

STRÜKTÜR TASARIMINDA GEOMETRİ VE MATEMATİKSEL MODEL İLİŞKİSİ

Özgür KAVURMACIOĞLU (*ozgur.kavurmacioglu@gmail.com*)

Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Öğrencisi,

Levent ARIDAĞ (*leventaridag@yahoo.com*)

Beykent Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü,

ÖZET

Matematiğin mimarlık dahil olmak üzere farklı disiplinlerle girdiği sıkı ilişki ve teknolojinin gün geçtikçe gelişmesiyle kullanım alanı artan bilgisayar destekli tasarım teknolojisi sayesinde tasarım sürecinde farklı matematiksel modellerin kullanılması mümkün olmuştur. Matematiksel modellerle strüktür tasarımı, geometri ve malzeme parametrelerini ön plana çıkarmıştır.

Birbirinden farklı birçok parametrenin olması ve bunlar arasındaki ilişkilerin keşif süreci taşıyıcı sistemi tasarlanabilir bir sistem yapmıştır. Geometri, bu sistemin formunu oluşturur ve ilk dikkat çeken parametredir. Yaratılan her form bir geometri içerir ve formun ayakta durabilmesi için de strüktür tasarımına ihtiyaç vardır. Mimarlıkta geometriyle birlikte malzeme, tasarımın dokusunun, biçiminin ve binanın görünümünün oluşmasında temel bileşenlerdendir.

Matematiğin bir model oluşturduğu bu strüktür sistemlerinde, bilgisayar ortamında oluşan simülasyon, geçmişin sıkıcı ve anlaması zor olan hesaplamalarını geride bırakıp mimar ve mühendislere ortak olarak kullanabilecekleri bir ara yüz oluşturmuştur. Bu nedenlerle araştırmada strüktür tasarımında geometri ve matematiksel model ilişkisi zincir eğrisi, nurbs, bükülme, minimal yüzey modelleri başlıklarında incelenmiştir.

Anahtar kelimeler. *Strüktür tasarımı, geometri, matematiksel model, kendini organize etme*

THE RELATIONSHIP BETWEEN GEOMETRY AND MATHEMATICAL MODEL AT STRUCTURAL DESIGN

Özgür KAVURMACIOĞLU (*ozgur.kavurmacioglu@gmail.com*)

Beykent University, Graduate School of Sciences and Engineering,

MSc Student in Architecture Department

Levent ARIDAĞ (*leventaridag@yahoo.com*)

Beykent University, Department of Architecture

ABSTRACT

Thanks to the close relationship that the mathematics have established with various disciplines including architecture and the computer-aided design technology which has an expanding area of use with ever-growing development of the technology, it has become likely to use different mathematical models in the design process. Structure design through mathematical models has brought the geometry and material parameters forward.

It makes the load-bearing system a designable system that there are many parameters which are different from each other and the process of exploring the relationships between them. Geometry constitutes the form of this system and the first parameter that catches the attention. Each created form consists of geometry, and the structure design is required for the form to be able to remain standing. In architecture, the material along with geometry constitutes the main components in formation of the design texture, form and the appearance of the building.

In those structure systems where mathematics create a model for, the simulation created electronically has constituted an interface which the architects and engineers can be used jointly by leaving the bothering and complicated calculation of the past. For these reasons, the relationship between geometry and mathematical model has been analysed through mathematical models catenary, nurbs, curvature, minimal surfaces at the structural design in this research.

Keywords: *Structural design, geometry, mathematical model, self-organization*

1. STRÜKTÜR TASARIMI KAVRAMI

Strüktür, yapının iskeletini oluşturan taşıyıcı sisteminin ve taşıyıcı elemanların genel adıdır. Strüktür, insanlığın varoluşuyla ortaya çıkıp, evrimiyle de gelişmiştir. Strüktür yalnızca düzen kurmaya ve yükleri taşımaya değil, çoğu durumda tasarımın ana ögesi olarak bir mimari yapının hem estetik niteliğine hem de yapısal özelliklerine önemli ölçüde etki ettiği söylenebilir (Bielefeld ve El Khouli, 2010). İnşaat tekniklerinde 20. yüzyıl içinde;

- ❖ Strüktür teorilerinin doğması ve evrimleşmesi. Bu sayede yeterli güvenlik ve duyarlık ile strüktürlerin birçok çeşitlerini tasarlamak imkanı,
- ❖ Çelik ve beton gibi yüksek mukavemetli malzemelerin bolluğu ve malzemeler alanında esaslı evrimler,
- ❖ Endüstriyel gelişmenin, yeni ve hızlı taşıtların ve toplumsal ilerlemenin getirdiği yeni mimarî konuların ihtiyacı ve değişikliği,
- ❖ Ekonominin artan önemi dolayısıyla köklü değişiklikler yaşanmıştır (Nervi, 1967).

Belki de, söz konusu maddeler arasında en önemlisi birincisidir. Çünkü strüktür kuram bilgisinin yayılması, strüktürel problemlerin esaslarını tüm alana yaymış ve mimarı, sadece yavaş bir evrim ile başarıya ulaştırabilen şema ve çözümlerden kurtarmıştır. Geleneksel matematiğin ve statik sistemlerin doğanın karmaşık kurgusunu açıklamakta yetersiz kalmasıyla birlikte, birçok disiplin doğal ve yapay oluşumları hesaplamalı kuram ve algoritmik düşünceyle tanımlamaya yönelmiştir. Bu arayışta hesaplamalı kuram, sunduğu düşünme biçimiyle teorik çerçeveye ve sunduğu yöntemlerle üretici araca dönüşmektedir. Böylece hesaplamalı düşünmenin getirdiği algı, doğayı ve sistemlerini yeni modeller ile anlamamızı sağlayabilmektedir (Erdoğan, 2011).

Günümüzde bilgisayarlı teknolojiler ile birlikte matematik ve mimarlık ilişkisi çok daha kompleks biçimde evrilmiştir. Bu evrim, topolojiler ya da karmaşık geometrilerle sınırlı olmayıp, tüm bunlarında ötesinde, bilgisayarlı düşünme sonucunda bilgisayarlı tasarım anlayışını da gündeme getirmiş, mimarlık matematiği, salt geometri, parametrik hacim ve yüzey ilişkilerini elde etmek için değil, bilgisayarlı tasarım anlayışı ile, formal mantık ve aksiyomatik yöntemleri de tasarım süreçleri ile bütünleştirmeye başlamıştır. Son yıllarda ise matematik mimarlık için sadece oran ya form arayışlarının aracı olmaktan çıkmış, farklı bilgi

Özgür KAVURMACIOĞLU, Levent ARIDAĞ

alanlarının bilgilerinin bütünleştirildiği, çok sayıda verinin bir tasarım parametresi olarak kullanıldığı karmaşık tasarım süreçlerinin ve bu süreçlerin gereği olan temel düşünce biçimine dönüşmüştür (Sorguç, 2012). Bu süreçlerde farklı bilgi alanlarını ilişkilendiren bir araç olarak geometri önemli hale gelmiştir.

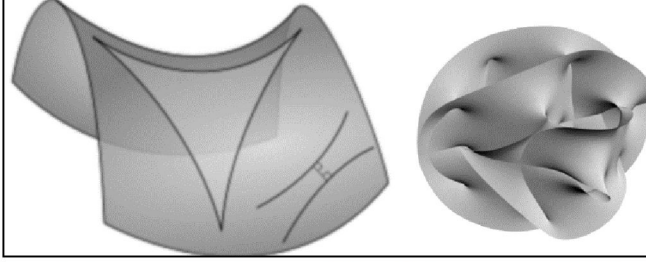
2. GEOMETRİ

Yunanca yer anlamında olan “geo” ve ölçüm anlamındaki “metria” kelimelerinden oluşan geometri, yerin ölçülmesi anlamına gelir. Uzayı ve uzayda tasarlanabilen şekilleri ve cisimleri inceleyen bir daldır. Geometri, bir yapının mimari olarak formunu oluşturan ve dikkatleri üzerine çeken ilk özelliğidir. Mimari tasarımda süreç, önce yapının geometrisinin belirlenmesiyle başlar. Örneğin, Eski Yunan mimarisinde güzel olanı elde etmek için altın oran, Mısır mimarisinde yapıların formları ve plan düzenleri astronomi etkisinde geliştirilen çeşitli geometrik oranlar ve hesaplamalar, rönesans mimarisinde simetri etkisindeki geometri ve perspektif, modern mimari de ise çizgisel, kübik, dikdörtgen formlar öklid geometrisinin etkisinde kullanılmıştır. Doğadan ilham alan mimari tasarımlarda ise doğada bulunan nesnelerin oluşum biçimlerinden ve yapılarındaki oranların etkisinde, doğanın geometrisi olarak bilinen fraktal geometrinin bazı karakteristik özelliklerini göstermektedirler.

Biçim-dönüşümü kavramı kapsamında ise doğal sistemleri tanımlayacak çeşitli algoritmik modelleme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda, bu yöntemler mimarlık disiplinine dijital araçların kullanımı, biçim üretimi gibi yeni tasarım anlayışlarını tanıtmaktadır. Bu bakış açısıyla mimarlığa kazandırılan sayısal üretim yöntemleri olarak kilit-şekil animasyonları, genetik algoritmalar ve topolojik mimarlık sayılabilir. Bu konuda Branko Kolarevic (2003, 58-59), dijital üretken sistemleri; “Dijital ve üretken sistemler sayesinde mimarlığın kavramsal, biçimsel ve yapısal arayışları da gelişen/değişen ve uyarlanabilir bir mimarlık üretme amacıyla gerçekleşir oldu. Buna bağlı olarak dijital üretim teknikleri biçim yapılışından çok biçim arayışına önem veren mimari süreçleri doğurdu. Böylece biçim kavramı da anlayış değiştirdi; tekil ve sabit olmasının yerini çoklu ve değişken olma özellikleri aldı.” şeklinde tanımlamıştır.

Modern geometrinin gelişimini sağlayan öklid olmayan geometriler, uzaysal mekanın eğrisel ve çok boyutlu oluşları ana fikirleri üzerinde gelişen geometrilerdir (Kolarevic, 2003). Öklidyen olmayan geometriler hiperbolik geometri ve fraktal geometriyi içerir (Şekil.1, 2.).

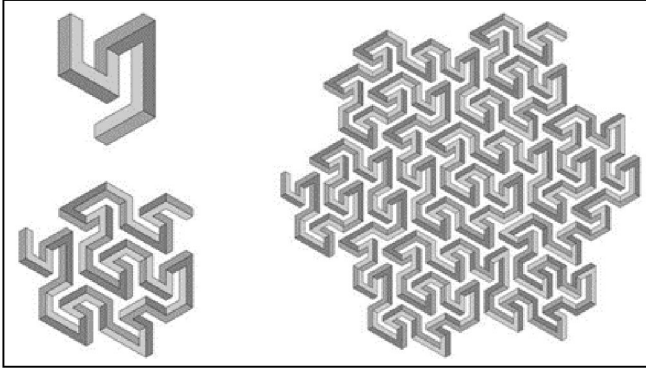
Strüktür Tasarımında Geometri - Matematiksel Model İlişkisi



Şekil 1. Öklidyen Olmayan Geometri Örnekleri

Kaynak: http://en.wikipedia.org/wiki/Hyperbolic_geometry (10 Şubat 2013).

Fraktal geometri, kendi kendini tekrar eden ama sonsuza kadar küçülen şekilleri, kendine benzer bir cisimde, cismi oluşturan parçaları ya da bileşenler cisminin bütününe incelemektedir. Düzensiz ayrıntılar veya desenler giderek küçülen ölçeklerde tekrarlanır ve tümüyle soyut nesnelere sonsuza kadar sürebilir; tam tersi de her parçanın her bir parçası büyütüldüğünde, aynı şekilde cismin bütününe benzemesi olayıdır (Özbek, 2009). Tanımlanabilir ve belirlenebilir kaos, fraktal geometrinin hizmetine sunulabilir. Fraktal geometri dinamik, hareketle ilgili, sabit akımlı bir matematiğe saygı gösterir. Hiperbolik geometri tarafından incelenen fraktal nesnelere ortak özelliği oto-benzeyiştir (Şekil.2.). Yani farklı büyüklük ölçeklerinde farklı gruplardan her biri toplam bütünlüğe benzerdir. Ölçekte sonsuz derecede küçüğe veya sonsuz derecede büyüğe gidildikçe nesne bölümlerde kendi kendini tekrarlar, çoğaltır. Fraktal geometri bölümleri her zaman toplam bütünlüğe benzer nesnelere oluşturur. Bu geometrinin kullanılması doğal sistemlerin dinamik ve kaotik biçimlerinin çoğaltılması ve biçimlendirilmesine olanak tanır. Kaosa düzen getirmeye, rastlantısallığın nedenlerini bulmaya, belirlenemez olanı belirlemeye imkan verir.



Şekil 2. Fraktal Geometri

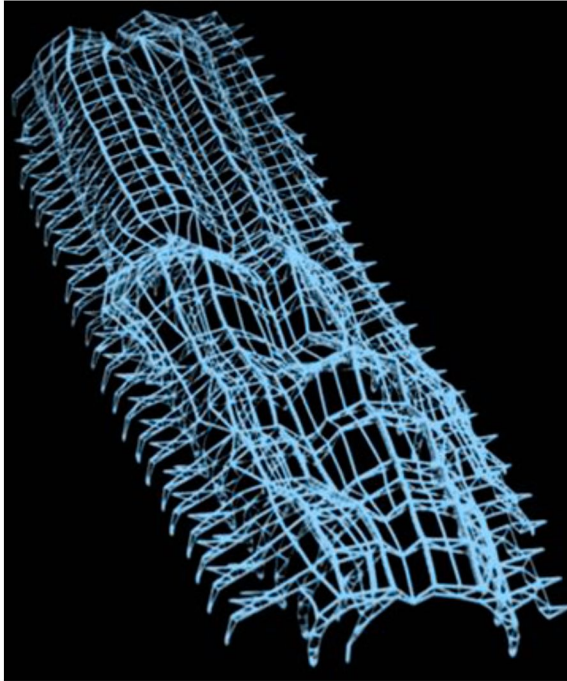
Kaynak: <http://catherinephilosophie.wordpress.com/tag/fractals/> (12 Şubat 2013).

Kompleks uyarlanabilir sistemler, kendini organize etme ve oluşum sürecini zorunlu kılmaktadır. Kendini organize etme, dış kontrol olmadan

Özgür KAVURMACIOĞLU, Levent ARIDAĞ

dinamik ve uyarlanabilir süreçten başarıyla geçen ve yapı oluşturan sistemler diye tanımlanabilmektedir. Tüm fiziksel sistemler, fizik kuralları içinde var olana kadar sonradan gelen dış kuvvetlerce engellenememektedir. Kendini organize eden sistemler bazen gelişen özellikleri gösterir ya da aralarında uyumlu kesişen düşük dereceli varlıkların davranışları meydana gelerek amacı faydalı hale getirmektedir. Araçsallaştırılan davranış, performans-yönlendirilmiş tasarımlara karşı uyarıcı olmakta ve bu da tasarım yöntemlerinin; üretkenliğe, analitik araçların kullanılmasına, evrimsel tasarımda yüksek performanslı farklılaşmış malzeme sistemlerinin ölçümüne olanak veren teknolojilerde kullanılmasını sağlamaktadır (Hensel, 2006).

Kompleks sistemlerin uzaysal ilişkilerini geometrik olarak tarif etmek bilginin kesinliği yerine göreceliği içinde tanımlanmasını, yani topolojiyi gerekli kılar. Topolojik geometride objenin kenar, köşe ve nokta sayısı gibi değerlerine bağlı olarak ilişkiyel strüktürler tanımlanmaktadır (Şekil.3.). Topolojiye dayalı tasarımlarda, biçimsel konfigürasyonlara ait biçimlerin arasındaki ilişkiyel mantığı kurmak esastır. Mantık kurulduktan sonra çeşitli dönüşümlere açık, aynı ilişkiyel sistem üzerine kurulu birçok biçimsel alternatifin üretilebilmesi dinamik bir tasarımı mümkün kılmaktadır (Kolarevic, 2003).



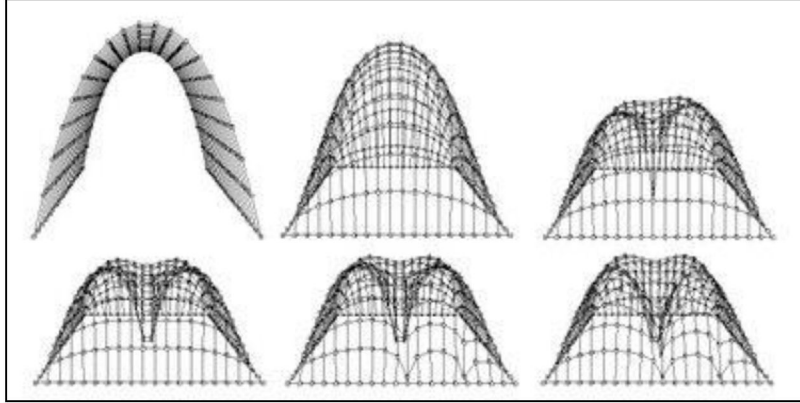
Şekil 3. Yokohama Terminali ve Topolojisi

Kaynak:
http://www.inst.at/trans/16Nr/01_2/rewers16.htm (27 Mart 2013).

3. STRÜKTÜREL MODELLER

3.1. Zincir Eğrisi (Catenary)

Zincir eğrisi matematiksel bir eğridir. Eğri x eksenini etrafında döndürüldüğünde zincir yüzeyini veya minimal yüzeyi verir. Eğri, kendi ağırlığı altında asılan ve iki sonu sabitlenmiş şekilden meydana gelir. X eksenine göre yansıtılırsa mükemmel bir şekilde kagir kemerde kendi ağırlığını gösteren yükü tanımlar. Bu şekil içinde oluşan yay saf sıkışma rolündedir, zincir de saf gerilmeyi sağlar. Robert Hook'un 1670'lerde araştırdığı bu olay birçok tasarımcıya ilham vermiştir. Parabol, zincir eğrisinin yakın bir yaklaşımdır. (Galileo bunun asılan zincir şekli olduğuna inanır). Bir nokta ve bir çizgiden eşit uzaklıktaki noktaların bulunmasıyla basit bir formüle ve kolayca inşa edilme özelliklerine sahiptir. Nicolas Fuss 1796'da zincir eğrisi modelinin son halini oluşturmuştur. (Şekil.4.)(Burry ve Burry, 2010).

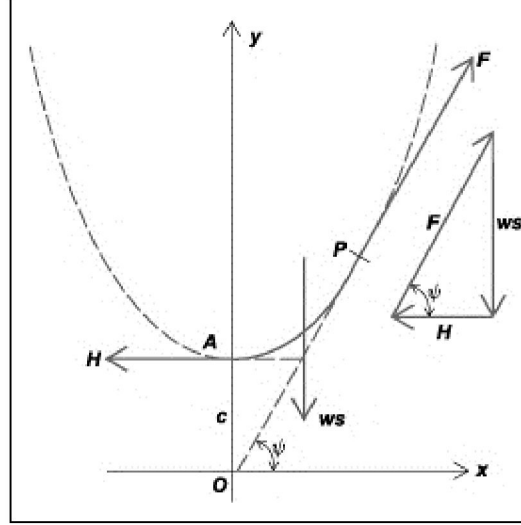


Şekil 4. Zincir Eğrisi Modelleri Şematik Gösterimi

Kaynak: <http://andjelkobt.blogspot.com/2009/02/catenaries.html> (3 Ocak 2013).

Zincir eğrisinin hesap yönteminde form zincirin ideal ağırlıktaki homojen bir ipin iki uç noktasından asılarak serbest bırakılmasıyla oluşur. (Şekil.5.) En alt noktası A tepe noktasıdır. AP kısmı, A'da ki H yatay gerilmesi altında dengedir, F gerilmesi, P tanjantı boyunca yönelmiştir ve AP'nin ağırlığı W'dır.

Şekil 5.
Zincir Eğrisi ve Üçgen Kuvveti

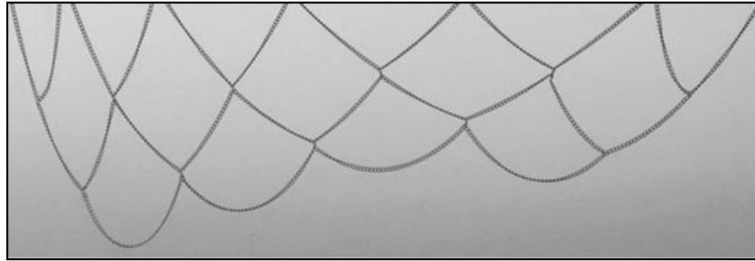


Kaynak:

<http://www.answers.com/topic/catenary>
(3 Ocak 2013).

Zincir eğrisi modelinde iki ucundan sabitlenmiş zincirin oluşturduğu serbest form, ters çevrildiğinde bağımsız bir yay oluşturur. Bu yay kullanılarak serbest yüzeyler oluşturulabilir, enerji kabloları, örümcek ağı gibi bir çok yerde gözlemlenebilir.

Zincir eğrisi modelinde strüktür geometrisi, iki ucundan asılı ipin sadece kendi ağırlığında serbest bırakılıp dış etkiler olmadan kendi kendini organize etmesiyle oluşur ve topolojik olarak bir süreklilik içerir. İki halka arasında oluşturulmuş sabun köpüğünün de kesiti alınırsa bu şekilde olur. Başka bir deyişle asma köprü paralel giden eksen etrafında döndürülürse sabun köpüğü şekli çıkar. Zincir eğrisi strüktürel modellerin temelini oluşturur. Günümüzde artık çok sık kullanılmasa bile yeni geliştirilen modellere ilham kaynağı olmuştur.

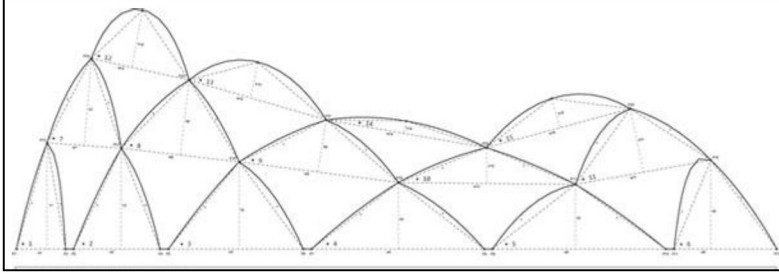


Şekil 6. İç İç Zincirlerin Asılması

Kaynak: <http://www.ocean-designresearch.net/index.php/design-mainmenu-39/architecture-mainmenu-40/nested-catenaries> (25 Haziran 2013).

Strüktür Tasarımında Geometri - Matematiksel Model İlişkisi

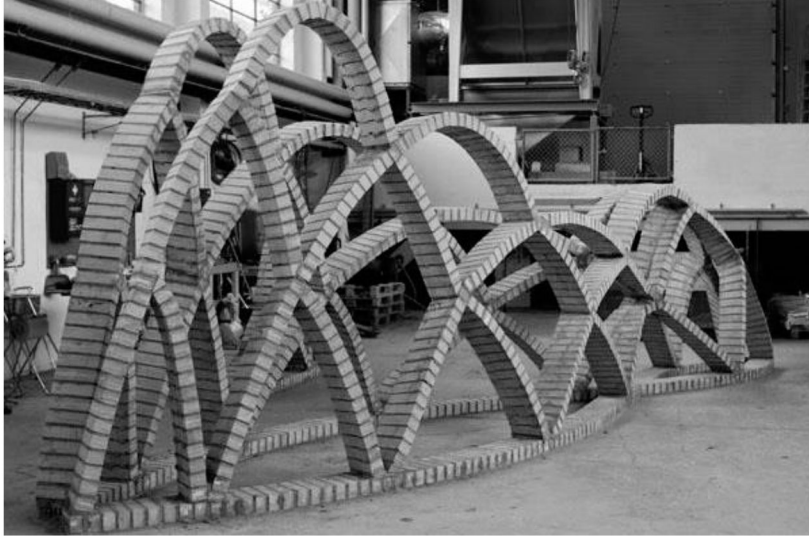
Ocean Design Research grubunda yapılan zincir eğrisi araştırmasında bilgisayarda ortamında birbirine bağlanmış iç içe zincirlerin asılması gözlemlenmiştir (Şekil.6). Asılan zincirlerin kendi ağırlıklarıyla ve asılma noktalarıyla aldıkları şekilden sonra ters çevrilip matematiksel bir eğri oluşturulmuştur (Şekil.7.) Bu matematiksel eğriler, tasarlanacak yapının serbest formunu belirler.



Şekil 7. Matematiksel Eğriler

Kaynak: <http://www.ocean-designresearch.net/index.php/design-mainmenu-39/architecture-mainmenu-40/nested-catenaries> (25 Haziran 2013).

Bu geometri ile bilgisayar ortamında tasarlanan yapı, araştırma merkezinde inşa edilmiştir. Herkesin bildiği Tuğlayı, çimento ile birleştirerek inşa edilen yapının, üstüne hiçbir statik veya dinamik yük konulmayarak ve sadece kendi ağırlığını taşıyan bir yapı oluşturulmuştur (Şekil.8.).



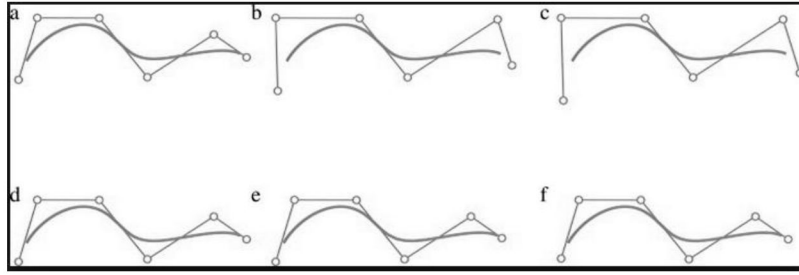
Şekil 8. Tuğladan İnşa Edilmiş Zincir Eğrisi Modeli

Özgür KAVURMACIOĞLU, Levent ARIDAĞ

Kaynak: <http://www.ocean-designresearch.net/index.php/design-mainmenu-39/architecture-mainmenu-40/nested-catenaries> (25 Haziran 2013).

3.2. Üniorm Olmayan Rasyonel Çizgiler - Nurbs (Non-Uniform Rational B-Splines)

Üniorm olmayan akılcı prensipli çizgiler eğrisidir. Gemilerin teknesi veya bir kerelik model olarak başvuru olan ağaç gövdeleri gibi serbest biçimli yüzeylerin hassas tanımıdır. Bilgisayar grafiklerinde, eğrilerin başlangıç noktalarıyla çizgiler, günümüzde Bezier çizgileri olarak tanınır. Nurb eğrileri, birçok kontrol noktası ve düğüm vektörlerinden oluşur. Nurb genellikle kendine özgü tek bir matematik form sağlar. Matematiksel tanımlamada, serbest form yapılarında ve birçok endüstriyel standart formatlarında, ekonomik depolamada kullanılır. (Şekil.9.) (Burry ve Burry, 2010). Nurbs modellerinde kullanılan eğriler sistemi anlamak ve modellemek için dijital ortamda yaratılan eğriler olduklarından özellikle optimizasyonda bilginin haritalanmasında kullanılmaktadırlar.



Şekil 9. Nurbs şematik gösterimi

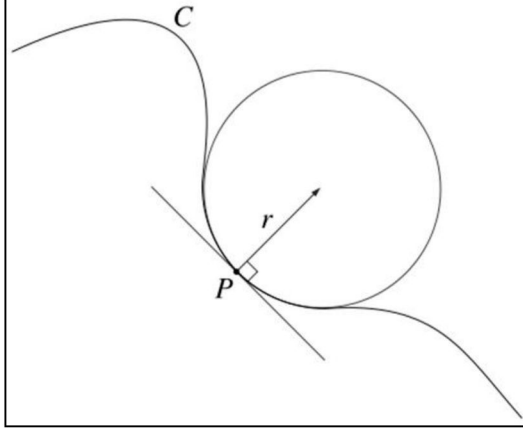
Kaynak: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448512001844> (29 Ocak 2013).

3.3. Bükülme (Curvature)

Bükülme, Christiaan Huygens, Gottfried Leibniz, Sir Isaac Newton, Carl Freidrich Gauss, Nikolai Lobacchevsky, Janos Bolyai, Henri Poincare ve David Hilbert gibi birçok matematikçiyi meşgul etmiş bir konudur. Bu aslında ayrı ayrı bükülme veya yüzey sapması miktarıdır. En basit durum, eksende bükülmedir. Bu bükülme, büküm boyunca her noktada çeşitlenebilir (Şekil.10). Yuvarlak değişmez bükülme figürüdür; küçük yuvarlak büyük büküme ve büyük olanda en az büküme sahiptir, bu yüzden yarıçapla ilişki terstendir. Gaussian bükülme, yüzey bükülmesinin asıl ölçüsüdür, noktadaki iki esas bükülme yüzeyi ürünüdür. Dışbükey yüzeyler küre gibidirler, pozitif bükülmeye sahiptirler. Eyer yüzeyler (saddle surfaces) ise hiperboloit gibidirler, negatif bükülme yaparlar (Şekil.11.). Eksenler sıfır bölgesine ve genel bükülmeye sahiptir.

Strüktür Tasarımında Geometri - Matematiksel Model İlişkisi

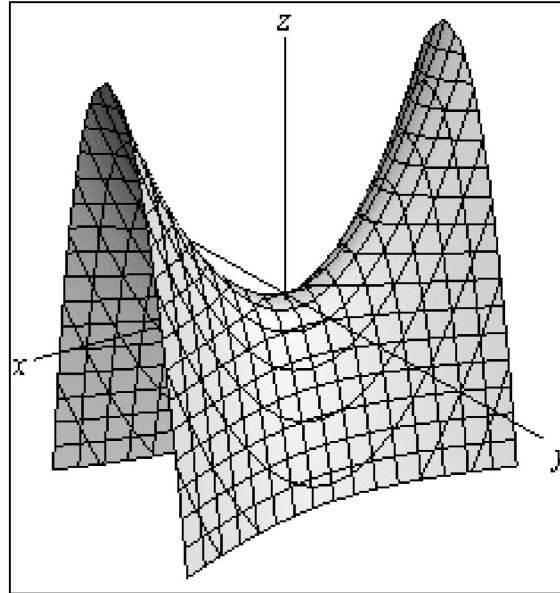
Bükmeler sadece dıştan gelen bükülmelerdir; doğal olarak doğrusaldır ve sadece öklidyen eksene yerleştirildiklerinde bükülmeye sahip olurlar (Burry ve Burry,2010).



Şekil 10. Bükülme Şematik Gösterimi

Kaynak:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Curvature> (5 Ocak 2013).

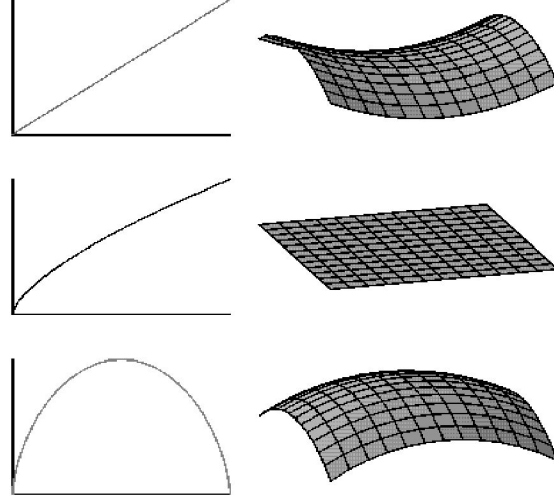
Şekil 11. Eyer Yüzey Şematik Gösterimi



Kaynak:
<http://tutorial.math.lamar.edu/Classes/CalcIII/QuadricSurfaces.aspx>
(24 Temmuz 2013).

Bükülmede en basit form olarak ilk hesaplamalar dış bükülmede yapılmıştır. İki boyut içinde, kartezyen parametrik denklemler düz eğimi verir. (Şekil.12.) Düz eğim en basit bükülmedir.

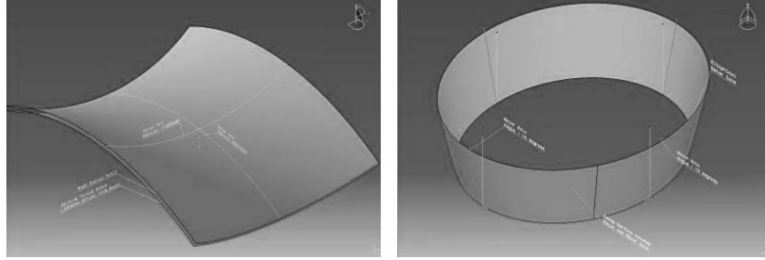
Özgür KAVURMACIOĞLU, Levent ARIDAĞ



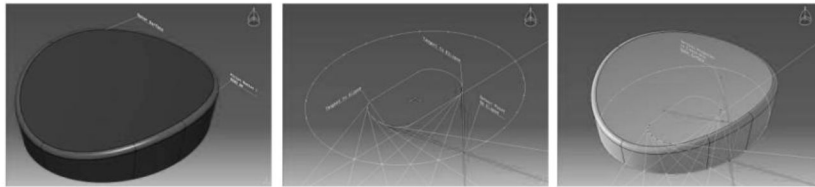
Şekil 12. Düz Eğim Grafikleri

Kaynak: http://www.astro.ucla.edu/~wright/cosmo_03.htm (5 Ocak 2013).

Pekin’de ki Beijing Olimpiyat Stadyumunda bükülme modeli kullanılarak bükülmüş çelik kafeslerden oluşmuştur (Şekil.13.) (Şekil.14.). Bu yapının belirgin cephesi, çatının desteklenmesi için gerekli büyük paralel çelik kirişleri gizlemek için tasarlanmıştır. Görünürdeki rastgele elemanların geometrisi, strüktürün kullanımı ve kapasitesi ile ilgili geometrik kısıtlamalar kullanılarak tanımlanmıştır. (Rogers, 2007).



Şekil 13. Bükülme modeli

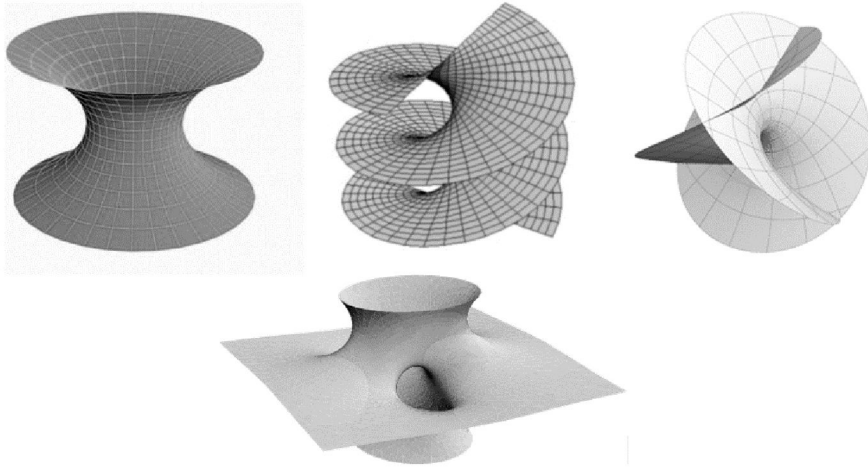


Şekil 14. Bükülme modeli detayı

Kaynak: <http://www.gehrytechnologies.com/sites/default/files/webform/application-docs/Beijing-Olympic-Stadium.pdf> (13 Mayıs 2013).

3.4. Minimal Yüzeyler (Minimal Surfaces)

Minimal yüzeylerin teknik açıklaması sıfır yüzeyinin bükülme anlamına gelmesidir. Minimal yüzeylere; karşılıklı eşit tüm bükülmeye sahip, zincir eğrisi bükülmesinin eksenler etrafında salınımı ile oluşan Catenoid (Şekil.15.), çizginin aynı anda dönmesi, çevrilmesi ve salınmasıyla oluşan Helicoid (Şekil.15.), Enneper yüzeyi (Şekil.15.), son zamanlarda keşfedilen Costa-Hoffmann-Meeks yüzeyi (Şekil.15.), örnek olarak verilebilir.



Şekil 15. Catenoid, Helicoid, Enneper Yüzeyi, Costa- Hoffmann Yüzeyi

Kaynak: <http://www.indiana.edu/~minimal/maze/catenoid.html>, (25 Mart 2013)
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Helicoid.png>, (25 Mart 2013)
http://en.wikipedia.org/wiki/Enneper_surface, (25 Mart 2013)
<http://mathworld.wolfram.com/CostaMinimalSurface.html>. (25 Mart 2013)

En az alanlı bir yüzeyde gelişigüzel karmaşık sınır eğrisinin varlığının olup olmadığı sorusunu ortaya çıkaran Joseph-Louis-Lagrange (1736-1813) minimal yüzeyler araştırmasını başlatmıştır. Sabun köpüğünün deforme olabilen tel çerçeve üzerindeyken, telin deforme edilmesiyle minimal yüzeyler oluşur, ama minimal yüzey alanları sınırlı değildir. Küre, hacim vermesine rağmen minimum yüzey alanı olarak tanıtılır, matematiksel tanıma göre minimal yüzey değildir (Burry ve Burry, 2010).

Sabun köpükleri ile oluşturulan yüzeylerin çok önemli bir özelliği vardır. Minimum yüzey-gerilim potansiyel enerjisine sahip olan bu yüzeyler, alan olarak da minimumdur. Bu yüzden sabun köpüklerinden oluşan alanlara “minimal yüzeyler” denir. Kapalı bir çerçeve içerisindeki böyle bir alan, diğer oluşturulabilecek olanlardan her zaman daha az bir alanı işgal eder (Polatöz, 2008).

Özgür KAVURMACIOĞLU, Levent ARIDAĞ

Minimal yüzeylerin ilk örneklerinden olan Münih Olimpiyat Stadyumu, ekolojik yaklaşımı, görselliği, kullanılabilirliği ve ulaşım planlaması ile Otto ve Behnisch ortaklığının bir tasarımıdır (Şekil.21.). Geleneksel yapıların aksine asma germe yapılar daha az sert ve ağırdır. İki karşı bükülmeyi dengeleyen yüzeyin geometrisi öklidyen değildir (Şekil.22.). Uzay geometrisinde uyarılmış gerilim, öngerilme ile oluşan formun dengesiyle birlikte dayanıklılığı sağlar. Asma germe strüktürünün yüzeyi üç boyutlu hiperbolik geometriye sahiptir.



Şekil 16. Münih Olimpiyat Stadyumu

Kaynak: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Olympiastadion_Muenchen.jpg (17 Mart 2013)

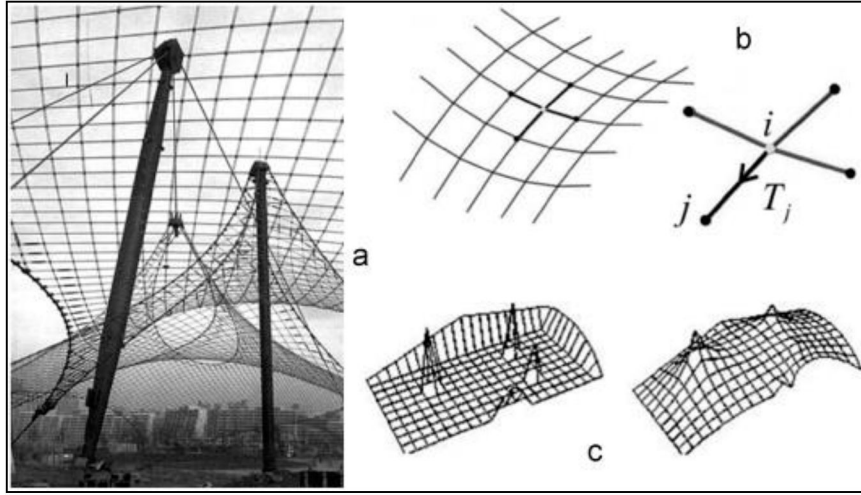


Şekil 17. Münih Olimpiyat Stadyumu Geometrisi

Kaynak: <http://mayoralthemandezarchitect.jimdo.com/portfolio/structural-analysis/> (17 Mart 2013)

Strüktür Tasarımında Geometri - Matematiksel Model İlişkisi

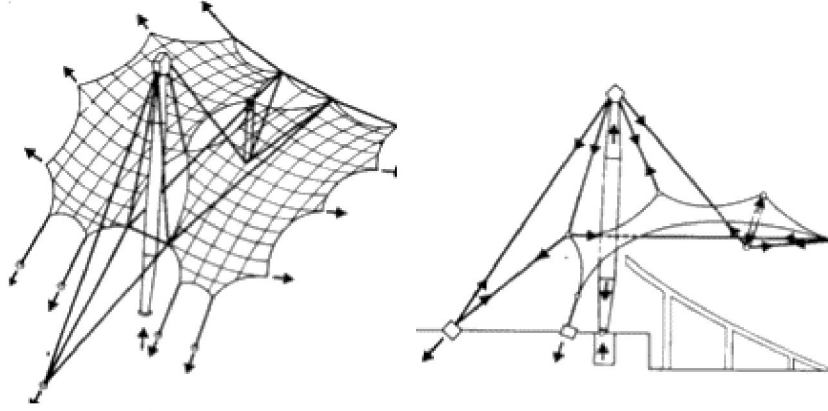
Minimal yüzeyler, çatı üzerindeki her dengeli noktanın içinde dengelenmiş yüzey gerilmesine sahiptir ki bu da tüm konstrüksiyonu dengeler. Minimal yüzeylerde çukur oluşmaz ve bundan dolayı su birikmez (Şekil.23.) (Pan ve Xu, 2010). Böyle geniş bir alan için, minimal düzeydeki yapı elemanları, dalgalı ağ ile sonuçlanan çeşitli çekme bağlantıları ile dinamik geniş yüzeyler oluşturulmuştur (Kroll, 2011). Form, gerili sistemlerin kendine benzeme manipülasyonlarının birleşmesi, yüzey geçirgenlik derecesinin değerlendirilmesiyle minimal yüzeyin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.



Şekil 18. Münih Olimpiyat Stadyumunun Topolojik Diyagramı

Kaynak: <http://www.tensinet.com/database/viewProject/3779> (17 Mart 2013)

Özellikle membran sistemleri, form oluştururken membranın kısıtlanmasıyla uygulanan dış etkiler altında membranın gerilme kuvvetleri ve özel olarak seçilmiş kontrol noktaları kendini organize eden bir davranış içinde olmaktadır. Bu noktalarda gerilme kuvvetleri toplanıp iletilmektedir. Membranların malzeme olarak forma şeklini vermesi nedeniyle belirli sınır noktalarında yer değiştirmeler ve ön germe kuvvetleriyle tanımlanmaktadır. Membranın formu, iç dirençlerin ve dış kuvvetlerin dengesiyle bulunmaktadır (Şekil.24.) (Hensel, 2006).



Şekil 19. Münih Olimpiyat Stadyumunun Mebran Detayı

Kaynak: R. Fang (2009), *The Design and Construction of Fabric Structures* (17 Mart 2013)

4. SONUÇ

Bu araştırmada incelenen dört model de kendine özgü bir denklemi kullanan parabolik eğrilerden oluşmaktadır. Bu eğriler aynı zamanda olası strüktürel oluşumlara işaret ederler. Matematiksel modeller, strüktürel örüntünün ayakta kalmasını sağlayan kuvvetlerle, malzeme ve hava akımı, güneş ışığı, yağmur, kar gibi fiziksel çevre parametreleri arasında fiziksel dengeyi sağlamaya çalışır. Bilgisayar ortamında oluşan geometrik yapı kendi karakterini koruyarak veya yeni bir örüntüye ulaşarak yani kendi kendini yeniden organize ederek performansa dayalı bir model oluşturur.

Mimari tasarıma parametre oluşturabilecek strüktür temelli yeni olanakların keşfedilmesiyle, matematik mimarlıkta oran ya da form yaratmak dışında, disiplinler arası bilgilerin mühendis ve mimarın birlikte anlayabileceği, düşünebileceği bilgisayar simülasyonları vasıtasıyla birçok verinin tasarım parametresi olarak işlenebildiği tasarım süreçlerine ve bu süreçlerin işaret ettiği yapılara dönüşür. Strüktür tasarımı yani taşıyıcı sistemin estetik bir değer taşıyarak alışlagelmişin dışında bir yapı olarak tasarlanması, birlikte çalışılan mühendisin mimarlaşmış, mimarın da mühendisleşmesine olanak verir. P.L. Nervi, F. Candela, F. Otto gibi mühendis tasarımcılar günümüzdeki tasarımcılara ilham veren eserler ortaya çıkarır. Buradan gelen deneyim ve teknolojik ilerlemeyle gözle görülmeyen parametrelerin keşfedilip bilgisayarlar aracılığıyla işlevsel hale getirilmesi, matematiksel modellerin gelişimini sağlar.

Strüktür Tasarımında Geometri - Matematiksel Model İlişkisi

Kaotik bir yapı olarak gözlemlenen strüktürü etkileyen deprem, rüzgar, su gibi çeşitli vektörel kuvvetler dinamik parametreler olarak bilgisayar ortamında simüle edilebilmeleriyle daha iyi anlaşılır hale gelir. Bu da geometrinin gelişmesini, öklidyen olmayan geometrik formların ortaya çıkmasını sağlar. Strüktürel tasarımlarda bu formlar, dinamik parametrelere göre kendi kendini organize ederek örüntü oluştururlar. Ortaya çıkan örüntünün topolojik sürekliliği yapının ayakta kalmasını sağlar. Bu süreklilik dinamik parametrelerin zaman ve harekete bağlı yapılarının ortaya çıkarılıp optimize edilmesiyle oluşur. Ayrıca sürdürülebilirlik, minimum malzeme kullanımı, kolay üretilebilirlik, sökülüp takılma gibi tasarım düşünceleri ve polimerler, membranlar vb. yeni malzemelerin gelişimi de strüktür tasarımında bu yeni olanakların oluşmasını destekler.

Bilgisayarın mühendis ve mimarın ortak çalışabilmesini sağlayan görsel model oluşturma kapasitesinin artmış olması, insanın zihinsel ve entelektüel eylemlerini tasarım alanına yöneltmesine yardımcı olur. Sayısal analiz metodlarının soğuk nesneliliği yerine bilgisayar simülasyon modellerinin sıcak gerçekliğinin anlamı ve farklı disiplinlerin algılayabileceği ve yorum yapabileceği görsellik oluşur. Bilgisayar teknolojisi olmadan önce bu hesaplamaların arkasında yalnızca mühendisin anlayabileceği sayılar varken bilgisayarlarla birlikte bu sayılar simülasyonlara dönüşerek herkesin anlayabileceği bir dil yaratılır. Bu simülasyon teknolojisi, mimarların ve mühendislerin ortak çalışmasını sağlayan bir ara yüz oluşturur.

KAYNAKLAR

- [1] Bielefeld, B. ve El Khouli, S. (2010). Adım Adım Tasarım Fikirleri. İstanbul: Yem Yayınevi
- [2] Burry, J. ve Burry, Mark. (2010). The New Mathematics of Architecture. United Kingdom: Thames and Hudson Yayınları
- [3] Erdoğan, E. ve Gönenç Sorguç, A. (2011). Hesaplamalı Modeller Aracılığıyla Mimari ve Doğal Biçim Üretim İlkeleri ilişkilendirmek. Metu JFA,28 (2), s. 269-281.
- [4] Hensel, M. (2006). Towards Self-Organizational and Multiple-Performance Capacity in Architecture. Architectural Design Dergisi, Techniques and Technologies in Morphogenetic Design
- [5] Kroll, A.(2011). AD Classics: Munich Olympic Stadium/ Frei Otto

Özgür KAVURMACIOĞLU, Levent ARIDAĞ

and Gunther Behnisch. .830.05.2013). archdaily.com/109136/ad-classics-munich-olympic-stadium-frei-otto-gunther-behnisch, 2011

- [6] Kolarevic, B. (2003). Architecture in The Digital Age: Digital Production.
New York And London: Spoon Press
- [7] Nervi, P. L. (1967). Mimarlıkta Strüktürün Yeri. (Çev. Enis Kortan), Mimarlar Odası Dergisi, 4-328, syf. 184-185
- [8] Özbek, B. (13.10.2009). Marksizm ve Modern Bilim 3: Kaos Teorisi ve Kelebek Etkisi ve Fraktaller.(25.02.2013), <http://www.sendika.org/2009/10/marksizm-ve-modern-bilim-3-kaos-teorisi-kelebek-etkisi-ve-fraktallar-berkay-ozbek/>
- [9] Pan, Q. ve Xu, G. (2010). Construction of Minimal Catmull-Clark's Subdivision Surfaces with Given Boundaries. Advances in Geometric Modelling and Processing, syf 207
- [10] Polatöz, M.S. (2008). Sabun Köpüğünden Teknolojiye. Sızıntı Dergisi, Sayı:350
- [11] Rogers A.(2007). Beijing Olympic Stadium 2008 as Biomimicry of a Bird's Nest
- [12] Sorguç, G. A.(2012). Mimarlığın Matematiği, Matematiğin Mimarlığı, Arredamento Dergisi, 4