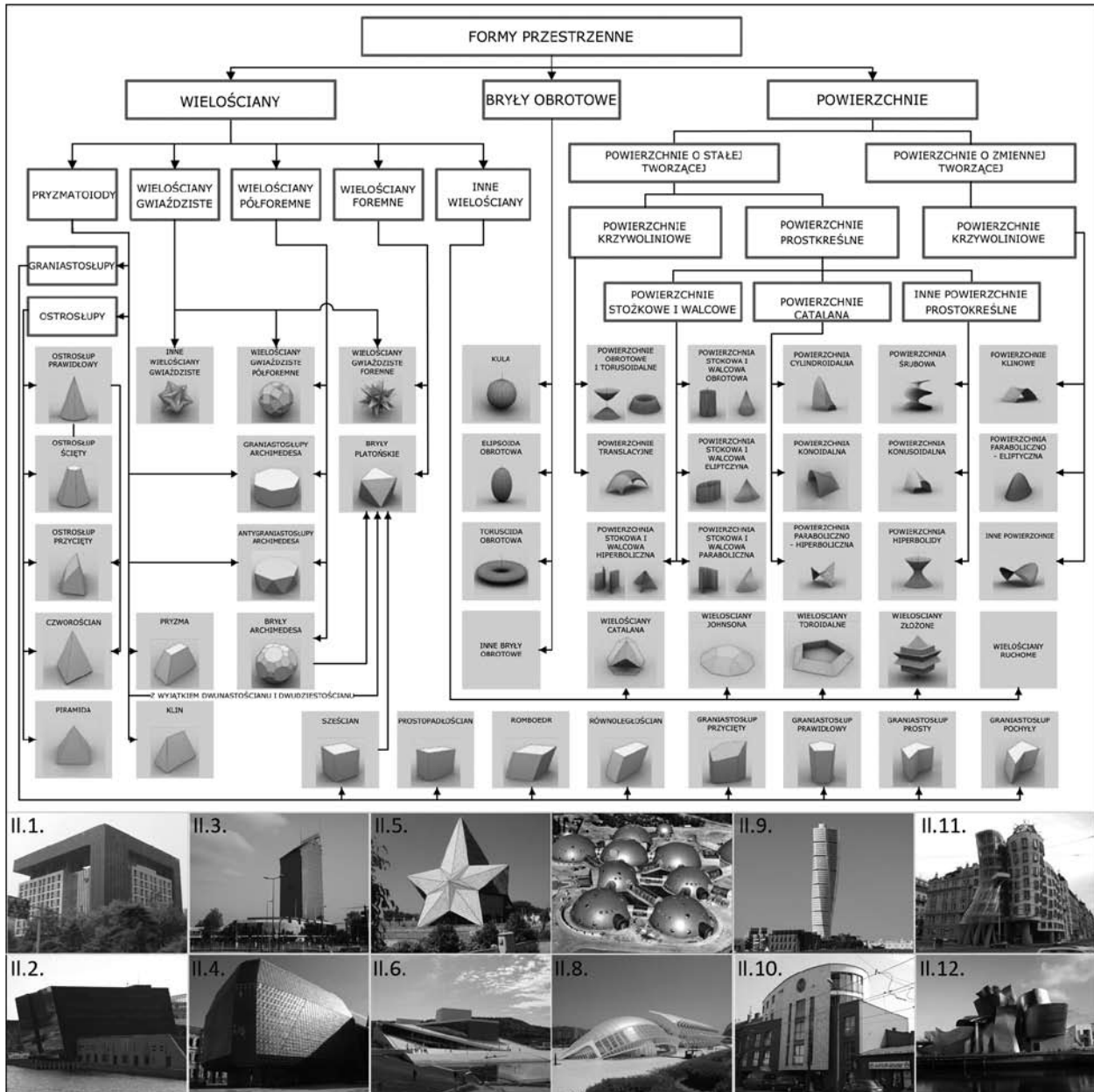
WIELOŚCIANY FOREMNE – posiadają wszystkie ściany w formie wielokątów foremnych wzajemnie do siebie przystających. Drugą cechą jest to, że wszystkie kąty bryłowe są równe. Zaliczamy do nich:

- wielościany foremne wypukłe,
- wielościany foremne gwiaździste.

WIELOŚCIANY FOREMNE WYPUKŁE (BRYŁY PLATOŃSKIE) – wielościany, których wszystkie ściany są wielokątami foremnymi jednego rodzaju, wzajemnie do siebie przystającymi oraz wszystkie kąty bryłowe są równe i wypukłe. Można opisać na nich kulę oraz wpisać ją w nie. Tylko 5 brył spełnia te warunki: czworościan foremny, sześcián, ośmiościan foremny, dwunastościan foremny, dwudziestościan foremny.

WIELOŚCIANY FOREMNE GWIAZDZISTE (WIELOŚCIANY KEPLERA – POISOTA), to takie wielościany foremne, których ściany są przystającymi wielokątami foremnymi wklęsłymi jak i wypukłymi. Wielościany te można wpisać w kulę. Należą do nich: dwunastościan gwiaździsty mały, dwunastościan wielki, dwunastościan gwiaździsty wielki, dwudziestościan wielki.

WIELOŚCIANY PÓLFOREMNE (BRYŁY ARCHIMEDESA) – wielościany, posiadające ściany z wielokątów foremnych, co najmniej dwóch rodzajów. Wszystkie wielościany półforemne można wpisać w kule. W każdym wierzchołku ściany są ułożone tak samo. W skład podstawowych BRYŁ ARCHIMEDESA wchodzi: czworościan ścięty, ośmiościan ścięty, sześcián ścięty, dwunastościan, dwudziestościan, sześci-ośmiościan ścięty, dwudziesto-dwunastościan, sześci-ośmiościan rombony mały „a”, sześci-ośmiościan rombony mały „b” sześci-ośmiościan ścięty, sześcián przycięty, dwudziesto-dwunastościan rom-



II.1. 

II.3. 

II.5. 

II.7. 

II.9. 

II.11. 

II.2. 

II.4. 

II.6. 

II.8. 

II.10. 

II.12. 

bowy mały, dwudziesto-dwunastościan ścięty, dwunastościan przycięty.

Do brył półforemnych zaliczane są także GRANIA-STOSŁUPY ARCHIMEDESOWE – wielościany półforemne posiadające w podstawach dwa  $n$ -kąty foremne połączone paskiem z kwadratów, oraz ANTYGRANIA-STOSŁUPY ARCHIMEDESOWE – wielościany półforemne posiadające w podstawach dwa  $n$ -kąty foremne połączone paskiem z trójkątów równobocznych. Tworzą one tzw. nieskończoną serię brył półforemnych.

Również w skład brył półforemnych wchodzi WIELOŚCIANY GWIAŹDZISTE PÓŁFOREMNE – wielościany, których ściany będące wielokątami foremnymi co najmniej dwóch rodzajów, są wklęsłe lub wypukłe. Wielościany te można wpisać w kulę.

INNE WIELOŚCIANY GWIAŹDZISTE – wielościany powstałe na skutek tzw. stellacji wielościanów.

Do wielościanów zaliczane są także:

- wielościany Catalana,
- wielościany Johnsona,
- wielościany toroidalne,
- wielościany ruchome (fleksory).

Drugą grupę form geometrycznych stanowią BRYŁY OBROTOWE – bryły ograniczone zamkniętą powierzchnią obrotową lub torusoidalną na bazie okręgu elipsy lub innej zamkniętej figury. Wyróżniamy w nich:

- kulę,
- elipsoidę,
- torusoidę obrotową o przekroju normalnym w kształcie okręgu lub elipsy,
- inne bryły obrotowe.

Ostatnią grupą form przestrzennych są POWIERZCHNIE, do których zaliczamy:

- powierzchnie prostokątne,
- powierzchnie krzywoliniowe o stałej tworzącej,
- powierzchnie krzywoliniowe o zmiennej tworzącej.

W skład powierzchni prostokątnych wchodzi: powierzchnie Catalana, powierzchnie stożkowe, powierzchnie walcowe, inne powierzchnie prostokątne.

POWIERZCHNIA CATALANA – powierzchnia wyznaczona przez prostą poruszającą się po dwóch liniach kierujących, stale równoległa do zadanej płaszczyzny, ale nie równoległa do stałej prostej. Ze względu na rodzaj kierujących wyróżniamy: cylindroidę, konoidę, paraboloidę hiperboliczną.

POWIERZCHNIA STOŻKOWA – powierzchnia utworzona przez ruch prostej, umocowanej w stałym punkcie  $W$  i przecinającej krzywą kierującą. Punkt  $W$  jest punktem właściwym niewspółpłaszczyznowym z daną kierującą. Ze względu na kształt przekroju normalnego wyróżniane są: powierzchnie stożkowej obrotowej lub nieobrotowej.

- ◁
1. CAN Mezzanine Downstream Building. Londyn. J. S. Bonnington Partnership, 1986. (fot. T. Motyka – za zgodą autora – 2007).
  2. The Rogal Library, „The Black Diamond” Kopenhaga. M. Schmidt, B. Hammer, J. F. Lasse, 1999. (fot. autora – 2009).
  3. Centrala Banku BPH S. A. Al. Pokoju 1, Kraków. J. Ingarden, modernizacja: K. Kindera 1996–1998. (fot. autora – 2007).
  4. Nowa Scena, Teatr Narodowy. Praga. K. Praga, 1977–1983. (fot. autora – 2010).
  5. Star Monument Temple. Dinod, Bhiwani, Haryana, Indie. Param Sant Huzur Kanwar Ji Maharaj, 1997 (zdj. z poz. bib. [3]).
  6. Den Norske Opera. Storgaten 23, Oslo. T. Lundevall, 2003 – 2008. (zdj. autora – 2009).
  7. RMF. Nieporaz, Alwernia. S. Burmistrz, M. Kalkowski, S. Podkański, 2000 – 2002 (zdj. z poz. bib. [7]).
  8. Dancing House „Ginger i Fred”, F. Gehry, Praga, 1995 (fot. autora – 2010).
  9. Turning Torso. Malmö. S. Calatrava, 2001–2005. (fot. autora – 2009).
  10. Dom pod Kotwicą. Ul. Kościuszki 68, Kraków. K. Ingarden, J. Ewý. (fot. autora – 2008).
  11. Ciudad de las Artes y las Ciencias, Walencja, S. Calatrava, 2002 – 2006. (fot. autora – 2009).
  12. Muzeum Guggenheim, Bilbao, F. Gehry, 1991–1997. (fot. A. Magiera – za zgodą autora – 2009).

**POWIERZCHNIA WALCOWA** – powierzchnia stożkowa, w której punkt jest punktem niewłaściwym. Ze względu na kształt przekroju normalnego wyróżnia się powierzchnie walcowe: obrotową, eliptyczną, paraboliczną, hiperboliczną.

Do powierzchni prostokreślnych należy także: powierzchnia kwadrygi z dwiema liniami, powierzchnia hiperboloidy jednowłokowej, powierzchnia śrubowa, sklepienie marsylskie.

**POWIERZCHNIE KRZYWOLINIOWE O STAŁEJ TWORZĄCEJ**, to:

- powierzchnie obrotowe,
- powierzchnie torusoidalne,
- powierzchnie translacyjne.

**POWIERZCHNIA OBROTOWA KRZYWOLINIOWA** – powierzchnia wyznaczona przez krzywą podczas ruchu obrotowego dookoła prostej. Ze względu na kształt przekroju przechodzącego przez oś obrotu wyróżniamy: sferę, elipsoidę obrotową, paraboloidę obrotową, hiperboloide obrotową dwuwłokową.

**POWIERZCHNIA TORUSOIDALNA** – powierzchnia utworzona przez obrót krzywej stożkowej wokół prostej, leżącej w płaszczyźnie tej krzywej oraz nie będącej jej osią. Ze względu na kształt przekroju przechodzącego przez oś obrotu wyróżniamy: powierzchnię torusoidalną o przekroju w kształcie paraboli lub hiperboli.

**POWIERZCHNIA TRANSLACYJNA** – powierzchnia utworzona przez równoległe przesuwanie linii tworzącej tak, aby jej wierzchołek ślizgał się po linii kierującej leżącej w płaszczyźnie pionowej, prostopadłej do płaszczyzny, w której leży tworząca.

**POWIERZCHNIE KRZYWOLINIOWE O ZMIENNEJ TWORZĄCEJ**, w skład której wchodzi:

- powierzchnie klinowe
- powierzchnie paraboliczno eliptyczne
- powierzchnie minimalne

Analizując pojawianie się przestrzennych form geometrycznych w architekturze współczesnej moż-

na zauważyć dominację wielościanów. Różne ich rodzaje są wykorzystywane jako podstawa do kształtowania między innymi następujących typów obiektów budowlanych:

- pryzmatoidy i ostrosłupy – występują zazwyczaj jako dachy, nieraz jako obiekty użyteczności publicznej lub obeliski,
- graniastosłupy – ich formę najczęściej posiadają całe budynki mieszkalne, biurowe, przemysłowe i użyteczności publicznej,
- graniastosłupy i antygraniastosłupy archimedesowe – spotykane są w kształtach filarów i wież,
- wielościany złożone – są jednymi z częściej spotykanych obiektów architektonicznych, ponieważ większość budowli prostokreślnych można rozłożyć na skończoną liczbę wielościanów.

Występowanie brył obrotowych w architekturze jest dużo rzadsze niż poprzedniej grupy. Formy te spotyka się jako podstawę geometryczną następujących obiektów:

- kula i elipsoida obrotowa – pojawiają się w budowlach takich jak kina czy zbiorniki. W mniejszej skali można je zaobserwować w detalu architektonicznym.
- torusoidy – pojawiają się najczęściej jako tunele, rzadziej jako detale architektoniczne.

Powierzchnie są coraz częściej stosowane w architekturze, ponieważ charakteryzują się szczególnymi walorami estetycznymi oraz konstrukcyjnymi. Jednymi z najdłużej stosowanych powierzchni jako przekrycia pomieszczeń są sklepienia powstałe na bazie sfery lub powierzchni walcowych. Powierzchnie mogą stanowić konstrukcje samodzielne lub być częściami systemu konstrukcyjnego. W celu osiągnięcia ciekawych wrażeń wizualnych nieraz zestawia się kilka powierzchni tego samego typu lub różnych rodzajów. Analizując formę budowli, można zauważyć całe obiekty lub ich fragmenty oparte na formie powierzchni i tak:

- konoida – jest stosowana jako forma dachu w budownictwie przemysłowym, gdyż zapewnia możliwość doświetlenia wnętrza i dogodny spływ wód opadowych,
- konoida linii śrubowej – spotykana jest przy kształtowaniu schodów,
- paraboloida hiperboliczna – ze względu na szczególne walory estetyczne używana jest w obiektach użyteczności publicznej np.: kościołach, pawilonach, dworcach, halach targowych,
- powierzchnia konusoidalna – nieraz występuje jako dach lub sklepienie,
- hiperboloida jednopowłokowa – stanowi podstawę bryły np.: chłodni kominowych, wież ciśnieniowych, silosów, a także różnego rodzaju przekryć obiektów przemysłowych i użyteczności publicznej,
- powierzchnie śrubowe – znajdują zastosowanie głównie przy kształtowaniu dróg, nieraz w przekryciach obiektów i elementach schodów,

- powierzchnie walcowe – głównie wykorzystuje się przy kształtowaniu przekryć, kolumn, nieraz jako wieże, zbiorniki, silosy, a także budynki,
- powierzchnie stożkowe – są podstawą bryły, np.: zbiorników, bunkrów, silosów, chłodni wieżowych oraz dachów i sklepień,
- powierzchnie torusoidalne – znajdują zastosowanie przy projektowaniu, np.: zbiorników lub przekryć,
- inne rodzaje powierzchni spotykane są głównie jako przekrycia obiektów.

Geometryczna analiza obiektu architektonicznego pozwala na poznanie z jakich utworów przestrzennych jest on zbudowany. Wiedza ta daje podstawy do zrozumienia jego formy i może przybliżyć zrozumienie zamysłu projektowego. Znajomość różnorodności form geometrycznych pozwala także na swobodniejsze komponowanie przestrzeni architektonicznej.

## PRZYPISY

[1] M. Kuziak, S. Rzepczyński, T. Tomasiak, D. Sikorski, T. Sucharski, *Słownik myśli filozoficznej*, Wydawnictwo PPU „PARK” Sp. z o.o., Bielsko-Biała 2004, s. 82.

## BIBLIOGRAFIA

Blach A., *Geometria, przegląd wybranych zagadnień dla uczniów i studentów*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1998.  
 Bronsztejn I. N., Siemiendiajew K. A., Musiol G., Muhling H., *Nowoczesne kompendium matematyczne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2004.  
 Hammond K., *The Pentagon US Department of Defense building.jpg* [online]. Wikimedia Commons, [dostęp: 24-04-2010]. Dostępny w Internecie: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The\\_Pentagon\\_US\\_Department\\_of\\_Defense\\_building.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Pentagon_US_Department_of_Defense_building.jpg).

Korynek A., Mroczkowski J., Romaszkiwicz-Białas T., *Geometria wykreślna wybrane zagadnienia dla architektów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2007.

Kuziak M., Rzepczyński S., Tomasiak T., Sikorski D., Sucharski T., *Słownik myśli filozoficznej*, Wydawnictwo PPU „PARK” Sp. z o.o., Bielsko-Biała 2004.

Pogoda Z., *Galeria wielościanów*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2005.

*Polish Radio Station HQ Looks Like a Badass SciFi Movie Set* [online]. New York, Gizmodo, [dostęp: 24-10-2009]. Dostępny w Internecie: <http://gizmodo.com/gadgets/radio-futurists/polish-radio-station-hq-looks-like-a-badass-sci-fi-movie-set-285788.php>

Vogt B., *Kula i bryły obrotowe w zadaniach*, Politechnika Krakowska, Kraków 2009.

Vogt B., *Podstawy rzutów Monge'a w zadaniach*, Politechnika Krakowska, Kraków 2009.