

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**KUBBE FORMUNDAKİ YAPILARIN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ**  
**BAĞLAMINDA İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mimar Tayfur Emre YAVRU**

**HAZİRAN 2018**  
**TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**KUBBE FORMUNDAKİ YAPILARIN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ  
BAĞLAMINDA İRDELENMESİ**

**Tayfur Emre YAVRU**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**"YÜKSEK MİMAR"**

**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28 / 05 /2018**

**Tezin Savunma Tarihi : 19 / 06 /2018**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Nihan ENGİN**

**Trabzon 2018**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mimar Anabilim Dalında  
Tayfur Emre YAVRU Tarafından Hazırlanan**

**KUBBE FORMUNDAKİ YAPILARIN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ  
BAĞLAMINDA İRDELENMESİ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29 / 05 / 2018 gün ve 1755 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Doç. Dr. Nihan ENGİN**

**Üye : Doç. Dr. Müjde ALTIN**

**Üye : Dr. Öğr. Üyesi Nilhan VURAL**

*Nihan Engin*  
*M. Altın*  
*Nilhan Vural*

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Kubbe Formundaki Yapıların Ekolojik Tasarım Prensipleri Bağlamında İrdelenmesi” isimli bu araştırma, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleriyle beni yönlendiren danışmam hocam Doç. Dr. Nihan ENGİN’e, öğrenim hayatım boyunca edindiğim mesleki bilgilerim için KTÜ Mimarlık Bölümü ailesine, tez çalışmam süresince destek ve yardımlarıyla yanımda olan değerli arkadaşlarım, nişanlım ve aileme teşekkür ederim.

Tayfur Emre YAVRU

Trabzon 2018



## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Kubbe Formundaki Yapıların Ekolojik Tasarım Prensipleri Bağlamında İrdelenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Nihan ENGİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdığimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 19/06/2018

Tayfur Emre YAVRU

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	X
TABLOLAR DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	1
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	3
2.1. Literatür Çalışması.....	3
2.1.1. Kubbe Formu .....	4
2.1.1.1. Kubbenin Tanımı .....	4
2.1.1.2. Kubbe Formunun Tarihsel Süreçte Kullanımı.....	4
2.1.1.2.1. Modern Dönem Öncesi Kubbe Formu.....	6
2.1.1.2.2. Modern Dönem Kubbe Formu.....	11
2.1.1.3. Kubbelerin Sınıflandırılması.....	13
2.1.1.3.1. Geometrik Şekillerine Göre Kubbeler .....	13
2.1.1.3.1.1. Sivri Kubbe .....	13
2.1.1.3.1.2. Küresel Kubbe .....	14
2.1.1.3.1.3. Eliptik Kubbe .....	14
2.1.1.3.1.4. Basık Kubbe.....	15
2.1.1.3.1.5. Soğan Kubbe.....	16
2.1.1.3.1.6. Asma Kubbe.....	16
2.1.1.3.1.7. Bizans Kubbesi .....	17
2.1.1.3.1.8. Rönesans Kubbesi.....	17
2.1.1.3.2. Taşıyıcı Sistem Özelliklerine Göre Kubbeler .....	18
2.1.1.3.2.1. Yığma Kubbeler.....	18
2.1.1.3.2.2. Kaburgalı Kubbeler.....	19
2.1.1.3.2.3. Kabuk Kubbeler .....	20

2.1.1.3.2.4.	Kemer Taşıyıcılı Kubbeler.....	21
2.1.1.3.2.5.	Çubuk Ağı Kubbeler .....	21
2.1.1.3.2.6.	Kablo Destekli Kubbeler.....	22
2.1.1.3.2.7.	Hava Basıncılı Kubbeler (Pnömatik Sistemli Kubbeler) .....	24
2.1.1.3.3.	Malzemelerine Göre Kubbeler.....	24
2.1.1.3.3.1.	Taşıyıcı Sistem Malzemelerine Göre Kubbeler.....	25
2.1.1.3.3.2.	Kaplama Malzemelerine Göre Kubbeler .....	26
2.1.2.	Kubbe Formu ve Ekoloji.....	31
2.1.2.1.	Ekolojik Mimarlık.....	31
2.1.2.2.	Kubbe Formu Ekoloji İlişkisi .....	38
2.1.2.3.	Kubbe Formunda Ekolojik Tasarım Prensipleri .....	45
2.1.2.3.1.	Yerleşim yeri.....	46
2.1.2.3.1.1.	Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum.....	46
2.1.2.3.2.	Enerji.....	47
2.1.2.3.2.1.	Aktif Güneş Sistemleri.....	47
2.1.2.3.2.2.	Pasif Güneş Sistemleri .....	48
2.1.2.3.2.3.	Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanımı .....	48
2.1.2.3.2.4.	Aktif Rüzgâr Sistemleri .....	49
2.1.2.3.2.5.	Doğal Havalandırma (Pasif Rüzgâr) Sistemleri;.....	50
2.1.2.3.2.6.	Rüzgâr Kontrol Elemanları: .....	50
2.1.2.3.2.7.	Diğer Ekolojik Sistemler.....	51
2.1.2.3.2.7.1.	Su ve Yer Yüzü Kaynaklı Isı Transferi (Isı Pompaları) .....	51
2.1.2.3.2.7.2.	Biyokütle Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi.....	52
2.1.2.3.3.	Malzeme-Konstrüksiyon.....	52
2.1.2.3.3.1.	Taşıyıcı Sistem Malzemesi .....	53
2.1.2.3.3.2.	Kaplama Malzemesi.....	54
2.1.2.3.3.3.	Yalıtım Malzemesi.....	54
2.1.2.3.3.4.	Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı.....	55
2.1.2.3.3.5.	Kabuk Sayısı .....	55
2.1.2.3.3.6.	Kabuk Yüzeyindeki Doluluk Boşluk Oranları.....	56
2.1.2.3.4.	Su .....	57
2.1.2.3.4.1.	Yağmur Suyunun Geri Dönüşümü.....	58
2.1.2.3.4.2.	Atık Su ve Çevre Kaynakların Kullanımı .....	58

2.1.2.3.5.	Akustik.....	59
2.1.2.3.5.1.	Gürültü Kontrolü ve Akustik Tasarım .....	59
2.2.	Analiz Çalışması .....	60
2.2.1.	Veri Toplama ve Örneklerin Seçimi .....	60
2.2.2.	Yapı Analiz Tablolarının Oluşturulması.....	62
2.2.3.	Yapı Örneklerinin Analiz Tabloları ve Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar.....	70
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER.....	156
3.1.	Yapı ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler.....	156
3.2.	Kubbenin Strüktürel Özellikleri ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler....	158
3.3.	Ekolojik Tasarım Prensipleri ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler .....	160
4.	SONUÇLAR.....	169
4.1.	Ekolojik Tasarım Prensipleri ile İlgili Sonuçlar .....	169
4.2.	Genel Sonuçlar.....	172
5.	KAYNAKLAR .....	173
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

KUBBE FORMUNDAKİ YAPILARIN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ  
BAĞLAMINDA İRDELENMESİ

Tayfur Emre YAVRU

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mimarlık Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Nihan ENGİN  
2018, 185 (Sayfa)

Antik Çağlara kadar uzanan bir mimari geçmişe sahip olan kubbeler, yüzyıllar boyunca çamur, kar, taş, ahşap, tuğla, beton, metal, cam ve plastik gibi çeşitli malzemelerden inşa edilmiş, dünyanın birçok yerinde farklı işlevlerde ve açıklıklarda uygulanmıştır. Günümüze kadar önemini yitirmeden gelen kubbeler, mühendislik ve mimari özellikleri ile dünya üzerinde etkileyici örnekler oluşturmuşlardır.

Bu çalışmada, kubbe formuna sahip yapılarda kubbe formunun yapıya sağladığı ekolojik katkıları ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu amaçla çeşitli açıklık ve işlevlere sahip, dünyanın farklı yerlerinde konumlanan, literatüre girmiş, 2000 yılı sonrası inşa edilen ve ekolojik özellikler içeren kubbe formuna sahip 13 örnek seçilerek ekolojik tasarım prensiplerinden yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik başlıkları altında analiz edilmiştir.

Altı bölümden oluşan çalışma sonucunda; kubbelerin inşa edildikleri yerlerde iklimden en fazla yararlanacak şekilde konumlandıkları, doğal havalandırmadan yararlanarak enerji tasarrufu sağladıkları, taşıyıcı sistemlerinde genellikle çelik ve ahşabın kullanıldığı, taşıyıcı ve kaplama olarak kullanılan malzemelerin çoğunun geri dönüşüm özelliğine sahip olduğu, genel olarak şeffaf olan kubbe yüzeyinde yalıtımlı camlar ile güneş kontrolünün sağlanabildiği, yağmur suyunun geri dönüştürülerek yapı içi ve dışında değerlendirildiği, formda akustik olarak da çeşitli düzenlemelerin yapıldığı bilgilerine ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kubbe, kubbe formu, ekoloji, ekolojik tasarım

Master Thesis

SUMMARY

EXAMINATION OF DOME FORM STRUCTURES IN TERMS OF ECOLOGICAL  
DESIGN PRINCIPLES

Tayfur Emre YAVRU

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Architectural Graduate Program  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nihan ENGİN  
2018, 185 (Pages)

The dome, which has an architectural history extending back to the Ancient Ages, has been built from various materials such as mud, snow, stone, wood, brick, concrete, metal, glass and plastic for centuries and has been applied in various functions and openings in many parts of the world. The dome, which has not lost its importance as it is sun-drenched, has created impressive examples all over the world with its engineering and architectural features.

In this study, it was aimed to reveal the ecological contributions of the dome form to the structure in structures with dome form. For this purpose, 13 samples with various openings and functions, located in different parts of the world, entered into the literature, constructed after 2000, and have dome shape with ecological properties were selected and analyzed under ecological design principles under settlement, energy, material-construction, water and acoustical titles.

As a result of the study consisting of six chapters; the fact that the domes are positioned to benefit the most from the climate where they are built, that they save energy by using natural ventilation, that most of the materials used in the conveyor systems are steel and wood, the materials used as carriers and coatings have recycling properties, the rainwater is recycled and evaluated inside and outside the building, and the information on the acoustics in the form of various regulations has been reached.

**Key Words:** Dome, dome form, ecology, ecological design

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Kubbeli Dolmen .....	5
Şekil 2. Jeodezik Kubbe Örneği, Fullerin “Montreal Biosphere” Pavyonu. ....	6
Şekil 3. Lei Cheng Uk Han Mezarlığı, Hong Kong, Çin.....	7
Şekil 4. Pantheon ve Kubbesinin İçerden Görünümü, Roma, İtalya .....	7
Şekil 5. Ayasofya Müzesi, İstanbul, Türkiye.....	8
Şekil 6. Ardashir Sarayı, Piruz-Apad, İran .....	8
Şekil 7. Konya İnceminareli Medresesi, Konya, Türkiye.....	9
Şekil 8. Floransa Katedrali, Floransa, İtalya.....	10
Şekil 9. Edirne Selimiye Camii ve kesiti .....	11
Şekil 10. St. Paul Katedrali'nin Kubbe kesiti ve içeriden görünümü .....	11
Şekil 11. Modern dönem kubbe formu örneği, The Climatron, St. Louis, Amerika .....	12
Şekil 12. Kubbe biçimlerinin şeması .....	13
Şekil 13. Sheikh Lotfollah Camii, Sivri kubbe örneği.....	14
Şekil 14. Kubbetüs Sahra, Küresel kubbe örneği .....	14
Şekil 15. Santuario di Vicoforte Müzesi, İtalya, Eliptik kubbe örneği.....	15
Şekil 16. Tacoma Dome, Amerika, Basık kubbe örneği.....	15
Şekil 17. The Cathedral of the Annunciation, Soğan kubbesi örneği.....	16
Şekil 18. Şakirin Camii, Asma kubbe örneği.....	17
Şekil 19. Ayasofya Camisi'nin Kubbesi, Bizans kubbesi örneği .....	17
Şekil 20. St. Peter's Bazilikası Kesiti, Rönesans kubbesi örneği.....	18
Şekil 21. Yığma kubbe örneği, Selimiye Camii, Edirne.....	19
Şekil 22. Kaburgalı kubbe örneği, Reictag Kubbesi, Berlin, Almanya .....	19
Şekil 23. İlk betonarme kabuk kubbe örneği, Zeiss-Planetarium, Münih, Almanya .....	20
Şekil 24. Kemer taşıyıcılı kubbe örneği, Garden by the Bay, Bayshore, Singapore .....	21
Şekil 25. Çubuk ağı kubbe çeşitleri .....	22
Şekil 26. Tensegriti kubbe örneği ve sistem kesiti, Suncoast Dome, Florida, Amerika.....	23
Şekil 27. Çift tabakalı kablo sistem örneği ve kesiti, Utica Auditorium, Utica, Amerika.....	23

Şekil 28.	Düşey taşıyıcıya bağlı kablo askılı sistem örneği, Monreal Olimpiyat Stadyumu, Montreal, Kanada .....	23
Şekil 29.	(1) Hava-destekli, Alçak basınçlı, (2) Hava-şişirmeli, Yüksek basınçlı. ....	24
Şekil 30.	Taşıyıcı sistem malzemelerine göre kubbeler .....	25
Şekil 31.	Kiremit kaplı kubbe örneği, Pisa Baptistery, Pisa, İtalya.....	27
Şekil 32.	Membran kaplı kubbe örneği, Milenyum Kubbesi, Londra, İngiltere .....	28
Şekil 33.	Cam kaplı kubbe örneği, Osaka Maritime Museum, Osaka, Japonya .....	28
Şekil 34.	Plastik kaplı kubbe örneği, Agora AVM, İzmir, Türkiye.....	29
Şekil 35.	Metal levha kaplı kubbe örneği, National Grand Theatre, Beijing, Çin .....	29
Şekil 36.	Ahşap levha kaplı kubbe örneği, Skydom, Rusya .....	30
Şekil 37.	Yeşil çatı uygulanan kubbe örneği, Street Dome, Danimarka.....	31
Şekil 38.	İlk kısmen kubbe kullanımı, Terra Amata, Homo Erectus Yerleşimi .....	38
Şekil 39.	Mamut kemiği ve derilerinden inşa edilen kubbe formu örneği, Mammoth Bone Hut, Ukrayna .....	39
Şekil 40.	Iglo ve Corbelled .....	40
Şekil 41.	Iglo İçerisindeki Hava Sirkülasyonu .....	40
Şekil 42.	Kubbe formundaki Harran yerleşkesi, Ş.Urfa, Türkiye.....	41
Şekil 43.	Fuller'in tasarladığı şehrin üzerini örten kubbe .....	42
Şekil 44.	Fuller'den ilham alan modern dönem yapı örneği, Eden Project, İngiltere .....	43
Şekil 45.	Kubbe formunun yapıya ekolojik katkıları.....	44
Şekil 46.	Aynı hacme sahip, farklı yüzey ve taban alanlı geometrik formların ısı kayıp oranları .....	44
Şekil 47.	Topografya ve çevre yapılar ile uyum örneği, Eden Projesi vaziyet planı .....	46
Şekil 48.	Güneş kaynaklı sitemlerin kullanımı, Drijvend Pavyonu.....	48
Şekil 49.	Güneş kontrol elemanı kullanımı, Alman Parlamento Binası Kubbesi.....	49
Şekil 50.	Doğal Havalandırma Kullanımı, Faculty of Philology Kütüphanesi .....	50
Şekil 51.	Isı pompası sistemi, Kaeng Krachan Fil Evi .....	51
Şekil 52.	Biyo-yakıt kullanımı, Skunthorpe Spor Akademisi .....	52
Şekil 53.	Uygun taşıyıcı sistem malzemesi kullanımı, Garden by the Bay .....	53



Şekil 54.	Geri dönüşümlü malzeme kullanımı, Stork Nest Çiftliği .....	55
Şekil 55.	Çift kabuklu cephe kullanımı, Louvre Abu Dabi. ....	56
Şekil 56.	Kabuk yüzeyindeki doluluk boşluk oranları, Montreal Biodome .....	57
Şekil 57.	Suyun ekolojik olarak kullanımı, Laypzig Hayvanat Bahçesi. ....	58
Şekil 58.	Yatay uzunluğun şematik anlatımı .....	64
Şekil 59.	Yüksekliğin şematik anlatımı .....	64
Şekil 60.	Toplam alanın şematik anlatımı. ....	65
Şekil 61.	Kubbe alanının şematik anlatımı. ....	65
Şekil 62.	Eden Projesi vaziyet planı .....	74
Şekil 63.	Eden Projesi pasif güneş sistemi. ....	75
Şekil 64.	Eden Projesi havalandırma sistemi .....	75
Şekil 65.	Eden Projesi malzeme-konstrüksiyon kullanımı . ....	76
Şekil 66.	30 St Mary Axe pasif güneş sistemi . ....	81
Şekil 67.	30 St Mary Axe doğal havalandırma sistemi .....	82
Şekil 68.	30 St Mary Axe malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	83
Şekil 69.	Faculty of Philology Kütüphanesi güneş kontrol elemanları. ....	87
Şekil 70.	Faculty of Philology Kütüphanesi doğal havalandırma sistemi .....	88
Şekil 71.	Faculty of Philology Kütüphanesi malzeme-konstrüksiyon kullanımı .	88
Şekil 72.	Kaliforniya Bilim Akademisi vaziyet planı.....	93
Şekil 73.	Kaliforniya Bilim Akademisi pasif güneş sistemi .....	94
Şekil 74.	Kaliforniya Bilim Akademisi doğal havalandırma sistemi .....	94
Şekil 75.	Kaliforniya Bilim Akademisi malzeme-konstrüksiyon kullanımı.....	95
Şekil 76.	Stork Nest Çiftliği güneş kontrol elemanları .....	100
Şekil 77.	Stork Nest Çiftliği doğal havalandırma sistemi.....	101
Şekil 78.	Stork Nest Çiftliği malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	101
Şekil 79.	Laypzig Hayvanat Bahçesi doğal havalandırma sistemi .....	106
Şekil 80.	Laypzig Hayvanat Bahçesi ısı pompası sistemi .....	107
Şekil 81.	Laypzig Hayvanat Bahçesi malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	108
Şekil 82.	Laypzig Hayvanat Bahçesi su geri dönüşümü.....	109
Şekil 83.	Skunthorpe Spor Akademisi pasif güneş sistemi .....	113
Şekil 84.	Skunthorpe Spor Akademisi doğal havalandırma sistemi .....	113
Şekil 85.	Skunthorpe Spor Akademisi biyo-yakıt kullanımı .....	114
Şekil 86.	Skunthorpe Spor Akademisi malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	115

Şekil 87.	Skunthorpe Spor Akademisi su geri dönüşümü .....	115
Şekil 88.	Gardens by the Bay iklimsel verileri .....	119
Şekil 89.	Gardens by the Bay güneş kontrol elemanları.....	120
Şekil 90.	Gardens by the Bay havalandırma sistemi.....	120
Şekil 91.	Gardens by the Bay biyo-yakıt kullanımı.....	121
Şekil 92.	Gardens by the Bay malzeme-konstrüksiyon kullanımı.....	122
Şekil 93.	Gardens by the Bay su geri dönüşümü .....	122
Şekil 94.	Kaeng Krachan Fil Evi pasif güneş sistemi.....	126
Şekil 95.	Kaeng Krachan Fil Evi ısı pompası sistemi.....	127
Şekil 96.	Kaeng Krachan Fil Evi biyo-yakıt kullanımı .....	127
Şekil 97.	Kaeng Krachan Fil Evi malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	128
Şekil 98.	Kaeng Krachan Fil Evi su geri dönüşümü.....	129
Şekil 99.	Drijvend Pavyonu sürdürülebilirlik tablosu .....	133
Şekil 100.	Drijvend Pavyonu doğal havalandırma sistemi .....	134
Şekil 101.	Drijvend Pavyonu malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	135
Şekil 102.	Dome of Vision 3.0 güneş kontrol elemanları.....	139
Şekil 103.	Dome of Vision 3.0 doğal havalandırma sistemi .....	140
Şekil 104.	Dome of Vision 3.0 malzeme-konstrüksiyon kullanımı.....	140
Şekil 105.	Louvre Abu Dabi pasif güneş sistemi.....	145
Şekil 106.	Louvre Abu Dabi havalandırma sistemi .....	146
Şekil 107.	Louvre Abu Dabi ısı pompası sistemi .....	147
Şekil 108.	Louvre Abu Dabi malzeme-konstrüksiyon kullanımı .....	148
Şekil 109.	Louvre Abu Dabi su geri dönüşümü.....	148
Şekil 110.	Montreal Biodome pasif güneş sistemi .....	153
Şekil 111.	Montreal Biodome ısı pompası sistemi .....	154
Şekil 112.	Montreal Biodome su geri dönüşümü .....	155

## TABLULAR DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Değerlendirilen Örnekler .....	61
Tablo 2. Örnek Analiz Tablosu.....	67
Tablo 3. Eden Projesi .....	71
Tablo 4. 30 St Mary Axe.....	78
Tablo 5. Faculty of Philology Kütüphanesi .....	84
Tablo 6. Kaliforniya Bilim Akademisi .....	90
Tablo 7. Stork Nest Çiftliği.....	97
Tablo 8. Laypzig Hayvanat Bahçesi .....	103
Tablo 9. Skunthorpe Spor Akademisi .....	110
Tablo 10. Gardens by the Bay.....	116
Tablo 11. Kaeng Krachan Fil Evi .....	123
Tablo 12. Drijvend Pavyonu .....	130
Tablo 13. Dome of Visions 3.0.....	136
Tablo 14. Louvre Abu Dabi .....	142
Tablo 15. Montreal Biome .....	150
Tablo 16. Yapı Kimliği Tablosu .....	157
Tablo 17. Kubbenin Strüktürel Özellikleri Tablosu .....	159
Tablo 18. Ekolojik Tasarım Prensipleri A Tablosu (Yerleşim Yeri).....	160
Tablo 19. Ekolojik Tasarım Prensipleri B Tablosu (Enerji).....	163
Tablo 20. Ekolojik Tasarım Prensipleri C Tablosu (Malzeme-Konstrüksiyon).....	165
Tablo 21. Ekolojik Tasarım Prensipleri D Tablosu (Su) .....	167
Tablo 22. Ekolojik Tasarım Prensipleri E Tablosu (Akustik) .....	168

# 1. GENEL BİLGİLER

## 1.1. Giriş

İnsanoğlu, Antik çağlardan günümüze kadar barınmak için, çeşitli yöntemler kullanarak yapılar inşa etmiştir. Bu amaç doğrultusunda geliştirilen ilk sistemlerden birisi olan kubbe formunun ilk uygulamalarında, insanlar çevrelerinden kolaylıkla temin edebildikleri taş, ağaç hatta avladıkları hayvanların deri ve kemiklerini, yapım için kullanmıştır.

Değişen hayat şartları, sosyal ve kültürel gereksinimler doğrultusunda yapıların işlevleri ve yapım sistemleri de değişmiştir. Uygulandıkları ilk dönemlerde, konutlarda çatı örtüsü olarak kullanılan kubbe formu, zamanla dini yapıların vazgeçilmez bir ögesi olmuştur. Arada taşıyıcı eleman olmaksızın geniş açıklık geçen form, çok sayıda insanı bir araya toplayan dini yapılar için de tercih edilen bir çatı örtüsü oluşturmuştur. Ayrıca kubbeler, tarih boyunca farklı toplumlarda farklı simgesel anlamlar kazanmış, örneğin; Ortodoks kiliselerinde cenneti, Müslüman camilerinde birliği ve cemaat olmayı simgelemiştir. Günümüzde ise kubbe formu; konutlardan, spor komplekslerine, çeşitli botanik ve hayvanat bahçelerinden, opera ve tiyatro binalarına kadar farklı işlevli pek çok binada kullanılmaktadır.

Günümüzün en büyük sorunlarından birisi olan küresel ısınma ve enerji etkinlik mimar ve mühendisleri ekolojik yapılar tasarlamaya yönlendirmiştir. Bu anlamda yapıya ekolojik olarak katkıları çeşitli araştırmalar sonucunda kanıtlanan kubbe formu, günümüzde farklı bölgelerde, farklı yapım sistemi ve malzemeyle, farklı işlevlerde kullanılmaktadır.

## 1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Yüzyıllardır birçok yapı türünde kullanılan kubbe formu, sürdürülebilir kalkınma konularının gündemde olduğu son yıllarda ekolojik anlamda da değerlendirilmeye başlanmış, ekolojik özellikleri ön planda olan kubbe tasarımları uygulanmaya başlamıştır.

Bu çalışmada, kubbe formuna sahip yapılarda kubbe formunun yapıya sağladığı ekolojik katkıları ortaya koymak amaçlanmaktadır. Bu amaçla, literatür bilgilerinden

faýdalanarak ekolojik tasarým prensipleri; yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik olarak belirlenmiş ve seçilen kubbeli yapı örnekleri bu kapsamda incelenmiştir.

Çalışma kapsamındaki yapılar, ekolojinin önemli bir tasarým prensibi olarak değerlendirildiği 2000 yılı ile sonrası tarihlerinde inşa edilmiş ve ekolojik özellikler taşıyan yapılar arasından seçilmiştir. Bu özelliklere sahip dünyanın farklı ülkelerinden, farklı işlev ve büyüklüklerde 13 yapı örneği ele alınmıştır. Her bir örnek bu beş başlık için oluşturulan 18 parametre üzerinden hazırlanan tablolarda analiz edilerek değerlendirilmiştir.



## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tez kapsamında yapılan çalışmalarda kubbe formu; tarihi süreçte kullanımı, türleri, form, malzeme, strüktür, konstrüksiyon gibi özellikleri ve ekoloji ile ilişkileri bağlamında incelenmiştir. İncelemeler sonucu edinilen bilgiler ile kubbe formunun ekolojik tasarım prensipleri; yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik olarak belirlenmiş, kubbe formuna sahip 13 örnek bu beş başlık altında analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Bu amaçla yapılan çalışmaların yürütülmesinde;

1. Literatür çalışması

2. Analiz çalışması

- Veri toplama ve örneklerin seçimi

- Yapı analiz tablolarının oluşturulması

- Yapı örneklerinin analiz tabloları ve kubbe formunun ekolojik tasarım prensiplerine ait açıklamalar

aşamaları izlenmiştir.

### 2.1. Literatür Çalışması

Kubbeler, Antik Çağlardan günümüze kadar önemini yitirmeden gelen farklı açıklık, malzeme ve taşıyıcılarla inşa edilebilen farklı bölgelerde ve kültürlerde, farklı işlev ve anlamlar yüklenerek uygulanabilen formlardır.

Literatür çalışmasında kubbe formu tanımlanmakta, tarihi süreçteki kullanımlarına göre tanıtılmakta, çeşitli özelliklerine göre (geometrik şekil, taşıyıcı sistem, malzeme) sınıflandırılmakta, ekolojik özellikler bağlamında çeşitli kaynaklardan incelenerek sunulmaktadır.

Literatür çalışması yapı analiz tablolarının oluşturulmasında kullanılmak üzere kubbe formunun ekolojik özellikleri ile ilgili gerekli olabilecek bilgilerin toplanması amacıyla yapılmıştır.

### **2.1.1. Kubbe Formu**

#### **2.1.1.1. Kubbenin Tanımı**

Kubbe, mekânın üstünü örten, bir kemerin ortasındaki düşey aksı etrafında döndürülmesiyle elde edilmiş küre parçası şeklinde bir yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır [1,2].

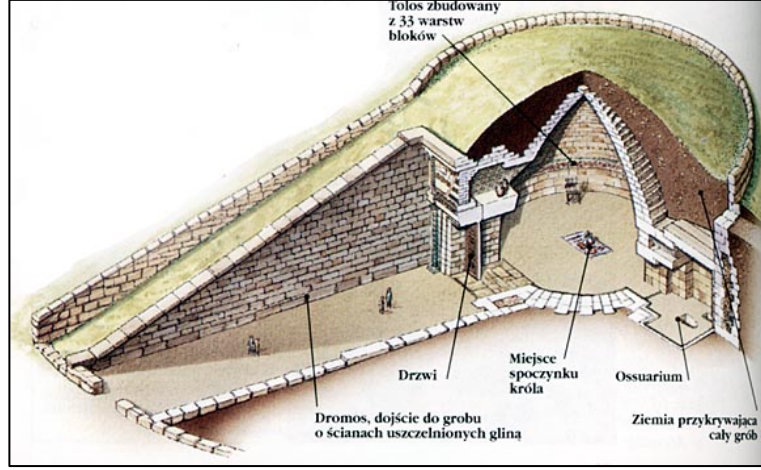
Kubbe, en az malzeme ile en geniş açıklığı, ortada görüşü engelleyen hiçbir düşey taşıyıcı eleman olmadan geçmesi ve en büyük hacmi kapatması nedeniyle en etkin taşıyıcı sistemlerden biridir [1].

Kubbeler, tarih öncesine uzanan uzun bir mimari geçmişe sahiptir ve yüzyıllar boyunca çamur, kar, taş, ahşap, tuğla, beton, metal, cam ve plastik gibi çeşitli malzemelerden yapılmıştır [3].

Tarih öncesi çağlardan modern zamanlara kadar pek çok toplum geleneksel yapı malzemelerini kullanarak kubbe inşa etmiştir. İlk kubbenin ne zaman inşa edildiği bilinmemesine rağmen, mamut dişlerinden ve kemiklerinden inşa edilmiş dört küçük eski yapı ve göçebe çadırları, ilk keşfedilen kubbe örnekleri olarak kabul edilebilir. Mamut dişlerinden ve kemiklerinden inşa edilmiş dört yapıların ilki 1965 yılında Ukrayna'da bir kazı sırasında, diğer üçü de daha sonra arkeoloji uzmanları tarafından bulunmuştur [4].

#### **2.1.1.2. Kubbe Formunun Tarihsel Süreçte Kullanımı**

Mimari olarak kubbe, ilk olarak Neolitik çağda karşımıza çıkar. M.Ö. 7 bine kadar giden bu dönemde "Kubbeli Dolmen" ler inşa edilmiştir. Harçsız taşlarla örülmüş ve kilit taşıyla kapanmış bir kubbesi olan bu yapılara Yunanistan'da "Tolos" denmekte olup (Şekil 1), Fransa ve İrlanda'da halen bu tür yapılara çoban kulübeleri olarak rastlanabilmektedir. Kubbeyi ilk olarak geliştirip inşa edenler ise Sümerlerdir [1].



Şekil 1. Kubbeli Dolmen (Yunanca'da Tolos) [5]

Asırlar boyunca insanoğlu kemer, tonoz ve özellikle de kubbelerden etkilenmiş; mekân örtüleri, bölgesel farklılıklara ve buna bağlı olarak sosyal, teknik, kültürel ve dinsel inançlara göre çeşitli biçimler almıştır. Çoğu kültürde kemer, tonoz ve özellikle kubbe, kozmik ya da ilahi oranları ve ruhsal açıklamaları içeren, sembolik bir anlam taşır. Kubbe tarihi süreç içerisinde, strüktürel eleman olarak, Roma, ilk Hıristiyan, Sasani, Ermeni, Bizans ve İslam mimarilerinde kullanılmıştır [6].

İlk zamanlarda taş, tuğla gibi kâgir malzeme kullanılarak yapılan kubbelerden sonra zamanla yeni yapı malzemelerinin ortaya çıkmasıyla kubbe yapımı da farklı özellikler kazanmaya başlamıştır. 19 yy. da dökme demir ve çelik kaburgalarla taşınan kubbelerin inşa edilmesiyle ağırlık, büyük oranda azalmıştır. 20.yy. da ise betonarme kullanılmaya başlandıktan sonra betonarme kabuk kubbeler inşa edilmiştir. Böylelikle, kabuk kalınlığı 4-6 cm'ye kadar inebilen kubbeler inşa edebilmek ve ağırlığı minimum seviyeye indirmek mümkün olmuştur. Kubbelerde ulaşılan son nokta ise jeodezik kubbelerin geliştirilmesidir. Jeodezik kubbeler alüminyum, hatta karton gibi hafif malzemeler kullanılarak da inşa edilebilmektedir. Bu yöntemle, çapı 100 metreyi geçen kubbeler uygulanabilmektedir (Şekil 2) [1].





Şekil 2. Jeodezik Kubbe Örneği, Fullerin “Montreal Biosphere” Pavyonu [7].

Kubbe formu, kullanım, malzeme gibi ayırt edici özelliklere göre modern dönem öncesi ve modern dönem olarak iki ana bölümde incelenebilmektedir.

#### 2.1.1.2.1. Modern Dönem Öncesi Kubbe Formu

Modern dönem öncesi kubbe formu kullanımı tarih sırasına göre;

- Uzak Doğu kubbeleri
- Roma ve Bizans kubbeleri
- Pers, Arap ve Batı Avrupa kubbeleri
- Selçuklu kubbeleri
- İtalya Rönesansı ve Osmanlı kubbeleri
- Güney Asya kubbeleri

olarak sıralanabilir [3].

- Uzak Doğu kubbeleri,

Çin mezarlarında bulunan en eski kubbeler, daha çok Han’ların yapılarında rastlanan beşik kemerin, geliştirilmesiyle elde edilen, yerel halkın “simian jieding” adını verdiği sığ manastır tonozlarıdır. Batı Avrupa'nın manastır tonozlarının aksine, köşeler yükseldikçe yuvarlanır [8]. Lei Cheng Uk Han Mezarı, beşik kemerli kubbeye verilebilecek güzel bir örnektir (Şekil 3).



Şekil 3. Lei Cheng Uk Han Mezarlığı, Hong Kong, Çin [9].

- Roma ve Bizans Kubbeleri;

Kemer, tonoz ve kubbenin kullanıldığı, gerçek anlamda bir mimariyle, ilk defa Roma’da karşılaşılmaktadır [10]. Bu anlamda ki en önemi yapı “Pantheon” dur (Şekil 4).

Tüm tanrılara adanmış Pantheon, insan yaratıcılığının ve yükselme arzusunun bir simgesi olarak gösterilmektedir. Betondan inşa edilmiş ve kubbenin genişliği 43,2 m’dir. Üzerinde ise çapı 9 m olan daire şeklinde açık bir göz pencere bulunmaktadır [11].



Şekil 4. Pantheon ve Kubbesinin İçerden Görünümü, Roma, İtalya [12].

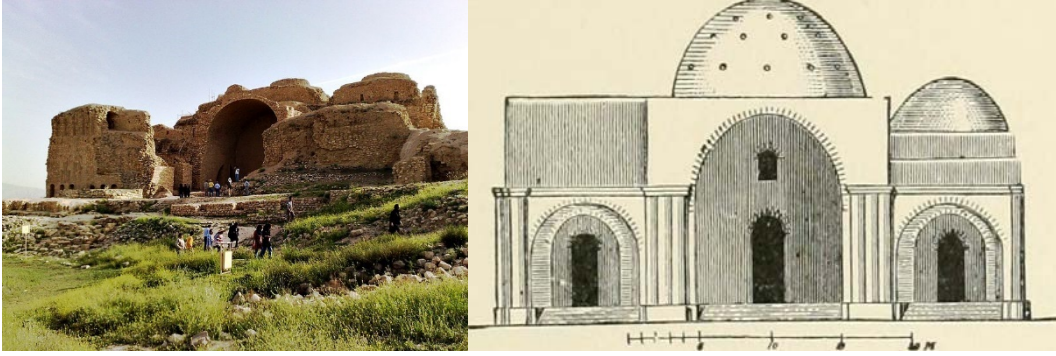
Ayasofya Camii (Şekil 5), Pantheon’dan yaklaşık 400 yıl sonra uygulanmıştır. Bizans döneminde yapılan Ayasofya’nın en önemli özelliği, kubbesinin yerden 55 m yüksekliği ve 32 m ile geçtiği çok geniş açıklığıdır. Ayasofya, imparatorluk ve kilisenin birliğinin fiziksel bir temsilidir, çünkü Bizans düşüncesine göre bir kubbeyle taçlandırılmış küp evrenin, gök kubbeyle örtülmüş yeryüzünün modelidir. Klasik mimarlığın durağan ve uysal olarak algılanabilir formları ve mekânlarının aksine burada her şey, mistik bir ışığın aydınlattığı kesişen ve eğmlenen hareketli yüzeyler halindedir [11, 13].



Şekil 5. Ayasofya Müzesi, İstanbul, Türkiye [14].

- Pers, Arap ve Batı Avrupa Kubbeleri;

Köşe kemerlerinin icadı ve bu kemerlerin eş bir şekilde kare bir oda üzerindeki, sekizgen geçişe oturması anlayışı Pers kubbe mimarisinin ana unsurudur. İslamiyet öncesinde kullanılan Pers kubbeleri genel olarak yarı eliptik ve sivri kubbelerdir [15]. Ardashir Sarayı kubbeleri Pers kubbelerinin günümüze kadar ulaşan güzel örneklerindendir (Şekil 6).



Şekil 6. Ardashir Sarayı, Piruz-Apad, İran [16].

Suriye ve Filistin bölgesi, uzunca bir süredir kubbeli mimariye sahiptir. Söz konusu gelenek; "Konoid" olarak tanımlanan, çam kozalaklarına benzeyen şekillerde ahşap kubbeler de dahil olmak üzere çok fazla türe sahiptir [17].

Emevilerin Doğu Avrupa'ya yayılması sonucunda yerleştikleri yerlere yaptırdıkları çeşitli yapılar günümüze kadar ulaşmıştır. Bu yapılardan biri olan Córdoba Büyük Camii, çapraz kemerli kubbe tipinin bilinen ilk örneklerini içermektedir. Kubbeleri desteklemek için

köşe başlıklar kullanılması bu caminin önemli özelliğidir. Bu sistem 10. ve 11. yüzyıllar boyunca İslam mimarisinde yaygın olarak kullanılmıştır [18].

- Selçuklu Kubbeleri;

Selçuklu Döneminde kubbeler, daha çok medrese yapımında kullanılmaktadır. Biçimsel tarihi verilere ve tarihi gelişmesinin kronolojisine bakarak Orta Asya konut mimarisine bağladığımız kubbeli medreselerin Anadolu'daki gelişme sürecinde bir ara aşamadan söz edilebilir. Bunlar kapalı ve çevre koridorlu yapılardır [19]. Gelişmiş özelliklere sahip kapalı avlulu medreselere örnek olarak; Anadolu'da Konya Karatay Medresesi, Konya İnceminareli Medresesi (Şekil 7), Kırşehir Cacabey Medresesi ve Çay Taşmedrese verilebilir [19].



Şekil 7. Konya İnceminareli Medresesi, Konya, Türkiye [20].

- İtalya Rönesansı ve Osmanlı Kubbeleri;

Rönesans döneminin en önemli eseri, 1471 yılından tamamlanan Floransa katedralidir (Şekil 8). Kilise inşaatını 1296'da başlatmıştır. Yapılış amacı, bankacılık, yün ve ipek ticaretiyle zenginleşen Floransa'nın Avrupa'nın ekonomik ve kültürel merkezlerinden biri olduğunu tüm Dünya'ya kanıtlamaktır. Floransa yöneticilerinin binadan beklentisi, binanın en görkemli kısmının kubbesi olması ve kubbenin o güne kadar inşa edilen en büyük kubbe olmasıdır. Ayrıca bu kubbenin, kiliseyi o güne kadar yapılmış kubbeli yapıların hepsinden daha kullanışlı, daha güzel, daha güçlü ve daha saygın hale getirmesi beklenmektedir. İnşaat yapılırken "düşman" kent olan Milano'da hâkim Gotik üslubun getirdiği sivri kemerler ve destek payandalarından uzak durulmuştur. Ancak o günün teknolojisiyle kemerler ve

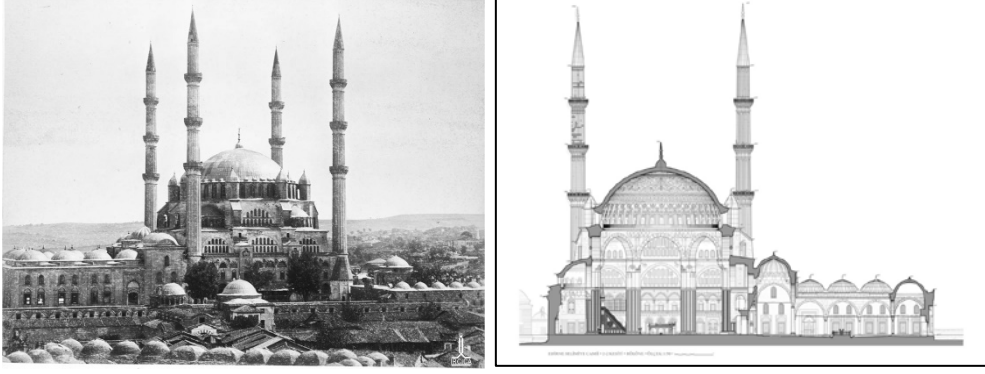


payandalar olmaksızın düşünülen devasa kubbenin taşınması için düzenlenen yarışma sonucunda; Filippo Brunelleschi adında bir kuyumcunun fikri olan iç içe geçmiş iki kubbe inşa etme fikri uygun bulunmuştur [21].



Şekil 8. Floransa Katedrali, Floransa, İtalya [22].

Osmanlı dini mimarisinde, mekânsal gereklilik sonucu merkezi planlı yapılar ortaya çıkmış, bunun sonucunda da kubbe ve yarım kubbeler, en çok kullanılan strüktürel elemanlar olmuştur. Erken dönemlerde, duvarlar tarafından taşınan kubbenin bulunduğu dörtgen mekânlar, duvardan kubbeye geçişi sağlayan kasnaklar yardımıyla oluşturulup yapı, kasnak dayanaklarıyla desteklenmiştir. Sonraları daha aydınlık ve geniş mekân arayışları, tek kubbenin oturduğu duvarlarla sınırlanmış mekân yerine merkezi kubbenin yanlara doğru çeşitli öğelerle genişletilmesini zorunlu kılmıştır. Bu nedenle orta mekânı oluşturan merkezi kubbe, duvarlar yerine ayaklara oturtularak “kubbeli çardak” denilen çekirdek oluşturulurken yarım kubbeler, strüktürel ve mekânsal gelişime katkı sağlamıştır. Yarım kubbenin oturduğu duvar, diğer duvarlara göre daha kalın yapılı ve payandalar belirginleşir. Böylece diğer duvarların taşıyıcılığı azaltılır. Osmanlı döneminde kubbe yapımında farklı teknikler geliştirilmiş, kare dışında altıgen ve sekizgen üzerine de kubbe oluşturulmuştur [23]. Selimiye Camii, Osmanlı döneminin önemli kubbeli yapılara bir örnektir (Şekil 9).



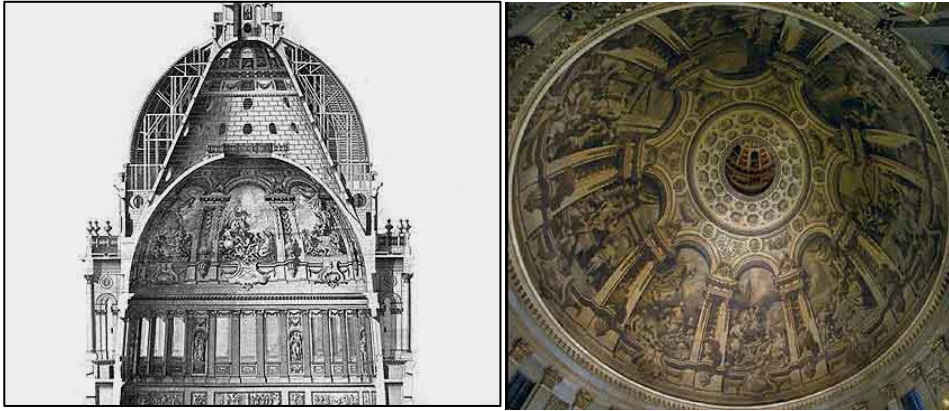
Şekil 9. Edirne Selimiye Camii ve kesiti [24].

#### 2.1.1.2.2. Modern Dönem Kubbe Formu

Modern dönemde kubbe formu kullanımı erken modern dönem ve modern dönem olarak iki bölümde incelenmektedir;

- Erken Modern Dönem

On yedinci ve on sekizinci yüzyıl boyunca, matematikteki ve teknolojiye gelişmeler ve statik hesaplamalar, kemerler ve tonozların geleneksel uygulamalarının daha kesin bir şekilde formüle edilmesine yol açmıştır. Söz konusu çalışmalar sonucu katener kemi (zincir eğrisi) bulunmuştur. Katener, iki nokta arasında bir telin gerildikten sonra serbest bırakılıp, yerçekimin etkisiyle biraz sarkmasına izin verilince oluşan şekle geometride verilen isimdir [25]. Katener kemi St. Paul's Katedrali'nin inşası sırasında, mimarı olan Christopher Wren'e ilham kaynağı olmuştur (Şekil10).



Şekil 10. St. Paul Katedrali'nin Kubbe kesiti ve içeriden görünümü [26].

On sekizinci yüzyıl kubbe yapıları incelendiğinde, kubbelerin daha küçük elemanların bir bileşimi olarak düşünüldüğü, her birinin matematiksel ve mekanik yasalara tabi tutulduğu ve kubbenin bütün olarak kabul edilmek yerine bireysel elemanlar olarak analiz edildiği görülmüştür. Ayrıca erken modern döneme kadar pek rastlanmayan kubbe formunun konut mimarisinde kullanımı bu dönemde yaygınlaşmaya başlamıştır [25].

- Modern Dönem Kubbe Formu

19. yüzyılda, özellikle dini mimaride daha fazla üslupsal gelişme yerine, geçmişin büyük kubbelerinin yeniden yorumlanması görülmektedir. Endüstriyel Devrim sırasında dökme demir ve ferforje demirlerin hem daha büyük miktarlarda hem de nispeten düşük fiyatlarla üretilmesini sağlayan yeni üretim teknikleri oluşması bu sürece katkıda bulunmuştur [27].

19. yüzyıldan sonra teknolojik gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan önce font demiri, çelik, beton-betonarme, daha sonraları plastikler gibi yeni malzeme seçenekleri, geniş açıklık geçmede taş malzemenin yerine kullanılmaya başlasalar da kubbelerin önemini ve kullanımını azaltamamış, tam tersine bu kez çelikten, betonarmeden ve diğer yeni malzemelerden yapılan kubbeler modern mimarlığın simgeleri olmuştur [28]. Mimar Buckminster Fuller'in tasarladığı The Climatron (Şekil 11) isimli botanik bahçesi modern dönem kubbe kullanımına güzel bir örnektir.



Şekil 11. Modern dönem kubbe formu örneği, The Climatron, St. Louis, Amerika [29].

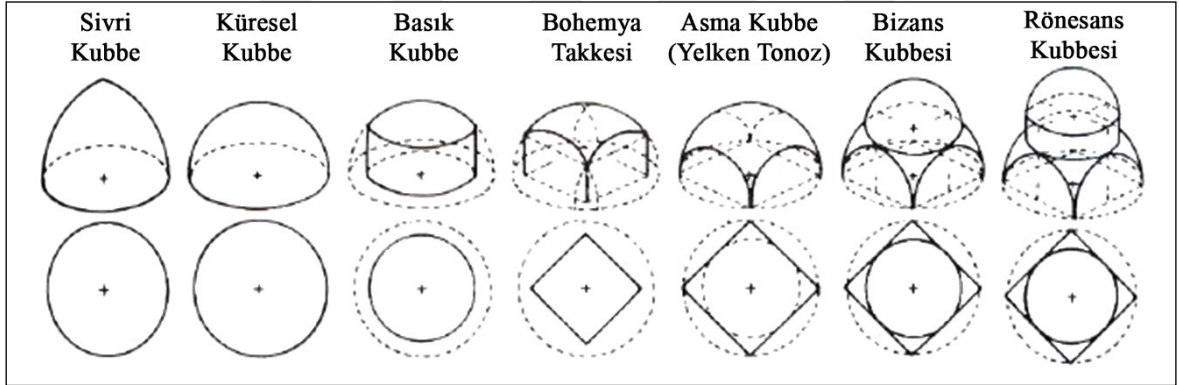
### 2.1.1.3. Kubbelerin Sınıflandırılması

Kubbeler farklı özelliklerine göre sınıflandırılabilirler bu özelliklerden bazıları şöyledir;

1. Geometrik şekillerine göre kubbeler,
2. Taşıyıcı sistem özelliklerine göre kubbeler,
3. Malzemelerine göre kubbeler [6].

#### 2.1.1.3.1. Geometrik Şekillerine Göre Kubbeler

Geometrik şekillerine göre kubbeler, sivri kubbe, küresel kubbe, basık kubbe, Bohemya takkesi, asma kubbe, Bizans kubbesi, Rönesans kubbesi olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 12).

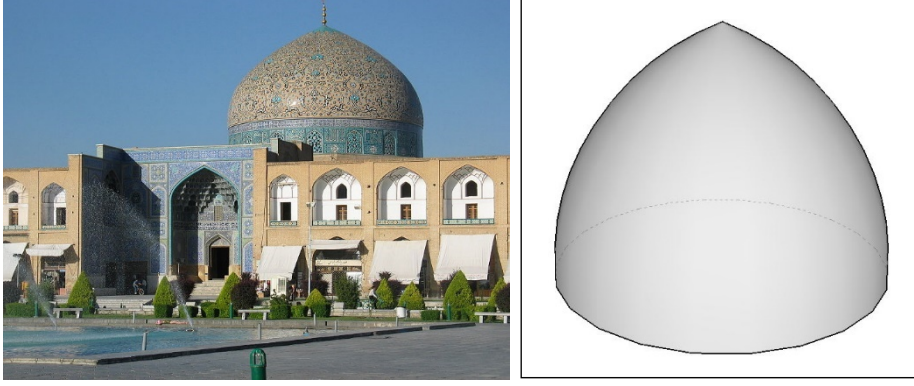


Şekil 12. Kubbe biçimlerinin şeması [2].

#### 2.1.1.3.1.1. Sivri Kubbe

Sivri kubbe, sivri kemerin orta düşey aksı etrafında döndürülmesiyle elde edilen kubbedir. Düşey kesiti sivri kemerdir [1]. Yalnızca yatay tabakaları içeren gerçek kubbelerden farklıdır. Her biri hafifçe tepe noktasına kadar değişen kalınlığa sahip tabakalarla desteklenmiştir [30]. Sheikh Lotfollah Camii sivri kubbenin güzel bir örneğidir (Şekil 13).



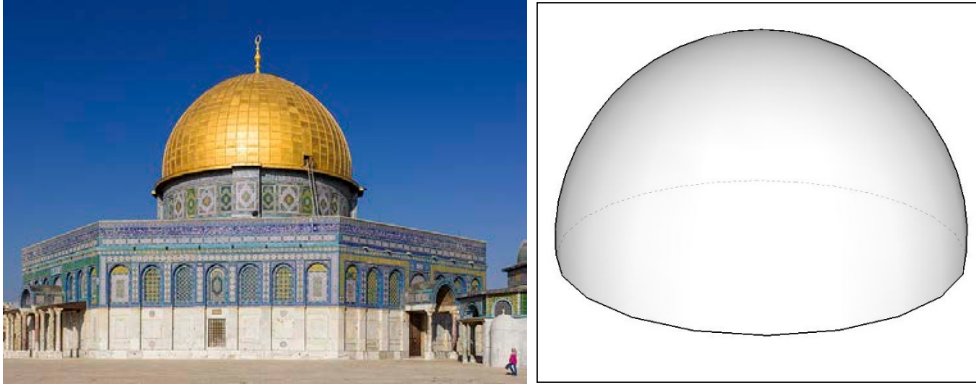


Şekil 13. Sheikh Lotfallah Camii, Sivri kubbe örneği [31].

#### 2.1.1.3.1.2. Küresel Kubbe

Küresel kubbe, düşey kesiti daire olan kubbelerdir. Mesnet düzleminde yükün yatay bileşeni sıfırdır; yani mesnette itme kuvveti oluşmaz [1].

En yaygın kullanılan kubbelerdir. Bu kubbeler basit yarım küre şeklindedir. Bu tip kubbeler dairesel tabanlara uzanırlar [30]. Omar Camii de denilen Kubbetüs Sahra bu tip kubbelere güzel bir örnektir (Şekil 14).

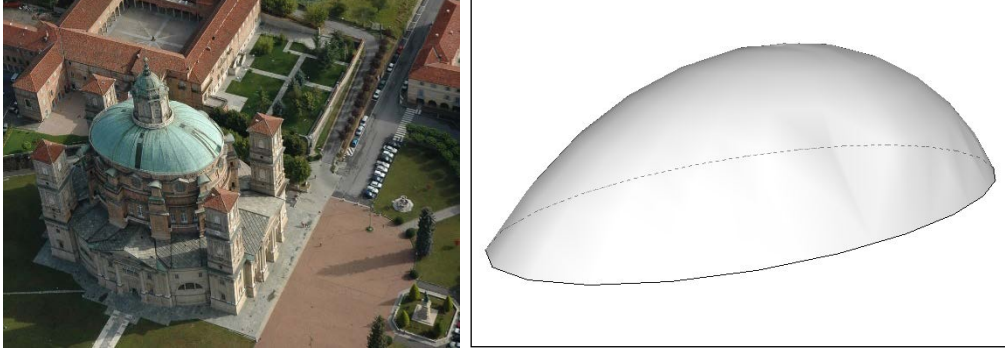


Şekil 14. Kubbetüs Sahra, Küresel kubbe örneği [32].

#### 2.1.1.3.1.3. Eliptik Kubbe

Eliptik kubbe ya planda ya profilde ya da her ikisinde oval şeklindedir. Bu terim Latince'deki "ovun" yani yumurta kelimesinden gelmektedir. Bu kubbelerin inşası, Orta Çağ'dan daha eskilere dayanmakla birlikte, birçok Rönesans ve Barok kubbesi bu tiptedir.

En büyük oval kubbe olan Santuario di Vicoforte Müzesi (Şekil 15), Francesco Gallo tarafından İtalya'nın Vicoforte şehrinde inşa edilmiştir [33].

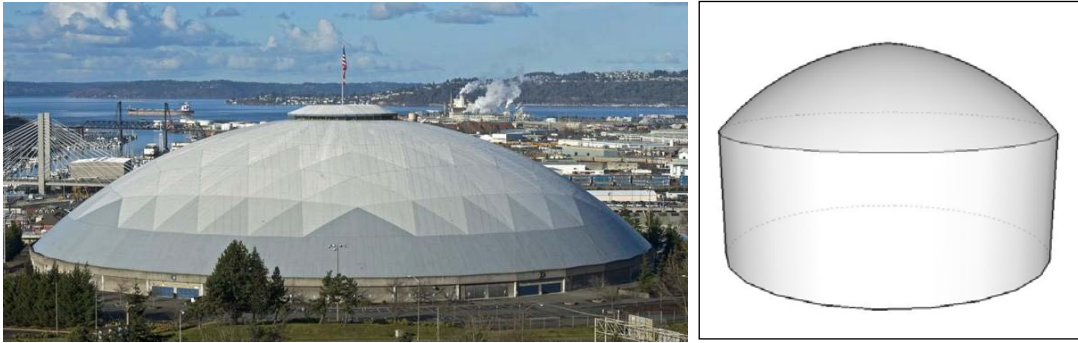


Şekil 15. Santuario di Vicoforte Müzesi, İtalya, Eliptik kubbe örneği [34].

#### 2.1.1.3.1.4. Basık Kubbe

Basık kubbe, tabandan tepe noktasına kadar olan yüksekliği yarıçapından daha az olan kubbelerdir [1].

Basık kubbeler ya da tabak kubbeler (saucer domes), geometrik bir şekilde dairesel tabana ve dilimli bir kesite sahip olarak tanımlanan, düşük eğimli, sığ kubbeler için kullanılan mimari bir terimdir [30]. Dolayısıyla kubbenin zemine ya da düşey taşıyıcı yapı elemanlarına mesnetlendiği noktada itme kuvveti vardır; yani yükün yatay bileşeni sıfır değildir. Mesnet noktalarında kubbe dışına doğru itme kuvveti oluşur, kubbe tabanı açılmaya zorlanır [1]. Günümüz kubbe formlarından Amerika, Kansas City'de yer alan Tacoma Dome güzel bir örnektir (Şekil 16).



Şekil 16. Tacoma Dome, Amerika, Basık kubbe örneği [35].

### 2.1.1.3.1.5. Soğan Kubbe

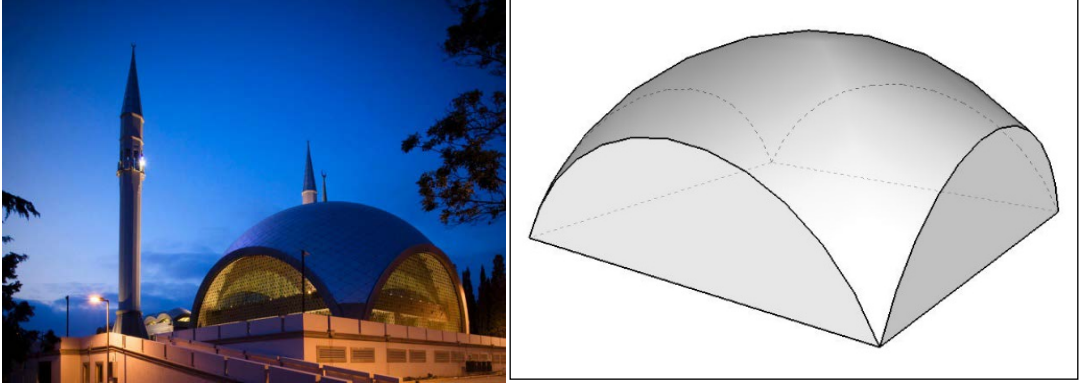
Soğan biçimli kubbeler (onion domes), bir noktaya doğrusal bir şekilde inerek soğan görünümünde olan yapılardır. Bu kubbeler, genellikle Rus Ortodoks kiliseleriyle ilişkili mimari kubbelerdir. Böyle bir kubbenin yüksekliği genellikle genişliğinden fazladır. Bu tip kubbeler Almanya'nın güneyinde, Avusturya ve İsviçre'de Katolik kiliselerinde, ayrıca Hindistan ve Orta Doğu'da görülmektedir [36]. Ayrıca, Moskova'daki Saint Basil Katedrali, Tac Mahal, Aziz Vasili Katedrali'ne çok benzeyen ve birçok kişi tarafından karıştırılan Moskova Kremlin'de bulunan The Cathedral of the Annunciation (Şekil 17) olarak literatürde var olan katedral de soğan kubbelere sahip yapılara örnek gösterilebilir [30].



Şekil 17. The Cathedral of the Annunciation, Soğan kubbesi örneği [37].

### 2.1.1.3.1.6. Asma Kubbe

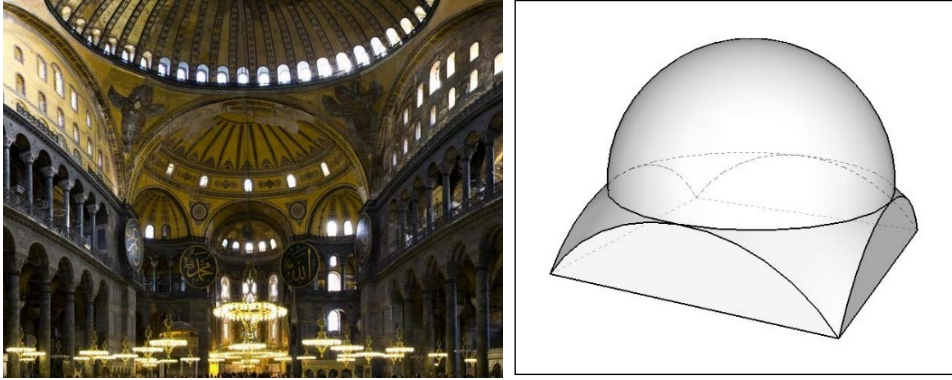
Planı kare olan kubbeli yapılarda, kubbenin dairesel planının karenin dışından geçtiği ve köşelerine değdiği yapıların üzerini örten, kare planın dışına çıkılmaması için küre parçasının dört kenarının kesildiği kubbelerdir. Genellikle bu dört kenarda taşıyıcı kemerler inşa edilerek kubbenin yükleri kemerler aracılığıyla zemine iletilir. Yelkeni andırdığı için “yelken tonozu” da denir [1]. İstanbul, Üsküdar’da yer alan Sakirin Camii (Şekil 18) asma kubbeye güzel bir örnektir.



Şekil 18. Şakirin Camii, Asma kubbe örneği [38].

#### 2.1.1.3.1.7. Bizans Kubbesi

Bizans tipi kubbe, asma kubbe gibi kare plana oturur ancak asma kubbeden farklı olarak kare kubbenin tabanının dışında yer alır ve kare plandan kubbeye geçiş, pandantifler ile sağlanır. Pandantifler kubbeden ayrı birer eleman olarak algılanır. Pandantifin kullanıldığı ilk yapı İstanbul'daki Ayasofya Camisi'dir (Şekil 19) [1].

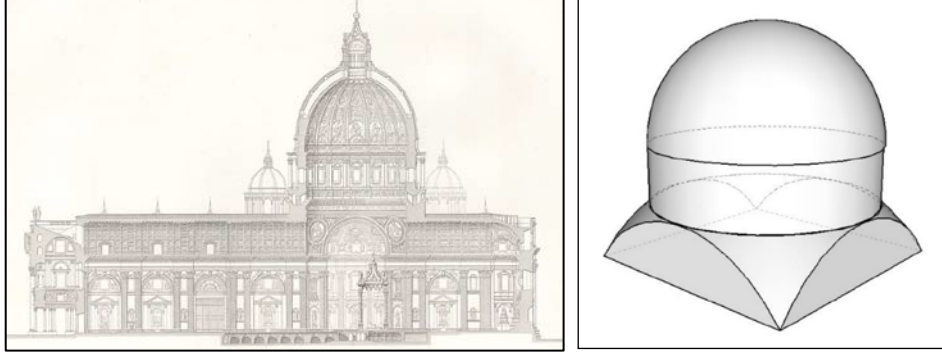


Şekil 19. Ayasofya Camisi'nin Kubbesi, Bizans kubbesi örneği [14].

#### 2.1.1.3.1.8. Rönesans Kubbesi

Rönesans tipi kubbe, bizans kubbesinin, pandantifler ile kubbe arasında kubbe kasnağı oluşturup bunun yüksekliğinin dışarıdan algılanacak kadar yüksek tutulduğu şeklidir [1]. Dönemin kilise modellerinde çokça kullanılan bu biçimde tuğladan çift cidarlı yapılmış ve

değişik bölümlerinde yarım kemerlerle belirlenmiş kaburgalar yer almıştır [39]. St. Peter's Bazilikası, Rönesans Kubbesinin kullanıldığı yapılara örnektir (Şekil 20).



Şekil 20. St. Peter's Bazilikası Kesiti, Rönesans kubbesi örneği [40].

#### 2.1.1.3.2. Taşıyıcı Sistem Özelliklerine Göre Kubbelere

Kubbelere taşıyıcı sistem özelliklerine göre;

1. Yığma kubbelere,
2. Kaburgalı kubbelere,
3. Kabuk kubbelere,
4. Monolitik kubbelere,
5. Kemer taşıyıcılı kubbelere,
6. Çubuk ağı kubbelere,
7. Kablo destekli kubbelere,
8. Hava basınçlı kubbelere (Pnömatik sistemli kubbelere)

olarak sınıflandırılmaktadır. [1, 6].

##### 2.1.1.3.2.1. Yığma Kubbelere

Genellikle taş veya tuğla gibi kâgir malzeme ile inşa edilen kubbelere dir. Yığma sistem ile inşa edildikleri için kabukları kalın olur. [1]. Yığma kubbelere, geleneksel basınca dirençli malzemelerin kullanıldığı ve yapıya gelen yüklerin sadece basınca dirençli malzemeler yardımıyla temele aktarıldığı kubbe tipidir. Önceleri taş malzemelerle yapılan yığma kubbelere, kubbe ağırlığını azaltmak için tuğlayla ve hatta kerpiçle de inşa edilebilmektedir [6].





Şekil 21. Yığma kubbe örneği, Selimiye Camii, Edirne [41].

#### 2.1.1.3.2.2. Kaburgalı Kubbeler

Kaburgalı Kubbelerde yükler, yarım kemer şeklindeki kaburgalarla zemine aktarılır. Bu kaburgaların aralarını dolduran dolgu malzemesi ise farklı malzemelerden oluşturulup, yüklerini kaburgalara aktarmaktadır. Bu taşıyıcı sistem, günümüzde yapımda çok sık kullanılan karkas sistemine benzetilebilmektedir. Ayasofya'nın kubbesi kaburgalı kubbeye güzel bir örnektir. Kaburgalar taştan yapılmış olup arası taş ve tuğla dolgudur. Zaman içerisinde metal malzemeler kullanılmasıyla, kaburgaları metalden yapılan kubbeler de inşa edilmeye başlanmıştır [1]. Günümüzde Reichstag Kubbesi kaburga sistem kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 22).



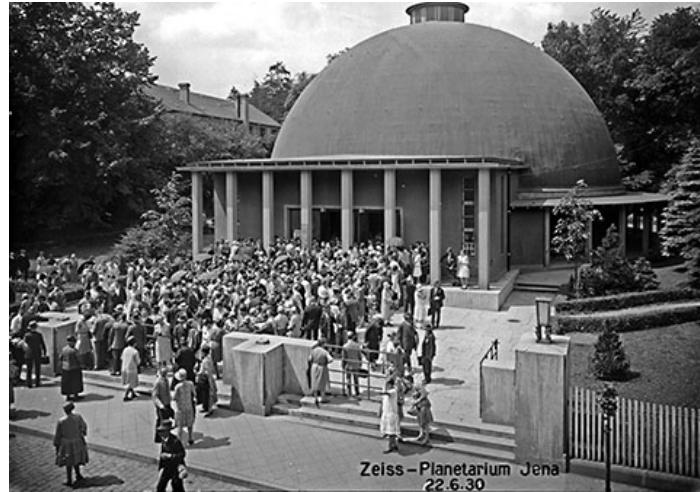
Şekil 22. Kaburgalı kubbe örneği, Reichstag Kubbesi, Berlin, Almanya [42].

### 2.1.1.3.2.3. Kabuk Kubbeler

Kabuk kubbeler, düzgün geometrik biçim gösteren ve prefabrikasyon yöntemlerinin en yaygın olarak kullanıldığı bir kabuk türüdür. Bu tür kabukların herhangi bir noktasına kuvvet uygulandığında, kabuk yüzeyi içinde, meridyenler ve paralel halkalar doğrultusunda olmak üzere, iki doğrultuda kuvvetler oluşur. Kabuk çapı 10-15 metreyi aştığı zaman, genellikle kabuk, dilimler halinde inşa edilir [43].

Kabuk kubbelerin ilk örneklerinden birisi Roma'daki Pantheon tapınağının kubbesidir. 43 metre açıklık geçen yarım küre şeklindeki kubbe, donatısız betondan yapılmıştır. Romalılar daha az beton kullanıp kubbeyi hafifletmek için sünger taşı kullanmış, kubbenin üst noktasında basınç çemberi yapmış, tabandan tepe noktasına çıkarken kesitinde kubbenin et kalınlığını azaltmış ve son olarak da kaset döşemeye benzer biçimde kubbenin içinde oyuklar oluşturmuştur. Kubbeye gelen yüklerin kubbe eteğinde tahribata neden olmaması amacıyla da kubbenin eteğinde yedi sıra beton halka ile önlem almışlardır. Bu halkalar bir nevi çekme çemberi gibi görev yapmaktadır. Çelik donatının yapılarda kullanılmaya başlamasından sonra, beton kubbelerin yerini ince betonarme kabuk kubbeler almıştır [44].

Günümüzde kabuk kubbeler daha çok betonarme olarak inşa edilmektedir. İlk ince betonarme kabuk kubbe, 1924 yılında Almanya'nın Berlin şehrinde 40 metre çapında inşa edilmiş olan Zeiss Planetarium'un kubbesidir (Şekil 23) [44].



Şekil 23. İlk betonarme kabuk kubbe örneği, Zeiss-Planetarium, Münih, Almanya [45].

#### 2.1.1.3.2.4. Kemer Taşıyıcılı Kubbeler

Kemer taşıyıcılı kubbeler, sisteme gelen yükleri belirli aralıklarla yerleştirilmiş kemerler yardımıyla temele aktaran, kemerlerin arasındaki boşlukların örtücü malzemelerle kaplandığı kubbelerdir. Genelde kemerler, gövdesi boşluklu çelik kemerler, tutkallı tabakalı ahşap kemerler, betonarme kemerler şeklinde inşa edilmektedir [6].

Kemer taşıyıcılı kubbelerde kullanılan malzemeler taşıyıcı ve kaplama malzemesi olarak iki bölümde değerlendirilmektedir. Sisteme gelen yükleri temele aktarmada kullanılan ana taşıyıcılar çelik, tutkallı tabakalı ahşap veya betonarmeden oluşturulabilmektedir. Bu malzemelerin hepsinin ortak özelliği sistemde oluşan çekme ve basınç kuvvetlerine karşı dayanım gösterebilmesidir. Kemerlerin arasında kalan açıklıklar ise örtücü malzemelerle kapatılmaktadır. Bu örtü malzemeleri, ince metal veya ahşap levhalardan olabileceği gibi, membran, cam veya polimer levha malzemelerden de olabilmektedir. Örtücü malzemelerin kubbenin taşıyıcılığı üzerinde bir etkisi yoktur [6]. Sigapur’da botanik bahçe olarak inşa edilen “Garden by the Bay” (Şekil 24) Botanik Bahçesi kemer taşıyıcıya asılı çubuk ağı nervürlü sistem ile inşa edilmiş günümüz örneklerindedir



Şekil 24. Kemer taşıyıcılı kubbe örneği, Garden by the Bay, Bayshore, Singapore [46].

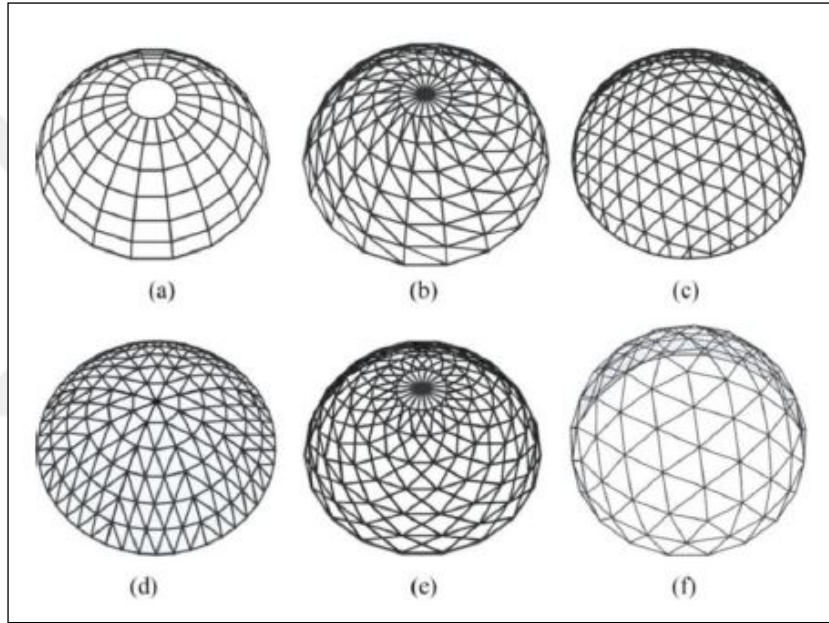
#### 2.1.1.3.2.5. Çubuk Ağı Kubbeler

Küre yüzeyinin farklı geometrik yöntemler ile küçük geometrik şekillere (üçgen, dörtgen, beşgen, altıgen... gibi) bölünerek, bu geometrik şekillerin çubuklarla ve bu çubukların birbirine düğüm noktalarıyla bağlanması ile oluşturulan kubbelerdir. Bu sistemler 200 metreye kadar olan açıklıklarda kullanılabilir [28].



Çubuk elemanların ve düğüm noktalarının kubbe yüzeyinde farklı biçimler oluşturacak şekilde ve/veya farklı açılarla birleştirilmesi sonucunda aşağıdaki sistemler geliştirilmiştir [47]:

- Nervürlü kubbe sistemler (a)
- Schwedler kubbe sistemler (b)
- Üç ve dört doğrultuda ızgara sistemler (c)
- Lamella kubbe sistemler (d ve e)
- Jeodezik kubbe sistemler(f) [47].



Şekil 25. Çubuk ağı kubbe çeşitleri [48].

#### 2.1.1.3.2.6. Kablo Destekli Kubbeler

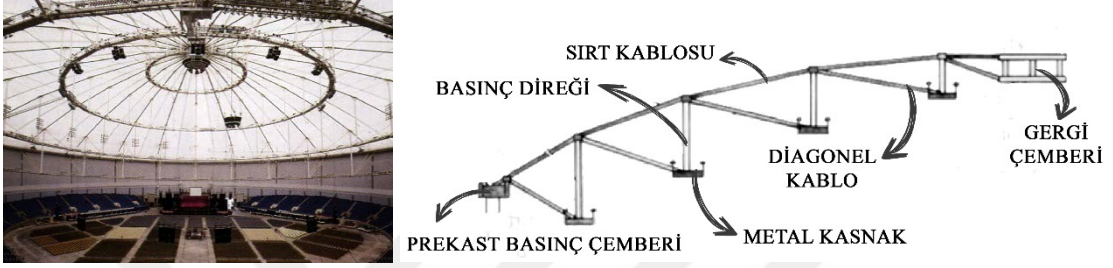
Kubbenin yüzeyinde oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin farklı elemanlarla taşındığı kubbelerdir. Taşıyıcı elemanlar çubuk ve kablolardan oluşturulup çubuk elemanlar basınç kuvvetlerini, kablolar da çekme kuvvetlerini taşırlar. Kubbenin yüzeyi ise farklı bir malzeme (cam, ETFE veya daha farklı bir malzeme) ile örtülebilmektedir. Bu tür kubbeler ile 100 metreye kadar olan açıklıklar geçilebilmektedir [1].

Dairesel veya elips planlı açıklıkları geçmek üzere düzenlenen ve tavana doğru, forma uygun biçimde kademelendirilmiş kasnak çemberler arasında bulunan dikme, dikmeler

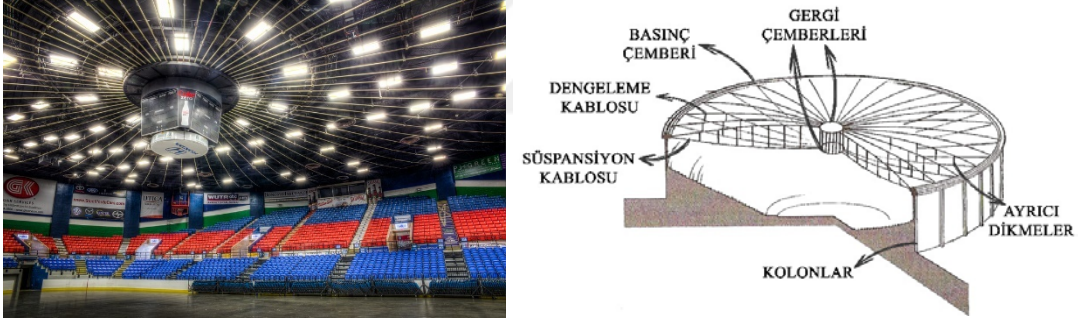
arasındaki diyagonal kablo ve çekme çemberi ile basınç çemberi arasında bulunan rijit kablolar ile oluşturulmuş taşıyıcı sistem türü, kablo destekli kubbeler olarak anılır [49].

Kablo destekli kubbeler üçe ayrılır, bunlar;

- Tensegriti kubbeler (Şekil 26).
- Çift tabakalı kablo sistem kubbeler (Şekil 27).
- Düşey taşıyıcıya bağlı kablo askılı sistemler'dir (Şekil 28). [6].



Şekil 26. Tensegriti kubbe örneği ve sistem kesiti, Suncoast Dome, Florida, Amerika [50].



Şekil 27. Çift tabakalı kablo sistem örneği ve kesiti, Utica Auditorium, Utica, Amerika [51].



Şekil 28. Düşey taşıyıcıya bağlı kablo askılı sistem örneği, Monreal Olimpiyat Stadyumu, Montreal, Kanada [52].

### 2.1.1.3.2.7. Hava Basıncı Kubbeler (Pnömatik Sistemli Kubbeler)

Pnömatik sistemler; membran bir yüzeyin iki tarafında basınç farkı yaratarak, yüzeye ön germe verilmesi yolu ile oluşturulan strüktür sistemleridir. Bu özelliklerinden dolayı kapalı membran sistemler olarak da tanımlanırlar. Bu ön germeyi sağlayan madde katı, sıvı veya gaz olabilir. Kapalı bir hacim içerisindeki basınç azaltılırsa, dış hava basıncı membran yüzeyi içeri iter. Bir mekân yaratmak için ise bunun tersi gereklidir. Yani iç basıncın dış basınca göre pozitif düzeyde tutulması gerekmektedir [28].

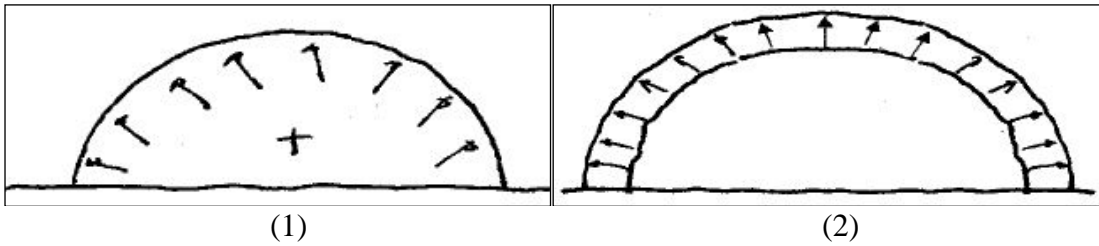
Pnömatik sistemlerin iki türü vardır:

- Hava-destekli, alçak basınçlı

Tek cidarlı (air-supported structures) sistemler; basınçlı hava ile desteklenen tek tabakalı pnömatik sistemler olarak da adlandırılırlar, genelde kablolarla takviye edilir.

- Hava-şişirmeli, yüksek basınçlı

İki cidarlı (air-inflated structures) sistemlerde, iki membran, hava sızdırmayacak şekilde bir araya getirilip, arada kalan boşluğa basınçlı hava (gaz) verilirse, çift yüzeyli bir pnömatik sistemin oluşması sağlanır [6].



Şekil 29. (1) Hava-destekli, Alçak basınçlı, (2) Hava-şişirmeli, Yüksek basınçlı [28].

### 2.1.1.3.3. Malzemelerine Göre Kubbeler

Malzemelerine göre kubbeler taşıyıcı sistem malzemelerine ve kaplama malzemelerine göre ikiye ayrılmaktadır [6].

### 2.1.1.3.3.1. Taşıyıcı Sistem Malzemelerine Göre Kubbeler

Taşıyıcı sistem malzemeleri ve yapım teknikleri kubbelerin boyutlarını sınırlar. Dolayısıyla kubbeleri bu bağlamda sınıflandırmak mümkündür. Taşıyıcı sistem malzemelerine göre kubbeler genel olarak;

- Kâgir kubbeler (a),
  - Ahşap kubbeler (b),
  - Metal kubbeler (c),
  - Betonarme kubbeler (d),
  - Membran kubbeler (e),
- olarak sınıflandırılmaktadır.



Şekil 30. Taşıyıcı sistem malzemelerine göre kubbeler, [201, 156, 202, 203, 204]

- Kâgir Kubbeler

Taş ve tuğla gibi kâgir malzemeler kullanılarak yapılan, genellikle yığma veya kaburgalı sistemlerde kullanılan kubbelerdir [1].

- Ahşap Kubbeler

Taşıyıcı sistem elemanlarında ahşap malzeme kullanılan kubbelerdir. Genel olarak kaburgalı kubbelerde kullanılırlar ancak tutkallı tabakalı ahşap, kaburgalı kubbelerde, çubuk ağı kubbelerde ve kemer taşıyıcılı kubbelerde de kullanılabilir [1].

- Metal Kubbeler

Taşıyıcı sistem elemanlarında metal malzeme kullanılan kubbelerdir. Genellikle kaburgalı kubbelerde, çubuk ağı kubbelerde, kemer taşıyıcılı kubbelerde ve kablo destekli kubbelerde kullanılmaktadır. [1].

- Betonarme Kubbeler

Genellikle monolitik özellikte olup, kabuk olarak inşa edilirler. Ancak kemer taşıyıcılı sistemlerde de kullanılabilir [6].

- Membran Kubbeler

Genel olarak hava basınçlı sistemlerin kullanıldığı, pnömatik sistemli kubbelerde kullanılmaktadır [6].

### **2.1.1.3.3.2. Kaplama Malzemelerine Göre Kubbeler**

Kaplama malzemelerine göre kubbeler,

- Kiremit ile kaplı kubbeler,
- Membran ile kaplı kubbeler,
- Cam ile kaplı kubbeler,
- Plastik ile kaplı kubbeler,
- Metal ile kaplı kubbeler,
- Ahşap ile kaplı kubbeler,
- Yeşil çatı uygulanan kubbeler,

başlıkları altında toplanabilmektedir [6].



- Kiremit ile Kaplı Kubbeler

Bilinen en eski çatı örtüsü kiremittir [53]. Kiremit çatı kaplamaları; Alaturka, Marsilya, Alman (düz), Flaman, Roma gibi farklı türlerde üretilmektedir. Kubbe formundaki yapılarda kaplama malzemesi olarak kullanımı oldukça sınırlıdır. Genel olarak, alt yüzeyinde yer alan taşıyıcı sisteme bağlantı elemanları ile sabitlenmektedir. Kubbe gibi çok eğimli yüzeylerde uygulanması güvenlik açısından sorun oluşturmaktadır. Kubbeli yapılarda yapılan uygulamalarda, yapıştırıcı malzeme ile uygulanan kiremit kaplama görülmektedir [54]. İtalya'da yer alan Pisa Baptistery (Şekil 31) kiremit kaplı kubbelere güzel bir örnektir.



Şekil 31. Kiremit kaplı kubbe örneği, Pisa Baptistery, Pisa, İtalya [200].

- Membran ile Kaplı Kubbeler

Membran malzemeler oldukça ince yapılı ve esnekliğe sahip malzemelerdir. Bu nedenle sadece çekme gerilmelerine dirençlidirler. Günümüzde PVC (poli-vinilklorür), PTFE (poly-tetra-fluoro-ethylene) ve ETFE (etilen-tetra-florür-etilen) gibi isimlerle anılan membran malzemeler kullanılmaktadır [6].

PTFE (poly-tetra-fluoro-ethylene) türü membranlar, cam elyaf üzeri poli- etraflorür-etilenden (PTFE) oluşmaktadır. Üzerine PVC malzeme olduğu gibi ek bir ürün gerektirmez, fakat PVC'den daha pahalı bir malzemedir. -200°C ile + 260°C aralığındaki sıcaklığa dayanıklıdır [48].

ETFE (etilen-tetra-florür-etilen) türü membranların diğer iki membran malzemeye göre saydamlığı daha fazladır ancak dayanıklılığı daha azdır. Bu sebeple bu tür membranları, kablolu asma germe sistemlerde kullanılması önerilmez. ETFE, elastik ve plastik malzemelerde olan yüksek polimerli kimyasal maddeden oluştuğu için PTFE membran

malzemesine göre daha sınırlı elastikiyete sahiptir. Bu sebepten tek tabakalı uzay kafes sistemlerde daha fazla kullanılmaktadır. Ayrıca ETFE membran elemanları daha komplekstir. Bu sebepten hiperbolik yüzeylerde daha kolay kullanılabilir [48]. İngiltere, Londra’da yer alan Milenyum Kubbesi (Şekil 32) membran kaplı kubbelere güzel bir örnektir.



Şekil 32. Membran kaplı kubbe örneği, Milenyum Kubbesi, Londra, İngiltere [55].

- Cam ile Kaplı Kubbelere

Camın ana maddesi, cama saydamlık özelliğini kazandıran,  $\text{SiO}_2$  (Silisyum Dioksit)’tir. Saydamlık, geçen ışığın gelen ışığa oranıdır ve camlardaki oran ise %80-98’dir. Bu nedenle cam, en saydam plastikten bile daha yüksek saydamlığa sahiptir. Cam, tüm bu özellikleri nedeniyle özellikle iç ortamda yoğun gün ışığına ihtiyaç duyan kubbe formunda en çok tercih edilen kaplama malzemesidir [56]. Osaka, Japonya’da yer alan Osaka Maritime Museum (Şekil 33) cam kaplı kubbelere güzel bir örnektir.



Şekil 33. Cam kaplı kubbe örneği, Osaka Maritime Museum, Osaka, Japonya [57].

- Plastik ile Kaplı Kubbeler

Kaplama malzemesi olarak kullanılan plastik levhalar üçe ayrılmaktadırlar: PVC levhalar, polikarbonat levhalar ve CTP levhalar. Termoplastik bir malzeme olan PVC levhalar, ışık geçirgen çatı örtü malzemesi olarak kullanılmakta ve polivinilklorür polimerlerinin sıkıştırılması ya da basınç altında ısıtılmasıyla ince film tabakaları haline getirilmesi sonucunda oluşmaktadır. Çapraz bağlı molekül yapısına sahip polikarbonat levhalar ise, yaygın olarak ışık geçirimli çatı örtü malzemesi olarak kullanılmaktadır. Doymamış polyesterden oluşan kompozit bir malzeme olan CTP'nin cam elyafı ile takviye edilerek fiziksel dayanımı artırılmıştır [58, 59]. İzmir Agora AVM, plastik kaplı kubbelere örnektir (Şekil 34).



Şekil 34. Plastik kaplı kubbe örneği, Agora AVM, İzmir, Türkiye [60].

- Metal ile Kaplı Kubbeler

Metallerin, dış etkilere dayanımı, işlenebilirliği ve diğer malzemelere oranla hafifliği gibi olumlu özellikleri genellikle çatı kaplaması olarak tercih edilmelerinin başlıca sebepleridir. Kurşun, çinko, bakır, alüminyum ve galvanize sac çatı kaplaması tercih edilen başlıca çatı kaplama metallerdir. Çin'de inşa edilen National Grand Theatre, metal kaplı kubbelere örnektir (Şekil 35) [61].



Şekil 35. Metal levha kaplı kubbe örneği, National Grand Theatre, Beijing, Çin [62].



- Ahşap ile Kaplı Kubbeler

Yenilenebilir bir kaynak olan ahşap, çevresel etkisi en az olan ürünlerdendir. Çürüme veya yanma sürecine kadar atmosferdeki karbondioksit miktarını dengeleyen ahşap, kolayca işlenmeye uygun bir malzemedir. [61]. Ahşap, temin edilmesi kolay bir malzemedir. Farklı şekillerde kullanılabilir ancak maliyeti yüksektir. Hücreli ve lifli yapıya sahip olduğundan ağırlığı az, mukavemeti yüksektir [58].

Tüm bu olumlu özelliklerinin yanında doğal ahşap şekil verilmesi zor bir malzemedir. Bu nedenle eğrisel yapıda olan kubbe formunda, kaplama malzemesi olarak kullanımı zordur. Bu nedenle yapay ahşap (ahşap esaslı) ürünler kaplama malzemesi olarak kullanılmakta ve kubbenin getirdiği eğrimsellik bu malzemeler ile verilebilmektedir [48]. Rusya’da yer alan Skydom (Şekil 36) adlı prefabrike konutlar dış cephe kaplamaları ile ahşap kaplı kubbelere güzel birer örnektir.



Şekil 36. Ahşap levha kaplı kubbe örneği, Skydom, Rusya [63].

- Yeşil Çatı Uygulanan Kubbeler

Yeşil çatılar yapıya biyo-çeşitlilik ve yaşam ortamı sunmakta, yağmur suyunun yönetimi gibi ekolojik olanaklar sağlamakta, büyük oranda sert yüzeylere sahip kent dokusunda, rüzgâr yollarını engelleyerek ısı adası etkisi yaratmakta, bitkisel yapıları sayesinde atmosfere oksijen vermekte ve dolaylı yoldan şehirlerin hava kalitesine katkıda bulunmakta, ayrıca ses kontrolü sağlamaktadır. Kubbe kabuğunun eğrisel yüzeyinde uygulanması zor olması nedeniyle genellikle basık kubbelere kullanılırlar [64]. Danimarka’da yer alan Street Dome (Şekil 37) yeşil çatı uygulanan kubbelere güzel bir örnektir.



Şekil 37. Yeşil çatı uygulanan kubbe örneği, Street Dome, Danimarka [65].

## 2.1.2. Kubbe Formu ve Ekoloji

### 2.1.2.1. Ekolojik Mimarlık

Ekoloji; Türk Dil Kurumu sözlüğünde, canlıların hem kendi aralarındaki hem de çevreleriyle olan ilişkilerini tek tek veya birlikte inceleyen bilim dalı olarak ifade edilmektedir [66]. Oxford'un İngilizce sözlüğünde ise ekoloji; “Bitki ve hayvan ekonomisi bilimi; hayat biçimleri ve yetiştikleri ortam ve çevrelerine kadar yaşayan organizmaların ilişkileriyle ilgilenen bir biyoloji dalı” olarak tanımlanmaktadır [67].

Seymen (1995) ekolojiyi “Ekoloji; organizmaları, canlı grup ve topluluklarını, canlı ve cansız fiziksel çevreleriyle olan ilişkilerini, tüm madde enerji alışverişleri ve dönüşümlerini ele alıp inceleyen bilim dalıdır”, şeklinde ifade etmektedir [68].

Ekoloji sözcüğü ilk olarak 19. yüzyılda kullanılmaya başlanmıştır. Alman biyoloji uzmanı ve ekolojiyi biyolojinin bir dalı olarak ele alan Ernst Haeckel, ekoloji terimini bilimsel literatüre 1866 yılında kazandırmıştır [69]. Ayrıca Haeckel ekolojiyi, “Tüm organizmaların birbiriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı”, şeklinde açıklamaktadır [70].

Yakın zamana kadar biyolojinin bir dalı olarak ele alınan ekoloji; bitki ve hayvanların çevreleriyle olan ilişkilerini inceleyen bilim dalı olarak tanımlanmıştır. Forbes 1922 yılında Ecology (Ekoloji) dergisinde çıkan bir yazısında, yirminci yüzyılın ekolojik sisteminde, yirminci yüzyıl insanının baskın tür olarak hesaba katılmasının kaçınılmaz olduğundan söz etmiştir. İnsan-çevre ilişkilerinin diğer canlılarla karıştırılmayacak ölçüde karmaşık oluşu 1960'lı yıllara kadar birçok ekoloğun insan eli değmemiş araştırma alanları kullanmasına neden olmuştur. Ancak 1970'li yıllardan itibaren, çevre sorunlarının artması ile ekolojinin kapsamı genişlemiş, insan ve doğa ilişkilerini de içermeye başlamıştır. Günümüzde ekoloji;

insanı da içine alan ekosferdeki tüm canlıların çevre ile olan ilişkilerini inceleyen bir bilimdir [70].

Ekolojik mimarlık ise bir mimari tasarım tarzı değil doğayla bütünleşme çabasıdır, farklı disiplinler ile birlikte ele alınmayı gerektirir. Daha az enerji harcamayı esas alan ekolojik yaklaşım bu sayede ekonomik olmayı da beraberinde getirmektedir. İnsanı ve çevreyi koruyan, doğa ile uyum içinde yaşama ilkesine sahip ekolojik mimarlık, insana ve çevreye saygılıdır. İnsanlık çevresini fikirler ve ütopyalarla kurar, ideali arar. Ekolojik mimarlık gerçek koşullarla ilgilenir ve idealizmini çevresel sorunları belirleme ve belirlediği sorunlar üzerine yoğunlaşma çabası içinde kurar, bütüncüdür ve gerçekçidir [73].

Ekolojik mimarlıkta önemli olan ekosisteme zarar vermeden mimari tasarımı gerçekleştirmektir; bu noktada yapının kendisi aslında bir ekosistemdir, çevredeki ekosistemlere zarar vermemelidir. Ekolojik tasarımda; kaynakların akılcı kullanımı, geri dönüşümlü malzemelerin kullanılması önemli konulardır. Bunların dışında, tasarım ilkeleri açısından düşünüldüğünde; iklim koşullarına uyum, doğaya uyum, topografyaya uyum, esneklik, ekolojik tasarım açısından önemli noktalardır. Ekolojik mimarlıkta yapılı çevreden doğal çevreye bırakılan toplam çıktı tasarımcının önemli uğraş alanıdır; bu alan doğayla bütünleşmeyi sağlayabilmek adına sadece atıkları değil kullanım ömrü sonrası yapının kendisini de kapsar. Ekolojik yapı tasarlarken mimar ekolojik yapı tasarım ilkelerini uygulamak durumundadır; yani tasarladığı yapının kullanım verimliliğini artırmaya, yapım ve kullanımdan kaynaklı olumsuz çevresel etkileri azaltmaya çalışmalıdır [74].

Geçmişten günümüze kadar ait olduğu çevrede ayakta kalabilmiş geleneksel yapıların, bulunduğu çevrenin bir parçası olan malzeme kullanımı ve o bölgenin sosyal yapısı, topografik ve iklimsel şartları düşünülerek tasarlandığında ne kadar uzun ömürlü olabileceğini göstermektedirler. Bulduğu çevreye göre farklılaşan bu geleneksel yapılara dünyadan ve Türkiye’den çeşitli örnekler verilebilir [75, 77].

Ekolojik mimarlık, sosyo-ekonomik, kültürel ve çevresel bağlamlarda yere uygun tasarlanmış, gelecek kuşaklara ulaşacak sonuçları göz ardı etmeyen binalar üretmeyi hedeflemektedir. Bu çerçevede binalarda kullanılan enerjinin minimize edilmesi, pasif tasarım stratejilerinin kullanılması, fazla enerji tüketen sistemlerin kullanımının azaltılması, yapının içinde bulunduğu bölgenin yerel iklimsel koşullarına uygun tasarlanması gibi konulara dikkat edilmeye çalışılmaktadır [76,78].

Ekolojik mimari tasarımda, teknolojinin etkisindeki alan göz ardı edildiğinde, geriye yerellik teması kalmaktadır. Yerel mimariye bakıldığında, “bugünün”

ekolojik/sürdürülebilir tasarım ilkelerinin aslında çok da yeni olmadıklarını saptamak mümkündür. Yerel verilerin tasarımın bir parçası olması, özellikle de iklimsel koşulların kullanımı, antik çağlardan beri uygulanan bir yöntemdir [79].

Ekolojik mimarlık, aslında güneşten yararlanmak olarak kökleştirilebilecek 2500 yıl öncesine dayanan bir mimari tasarım yöntemidir; sanayi devrimi ile birlikte gelişmiş teknolojik kolaylıklarla göz ardı edilmiş ancak 20.yy. da ortaya çıkan çevre sorunlarına çözüm sunması ile tekrar gündeme gelmiştir. M.Ö. 470-399 yılları arasında yaşayan Sokrates, kış güneşini güneşe bakan evlerde içeriye almanın mümkün olduğunu ama yaz güneşini yapı içerisine girmeden çatı üzerinde kaldığını böylece evin gölgede kaldığını belirlemiştir; yapıların kışın güneşi içeri alabilmek için güney cephesinde yüksek, soğuk rüzgârdan korunmak amacıyla kuzey cephesinde alçak yapılması gerektiğini belirtmiştir [71,72].

Erken döneme ait kanıtlar göstermektedir ki, güneş enerjisinden ve diğer iklimsel özelliklerden yalnız tek ev ölçeğinde değil, aynı zamanda kentsel bağlamda bir grup ev tasarlanırken de yararlanılmıştır. Hipokrat, örneğin, yaşama mekânlarında doğuya yönelmeyi en sağlıklı çözüm olarak önermiş, güney yönünün de bu anlamda kabul edilebilir olduğunu vurgulamıştır. Vitruvius ise geniş caddelerin kentin havasının temizlenmesi için, rüzgâr yönünde açılmasının, dar sokaklarda ise, bir yaşam çevresi olarak kullanılabilmesi için rüzgârdan sakınılmasının önemine dikkat çekmiştir [80].

Eski Roma'daki sokaklarda, Yunan kentlerinde olduğu gibi binaların serin tutulması için güneş ışınlarından korunmayı sağlayan duvarlar ve arkadlar oluşturulmuştur. Söz konusu ilke Akdeniz bölgesinde çokça rastlanan ve kentsel yerleşim için iklimsel elemanlardan yayaları koruyan ve kentsel mekânı geliştiren bir çözümdür [80, 81, 82, 83].

20. yy'ın başlarında, transparanlık, ışık, hava ve güneş, "Modern" in temsilcileri olmuştur. Mimarlar ve sanatçılar Endüstri Devriminin neden olduğu hijyenik olmayan ve karanlık şehirlere alternatif olarak tasarlanmış çevreleri ve ideal modeller olarak da şeffaf binaları sunmuşlardır. O tarihte cam yüzeyli cepheler, pek çok strüktürel probleme konu olmasına rağmen, modernin bir parçası olarak algılanmaktaydı. 1930'lu yılların başında, dünya ekonomik krizin ortasında, 1970'li yılların ekolojik bina tasarım fikirlerini önceden tahmin edebilen bir mimarlık ortaya çıkmıştır. 1973 yılındaki enerji krizi, fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı ve bu yakıtların yenilenemez kaynaklarımızdan olduğunu kanıtlamıştır. Böylelikle ekolojik yapı kavramı, geleneksel bina formlarının, doğal

malzemelerin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının, özellikle de güneş enerjisinin kullanılması olarak gelişmiştir [77; 84].

Ekolojik mimarlık tasarım prensipleri; çevre kirliliğini en düşük seviyeye indiren, yerel yaşamda yapı kültürünün korunmasını sağlayan ve mimariye olumlu etkileri olan özgün ekolojik yapıların tasarlanması ve yapıların sağlıklı, güvenilir, doğal malzeme ile oluşturulmasıdır [71].

1976 yılında Anton Schneider'in öncülüğünü yaptığı, ekolojik mimarlıkla ilgili önemli yaklaşımlardan biri Yapı biyolojisi (Baubiologie) hareketidir. Ekolojik mimarlık, insan ve bina arasındaki bütüncül ilişki çerçevesinde bakılması ilkesine dayanır. Nasıl ki insan cildi, yalıtan, koruyan, nefes alan bir eleman ise bina kabuğu da aynı işlevdedir. Bu analogik yaklaşımda bina içi ve bina dışı arasındaki ilişki ekolojik mimarlık içerisinde değerlendirilir [95]. Yapı biyolojisi hareketi, etkisini bugün de koruyan ve yön gösterici bir konumdadır ayrıca ekolojik mimarlığı şu 25 ilke ile anlatmaktadır:

1. Doğa ve insan eliyle yapılan her türlü tahribatın önlendiği bir yapı alanı.
2. Her türlü salınım ve gürültü kaynağından uzakta yer alan konut alanları.
3. Düşük yoğunluklu ve yeterli yeşil alan barındıran konut alanları.
4. Bireye değer veren, doğal, insan ve aile odaklı konut ve yerleşimler.
5. Sosyal yükler yaratmayacak binalar.
6. Doğal ve katışıksız yapı malzemeleri.
7. İç hava kalitesinin, iç hava nemini tamponlayan malzemelerle doğal yollarla ayarı.
8. Çabuk kuruyan düşük düzeyde toplam nem içeren yeni binalar.
9. Isı tutma ve depolama arasında kurulması gereken iyi bir denge.
10. Optimum ortam ve yüzey sıcaklığı.
11. Doğal havalandırma yoluyla nitelikli bir iç hava kalitesinin sağlanması.
12. Işınlıma dayanan bir ısıtma sistemi.
13. Doğal aydınlatma, ışık ve renk.
14. Endirekt ışınımın doğal dengesinin mümkün mertebede en az değiştirilmesi.
15. İnsan yapımı elektromanyetik ve radio frekansı yayılımının yok edilmesi.
16. Düşük radyoaktif seviyeli yapı malzemeleri.
17. İnsanın ürettiği ses ve titreşimden korunum.
18. Zehirli gazların salınımına engel olan hoş ve doğal kokular.
19. Mantar, bakteri, toz ve alerjenlerin mümkün derece azaltılması.

20. En iyi kalitede içme suyu.
21. Çevre problemlerine nedem olmama.
22. En az enerji tüketme ve mümkün olduğunca daha çok yenilenebilir enerji kullanma.
23. Yerel malzeme kullanma, nadir ve zararlı olabilecek kaynakların kullanılmamasını özendirme.
24. İç mekân ve mobilya tasarımında fizyolojik ve ergonomik buluşların uygulanması.
25. Birbiriyle uyumlu ölçekler, oranlar ve şekillerin dikkate alınması [95].

Yılmaz (2007)'e göre ekolojik tasarım kriterleri şu şekildedir;

- Enerji: Tarihteki her medeniyetin varlığının ön koşuludur. Çevre sorunlarının büyük bir bölümü fosil yakıtlar ve sistemlerinin sonucudur.

- İklim: Sabit bir strüktür olarak mimarlık hem insanların hareketleri hem de güneş ve iklimin hareketleri ile mücadele etmek durumundadır. 'Sabit' bir oluşum olan mimarlığa, ekolojik uygulamalar tasarım ile yüklenebilir. Mimarlık iklime cevap vermelidir.

- Yapı Malzemeleri: Yapı malzemelerinin çevreye olan etkileri ve kaynak kullanımı araştırılmalıdır. Malzeme seçimi yapılırken, hammadde kaynakları, üretim ve araziye ulaşım, inşa, kullanım ve son olarak yeniden kullanım gibi konular sorgulanmalıdır. Sanayinin talep edilen ürünleri daha az malzeme, kaynak ve enerji tüketerek üretebilmesi yaklaşımı ile "eko-yeterlilik" yani ekonomik büyümede sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmaktadır. "Azaltmak (reduce), yeniden kullanım (reuse), yeniden dönüşüm (recycle)", eko-yeterliliğin popüler sloganlarıdır.

- Kent Mekânlarına Bütüncül Yaklaşım: Bireylerin refahı ve dolayısıyla sosyal yapısı, içinde yaşanması keyifli ve iyi tasarlanmış bir çevrenin varlığına bağlıdır. Niteliksiz konut alanlarının, yetersiz ulaşım ve planlamanın, iletişim ve dinlence alanlarının olmayışının insanlar üzerinde kalıcı olumsuz etkiler yarattığı, topluma aktif olarak katılımlarını zayıflattığı, işyerindeki verimlerini düşürdüğü ve sağlıklarını etkilediği kanıtlanmış bir gerçektir.

- Yerleşim ve Arazi Kullanımı: Yaşanabilir topluluklar için toplu taşıma halkaları ve yaya dostu stratejiler ile karma-kullanım yöntemleri geliştirilmelidir. Planlama ve tasarım ile yaratılabilen arazinin ve mimarlığın kendine yeterliliği ne kadar büyük olursa çevreye

verilen zarar, o kadar az olur. Her yerleşim alanının konumu, topografyası, organizmaları, bitkileri, güneş ışığı, rüzgârı ve iklimi kendine özgüdür.

- **Kimlik:** Var olan çevrenin anlaşılması yolu ile kendine özgü bir dünya kazanmaktır. Genel olarak, var olan çevrenin oturulabilir bir ortam olabilmesi için insan tarafından yorumlanabilmesi gerekmektedir. Kent yerleşimlerinde kimliğe ulaşmak için ‘yer duygusunun’ yaratılması önemli bir faktördür.

- **Yeşil Alanlar:** İnsanların kaynaşması ve toplumun gelişmesi için gerekli olan kent içindeki yeşil alanlar, insan eylemlerine, iklimlerin dengelenmesine ve ekolojik farklılığa, insanları birbirinden ayırmadan yardımcı olmakta, böylece insan yaşantısının kalitesini artırmaktadır.

- **Ölçek:** Son 50 yıldır mimarlık, tecrit edilmiş arazilerde duvarlarla çevrilmiş ve kilitli kapısı olan, tecrit edilmiş anıtsal yapılar üzerinde yoğunlaşmıştır. Toplumun şaşırma güden büyüklük, heybetlilik ve teknolojik başarılar moda olmuştur. İnsan ölçeğine yakın mimari, mega-strüktürlere mantıklı bir alternatif oluşturmaktadır. Fakat küresel nüfus fazlalığı ve toplu konut ihtiyacı bu çözüme soru işareti konulmasına neden olmaktadır. Bu durumda tercih edilen seçim; kent dışına doğru yaygınlaşmayan, kent ile ilişkili olan kümelenmiş, bloklardan oluşmalıdır.

- **Şantiye ve Yapım:** Bölgenin yerel verileri analiz edilir, zamanlama ve enerji kullanımı akılcı şekilde planlanır. Mevcut yeşil dokuya zarar verilmez, hava, su ve gürültü kirliliği yaratılmaz. Geri dönüşümlü malzeme kullanılır, atıklar kontrol edilir.

- **Yıkım:** Binanın ekonomik ömrü, verimli kullanım süresi ve sonrası önceden planlanır ve gerekli öngörülerde bulunulur.

- **Eğitim:** Eğitim, yapılı çevrenin herkes için önemli olduğu bilincini arttırmak için kullanılması gereken bir araçtır [96].

Her yapı ve yerleşim, bir endüstri ürünü gibi, çevresel yükümlülüğü olan bir nesnedir. Yapı malzemelerinin üretimi ve transferi de yapısal süreci etkiler. Bu süreçten sonra kullanım; bina, hammadde ve enerji ihtiyacı, hava ve su kirliliği, gürültü, atıklar, mikroklima ve peyzaj değişikliği, erozyon gibi çevresel bozulmalara yol açar. Yapılar, üretim aşamalarından yok oluncaya kadar doğal ve yapay çevre ile sürekli etkileşim içindedir. Tüm yapılar ve yerleşimler esaslı bir harcama gerektirir. Bu da kaynakların kullanımını ve çevresel yükümlülüğü artırır. Kaynakların tutumlu ya da hoyratça kullanılması, çevrenin, sağlığımız üzerindeki etkisiyle doğru orantılıdır [94].

Ekolojik tasarımda iklimsel özellikleri dikkate alarak, binanın konumlandırılması ile başlayan, bina tasarım düzeni, bina formu, mekân organizasyonu, malzeme seçimi, sıhhi tesisat donanımları, uygun yeşil bitki örtüsü vb. ile devam eden tasarım sıralaması bulunmaktadır [115; 94].

Krusche, Gabriel ve Althaus ekolojik tasarımda dikkat edilecek noktaları aşağıdaki şekilde özetlemiştir:

- Çevre ve enerji konularına akılcı bir yaklaşım ile binanın konumlandırılması, bina tasarım yaklaşımları, bina formu, bina tasarım düzeni, mekân programları ve fonksiyonların organizasyonu, malzeme seçimi, sıhhi tesisat donanımları ve amaca yönelik yeşil bitki örtüsü,
- Enerji ve kıt kaynakların kullanımını, binanın yapımı ve kullanımı sırasında en aza indirgenecek şekilde ele almak,
- Doğal çevre sistemlerinin akılcı kullanımları (güneş enerjisinden yararlanma, tabii iklimlendirme, yeşil örtü),
- Isısal, sıvı ve katı atıkların kirletebileceği toprak ve su havzalarını minimuma indirmek,
- Bölgedeki bitki ve hayvan potansiyelini korumak ve hatta miktar ve çeşit olarak artırmak,
- Binayı, doğal çevresini mümkün olduğu kadar az zedeleyerek, yerine oturtmak ve böylece sağlıklı bir ikamet ve çalışma çevresi (yaşam alanı) yaratmak [94].

Ekolojik yapıların tüm bu faydalı tarafları göz önüne alındığında, tasarım ilkelerinde de vurgulanması gereken önemli noktalar olduğu göze çarpmaktadır. Bunlar:

- Yapı tasarımında ve kullanımında doğal kaynakların zarar görmesini en az seviyeye indirmek,
- Mevcut topografyaya (toprak, su, hava, yeşil alan) uygun bir yaklaşım ile binaların konumlandırılması,
- Doğa ile uyumlu tasarlama, iklim şartlarına ve topografik özelliklere uyumlu tasarım gerçekleştirme,
- Geri dönüşümlü malzeme kullanımı,
- Fonksiyonel mekân gruplarının yataydaki tasarımda sirkülasyon elemanlarını ve ıslak hacimleri mümkün olduğu kadar kuzey yönünde tasarlamak,

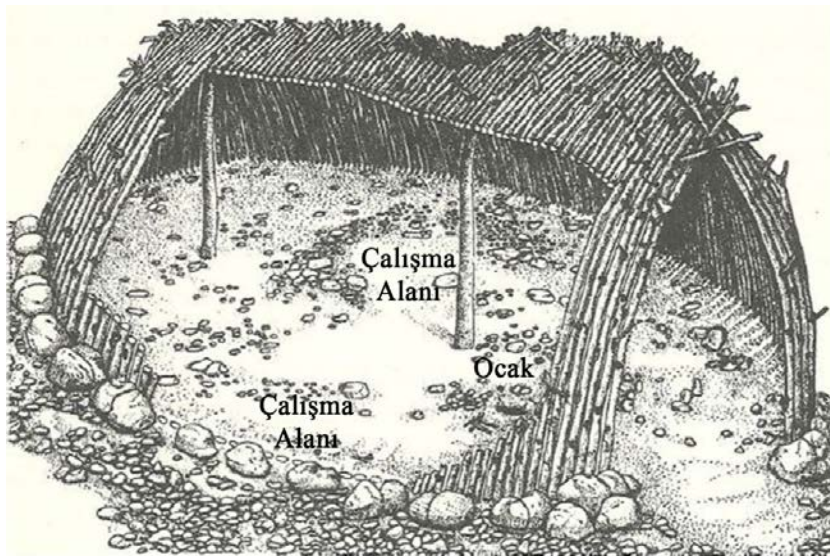


- Bina içinde yatay dağılımda olduğu gibi düşey dağılımda da ekolojik ilkeleri göz önüne almak,
- Tasarımın esneklik ve değişkenlik kriterlerine imkân sağlanması ve mekânların multifonksiyonel olması,
- Güneş enerjisini kullanmaya yönelik tasarımlar olarak sıralanabilir.

Tüm bu tasarım ilkeleri bina formu-kabuğu, yapı fiziği elemanları, malzeme ve yapım sistemleri bir arada düşünülerek hayata geçirilmelidir [75].

### 2.1.2.2. Kubbe Formu Ekoloji İlişkisi

Tarihteki ilk kubbe formundaki yapılar, göçebe çadırlardır. Göçebe toplumların olduğu ilkel dönemlerde, yıldızlı gökyüzü ve kozmosla olan bağlantılar önemlidir. Bundan dolayı barınakları daireseldir. Örtülecek mekânın dairesel olması, kubbe fikrini doğurmuş olmalıdır. Önceleri koni biçiminde oluşturulan sazdan kubbeler, yarım daire kubbeye doğru bir gelişim göstermiştir. Bu kulübeler Somali gibi göçebe ve geri kalmış toplumlarda günümüzde de görülmektedir. Sazdan ve ağaçtan yapılan konik ya da küresel biçimdeki basit göçebe kulübeleri (Şekil 38), marangozluğa dayalı birleşimlerin geliştirilmesiyle daha dayanıklı, geniş açıklıklı ve yüksek yapılara dönüşmüştür [85].



Şekil 38. İlk kısmen kubbe kullanımı, Terra Amata, Homo Erectus Yerleşimi [13].

Tarih öncesinden günümüze kültürler, yerel malzemeler kullanarak kubbeli konutlar inşa etmişlerdir. İlk kubbenin ne zaman oluştuğu bilinmemekle birlikte, erken kubbeli yapıların dağılık örnekleri keşfedilmiştir. En erken keşfedilen yapının, mamut derileri ve kemiklerinden oluşan dört küçük konuttan oluşan yapı topluluğu olduğu düşünülmektedir (Şekil 39).



Şekil 39. Mamut kemiği ve derilerinden inşa edilen kubbe formu örneği, Mammoth Bone Hut, Ukrayna [86].

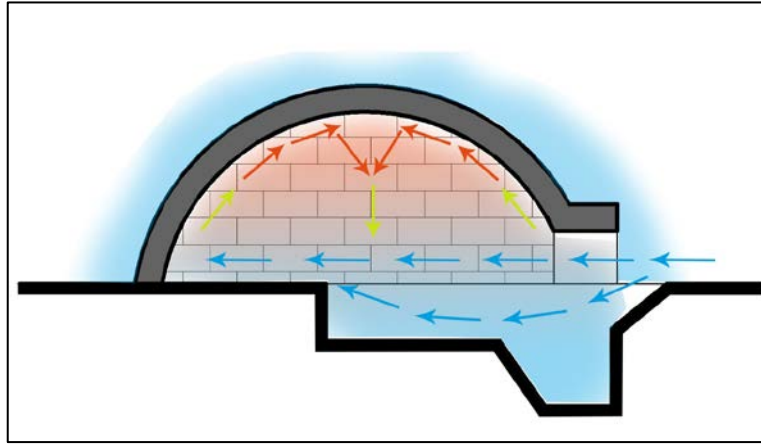
İlk bulunan yapılar, çiftçilikle uğraşan bir çift tarafından 1965 yılında, Mezhirich, Ukrayna'da bulunmuştur, daha sonra ise, alanda yapılan çalışmalar sonucundan arkeologlar alanda üç yapı daha olduğunu keşfetmişlerdir. Söz konusu yapılar M.Ö. 19,280- 11,700 tarihlidir [4].

Dünya üzerinde neredeyse tüm kültürlerde kullanılan kubbe formunun tam olarak nerden yayıldığı bilinmemektedir. Günümüzde bilinen ve kültürlerle özgü örnekler vermek gerekirse; yerli Amerikalıların kullandığı kemer şeklinde dallardan oluşan üzeri deri veya saman kaplı olan yapılar, Eskimo halkı tarafından, kardan korunmak amaçlı olarak yapılan İglo'lar (Şekil 40), Nabimya'da sazdan örülü sisteme sahip ve dışı çamurla sıvanmış olan Çöl İglo'su olarak isimlendirilen yapı gibi tüm bu yapılardan farklı olarak taş kullanılarak inşa edilen 'Corbelled' (Şekil 40) olarak isimlendirilen kubbe örneklerine Neolitik çağdaki Yakın Doğu'da, Orta Doğu'da ve Antik Batı Avrupa'da rastlanmaktadır [87].



Şekil 40. İglo ve Corbelled [88, 89].

İglolar; sıcaklığın  $-30^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşebilen Amerika'nın ve Grönland'ın kutuplara yakın bölgelerinde uygulanan kubbe formundaki konutlardır. Genellikle büyüklükleri içerisinde yaşayacak kişilerin hareket edebilecekleri alan kadar olur. Buldukları bölgelerin karla kaplı olması nedeniyle inşa malzemesi olarak kar kullanılmaktadır. Sert kardan, 40cm eninde, 1m boyunda, 20 cm uzunluğunda bloklardan oluşmaktadır. İnşa işlemi bitirildikten sonra iç ortamı, tamamen dış ortamdan yalıtılmak için, iglonun iç yüzeyinin yüzeysel olarak eritilip tekrar donması sağlanır, böylece hava giriş ve çıkışı engellenmiş olur. Gün içerisinde sıcaklık  $4^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kubbe formunun sağladığı hava sirkülasyonu (Şekil 41) gibi ekolojik katkılar sayesinde içerisinde kullanıcı bulunan iglolarda iç ortam sıcaklıkları  $16-17^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşabilmektedir [196].



Şekil 41. İglo İçerisindeki Hava Sirkülasyonu [197].

Kubbenin ekolojik olarak kullanımına Harran yerleşkesi (Şekil 42) örnek gösterilebilir. Kurak ve sıcak iklim şartlarına adapte edilmiş Harran evleri, zeminde taş ve kerpiç karışımı duvarlar ve kemerler üzerinde yükselen taş plaklardan inşa edilmiş dik

kubbelerden oluşmaktadır. Kare planlı kübik yapı tabanının yan duvarlarında, avluya ve yola açılan küçük pencereler bulunmaktadır. Pencereler, nispeten küçük olup; 30-40 cm boyutlarındadır. Yazın doğal havalandırma amacıyla kullanılan bu delik ve pencereler kışın kapatılmaktadır. Tepe deliği sayesinde yapı içindeki sıcak hava yükselerek dışarı çıkmaktadır. Bu sayede doğal havalandırmada süreklilik sağlanmaktadır. Bunun sonucunda aşırı yaz sıcaklarında son derece serin mekanlar elde edilmektedir. [77; 90].



Şekil 42. Kubbe formundaki Harran yerleşkesi, Ş.Urfa, Türkiye [199].

Bağlayıcı olarak toprak harcı kullanılması nedeniyle yapı bileşenleri kırılmadan yeniden kullanılabilir. Ana yapı bileşenlerinin üretimi, çevre kirliliği oluşturmamaktadır. Konik kubbeli kübik yapıların dış yüzey/hacim oranları oldukça düşüktür. Böylelikle kışın ısı kaybı da minimumda tutulmaktadır. Yapının kalınlığı 60 cm ile 70 cm arasında değişen kerpiç duvarları, iyi derecede ısı yalıtımı sağlamakla birlikte uzun bir ısı gecikme oluşturmaktadır [90].

Her bir konik kubbenin yanlarında havalandırma delikleri vardır. Ayrıca baca ve havalandırma deliği olarak görev yapan bir diğer delik, kubbenin tepesinde yer alır. Yan deliklerin açılışında tercih edilen yön yoktur. Yan delikler dört, üç veya iki yöne açılır ve karşılıklı havalandırma sağlanır [90].

Harran evleri, yörede bulunan doğal malzemeler kullanılarak yapılması, yapı boyutları ve formunun biçimlenişi, evin bölümlerinin birbirlerini gölgelemesi ve sahip olduğu organik yerleşim düzeni sayesinde, bugünün ve geleceğin gereksinmelerini karşılayabilecek, bölgenin doğasıyla ve topografyasıyla uyumlu ve doğanın zararlı etkilerinden kendini koruyabilen evlerdir. Ayrıca evler, biçimlenişleri sayesinde havalandırma, aydınlatma ve ısı kaybının azaltılması gibi temel yapı ihtiyaçlarını doğal yöntemlerle gerçekleştirmektedir [90].



Günümüzde artık kubbe kullanımıyla geçilen açıklıkların artırılması dışında, sürdürülebilir kalkınma çalışmalarıyla birlikte, kaynak kullanımını en aza indiren, yenilenebilir kaynak kullanımına ağırlık veren ve böylelikle çevreye daha az zararlı ekolojik yapılar tasarlama ve inşa etme çalışmaları hız kazanmıştır. Bu kapsamda, ekolojik kubbe tasarımları gündeme gelmeye başlamıştır. Ekolojik kubbelerin ilk düşünceleri kendi döneminde ütöpik olarak kabul edilen tasarımlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Söz konusu ütöpik fikirlerden biri, jeodezik kubbenin de mucidi olan Buckminster Fuller tarafından ortaya atılmıştır. Fuller New York şehrinin bir bölümünü örtecek yaklaşık 3 km çapında bir jeodezik kubbe tasarlamıştır (Şekil 43). Ayrıca Fuller şehrin üzerini komple örtmek gerektiğini de savunmuştur. Fuller'e göre tüm şehri ısıtmak için gerekli olan enerji, tek tek tüm evleri ısıtmaktan daha az olacaktı. Bunun sebebini ise; "Şehrin üzerinde örtülü olan kubbeye ısı kaybı olacak olan yüzey alanı, tüm evlerin yüzey alanlarından 3-4 kat daha az olacaktır" şeklinde açıklamıştır [207]. Günümüz mimarisinde Fuller'in bu düşüncesinden ilham alınarak tasarlanan mega-strüktürler mevcuttur. Birçok binayı içerisinde barındıran, kubbe formunda olmasa da diğer geometrik formlar kullanılarak tasarlanan dış ortamdan izole edilen yapılar tasarlanmıştır. Fuller'in ütöpik düşüncesinde ilham alarak tasarlanan yapılara örnek olarak İngiltere'de 8 adet kubbeden oluşan "Eden Projesi" (Şekil 44) verilebilir. Yapı Fuller'in tasarımına tamamen uymamakla birlikte daha teknolojik ve modern malzeme ve strüktür kullanılarak inşa edilmiştir [1].



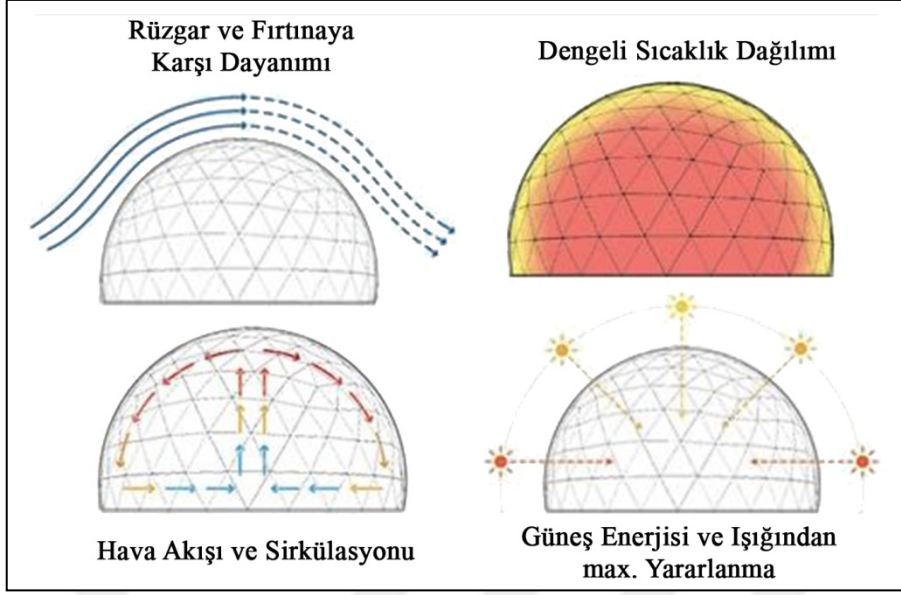
Şekil 43. Fuller'in tasarladığı şehrin üzerini örten kubbe [205].



Şekil 44. Fuller'den ilham alan modern dönem yapı örneği, Eden Project, İngiltere [91].

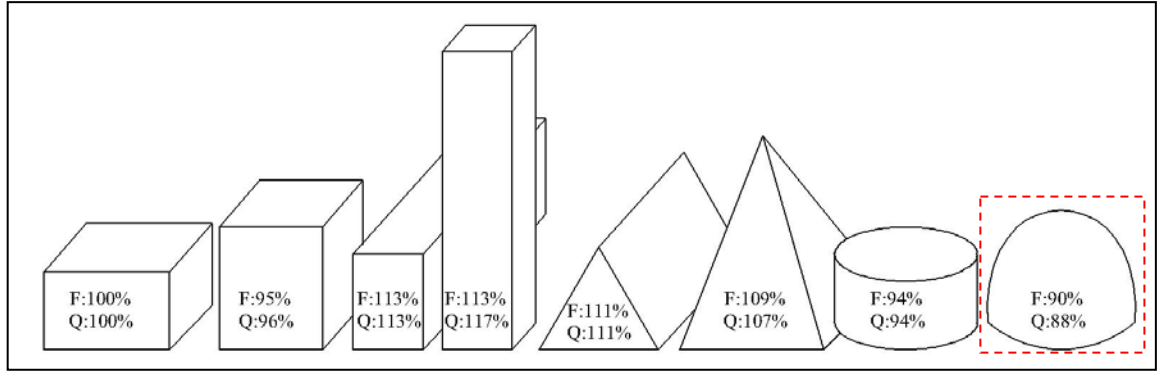
Kubbe formu, yapıya ekolojik olarak farklı yönlerde katkı sağlamaktadır (Şekil 45) ve bu yönler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Kubbeler üzerlerine gelen ağırlığın ve oluşan gerilmelerin en verimli dağıtıldığı sistemlerden biridir.
- Depreme en dayanıklı sistemlerdendir ve içerisinde yükü taşıyacak duvarlara ihtiyaç duyulmaz.
- Aerodinamik yapıya sahiptir. Rüzgâr ve fırtınalara karşı dayanımları yüksektir.
- Kubbe formundaki yapı en az yüzey alanı ile en geniş oturma alanına sahip yapılar inşa edilebilme imkânı tanır. Yapı malzemesinden maksimum kazanç sağlanır.
- Yüzey alanının az oluşu yapıya enerji verimliliği kazandırır. Diğer geometrik şekillerden en az %30 daha az yüzey alanına sahip olduğundan yapıyı ısıtma ve soğutmada en az %30 daha az enerji tüketimi sağlamaktadır.
- Formun diğer bir avantajı ise yapı içerisinde hava sirkülasyonu sürekliliğini sağlamasıdır.
- Devasa bir reflektör gibi çalışarak, ısının iç ortamda sürekli olarak yansımaya yardımcı olur ve ısı kaybını azaltır.
- Kullanılan malzemeler ve yapım sistemine bağlı olarak en verimli güneş ışığı kullanımına sahip yapım sistemlerindendir [92].



Şekil 45. Kubbe formunun yapıya ekolojik katkıları [92].

- Yüzey alanı / hacim oranı azaltılarak, kompakt şekilde tasarlanan formlar ile binanın ısı kayıpları azaltılmalıdır. Yapılan araştırmalardan da yola çıkılarak enerji etkinlik açısından, en kompakt formun dairesel plana sahip kubbe formu olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 46) [93].



Şekil 46. Aynı hacme sahip, farklı yüzey ve taban alanlı geometrik formların ısı kayıp oranları [94].



### 2.1.2.3. Kubbe Formunda Ekolojik Tasarım Prensipleri

Farklı kaynaklardan elde edilen tasarım prensipleri, kubbe formundaki yapıların ekolojik tasarım prensipleri açısından değerlendirilmesi ile çalışma kapsamında, 5 ana başlık altında toplanmıştır:

#### 1. Yerleşim yeri

- Topografya ve Çevre Binalar ile Uyum

#### 2. Enerji

- Aktif Güneş Sistemlerinden Yararlanma
- Pasif Güneş Sistemlerinden Yararlanma
- Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanımı
- Aktif Rüzgâr Sistemi
- Doğal Havalandırma Sistemi
- Rüzgâr Kontrol Elemanlarının Kullanımı
- Diğer Ekolojik Sistemler
  - Su ve Yer Yüzü Kaynaklı Isı Transferi (Isı Pompaları)
  - Biyokütle Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi

#### 3. Malzeme-Konstrüksiyon

- Taşıyıcı Sistem Malzemesi
- Kaplama Malzemesi
- Yalıtım Malzemesi
- Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı
- Kabuk Sayısı
- Kabuk Yüzeyindeki Doluluk Boşluk Oranları

#### 4. Su

- Yağmur Suyu Geri Dönüşümü
- Atık Su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı

#### 5. Akustik

- Gürültü Kontrolü
- Akustik Tasarım

### 2.1.2.3.1. Yerleşim yeri

#### 2.1.2.3.1.1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum

Bina araziye yerleştirilirken, toprağın altında ve üstünde var olan zenginlikleri gözeterek mevcut arazi şeklini asgari düzeyde zedelemeli, özellikle eğimli arazilerde arazi girdilerini irdeleyerek, arazinin güncel halinin sağlayacağı avantajlar tasarıma yansıtılmalıdır [75].

Arazinin üst toprak katman mikro organizmalar ve biyolojik çeşitlilik açısından en verimli katmandır. Bu yüzden doğal örtüyü korumak ekolojik tasarımda önemli bir adımdır [93]. Arsadaki ağaçlar, çalılar, ekinler, zemin kaplaması tipi ve özellikleri saptanmalı ve bu veriler tasarımda göz önünde bulundurulmalıdır [99]. İngiltere’de yer alan Eden Projesi (Şekil 47), kullanım dışı olan taş ocağı üzerinde, mevcut arazinin korunarak içerisine yerleştirilen bitki örtüsü ve ekolojik sistemlere sahip kubbeler ile topografya ile uyuma güzel bir örnektir.



Şekil 47. Topografya ve çevre yapılar ile uyum örneği, Eden Projesi vazyet planı [121].

### 2.1.2.3.2. Enerji

Yapıda ekolojik enerji etkinliği, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla gerçekleştirilmektedir. Yenilenebilir nitelikteki doğal enerji kaynakları, belli sınırlar içinde kendi kendini yenileyebilen veya tüketilmesi mümkün olmayan doğal kaynaklardır. Tüm canlı kaynaklar bu gruba girerler [70].

Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları; Güneş Kaynaklı Sistemler, Rüzgâr Kaynaklı Sistemler, Jeotermal Enerji, Hidrojen Enerjisi, Hidroelektrik Enerji, Denizden Elde Edilen Enerji, Biyo-kütle Enerjisi olarak sıralanabilmektedir. Kubbe formunun ekolojik tasarım prensipleri açısından irdelenmesi amacıyla yapılan çalışmada aktif ve pasif güneş sistemleri, güneş kontrol elemanları, aktif rüzgâr sistemleri, doğal havalandırma, rüzgâr kontrol elemanları ve diğer enerji kaynakları başlıca yenilenebilir kaynaklar olarak verilmiştir.

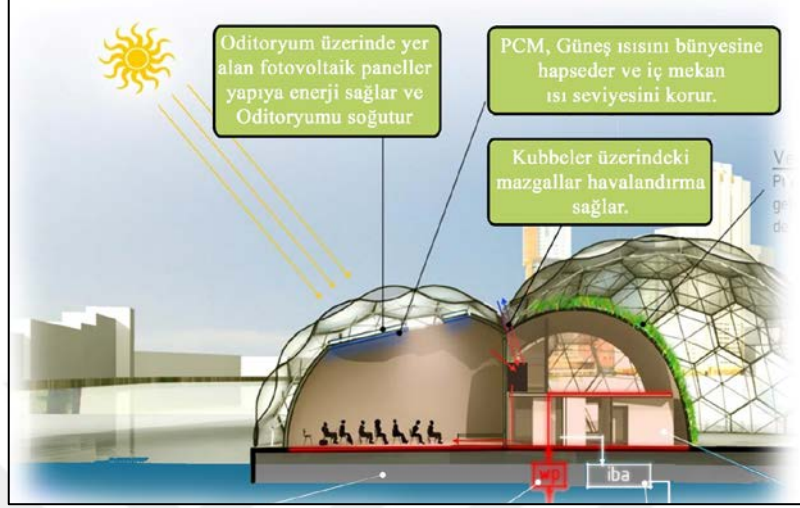
#### 2.1.2.3.2.1. Aktif Güneş Sistemleri

Aktif güneş sistemleri içinde en yaygın olan fotovoltaik paneller'dir. Fotovoltaik paneller, dışında çok eski bir sistem olan ve günümüze kadar pek çok farklı teknolojik çözümleri olan kolektörler ile bu iki teknolojinin birlikte kullanıldığı sistemler de bulunmaktadır [100].

Fotovoltaik paneller; Güneş ışığından elektrik enerjisi üreten PV'ler, ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından araştırılmış, 1954 yılında ise modern anlamdaki PV hücreler (solar cell) geliştirilerek uzay teknolojisi uydu araçlarında pahalı bir elektrik üretici olarak kullanılmaya başlanmıştır. Teknolojideki gelişme, üretimdeki endüstrileşme ve talepteki artışa bağlı olarak PV paneller açık alanlarda kurulan güneş santrallerinde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaya başlamıştır. Binalarda ilk kez çatılarda uygulanmaya başlanmış bu bağlamda özel çatı panelleri mevcut çatılara ek bir sistem olarak ilave edilmiş, daha sonraları ise doğrudan çatı kaplaması olarak kullanılabilen PV paneller üretilmiştir [101].

Güneş kolektörleri; Güneş enerjisini toplayarak bir akışkana ısı olarak aktaran farklı tür ve biçimlerdeki aygıtlara Kolektörler (Toplalar) denilmektedir. Güneş enerjisiyle su ısıtma sistemleri doğal ve basınçlı dolaşım sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal dolaşım sistemleri, su ısısının değişmesi ile suyun yoğunluğunun azalması ve yükselmesi prensibine bağlı olarak çalışmaktadır [102].

Danimarka’da yer alan Drijvend Pavyonu (Drijvend Paviljoen) (Şekil 48) içerisinde yer alan aktif (fotovoltaik paneller) ile aktif güneş sistemlerin kullanımına güzel bir örnektir.



Şekil 48. Güneş kaynaklı sistemlerin kullanımı, Drijvend Pavyonu 177].

#### 2.1.2.3.2.2. Pasif Güneş Sistemleri

Pasif güneş sistemleri hem ısıtma hem de aydınlatma sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş ışınlarının verimli kullanılmasıyla mekânın en derin noktalarına kadar gün ışığı ulaşabilirken, bir yandan da binanın doğru bir yönde konumlandırılması ile de ısıtma sağlanabilmektedir [100].

Pasif güneş sistemleri çeşitli amaçlar ile kullanılabilir; Aydınlatma amaçlı, Işık Rafı, Işık Tüpü, Atrium, Isıtma amaçlı; Güneş Odası, Çatı Havuzu, Su Duvarı, Trombe Duvar, Serinletme amaçlı; Soğutma Kulesi, olarak sınıflandırılabilir [100].

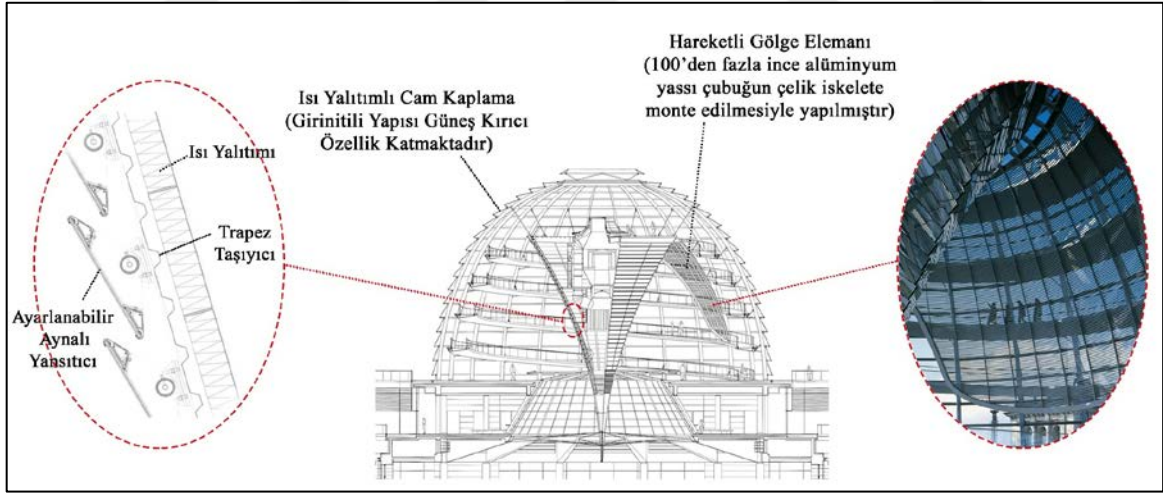
#### 2.1.2.3.2.3. Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanımı

Güneş kontrol elemanları sabit ya da mekanik veya bilgisayar destekli kontrol edilmek üzere hareketli olabilirler. Malzemesi genellikle alüminyum ya da ahşaptır, sıcak dönemlerde istenmeyen ısı kazançlarını engelleyerek binanın soğutma yüküne önemli katkıda bulunurlar [103].

Güneş ışınımının etkisiyle istenilmeyen ısı kazançları engellemek için yapı cephesinde çeşitli güneş kontrolü önlemleri alınmalıdır. Bu önlemler gerek cephe üzerine eklenen elemanlar ile gerekse de cephe kabuğunun dokusu ile sağlanabilir. Eklenen elemanlar cephe ve kabuğun görünümünü direk olarak değiştirmekle birlikte iklim odaklı özelliklere göre farklılaşmaktadır [104].

Enerji etkin kabuk tasarımında kullanılan güneş kontrol elemanlarının tipi (jaluzi, panjur, stor, kepenk vb.), konumu (dışta, içte, ortada) ve geometrisi, cephedeki hava boşluğunun termal özelliklerini, boşlukta oluşan hava akımını ve kullanıcıların görsel konforunu önemli ölçüde etkilemektedir [83].

Kabuk üzerindeki şeffaf elemanların boyutlandırılmasında, bulunduğu bölgenin iklim koşulları doğrultusunda oluşturulan hesaplamalar ve opak-şeffaf elemanların gerekli saydamlık oranları göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca kullanılan cam tipine, yapının yer aldığı arazinin yön ve bölgeye uyumlu güneş kontrol elemanlarının tasarlanmasına özen gösterilmelidir [97]. Güneş kontrol elemanlarının çok sayıda kullanıldığı Alman Parlamento Binası Kubbesi (Şekil 49) kubbe formu yapılar arasında önemli bir örnektir.



Şekil 49. Güneş kontrol elemanı kullanımı, Alman Parlamento Binası Kubbesi [198].

#### 2.1.2.3.2.4. Aktif Rüzgâr Sistemleri

Bu sistemlerin en eski ve yaygın olanı yel değirmenleridir. Günümüzde ise aynı çalışma mantığı ile teknolojik malzemelerden üretilen rüzgâr türbinleri, yenilenebilir enerji kazancı elde edebilmenin en önemli araçlarından biridir. Rüzgâr tribünleri mevcut enerji

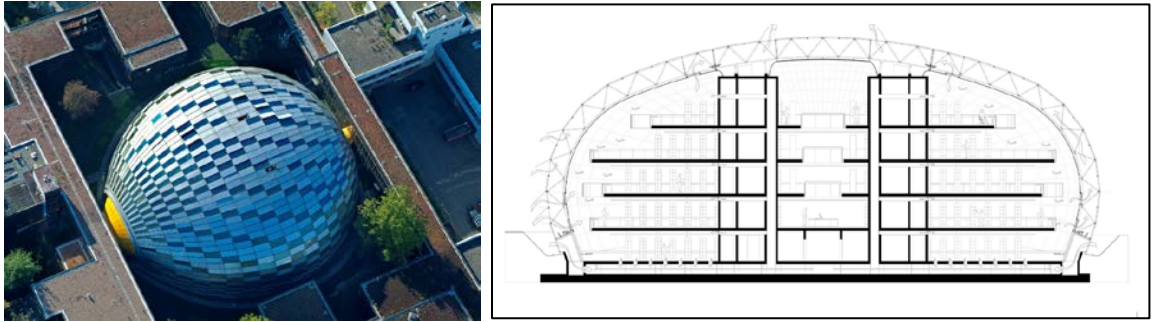
şebeklerine bağlı olarak kullanılabilirler gibi bireysel olarak konutlarda başka enerji sistemlerine bağlı olarak kullanılabilirler. Söz konusu hibrid sistemler ile elde edilen enerji akülerle depolanıp tekrar yapıda kullanılabilirler [100].

#### 2.1.2.3.2.5. Doğal Havalandırma (Pasif Rüzgâr) Sistemleri;

Pasif rüzgâr sistemleri genel olarak havalandırma amaçlıdır. Havalandırma amaçlı pasif sistemler; Rüzgâr Güllü (Bina Monte Sistem), Rüzgâr Bacası, Kanat Duvar, Rüzgâr Kepçesi olarak sınıflandırılabilir [100].

Doğal havalandırma, yalnızca doğal hava hareketinin kullanıldığı yöntem olmasından dolayı sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçasıdır. Bu yolla mekanik havalandırma ve iklimlendirmeye olan ihtiyaç asgari düzeye indirilerek, fosil kaynaklı enerji kullanıma yönelik önemli bir tasarruf sağlanır. İklimlendirme ile ilgili elektrik enerjisi kullanımının azalması ile enerji sağlayan elektrik üretim alanlarından sera gazı emisyonları salınımı da azalır [105].

Binalar, doğal hava akımını destekleyecek veya kontrol edecek şekilde tasarlanmalıdır [106]. Doğal havalandırmanın önemli bir tasarım prensibi olduğu Faculty of Philology Kütüphanesi (Şekil 50) kubbe formundaki yapısı ile etkili bir örnektir.



Şekil 50. Doğal Havalandırma Kullanımı, Faculty of Philology Kütüphanesi [136].

#### 2.1.2.3.2.6. Rüzgâr Kontrol Elemanları:

Genel olarak yapı kabuğunda yer alan yapay elemanlar ve yapı çevresinde tasarlanan peyzaj elemanları rüzgâr kontrolü amaçlı olarak kullanılan doğal bitki örtüsüdür. Binanın yakın çevresinde yer alan bitki örtüsünün bilinçli olarak kullanımıyla rüzgâr kontrolü,



gürültü kirliliğinin düşürülmesi, hava içerisindeki toz parçalarının temizlenmesi gerçekleştirilebilmektedir. Özenle tasarlanan peyzaj tasarımı, yapının soğutma ve ısıtma giderlerini büyük oranda azaltır. Bitki örtüsünün uygun bölgelere yerleştirilmesiyle rüzgâr hızı düşürülmeden yönü değiştirilip, yapının içerisine düşük hızda bir hava akımı sağlanabilmektedir. Bu doğrultuda kullanılacak olan bitki örtüsünün boyuna ve yapıdan ne kadar uzağa yerleştirileceklerine dikkat edilmelidir [97].

### 2.1.2.3.2.7. Diğer Ekolojik Sistemler

#### 2.1.2.3.2.7.1. Su ve Yer Yüzü Kaynaklı Isı Transferi (Isı Pompaları)

Isı geçişi her zaman yüksek sıcaklıktaki ortamdan düşük sıcaklıktaki ortama doğru olmaktadır. Söz konusu durum doğal olarak gerçekleşir ancak sistemin tam tersi şekilde çalışması istenilen durumlarda farklı elemanların kullanımı söz konusudur. Düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama ısı geçişi günümüzde ısı pompası olarak adlandırılan ve elektrik enerjisi ile beslenen sistemlerin kullanımıyla gerçekleştirilmektedir [107]. Kubbe formundaki Kaeng Krachan Fil Evi yapısında (Şekil 51) ısı pompası kullanılmıştır.



Şekil 51. Isı pompası sistemi, Kaeng Krachan Fil Evi [169].

Isı pompalarında, bir ortamı ısıtmak için bir diğer ortamın soğutulması gerekmektedir. Bu bağlamda yıl içerisinde sabit sıcaklıktaki yer yüzü ve su kaynakları kullanılmaktadır. Ayrıca hava, düşük sıcaklıklı jeotermal su kaynakları, bir işlem sonucu atılmış atık sıcak veya soğuk sular, depolanmış güneş enerjisi de ısı pompaları için ısı enerjisi kaynağı olarak kullanılabilir [107].



### 2.1.2.3.2.7.2. Biyokütle Enerjisinden Faydalanarak Enerji Elde Edilmesi

Biyokütle, yeşil yapıdaki bitkilerin yaşam döngülerinin bir parçası olan fotosentez yoluyla güneş enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürüp depolaması ve sonucunda ortaya çıkan organik madde kaynaklarıdır. Yüzyıldan daha az bir zaman diliminde yenilenebilen, yer yüzünde ve suda yaşayan bitkiler, hayvan atıkları, besin endüstrisi ve orman ürünleri ile kentsel atıkları içeren tüm organik maddeler olarak tanımlanabilir. Ana bileşenleri, karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal maddeler biyokütle enerji kaynağıdır ve söz konusu kaynaklardan elde edilen enerji ise, biyokütle enerjisidir [108; 109]. Skunthorpe Spor Akademisi (Şekil 52) biyo-yakıt kullanımına güzel bir örnektir.



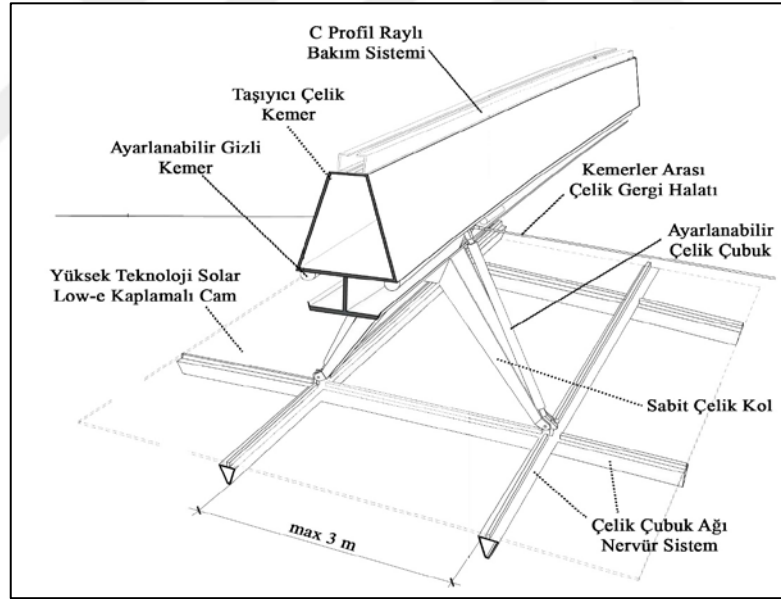
Şekil 52. Biyo-yakıt kullanımı, Skunthorpe Spor Akademisi [158].

### 2.1.2.3.3. Malzeme-Konstrüksiyon

Malzeme-konstrüksiyon; taşıyıcı sistem malzemesi, kaplama malzemesi, yalıtım malzemesi, geri dönüşümlü malzeme kullanımı, kabuk sayısı ve kabuk yüzeyindeki doluluk boşluk oranları olarak 6 ana başlık altında toplanmaktadır.

### 2.1.2.3.3.1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi

20.yy. başlarına kadar taşıyıcı sistem malzemesi olarak, yapıların konumlandıkları bölgelerde bulunan taş ve ahşap gibi doğal malzemeler kullanılmıştır. Teknoloji ve bilimin gelişmesiyle yapı malzemesi olarak betonarme ve çelik gibi hafif yapıdaki malzemeler yapı sektöründe yer bulmaya başlamıştır. Yapının işlevi fark etmeksizin, proje aşamasında taşıyıcı sistem malzemesinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Taşıyıcı sistem malzemesinin seçilmesinde yapı fonksiyonu, kullanım süresi, inşaat süresi, zemin durumu, iklim koşulları, ulaşım olanakları, yapı malzemesi fiyatları gibi etkenler önemlidir. Ayrıca; sıhhi tesisat, çevresel ve sosyal etkiler gibi yapı içi etkilerde yapı taşıyıcı sistem malzemesi seçimindeki önemli unsurlardır [206]. Çelik kemer kirişlerinin ekonomik olarak sağladığı avantajları ile Singapur'da yer alan Garden by the Bay botnik bahçesinin kubbesi uygun taşıyıcı malzeme seçimine güzel bir örnektir (Şekil 53).



Şekil 53. Uygun taşıyıcı sistem malzemesi kullanımı, Garden by the Bay [161].

Uygun seçimin yapılabilmesi için kullanılacak yapı taşıyıcı sistem malzemesinin üstün ve zayıf yanlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu anlamda taşıyıcı sistem malzemesinin teknik açıdan değerlendirilmesinde; işçilik ve ekipman maliyeti, yük dayanımı, açıklık geçme sınırı, yangın ve iklimsel koşullara dayanımı, sosyal ve çevresel

etkileri açısından değerlendirilmesinde; sürdürülebilirlik, kullanıcı sağlığı ve iç mekân hava kalitesi, estetik ve çağa uygun olma, kültürel ve dini etkenler belirleyici unsurlardır [206].

#### **2.1.2.3.3.2. Kaplama Malzemesi**

Kaplama malzemesi belirlenmesinde pek çok faktör aynı anda dikkate alınmalıdır. Kaplama malzemelerinin üretim özellikleri ile ilgili ve malzemelerin seçimi ve tasarımda uygulanması ile ilgili faktörler olarak iki başlık altında toplamak mümkündür.

Kaplama malzemelerin üretim özellikleri ile ilgili faktörler; Üretimde gereken enerji miktarı, üretiminden kaynaklanan CO<sub>2</sub> emisyonu, elde edilmesinde çevreye olan etkiler (ör: ahşabın elde edilmesinde ormanlara olan etki), toksik özelliği, üretimde ve araziye ulaşımında çevreye olan etkisi, ömrünü tamamladığında çevreye olan etkisi, küresel ısınma vb. etkileri kapsamaktadır [110]. Kaplama malzemelerin seçimi ve tasarımda uygulanması ile ilgili faktörler ise; mimari elemanların doğru detaylandırılması, bakım maliyetleri, tasarımın kullanım değişiklikleri doğrultusunda esnekliği, malzemenin ömrü, yeniden kullanım ve geri dönüşüm potansiyeli, sağlığa olan etkileri vb. etkileri kapsamaktadır [111].

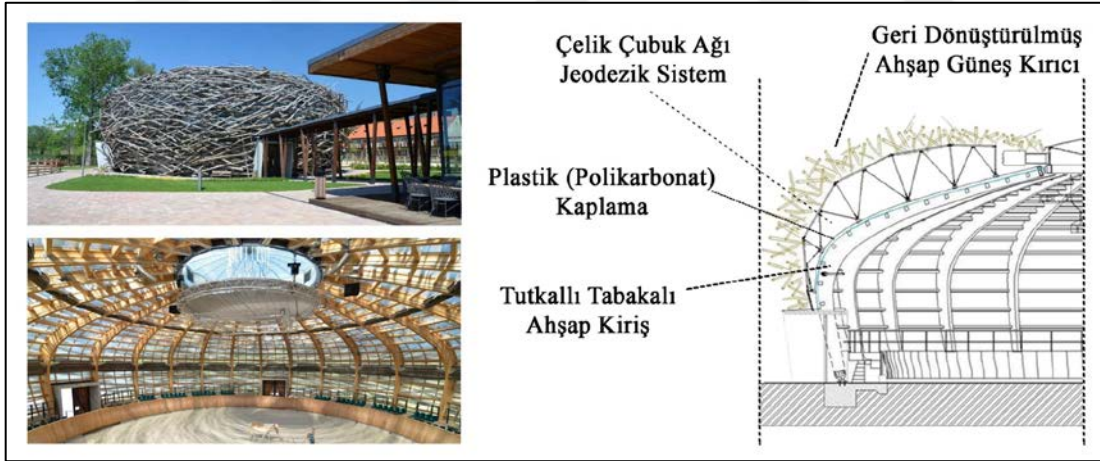
#### **2.1.2.3.3.3. Yalıtım Malzemesi**

İklimsel koşulların kontrol edilmesi konusunda yapının en önemli bölümü olan kabuk, öncelikle rüzgâra, yağmura, sıcağa ve soğuğa karşı koruma sağlamalıdır. Bu bağlamda ısı kayıplarının en aza indirilmesi ve iç ortam sıcaklıklarının denetiminde, ısı kütleden faydalanılmasında, ısı ve nem köprülerinin, hava sızıntılarının önlenmesinde kabuk oluşturulma biçimi, onu oluşturan opak ve şeffaf bileşenlerin özellikleri önemlidir [97].

Isı yalıtımı tüm yapılarda enerji etkinlik açısından büyük yarar sağlamaktadır. Isı kazanç ve kayıplarının en yoğun olduğu yapı kabuğunda yalıtım değeri yüksek malzemeler kullanılarak, hava boşluklarını artırarak, ısı köprülerine karşı gerekli önlemler alarak ısıtma ve soğutma enerjisinden tasarruf sağlandığı gibi, hava kirliliği de büyük oranda azaltılmış olur. Bu amaçla cam yünü, taş yünü, haddelenmiş polistren/poliüretan köpük, fenol köpüğü, cam köpüğü, ahşap lifli levhalar, genişletilmiş perlit ve mantar, ahşap yünü levhalar yaygın olarak kullanılan ısı yalıtım malzemeleridir [114].

#### 2.1.2.3.3.4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı

Geri dönüşümlü malzemeler, kısmen veya tamamen üretim ve kullanım sonunda oluşan atıklardan üretilmiş olabileceği gibi, faydalı ömrünü tamamladıktan sonra geri dönüşüme olanak tanıyan malzemelerdir. Yapı atıklarından veya üretim sonucunda oluşan atıklardan yapı malzemesi üretimi ile doğal kaynaklara gereksinim azaltılır ve atık oluşumu engellenebilir. Geri dönüşüm; malzeme ve ürünlerin, ilk üretimden kaynaklanan sahip oldukları toplam enerji miktarının korunmasını sağlar. Geri dönüşüm için gerekli enerji, yeniden üretim için harcanan enerjinin çok altındadır. Plastik, cam, beton, tuğla, metal ve ahşap geri dönüştürülmeye oldukça uygun malzemelerdir. Plastik, cam ve metal malzemeler ısı uygulanması ile yeniden şekil alabilmektedirler. Ahşap elemanlar ise, hasarlı kısımlar çıkarıldıktan sonra yeniden boyutlandırılarak ya da rendelenerek lif ve talaş şeklinde kullanılabilir [114]. Stork Nest Çiftliği (Şekil 54) dönüştürülmüş malzemeden elde edilen taşıyıcı sistemi, kabuk üzerindeki güneş kırıcıların kullanımı gibi birçok özelliği ile geri dönüşümlü malzeme kullanımına güzel bir örnektir.



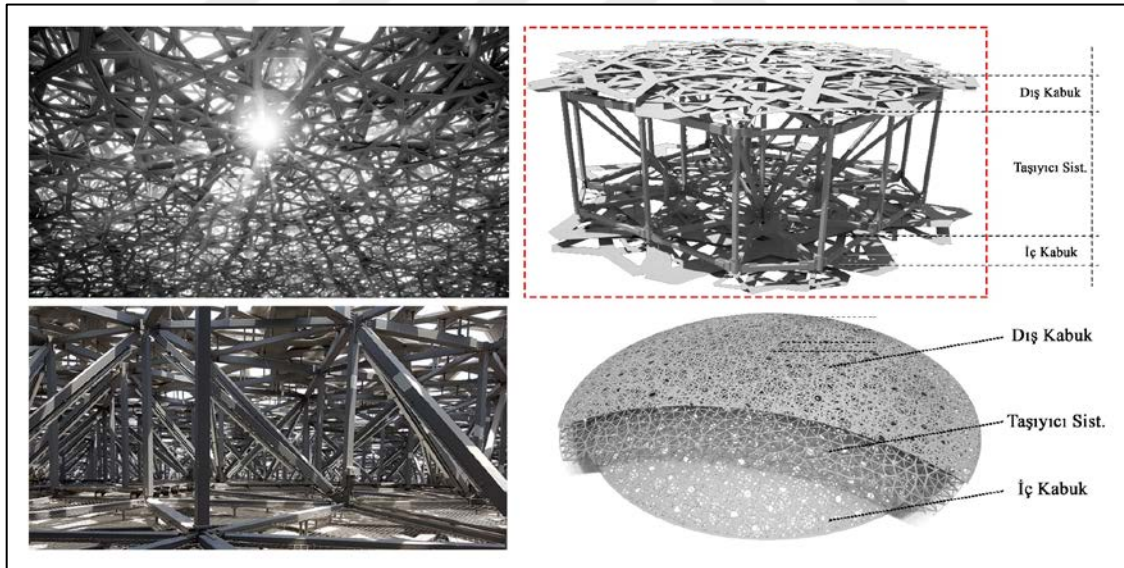
Şekil 54. Geri dönüşümlü malzeme kullanımı, Stork Nest Çiftliği [147].

#### 2.1.2.3.3.5. Kabuk Sayısı

Bina kabuğu; yağış, sıcaklık değişikliği, rüzgâr, nem gibi dış atmosfer etkilerinin ve gece gündüz sıcaklık farklarının bina içindeki iklimlendirme koşullarına etkisinin belirlenmesinde ve ısı konfor koşullarının sağlanmasında önemli rol oynar. Bu rolü sebebiyle yapının inşasında harcanan enerjide %10–20 gibi bir paya sahip olmakla birlikte

binanın kullanımı süresince iç çevrenin termal ihtiyaçların sağlanmasında gerekli enerji miktarının belirlenmesinde en etkin elemandır. Günümüzde yapı kabukları tek veya çift kabuklu tasarlanabilmektedir ancak, enerji etkin cepheler genel olarak çift kabuklu tasarlanmakta ve enerji etkinlik bağlamında tasarımcıya geniş olanaklar sağlamaktadır [112].

Çift kabuklu sistemler çoğunlukla iki adet cam cepheden oluşturmakta ve cepheler arasında 20 ile 200 cm arasında değişen bir hava boşluğu yer almaktadır. Bu boşluğa, güneş kontrol elemanları gibi elemanlar yerleştirilebilmektedir. Katmanlar arasında oluşturulan boşluk ile cephe bakım ve onarımı rahat bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Enerji korunumu ve iklimsel katkılarının yanı sıra çift kabuklu cepheler yapıya görsel olarak hafiflik ve zariflik etkisi katmaktadır. Çevre mühendislerinin yapmış oldukları araştırmalara göre, çift kabuklu cepheler yapıya %30'dan %50'ye kadar enerji tasarrufu sağlamaktadır [113]. Kubbe formundaki yapılarda çift kabuklu cephe kullanımına Louvre Abu Dabi örnek olarak verilmiştir (Şekil 55).



Şekil 55. Çift kabuklu cephe kullanımı, Louvre Abu Dabi [186, 187].

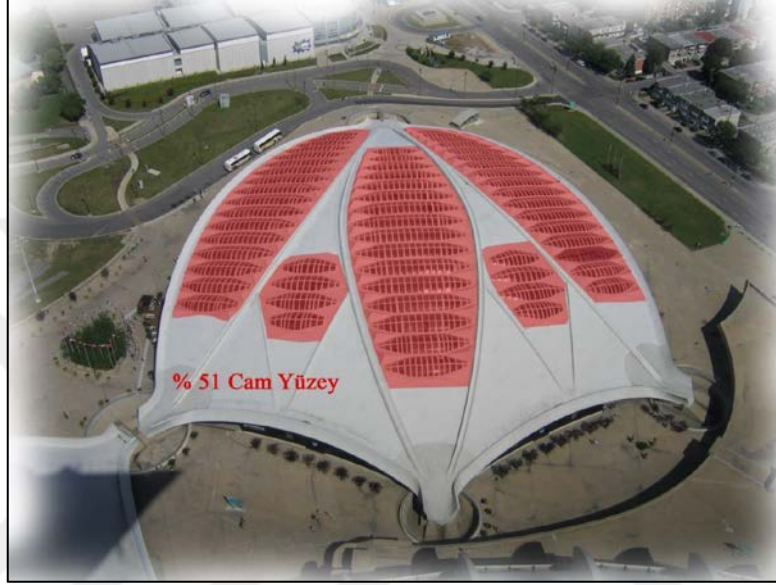
#### 2.1.2.3.3.6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk Boşluk Oranları

Kabuk yüzeyindeki doluluk boşluk oranları üzerine yapılan çalışmalar sonucu; güneşe bakan açıklıkların oranı %40 - %60 arasında iken optimum ısı korunumu sağlanmaktadır. Açıklıkların doğu ya da batıda olması durumunda ise ısı kaybı artmaktadır. Bütün bunların



yanında, bina kabuğunda bırakılan boşlukların %40 ile sınırlandırılması tavsiye edilmektedir [115]. Montreal Biodome ekolojik prensiplere uygun doluluk boşluğa sahiptir (Şekil 56).

Kabuk üzerinde yer alan boşlukların, duvara olan ortalama oranının %30 olması beklenmekte ancak sıcak iklimlerde bu oranın, bina taban alanının 1/10'una eşit olmasına çalışılmalıdır [99].



Şekil 56. Kabuk yüzeyindeki doluluk boşluk oranları, Montreal Biodome [193].

#### 2.1.2.3.4. Su

Çağımızın en büyük problemlerinden biri de su kaynaklarının azalmasıdır. Bu bağlamda son yıllarda binalardaki, suyun geri dönüştürülmesi amacıyla birçok sistem uygulanmaktadır. Su geri dönüşümü; yağmur ve çatı (kabuk) suyunun değerlendirilmesi ve atık suyun geri dönüştürülerek kullanımı şeklinde yapılabilmektedir.

Kubbe formunda incelenen örnekler, su ana başlığı altında, yağmur suyu geri dönüşümü ve atık su ve çevre kaynaklarının kullanımı başlıklarında incelenmiştir. Şekil 57'deki Laypzig Hayvanat Bahçesi'ndeki suyun ekolojik olarak kullanımı şematik olarak ifade edilmiştir.



Şekil 57. Suyun ekolojik olarak kullanımı, Laypzig Hayvanat Bahçesi [149].

#### 2.1.2.3.4.1. Yağmur Suyunun Geri Dönüşümü

Yağmur suyu geri dönüşümü; bina çatı veya kabuğundan elde edilen yağmur suyunun, yapı içi veya dışında yer alan uygun alanlarda depolanması ve gerekli görüldüğü zaman kullanılmasını amaçlamaktadır. Depolama işlemi geleneksel sarnıç sistemi veya gelişmiş yağmur suyu depolama sistemleri kullanılarak sağlanmaktadır. Depolanan suyun bina içinde ve dışında kullanımı, üzerinde uygulanan işlemlere göre değişmektedir. Genel olarak bina içerisinde; ısıtma, soğutma ve gündelik ihtiyaç (temizlik, çamaşır yıkama, tuvalet vb.) karşılamak amacıyla veya içme suyu olarak kullanılabilir. Bina dışında ise bahçe sulama, araç temizliği, havuz doldurma gibi amaçlarla kullanılabilir [116].

#### 2.1.2.3.4.2. Atık Su ve Çevre Kaynakların Kullanımı

Yapıda kullanılan su, kullanıldıktan sonra iki farklı kategoride adlandırılır. Bunlar gri su ve siyah sudur. Gri su, yapı içinde tuvaletler haricinde ortaya çıkan tüm atık sulardır. Örneğin, lavabodan, bulaşık makinesinden, duştan, çamaşır makinesinden kullanımdan sonra çıkan atık suya gri su adı verilmektedir. Siyah su ise, tuvaletlerden atılan atık sudur.



Siyah su geri kazanımı sağlık açısından uygun olmayabilir ve detaylı arıtma işlemi gerektirir. Gri su, yapıda kullanım sonrası oluşan atık suyun %50 ila %80'ini oluşturmaktadır ve yeni inşa edilecek yapılarda basit sistemlerin kullanımı ile geri kazanılabilmektedir [117].

Yapılar tasarlanırken bölgedeki doğal su kaynaklarından faydalanma ekolojik olarak su tüketiminin önemli bir kısmıdır. Yapının yer aldığı bölgelerde bulunan jeotermal kaynaklar ile yapı içerisi ısıtılabilceği gibi çevredeki su kütlesi ile evaporatif yolla soğutma imkânı sağlayabilir: Bu yöntemde atmosferdeki hava, yapı içerisine alınmadan bir su kütlesi ile temas ettirilir ve su havadaki sıcaklığı buharlaşmada kullanır. Böylece soğuyan hava gerek mekanik gerekse de doğal yollar ile yapı içerisine alınır. [97].

### **2.1.2.3.5. Akustik**

#### **2.1.2.3.5.1. Gürültü Kontrolü ve Akustik Tasarım**

Gürültü kontrolü ve akustik tasarım için çevre gürültüsü değerlendirilmeli, gürültü kaynağından azaltılmalı ve gürültünün yutulması sağlanmalıdır.

Çevrede gürültü yaratan, ses iletimini önlemek için, tasarım ve operasyon aşamalarında yerleşmenin gelişimi ses seviyelerine uyum sağlamalıdır. Buna tipik bir örnek; dışarıdaki mekanik malzemelerin yarattığı sesin çevredeki hassas alıcıları rahatsız etmesini önlemek amacıyla, çevre bölgelere yayılmasının, uygun ekipman seçimiyle ve/veya ses kontrol ölçümlerindeki önlemlerle kontrol edilmesidir [118].

Gürültünün kaynaktan azaltımını sağlamak için, bu kaynağın önce belirlenmesi ve ardından azaltılması veya ses ve titreşimin gereksiz sebeplerinin ortadan kaldırılması gerekmektedir [119].

Gürültünün yutulması amacıyla, akustik olarak emici bir zemin ve tavan bitirmeleri ile yankılanma ve yerleşimsel ses seviyelerini kontrol edilmelidir. Akustik bitirmeler (tamamlamalar) ayrıca ofis işlevindeki yapılarda yeterli konuşma anlaşılabilirliğini sağlamaya da yardımcı olmaktadır [118].

## 2.2. Analiz Çalışması

Bu tez çalışması ile kubbe formuna sahip ve ekolojik özellikler gösterdiği belirlenen yapılarda, kubbenin yapıya ekolojik katkıları hakkında gerekli bilgileri elde etmek amacıyla analiz çalışması yapılmıştır.

Analiz çalışmasının yürütülmesinde sırasıyla;

1. Veri toplama ve örneklerin seçimi
2. Yapı analiz tablolarının oluşturulması
3. Yapı örneklerinin analiz tabloları ve kubbe formunun ekolojik tasarım prensiplerine ait açıklamalar aşamaları izlenmiştir.

### 2.2.1. Veri Toplama ve Örneklerin Seçimi








Kubbe formunun yapıya kattığı ekolojik özelliklerin araştırılmasında konu ile ilgili yüksek lisans ve doktora tezleri, makale ve bildiriler, kitap ve dergiler ile internet kaynaklarından yararlanılarak genel bir araştırma yapılmıştır.

Elde edilen bilgiler doğrultusunda kubbe formunu ilgilendiren ekolojik tasarım prensipleri olarak bu çalışma kapsamında yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik olarak belirlenmiş ve seçilen örnekler bu beş tasarım prensibi üzerinden analiz edilmiştir.







Çalışma kapsamındaki yapılar, ekolojinin önemli bir tasarım prensibi olarak değerlendirildiği 2000 yılı ile sonrası tarihlerinde inşa edilmiş ve ekolojik özellikler taşıyan yapılar arasından seçilmiştir. Bu özelliklere sahip dünyanın farklı ülkelerinden, farklı işlev ve büyüklüklerde 13 yapı örneği ele alınmıştır. Her bir örnek bu beş başlık için oluşturulan 18 parametre üzerinden hazırlanan tablolarda analiz edilerek değerlendirilmiştir.

Bu anlamda değerlendirilen 13 örneğin adları, fotoğrafları ile birlikte Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Değerlendirilen Örnekler [91, 124, 133, 137, 144, 149, 155, 160, 168,176,181,184, 191]

Yapı Adı	Fotoğrafi
1. Eden Projesi	
2. 30 St Mary Axe	
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	
5. Stork Nest Çiftliği	
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	
7. Skunthorpe Spor Akademisi	

Tablo 1'in devamı.

<p><b>8. Garden by the Bay</b></p>	
<p><b>9. Kaeng Krachan Fil Evi</b></p>	
<p><b>10. Drijvend Pavyonu</b></p>	
<p><b>11. Dome of Visions 3.0</b></p>	
<p><b>12. Louvre Abu Dabi</b></p>	
<p><b>13. Montreal Biodome</b></p>	

### 2.2.2. Yapı Analiz Tablolarının Oluşturulması

Yapı analiz tabloları, literatür çalışmasında elde edilen bilgilerden yararlanılarak oluşturulmuştur. Kubbe formulu yapılar da kubbenin ekolojik özelliklerini değerlendirmeye yönelik analiz tablolarında, yapıya ait çeşitli bilgiler ile görseller, teknik çizimler, kubbenin strüktürel özellikleri, kubbe formunun ekolojik tasarım prensipleri ve açıklamaları yer

almaktadır. Yapı analiz tabloları, literatür çalışmasında elde edilen bilgilerden yararlanılarak oluşturulmuştur.

Analiz tablolarında sırasıyla;

- Yapı Kimliği
- Görseller
- Teknik ve Şematik Çizimler
- Kubbenin Strüktürel Özellikleri
- Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensipleri

başlıkları yer almaktadır.

- Yapı Kimliği

Yapı kimliği başlığında, yapı adı, mimarı, yapım yılı, yapı konumu ve işlevi ilgili veriler yer almaktadır.

- Yapı Adı

Yapının literatürde yer alan adıdır.

- Yapı Mimarı

Yapıyı tasarlayan kişinin adı veya mimar/mühendis/tasarım ekibinin yer aldığı firma adıdır.

- Yapım Yılı

Yapının inşa edildiği yıldır. Ancak bazı örneklerin inşası veya restorasyon çalışmaları devam etmektedir. Söz konusu durum tablolarda verilen açıklamalar ile belirtilmiştir.

- Yapı Konumu

Yapının inşa edildiği şehir ve ülke olarak belirtilmiştir.

- Yapının İşlevi

Yapının günümüzde devam eden işlevidir.

- Görseller

Çeşitli kaynaklardan elde edilen, güncel yapı fotoğraflarıdır.

- Teknik ve Şematik Çizimler

Yapı mimar/mühendis/tasarım ekibi tarafından hazırlanan, iki veya üç boyutlu çizimlerdir.

- Kubbenin Strüktürel Özellikleri

Kubbenin strüktürel özellikleri başlığında geometrik form, taşıyıcı sistem, yatay uzunluk, yükseklik, toplam alan ve kubbe alanı gibi bilgiler yer almaktadır.

- Geometrik Form

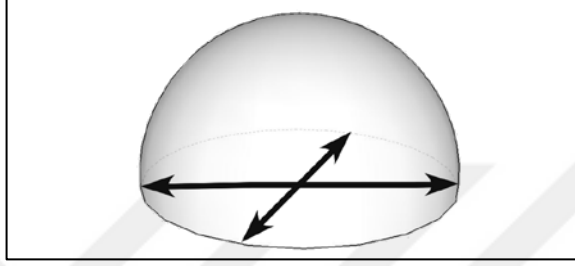
Kubbeni sahip olduğu geometrik formdur.

- Taşıyıcı Sistem

Kubbe kabuğunda kullanılan taşıyıcı sistemdir.

- Yatay Uzunluk

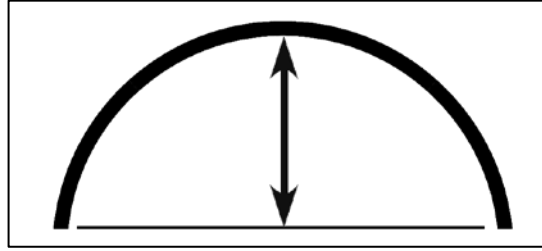
Kubbenin kapladığı alanın yatay düzlemdeki ölçüleridir (Şekil 58).



Şekil 58. Yatay uzunluğun şematik anlatımı

- Yükseklik

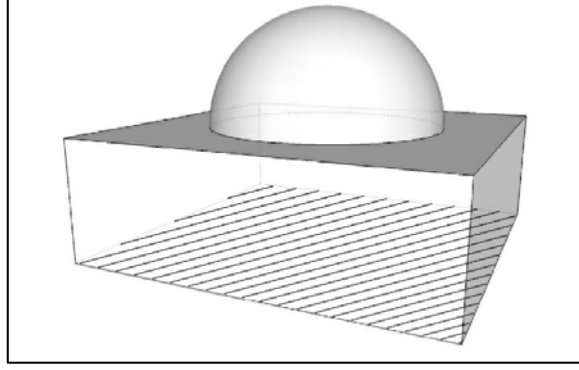
Kubbenin en üst noktası ile yapı zemini arasındaki mesafesidir. Bazı örneklerde yapının kendisi kubbeden oluşmamakta ve bazı örneklerde ise kubbe çatı örtüsü olarak kullanılmaktadır (Şekil 59).



Şekil 59. Yüksekliğin şematik anlatımı

- Toplam Alan

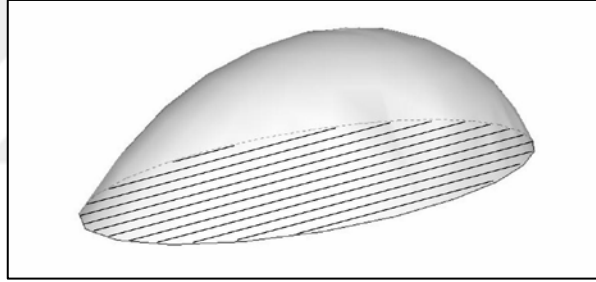
Bazı örneklerde yapının kendisi kubbeden oluşmakta ve bazı örneklerde ise kubbe çatı örtüsü olarak kullanılmaktadır. Sadece kubbeden oluşan yapılarda toplam alan, kubbe alanıdır. Kubbenin yapının bir bölümü olduğu durumlarda ise toplam alan, toplam yapı alanıdır. (Şekil 60).



Şekil 60. Toplam alanın şematik anlatımı.

- Kubbe Alanı

Kubbe formunun plan düzleminde kapladığı alandır (Şekil 61).



Şekil 61. Kubbe alanının şematik anlatımı.

• Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensipleri

Kubbe ve ekoloji ile ilgili çeşitli kaynaklardan yapılan araştırmalar doğrultusunda incelenen örnek yapılardaki kubbenin yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik özelliklerinin irdelendiği bölümdür.

A. Yerleşim yeri;

1. Topografya ve Çevre Binalar ile Uyum

B. Enerji;

1. Aktif Güneş Sistemlerinden Yararlanma
2. Pasif Güneş Sistemlerinden Yararlanma
3. Güneş Kontrol Elemanlarının Kullanımı
4. Aktif Rüzgâr Sistemi



5. Doğal Havalandırma Sistemi
6. Rüzgâr Kontrol Elemanlarının Kullanımı
7. Diğer Ekolojik Sistemler

C. Malzeme-Konstrüksiyon;

1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi
2. Kaplama Malzemesi
3. Yalıtım Malzemesi
4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı
5. Kabuk Sayısı
6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk Boşluk Oranları

D. Su;


1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü
2. Atık Su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı

E. Akustik;

1. Gürültü Kontrolü
2. Akustik Özelliklere Göre Tasarım başlıklarından oluşmaktadır.

Tez kapsamında belirlenen örnek yapıların analiz edilmesi için hazırlanan tablolar, Tablo 2’de gösterilen şekildedir.

Tablo 2. Örnek Analiz Tablosu

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	
	<b>Yapı Mimarı</b>	
	<b>Yapım Yılı</b>	
	<b>Yapı Konumu</b>	
	<b>Yapının İşlevi</b>	
<b>GÖRSELLER</b>		

Tablo 2'in devamı.

<b>TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER</b>	

Tablo 2'in devamı.

KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ	Geometrik Form			
	Taşıyıcı Sistem			
	Yatay Uzunluk	Yükseklik	Toplam Alan	Kubbe Alanı
KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum			
	<b>B. ENERJİ</b>			
	1. Aktif Güneş Sistemi			
	2. Pasif Güneş Sistemi			
	3. Güneş Kontrol Elemanları			
	4. Aktif Rüzgâr Sistemi			
	5. Doğal Havalandırma Sistemi			
	6. Rüzgâr Kontrol Elemanları			
	7. Diğer Enerji Sistemleri			
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi			
	2. Kaplama Malzemesi			
	3. Yalıtım Malzemesi			
	4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı			
	5. Kabuk Sayısı			
	6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)			
	<b>D. SU</b>			
	1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü			
	2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı			
	<b>E. AKUSTİK</b>			
	1. Gürültü Kontrolü			
	2. Akustik Tasarım			

### 2.2.3. Yapı Örneklerinin Analiz Tabloları ve Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar

Çalışma kapsamında ele alınan 13 yapının ekolojik tasarım prensipleri üzerinden analizleri, oluşturulan analiz tabloları ile yapılmış ve Tablo 3 ile Tablo 16 arasında verilmiştir.

Kubbe formunun ekolojik tasarım prensiplerinin ait açıklamalar için hazırlanan grafik anlatımlar, mimar/mühendis/tasarım ekibi tarafından belirtilen bilgiler doğrultusunda derlenmiştir.

Tez kapsamında, anlatımı güçlendirmek için şekiller üzerine çeşitli eklemeler yapılmış, yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik ilgili detaylandırmalar oluşturulmuştur.

Analiz tablolarında yer alan kubbenin ekolojik tasarım prensiplerine yönelik bilgiler her yapı için ayrı ayrı açıklanmış ve her bir örnekte analiz tablosundan sonra verilmiştir. Açıklamalar, teknik ve şematik çizimler ile yapı fotoğrafları kullanılarak anlatımlar desteklenmiştir. Şematik çizimlerde sıcak ve soğuk hava, sıcak ve soğuk su, güneş ışığı, yağmur suyu, atık su ve depolanan su aşağıda verilen şekilde lejant kullanılarak ifade edilmiştir.

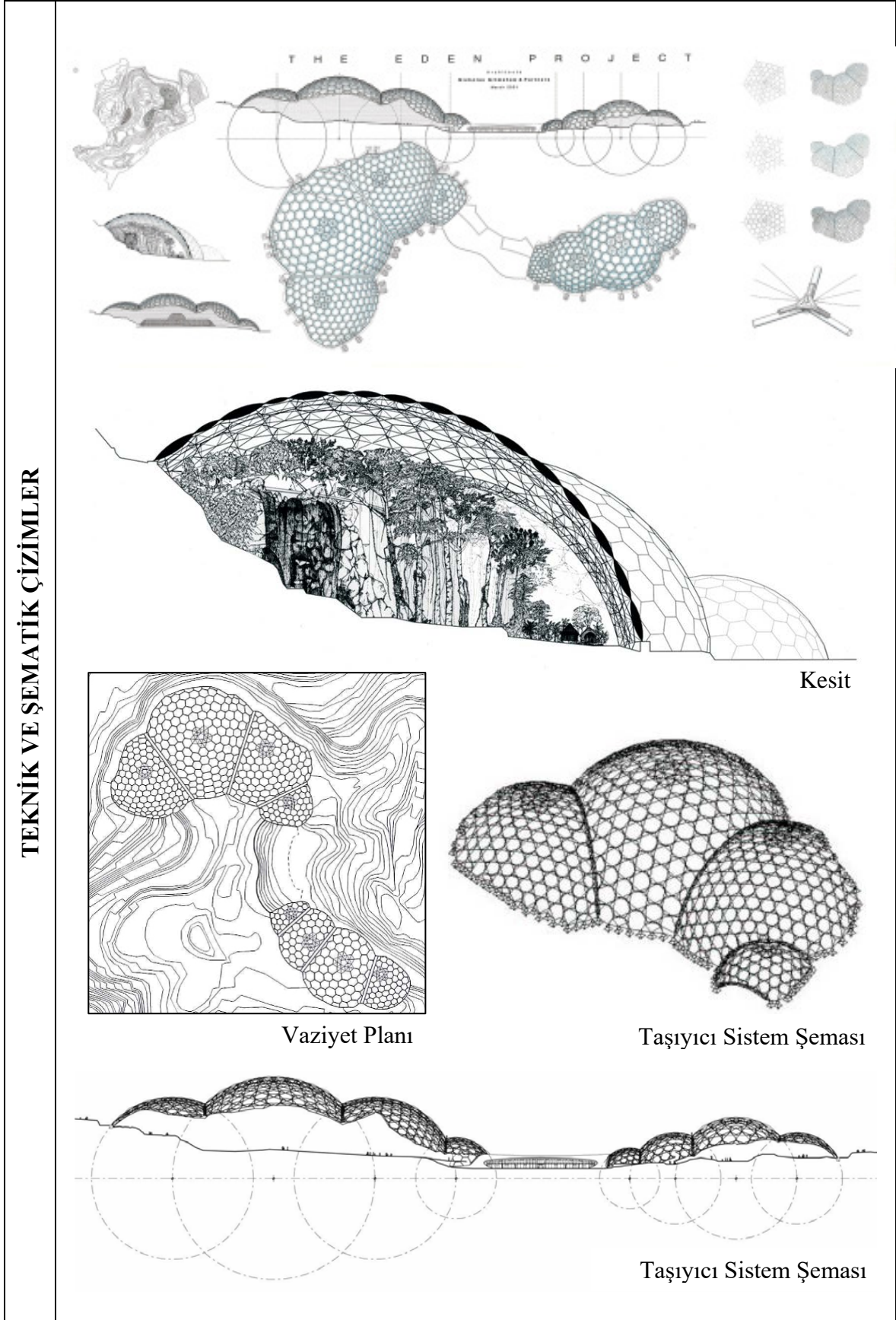
- Sıcak hava
- Soğuk hava
- Sıcak su
- Soğuk su
- Güneş ışığı
- Yağmur suyu
- Atık su
- Depolanan su

Tablo 3. Eden Projesi [1, 91, 97, 120, 121, 122, 123].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Eden Projesi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Nicholas Grimshaw	
	<b>Yapım Yılı</b>	2001	
	<b>Yapı Konumu</b>	Kornval, İngiltere	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Botanik Bahçe	
	<p>Eden projesi, yapıldığı tarihe kadar inşa edilmiş olan en hafif, en ekolojik ve en büyük bitki seradır. Proje eski bir taş ocağının üzerine inşa edilmiştir. Seralar biome adı verilen kapalı ekolojik sistemlere sahip 8 adet birbiriyle bağlantılı kubbeden oluşmaktadır. Soğuk ılıman iklime sahip Kornval şehrinde yer alan biobelarda gerekli ortam koşulları sağlanarak, Akdeniz iklimi ve soğuk tropikal iklimde yaşayan bitki türleri yetiştirilmektedir. Projede esas amaçlanan ve tasarım ekibinin projenin bir sonraki aşama olarak belirttikleri; çöl bölgelerinde farklı iklimleri içerisinde barındıran Biome'lar oluşturmaktır. Eden projesi bu bağlamda, yıllardır tasarım, teknoloji ve ekolojik alanlarında geliştirilmektedir.</p>		
<b>GÖRSELLER</b>			
			
			
			



Tablo 3'ün devamı



Tablo 3'ün devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Basık Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	<b>Tropikal Biome:</b> 125m x 200 m <b>Akdeniz Biome:</b> 65m x 135 m	<b>Tropikal Biome:</b> 55m <b>Akdeniz Biome:</b> 35m	22,100 m <sup>2</sup>	<b>Tropikal Biome:</b> 1,56 ha <b>Akdeniz Biome:</b> 0,65 ha
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Fotovoltaik Paneller		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Masif Kayalar		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Çubuk Ağı Sistem, ETFE Kaplama		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Yok		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Bitki Örtüsü, Açılır Paneller,		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Yok		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	ETFE Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	ETFE Kaplama		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Yok		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk 2,1m (2 katman ETFE Kaplama + Hava Boşluğu)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Yok		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Var		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Yok		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Kubbelerden oluşan sera kompleksi, daha önceden taş ocağı olarak kullanılan bir alanda inşa edilmiştir. Taş ocağının kıvrımlı, eğimli yapısı ve ocağa hizmet eden yolları form tasarımında korunmaya çalışılmıştır. Taşocağının eğimli yüzeyi kubbelerin arka duvarı olarak kullanılmıştır. Bu durum doğal bir teraslama etkisi yaratmış ve bitkiler için tiyatro benzeri bir arka perde oluşturmuştur (Şekil 62). Ayrıca proje, Biome adı verilen kapalı ekolojik sistemlerden oluşmaktadır. Yapı çevresinde soğuk ılıman iklim hakimken yapı içerisinde pasif ve aktif sistemler kullanılarak Akdeniz iklimi ve soğuk tropikal iklim koşulları sağlanmaktadır.

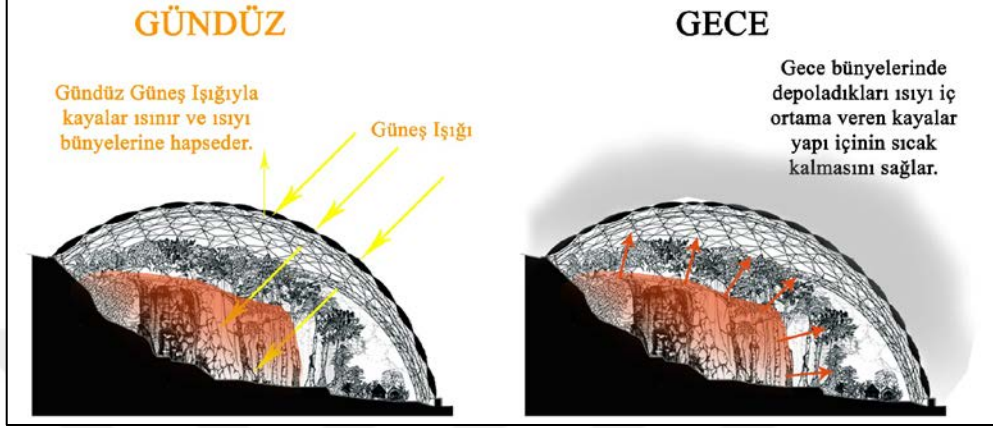


Şekil 62. Eden Projesi vaziyet planı [121].

- Enerji

Yapıda aktif güneş sistemi olan fotovoltaik paneller kullanılmaktadır. Paneller çekirdek olarak isimlendirilen, içerisinde sınıfların, sergi alanlarının ve eğitim merkezlerini barındıran, yapının çatısında yer almaktadır.

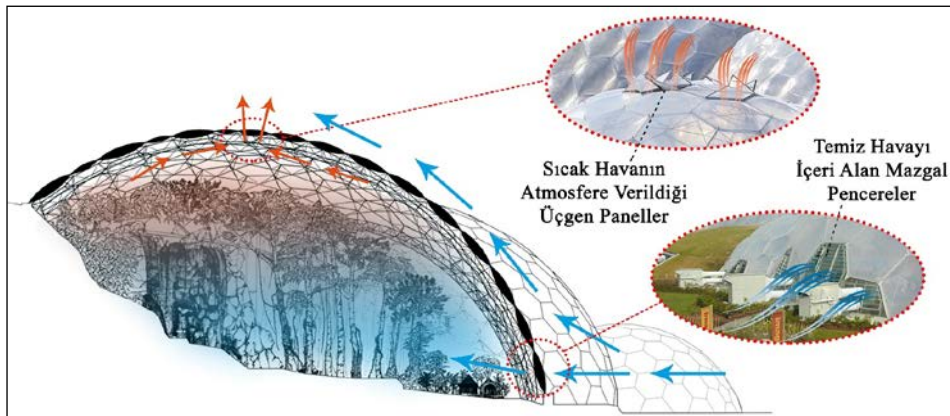
Pasif sistem olarak yapının kurulduğu arazide yer alan masif kayalar kullanılmaktadır. Gündüz güneş ısısını depolayan kayalar gece yapı içerisinde ısıtılmasına katkı sağlamaktadır (Şekil 63).



Şekil 63. Eden Projesi pasif güneş sistemi [120].

Projede tasarımında güneş kontrolü arka planda tutulmuştur. Bu bağlamda özel bir tasarım mevcut değildir, fakat form, çubuk ağı jeodezik kubbelerden oluşmaktadır ve söz konusu çubuk ağı yapı içerisinde gölgelemeye yardımcı olmaktadır.

Kubbe formundaki yapı kabuğu hava sirkülasyonuna olanak sağlamaktadır. Kubbelerin tepe noktalarına yerleştirilen açılabilir özellikteki üçgen formdaki pencereler baca etkisi oluşturarak havalandırmayı kolaylaştırmaktadır. Ayrıca yapı kabuğunu oluşturan altıgen panellerin bir kısmında iç ortama temiz hava akışını sağlayan açılabilir mazgallar yerleştirilmiştir (Şekil 64).



Şekil 64. Eden Projesi havalandırma sistemi [120].

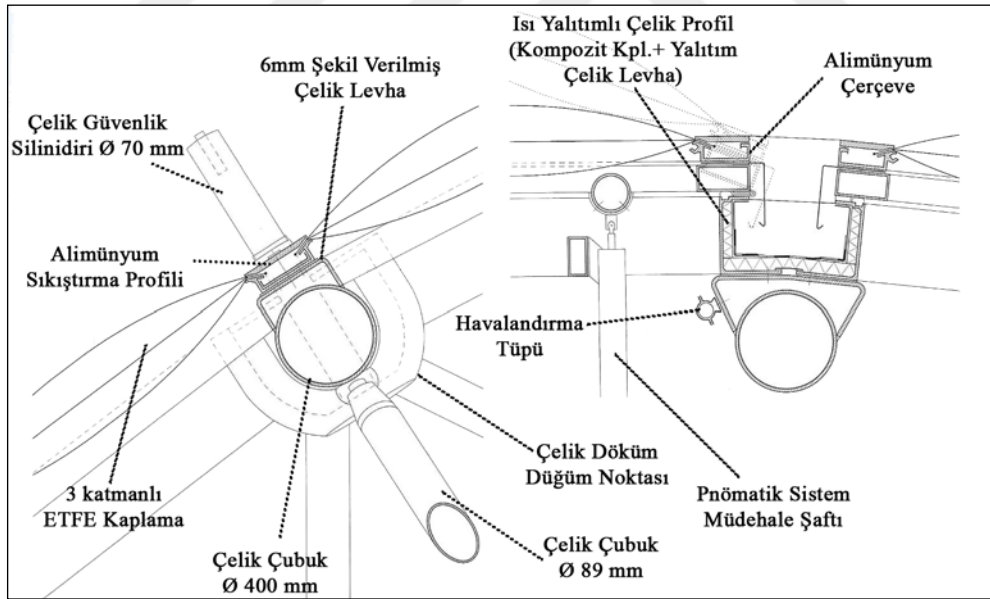


Kubbeler içerisinde oluşturulan bitki örtüsü, doğal havalandırmaya ve nem kontrolüne imkân sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

- Malzeme-Konstrüksiyon

Proje başlangıçta Waterloo Tren İstasyonundan esinlenerek, kemer kirişler üzerinde taşınan cam kaplama olarak tasarlanmıştır. Fakat bu tasarımın getirdiği dezavantajlardan kiriş boyutları, zeminin bozuk yapısına uyumlu olmayışı, cam yüzeylerin verimsiz kullanımı gibi birçok etken, sistem üzerinde değişiklik yapılmasını zorunlu kılmıştır. Yapı, kubbe formunda, çubuk ağı jeodezik sistem üzeri ETFE kaplama olacak şekilde yeniden tasarlanmıştır ve gün ışığının iç ortama alınması konusunda yapıya pek çok avantaj sağlamıştır (Şekil 65).

Kubbelerin taşıyıcı sistemi, altıgen form oluşturacak şekilde çelik borulardan meydana gelmektedir. Çelik borular hafif yapıda olup, maksimum 11m uzunluktadır ve kesit çapı 193 mm'dir. Taşıyıcı sistem yaklaşık 858 metre uzunluğunda, kubbelerin çevre hattı boyunca uzanan, 2 metre eninde, 1,5 metre yüksekliğinde beton bir temele oturmaktadır.



Şekil 65. Eden Projesi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [122].

Kaplama malzemesi olan ETFE, 3 katmandan oluşmaktadır. Katmanlardan biri iç yüzeyde içe doğru, diğeri dış yüzeyde dışa doğru kabarıktır ve aralarındaki hava boşluğu üçüncü katmandır. 50 µm ve 200 µm kalınlıkta, 1,5 m genişliğinde olan kaplama kesilip kaynaklanarak yerine yerleştirilmiştir. ETFE, cama oranla çok daha hafif (cam ağırlığının

%1'i ağırlığa sahip), çok daha iyi ısı yalıtımına sahip ve güneş ışığının iç ortama daha sağlıklı bir şekilde geçişini sağlayan bir malzemedir. Yapının yüksek bölümlerinde, hafif yapısı ile rüzgâra karşı dayanaksız olan kaplama çift kat uygulanmıştır (Şekil 65).

- Su

Yapı kabuğundan toplanan yağmur suyu, merkezlerde depolanarak, tekrar yapı içerisinde kullanılmak üzere işlenmektedir. Depolanan su, bitkilerin sulamasında ve tuvaletlerde kullanılmaktadır. Yapı içerisindeki şebeke suyu sadece içme suyu ve temizlik amaçlı olarak kullanılmaktadır.

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.

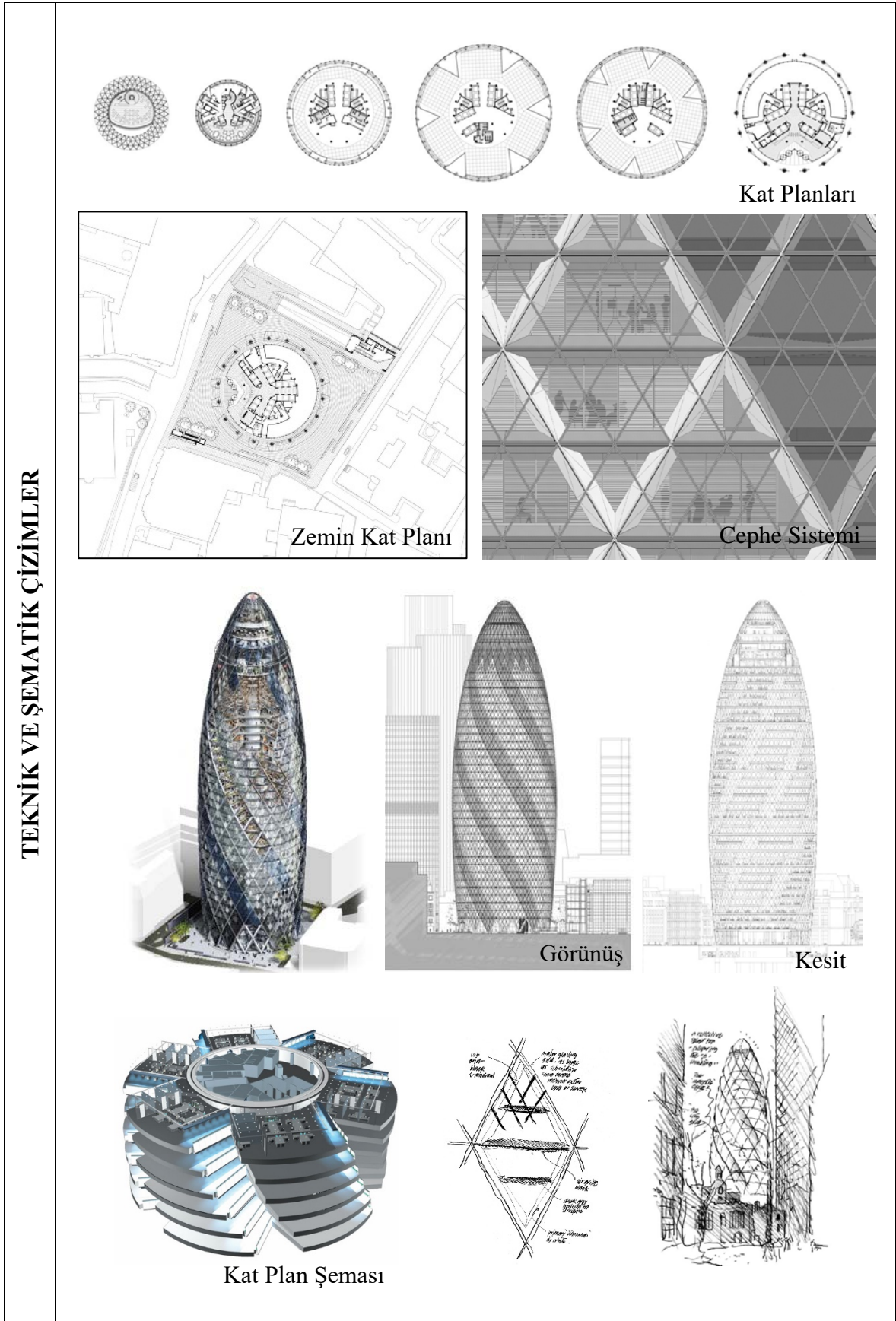




Tablo 4. 30 St Mary Axe [124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	30 St Mary Axe	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Norman Foster and Partners	
	<b>Yapım Yılı</b>	2004	
	<b>Yapı Konumu</b>	Londra, İngiltere	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Ofis	
	<p>Londra şehrinin merkezinde yer alan, 30 St. Mary Axe binası, şehrin silüetinin belirgin bir ögesidir. Sadece belirgin bir simge değil, aynı zamanda ekolojik prensipler ile inşa edilen İngiltere başkentinin ilk gökdelenidir. Tabanda 49m çapında dairesel bir plana sahip olan yapı, en geniş kısmında 56,15 m çapına ulaşmaktadır. 180 m uzunluğundaki yapı üzerinde yerleştirilen kubbe ile son bulmaktadır. Zirvede 360 derecelik panoramik başkent manzarası sunan bir kulüp odası yer almaktadır. Bina tasarımında gün ışığı kullanımı ve doğal havalandırma, ön planda tutulan tasarım prensipleridir. Mimar bu bağlamda aerodinamik bina formu ve iç mekanlarda yer alan atriumlar ile rüzgâr ve gün ışığından daha fazla yararlanmaya çalışmıştır. Ayrıca yapı taşıyıcı sisteminde “diagrid” sistem kullanımı yapıya yalnızca taşıyıcı olarak değil, dolaylı olarak ekolojik katkılar da sağlamaktadır. Yapı, teknik, mimari ve sürdürülebilirlik bağlamında çağının ilerisinde yenilikçi birçok özelliği bir arada bulundurmaktadır.</p>		
<b>GÖRSELLER</b>			

Tablo 4'ün devamı



Tablo 4'ün devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Sivri Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Diagrid ve Çubuk Ağı Lamella Kubbesi		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	Çap: 50m	180 m	1.960 m <sup>2</sup>	1.960 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Işık Kuyusu ve Güneş Odası		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Stor Perde		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması Çapraz Havalandırma		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Açılır Paneller, Plan Şeması		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Belirtilmemiş		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Cam		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Yalıtımlı Cam		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Çift Kabuk (Low-e Çift Katmanlı Cam 20 cm+ Boşluk 1,1 m -1,4 m + İç kabuk Tek Katmanlı Cam 10 cm)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Yok		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Yok		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>E. AKUSTİK</b>			
	<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Var		
	<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş		



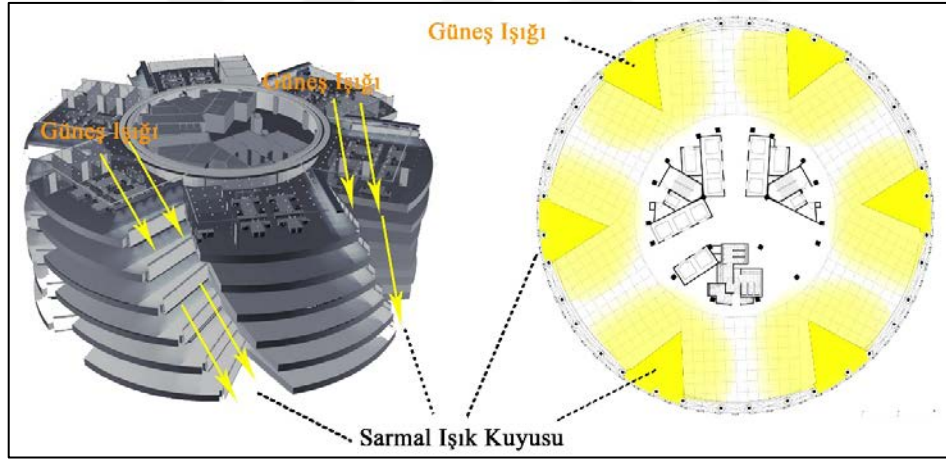
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Kubbe yaklaşık sokak hizasından 180 m yükselmektedir. Bu özellikleri yapının her açıdan güneş ışığından ve rüzgârdan yararlanmasına olanak sağlamıştır. Kubbenin dairesel planlı formu her açıdan gün ışığından ve rüzgârdan faydalanmakta etkilidir. Ayrıca form, şehri 360<sup>0</sup> manzara ile seyir etmeye olanak sağlamaktadır.

- Enerji

Yapıda pasif güneş sistemi olarak ışık kuyusu sistemi kullanılmıştır. Bilinen örneklerinin aksine sistem, yapı ortasında değil her katta 6 adet ve cepheye yaslı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapı plan şeması her katta 5<sup>0</sup> dönmektedir. Bu sarmal yapıdaki sistem, doğal ışığın tüm bina genelinde kullanımına olanak sağlamaktadır. Ayrıca “diagrid” sistem kullanımı iç mekânda taşıyıcı ihtiyacını azaltmakta ve doğal ışığın bina içerisinde dolanımına olanak sağlamaktadır (Şekil 66).



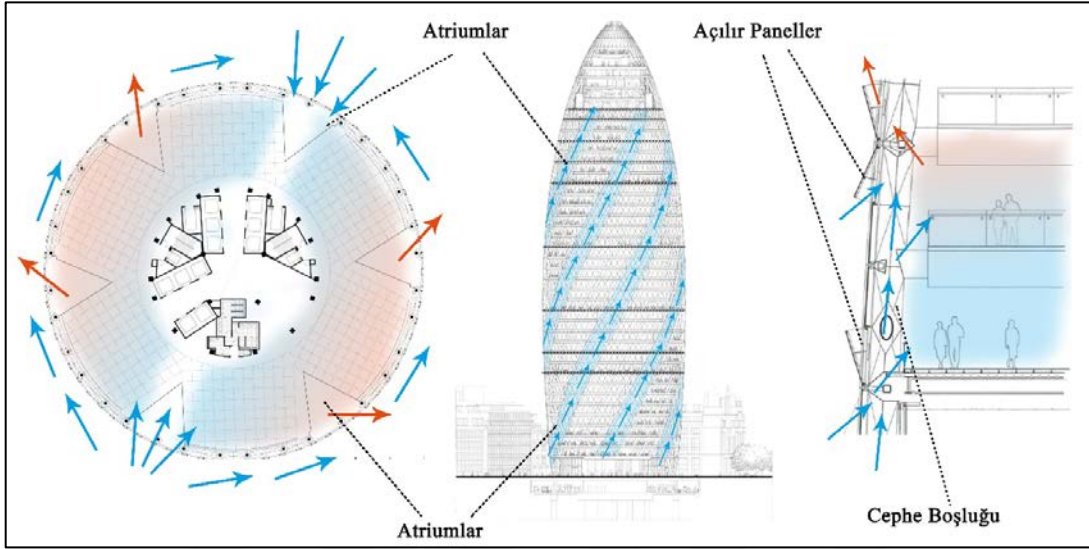
Şekil 66. 30 St Mary Axe pasif güneş sistemi [127].

Yapının çift kabuklu yapısı yazın havalandırmaya kışın da ısıtmaya olanak sağlayarak yapıda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan ve yenilenemeyen enerji ihtiyacını azaltmaktadır.

Kabuk kaplama malzemesi olarak kullanılan solar low-e camlar yapı içerisine güneş ışığının kontrollü bir şekilde girişine imkân tanırken, güneş kontrolü amacı ile stor perdeler kullanılmıştır.

Yapı formu aerodinamik şekilde tasarlanmıştır. Bu yapısı hem şiddetli rüzgarlara karşı yapının dayanıklılığını hem de yapı içerisinde doğal havalandırmayı sağlamaktadır. Sarmal

şekilde tasarlanan atrium'lar hem doğal aydınlatma hem de doğal havalandırmada yapıya yardımcı olmaktadır. Yangın esnasında baca etkisi oluşturabilecek atriumlar, iki ile altı kat arasında değişen bölümlere kısmen ayrılmıştır. İç mekândan toplanan kirli hava açılır özellikteki paneller ile atmosfere salınmaktadır (Şekil 67).



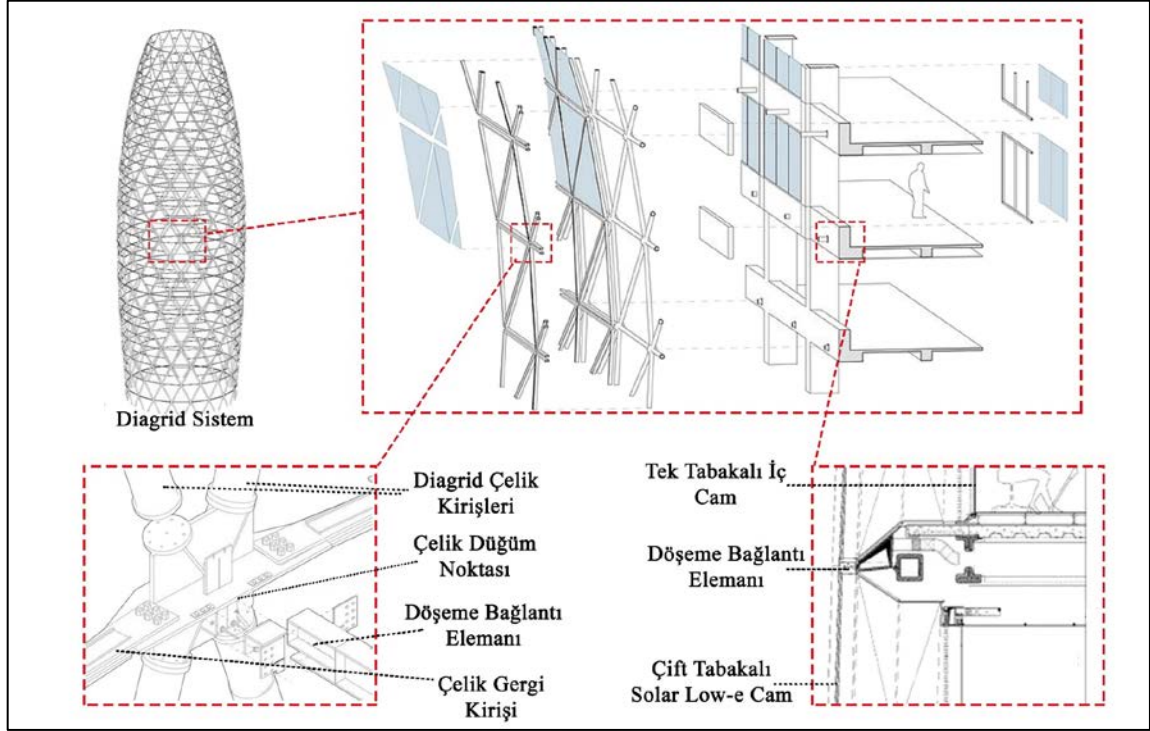
Şekil 67. 30 St Mary Axe doğal havalandırma sistemi [127].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Yapı kabuğunun taşıyıcı sistemi diagrid sistemdir. Diagrid sistem, çubuk ağı lamella sistemin geliştirilmiş halidir. Sistem ile taşıyıcı eleman ihtiyacı azalmakta hem de malzemeden tasarruf elde edilmektedir. Sistemi oluşturan çelik kirişler yaklaşık olarak 40 cm çapındadır ve etrafları kare kesit elde edilecek şekilde kompozit paneller ile kaplanmıştır. Çelik kirişler birbirlerine, çubuk ağı sistemlerde görülen düğüm noktaları ile bağlanmaktadır. Yapı üzerinde yer alan kubbenin ise taşıyıcı sisteminde çubuk ağı lamelle kullanılmıştır.

Kabuk çift cidarlı olacak şekilde tasarlanmıştır. Dış kabukta şiddetli rüzgarlara karşı dirençli olması beklenen ileri teknoloji çift tabakalı solar low-e cam kullanılmıştır. İç kabukta ise dayanımı daha düşük olan tek tabakalı cam bulunmaktadır. İki kabuk arasında 1,1 m ile 1,4 m arasında değişen boşluk yer almaktadır (Şekil 68).

Boşluklu yapıdaki cephe sistemi ve tabakalı dış cephe camı kabuğa ısı yalıtımı konusunda katkıda bulunmaktadır.



Şekil 68. 30 St Mary Axe malzeme-konstrüksiyon kullanımı [131].

- Su





Tasarım ekibi tarafından suyun herhangi bir geri dönüşüm özelliği belirtilmemiştir.

- Akustik

Çift kabuklu cephe sisteminin boşluklu yapısı, şehir merkezinde yer alan ve yoğun miktarda gürültüye maruz kalan yapının dış ortamdaki yalıtılmasına yardımcı olmaktadır. Ofis olarak hizmet veren yapıda gürültü kontrolü önemli bir unsurdur.

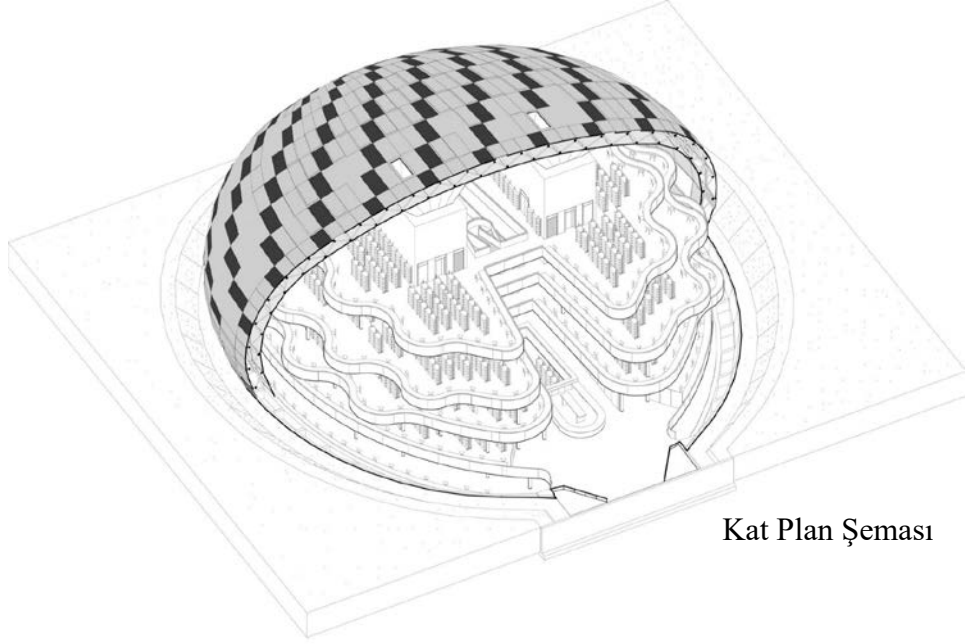


Tablo 5. Faculty of Philology Kütüphanesi [6, 133, 134, 135, 136].

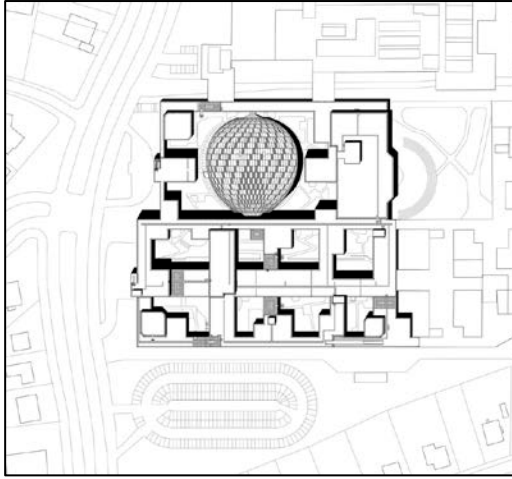
<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Faculty of Philology Kütüphanesi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Norman Foster and Partners	
	<b>Yapım Yılı</b>	2005	
	<b>Yapı Konumu</b>	Berlin, Almanya	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Kütüphane	
<p>1997'de Mimar Norman Foster'a Berlin Free Üniversitesinde, Felsefe ve Beşerî Bilimler Fakültesinin daha önceden ayrı olan 10 kütüphanesini birleştirecek yeni bir kütüphane binası tasarlama görevi verilmiştir. Foster alan içerisinde yaptığı çalışmalar sonucunda üniversitenin tasarımını bozmadan avlu içerisinde metal ve cam kaplı bir kubbe tasarlamıştır. Kütüphane binasında iç ortam koşulları ön planda tutulmuştur. Bu bağlamda kullanılan malzemeler ve uygulanan sistemler özenle seçilmiştir. Kubbe tasarımında metafor olarak insan beyni kullanılmıştır. İç mekânların bölümlendirilmesinde de beyinin bölümleri ve konumlarından esinlenilmiştir. Kitaplıklar her bir katın merkezine, okuma masaları ise kabuk çevresine yerleştirilmiştir. Sahip olduğu yarı saydam bir iç zar, gün ışığını filtreler ve içeride okuma için gerekli konsantrasyon atmosferini oluşturur.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>			
			
			

Tablo 5'in devamı

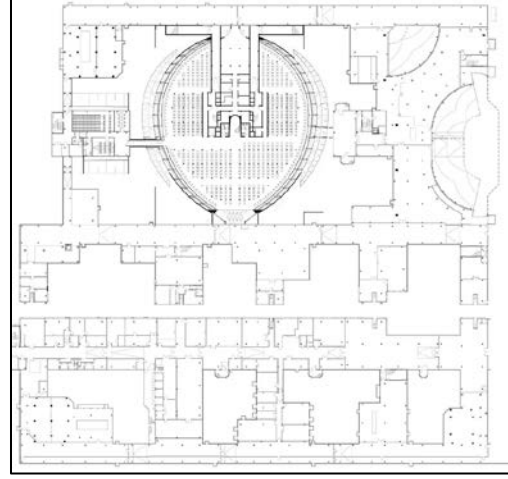
## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



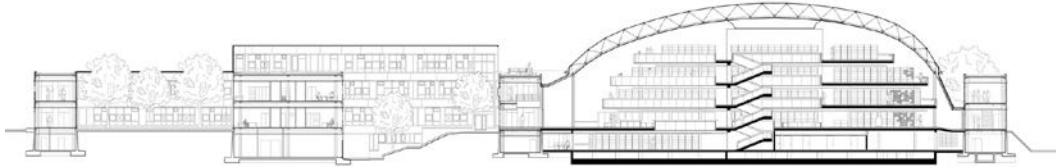
Kat Plan Şeması



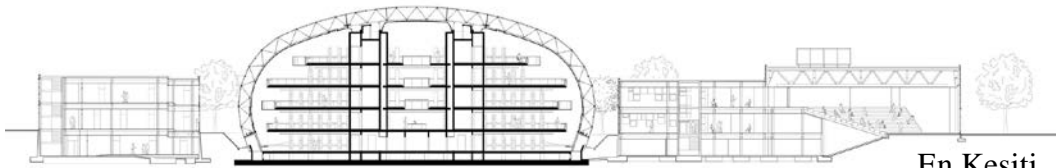
Vaziyet Planı



Zemin Kat Planı



Boy Kesiti



En Kesiti

Tablo 5'in devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Eliptik Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Kemer Taşıyıcılı Kubbe (Çift Katlı Uzay Kafes Sistem)		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	64 m x 55 m	24 m	215.400 m <sup>2</sup>	6.290 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Yok		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Yok		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Yok		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Metal Paneller		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Yok		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Çift Cephe, Baca Havalandırması		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Açılır Paneller		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Yok		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Alüminyum Levha, Cam Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Çift Kabuk (Toplam 2,0 m)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	%40 Cam Kabuk		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>E. AKUSTİK</b>			
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

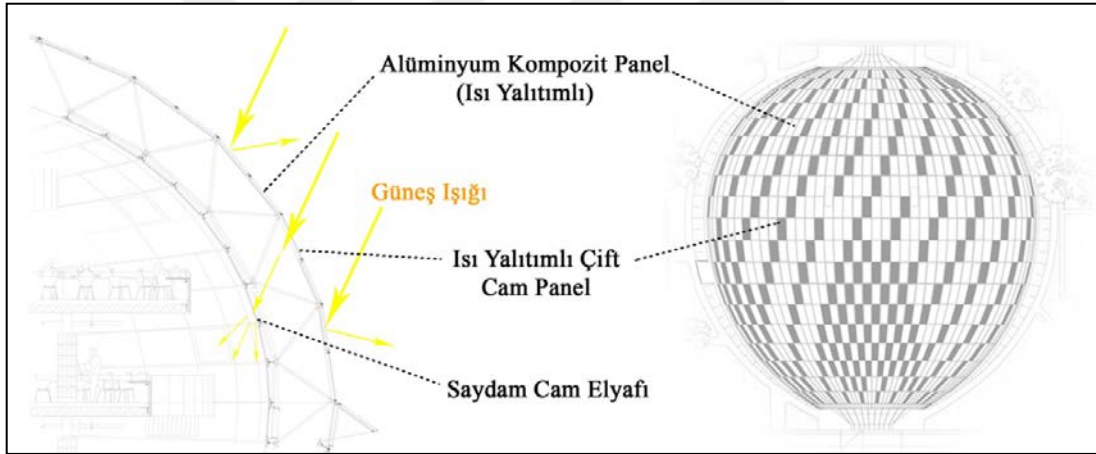
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapı, çevre binalar ve topografyadan bağımsız olarak, ön plana çıkacak şekilde tasarlanmıştır. Kubbe topografyadan ve içerisinde yer aldığı yapı kompleksinden bağımsız bir forma sahiptir.

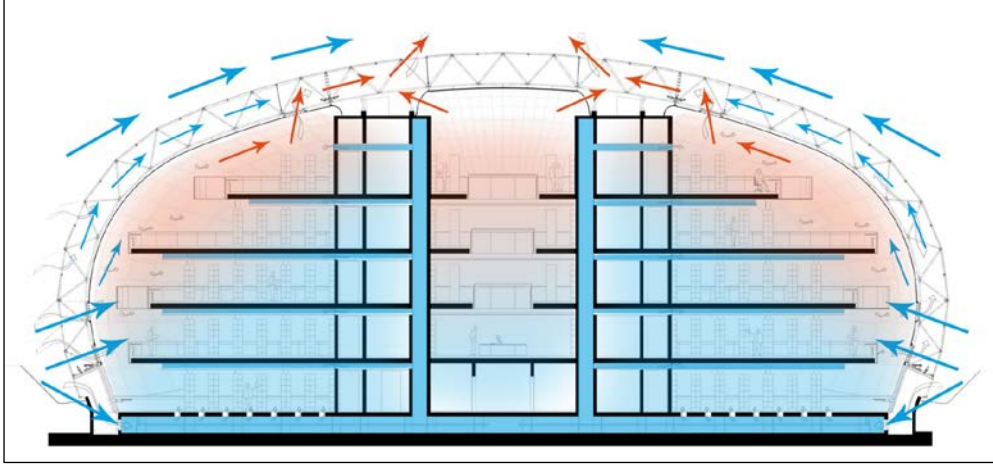
- Enerji

Yapıda herhangi bir aktif ve pasif güneş sistemi bulunmamaktadır. Ancak kabuk üzerinde tasarlanan alüminyum paneller ve yapı içerisindeki yarı saydam cam elyafı güneş ışığını filtreler ve bir konsantrasyon atmosferi yaratır. Dağınık pencere açıklıkları, gökyüzünün ve güneş ışığının anlık yanıp sönen görünümüyle değişen ışık ve gölge oyunları oluşturmaktadır. Kabuk doluluk ve boşluk oranı gün ışığından yararlanma amacıyla özel tasarlanmıştır (Şekil 69).



Şekil 69. Faculty of Philology Kütüphanesi güneş kontrol elemanları [133].

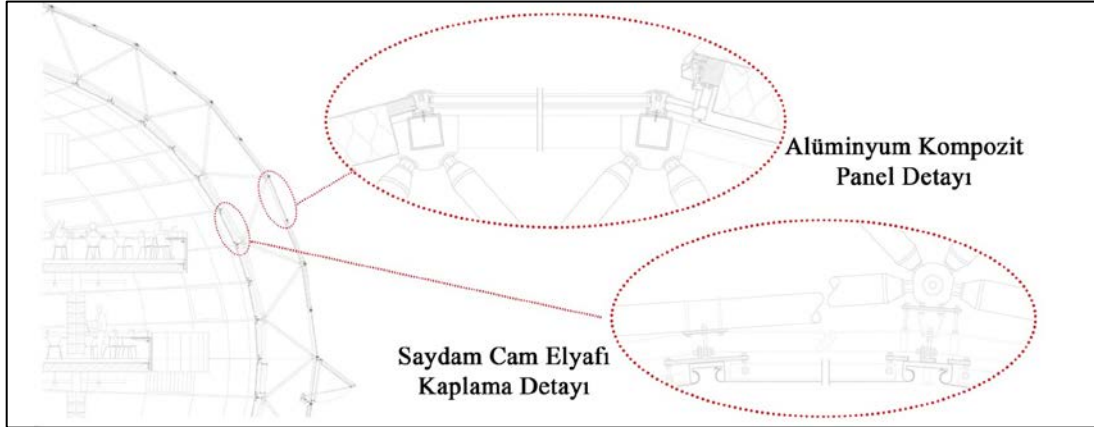
Yapı kabuğu çift cidarlıdır ve iki kabuk arasında hava boşluğundan oluşmaktadır. Dış kabuk üzerinde tasarlanan açılabilir özellikteki yalıtımlı alüminyum paneller iki kabuk arasında yer alan hava boşluğundan temiz havanın alınmasını ve yapı içerisindeki havalandırma sistemine aktarımını sağlamaktadır. Söz konusu havalandırma tüm katlara ulaşmaktadır. Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmakta, yapı içerisinde ısınan havanın baca etkisi ile yapıdan uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca yapı zemininde yer alan radyal soğutma sistemi, aynı zamanda ısıtma amaçlı olarak da kullanılabilir (Şekil 70).



Şekil 70. Faculty of Philology Kütüphanesi doğal havalandırma sistemi [133].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Kubbe formundaki yapı, çelik çubuklardan oluşan kemerler ile taşınmaktadır. Betonarme temel üzerine inşa edilen çift cidarlı yapı içerisinde hafif çelik sistem uygulanmıştır. Kemer taşıyıcılı kubbenin dış kabuğunda alüminyum ısı yalıtımlı kompozit paneller ve ileri teknoloji özellikli yalıtımlı çift cam kullanılmıştır. İç kabuk tamamen saydam cam elyafı ile kaplıdır. Ancak gün ışığından daha fazla faydalanmak için yer yer boşluklar bırakılmıştır (Şekil 71).



Şekil 71. Faculty of Philology Kütüphanesi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [133].

Yapı kabuk yüzeyinin %40'ı cam kaplamadan oluşmaktadır. Kabuk ekolojik doluluk boşluk oranlarına dikkat edilerek tasarlanmıştır.

- Su

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir su geri dönüşümü belirtilmemiştir.

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.



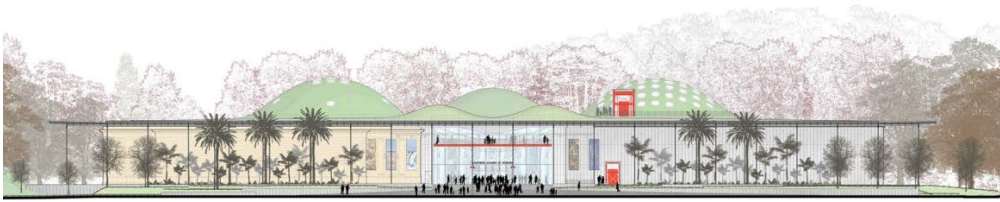
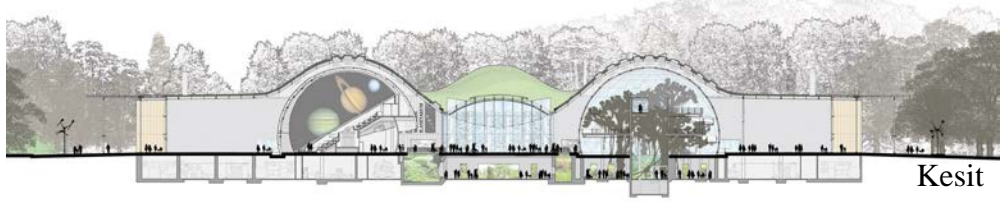
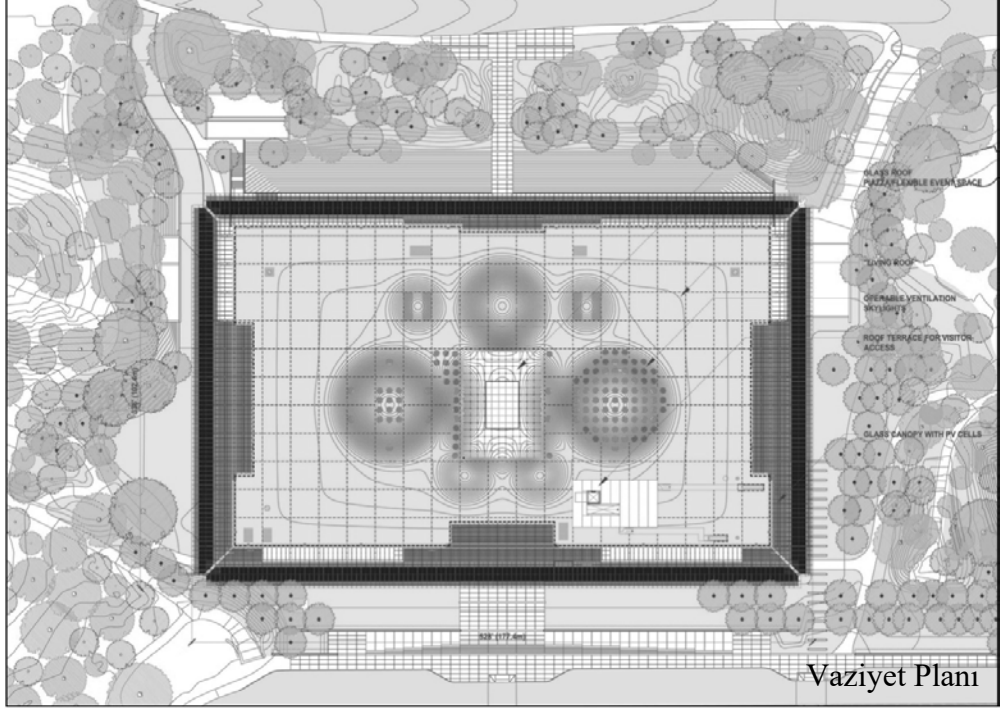


Tablo 6. Kaliforniya Bilim Akademisi [137, 138, 139, 140, 141, 142, 143].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Kaliforniya Bilim Akademisi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Renzo Piano	
	<b>Yapım Yılı</b>	2008	
	<b>Yapı Konumu</b>	Kaliforniya, Amerika	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Eğitim Binası	
<p>San Francisco'daki Kaliforniya Bilim Akademisi, tüm Dünya genelinde bilimsel araştırmalarla deneylerin aynı binada yapıldığı birkaç doğal enstitüden birisidir. Akademi, 1916 – 1991 yılları arasında inşa edilen 11 adet eski binanın yıkılıp yerine, sergileme, eğitim, koruma ve araştırma fonksiyonlarını sürdürülebilir tasarım kriterlerine uygun olarak tek çatı altında toplamayı başaran bir yapı olacak şekilde yeniden inşa edilmiştir. Yapıyı ön plana çıkaran özelliği; sahip olduğu yeşil çatısı, içerisinde yer alan yağmur ormanları kubbesi ve planetaryumdur. Yeşil çatının tamamlanması, yapının mimarı Renzo Piano projesini hazırladıktan (1999) sonra, diğer mühendis ve mimarların da katkılarıyla tam 6 yıl sürmüştür.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>			
			
			

Tablo 6'nın devamı

## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER





Tablo 6'nın devamı

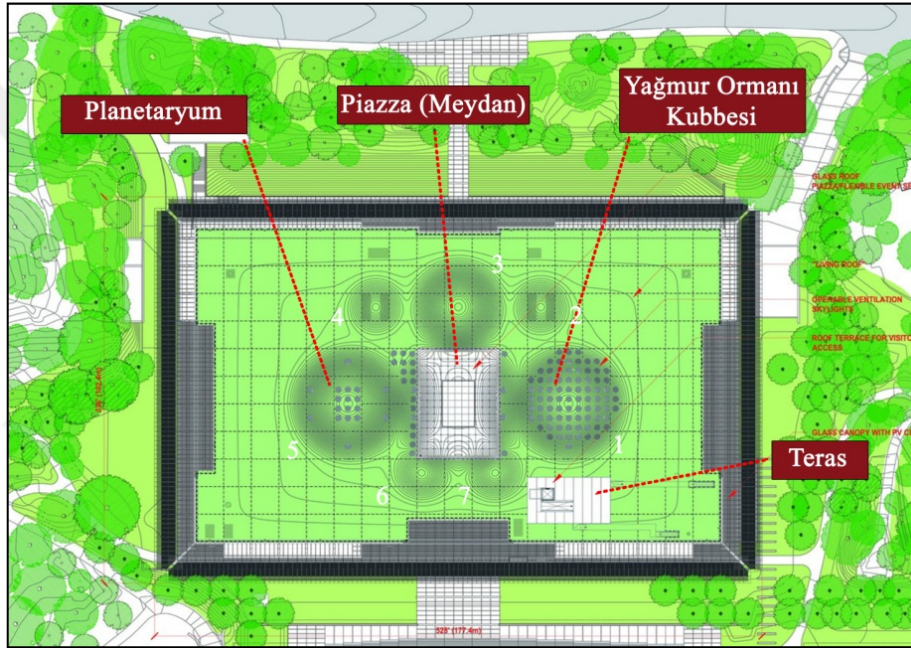
<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Basık Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Çubuk Ağı Nervürlü Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	Çap: 24,7m	Cam Kubbe: 17,4 m Yeşil Çatı: 19,8 m	8.625 m <sup>2</sup>	958 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Fotovoltaik Paneller		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Işık Bacası		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Yok		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Yok		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Çatı Bacaları		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Yok		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Yeşil Örtü, Cam kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Yeşil Çatı		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Geri Dönüştürülen Çelik		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Çit Kabuk 2,1m + Yeşil Çatı 85 cm + Cam kaplama 11 cm		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Yok (Yaklaşık %90 Kapalı Yüzey)		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Var		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Atık Su Kullanımı		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Var			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Var			

Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapının kendine özgü çatısında San Francisco'nun topografyasını simgeleyen 7 adet tepe bulunmaktadır. Tepeler, rüzgârın verimli kullanımında etkili bir role sahiptir.

Oluşturulan tepeler üzerine de yaban arıları, guguk kuşları ve kelebekler tarafından polenleri yayılabilecek 9 yerli bitki çeşidi yerleştirilmiştir. Yapı yeşil alanlar ile çevrelidir ve tasarlanan yeşil çatı ile içerisinde yer aldığı Golden Gate Park'taki bitki örtüsünün devamı şeklinde algılanmaktadır (Şekil 72).

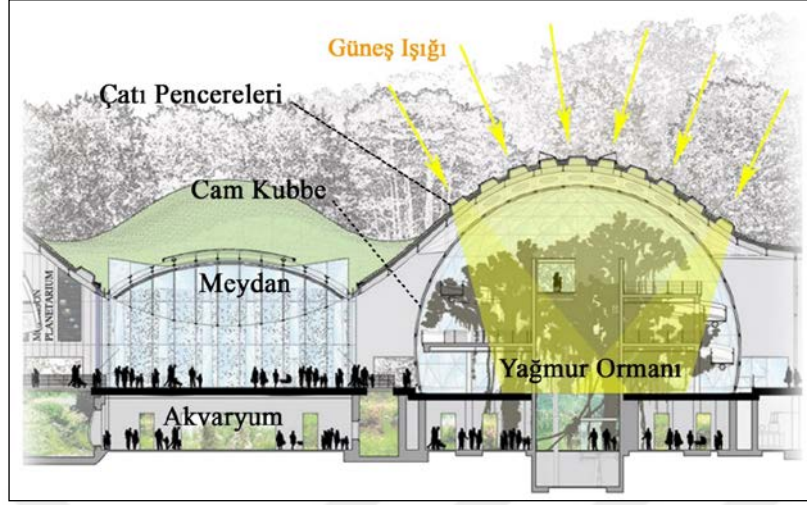


Şekil 72. Kaliforniya Bilim Akademisi vaziyet planı [142].

- Enerji

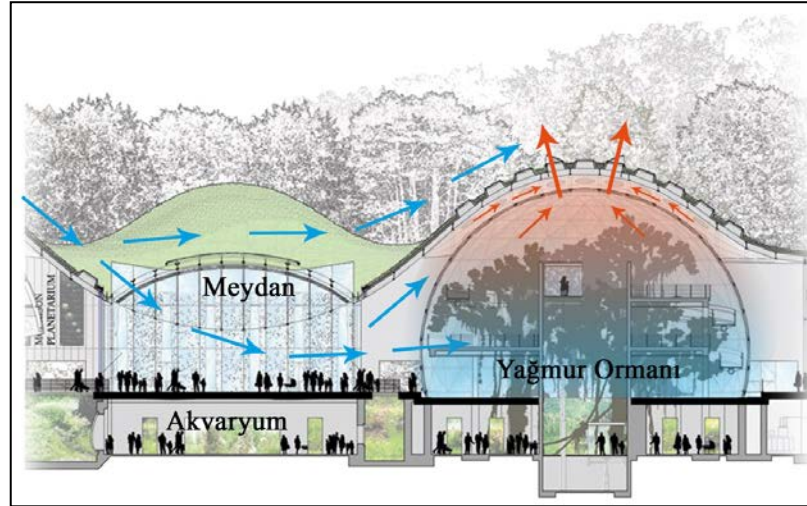
Yapıda aktif enerji sistemi olarak kullanılan, çatı yüzeyine ve saçak üzerine yerleştirilen yaklaşık 60.000 fotovoltaik panel yapının enerji ihtiyacını büyük ölçüde karşılanmaktadır.

Yapı içerisinde yer alan yağmur ormanı kubbesi botanik bir seradır, bu bağlamda güneş ışığına ihtiyaç duymaktadır. Yapı kabuğunda açılan pencereler, ışık bacası olarak görev yapmakta ve iç ortama doğal ışık girişi sağlamaktadır (Şekil 73). Ancak gün içerisinde yeterli ışık sağlanamaz ise kubbe içerisinde yer alan otomatik sensörlü yapay ışıklandırma devreye girmektedir.



Şekil 73. Kaliforniya Bilim Akademisi pasif güneş sistemi [142].

Kubbe formundaki çatı formu üzerinde yer alan ve çapları 1,1 m ve 1,4 m arasında değişen pencereler, iç ortamdaki sıcak havanın atılması için otomatik olarak açılarak yapı içerisinde doğal havalandırma (baca havalandırması) sağlamaktadır (Şekil 74).



Şekil 74. Kaliforniya Bilim Akademisi doğal havalandırma sistemi [142].

- Malzeme-Konstrüksiyon

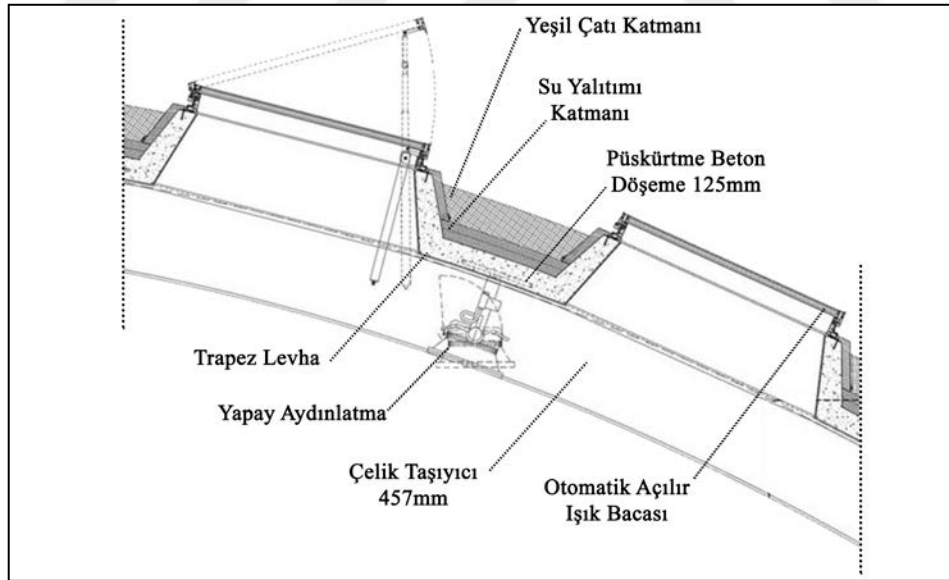
Yapı çatısı çift eğrilikli yapıdadır. Çeliğin yüksek dayanımı ve işlenebilme özelliği avantajları kullanılarak istenilen formlar daha ince kesitler oluşturarak elde edilebilmiştir. Çift eğrilikli çatı örtüsü I kesitli eğrisel çelik kirişler ile taşınmakta ve bu kirişler, 14,6 m –

29 m arasında değişen açıklıkları geçmektedir. Eğrisel yüzeylerin kalınlığı 457 mm'dir ve oldukça ince boru kesitli çelik kolonlar üzerine oturmaktadır. Boru kesitli çelik kolonların çapları 305 mm olup dalgalanmaya göre uzunlukları 11 m – 12 m arasında değişmektedir

I kesitli çelik kirişlerin üzerine metal trapez levha ve onun üzerine 125 mm kalınlığında püskürtme beton uygulanmıştır. Beton çatı örtüsünün üzerine, yalıtım ve koruyucu tabakalar serildikten sonra 152 mm kalınlığında dışarıda parçalar halinde üretilen bitkisel topraklar yerleştirilmiştir (Şekil 75).

Yaklaşık olarak 17,6 m yüksekliği ve 27,4 m çapları ile Planetaryum ve Yağmur Ormanları Sergi holü karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. 27,4 m çapındaki Yağmur Ormanları sergi salonu 19 mm kalınlığında cam paneller ile örtülüdür. Cam paneller paralel ve meridyen biçiminde yerleştirilen 76 mm çapında çelik borular ile oluşturulan çubuk ağı nervür sistem ile taşınmaktadır. Küre içinde spiral şekilde dönen rampa 508 mm çapında boru kesitli çelik kolonlara oturmaktadır.

Yeşil çatı yapıya hem estetik olarak hem de enerji etkinlik açısından katkıda bulunmakta, etkin bir ısı yalıtımı sağlamaktadır.



Şekil 75. Kaliforniya Bilim Akademisi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [142].

Akademi yapılırken alanda var olan 11 yapı yıkılmıştır. Söz konusu yapıların yıkımı sonrasında geri dönüştürülen 12.000 ton yapısal çelik, akademinin inşasında kullanılmıştır.

- Su



Yapı çatısında ve peyzajında yağmur suyu geri dönüşümünden faydalanmaktadır. Çatı üzerinde yer alan, 2500 m<sup>2</sup>'lik yeşil örtüden elde edilen yağmur suyu, yapı içerisindeki ihtiyaçlarda, çatıda, yağmur ormanı kubbesinde ve peyzajda yer alan bitkilerin sulanmasında kullanılarak %50 oranında su tasarrufu sağlanmaktadır. Ayrıca düşük akışlı lavabolar, mutfak lavaboları ve duşlardan elde edilen gri su yeniden kullanımı, sayesinde %76,9'luk bir tasarruf sağlanmaktadır.

- Akustik

Akademi'nin iç kısmı beton duvarlı ve zeminli geniş bir açık alan olduğundan, bina için akustik çözümler zorunlu olmuştur. Yapının mühendislik ve sürdürülebilirlik hizmetlerini veren firma, sergi alanları, planetarium, meydan, yağmur ormanı kubbesi, oditoryum ve araştırma ve idari çalışma alanları için akustik çözümler sağlanmıştır. Tüm akustik zorlukların çözümündeki kilit unsurlar, etkinliklerde oluşan gürültünün ve ses yansımalarının kontrol edilmesidir. Bu nedenle seçilen malzemeler ve form ile gürültünün yutulması ve çevre gürültü kaynaklarının değerlendirilmesi sağlanmıştır. Dolaylı olarak yapılan gürültü kontrolü sayesinde ziyaretçiler arasındaki iletişimde yankılanma etkisi de en aza indirilmiş olacaktır.

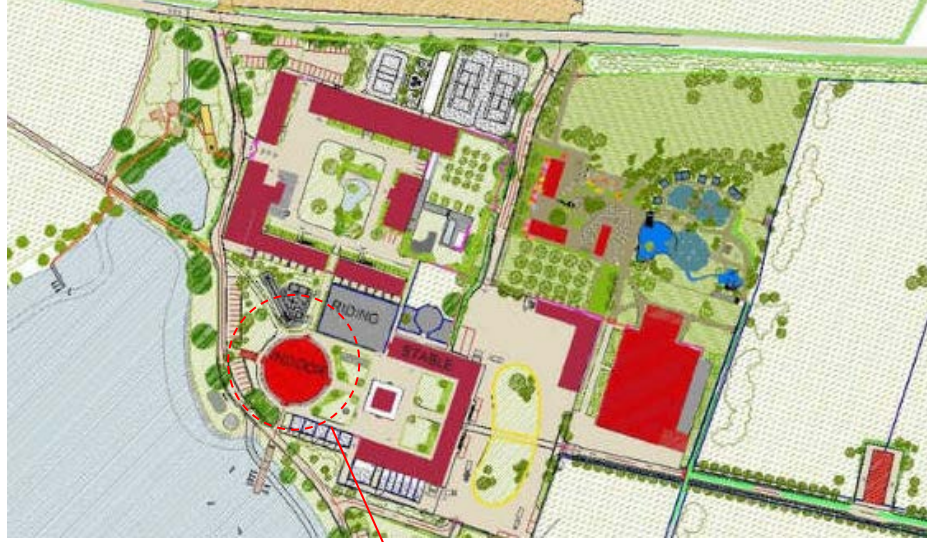
Planetarium ve yağmur ormanları kubbesi içerisinde akustik tasarıma önem verilmiştir. Akustik tasarım, yapı içerisinde kullanılacak olan yapay ses teknolojilerini azaltarak yapı içerisindeki enerji harcamalarını önemli ölçüde düşürmüştür.

Tablo 7. Stork Nest Çiftliği [144, 145, 146, 147, 148].

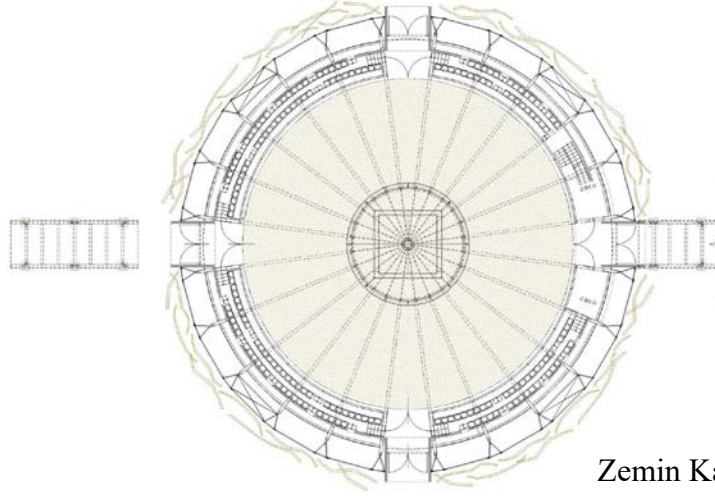
<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Stork Nest Çiftliği		
	<b>Yapı Mimarı</b>	SGL Projekt		
	<b>Yapım Yılı</b>	2010		
	<b>Yapı Konumu</b>	Olbramovice, Çekya		
	<b>Yapının İşlevi</b>	Toplantı Salonu ve Binicilik Arenası		
<p>Çiftlik, Prag'ın yaklaşık olarak 50 kilometre güneyinde yer alır. Etrafında, büyük orman kompleksleri, geniş çayırlar, sulak alanlar gölet ağı ve piedmont (dağ eteği) bulunmaktadır. Uzun yıllar işlev gören çiftlik 80'li yılların sonunda terk edilmiş ve çiftlik içerisindeki binalar hızla yok olmaya başlamıştır. Çiftlikte yalnızca, damıtma tesisinin bacalarındaki leylek yuvaları kalmıştır. Leylek yuvaları tasarımcıları çok etkilemiştir. Bu nedenle tasarımın kalbinde bulunan binicilik arenasının konseptinin yuvalar olmasına karar verilmiştir. Ayrıca leyleklerin sadakati, tasarımcıları etkileyen diğer bir unsur olmuştur. Yaklaşık 90 kuşaktır Afrika'dan bölgeye göç eden leylekler, tasarımcıların çiftliği tekrar eski günlerine döndürmek ve ziyaretçileri tekrar bölgeye çekmekteki ana prensibi haline gelmiş. Böylece olağan dışı yapısıyla yeni çiftlik binası tasarlanmıştır.</p>				
<b>GÖRSELLER</b>				
				
				

Tablo 7'nin devamı

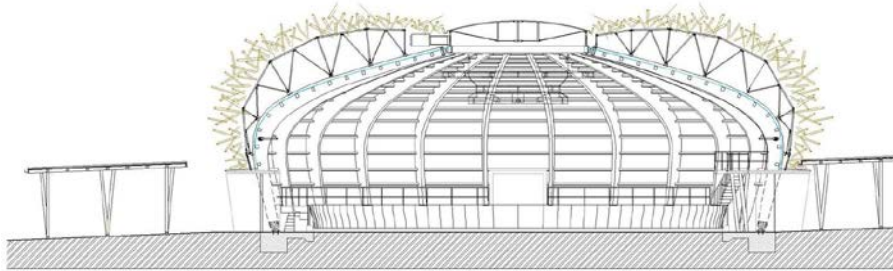
TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



Vaziyet Planı



Zemin Kat Planı



Kesit

Tablo 7'nin devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Soğan Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Kaburga Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	Çap: 34 m	12,5 m	905 m <sup>2</sup>	905 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Yok		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Yok		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Ahşap Elemanlar		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Yok		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Çatı Boşlukları		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Yok		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Tabakalı Ahşap		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Plastik (Polikarbonat) Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Geri Dönüştürülmüş Ahşap		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Çift Kabuk (Değişken Taşıyıcı ve Kpl. Malzemesi Toplam max 5,1 m)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Yok (Yaklaşık %78 Kapalı Yüzey)		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			



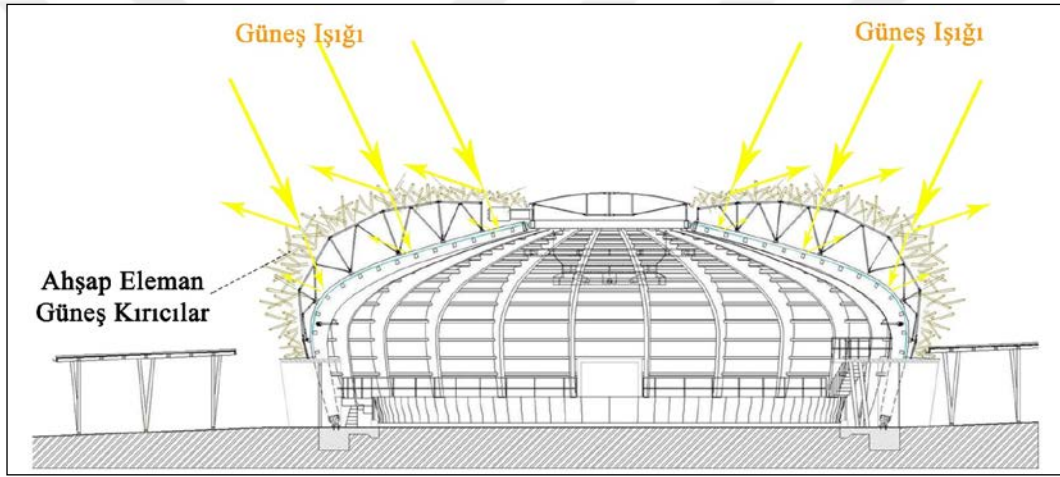
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapının tasarımının ana çıkış noktası, terk edilmiş çiftlikte çokça bulunan leylek yuvalarıdır. Tasarımcılar leylek yuvalarının yapısından etkilenecek, bunu özellikle dış cephe kaplamasında kullanmışlardır.

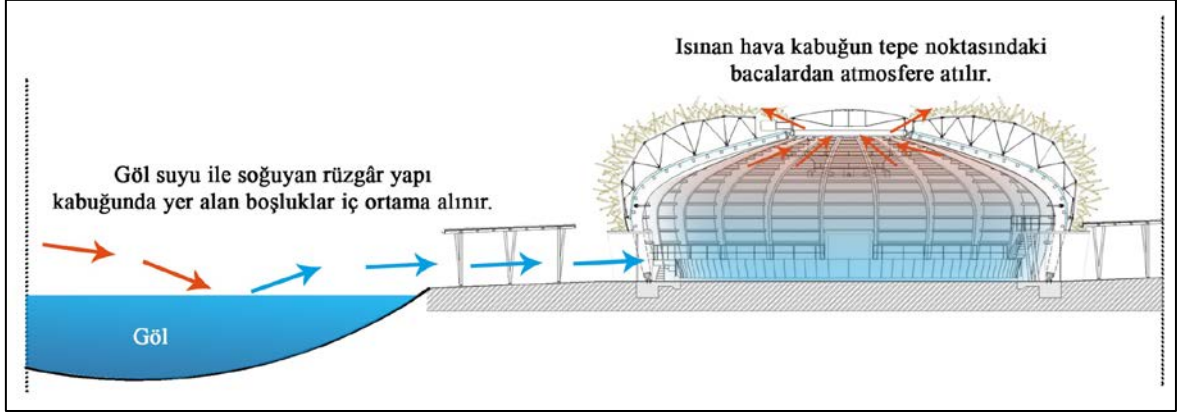
- Enerji

Yapıda herhangi bir aktif ve pasif güneş sistemi bulunmamaktadır. Ancak kabuk üzerinde tasarlanan ve güneş kırıcı görevi gören dönüştürülmüş ahşap elemanlar, yapı içerisine güneş ışığının kontrollü olarak alınmasını sağlamaktadır (Şekil 76).



Şekil 76. Stork Nest Çiftliği güneş kontrol elemanları [147].

Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Kabuğun en üst noktasından tasarlanan oval boşluk, Pantheon gibi geleneksel yapılarda da rastlanan baca havalandırması sağlamaktadır. Ayrıca yapı, bir gölet kıyısında yer almaktadır. Gölette soğutulan hava, kabuk alt noktalarında tasarlanan hava girişleriyle yapı içerisine alınmakta, yapı içerisinde ısınıp yükselmekte ve baca ile atmosfere atılmaktadır (Şekil 77).

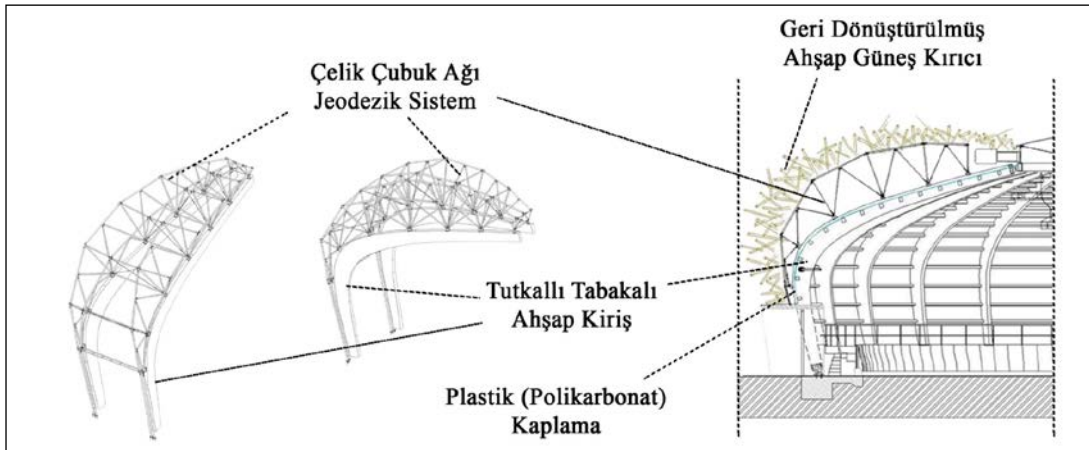


Şekil 77. Stork Nest Çiftliği doğal havalandırma sistemi [147].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Kubbe formundaki yapı kabuğu, radye jeneral betonarme temele çelik mesnetler ile sabitlenmiş, tutkal ile yapıştırılmış tabakalı ahşap kaburga kirişler ile taşınmaktadır. Tasarım gereği kalınlıkları değişken ölçülerdedir; 20cm x 60cm- 105cm olacak şekilde 24 adet kirişten oluşmaktadır. Ahşap kirişler birbirlerine 20cm x 24cm boyutlarındaki ahşaplar ile sabitlenmiştir. Ayrıca ahşap güneş kırıcıların taşınmasını sağlayan çelik konstrüksiyonda çubuk ağı jeodezik bir sistem kullanılmıştır.

Ahşap kaburga kirişlerinin üzeri plastik (polikarbonat) kaplama ile kaplanmıştır. Plastik kaplama üzerinde yer alan ve tasarım ekibi tarafından doğal formu bozulmadan yapı kabuğuna eklenmek istenilen ahşap güneş kırıcılar 7m, 9m ve 11m uzunluklarındadır. Ahşap elemanların dış ortam şartlarından etkilenmemesi amacıyla bu elemanlara sıcaklık ve neme karşı dayanım sağlayan koruyucu kimyasal malzemeler uygulanmıştır (Şekil 78).



Şekil 78. Stork Nest Çiftliği malzeme-konstrüksiyon kullanımı [147].



Kabuk üzerinde yer alan ahşap güneş kırıcı elemanlar, çiftliğinde içinde yer aldığı ormanlık araziden toplanarak elde edilmiş meşe kütükleridir. Meşe tercihinde dış ortam şartlarına karşı dayanımının yüksek olması etkili olmuştur (Şekil 78).

- Su

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir su geri dönüşümü belirtilmemiştir.

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.

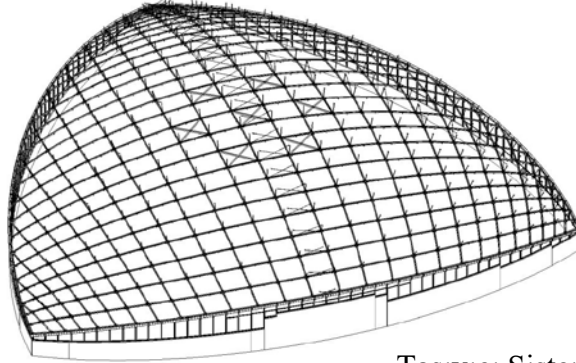


Tablo 8. Laypzig Hayvanat Bahçesi [149, 150, 151, 152, 153, 154].

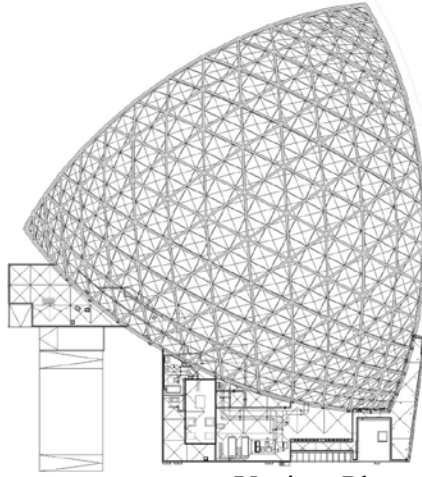
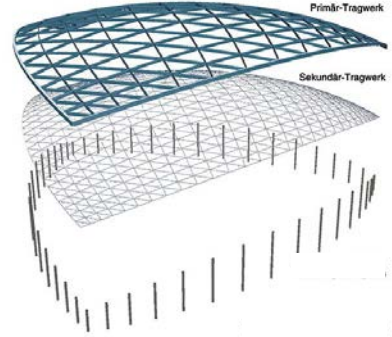
<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Laypzig Hayvanat Bahçesi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Hes Hentrich - Petschnigg and Partner	
	<b>Yapım Yılı</b>	2011	
	<b>Yapı Konumu</b>	Laypzig, Almanya	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Hayvanat Bahçesi	
	<p>16.500 m<sup>2</sup> alana kurulu olan ve Almanya, Laypzig'de yer alan şeffaf cam kaplı kubbe formuna sahip alan içerisinde 40 egzotik hayvan ve yaklaşık 500 farklı ağaç ve bitki türü yaşamaktadır. Proje kapsamında hayvanat bahçesini çevreleyen tropikal orman bulunmaktadır. Ilıman okyanus iklimine sahip Leipzig kentinde sıcak tropikal (Muson) iklim bölgelerinde yaşayabilen, hayvan ve bitki türleri sergilenmektedir. Hayvanat bahçesi olarak hizmet veren yapıda çeşitli organizasyonlar da düzenlenebilmektedir. Bahçe inşa edildiği alan itibariyle de önemli bir konumda yer almaktadır. Proje henüz tasarım aşamasında iken; aynı alanda yer alan çeşitli fabrikalar ve sanayi kurumları yıkılarak üzerine, doğadan kopuk olarak yaşayan bölge halkına tekrar doğa ile ilişki kurabilecekleri çeşitli alanlar tasarlanmıştır. Ayrıca tüm bu yıkım sırasında oluşan molozlar ve atıklar geri dönüşüm geçirerek tekrar bahçenin inşasında kullanılmıştır.</p>		
<b>GÖRSELLER</b>			
			
			
			
			

Tablo 8'in devamı

## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



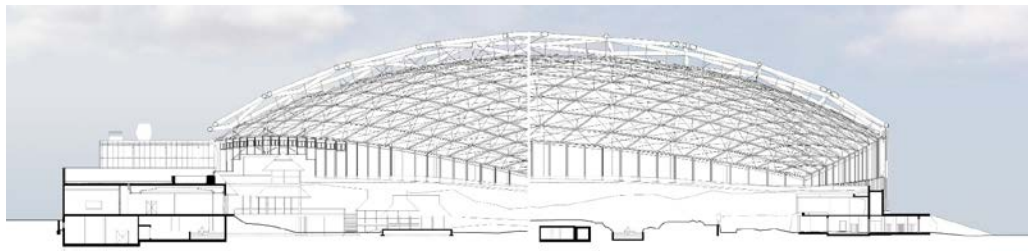
Taşıyıcı Sistem Şeması



Vaziyet Planı



Zemin Kat Planı



Kesit





Tablo 8'in devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Asma Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Jeodezik Sist. Taşıyıcıya Asılı Çubuk Ağı Nervürlü Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	154 m x 154 m	minimum: 7,5 m, maksimum: 40 m	18.500 m <sup>2</sup>	15.800 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Fotovoltaik Paneller		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Açılır Paneller		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Isı Pompası		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	ETFE Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	ETFE Kaplama		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Geri Dönüştürülmüş Çelik		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk (Jeodezik Taşıyıcı Sistem 80cm +ort. 3,1m ETFE Kaplama)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Belirtilmemiş		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Var		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Atık Su Kullanımı		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

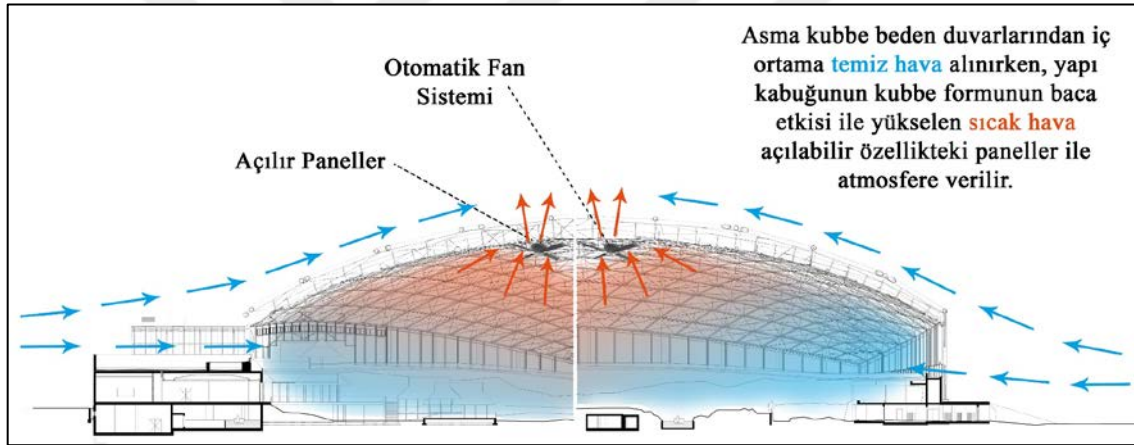
- Yerleşim Yeri

Yapı yoğun kentleşme içerisinde yer almaktadır. Reuleaux üçgeni biçiminde, rüzgâr ve güneş ışığından maksimum faydalanılacak şekilde tasarlanmıştır. Yerden yükseltelen üçgen form, yapıya her açıdan rüzgârdan faydalanma olanağı sağlamıştır.

- Enerji

Aktif güneş sistemlerinden faydalanmak ve kompleksin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılamak amacıyla yapı kabuğunda yer alan fotovoltaik paneller kullanılmaktadır.

Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Yapı içerisinde ısınan hava ve nem, kubbe üzerinde yer alan açılabilir özellikteki panellere iletilmektedir (Şekil 79).

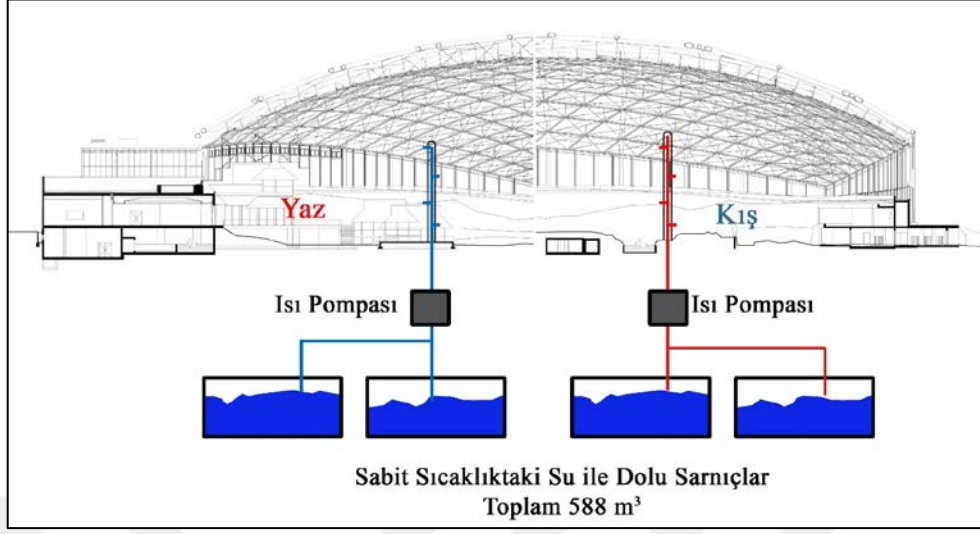


Şekil 79. Laypzig Hayvanat Bahçesi doğal havalandırma sistemi [149].

Sıcak hava paneller ile atmosfere salınmaktadır. Ayrıca paneller üzerinde yer alan otomatik sisteme sahip fanlar, yapı içerisindeki sıcak havanın toplanmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 77).

Hayvanat bahçesinde ekolojik enerji kaynağı olarak su kaynağının sabit sıcaklığından yararlanılan ısı pompası kullanılmaktadır. Isı pompası sıcak havalarda iç ortamı soğutma, soğuk havalarda ise ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Isı pompası ile bağlantılı olarak çalışan bacalar, devasa boyutlardaki ağaç evler kullanılarak kamufle edilmiştir. Bacalar gerekli durumlarda nem kontrolü amaçlı olarak su püskürtme özelliğine de sahiptirler. Isı pompalarının kullanılması amacıyla 588 m<sup>3</sup>'lük toplam 4 adet su sarnıcı konumlandırılmıştır (Şekil 80).





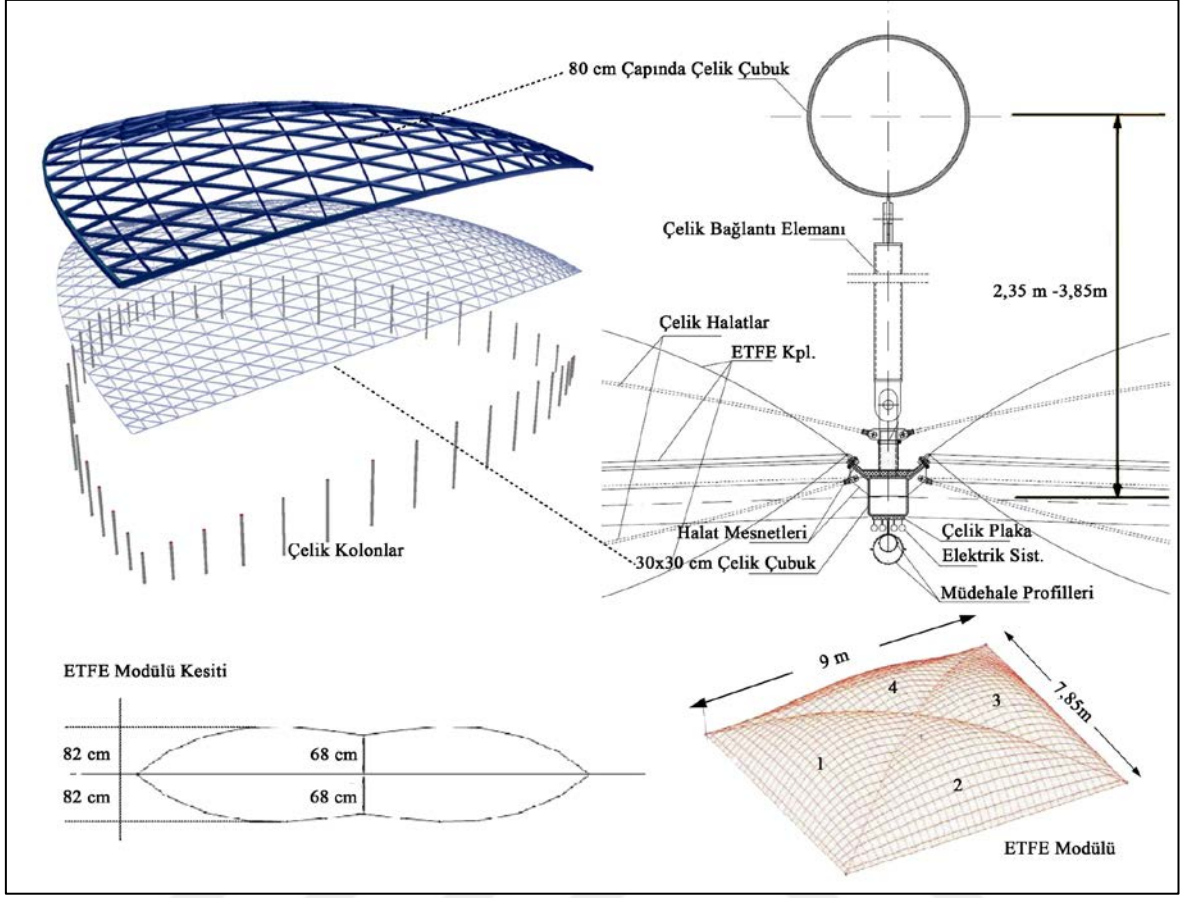
Şekil 80. Laypzig Hayvanat Bahçesi ısı pompası sistemi [149].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Reuleaux üçgeni biçiminde tasarlanan kubbe formu; jeodezik sisteme sahip taşıyıcı sistem ile bu sisteme asılı çubuk ağı nervürlü sistemden oluşmaktadır. Asma kubbe yere çelik kolonlar ile bağlanmaktadır. Ana taşıyıcıya çelik çubuk elemanlar ile asılı olacak şekilde, çubuk ağı nervürlü sistemden ve 30 cm x 30 cm kesitindeki çubukların bir araya gelmesi ile oluşturulan kabuk, ETFE kaplama ile kaplıdır. Sistemi oluşturan boşluklu yapıdaki her bir ETFE modülü, eşit olmayan 4 üçgen parçadan oluşturulmuştur (Şekil 81). ETFE modülleri yaklaşık olarak 9 m x 7,85 m ebatlarındadır. ETFE 3 katmanlı, en kalın olduğu kısımda 164cm, bileşim yerlerinde ise 136 cm kalınlığındadır (Şekil 81).

Yapının tropikal hayvanat bahçesi olması nedeniyle, iç ortamda hayvanları rahatsız etmeyecek optimum değerlerin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda ısı yalıtımı önemli bir unsurdur. Yapıda kullanılan başlıca ısı yalıtımı uygulaması, kabukta yer alan, 3 katmanlı boşluklu yapıdaki ETFE kaplamadır. Ayrıca yapının asma kubbe olması nedeniyle oluşan duvar kısımlarında yer alan camlar yüksek ısı yalıtımına sahip camlardan inşa edilmiştir (Şekil 81).

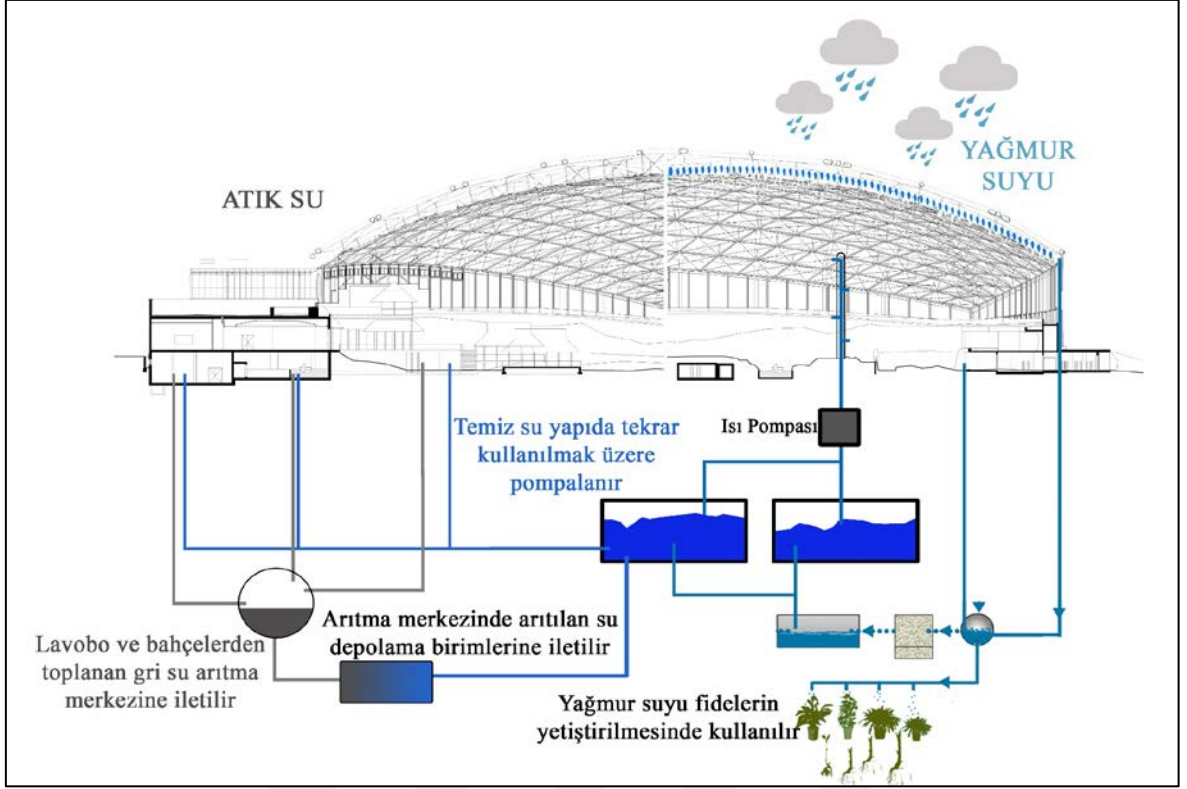
Hayvanat bahçesinin inşaatı için, yerleşim yerinde yer alan çeşitli âtıl fabrika binaları yıkılmıştır. Yıkılan binalardan elde edilen hafriyattan elde edilen çelik malzemeler geri dönüştürülerek hayvanat bahçesi inşaatında kullanılmıştır.



Şekil 81. Laypzig Hayvanat Bahçesi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [150].

- Su

Yapı kabuğunun eğrisel formu yağmur sularının toplanmasına olanak sağlamaktadır. Su toplama merkezlerinde biriktirilen yağmur suyu, yapı içerisindeki bahçelerin sulanmasında ve ısı pompaları ile yapı içerisinde nem kontrolü amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yapı içerisinde yer alan wc lavabo, mutfak lavaboları ve duşlardan elde edilen gri suyun arıtılıp temizlenmesinin ardından tekrar yapıda kullanımı sağlanmaktadır (Şekil 82).



Şekil 82. Laypzig Hayvanat Bahçesi su geri dönüşümü [149].

- Akustik

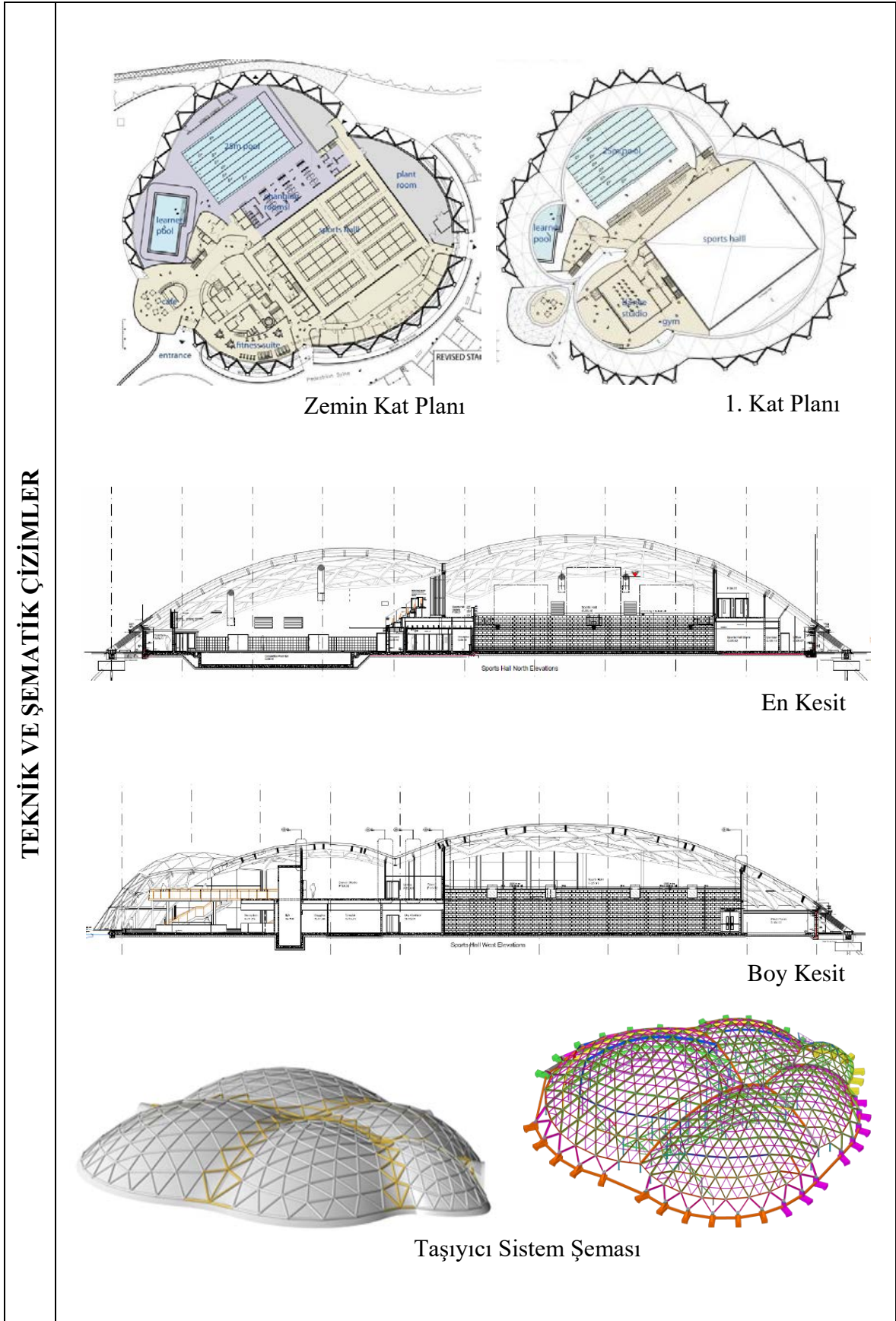
Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.

Tablo 9. Skunthorpe Spor Akademisi [155, 156, 157, 158, 159].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Skunthorpe Spor Akademisi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Andrew Wright Associates ve S and P Architects	
	<b>Yapım Yılı</b>	2011	
	<b>Yapı Konumu</b>	Skunthorpe, İngiltere	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Spor Akademisi	
<p>Skunthorpe ve çevresinin yenilenmesi için bir teşvik görevi görecek, sıra dışı tasarımıyla dönüm noktası olacak bir bina elde etmek amacıyla “RIBA Mimarlık Yarışması” adı altında ilan edilen yarışma sonucunda, Andrew Wright Associates ve S&amp;P Architects’in tasarımları ön plana çıkmıştır. “The Pods” (kozalak, kabuk) olarak da isimlendirilen Skunthorpe Spor Akademisi, her biri kapsadığı alan için optimize edilmiş beş bağlantılı kubbe formundaki kabuktan oluşur. Kabuklar, badminton kortu, yüzme havuzu, eğitim havuzu, spor salonu, dans stüdyosu, kafe ve kreş gibi birçok mekânı bir araya toplamıştır. Tasarım ekibi tarafından ana strüktür bileşeni olarak tutkallı tabakalı ahşap (glulam) seçilmiştir. Spor Akademisi, sıra dışı mimari konseptin yanı sıra, yenilenebilir enerji, sürdürülebilir malzeme ve statik verimliliğin kullanımı için örnek bir çalışma olmayı amaçlamıştır.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>	 		
	  		
	 		



Tablo 9'un devamı





Tablo 9'un devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Basık Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	80 m x 90 m	maksimum 14 m	5,900 m <sup>2</sup>	5,900 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Yok		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Çatı Penceresi		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Açılır Paneller		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Biyo-Yakıt		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Tabakalı Ahşap		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Metal, Plastik, Ahşap, Cam Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Yeşil Çatı, Solar Low-e Cam, Köpük Esaslı Isı Yalıtımı)		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Geri Dönüştürülmüş Ahşap		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk (Glulam: 65 cm üzeri değişken Kpl. Malzemesi)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Yok (Yaklaşık %77 Kapalı Yüzey)		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Var		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Var		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

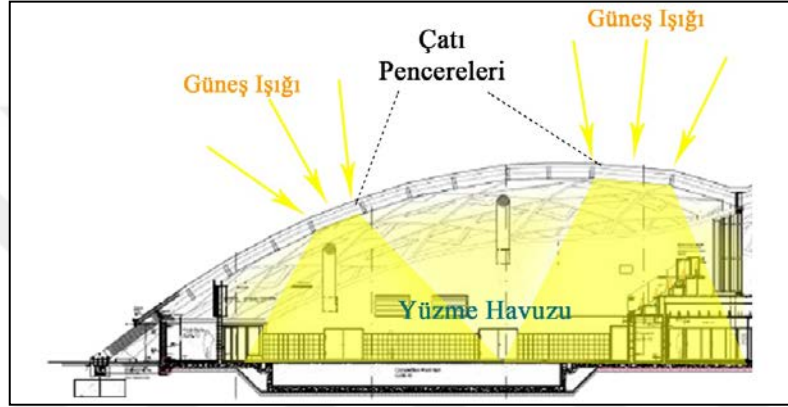
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapı kabuğunda yer alan yeşil çatı uygulamasında yerel bitki örtüsündeki bitkiler kullanılarak alan ile bir bütün gibi algılanması sağlanmıştır.

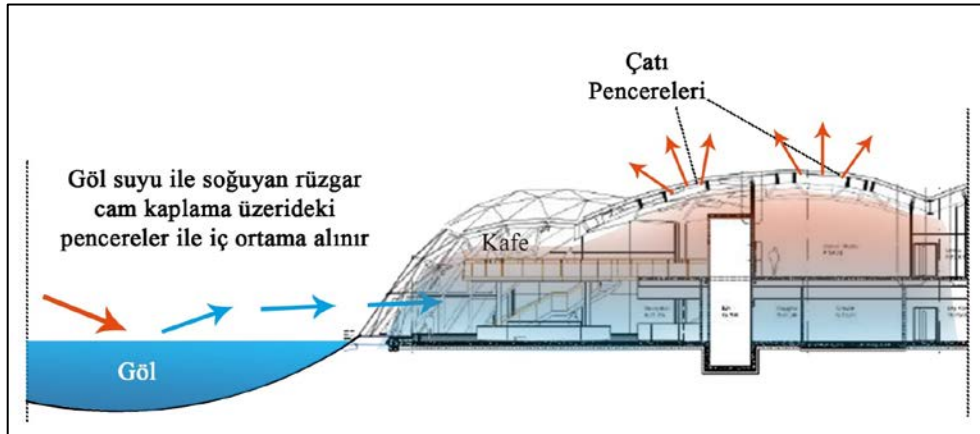
- Enerji

Saydam olmayan malzemeler ile kaplı yapı kabuğunda tasarlanan, üçgen formdaki pencereler iç ortamda doğal aydınlatma sağlamaktadır (Şekil 83).



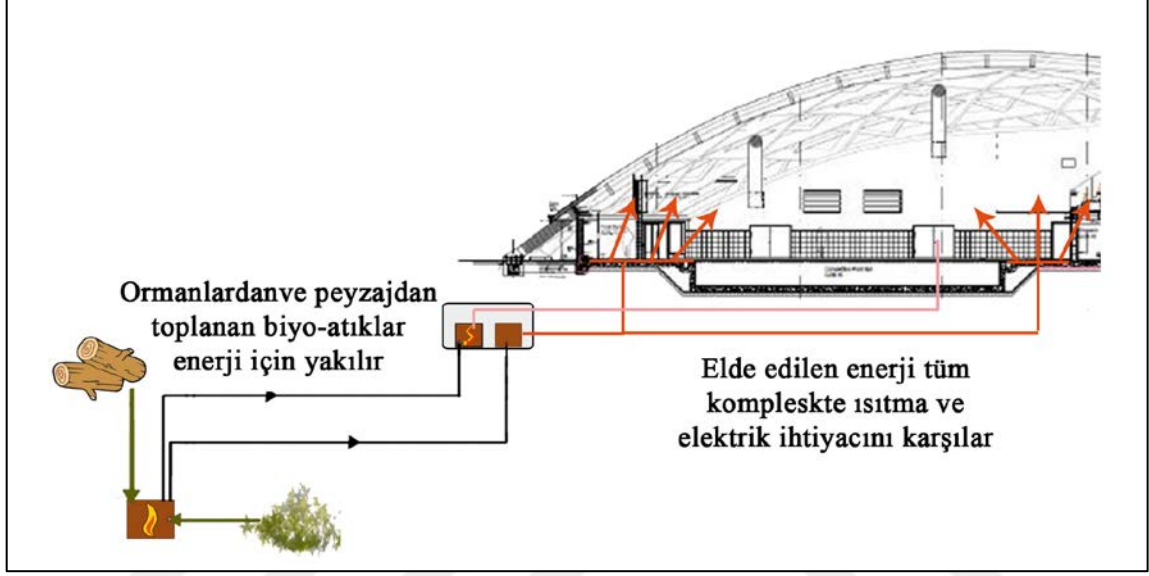
Şekil 83. Skunthorpe Spor Akademisi pasif güneş sistemi [158].

Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Göl suyu ile soğutulan rüzgâr, yapının alt kotlarında yer alan pencereler ile yapı içerisine alınır. Yapı içerisinde ısınan hava ve nem, kubbe üzerinde yer alan açılabilir özellikteki panellere iletilmektedir. Sıcak hava, paneller ile atmosfere salınmaktadır (Şekil 84).



Şekil 84. Skunthorpe Spor Akademisi doğal havalandırma sistemi [158].

Akademide ekolojik enerji kaynağı olarak biyo-yakıt enerjisi kullanılmaktadır. Akademi çevresindeki ormanlardan toplanan bitkilerden elde edilen yeşil atıklar (biyo-atıklar), mühendisler tarafından tasarlanan biyo-yakıt işleme merkezlerinde yakılarak enerji üretilmektedir. Üretilen enerji yapıda elektrik ve ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yapı yerden ısıtma sistemine sahiptir (Şekil 85).

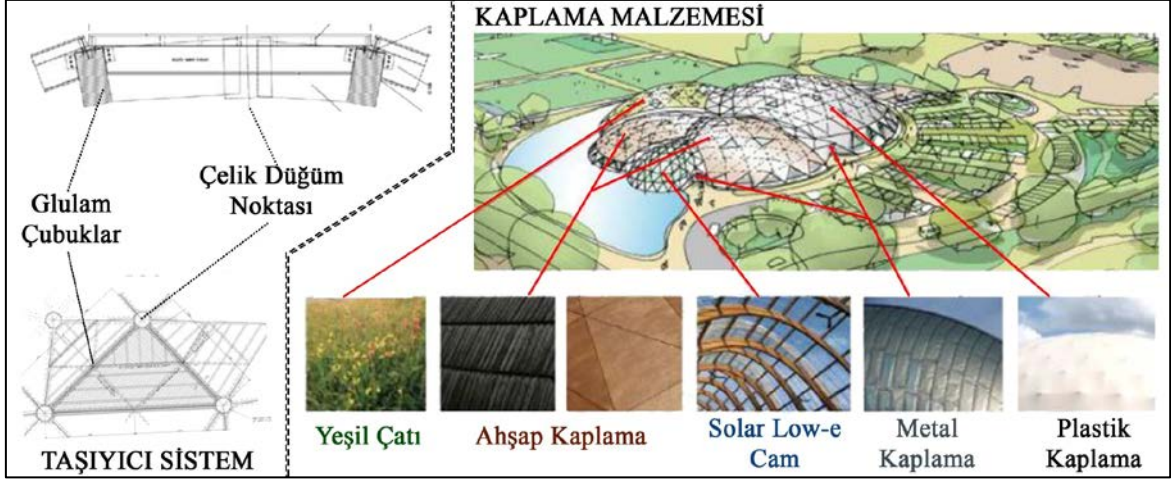


Şekil 85. Skunthorpe Spor Akademisi biyo-yakıt kullanımı [158].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Kubbe formundaki yapı kabuğu, beton temele çelik mesnetler ile sabitlenmiş, tutkal ile yapıştırılmış lamine ahşap veya Glulam olarak adlandırılan çubuklar ile örülü çubuk ağı jeodezik sisteme sahiptir. Glulam çubuklar çelik düğüm noktaları ile bir araya gelmektedir. Taşıyıcı sistem tabakasının kalınlığı yaklaşık olarak 65 cm'dir. 5 kubbeden oluşan kabuğun birleşim yerlerinde bulunan çelik taşıyıcı kirişler, kabuğa destek sağlamaktadır.

Taşıyıcı sistemde kafe bölümünün üzeri solar Low-e cam, masif kaplama kullanılan yüzeylerde kaplama altında köpük esaslı ısı yalıtım malzemesi uygulanmıştır. Eğitim havuzu ve dans stüdyolarının üzeri suya dayanıklı ahşap kaplama, 25 metrelik yarış havuzunun üzeri yeşil çatı, spor salonunun üzeri ise plastik esaslı malzeme ile kaplıdır (Şekil 86).

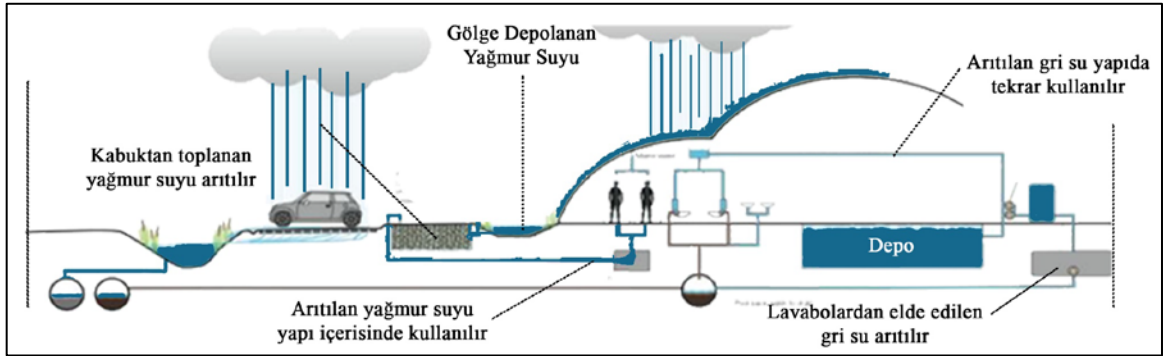


Şekil 86. Skunthorpe Spor Akademisi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [158].

- Su

Yapı kabuğunun eğrisel formu yağmur sularının toplanmasına olanak sağlamaktadır. Su toplama merkezlerinde biriktirilen yağmur suyu, çatı bahçe sulamasında ve arıtılıp temizlendikten sonra kompleks içerisinde değerlendirilebilmektedir. Ayrıca peyzaj içerisinde yer alan gölde biriktirilebilen yağmur suyu tekrar sulamada kullanılabilir.

Yapı içerisinde yer alan wc lavabo, mutfak lavaboları ve duşlardan elde edilen gri su da arıtılıp temizlenmekte ve yapıda kullanımı sağlanmaktadır (Şekil 87).



Şekil 87. Skunthorpe Spor Akademisi su geri dönüşümü [156].

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.



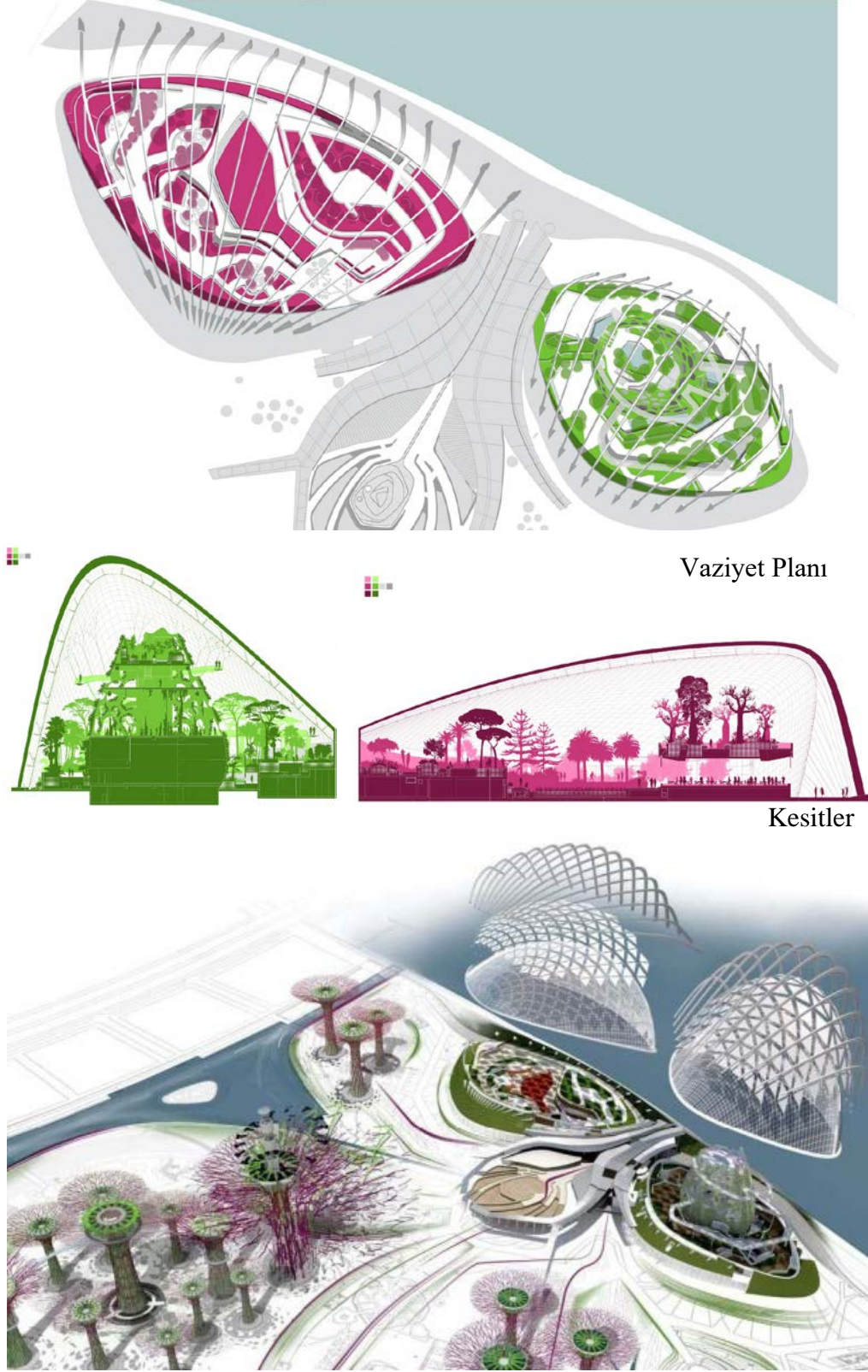
Tablo 10. Gardens by the Bay [160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167]

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Gardens by the Bay	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Wilkinson Eyre Architects	
	<b>Yapım Yılı</b>	2012	
	<b>Yapı Konumu</b>	Bayshore, Singapur	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Botanik Bahçe	
<p>Bay South bahçesinin kalbinde yer alan Soğuk Sera Kompleksi, bahçelerin odak noktasını oluşturmaktadır. İki ana sera; Çiçek kubbesi 12.000m<sup>2</sup> Bulut Ormanı 8.000m<sup>2</sup> olmak üzere toplam 20.000m<sup>2</sup> 'lik alan kaplamaktadır ve dünyanın en büyük cam yapıları olma özelliğini taşımaktadırlar. Söz konusu kubbeler "her havaya elverişli" ortam sunmaktadır. Çiçek kubbesinde (soğuk kuru sera) Akdeniz ikliminin, Bulut ormanında (Soğuk Nemli Sera) ise soğuk tropikal bulut ormanlarının; nasıl yetiştirildiklerine, iklim değişimine ve yükselen sıcaklar ile nasıl bir tehdit altında olduklarına vurgu yapılmaktadır. Tüm bu koşullar Singapur'un tek düze ılıman tropikal iklimi içerisinde deneyimlenebilmektedir. Kompleks ziyaretçilerine yalnızca ekolojik değil, yapılan tanıtımlar ve geziler ile kültürel sürdürülebilirlik de sağlamaktadır.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>	 		
	  		
	 		



Tablo 10'un devamı

## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



Tablo 10'un devamı

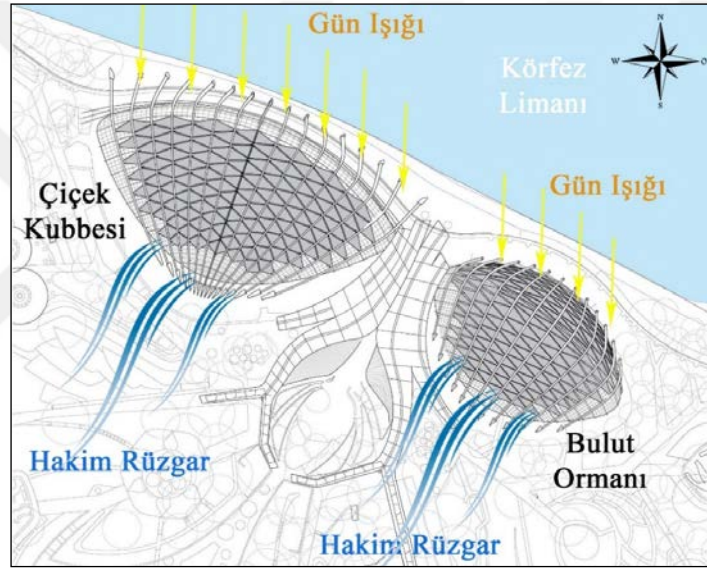
<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Eliptik Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Kemer Taşıyıcıya Asılı Çubuk Ağı Nervürlü Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	Çiçek Kubbesi: 84x140 m Bulut Ormanı: 90x80 m	Çiçek Kubbesi: 38m Bulut Ormanı: 70 m	20.000 m <sup>2</sup>	Çiçek Kubbesi: 12.000 m <sup>2</sup> Bulut Ormanı: 8.000 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Fotovoltaik Paneller		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Yok		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Sensörlü Yatay Membran Örtü ve Çelik Kemer Kirişler		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması ve Rüzgâr Kulesi		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Bitki Örtüsü ve Açılır Paneller		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Biyo-Yakıt		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Cam		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Solar Low-e Cam		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk 38cm (15cm Cam + 23cm Çelik Taşıyıcı)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Belirtilmemiş		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Var		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Kubbe formundaki seralar, tam olarak kubbe formunda değildir. Günümüz teknolojilerinin getirmiş olduğu avantajlar kullanılarak, sıcak bir iklime sahip olan Singapur'da, gün içerisinde fazla güneş ışığından kaçınmak ve rüzgârı verimli kullanmak amacıyla eğrisel bir formda inşa edilmiştir (Şekil 88).

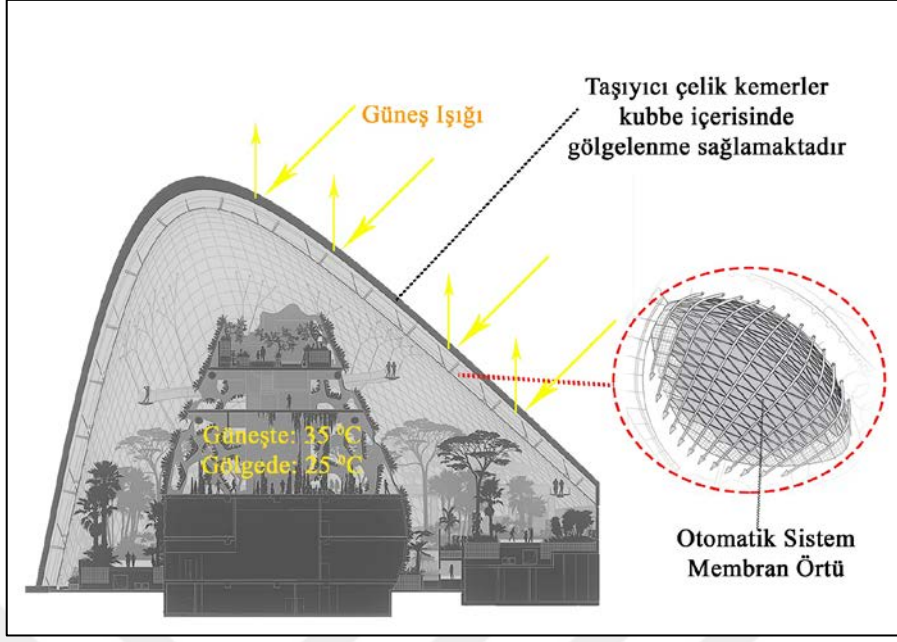
Ayrıca kompleks ılıman tropikal iklim içerisinde yer almasına karşın, kapalı ekolojik sistem olan kubbeler içerisinde çiçek kubbesinde Akdeniz iklimi, bulut ormanında soğuk tropikal iklim koşulları oluşturulmuştur.



Şekil 88. Gardens by the Bay iklimsel verileri [161].

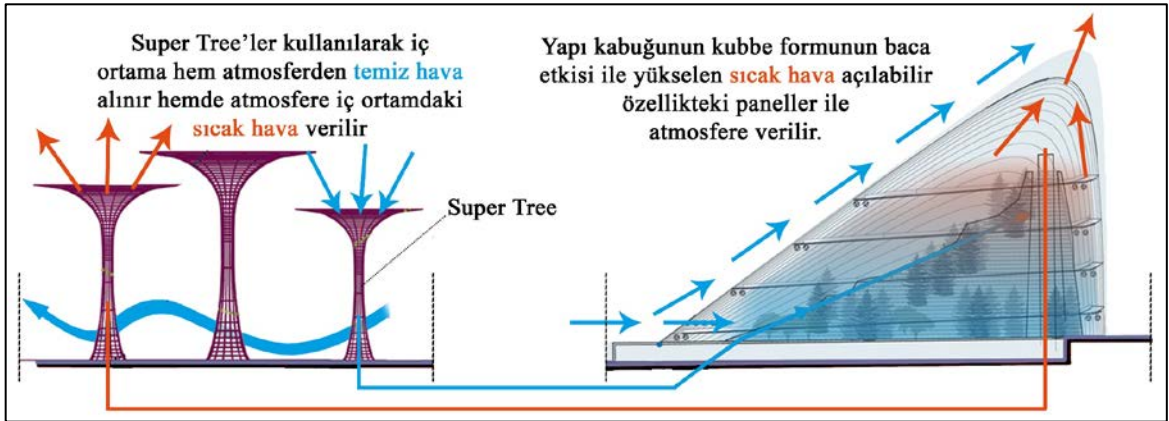
- Enerji

Yapı kabuğunda yer alan ve cam kütleyle destek ve taşıyıcı amaçlı olan çelik kemer kirişler yapıya %50 oranında gölgelenme sağlamaktadır. Ayrıca kemer kirişlerde yer alan, otomatik açılabilen membran örtüler, aşırı ısınma durumunda kullanılabilir (Şekil 89).



Şekil 89. Gardens by the Bay güneş kontrol elemanları [161].

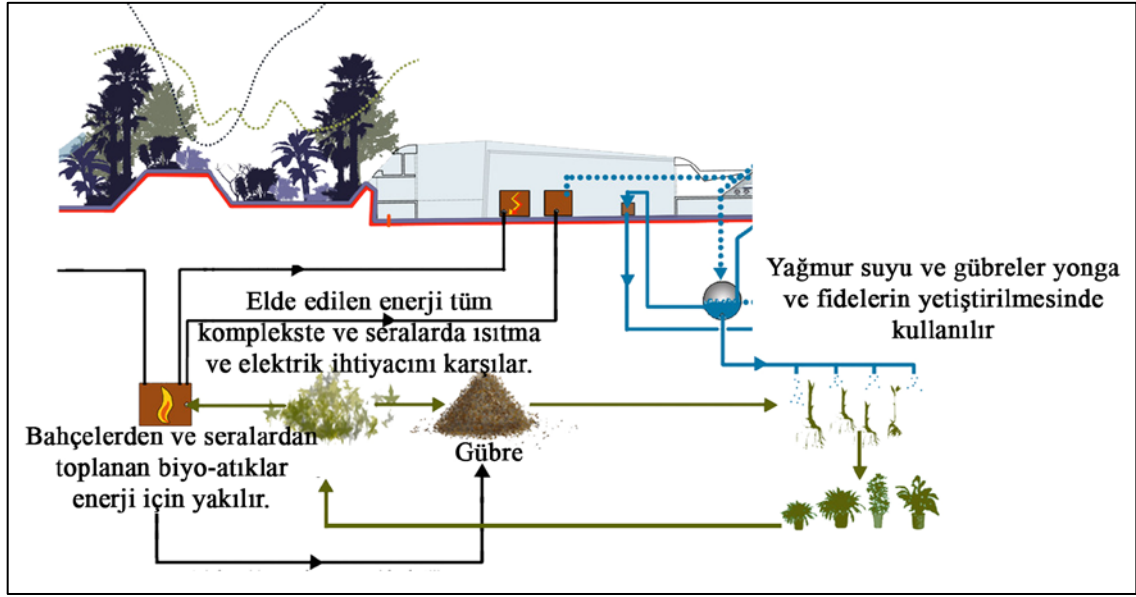
Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Yapı içerisinde ısınan hava ve nem, kubbe üzerinde yer alan açılabilir özellikteki panellere ve yapı dışında yer alan “Super Tree” olarak isimlendirilen, modern rüzgâr kulelerine iletilmektedir. Bu modern rüzgâr kuleleri (Super Tree) geleneksel rüzgâr kulelerinden farklı olarak aktif sistem şeklinde çalışmaktadır. Sistemin aktif olarak çalışabilmesi için, kulelerden bağımsız olarak tasarlanan fotovoltaik paneller ve bio-yakıt enerjisi kullanılmaktadır. (Şekil 90).



Şekil 90. Gardens by the Bay havalandırma sistemi [167].



Botanik bahçede ekolojik enerji kaynağı olarak biyo-yakıt enerjisi kullanılmaktadır. Kompleks içerisinde seralarda ve açık bahçelerde yetiştirilen bitkilerden elde edilen yeşil atıklar (biyo-atıklar), biyo-yakıt işleme merkezlerinde yakılarak enerji üretilmektedir. Yakım işlemi sonrasında oluşan küllerden, seralarda gübre olarak faydalanılmaktadır. Üretilen enerji tamamen elektronik ısıtma sistemine sahip seralarda ve seralar içerisindeki havalandırmayı sağlayan “Super Tree” isimli sistemde değerlendirilmektedir (Şekil 91).



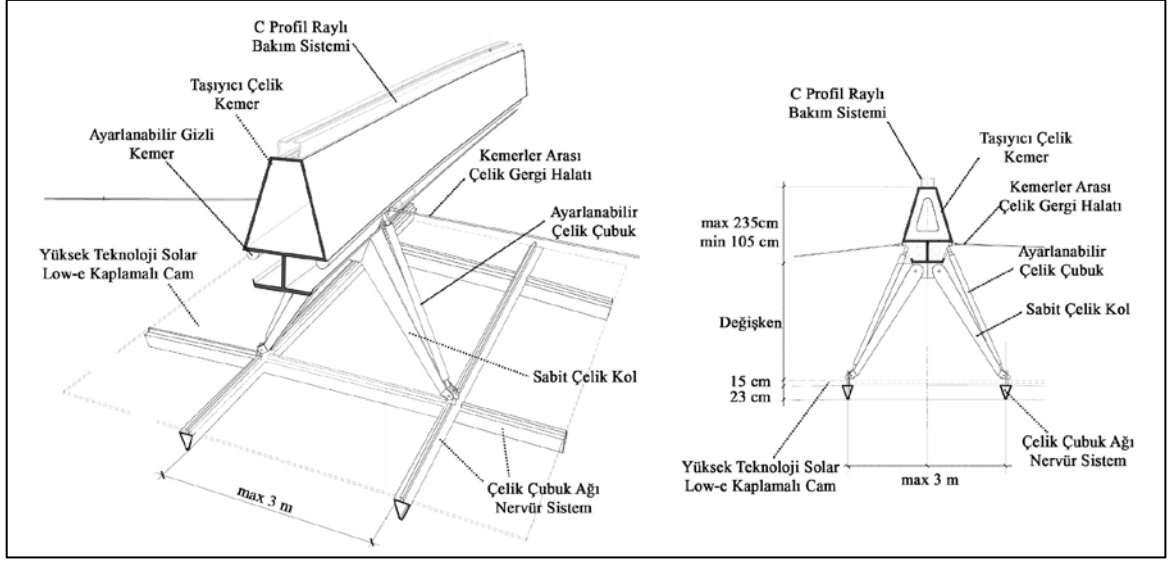
Şekil 91. Gardens by the Bay biyo-yakıt kullanımı [167].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Kubbeler, zemine beton mesnetler ile sabitlenmiş, çelik taşıyıcı kemerler ile taşınmaktadır. Çiçek Kubbesi isimli yapı 16, Bulut ormanı isimli yapı ise 12 adet çelik kemer tarafından taşınmaktadır. Çubuk ağı nervürlü sisteme sahip yapı kabuğu, ayarlanabilir çelik çubuklar ile taşıyıcı çelik kirişlere asılmıştır.

Kubbeler, buldukları iklim ve sahip olduğu cam yüzey nedeniyle gün içerisinde yoğun güneş ışığına maruz kalmaktadır. Güneşin zararlı etkilerinin, iç ortam hava kalitesini etkilememesi amacıyla kubbe solar low-e kaplamalı cam ile kaplanmıştır. Kaplama ile güneş ısıyı kontrollü olarak içeri alınırken, güneş ışığı iç ortamı aydınlatabilmektedir. Devasa boyutlarda olan tüm yapı genelinde, daha az malzeme ile daha geniş açıklıkların geçilmesi sağlanmıştır (Şekil 92).

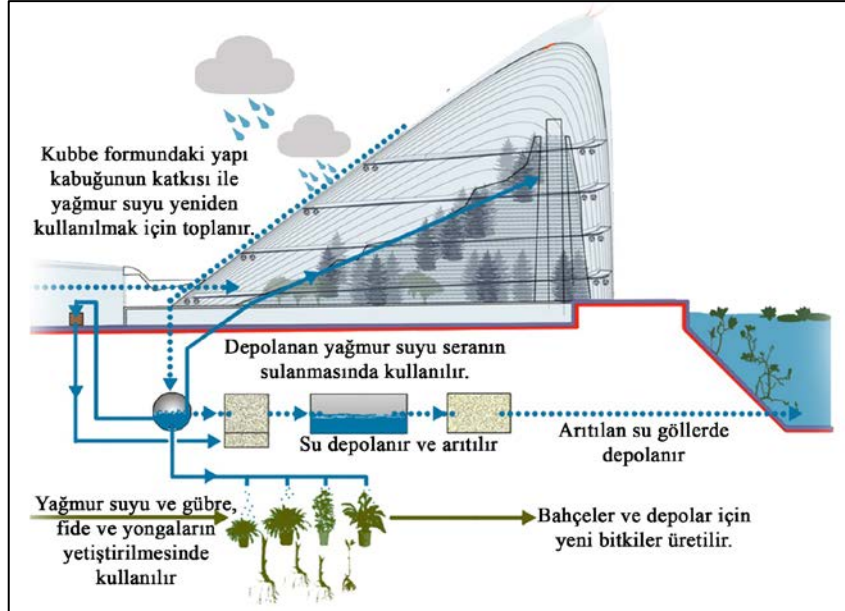




Şekil 92. Gardens by the Bay malzeme-konstrüksiyon kullanımı [161].

- Su

Botanik bahçedeki bitkilerin yetiştirilmesinde ve bakımlarında su, çok önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda tüm yapı genelinde tasarımlar, su geri dönüşümü ön planda tutulacak şekilde düşünülmüştür (Şekil 93).



Şekil 93. Gardens by the Bay su geri dönüşümü [167].

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.

Tablo 11. Kaeng Krachan Fil Evi [168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Kaeng Krachan Fil Evi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Markus Schietsch Architekten	
	<b>Yapım Yılı</b>	2014	
	<b>Yapı Konumu</b>	Zürih, İsviçre	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Hayvanat Bahçesi (Fil Evi)	
<p>İsviçre'nin Zürih kentinde, Kaeng Krachan Hayvanat Bahçesi içerisinde yer alan Fil Evi 2011 yılında tasarlanmış 2014 yılında inşası sonlandırılmıştır. Yapı kubbe formundaki kabuk çatısı ile dikkat çekmektedir. Tasarım ekibi kubbe formunun geniş açıklık geçmekte yapıya sağladığı katkılardan da faydalanarak, arada taşıyıcı olmaksızın yaklaşık 80 m açıklığındaki, 1500 tondan fazla ağırlığa sahip ahşap kubbeyi tasarlamıştır. Kubbe, yenilikçi ve geniş açıklıklı olmasından dolayı, 2015'de 14. Mühendislik Ödülü olan Ulrich Finsterwalder Mühendislik Ödülü'ne layık görülmüştür. Karakteristik kubbe, serbest biçimli bir kabuk yapısı olarak manzaraya karışan çarpıcı bir ahşap çatıdır. Çatı, kendisini çevreleyen ormanla organik bir ilişki kurar ve iç mekânda güneş ışığının ağaç içerisinde süzülmesini andıran çeşitli ışık oyunları yaratır.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>			
			
			
			
			
			



Tablo 11'in devamı

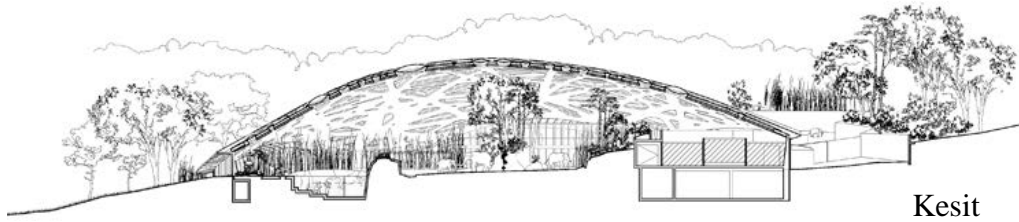
## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



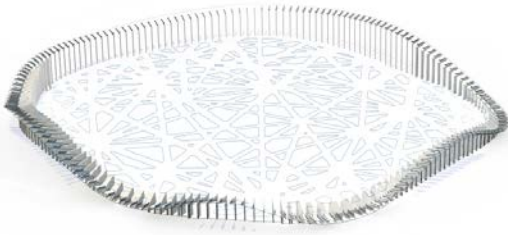
Vaziyet Planı



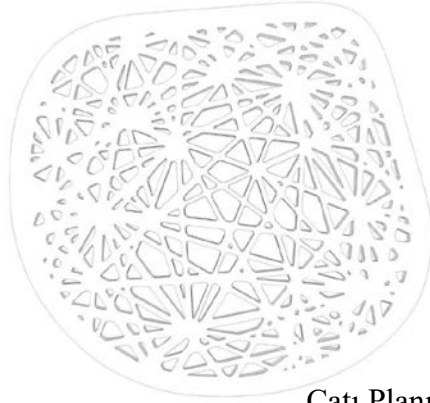
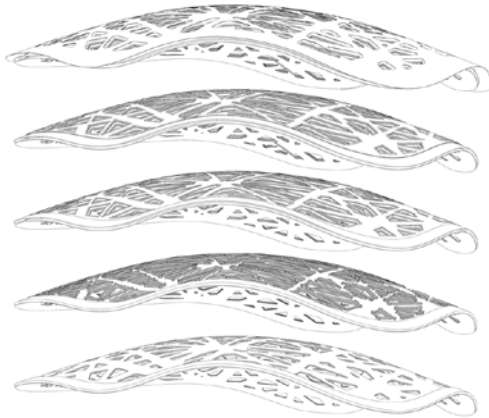
Zemin Kat Planı



Kesit



Taşıyıcı Sitem Şeması



Çatı Planı

Tablo 11'in devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Eliptik Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Kabuk Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	87 m x 80 m	19 m	6.800 m <sup>2</sup>	6.800 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Çatı Pencereleri		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Otomatik Sistemler		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Otomatik Sistemler		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Biyo-Yakıt, Isı Pompası		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Tabakalı Ahşap, Betonarme		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Ahşap, ETFE Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Köpük Esaslı Isı Yalıtım Malzemesi		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Geri Dönüştürülmüş Ahşap		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk (Glulam Sistem 54cm + 40 cm 1. Taşıyıcı + 61 cm 2. Taşıyıcı + 4 cm Kaplama)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Var (~%30)		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Var		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Atık Su Kullanımı		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Belirtilmemiş			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

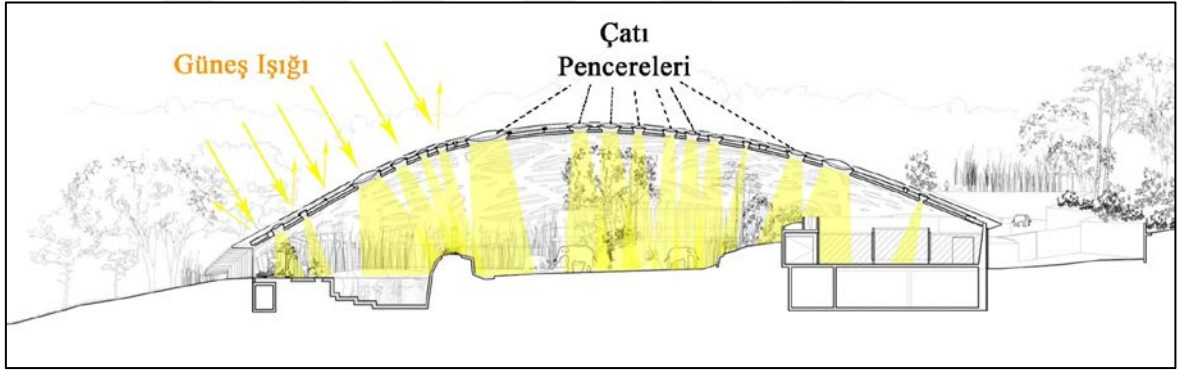
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Özel olarak tasarlanan yapı kabuğu (çatısı), yer aldığı ormanlık arazi ile organik bir uyum yakalayacak şekilde eğimli hatlara ve yapının orman içerisinde kamufle olmasına yardımcı olan cephe kaplamasına sahiptir. Tüm bu özellikleri sayesinde yapı, bulunduğu çevrenin bir parçası olarak algılanmaktadır.

- Enerji

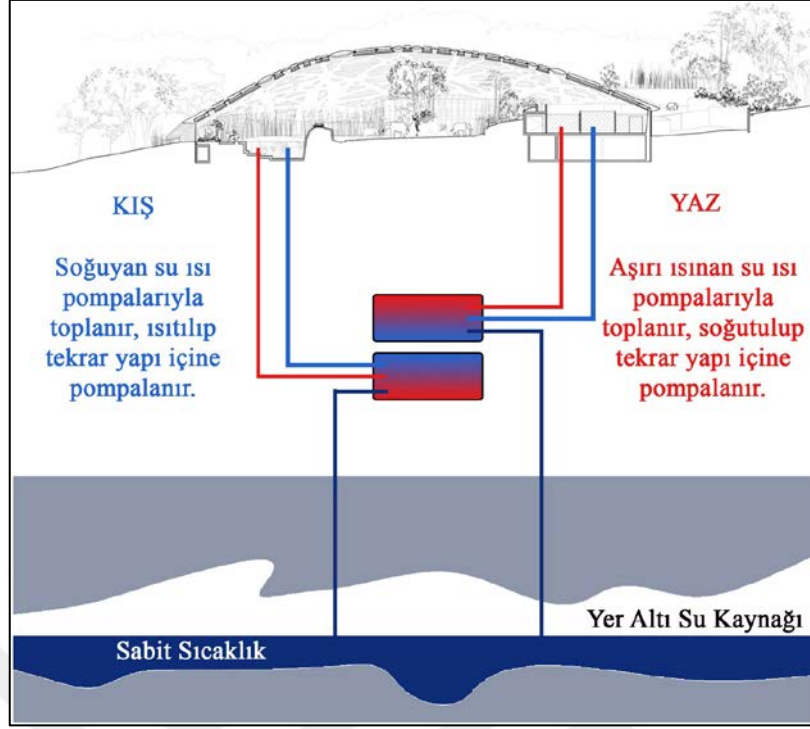
Fil evinin pasif güneş sistemlerinden faydalanması amacı ile çatı pencereleri kullanılmaktadır. Yapı kabuğunun üzerinde özel olarak tasarlanan 271 adet çatı penceresi, yapı içerisinde gün ışığı kullanımına ve güneş ışığının iç ortama kontrollü olarak girişine yardımcı olmaktadır (Şekil 94).



Şekil 94. Kaeng Krachan Fil Evi pasif güneş sistemi [169].

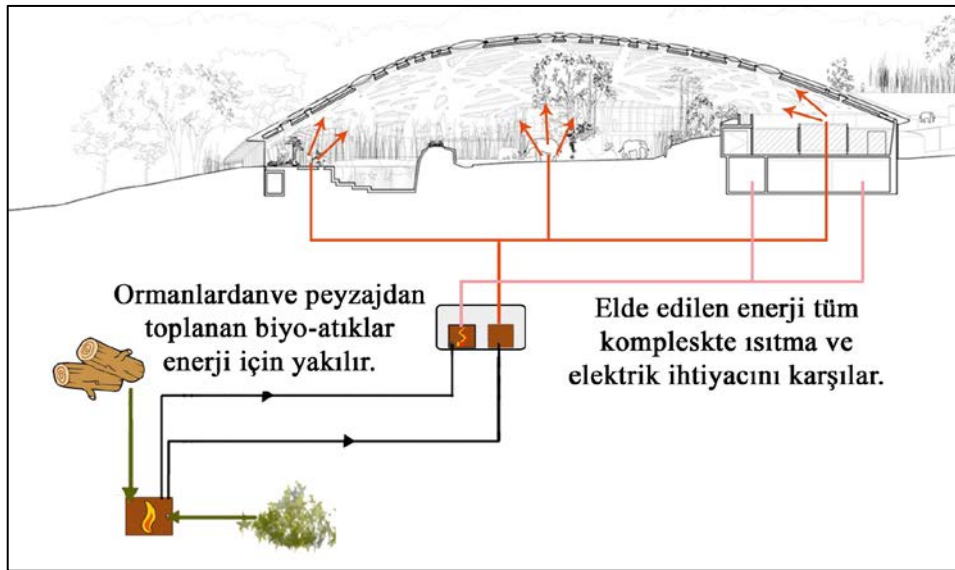
Fil evinde ekolojik enerji kaynağı olarak su kaynağının sabit sıcaklığından yararlanılan ısı pompası vardır. Isı pompası sıcak havalarda iç ortamı soğutma, soğuk havalarda ise ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. İç ortamdaki hava sirkülasyonunu, ısı pompası ile bağlantılı olarak çalışan ve iç mekân topografyası ile kamufle edilen bacalar sağlamaktadır. Isı pompaları kaynak olarak yapı zeminin altında yer alan yer altı sularından yararlanmaktadır (Şekil 95).





Şekil 95. Kaeng Krachan Fil Evi ısı pompası sistemi [169].

Yapıda yer alan bir diğer ekolojik enerji kaynağı da biyo-yakıt tır. Yapının yer aldığı ormanlık araziden toplanan bitkilerden elde edilen yeşil atıklar (biyo-atıklar), biyo-yakıt işleme merkezlerinde yakılarak enerji üretilmektedir. Üretilen enerji yapıda elektrik ve ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır (Şekil 96).



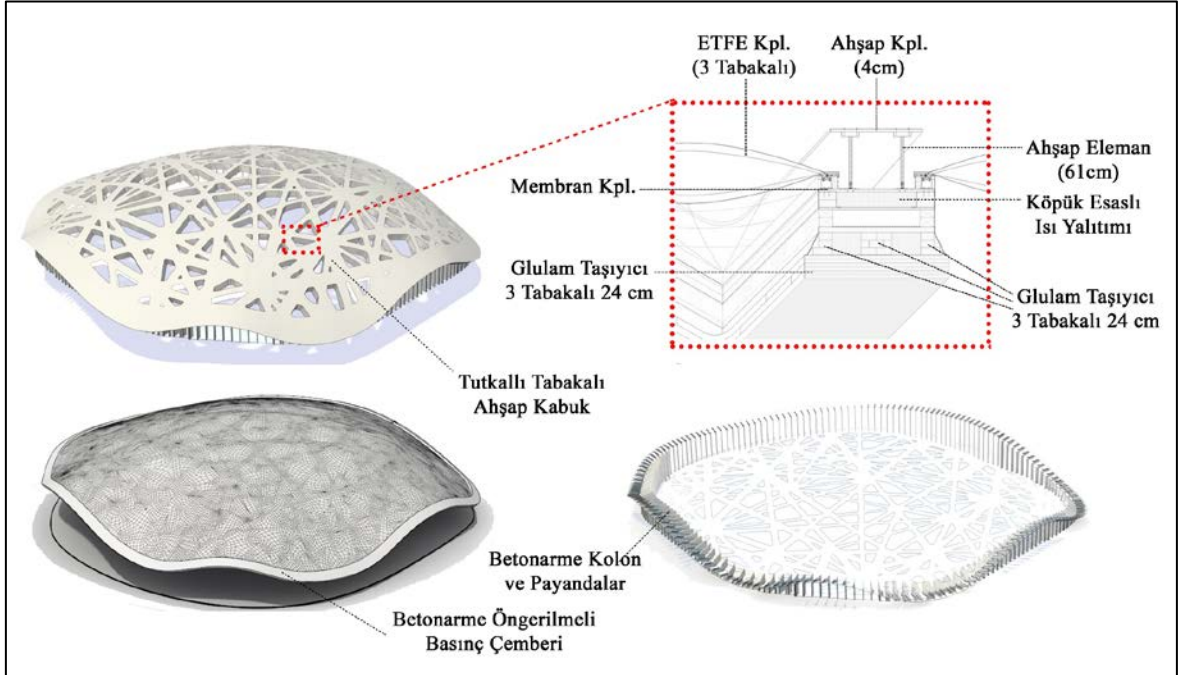
Şekil 96. Kaeng Krachan Fil Evi biyo-yakıt kullanımı [169].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Yapı kabuğu (çatısı), karakteristik bir forma sahiptir. Tasarım ekibi bu karakteristik formu oluşturmak amacıyla işlenmesi ve eğim verilmesi çeliğe oranla daha kolay olan ve betonarmeden daha hafif olması nedeniyle tutkallı tabakalı ahşap kullanmıştır. Fakat karmaşık formun stabilizasyonu amacıyla kabuk etrafında, 2 adet öngerilmeli çelik donatıyla örülmüş betonarme basınç çemberi tasarlamışlardır. Basınç çemberi 2m kalınlığında 48 cm yüksekliğinde olup, betonarme payanlar ve kolonlar üzerinden yükü temele aktarmaktadır.

Kabuk ana taşıyıcı sisteminin oluşturan tutkallı tabakalı ahşap (glulam), yaklaşık 54 cm kalınlığında olup sırasıyla; 3 tabaka ahşap (24 cm) ana kiriş, 3 tabakadan (24 cm) oluşan 3 adet kiriş ve 4 cm kalınlığında kaplama tahtasından oluşmaktadır. Taşıyıcı sistem bilgisayar programlarında modellendikten sonra lazer kesim cihazlarından ortalama 4 m x 15 m boyutlarından üretilmiştir. Böylece malzemeden ve zamandan tasarruf sağlanmıştır.

Ana taşıyıcı sistem üzerinde, çatı pencereleri ve kaplama malzemelerini taşıyan, içerisinde ısı ve su yalıtım katmalarını barındıran, yaklaşık 40 cm kalınlığında bir ikinci sistem bulunmaktadır. Ayrıca kaplama malzemesi 4 cm endüstriyel ahşap malzemeden olup, tamamen kabuktan bağımsız olacak şekilde ahşap elemanlar ile 61 cm yükseltilmiştir (Şekil 97).



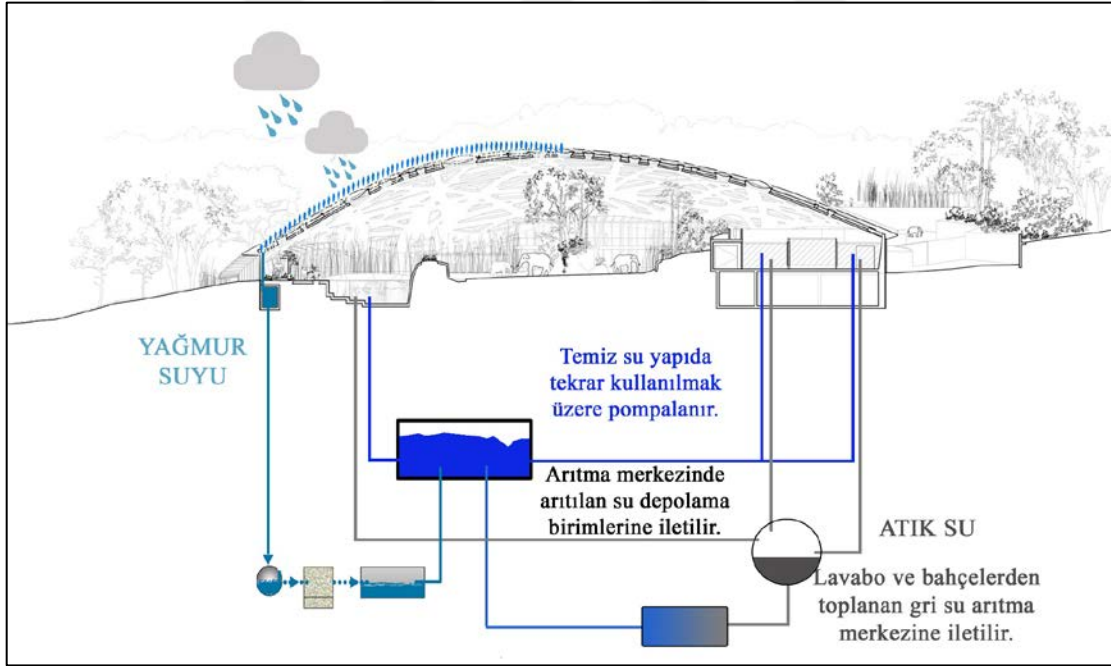
Şekil 97. Kaeng Krachan Fil Evi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [174, 175].

Yapının hayvanat bahçesi olması nedeniyle, iç ortamda hayvanları rahatsız etmeyecek optimum değerlerin sağlanması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda ısı yalıtımı önemli bir unsurdur. Yapıda kullanılan başlıca ısı yalıtımı uygulamaları, kabukta yer alan 3 katmanlı boşluklu yapıdaki ETFE kaplaması ve köpüklü ısı yalıtım malzemeleridir. Ayrıca yapı beden duvarlarında yer alan cam yüzeyler ısı yalıtım camları kullanılarak inşa edilmiştir (Şekil 97).

Fil evinin ana taşıyıcı sistemi olan tabakalı ahşap sistemde kullanılan ahşapların tamamı dönüştürülmüş ahşap malzemeden üretilmiştir.

- Su

Yapı kabuğunun eğrisel formu ve kabuk üzerinde tasarlanan drenaj sistemi ile yağmur sularının toplanmasına olanak vermektedir. Betonarme su toplama merkezlerinde biriktirilen ve arıtılan yağmur suyu, tekrar yapı içerisinde değerlendirilir. Ayrıca yapı içerisinde yer alan wc lavabo, mutfak lavaboları ve duşlardan elde edilen gri suyun arıtılıp temizlenmesinin ardından tekrar yapıda kullanımı sağlanmaktadır (Şekil 98).











Şekil 98. Kaeng Krachan Fil Evi su geri dönüşümü [169].

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.

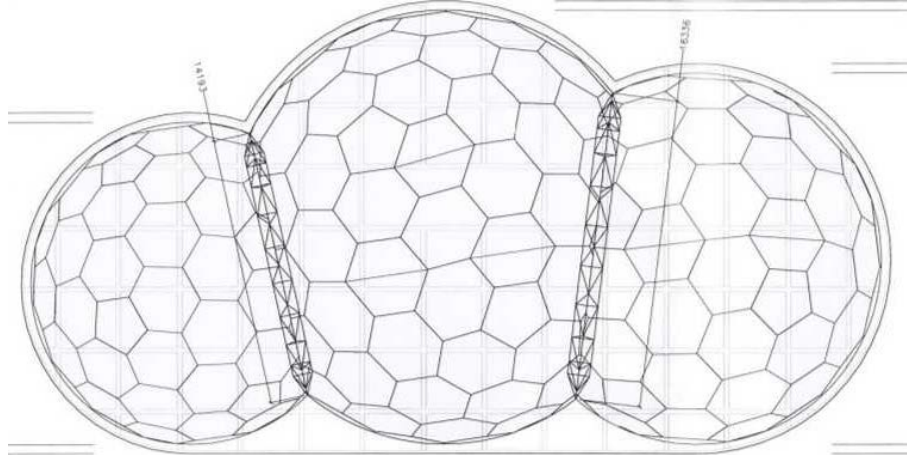
Tablo 12. Drijvend Pavyonu [176, 177, 178, 179, 180].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Drijvend Pavyonu	
	<b>Yapı Mimarı</b>	DeltaSync Architects	
	<b>Yapım Yılı</b>	2015	
	<b>Yapı Konumu</b>	Rotterdam, Hollanda	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Sergi Salonu / Pavyon	
<p>Çağımızın en büyük problemlerinden biri olan küresel ısınma ve iklim değişikliği, Hollanda gibi deniz seviyesinin altında olan ülkeleri yüzen yapı tasarımına yöneltmiştir. Drijvend Pavyonu (Yüzen Pavyon) bu bağlamda deneysel bir proje olup, tasarımın ana amacı; en son teknolojiye sahip, esnek ve kendi kendine yeten bir bina yaratmaktır. Anahtar tasarım ilkeleri; suyla bütünleşmesi, yüksek teknoloji kullanımı ve binanın kubbe formunda olmasıdır. En önemli başlangıç ilkesi olarak kendi kendine yeterlilik belirlenmiştir. Amaç hem üretimde hem de uygulama sırasında asgari miktarda kaynak kullanan bir bina yaratmaktır. Bir diğer önemli ilke ise taşınabilir özellikte olmasıdır. Bu nedenle yapının, farklı koşullardaki ekolojik prensiplere (güneşe yönelme, rüzgâr kullanımı vb.) uyum sağlayabilir özellikte olması beklenmektedir.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>	 		
	  		
	 		

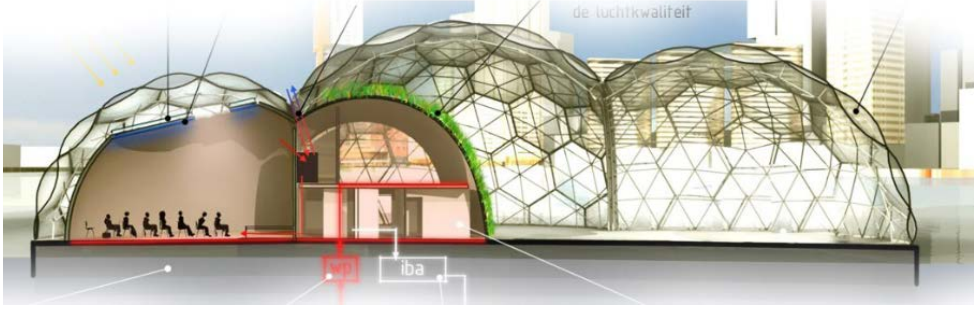


Tablo 12'nin devamı

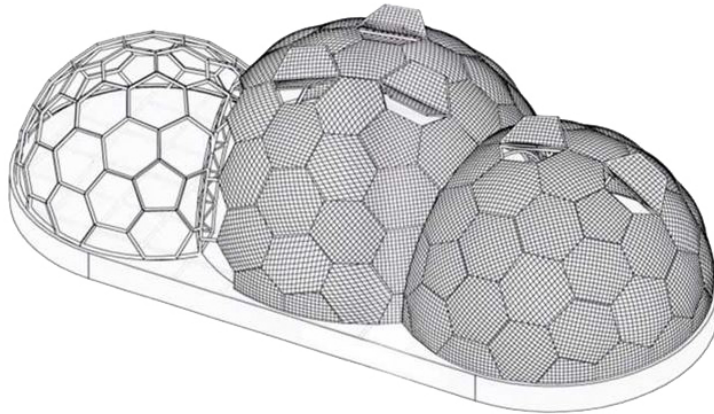
TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



Vaziyet Planı



Kesit



Taşıyıcı Sistem Şeması



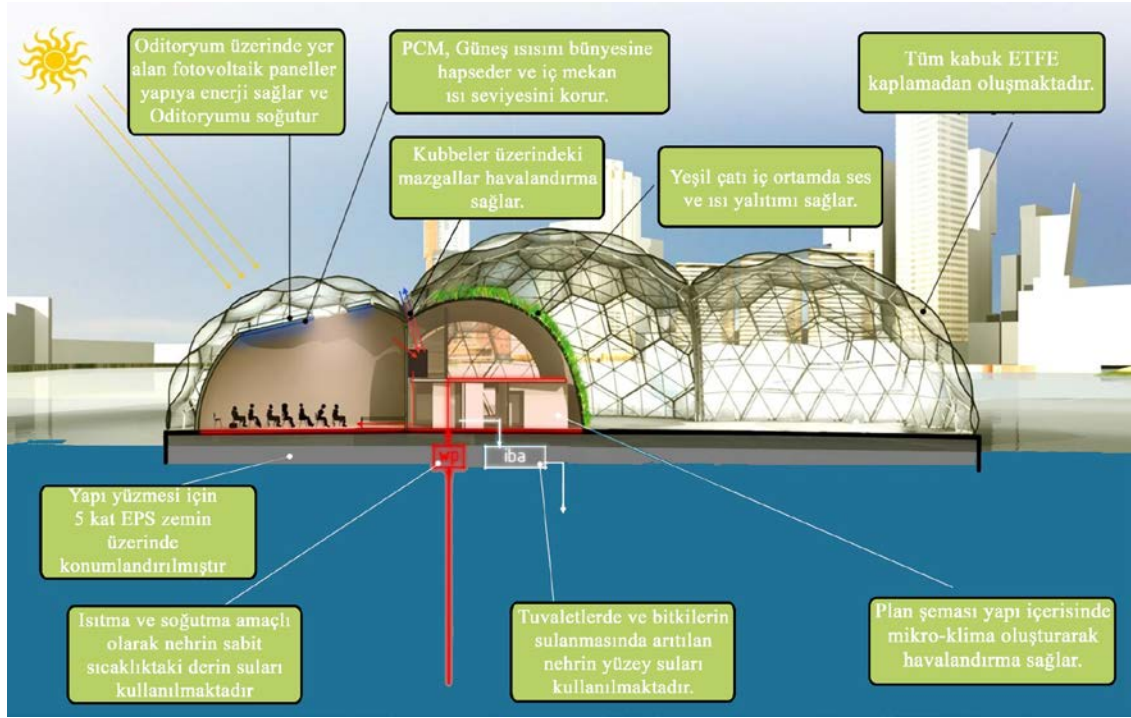
Tablo 12'nin devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Küresel Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	24 m x 46,2 m	maksimum 11,4 m	880 m <sup>2</sup>	880 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Fotovoltaik Paneller		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	PCM Kullanımı		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Yok		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Baca Havalandırması, Çapraz Havalandırma		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Çatı Boşlukları, Plan Şeması		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Isı Pompası		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	ETFE Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	ETFE Kaplama		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk (85 cm Kalınlığında ETFE Kaplama)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Belirtilmemiş		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Var			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Belirtilmemiş			

### Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapı, Rijnhaven Nehri üzerinde yüzer halde bulunmaktadır. Pavyon, su seviyesinde oluşan herhangi bir artış ile otomatik olarak yükselmektedir. Ayrıca yapının ana prensiplerinden birisi de her iklim bölgesine uygun olacak şekilde rüzgâr ve güneş enerjisinden en fazla yararlanabilecek biçimde konumlandırılmasıdır (Şekil 99).



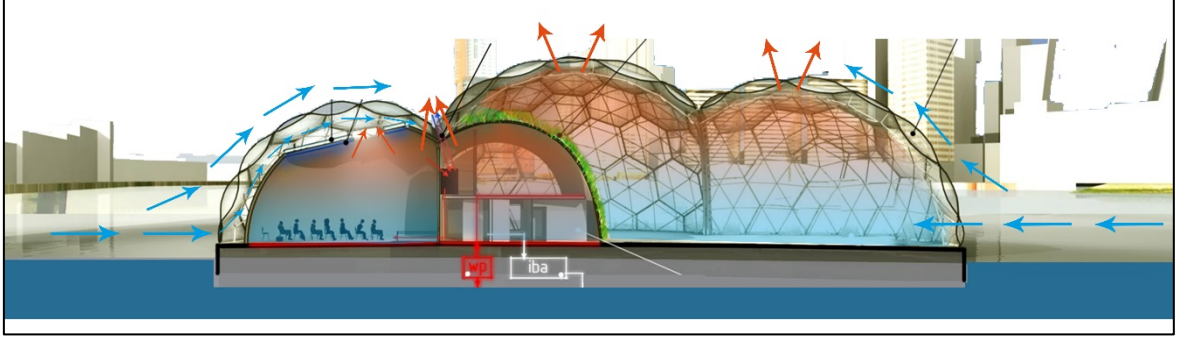
Şekil 99. Drijvend Pavyonu sürdürülebilirlik tablosu [177].

- Enerji

Yapıda aktif güneş sistemi olarak fotovoltaik güneş panelleri kullanılmıştır. Kullanılan paneller yapı içerisinde yer alıp oditoryum tavanına monte edilmiştir. Paneller özel yapıları ile iç ortamdaki ısıyı kendi bünyesine çekmektedir. Böylelikle paneller yalnızca aktif sistem güneş enerjisi kullanılmakla kalmayıp aynı zamanda yapı içi soğutmada da kullanılmaktadırlar (Şekil 99).

Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Kabuğun en üst noktasından tasarlanan açılabilir paneller kubbe içerisinde ısınan havanın yükselerek atmosfere atılmasını sağlamaktadır. Ayrıca karşılıklı olacak şekilde tasarlanan

zemin seviyesindeki açılabilir paneller yapının çapraz havalandırma ile havalandırılmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 100).



Şekil 100. Drijvend Pavyonu doğal havalandırma sistemi [177].

Yapıda kullanılan bir diğer ekolojik kaynak, üzerinde yer aldığı Rijnhaven Nehrinin derin bölgelerinde yer alan sabit sıcaklığın kullanılmasıdır. Isıtma ve soğutma amaçlı olarak kullanılan su, ısı pompası ile yapı içerisine pompalanmaktadır (Şekil 99).

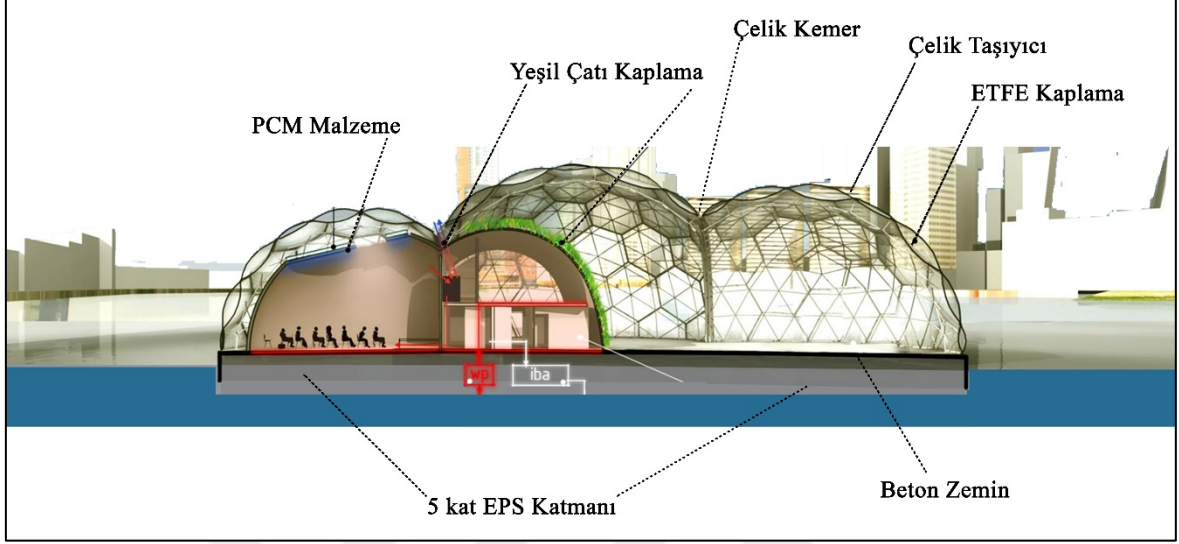
- Malzeme-Konstrüksiyon

Yüzen yapının en önemli kısmı söz konusu özelliği sağlayan temeldir. Yapı temelinde hem ısı yalıtımı sağlaması amacıyla hem de yapının nehir üzerinde batmaması amacıyla 5 kat genişletilmiş polistiren köpük ile temel için alt tabaka oluşturulmuştur. Tabaka en az 20 en fazla ise 75 cm kalınlığındadır. Kalın kısımlar üzerinde beton kiriş ızgarası bulunmaktadır. Yapı zemini için döşenen prefabrike beton levhalar bu kirişlere tutturulmuştur. Yaklaşık 20cm kalınlığında olan bu zemin yapıya, nehir üzerindeki dalga hareketleri esnasında direnç kazandırmaktadır. Tüm bu uygulamalar sonrasında kubbe altında kalan adanın kalınlığı 2,2m'dir ve yaklaşık olarak 80 cm'lik kısmı su üzerinde kalmaktadır.

Ada oluşturulduktan sonra çelik taşıyıcılı kubbe, zeminde oluşturulan mesnetlere sabitlenmiştir. 3 adet çubuk ağı jeodezik sisteme sahip olan kubbelerin birleştikleri kısımlarda taşıyıcı amaçlı olarak çelik kemerler bulunmaktadır. Çelik kemerler ile 15cm kalınlığındaki çubuklar ile örülü kubbeler birleştirilip, üzeri 85 cm kalınlığındaki ETFE kaplama ile kaplanmıştır.

İç mekandaki oditoryum, yapı kabuğundan bağımsız yan yana iki kubbe içerisinde yer almaktadır. Seyirci alanının üzerinde yer alan kubbe, PCM (Faz değıştiren malzeme) ile kaplanmıştır. Malzemenin en önemli özelliği yapısında yüksek oranda ısı tutabilmektedir.

İkinci kubbede ise yeşil çatı uygulaması yapılmıştır. Yeşil çatı kubbe altındaki mekâna hem ısı hem de ses yalıtımı sağlamaktadır (Şekil 101).



Şekil 101. Drijvend Pavyonu malzeme-konstrüksiyon kullanımı [177].

- Su

Yapı içerisinde tuvaletler ve bitkilerin sulanmasında kullanılmak üzere nehir yüzeyinden çekilen ve arıtılan su kullanılmaktadır. Kullanılan su nehre zarar vermeyecek kadar arıtıldıktan sonra nehre geri pompalanmaktadır (Şekil 99).

- Akustik

Oditoryum, sergi salonu içerisinde yer almaktadır. Bu nedenle iç ortamda gürültünün en az seviyeye indirilmesi amacıyla kaplama malzemesinde ses yutucu malzemeler kullanılmıştır. PCM ve yeşil çatı kaplaması gibi ses yutucu özellikte malzemelerin kullanımı ile oditoryum içerisinde gürültü kontrolü sağlanmıştır.



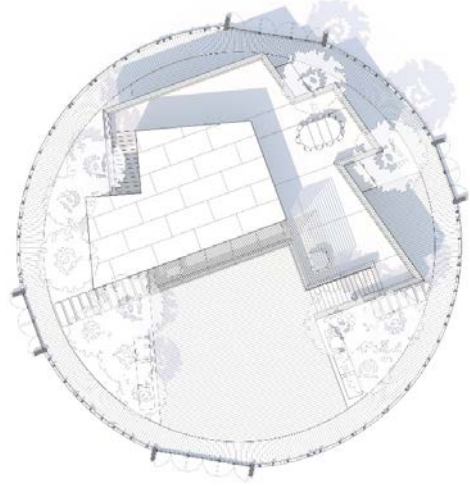
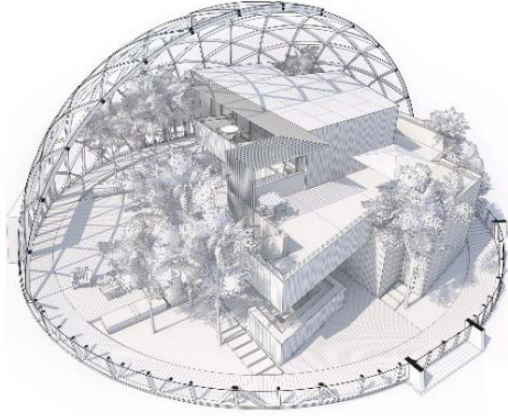
Tablo 13. Dome of Visions 3.0 [181, 182, 183].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Dome of Visions 3.0	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Atelier Kristoffer Tejlgaard	
	<b>Yapım Yılı</b>	2016	
	<b>Yapı Konumu</b>	Aarhus, Danimarka	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Konut	
<p>Dome of Vision 3.0, Danimarka'lı mimar Atelier Kristoffer Tejlgaard tarafından tasarlanan deneysel amaçlı konutlardan birisidir. 1.0 ve 2.0 gibi versiyonları bulunan kubbe formundaki konutlar Buckminster Fuller'in çağının oldukça ilerisinde bulunan kubbelerinden ilham alınarak tasarlanmıştır. Kubbelerde sürdürülebilirlik ve ekoloji önemli tasarım prensipleridir. Fuller'in şehir merkezlerinde kubbe kullanımı ile ekolojik mekanlar ortaya çıkartması fikrini geliştiren mimarlar, dönüştürülmüş ekolojik malzemeler ile bireysel konutlar tasarlamışlardır. İnşa edilen her versiyon, bir öncekinden dönüştürülen malzemeler kullanılarak inşa edilmektedir. Konutlar üzerinde yapılan gözlemler sonucunda bir önceki versiyonda tespit edilen eksiklikler ve hatalar yeni versiyonlarda giderilmiştir.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>	 		
	   		
	 		

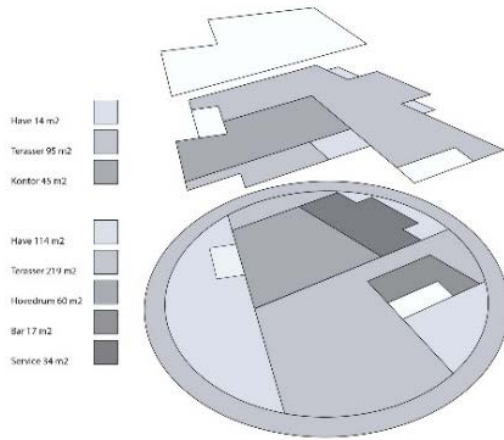


Tablo 13'ün devamı

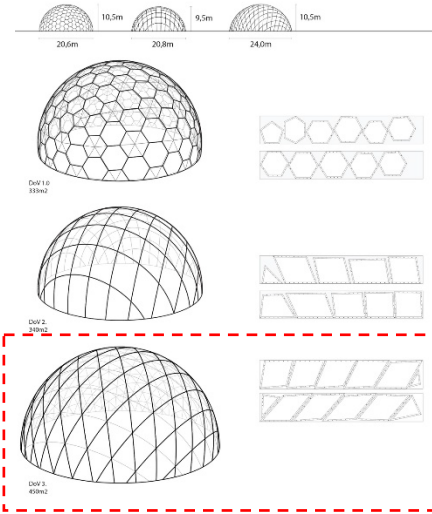
## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



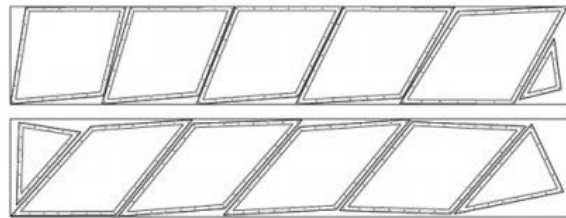
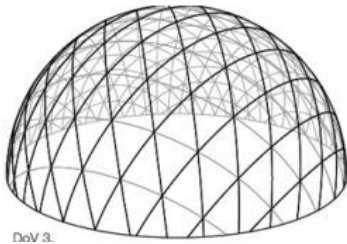
Vaziyet Planı



Kat Plan Şemaları



Dome of Vision Versiyonları



Kabuk Birleşim Şeması

Tablo 13'ün devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Basık Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	Çap: 24 m	10,5 m	450 m <sup>2</sup>	450 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>		Yok	
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>		Fotovoltaik Paneller	
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>		Yok	
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>		Bitki Örtüsü	
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>		Yok	
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>		Baca Havalandırması, Çapraz Havalandırma	
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>		Çatı Boşlukları, Plan Şeması	
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>		Yok	
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>		Tabakalı Ahşap	
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>		Plastik (Polikarbonat) Kaplama	
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>		Belirtilmemiş	
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>		Geri Dönüştürülmüş Ahşap	
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>		Tek Kabuk (Taşıyıcı 15cm+6mm Kaplama)	
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>		Belirtilmemiş	
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>		Belirtilmemiş	
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>		Belirtilmemiş	
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>		Belirtilmemiş		
<b>2. Akustik Tasarım</b>		Belirtilmemiş		

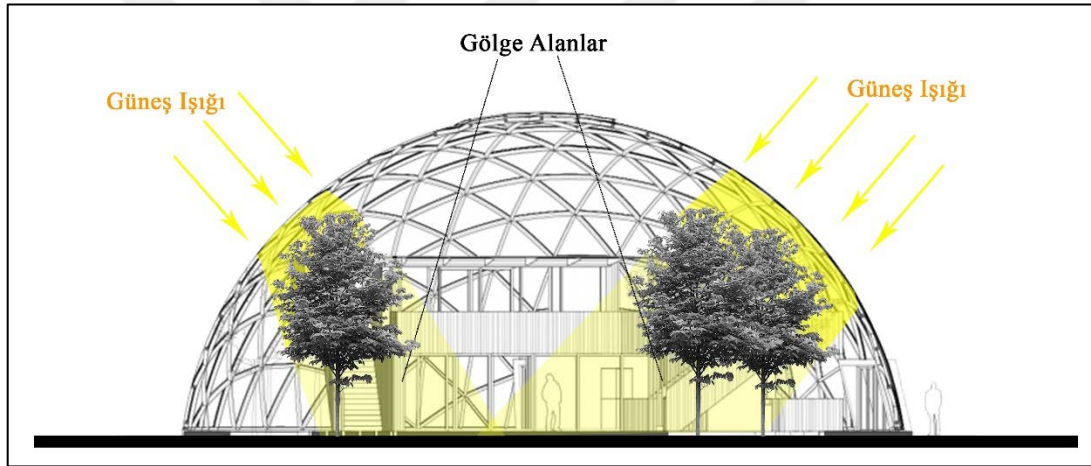
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapı çevre binalar ve topografyadan bağımsız olarak, kubbe formu ön planda olacak şekilde tasarlanmıştır fakat tasarım ekibi, geometrik form, kabukta açılan boşluklar vb. müdahaleler ile yapının çevre iklimsel özelliklerine uyumlu olmasına yardımcı olmuştur.

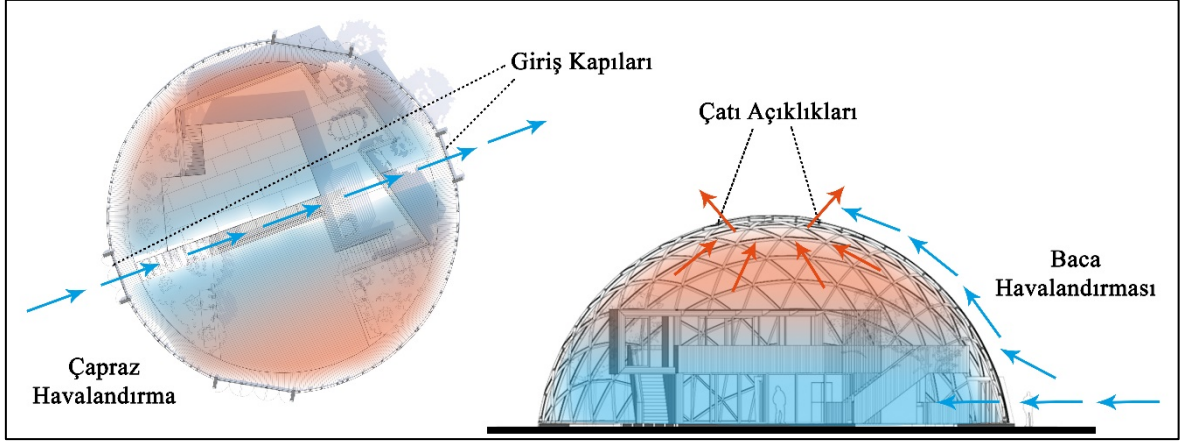
- Enerji

Yapı aktif güneş sistemi olarak fotovoltaik güneş panelleri kullanılmıştır. Kullanılan paneller yapının bir önceki versiyonlarından alınan panellerdir. Tasarım ekibi tarafından güneş ışığının kubbe altında olumsuz ortam koşulları oluşturmasını engellemek amacıyla belirlenen noktalara uygun boyutlarda ağaçlar yerleştirmiştir. Bu uygulama ile kubbe altındaki gölge alanlar oluşturulmuştur (Şekil 102).



Şekil 102. Dome of Vision 3.0 güneş kontrol elemanları [182].

Kabuğun kubbe formundaki yapısı hava sirkülasyonuna yardımcı olmaktadır. Kabuğun en üst noktasında tasarlanan boşluklar kubbe içerisinde ısınan havanın yükselerek atmosfere atılmasını sağlamaktadır. Ayrıca karşılıklı olacak şekilde tasarlanan giriş kapıları ve kütleler arasında bırakılan geçiş alanları, yapının zemin seviyesinde çapraz havalandırma ile havalandırılmasına yardımcı olmaktadır (Şekil 103).

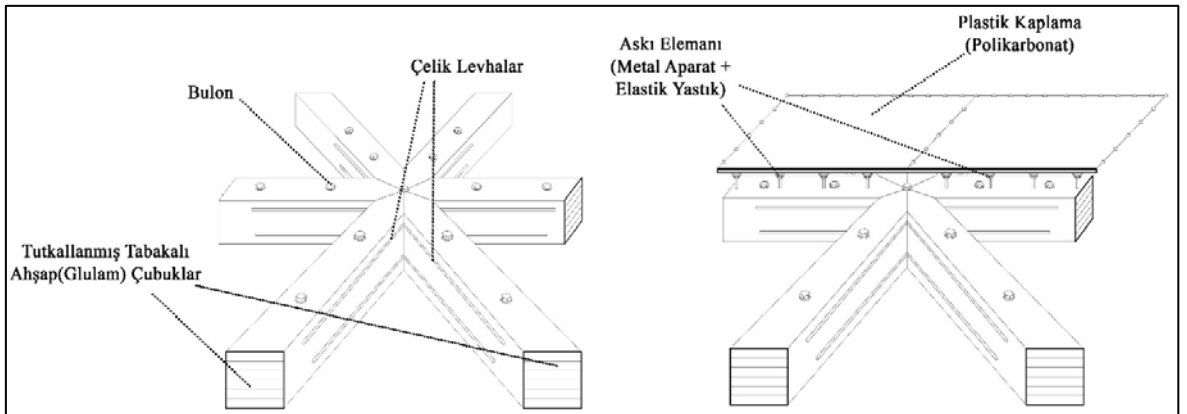


Şekil 103. Dome of Vision 3.0 doğal havalandırma sistemi [182].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Kubbe formundaki yapı kabuğu, zemine daha sonra sökülebilmesi amacıyla direk çelik çubuklar ile monte edilmiştir. Kabuk, tutkallı tabakalı ahşap kaburga kirişler ile taşınmaktadır. Kirişler birbirlerine lazer kesimi ile oluşturulan çelik elemanlar ile bağlanır, sıradan ahşap çubuk. Birleşimlerde, düğüm noktası bulunmamaktadır. Düğüm noktası görevini, bulon ile sabitlenen çelik levhalar yerine getirmektedir. Böylece malzemenin tasarruf sağlanmaktadır.

Kavisli yapıdaki jeodezik sistem ile inşa edilen ahşap çubukların üzeri plastik (polikarbonat) ile kaplanmıştır. Kavisli yapısı, kabuk yüzeyinin daha pürüzsüz ve dolayısı ile rüzgâra karşı daha dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Ayrıca önceki versiyonlardan üzerinde yapılan değerlendirme sonucu malzemenin tasarruf amacıyla kaplama malzemesi üçgenler ile değil eşkenar dörtgenler ile bölünmüştür (Şekil 104).



Şekil 104. Dome of Vision 3.0 malzeme-konstrüksiyon kullanımı [182].

- Su

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir su geri dönüşümü belirtilmemiştir

- Akustik

Tasarım ekibi tarafından herhangi bir akustik özellik belirtilmemiştir.

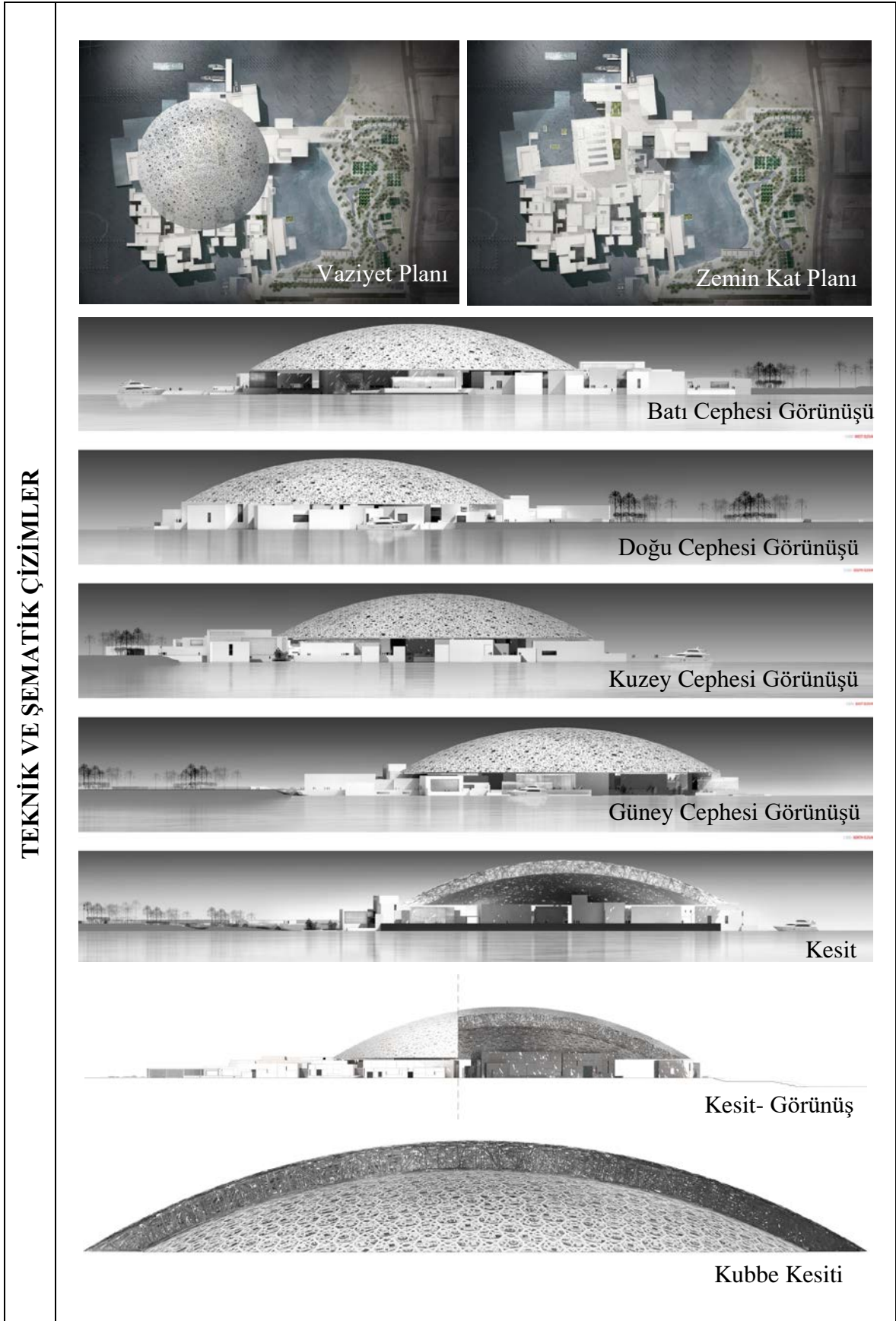




Tablo 14. Louvre Abu Dabi [184, 185, 186, 187, 188, 189, 190].

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Louvre Abu Dabi	
	<b>Yapı Mimarı</b>	Ateliers Jean Nouvel	
	<b>Yapım Yılı</b>	2017	
	<b>Yapı Konumu</b>	Abu Dabi, BAE	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Müze	
<p>Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dabi şehrinde inşa edilen yapı Fransız mimar Jean Nouvel tarafından 2006 yılında tasarlanmış, 2017 yılında inşası tamamlanmıştır. Tasarımın ana çıkış teması bölgenin geleneksel mimari dokusunun düzensizliğinin modern yorumlanması şeklindedir. Kubbe ise Arap medeniyetlerinin vazgeçilmez mimari ögesi olması nedeniyle tercih edilmiştir. Tasarımın ekolojik enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir bir yaklaşımı bulunmaktadır. Bu bağlamda kubbe çok önemli bir unsurdur. Yapıya güneş kontrolü, havalandırma gibi çeşitli ekolojik özellikler sağlamaktadır. Yapı yaklaşık olarak 58.000 m<sup>2</sup>'lik alan üzerinde inşa edilmişken, kubbe 24.870 m<sup>2</sup>'lik alanın üzerini örtmektedir. Kompleks içerisinde 23'ü galeri olmak üzere 55 ayrı yapı bulunmaktadır. Gerek iç ortamda seçilen renkler gerekse de kubbenin sağladığı doğal ışıktan dolayı projenin sloganı “insanlığı yeni bir ışıpta gör” olarak belirlenmiştir.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>			
			
			

Tablo 14'ün devamı



Tablo 14'ün devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Basık Kubbe		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe (Çift Katlı Uzay Kafes Sistem)		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	Çap: 178m	25 m (Zemin'den 10m Yukarda)	58.000 m <sup>2</sup>	24.870 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Var		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Çatı Boşlukları, Çatı Pençeleri		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Alüminyum Profiller		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Otomatik Sistemler		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Çift Kabuk Sistem		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Otomatik Sistemler		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Isı Pompası		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Alüminyum Profiller		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Yalıtımlı Cam		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Belirtilmemiş		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Çift Kabuk (50 cm Dış Kabuk + Jeodezik Sistem 5,3 m + 52 cm Dış Kabuk)		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Belirtilmemiş		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Yok		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı		
<b>E. AKUSTİK</b>				
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Var			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Var			

Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

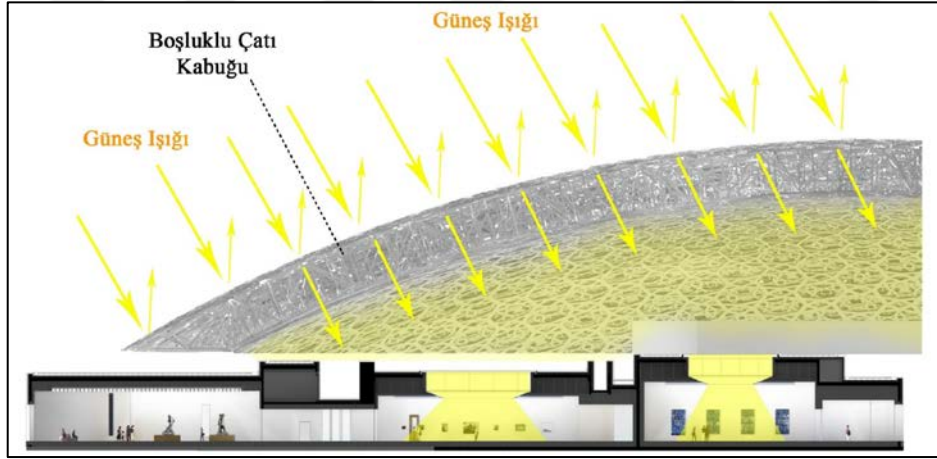
- Yerleşim Yeri

Yapı, Basra körfezi üzerinde inşa edilmiştir. Bu durum nedeniyle yapıda dalgaya, suyun yükselmesine ve akıntılara karşı çeşitli su yalıtımı, dalga kırıcı vb. önlemler alınmıştır.

Ayrıca yapı kabuğu, bölge iklimiyle uyumlu ve gün ışığından en fazla yaralanacak form ve biçimde tasarlanmıştır.

- Enerji

Müzedeki tasarım ekibi tarafından herhangi bir aktif güneş sistemi belirtilmemekle birlikte yoğun güneş alan bölge, aktif sistemlere son derece uygundur. Pasif sistem olarak kabuk kaplama malzemesi olan 4 katman dış kabukta, 4 katman iç kabukta olmak üzere 8 katman alüminyum profillerin karmaşık yapısı; iç ortama gün ışığının kontrollü girmesine olanak sağlarken, güneş ışığının ortam koşullarına zarar vermesi engellenmektedir. Birbirleri üzerine rastgele yerleştirilen profiller kabuğa güneş kırıcı özelliği katmaktadır. Ayrıca kubbe altında kalan sergi salonu ve müze mekanlarının gün ışığından faydalanması amacıyla çatı pençeleri bırakılmıştır (Şekil 105).

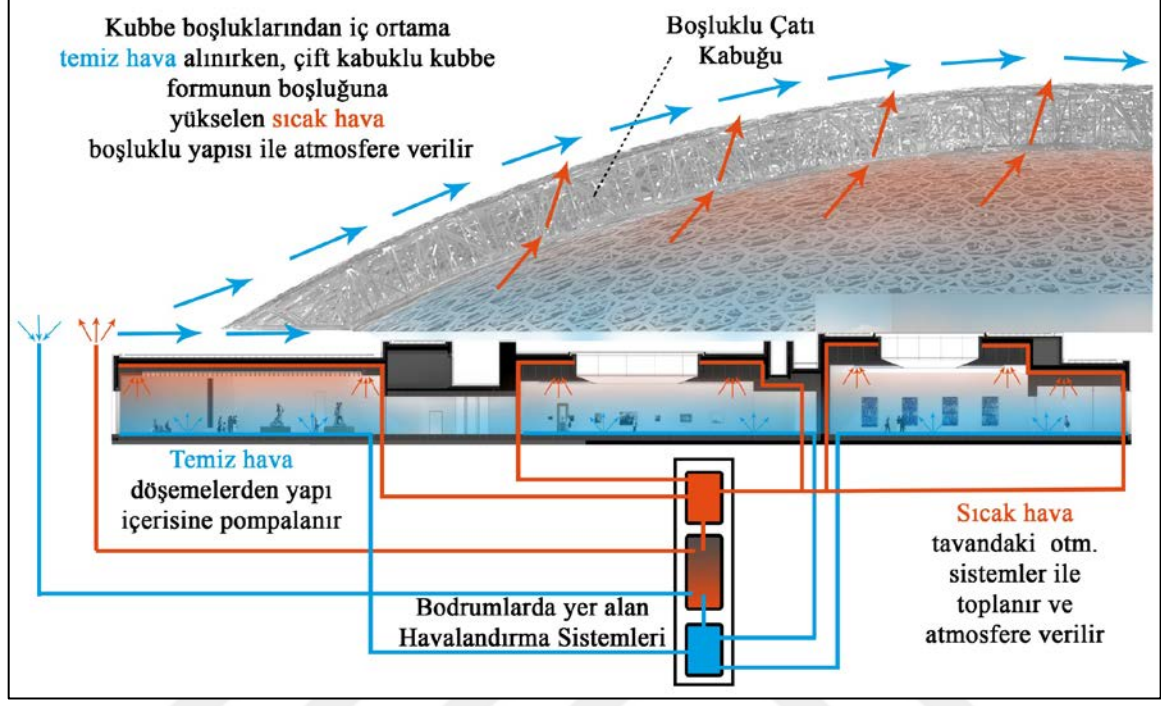


Şekil 105. Louvre Abu Dabi pasif güneş sistemi [187].

Yapı içerisinde doğal havalandırma ve aktif sistemler birlikte kullanılmıştır. Çift kabuklu yapıda, kabuk içerisinde bırakılan hava boşluğunda sürekli olarak hava sirkülasyonu bulunmaktadır. Isınan ve yükselen kirli hava boşluklu yapıdaki kubbe içerisinden atmosfere salınmaktadır. Bu sisteme ek olarak tüm galerilerin altında tasarlanan bodrum katlarda çeşitli aktif havalandırma ve acil durum sistemleri yer almaktadır. Yapı



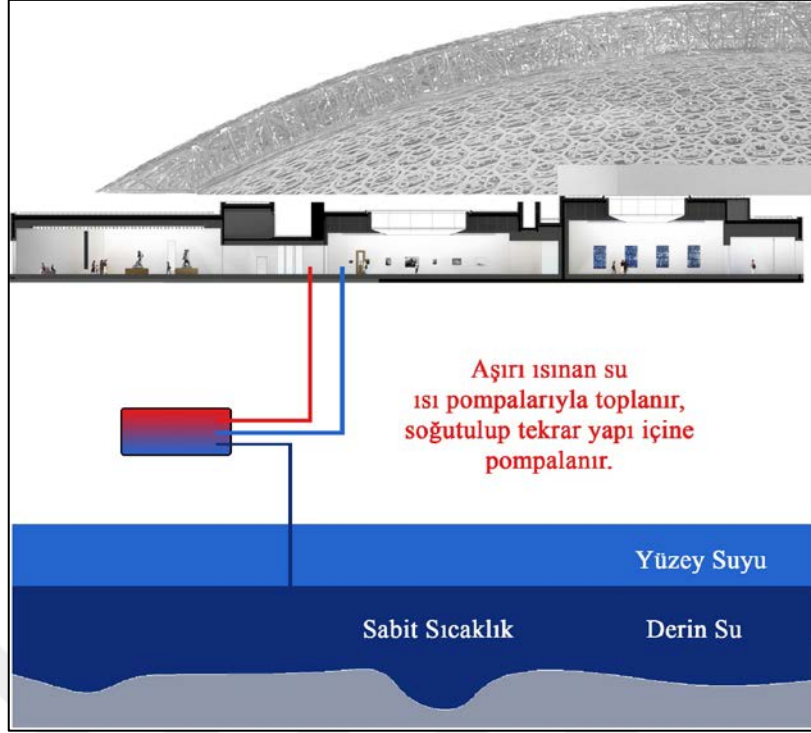
geniş tavanları içerisinde çözölen havalandırma ağı ile istenilmeyen kirli hava toplanıp atmosfere bırakılmaktadır (Şekil 106).



Şekil 106. Louvre Abu Dabi havalandırma sistemi [187].

Müzedeki ekolojik enerji kaynağı olarak su kaynağının sabit sıcaklığından yararlanan ısı pompası kullanılmaktadır. Isı pompası sıcak havalarda iç ortamı soğutma, soğuk havalarda ise ısıtma amaçlı olarak kullanılmaktadır. Isı pompası ile bağlantılı olarak çalışan ve iç mekân tavanları içerisinde kamufle edilen boru sistemi ile ısıtma ve soğutma yapılmaktadır. Isı pompaları kaynak olarak, yapının üzerinde yer aldığı Basra Körfezinin derin sularını kullanmaktadır (Şekil 107).





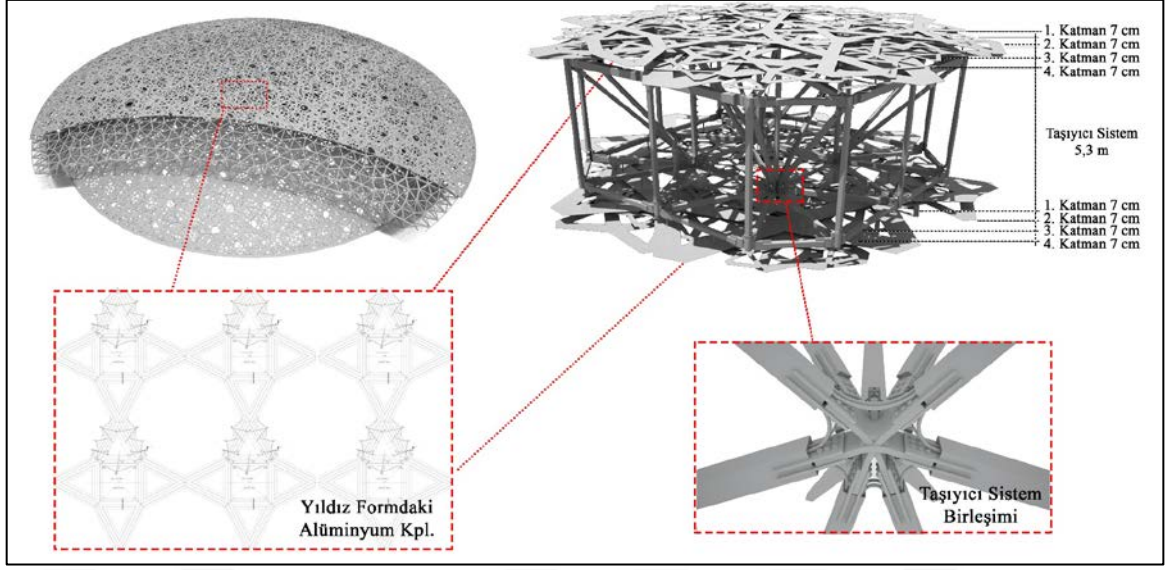
Şekil 107. Louvre Abu Dabi ısı pompası sistemi [187].

- Malzeme-Konstrüksiyon

Yapı su yalıtım önlemleri ve temel sabitleme çalışmaları sonrasında betonarme temel üzerine inşa edilmiştir. Temelden yükselen 4 adet betonarme kolon üzerinde yer alan kubbe çelik oynar mesnetler ile kolonlara sabitlenmiştir. Tamamen çelik strüktüre sahip yapı, çubuk ağı jeodezik kubbe (çift katlı uzay kafes sistem) kullanılarak inşa edilmiştir.

Çubuk ağı sisteminin ilk katmanı 55 cm kalınlığında 174 m çapında iken, ikinci katman ise 40 cm kalınlığında 169m çapındadır. Kubbe kaplama malzemesi olarak uç uca eklenen 7 cm kalınlığında yıldız formundaki alüminyum profiller kullanılmıştır. Kabuk sistemi 4 kat dış kabukta (toplam 50,5 cm), 4 kat iç kabukta (toplam 52,5 cm) olacak şekilde rastgele bir düzende tasarlanmıştır. Profiller ve taşıyıcı sistem arasında, dış ve iç kabukta 20'şer cm boşluk bırakılırken, profillerin aralarında 7,5 cm boşluk bulunmaktadır (Şekil 108).

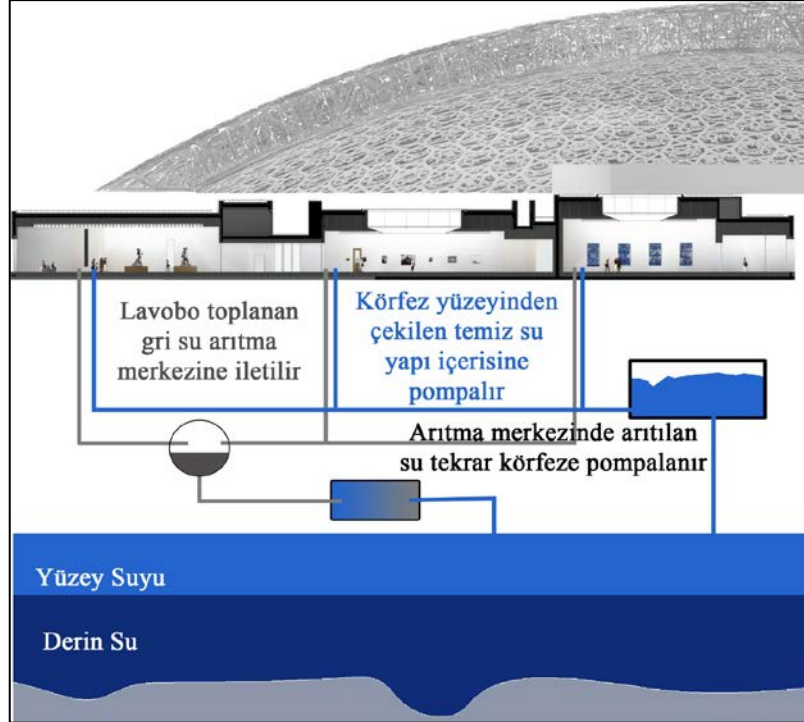
Yapı içerisinde yer alan sergi salonları ve müze bölümleri ısı yalıtımı özelinde yalıtılmıştır. Bu bağlamda duvarlarda ve döşemelerde lifli ısı yalıtım malzemesi ve prekast beton paneller ve çatıda gün ışığından faydalanmak amacıyla bırakılan pencerelerde ise ısı yalıtım camları kullanılmıştır.



Şekil 108. Louvre Abu Dabi malzeme-konstrüksiyon kullanımı [186, 187].

- Su

Yapı içerisinde tuvaletler ve bitkilerin sulanmasında kullanılmak üzere körfez yüzeyinden çekilen ve arıtılan su kullanılmaktadır. Kullanılan su nehre zarar vermeyecek kadar arıtıldıktan sonra körfeze geri pompalanmaktadır (Şekil 109).



Şekil 109. Louvre Abu Dabi su geri dönüşümü [187].

- Akustik

Kompleksin işlevinin müze ve sergi salonu olması nedeniyle gürültünün önlenmesi ve akustik tasarım prensiplerine uyulması konusunda tasarım ekibi özen göstererek çalışmıştır. İç mekân duvarlarında ve döşemelerinde çeşitli ses yutucu malzemeler kullanılarak yankılanan sesin önüne geçerek gürültü kontrolünü sağlamıştır. Ayrıca arka plan seslerinin (aydınlatma, havalandırma vb. sistemler) çeşitli otomatik sistem ses kaynakları ile maskelenmesi, gürültü kontrolüne yardımcı olunmuştur.

Tüm mekanların çözümlerinde akustik tasarım prensiplerine özen gösterilmiştir. Bu bağlamda kübik formlar ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Kullanılan malzeme ve donatıların boyutları özenle seçilmiştir.



Tablo 15. Montreal Biome [191, 192, 193, 194, 195]

<b>YAPI KİMLİĞİ</b>	<b>Yapı Adı</b>	Montreal Biodome	
	<b>Yapı Mimarı</b>	AZPML and Kanva Architect	
	<b>Yapım Yılı</b>	Veledroom İnşaatı: 1976 Yenileme: 2017- Devam Ediyor	
	<b>Yapı Konumu</b>	Montreal, Kanada	
	<b>Yapının İşlevi</b>	Botanik Bahçe / Hayvanat Bahçesi	
<p>Montreal Biodome'u olarak isimlendirilen ve 2017'de yenilenmesi için düzenlenen yarışma sonucunda botanik ve hayvanat bahçesi olarak işlevlendirilen asma kubbeli yapı, 1976 yılında Olimpiyat Oyunları için inşa edilen bir veledrome binasıdır. 1992 yılında yapılan düzenleme ile doğa bilimleri müzesine dönüştürülmüştür. 2017 yılında Montreal'in 350. kuruluş yılına özel düzenlenen yarışma sonrasında yenileme çalışmalarına başlanılan kompleks, farklı iklim bölgelerinden yaklaşık 400 farklı tür bitki ve 200 farklı hayvan türüne ev sahipliği etmektedir. Tasarımın esas amacı; günümüz şehir yaşantısı içerisinde doğadan kopan Montreal halkının, farklı iklimlerde yaşayan bitki ve hayvan türleri ile doğa-insan birlikteliğini tekrar canlandırmaktır. Tasarımın temel prensipleri yaratıcılık, sürdürülebilirlik, akıcılık ve uyumdur.</p>			
<b>GÖRSELLER</b>	 		
	  		
	 		

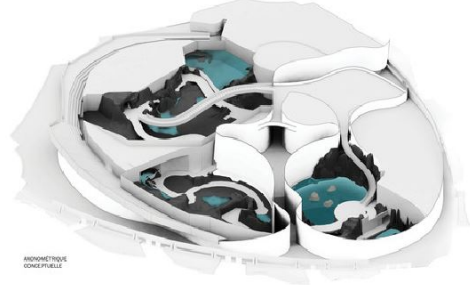


Tablo 15'in devamı

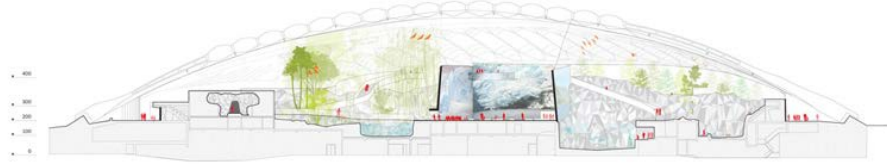
## TEKNİK VE ŞEMATİK ÇİZİMLER



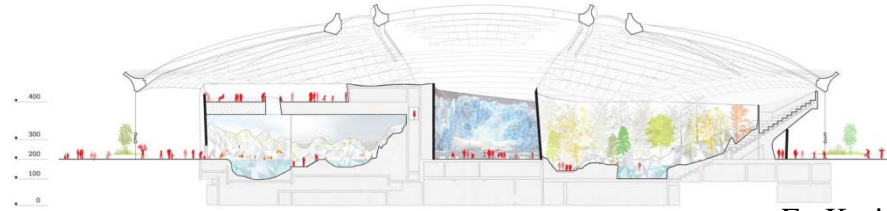
Zemin Kat Planı



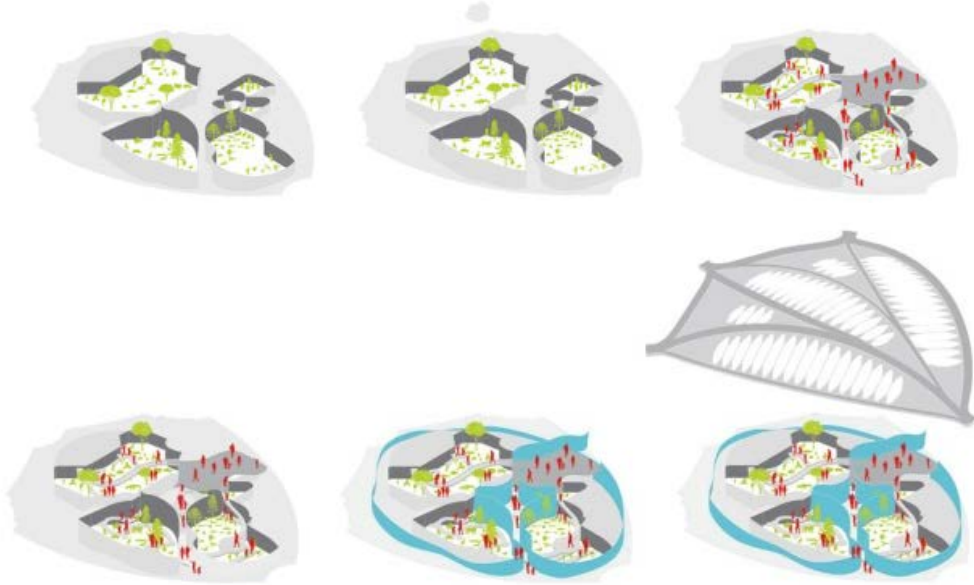
Plan Şeması



Boy Kesiti



En Kesiti



Kat Plan Şemaları



Tablo 15'in devamı

<b>KUBBENİN STRÜKTÜREL ÖZELLİKLERİ</b>	<b>Geometrik Form</b>	Asma Kubbe (Yelken Tonozu)		
	<b>Taşıyıcı Sistem</b>	Betonarme ve Çelik Kemer Taşıyıcılı Kubbe		
	<b>Yatay Uzunluk</b>	<b>Yükseklik</b>	<b>Toplam Alan</b>	<b>Kubbe Alanı</b>
	162m x 129 m	maksimum 25m	9.240 m <sup>2</sup>	9.240 m <sup>2</sup>
<b>KUBBE FORMUNUN EKOLOJİK TASARIM PRENSİPLERİ</b>	<b>A. YERLEŞİM YERİ</b>			
	<b>1. Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum</b>	Yok		
	<b>B. ENERJİ</b>			
	<b>1. Aktif Güneş Sistemi</b>	Fotovoltaik Paneller		
	<b>2. Pasif Güneş Sistemi</b>	Çatı Pencereleeri		
	<b>3. Güneş Kontrol Elemanları</b>	Yok		
	<b>4. Aktif Rüzgâr Sistemi</b>	Otomatik Sistemler		
	<b>5. Doğal Havalandırma Sistemi</b>	Yok		
	<b>6. Rüzgâr Kontrol Elemanları</b>	Otomatik Sistemler		
	<b>7. Diğer Enerji Sistemleri</b>	Isı Pompası		
	<b>C. MALZEME-KONSTRÜKSİYON</b>			
	<b>1. Taşıyıcı Sistem Malzemesi</b>	Betonarme, Çelik		
	<b>2. Kaplama Malzemesi</b>	Metal Levha, Cam Kaplama		
	<b>3. Yalıtım Malzemesi</b>	Belirtilmemiş		
	<b>4. Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı</b>	Geri Dönüştürülmüş Çelik		
	<b>5. Kabuk Sayısı</b>	Tek Kabuk 60 cm		
	<b>6. Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)</b>	Var (%51)		
	<b>D. SU</b>			
	<b>1. Yağmur Suyu Geri Dönüşümü</b>	Belirtilmemiş		
	<b>2. Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı</b>	Atık Su Kullanımı		
	<b>E. AKUSTİK</b>			
<b>1. Gürültü Kontrolü</b>	Var			
<b>2. Akustik Tasarım</b>	Var			

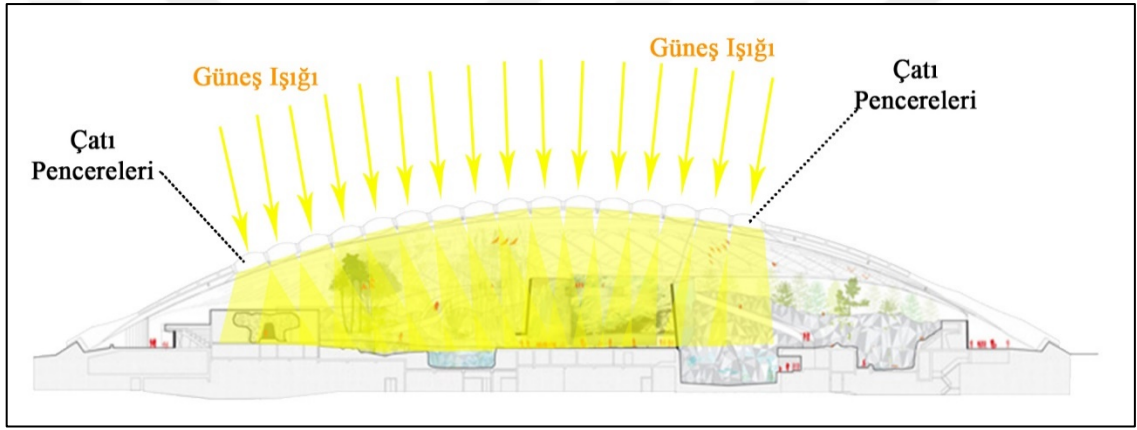
Kubbe Formunun Ekolojik Tasarım Prensiplerine Ait Açıklamalar:

- Yerleşim Yeri

Yapının topografya, çevre binalar, iklim ve bitki örtüsü ile ekolojik olarak bir uyumu söz konusu değildir. Yapı çoğunlukla aktif sistemlerin kullanıldığı bir komplekstir.

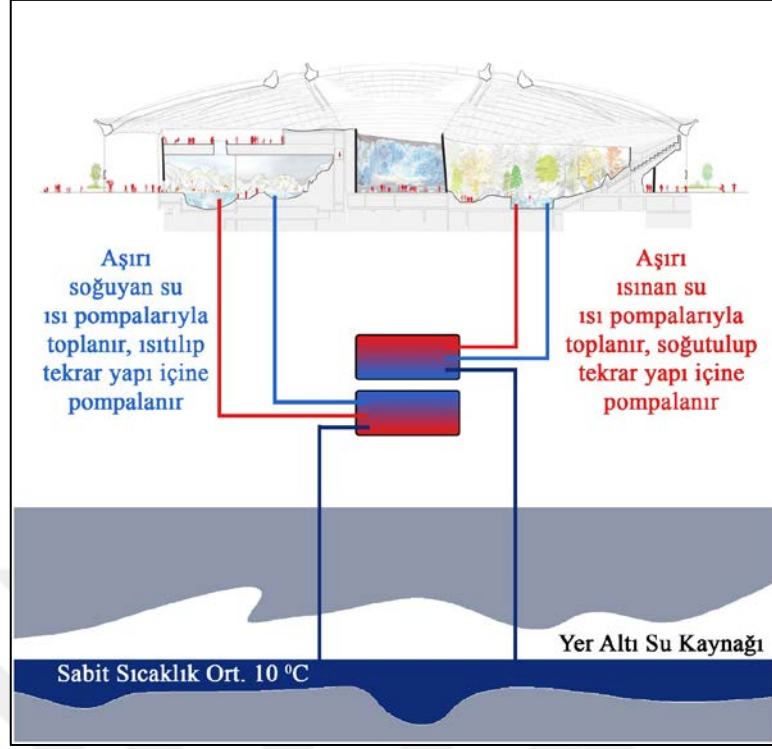
- Enerji

Yapıda aktif güneş sistemi olan fotovoltaik güneş panelleri kullanılmaktadır. Paneller çatı pencerelerinde yer almaktadır. Ayrıca yapı içerisinde doğal aydınlatmaya yardımcı olmak amacıyla çatı pencereleri kullanılmıştır. Çatı pencerelerinin kavisli yapısı, gün ışığının daha verimli olarak iç mekâna girmesine yardımcı olmaktadır (Şekil 110).



Şekil 110. Montreal Biodome pasif güneş sistemi [192].

Montreal Biodome hem inşa edildiği tarih hem de kullanım amacının farklı olması nedeniyle pasif sistemlerin kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda tasarımda mimar ve mühendisler, aktif ekolojik sistemler kullanmıştır. Yapı içerisinde ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin tamamı aktif sistemdir. Isıtma ve soğutma amaçlı olarak sabit sıcaklıktaki, zeminden 20 m aşağıda bulunan, yer altı su kaynakları kullanılmıştır. Isı pompaları, su kaynaklarını kullanarak iç ortamdaki sıcaklığın kontrolünü sağlamaktadır. Isı pompaları ile yaz ve kış aylarında yapı içi ısıtma ve soğutma masrafları büyük oranda azaltılmıştır (Şekil 111).



Şekil 111. Montreal Biodome ısı pompası sistemi [192].

Yapı içerisinde farklı iklim ve bitki örtüsü türleri bir arada bulunmaktadır. Tüm bu farklı ekosistemler farklı ortam koşulları gerektirmektedir. Mekanlar arasında tasarlanan ağ ile soğutulması gerekli olan mekândan toplanan sıcak hava ısıtılması gerekli mekâna pompalanarak yapı içerisinde denge sağlanmaktadır. Söz konusu sistem yapıya ciddi oranda enerji tasarrufu getirmektedir. Kullanılan aktif sistemler yapının enerji ihtiyacını %52, gaz salınımını ise %80 oranında azaltmıştır.

- Malzeme-Konstrüksiyon

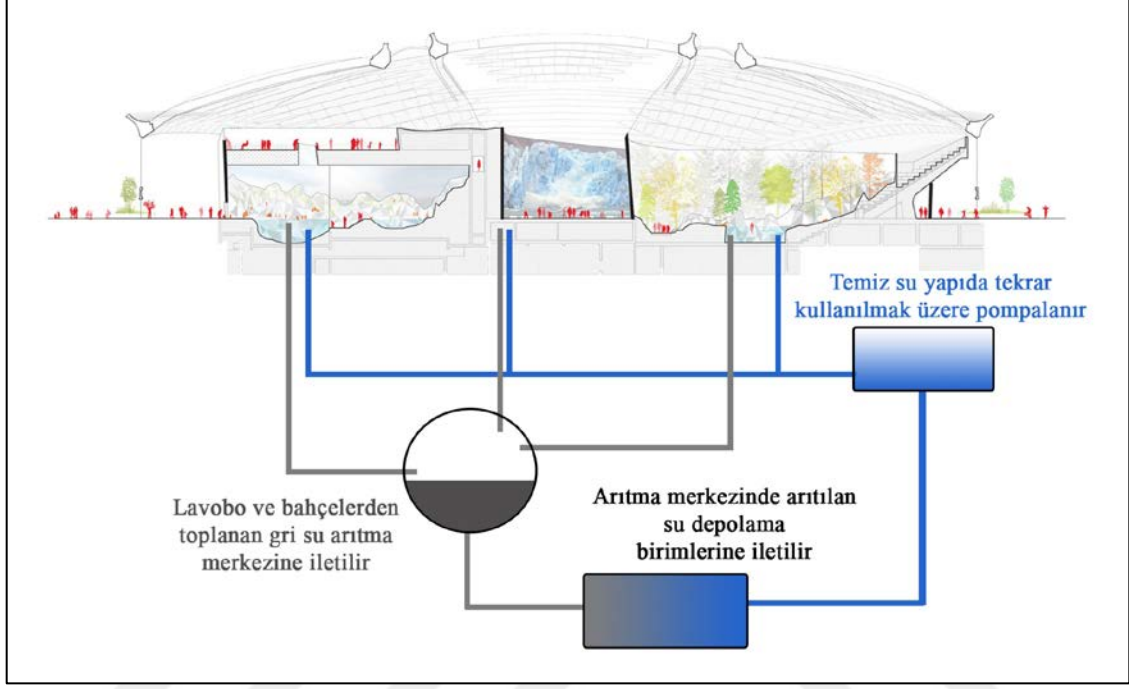
Tasarım ekipleri tarafından, taşıyıcı ve kaplama malzeme özellikleri açısından detaylı bilgi verilmemektedir ancak yapının taşıyıcı kemerlerinin betonarme, söz konusu kemerleri birbirlerine bağlayan kirişlerin ise çelik olduğu bilinmektedir. Betonarme kemerler yaklaşık 90cm x 110cm boyutlarında, çelik kirişler ise 15cm x 40cm boyutlarındadır. Çelik kirişler arası dış ortam şartlarına dayanıklı olan lamine cam kullanılmıştır.

Yapının yenileme işlemleri esansında yıkılan kısımlardan elde edilen çelik, geri dönüştürülerek tekrar yapıda kullanılmıştır.

- Su

Yapıda tasarım ekibi tarafından herhangi bir yağmur suyu geri dönüşümü belirtilmemiştir fakat atık su kullanımı, ön planda tutulan bir tasarım prensibidir.

Lavabolarda, bahçe sulamalarında ve yapı içerisindeki diğer ihtiyaçlarda kullanılan atık sular bir toplama merkezinde toplanılarak arıtılır. Arıtılan su tekrar yapı içerisinde kullanılmak üzere geri pompalanır (Şekil 112).



Şekil 112. Montreal Biodome su geri dönüşümü [192].

- Akustik

Yapı üzerinde yapılan yenileme çalışması kapsamında tasarım ekibi gerek malzeme kullanımı gerekse de yeniden düzenlenen plan şemasının akustik tasarımı ile her bir mekânın diğer mekanlardan izole bir ortam olmasını amaçlamaktadır. Bu bağlamda her bir mekânda gürültü kontrolü amaçlı olarak gürültüyü yutan malzeme ve gürültü maskelemek amaçlı olarak çeşitli ses sistemleri kullanılmıştır. Ayrıca yeni plan şeması, sesin dengeli olarak yayılmasına katkıda bulunmaktadır.

### 3. BULGULAR VE İRDELEMELER

Kubbelerde uygulanan ekolojik tasarım prensiplerinin incelendiği bu çalışmada literatür çalışması sonucunda derlenen bilgiler, kubbelerde ele alınabilecek ekolojik özellikler bağlamında yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik olarak 5 ana başlıkta sınıflandırılmıştır. Ekolojik yapı özelliklerinin yoğun bir şekilde ele alındığı, 2000 yılı sonrası inşa edilen ve ekolojik özellikler içeren 13 kubbeli yapı örneği bu 5 başlık üzerinden analiz edilmiştir.

Analizler sonucunda bulgular ve irdelemeler;

1. Yapı ile ilgili bulgular ve irdelemeler
2. Kubbenin Strüktürel Özellikleri ile ilgili bulgular ve irdelemeler
3. Ekolojik tasarım prensipleri ile ilgili bulgular ve irdelemeler olmak üzere üçe ayrılmıştır.

#### 3.1. Yapı ile İlgili Bulgular ve İrdemeler

Araştırma kapsamında seçilen yapılarla ilgili hazırlanan analiz tablolarında yapıya ait bilgiler başlığı altında, kullanılan kubbe formunun özellikleri, görseller, teknik ve şematik çizimler ve yapı ile ilgili genel bilgiler yer almıştır. Yapı kimliği Tablo 16'da kullanılan karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Kubbe formu, tarihi süreçte anıtsal anlamları nedeniyle çok erken dönemlerde (Pantheon, M.S. 118) kullanılmaya başlanmış, uygulandıkları yapılara ihtişam kazandırmıştır. Özellikle 20. yüzyılın başlarında betonarme ve çeliğin kullanımıyla birlikte kubbeli yapıların örnekleri çoğalmıştır. Salt çekmeye çalışan malzemelerin kullanımı sonrasında ise daha hafif olarak inşa edilmeye ve daha geniş açıklıklar geçilmeye başlanmıştır. Çalışmada ele alınan örnekler, ekolojik yapı ilkelerinin yoğun bir şekilde ele alındığı, 21. yüzyıldan seçilmiştir.

İncelenen 13 yapı örneği dünyanın farklı bölgelerinde yer almaktadır. Örnekler İngiltere ve Almanya'da yoğunlaşmakla birlikte gelişen teknolojinin dünyanın hemen her yerine ulaşabilmesi sonucunda geniş açıklıklar sağlayan bir strüktür türü olarak kubbelerin birçok ülkede inşa edilebildiği görülmektedir.



Kubbe formu farklı işlevlerdeki yapılarda kullanılmıştır. Yapılan analizler, formun tarihi süreçte geniş açıklık geçmek üzere ve yoğunlukla dini yapılarda uygulandığını; günümüzde ise küçük büyük farklı açıklıklarda ve konut, kongre merkezi, spor salonu, botanik bahçe gibi birçok farklı işlevdeki yapı türünde uygulanabildiğini; göstermiştir. Seçilen örneklerde işlev yoğunluğunun, çok sayıda insanın bir araya gelmesini sağlayan, spor salonu, sergi salonu ve botanik bahçelerde olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 16. Yapı Kimliği Tablosu

Yapı Kimliği				
Yapı Adı	Yapı Mimarı	Yapım Yılı	Yapı Konumu	Yapının İşlevi
1. Eden Projesi	• Nicholas Grimshaw	• 2001	• Kornval, İngiltere	• Botanik Bahçe
2. 30 St Mary Axe	• Norman Foster and Partners	• 2004	• Londra, İngiltere	• Ofis
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	• Norman Foster and Partners	• 2005	• Berlin, Almanya	• Kütüphane
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	• Renzo Piano	• 2008	• Kaliforniya, Amerika	• Eğitim
5. Stork Nest Çiftliği	• SGL Projekt	• 2010	• Olbramovice, Çekya	• Toplantı Salonu • Binicilik Arenası
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	• Hes Hentrich-Petschnigg and Partner	• 2011	• Laypzig, Almanya	• Hayvanat Bahçesi
7. Skunthorpe Spor Akademisi	• Andrew Wright Associates ve S and P Architects	• 2011	• Skunthorpe, İngiltere	• Spor Akademisi
8. Garden by the Bay	• Wilkinson Eyre Architects	• 2012	• Bayshore, Singapur	• Botanik Bahçe
9. Kaeng Krachan Fil Evi	• Markus Schietsch Architekten	• 2014	• Zürih, İsviçre	• Hayvanat Bahçesi
10. Drijvend Pavyonu	• DeltaSync Architects	• 2015	• Rotterdam, Hollanda	• Sergi Salonu
11. Dome of Visions 3.0	• Atelier Kristoffer Tejlgaard	• 2016	• Aarhus, Danimarka	• Konut
12. Louvre Abu Dabi	• Ateliers Jean Nouvel	• 2017	• Abu Dabi, BAE	• Müze
13. Montreal Biodome	• AZPML and Kanva Architect	• 2018	• Montreal, Kanada	• Botanik Bahçe • Hayvanat Bahçesi

### 3.2. Kubbenin Strüktürel Özellikleri ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler

İncelenen örneklerde yer alan kubbelerin strüktürel özellikleri Tablo 17'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

İncelenen örneklerdeki kubbelerin 1'i küresel, 1'i soğan, 2'si asma, 3'ü eliptik, 5'i basık, 1'i sivri kubbe formundadır. İşlev, taşıyıcı sistem ve açıklıklara da bağlı olarak kubbeler farklı formlardan oluşabilmektedir. Seçilen örneklerde en çok kullanılan formun basık ve eliptik kubbe olduğu gözlemlenmiştir.

Aynı forma sahip kubbeler farklı taşıyıcı sistemler uygulanarak da geçilebilmektedir. Örneklerde de görüldüğü gibi basık kubbe, çubuk ağı nervürlü sistem veya çubuk ağı jeodezik sistem ile çözülebilmektedir. Aynı taşıyıcı sisteme sahip fakat farklı formda kubbeler de uygulanabilmektedir. Örneğin, çubuk ağı jeodezik sisteme sahip bir kubbe, basık ve eliptik form gibi farklı iki formda uygulanabilmektedir.

Seçilen örneklerde geçilen açıklığın değiştiği gözlemlenmiştir. Bu aralıklar örneklerde 24 metre ile 200 m arasında değişmekle birlikte 50m üzerinde yoğunlaşmaktadır. 50 m altında geçilen örnek sayısı nispeten daha azdır. Yükseklikleri 11,5 m ile 55 m arasında değişmekle birlikte, 180m yüksekliğindeki 30 st. Saint Marry Axe, bir gökdelen yapısı olması nedeniyle diğer örneklerden ayrı olarak değerlendirilmektedir.

Yapı toplam alanı karşılaştırıldığında 9 örnekte kubbe yapının tümünü oluşturup kabuk olarak görev yapmaktadır. 4 örnekte ise yapının çatısı ve/veya yapının bir bölümünün çatısı olduğu gözlemlenmiştir. Yapının işlevine ve tasarımın konseptine bağlı olarak bu durum farklılık göstermektedir.

Tablo 17. Kubbenin Strüktürel Özellikleri Tablosu

Kubbenin Strüktürel Özellikleri						
Yapı Adı	Geometrik Form	Taşıyıcı Sistem	Yatay Uzunluk	Yükseklik	Toplam Alan	Kubbe Alanı
1. Eden Projesi	• Basık Kubbe	• Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe	• T. Biome: 125m x 200m • A. Biome: 65m x 135 m	• T. Biome: 55m • A. Biome: 35m	• 22,100 m <sup>2</sup>	• T. Biome: 1,56 ha • A. Biome: 0,65 ha
2. 30 St Mary Axe	• Sivri Kubbe	• Çubuk Ağı Lamella Kubbesi	• Çap 50 m	• 180 m	• 1.960 m <sup>2</sup>	• 1.960 m <sup>2</sup>
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	• Eliptik Kubbe	• Kemer Taşıyıcılı Kubbe	• 64 m x 55 m	• 24 m	• 215.400 m <sup>2</sup>	• 6.290 m <sup>2</sup>
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	• Basık Kubbe	• Çubuk Ağı Nervürlü Kubbe	• Çap: 24,7 m	• Cam Kubbe: 17,4 m • Yeşil Çatı: 19,8 m	• 8.625 m <sup>2</sup>	• 958 m <sup>2</sup>
5. Stork Nest Çiftliği	• Soğan Kubbe	• Kaburga Kubbe	• Çap: 34 m	• 12,5 m	• 905m <sup>2</sup>	• 905 m <sup>2</sup>
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	• Asma Kubbe	• Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe	• 154 m x 154 m	• min: 7,5 m • max: 40 m	• 18.500 m <sup>2</sup>	• 15.800 m <sup>2</sup>
7. Skunthorpe Spor Akademisi	• Basık Kubbe	• Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe	• 80 m x 90 m	• max 14 m	• 5,900 m <sup>2</sup>	• 5,900 m <sup>2</sup>
8. Garden by the Bay	• Eliptik Kubbe	• Kemer Taşıyıcıya Asılı Çubuk Ağı Nervürlü Kubbe	• Ç. Kubbesi: 84 x 140 m • B. Ormanı: 90 x 80 m	• Ç. Kubbesi: 38m • B. Ormanı: 70 m	• 8.625 m <sup>2</sup>	• 8.625 m <sup>2</sup>
9. Kaeng Krachan Fil Evi	• Eliptik Kubbe	• Kabuk Kubbe	• 87 m x 80 m	• 19 m	• 6.800 m <sup>2</sup>	• 6.800 m <sup>2</sup>
10. Drijvend Pavyonu	• Küresel Kubbe	• Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe	• 24 m x 46,2 m	• max. 11,4 m	• 880 m <sup>2</sup>	• 880 m <sup>2</sup>
11. Dome of Visions 3.0	• Basık Kubbe	• Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe	• Çap: 24 m	• 10,5 m	• 450 m <sup>2</sup>	• 450 m <sup>2</sup>
12. Louvre Abu Dabi	• Basık Kubbe	• Çubuk Ağı Jeodezik Kubbe	• Çap: 178 m	• 25 m	• 58.000 m <sup>2</sup>	• 24.870 m <sup>2</sup>
13. Montreal Biodome	• Asma Kubbe	• Kemer Taşıyıcılı Kubbe	• 162m x 129 m	• max. 25m	• 9.240 m <sup>2</sup>	• 9.240 m <sup>2</sup>

### 3.3. Ekolojik Tasarım Prensipleri ile İlgili Bulgular ve İrdelemeler

Araştırma kapsamında incelenen örnekler, ekolojik tasarım prensipleri kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda; yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik olarak 5 ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Söz konusu başlıkların her biri için örnekler karşılaştırılmalı bir tabloda sunulularak, elde edilen bulgular ve irdelemeler verilmiştir.

- Yerleşim Yeri ile İlgili Ekolojik Tasarım Prensipleri

İncelenen örneklerde yerleşim yeri ile ilgili ekolojik tasarım prensipleri Tablo 18’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir:

Tablo 18. Ekolojik Tasarım Prensipleri A Tablosu (Yerleşim Yeri)

Ekolojik Tasarım Prensipleri	
A (Yerleşim Yeri)	
Yapı Adı	Topografya ve Çevre Yapılar ile Uyum
1. Eden Projesi	Var
2. 30 St Mary Axe	Var
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	Var
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	Var
5. Stork Nest Çiftliği	Yok
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	Var
7. Skunthorpe Spor Akademisi	Var
8. Garden by the Bay	Var
9. Kaeng Krachan Fil Evi	Var
10. Drijvend Pavyonu	Var
11. Dome of Visions 3.0	Yok
12. Louvre Abu Dabi	Var
13. Montreal Biodome	Yok

İncelenen örneklerin çoğunun yer aldıkları topografya ve çevre binalar ile uyum sağladığı gözlenmiştir. Eden Projesi'nde eğimli topografyadan yüzey alanı olarak yararlanılmış; Deijiven Paviljoen'da nehir içerisinde hareket kazandırılmış; Kaliforniya Bilim Akademisi'nde, 7 kubbe ile San Francisco'nun topografyası simgelenmiş; 30 St Marry Axe binasının sahip olduğu yükseklik ile seyir kulesi olarak da değerlendirilmiş; Skunthorpe Spor Akademisi ve Stork Nest Farm'da topografyadaki gölden iklimsel olarak yararlanılmıştır.

Örneklerin tümü yerleşim yeri özellikleri ve sahip oldukları yükseklikler ile buldukları çevreye hâkim konumlandırılmıştır. Yapıların çevresinde gün ve güneş ışığının iç ortama alınmasına, rüzgâr yönlenmesine engel olabilecek herhangi bir topografik yapının, ağaçlandırmanın, mevcut strüktürün yer almadığı görülmüştür.

- Enerji ile İlgili Ekolojik Tasarım Prensipleri

İncelenen örneklerde enerji ile ilgili ekolojik tasarım prensipleri Tablo 19'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

İncelenen örneklerin 6'sında fotovoltaik paneller ile güneşten aktif olarak yararlanılmış ve yapının enerji ihtiyacı bu paneller yardımıyla karşılanmıştır. Fotovoltaik paneller Kaliforniya Bilim Akademisi'nde kubbe dış yüzeyinde, Drijvend Pavyonu ve Dome of Visions 3.0'da kubbe iç yüzeyinde yer almaktadır. Eden Projesi, Laypzig Hayvanat Bahçesi ve Montreal Biodome'da fotovoltaik paneller yapı kompleksinin başka bina ve/veya binalarında uygulanmış, elde edilen enerji tüm yapı genelinde kullanılmıştır. 4 örnekte herhangi bir aktif güneş sistemi kullanılmamıştır.

Pasif sistemlerden çoğunlukla gün ışığı kullanmak ve ısı kazanmak amacıyla yararlanılmıştır. Bu amaçla örneklerde masif kayalar, ışık bacası, çatı penceresi ve PCM (Faz değiştiren malzeme) kullanımı gözlemlenmiştir. Eden Projesi'nde kubbeye yüzey de oluşturan, yapının oturduğu topografyadaki masif kayaların gündüz depoladıkları güneş enerjisinden faydalanılmıştır. Örneklerin 4'ünde ise herhangi bir pasif sisteme rastlanmamıştır.

Güneş kontrol elemanı olarak hareketli ve/veya sabit ahşap ve metal güneş kırıcı panel, alüminyum profil, stor perde, membran örtüler ve bitki örtüsü kubbe dış ve/veya iç yüzeyinde uygulanmıştır. 2 örnekte konuya yönelik bir eleman kullanılmamış, 4 örnekte ise bu konu ile ilgili bir bilgiye ulaşılamamıştır. İncelenen 6 örnekte güneş kontrolü kubbeyi örten cam malzemelerle sağlanmıştır. Ayrıca kubbenin taşıyıcı sistemini oluşturan elemanların sahip oldukları boyutlar bazı örneklerde yapı içerisine gölge oluşturup güneş



kontrolüne imkân sağlamıştır. Eden Projesi ve Garden by the Bay, bu şekildeki uygulamalara örnek olarak verilebilir.

Aktif rüzgâr sistemi örneklerin 3'ünde kullanılmıştır. Aktif rüzgâr sisteminin kullanıldığı örneklerde otomatik sistemler uygulanmıştır. 6 örnekte aktif sistem kullanılmamış, 4 örnekte ise bu konu ile ilgili bilgiye ulaşılamamıştır.

Montral Biodome dışındaki bütün örneklerde doğal havalandırma sistemi uygulanmış Kaeng Krachan Fil Evi'nde konu ile ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. Örneklerin çoğunda kubbe formunun da getirdiği avantaj ile baca havalandırması yapılmış, bazı örneklerde baca havalandırması, çapraz havalandırma ile desteklenmiştir. 3 örnekte ise çift kabuk doğal havalandırma elemanı olarak kullanılmıştır. Garden by the Bay örneğinde ise kubbe formunda uygulanan baca havalandırmasının yanı sıra kubbenin dışında kalan yapı kompleksinde açık alanda rüzgâr kuleleri doğal havalandırma amaçlı olarak kullanılmıştır.

İncelenen örneklerin 5'inde rüzgâr kontrol elemanı olarak açılır-kapanır paneller uygulanmıştır. İçerde kirlenen ve ısınan hava kubbe yüzeyinde oluşturulan açılır-kapanır paneller ve pencereler yardımıyla dışarı atılmakta, istenilen temiz hava yine aynı elemanlar ile içeri alınmaktadır. 3 örnekte açılır-kapanır panel kullanılmamış, 2 örnekte bu konuya yönelik bilgiye ulaşılamamıştır.

Örneklerin 5'inde ısı pompası, 3'ünde biyo-yakıt kullanılarak yapının ısıtma ve soğutma yüküne katkı sağlamıştır. Isı Pompası kullanımı Laypzig Hayvanat Bahçesi'nde depolanan yağmur suyunun, Drijvend Pavyonu ve Louvre Abu Dabi'de yer aldıkları akarsuların derin sularından, Kaeng Krachan Fil Evi ve Montrel Biodome'da ise yer altı su kaynaklarından sağlamıştır. Biyo-yakıt'lar Garden by the Bay'da kompleks içerisindeki seralarda ve açık bahçelerde yetiştirilen bitkilerden, Skunthorpe Spor Akademisi ve Kaeng Krachan Fil Evi'nde ise akademi çevresinde yer alan ormanlardan toplanan yeşil atıkların biyo-yakıt haline dönüştürülmesi ile sağlamıştır. Isı pompası ve biyo-enerji kullanımı, yapıların buldukları topografya ve sahip oldukları bitki örtüsünün bu anlamda değerlendirilmesi ile sağlanmıştır.

Tablo 19. Ekolojik Tasarım Prensipleri B Tablosu (Enerji)

Ekolojik Tasarım Prensipleri							
B (Enerji)							
Yapı Adı	Aktif Güneş Sistemi	Pasif Güneş Sistemi	Güneş Kontrol Elemanları	Aktif Rüzgâr Sistemi	Doğal Havalandırma Sistemi	Rüzgâr Kontrol Elemanları	Diğer Enerji Sistemleri
1. Eden Projesi	•Fotovoltaik Paneller	• Masif Kayalar	• Taşıyıcı Sistem	Yok	• Baca Havalandırması	• Bitki Örtüsü • Açılır Paneller	Yok
2. 30 St Mary Axe	-	• Işık Kuyusu • Güneş Odası	• Stor Perde	-	• Baca Havalandırması • Çapraz Havalandırma	• Açılır Paneller • Plan Şeması	-
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	Yok	Yok	• Metal Paneller	Yok	• Baca Havalandırması • Çift Kabuk Sistem	• Açılır Paneller	Yok
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	•Fotovoltaik Paneller	• Işık Bacası	• Yok	Yok	• Baca Havalandırması	• Çatı Bacaları	Yok
5. Stork Nest Çiftliği	Yok	Yok	• Ahşap Elemanlar	Yok	• Baca Havalandırması	Yok	Yok
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	•Fotovoltaik Paneller	-	-	-	• Baca Havalandırması	• Açılır Paneller	• Isı Pompası
7. Skunthorpe Spor Akademisi	Yok	• Çatı Penceresi	-	-	• Baca Havalandırması	• Açılır Paneller	• Biyo-Yakıt
8. Garden by the Bay	•Fotovoltaik Paneller	Yok	• Sensörlü Yatay Örtü • Taşıyıcı Sistem	-	• Baca Havalandırması • Rüzgâr Kulesi	• Açılır Paneller	• Biyo-Yakıt
9. Kaeng Krachan Fil Evi	-	• Çatı Penceresi	-	• Otm., Sist.	-	• Otm. Sist.	• Isı Pompası • Biyo-Yakıt
10. Drijvend Pavyonu	•Fotovoltaik Paneller	• PCM Kullanımı	-	Yok	• Baca Havalandırması • Çapraz Havalandırma	• Çatı Boşluğu • Plan Şeması	• Isı Pompası
11. Dome of Visions 3.0	•Fotovoltaik Paneller	Yok	• Bitki Örtüsü	Yok	• Baca Havalandırması • Çapraz Havalandırma	• Çatı Boşluğu • Plan Şeması	• Yok
12. Louvre Abu Dabi	-	• Çatı Penceresi	• Alüminyum Profiller	• Otm., Sist.	• Çift Kabuk Sistem	• Otm. Sist.	• Isı Pompası
13. Montreal Biodome	•Fotovoltaik Paneller	• Çatı Penceresi	Yok	• Otm., Sist.	Yok	• Otm. Sist.	• Isı Pompası

- Malzeme-Konstrüksiyon ile İlgili Ekolojik Tasarım Prensipleri

İncelenen örneklerde malzeme-konstrüksiyon ile ilgili ekolojik tasarım prensipleri Tablo 20’de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Örnek olarak ele alınan kubbelerde taşıyıcı sistem malzemesi olarak çelik, tutkallı tabakalı ahşap ve betonarme kullanılmıştır. Kubbe formunun uygulandığı ilk dönemlerde taşıyıcı olarak taş ve tuğla malzeme, sonraki dönemlerde yerini beton malzemeye bırakmış, günümüzde ise örneklerde görüldüğü gibi, çok daha geniş açıklıkları daha hafif sistemler ile geçen çelik ve ahşap malzeme kullanımı artmıştır.

Kaplama malzemesi olarak örneklerin tümünde cam, ETFE, plastik (polikarbonat vb. levhalar), ahşap, metal ve yeşil bitki örtüsü kullanılmıştır. Cam, ETFE ve polikarbonatın başta saydamlık ve hafiflik olmak üzere sağladığı çeşitli avantajlar ile cam ve ETFE’nin yalıtım özellikleri, bu malzemelerin hemen her örnekte uygulanmasına neden olmuştur. Yapılarda geniş kapsamlı olarak kullanılması otoritelerce ekolojik olarak değerlendirilmeyen metal kaplama, incelenen örneklerin 4’ünde kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Metal kaplama kullanılan örnekler içerisinde ise yalnız Montreal Biodome tamamen metal ile kaplıdır diğer 3 örnekte metal kubbenin bir bölümünü kaplamaktadır.

Yalıtım malzemesi olarak yalıtımlı cam, Low-e cam, ETFE, köpük esaslı ısı yalıtımı ve yeşil çatı uygulanmıştır. Örneklerin 4’ünde konuya yönelik bilgi bulunamamıştır.

Örneklerin 5’inde geri dönüştürülmüş malzeme kullanılmıştır. Skunthorpe Spor Akademisi’nde binanın yerinde daha önceden yer alan 11 yapının yıkımı sonucunda elde edilen çelik malzeme geri dönüştürülerek %90 oranında malzemedan tasarruf sağlanmıştır. Montreal Biodome’da ise yapılmakta olan restorasyon uygulamasında, yapının ilk hali olan veledrom’un yıkımı sonrası elde edilen çelik geri dönüştürülüp tekrar yapı içerisinde kullanılmıştır. Skunthorpe Spor Akademisi, Kaeng Krachan Fil Evi ve Stork Nest Çiftliği’nde ise taşıyıcı sistem malzemeleri geri dönüştürülmüş ahşaptan elde edilen tutkallı tabakalı ahşaptır. Ayrıca Stork Nest Çiftliği’nin güneş kırıcıları çevre ormanlardan elde edilen doğal şekilleri korunmuş kütüklerden oluşmaktadır.

Kubbe kabuğu, örneklerin beşinde çift katmandan oluşmuş, 8’inde ise tek katman olarak uygulanmıştır. Tek katmanda kabuk kalınlığı 20 cm ile 3,4 m, çift katmanda ise 1,6 m ile 6,3m arasında değişmiştir. Çift katman, doğal havalandırma amaçlı da değerlendirilmiştir.

Kabuk yüzeyindeki doluluk boşluk oranları; örneklerin 3’ünde %30’un altında olup bu oran ile yapılar ekolojik tasarım prensiplerine uygundur. 3 örnekte ise bu oran %30’un

üzerindedir. Kalan örneklerin kubbe kabukları tamamen şeffaf malzemeden olup, güneş kontrolü çeşitli elemanlar ile sağlanmıştır.

Tablo 20. Ekolojik Tasarım Prensipleri C Tablosu (Malzeme-Konstrüksiyon)

Ekolojik Tasarım Prensipleri						
C (Malzeme-Konstrüksiyon)						
Yapı Adı	Taşıyıcı Sistem Malzemesi	Kaplama Malzemesi	Yalıtım Malzemesi	Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı	Kabuk Sayısı	Kabuk Yüzeyindeki Doluluk-Boşluk Oranı (%30 min.)
1. Eden Projesi	•Çelik	•ETFE Kaplama	•ETFE Kaplama	Yok	•Tek Kabuk 2,1m (2 katman ETFE Kaplama + Hava Boşluğu)	-
2. 30 St Mary Axe	•Çelik	•Cam	•Yalıtımlı Cam	-	•Çift Kabuk (Low-e Çift Katmanlı Cam 20cm + Boşluk 1,1m-1,4m+ İç kabuk Tek Katmanlı Cam 10 cm)	-
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	•Çelik	•Alüminyum Levha •Cam Kpl.	-	-	•Çift Kabuk (Toplam 2,0 m)	•%40 Cam Kabuk
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	•Çelik	•Yeşil Örtü •Cam Kpl.	•Yeşil Çatı	•Geri Dönüştürülen Çelik	•Çift Kabuk 2,1m Yeşil Çatı 85 cm Cam kaplama 11 cm	•Yok (~ %91 Kapalı)
5. Stork Nest Çiftliği	•Tabakalı Ahşap	•Plastik (Polikarbonat) Kaplama	-	•Geri Dönüştürülmüş Ahşap	•Çift Kabuk (Değişken Taşıyıcı ve Kpl. Malzemesi Toplam max 5,1 m)	Yok (~ %78 Kapalı)
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	•Çelik	•ETFE Kaplama	•ETFE Kaplama	•Geri Dönüştürülmüş Çelik	•Tek Kabuk (Jeodezik Taşıyıcı Sistem 80cm +ort. 3,1m ETFE Kaplama)	-
7. Skunthorpe Spor Akademisi	•Tabakalı Ahşap	•Metal •Plastik •Ahşap •Cam	•Yeşil Çatı •Low-e Cam •Köpük Esaslı Isı Yalıtımı	•Geri Dönüştürülmüş Ahşap	•Tek Kabuk (Glulam 65 cm üzeri değişken Kpl. Malzemesi)	•Yok (~ %77 Kapalı)
8. Garden by the Bay	•Çelik	•Cam	•Solar Low-e Cam	-	•Tek Kabuk 38cm (15cm Cam + 23cm Çelik Taşıyıcı)	-

Tablo 20'nin devamı

<b>9. Kaeng Krachan Fil Evi</b>	• Tabakalı Ahşap • Betonarme	• Ahşap Kpl. • ETFE Kpl.	• Köpük Esaslı Isı Yalıtım Malzemesi	• Geri Dönüştürülmüş Ahşap	• Tek Kabuk (Glulam Sistem 54cm + 40 cm 1. Taşıyıcı + 61 cm 2. Taşıyıcı + 4 cm Kaplama)	• Var (~%30)
<b>10. Drijvend Pavyonu</b>	• Çelik	• ETFE Kaplama	• ETFE Kaplama	-	• Tek Kabuk (85 cm Kalınlığında ETFE Kaplama)	-
<b>11. Dome of Visions 3.0</b>	• Tabakalı Ahşap	• Plastik (Polikarbonat) Kaplama	-	• Geri Dönüştürülmüş Ahşap	• Tek Kabuk (Taşıyıcı 15cm + 6mm Kaplama)	-
<b>12. Louvre Abu Dabi</b>	• Çelik	• Alüminyum Profiller	• Yalıtımlı Cam	-	• Çift Kabuk (50cm Dış Kabuk + Jeodezik Sistem 5,3m + 52cm Dış Kabuk)	-
<b>13. Montreal Biodome</b>	• Betonarme • Çelik	• Metal Levha • Cam Kaplama	-	• Geri Dönüştürülmüş Çelik	• Tek Kabuk 60 cm	• Var (%51 Cam)

- Su ile İlgili Ekolojik Tasarım Prensipleri

İncelenen örneklerde su ile ilgili ekolojik tasarım prensipleri Tablo 21'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Yağmur suyu geri dönüşümü örneklerin 6'sında kullanılmıştır. Bu örneklerin 2'si aynı zamanda yeşil çatıya sahip olan Skunthorpe Spor Akademisi ve Kaliforniya Bilim Akademisi binalarıdır. Diğer örneklerden 2'si ise botanik bahçe olmaları nedeniyle su geri dönüşümünün ayrı önem kazandığı Garden by the Bay ile Eden Projesi'dir. Biriktirilen yağmur suları bahçe sulamasında ve wc'lerde kullanılarak su tasarrufu sağlanmıştır.

İncelenen örneklerin 8'inde atık su ve çevre su kaynaklarının kullanımı belirlenmiştir. Laypzig Hayvanat Bahçesi, Kaeng Krachan Fil Evi, Skunthorpe Spor Akademisi, Kaliforniya Bilim Akademisi, Montreal Biodome'da yapı içerisindeki atık su arıtılarak tekrar yapı içerisinde değerlendirilmiştir. Garden by the Bay'da yağmur suyu yapı kompleksi içerisinde yer alan gölde depolanırken, Drijvend Pavyonu ve Louvre Abu Dabi'de üzerinde yer aldığı akarsulardan çekilen su arıtılarak yapı içerisinde kullanılmıştır.



Tablo 21. Ekolojik Tasarım Prensipleri D Tablosu (Su)

Ekolojik Tasarım Prensipleri		
D (Su)		
Yapı Adı	Yağmur Suyu Geri Dönüşümü	Atık su ve Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı
1. Eden Projesi	Var	Yok
2. 30 St Mary Axe	Yok	-
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	-	-
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	Var	Atık Su Kullanımı
5. Stork Nest Çiftliği	-	-
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	Var	Atık Su Kullanımı
7. Skunthorpe Spor Akademisi	Var	Atık Su Kullanımı
8. Garden by the Bay	Var	Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı
9. Kaeng Krachan Fil Evi	Var	Atık Su Kullanımı
10. Drijvend Pavyonu	-	Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı
11. Dome of Visions 3.0	-	-
12. Louvre Abu Dabi	Yok	Çevre Su Kaynaklarının Kullanımı
13. Montreal Biodome	-	Atık Su Kullanımı

- Akustik ile İlgili Ekolojik Tasarım Prensipleri

İncelenen örneklerde akustik ile ilgili ekolojik tasarım prensipleri Tablo 20'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

İncelenen örneklerin 5'inde gürültü kontrolü amaçlı olarak çeşitli sistemler kullanılmıştır. Diğer örneklerde konuya yönelik bir bilgi bulunamamıştır. 30 St Mary Axe yapısı yoğun şehir dokusu içerisinde yer almaktadır ve gürültü kontrolü çevreden gelen istenmeyen seslerin engellenmesi amacıyla uygulanmış, diğer örneklerde ise işlevleri (konferans salonu, oditoryum, müze, bahçe) nedeniyle gürültünün kontrolü ön planda tutulmuştur.

Akustik tasarım; örneklerin üçünde, sesin verimli bir şekilde dağılması amacıyla uygulanmıştır ve bu durum yapılara enerjiden tasarruf sağlamıştır. Gürültü kontrolü ve akustik tasarımın her ikisi birlikte Louvre Abu Dabi, Kaliforniya Bilim Akademisi ve Montreal Biodome’da gerçekleştirilmiştir. Diğer örneklerde bu konuya yönelik bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Tablo 22. Ekolojik Tasarım Prensipleri E Tablosu (Akustik)

Ekolojik Tasarım Prensipleri		
E (Akustik)		
Yapı Adı	Gürültü Kontrolü	Akustik Tasarım
1. Eden Projesi	-	-
2. 30 St Mary Axe	Var	-
3. Faculty of Philology Kütüphanesi	-	-
4. Kaliforniya Bilim Akademisi	Var	Var
5. Stork Nest Çiftliği	-	-
6. Laypzig Hayvanat Bahçesi	-	-
7. Skunthorpe Spor Akademisi	-	-
8. Garden by the Bay	-	-
9. Kaeng Krachan Fil Evi	-	-
10. Drijvend Pavyonu	Var	-
11. Dome of Visions 3.0	-	-
12. Louvre Abu Dabi	Var	Var
13. Montreal Biodome	Var	Var

## 4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalar sonucunda edinilen bilgiler, kubbelerin Antik Çağlardan günümüze kadar önemini yitirmeden gelen bir form olduğunu göstermiştir. İnsanoğlu kubbe formunu ilk olarak mamut kemikleri, ağaç dalları, taş gibi buldukları çevredeki malzemeleri değerlendirerek inşa ettikleri barınaklarda kullanmıştır. Zaman içinde gelişmeye başlayan mimarlık bilinci ile artan kubbe kullanımı özellikle mezar yapılarında ve dini mekanlarda kendini göstermiştir.

Yapılan çalışmada da verildiği gibi; Pantheon, Ayasofya, Floransa Katedrali, Kubbet-üs Sahra vb. birçok önemli dini yapı, sahip oldukları kubbe formları ile, buldukları şehirlerin simgesi ve odak noktaları olmuştur. Modern öncesi dönemlerde taş, tuğla, kerpiç gibi ağır yapıdaki malzemeler ile inşa edilen kubbeler modern döneme gelindiğinde, endüstriyel devrim sonrasında yaygınlaşan font demiri, çelik, betonarme ve daha sonrasında plastik esaslı malzemeler gibi hafif yapıdaki malzemeler ile inşa edilmeye başlanmıştır. Tarih içerisinde kubbeler farklı kültür ve bölgelerde, farklı malzemeler ve sistemler ile inşa edilmiş, farklı anlam ve işlevler kazanmış ve önemini hiç kaybetmemiştir.

Günümüz mimarlık ve inşaat faaliyetleri, çağımızın en büyük sorunu olan küresel ısınma ve enerji korunumu üzerinden şekillenmektedir. Günümüzde artık kubbe kullanımıyla geçilen açıklıkların artırılması dışında, sürdürülebilir kalkınma çalışmalarıyla birlikte, kaynak kullanımını en aza indiren, yenilenebilir kaynak kullanımına ağırlık veren ve böylelikle çevreye daha az zararlı ekolojik yapılar tasarlama ve inşa etme çalışmaları hız kazanmıştır. Bu kapsamda, ekolojik kubbe tasarımları gündeme gelmeye başlamıştır. Yapılan çalışma kapsamında kubbenin ekolojik özellikleri, ele alınan 13 örnek üzerinden incelenerek değerlendirilmiş ve ulaşılan sonuçlar ekolojik tasarım prensipleri ile ilgili sonuçlar ve genel sonuçlar olarak 2 alt başlık altında verilmiştir.

### 4.1. Ekolojik Tasarım Prensipleri ile İlgili Sonuçlar

Ekolojik tasarım prensipleri ile ilgili sonuçlar tez kapsamında belirlenen yerleşim yeri, enerji, malzeme-konstrüksiyon, su ve akustik alt başlıkları altında verilmiştir;

- Yerleşim Yeri

- İncelenen örneklerde, yapıların buldukları topografya ile son derece uyumlu, konumlandıkları arazideki eğim, bitki örtüsü ve suyu değerlendirdiği görülmüştür. Ayrıca arada taşıyıcı eleman gerektirmeksizin geniş açıklıklar geçen kubbe formu, bu özelliği ile bulunduğu arazi yapısına çok az zarar vermiştir.

- Yapılar, rüzgâr ve güneşten en iyi şekilde yararlanabilmiş, formun eğrisel kabuk yapısı, rüzgârı yönlendirme ve gün ışığını en iyi şekilde almaya olanak tanımıştır.

- Enerji

- Fotovoltaik panellerden aktif sistem olarak yararlanılmıştır. Kubbe formunun eğrisel yapısından kaynaklı olarak yapı kabuğu üzerine konumlandırılmayan fotovoltaik paneller ise iç ortamda ve/veya yapı dışında konumlandırılmıştır.

- Örneklerin çoğu şeffaf kaplama malzemeleriyle kaplıdır ancak opak malzeme (metal ve ahşap kaplama) ile kaplı kubbelerde, malzemenin iç ortama gün ışığı girişine engel olması durumunun; çatı pencereleri gibi pasif güneş sistemleri kullanımına neden olduğu gözlemlenmiştir. Örneklerin birçoğundan çatı pencereleri ve boşlukları ile güneşten pasif olarak yararlanılmıştır.

- Kubbelerin dış yüzeyinin oluşturan konstrüksiyonlarda çoğunlukla ısı ve ışık kontrolünü sağlayan çeşitli cam ve ETFE kaplamanın kullanıldığı belirlenmiştir. Böylece daha önceki tarihlerde yapılan kubbe konstrüksiyonlarına oranla daha fazla gün ışığı kontrollü bir şekilde içeri alınabilmiştir.

- Formun eğrisel kabuk yapısı iç ortamda hava sirkülasyonuna yardımcı olmuş bu nedenle özellikle doğal havalandırma neredeyse tüm yapılarda kullanılmıştır. Doğal havalandırma kullanımının, aktif rüzgâr sistemi ihtiyacını azalttığı gözlemlenmiştir. Örneklerin üçünde ise havalandırma sadece mekanik sistemlerle sağlanmıştır. Doğal havalandırmada, temiz havanın kubbe alt bölümlerinden alındığı, kirli ve ısınan havanın kubbe üst boşluklarından atmosfere bırakıldığı ve bu sistemin Pantheon'dan günümüze kadar birçok kubbeli yapıda kullanıldığı gözlemlenmiştir.

- Rüzgâr, arazi yapısı veya bitkilendirme ile yapıya yönlendirilmiş ayrıca rüzgâr nemlendirilerek yapı içerisine alınması için çevredeki su kaynakları da kullanılmıştır.

- Örnek yapıların çoğunda yapıda çeşitli amaçlarla kullanılan enerjinin bir bölümü, yerleşilen araziden kazanılmıştır. Bu anlamda toprak ve suyun ısısından faydalanmak için ısı pompası uygulanmış, bitki ve çevresel atıklar biyo-yakıt olarak değerlendirilmiştir.

- Malzeme-Konstrüksiyon

- İnceleme sonucunda örneklerdeki kubbelerin taşıyıcı sistem malzemesinin çelik veya tutkallı tabakalı ahşap olduğu belirlenmiştir. Bu durumun her iki malzemenin; geniş açıklıkları hafif konstrüksiyon ile geçmeye olanak sunması ve geleneksel yapım sistemlerine oranla daha az malzemeye ihtiyaç duyulmasından kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

- Kubbe kabuğunun sağır yüzeyini oluşturan konstrüksiyonların plastik, ahşap, metal, toprak (yeşil çatı) malzemeler olduğu, geçmiş dönemlerde taş, tuğla, kiremit, beton, betonarme ile oluşturulan kubbe konstrüksiyonlarına göre daha hafif konstrüksiyonların uygulandığı tespit edilmiştir.

- Malzemenin geri dönüştürülmesi için gerekli olan enerjinin, yeniden üretimi için gerekli olandan çok daha az olduğu yapılan literatür çalışmasında belirtilmiştir. Bu bağlamda seçilen örneklerin pek çoğu geri dönüştürülmüş malzeme kullanılarak inşa edilmiş ve/veya strüktür ve konstrüksiyonlarında çelik ve ahşap vb. geri dönüştürülebilecek malzemeler kullanılmıştır.

- Gün ışığının önemli bir tasarım unsuru olduğu botanik bahçeleri ve hayvanat bahçelerinde çoğunlukla cam ve ETFE gibi saydam/şeffaf malzemeleri kullanmıştır.

- Yapılan araştırmalar sonucunda; 2000 yılı öncesinde inşa edilen kubbe formundaki yapıların kabuk kalınlıklarının ortalama olarak 3m olduğu belirlenmiş, bu oran 2000 yılı sonrasında tek kabuklu kubbelerde ortalama 1,8 m'ye düşmüş, çift kabuklu kubbelerde ise aradaki hava boşluğu ile birlikte yaklaşık 3,4m olmuştur. Tek kabuklu sistemlerde yalıtımın, çift kabuğa göre daha zor olması, tek kabuklu sistemlerde kaplama malzemesi olarak saydam yapısı ve ısı yalıtım özelliği ile ETFE'nin tercih edilmesine neden olmuştur. Ayrıca kubbe dış yüzeyinde yalıtım amaçlı olarak cam, yeşil çatı, ETFE kaplama, köpük esaslı yalıtım malzemesi gibi farklı malzemeler kullanılmıştır.

- Su

- Çağımızın en büyük problemlerinden biri su kaynaklarının azalması olduğundan örneklerde de suyun geri dönüştürülmesi amacıyla birçok sistemin uygulandığı belirlenmiş, özellikle örneklerin çoğunda yağmur suyu geri dönüşümünün uygulandığı gözlemlenmiştir.

- Ayrıca yapılarda atık suyun geri dönüştürülerek yapı içerisinde tekrar kullanıldığı ve çevre su kaynakların da çeşitli amaçlarla değerlendirildiği belirlenmiştir.



- Akustik
- İşlevleri birbirinden farklı olmasına karşın akustik ve gürültü kontrolü uygulanan örneklerde ses için harcanan enerjiden tasarruf yapıldığı ve insan sağlığı ile konforu için gerekli alanların oluşturulduğu görülmüştür.

#### 4.2. Genel Sonuçlar

Literatür çalışması ve yapı analizleri sonucunda elde edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Tarih öncesi çağlardan günümüze kadar birçok toplum tarafından kullanılan kubbe formu, en az malzeme ile en geniş açıklığı, ortada görüşü engelleyen hiçbir düşey taşıyıcı eleman olmadan geçen ve en büyük hacimlerin üzerini örten form olması nedeniyle günümüzde de etkin olarak kullanılmaktadır.
- Kubbe formu, farklı işlevlerde ve farklı açıklıklardaki yapılarda uygulanabilmekte, formun yüksekliğine bağlı olarak düşeyde bir veya daha fazla kat imkânı sağlayabilmektedir.
- İncelenen örneklerde ele alınan beş ekolojik tasarım prensibine yönelik çeşitli veriler ve uygulamalar yer almakla birlikte örneklerde bu anlamda en çok verinin enerji ve malzeme-konstrüksiyon başlıklarında yoğunlaştığı görülmektedir.
- Kubbe formu, jeodezik kubbenin mucidi Fuller gibi yenilikçi tasarımcılar ve ekoloji uzmanları tarafından geleceğin formu olarak görülmektedir. Küresel ısınma, ekoloji, sürdürülebilirlik gibi günümüz tasarımlarını belirleyen etkenler, formun sağladığı ekolojik katkılar ile belirli oranda giderilebilmektedir.
- İnşaat alanında yapı zeminine en az müdahale ile en az zararı veren yapım sistemlerinden birisi olan kubbe formu kullanımı, arazilerin özellikle doğal halini korumayı amaçlayan farklı işlevlerdeki birçok yapıda özellikle de günümüzde botanik ve hayvanat bahçesi gibi yapılarda çoğunlukla tercih edilmektedir. Bu işlevlerdeki yapılarda aktif sistemler yardımıyla yapı içerisinde çok farklı iklimlerin oluşmasına da imkân tanınmaktadır.
- Kubbenin ekolojik özellikleri konusunda literatür bilgisi oldukça sınırlıdır. Araştırmacıların söz konusu alanda yapacak oldukları çalışmalar, ekolojinin oldukça önemli olduğu günümüz şartları için faydalı olacaktır.

## 5. KAYNAKLAR

1. Altın, M., Pantheon'dan Günümüze Kubbelerin Gelişimi, 1. Baskı, Yalın Yayıncılık, İstanbul, 2010.
2. Hasol, D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 14. Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul, 2016.
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Dome>, Kubbeler, 11 Ocak, 2018.
4. Hitchcock, D., Don's Maps, Mezhirich-Mammoth Camp, Retrieved, August, 2009.
5. <https://storify.com/Archirama/tolos/embed?border=false>, Kubbeli Dolmen, 10 Şubat 2018.
6. Gardeshi, N., Kubbe Formundaki Yapıların Strüktür ve Malzeme Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2015.
7. <https://tasarimseyri.com/tag/jeodezik-kubbe/>, Montreal Biosphere, 11 Ocak 2018.
8. Diren, A.N., Six Dynasties Civilization, Yale University Press, USA, 2007.
9. [https://en.wikipedia.org/wiki/Lei\\_Cheng\\_Uk\\_Han\\_Tomb\\_Museum](https://en.wikipedia.org/wiki/Lei_Cheng_Uk_Han_Tomb_Museum), Lei Cheng Uk Han Mezarlığı, 11 Ocak 2018.
10. Özer, B., Kültür Sanat Mimarlık, 5. Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul, 2000.
11. Tokat, M. U., Küreselleşme Sürecinde Ekoloji ve Sürdürülebilirlik Kavramlarına Yaklaşım ve Mimarlık Alanındaki Yansımaları, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.
12. <http://romeonsegway.com/10-facts-about-the-pantheon/>, Pantheon, 13 Ocak 2018.
13. Roth, L., M., Mimarlığın Öyküsü, Kabalcı Yayınevi, İstanbul, 2006.
14. <http://ayasofyamuzesi.gov.tr/>, Ayasofya Müzesi, 15 Ocak 2018.
15. Ashkan, M., Ahmad, Yahaya, Persian Domes: History, Morphology, and Typologies, Archnet-IJAR (International Journal of Architectural Research), 3,3 (2009) 98–115.
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/Palace\\_of\\_Ardashir](https://en.wikipedia.org/wiki/Palace_of_Ardashir), Ardashir Sarayı, 22 Ocak 2018.
17. Bloom, J. M. ve Blair, S. S., vd., Grove Encyclopedia of Islamic Art & Architecture, 3. Baskı, Set. Oxford University Press., İngiltere, 2009.

18. Stephenson, D., Hammond, V. ve Davi, K. F., Visions of Heaven: the Dome in European Architecture, Princeton Architectural Press, Amerika Birleşik Devletleri, 2005.
19. Kuban, B., Sürdürülebilirlik ve Mimari dosyasında Fosil Yakıtlar ve Kent, Mimarist Dergisi, 6(2002) 75-76.
20. <http://www.selcuklu.bel.tr/ilcemiz/detay/292/ince-minareli-medrese.html>, İnceminareli Medrese, 02 Şubat 2018.
21. Mueller, T., Brunelleschi'nin Kubbesi, National Geographic Türkiye, 154 (2014) 66-69.
22. [http://www.museumsinflorence.com/musei/cathedral\\_of\\_florence.html](http://www.museumsinflorence.com/musei/cathedral_of_florence.html), Floransa Katedrali, 15 Şubat 2018.
23. Tuluk, Ö. İ., Mekâna Bağlı Strüktür Analizi: Osmanlı dini mimarisinde örnekleme (15-17. yy), Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1999.
24. <http://www.avundukmimarlik.com.tr/tr/edirne-merkez-edirne-selimiye-camii-1991/>, Edirne Selimiye Camii, 03 Mart 2018
25. [http://www.bma.arch.unige.it/PDF/CONSTRUCTION\\_HISTORY\\_2009/VOL1/Bagl\\_iani-Stefano\\_layouted.pdf](http://www.bma.arch.unige.it/PDF/CONSTRUCTION_HISTORY_2009/VOL1/Bagl_iani-Stefano_layouted.pdf), The Architecture and Mechanics of Elliptical Domes, 05 Mart 2018
26. <http://www.explore-stpauls.net/oct03/textMM/DomeDecoN.htm>, St. Paul Katedrali, 05 Mart 2018.
27. Mainstone, R. J., Developments in Structural Form, 2. Baskı, Routledge Architectural Press, İngiltere, 2001.
28. Türkçü, Ç., Çağdaş Taşıyıcı Sistemler, 3. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2017
29. <https://en.wikipedia.org/wiki/Climatron>, The Climatron, 06 Mart 2018.
30. Uçak, Ş. Tarihi yığma kubbelerin dinamik davranışlarının operasyonel modal analiz yöntemiyle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012.
31. [https://en.wikipedia.org/wiki/Sheikh\\_Lotfollah\\_Mosque](https://en.wikipedia.org/wiki/Sheikh_Lotfollah_Mosque), Sheikh Lotfollah Camii, 07 Mart 2018.
32. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kubbet-%C3%BCs-Sahra>, Kubbetüs Sahra, 06 Mart 2018.
33. Huerta, S., Oval Domes: History, Geometry and Mechanics, Nexus Network Journal, 9 (2007) 211-248.

34. <http://www.cittaecattedrali.it/en/bces/375-santuario-basilica-della-nativita-di-maria-regina-montis-regalis>, Santuario di Vicoforte Müzesi, 07 Mart 2018.
35. <http://www.thenewstribune.com/news/business/article204471744.html>, Tacoma Dome, 06 Mart 2018.
36. Born, W., The introduction of the bulbous dome into gothic architecture and its subsequent development, The University of Chicago Press Journal, 19,2 (1944) 208-221.
37. [https://en.wikipedia.org/wiki/Cathedral\\_of\\_the\\_Annunciation,\\_Moscow](https://en.wikipedia.org/wiki/Cathedral_of_the_Annunciation,_Moscow), The Cathedral of the Annunciation, 07 Mart 2018.
38. [https://archnet.org/sites/6884/media\\_contents/77064](https://archnet.org/sites/6884/media_contents/77064), Sakirin Camii, 10 Mart 2018.
39. Fletcher, B. A., History of Architecture on The Comparative Method, B.T. Batsford, London, 1956.
40. <http://britton-images.com/product/rome-st-peters-basilica-rome-section/>, St. Peter's Bazilikası Kesiti, 10 Mart 2018.
41. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Selimiye\\_Camii](https://tr.wikipedia.org/wiki/Selimiye_Camii), Selimiye Camii, 11 Mart 2018.
42. <https://www.archdaily.com/775601/ad-classics-new-german-parliament-reichstag-foster-plus-partners>, Reichstag Kubbesi, 11 Mart 2018.
43. Bahadır, Ş. S., Büyük Açıklıklı Yapılarda Taşıyıcı Sistemler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1997.
44. Sungur, K., Taşıyıcı Sistem ve Yapı Statiği, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2005.
45. <http://www.planetarium-jena.de/Geschichte.43.0.html>, Zeiss-Planetarium, 12 Mart 2018.
46. <https://www.archdaily.com/254471/gardens-by-the-bay-grant-associates>, Garden by the Bay, 12 Mart 2018
47. Soykan, K., Çelik Uzak Kubbe Sistemlerin Ağırlıkça Optimum Dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2007.
48. Vardar Öz, Ö. M., Tek Tabakalı Uzak Kafes Sistemlerin Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
49. Parke, G., Nooshin, H., and Disney, P., Space Structures 5, 1. Baskı, Thomas Telford Publishing, Londra, 2002.

50. <http://www.columbia.edu/cu/gsap/BT/DOMES/TIMELN/suncoast/suncoast.html>, Suncoast Dome, 13 Mart 2018.
51. <http://www.uticaod.com/article/20100606/news/306069974>, Utica Auditorium, 13 Mart 2018.
52. [https://en.wikipedia.org/wiki/Olympic\\_Stadium\\_\(Montreal\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Olympic_Stadium_(Montreal)), Monreal Olimpiyat Stadyumu, 13 Mart 2018.
53. <https://www.gnyapi.com.tr/cati-ortuleri>, Çatı Örtüleri, 14 Mart 2018.
54. Erten, E., Mimarlıkta Yapı-Yapım, 1. Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2018.
55. <http://www.mimardantasarim.com/milenyum-kubbesi/>, Milenyum Kubbesi, 15 Mart 2018
56. Parlak, N., Uzay Kafes Sistem ve Örtü Elemanları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1998.
57. <https://www.hda-paris.com/project/maritime-museum-osaka-japon/>, Osaka Maritime Museum, 13 Mart 2018.
58. Hegger, M., Drexler, H. and Zeumer, M., Yapı Malzemeleri, 2. Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul, 2016.
59. Erdem, H., Metal Çerçevesiz Cam Giydirmeye Cephe Sistemleri ve Geçirimsizlik Çözümleri Üzerine Bir İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2003.
60. <http://www.dnc.com.tr/referans.asp?sayfa=3>, AGORA AVM, 15 Mart 2018.
61. Uçurum, E., Sürdürülebilirlikte Ekolojik Çatının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.
62. <https://www.archdaily.com/1218/national-grand-theater-of-china-paul-andreu>, The National Grand Theatre, 15 Mart 2018.
63. <http://www.forbes.ru/>, Skydom ,15 Mart 2018.
64. Erkul, E., Sönmez, A., Yeşil Çatı Sistemleri ve Çevresel Etkileri, Mimarlık Dergisi, 375 (2014) 52-57.
65. <https://www.archdaily.com/558349/streetdome-cebra-glifberg-lykke>, Street Dome, 16 Mart 2018.
66. [http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com\\_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5afe6f3292c116.56668333](http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5afe6f3292c116.56668333), TDK, 17 Mart 2018.



67. Turnbull, E., Oxford Advanced Learner's Dictionary, 8.Baskı, Oxford University Press, New York, 2010.
68. Seymen Ü.B., Planlama Kapsamında Ekoloji Kavramının İçeriği, Planlamaya ve Tasarıma Ekolojik Yaklaşım Sempozyum Kitabı, MSGSÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul, 1995.
69. Bozdoğan, B., Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
70. Berkes, F. ve Kışlalıoğlu M., Ekoloji ve Çevre Bilimleri, Remzi Kitabevi, İstanbul, 2003.
71. Berber, F., Ekolojik Malzemenin Tasarımdaki Yeri ve Ekolojik Malzemeye Mimari Konut Tasarımı, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
72. Demirbilek, N.F. ve Eryıldız, D. E., Güneş Mimarlığı, Temiz Enerji Vakfı Yayınları, Ankara, 2001.
73. Cook, J. and Özkeresteci, İ., Ekolojinin Mimarisi, Domus M., 10 (2001) 4-5, 52-57.
74. Gülova, D., Mimarlık 'ta Doğaya Yönelim ve Biomimari, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
75. Tönük, S., Bina Tasarımında Ekoloji, YTÜ Basım- Yayın Merkezi, İstanbul, 2001.
76. Dikmen, Ç. B., Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik Dergisi, 14, 2 (2011) 121-134.
77. Güvenç, B., Sürdürülebilirlik Bağlamında Ekolojik Tasarım Prensiplerinin Mimaride Uygulanabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
78. Tokman, L. Y. ve Tatar, E., Çalışma Mekanlarında Gün Işığı Kullanımının Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Değerlendirilmesi, YTÜ Çevre Tasarım Kongresi, Aralık 2011, İstanbul, Bildiriler Kitabı, 121-129.
79. Ciravoğlu, A., Sürdürülebilir Mimarlık Düşüncesi Ne Kadar Sürdürülebilir? dosyasında Sürdürülebilir Mimarlık: Eskimiş Kavrayışlarla Yeni Söylemler Arasında, Mimarlık Dergisi, 340 (2008) 13-16.
80. Oktay, D., Sürdürülebilirlik ve Mimari dosyasında Sürdürülebilirlik Bağlamında Planlama ve Tasarım, Mimarist Dergisi, 6 (2002) 67-68.
81. <http://www.indians.org/articles/indian-tepee.html>, Indian Tepee, 17 Mart 2018.
82. Bowen, A., Passive and Low Energy Ecotechniques, Pergamon Press Ltd., Oxford, 1985.

83. Lakot, E., Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2007.
84. Schittich, C., In Detail, Solar Architecture, Strategies, Visions, Concepts, Kösel GmbH&Co. KG, Kempten, 2003.
85. Maekawa, Z., Vaulted structures,  
<http://www.earth-auroville.com> 22 Mart 2018.
86. <http://www.historyofinformation.com/expanded.php?id=3904>, Mammoth Bone Hut, 23 Mart 2018.
87. Crandall, D., P., The Place of Stunted Ironwood Trees: A Year in the Lives of the Cattle-Herding Himba of Namibia, Continuum International Publishing Group, 269 (2000) 34-35.
88. <http://www.nkfu.com/iglu-iglo-nedir-nasil-yapilir/>, Iglo, 22 Mart 2018.
89. <http://www.flatstanleyproject.com/Wales/cottage-abereiddy.htm>, Corbelled, 22 Mart 2018.
90. Özdeniz, M. B., Bekleyen, A., Gönül, İ. A., Gönül, H., Sarıgül, H., Dalkılıç, N. ve Yıldırım, M., İltar, T., Geçmişten Geleceğe Harran Yöresel Mimarisi, Yapı Dergisi, 198 (1998) 95-100.
91. [https://en.wikipedia.org/wiki/Eden\\_Project](https://en.wikipedia.org/wiki/Eden_Project), Eden Projesi, 25 Mart 2018.
92. <https://www.bfi.org/>, Buckminster Fuller Institute, 1 Mayıs 2018.
93. Dedeoğlu, N., Ekolojik Mimarlık Kapsamında Konut Tasarımlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2002.
94. Krusche, P. M., Althaus, D. ve Gabriel, I., Ökologisches Bauen, Herausgegeben vom Umweltbundesamt, Bauverlag GmbH., Berlin, 1982.
95. Tanaçan, L., Ekolojik Yapı Tasarımı: Malzeme Teknoloji ve Çevre Sempozyumu, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi, İstanbul, 2009.
96. Yılmaz, M., Mimarlık ve Çevre, Çevre ve Politika: başka bir dünya özlemi, A. Mengi (Derl.), İmge Kitabevi Yayınları, Ankara, 2007.
97. Özçiftçi S. A., Ekolojik Binalarda Enerjinin Etkin Kullanılmasının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2010.
98. Tercan, A. ve Dengiz, N., "Mimari Tasarım Sürecinde Tasarım-Teknoloji İlişkisi ve Enerji Sorunu" M.S.Ü. Mim. Fak. Mimari Tasarım Sorunları Ders Notları 1997-1998, 21, 1. Baskı, 120-123, Mim. Fak., İstanbul, 1998.

99. Yılmaz, S., Ekolojik Yaklaşımların Mimari Tasarım Sürecine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, GYTE, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2005.
100. Özeler Kanan, N., Ekolojik Mimarlıkta Mimari Bütünleşmenin 1990 Yılı Sonrası Ken Yeang ve Norman Foster'ın Yapıları Özelinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2010.
101. Çelebi, G., Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri, Gazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak. Dergisi, 17 (2002) 17-33.
102. Öztürk, H., Güneş enerjisi ve uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2008.
103. Göksal, T., Çift Kabuk Cam Cephe Kuruluşları ve Enerji Etkin Tasarım, TTMD Dergisi, 36 (2005) 3-4, 27-34.
104. Manioğlu, G. ve Koçlar Oral, G., Ekolojik Yaklaşımda İklimle Dengeli Cephe Tasarımı, 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu.  
<http://catider.org.tr/pdf/sempozyum5/Semp%205%20Bildiri%2030.pdf>, 25 Mart 2018.
105. Aynsley, R., Natural Ventilation in Passive Design, BEDP Environment Design Guide, 2 (2007) 1-11.
106. Silver, P., ve McLean, W., Tağmat, T. S., Mimarlık Teknolojisine Giriş, 1.Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul, 2014.
107. <http://www.ilbank.gov.tr/index.php?Sayfa=htmlsayfa&hid=2229>, Isı Pompası, 25 Mart 2018.
108. İllez B., Güneş Enerjisi Destekli Sürekli Beslemeli Tip Biogaz Üreticinin Oluşturulması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, Güneş Enerjisi A.B.D, İzmir, 2004.
109. Tüplek A., Odun Talaşı Ve Tozundan Pelet Biyoyakıt Üretilmesi ve Yanma Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2011.
110. Woolley, T. and Kimmins, S., Green Building Handbook, A Guide To Building Products And Their Impact On The Environment, Taylor and Fransis e-Library, 2002.
111. Viljoen, A. ve Bohn, K., Continuous Productive Urban Landscape (CPUL): Essential Infrastructure and Edible Ornament,  
<http://eprints.brighton.ac.uk/7206/1/open05LR.pdf>, 26 Mart 2018.
112. Sürmeli, A.N., Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi ve Sergisi, İstanbul, Ekim 2004, Bildiriler Kitabı, 187.
113. Sev, A. ve Özgen, A., Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma, Yapı, 262, 9 (2003) 92-99.

114. Sev, A., Sürdürülebilir Mimarlık, 1. Baskı, YEM Yayınevi, İstanbul, 2009.
115. Mutlu, N., Sürdürülebilirlik Açısından Enerji ve Yapı İlişkisi, Ekolojik Tasarım; Beddington zero energy devoplament, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.
116. Şahin, N. İ. ve Manioğlu, G., Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 125 (2011) 21-32.
117. Takeuchi, K., Hamlin, M., Kundzewicz, Z. W., Rosbjerg, D. ve Simonovic, S. P., Sustainable Reservoir Development and Management, IAHS Press., 1998.
118. C. Field, Acoustical Design İn Green Buildings, ASHRAE Journal, 50,9 (2008) 60–70.
119. LogiSon Acoustic Network, Acoustical challenges in green buildings, [http://www.logison.com/site\\_Files/Content/PDF/Document\\_Downloads/LogiSon\\_Acoustical\\_Challenges\\_in\\_Green\\_Buildings.pdf](http://www.logison.com/site_Files/Content/PDF/Document_Downloads/LogiSon_Acoustical_Challenges_in_Green_Buildings.pdf), 26 Mart 2018.
120. <https://grimshaw.global/projects/the-eden-project-the-biomes/>, Eden Projesi, 1 Nisan 2018.
121. <http://www.edenproject.com/>, Eden Projesi, 1 Nisan 2018.
122. <https://ilovemyarchitect.com/2012/10/21/eden-project/>, Eden Projesi, 1 Nisan 2018.
123. <https://en.wikiarquitectura.com/building/eden-project/>, Eden Projesi, 1 Nisan 2018.
124. <https://www.youtube.com/watch?v=qxGTDT1yaD4>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
125. <http://www.wiki-zero.net/index.php?q=aHR0cHM6Ly9lbi53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvMzBfU3RfTWfyeV9BeGU>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
126. <https://en.wikiarquitectura.com/building/30-st-mary-axe-the-gherkin/>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
127. <https://www.fosterandpartners.com/projects/30-st-mary-axe/>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
128. <https://www.arup.com/projects/30-st-mary-axe>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
129. <https://www.30stmaryaxe.info/gallery/30-st-mary-axe>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
130. <https://www.archdaily.com/447205/the-gherkin-how-london-s-famous-tower-leveraged-risk-and-became-an-icon-part-2>, 30 St Mary Axe, 03 Nisan 2018.
131. Munro, D., Swiss Re's Building, London, Nyheter om Stålbyggnad, 3 (2014) 36-43.

132. Arslan Kılıç, G., Doğal Havalandırma Tasarım Stratejilerinin Yüksek Yapı Örnekleri Üzerinden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
133. <https://www.archdaily.com/438400/free-university-of-berlin-foster-partners>, Faculty of Philology Kütüphanesi, 02 Nisan 2018.
134. <https://www.fosterandpartners.com/projects/free-university/>, Faculty of Philology Kütüphanesi, 02 Nisan 2018.
135. <https://www.liberquarterly.eu/articles/10.18352/lq.7769/>, Faculty of Philology Kütüphanesi, 02 Nisan 2018.
136. <https://en.wikiarquitectura.com/building/philology-library-at-the-free-university-berlin/>, Faculty of Philology Kütüphanesi, 02 Nisan 2018.
137. Aydın, B. Sürdürülebilir Çelik Yapı Uygulama Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011.
138. Uslu, A., Geniş Açıklıklı Yapılarda Sürdürülebilir Tasarım, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.
139. [http://www.solaripedia.com/13/102/6034/california\\_academy\\_of\\_sciences\\_roof\\_construction.html](http://www.solaripedia.com/13/102/6034/california_academy_of_sciences_roof_construction.html), Kaliforniya Bilim Akademisi, 05 Nisan 2018.
140. <https://www.arup.com/projects/california-academy-of-sciences?query=california#mainContact>, Kaliforniya Bilim Akademisi, 05 Nisan 2018.
141. <http://www.rpbw.com/project/california-academy-of-sciences>, Kaliforniya Bilim Akademisi, 05 Nisan 2018.
142. <https://www.archdaily.com/6810/california-academy-of-sciences-renzo-piano>, Kaliforniya Bilim Akademisi, 05 Nisan 2018.
143. <https://www.wired.com/2007/07/st-greenmuseum/>, Kaliforniya Bilim Akademisi, 05 Nisan 2018.
144. <https://www.architectural.com/sgl-projekt-sro-stork-nest-farm/>, The Stork Nest Farm, 06 Nisan 2018.
145. <https://inhabitat.com/rehabilitated-stork-nest-farm-includes-a-giant-woven-riding-arena-inspired-by-nesting-birds/stork-nest-farm-sgl-projekt-14>, The Stork Nest Farm, 06 Nisan 2018.
146. <https://www.atlasobscura.com/places/architecture-nest>, The Stork Nest Farm, 06 Nisan 2018.



147. <https://www.archdaily.com/202058/the-stork-nest-farm-sgl-projekt/>, The Stork Nest Farm, 06 Nisan 2018.
148. <https://www.dezeen.com/2012/01/31/stork-nest-farm-by-sgl-projekt/>, The Stork Nest Farm, 06 Nisan 2018.
149. <http://miesarch.com/work/542>, Laypzig Hayvanat Bahçesi, 07 Nisan 2018.
150. <http://www.henchion-reuter.com/projects/gondwanaland-zoo-leipzig/>, Laypzig Hayvanat Bahçesi, 07 Nisan 2018.
151. <https://archello.com/project/gondwanaland-zoo-leipzig>, Laypzig Hayvanat Bahçesi, 07 Nisan 2018.
152. [http://www.rhinosourcecenter.com/pdf\\_files/142/1422582555.pdf](http://www.rhinosourcecenter.com/pdf_files/142/1422582555.pdf), Laypzig Hayvanat Bahçesi, 07 Nisan 2018.
153. <http://www.wiki-zero.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly9kZS53aWtpcGVkaWEub3JnL3dpa2kvR29uZ HdhbmFsYW5k>, Laypzig Hayvanat Bahçesi, 07 Nisan 2018.
154. <https://www.zoo-leipzig.de/erlebniswelten/gondwanaland/>, Laypzig Hayvanat Bahçesi, 07 Nisan 2018.
155. <http://www.yorkshirefabrications.com/gallery/8-projects/10-scunthorpe-sport-academy>, Skunthorpe Spor Akademisi, 07 Nisan 2018.
156. <http://www.andrewwrightassociates.com/docs/content.php?id=2:21:105>, Skunthorpe Spor Akademisi, 07 Nisan 2018.
157. <https://www.tekla.com/fr/node/4490>, Skunthorpe Spor Akademisi, 07 Nisan 2018.
158. <http://www.constructionmanagermagazine.com/onsite/blowing-bubbles/>, Skunthorpe Spor Akademisi, 07 Nisan 2018.
159. <http://www.derry-bs.co.uk/project-sectors/leisure/scunthorpe-sports-academy/>, Skunthorpe Spor Akademisi, 07 Nisan 2018.
160. [https://blogs.ntu.edu.sg/hp331-2014-67/?page\\_id=49](https://blogs.ntu.edu.sg/hp331-2014-67/?page_id=49), Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
161. <https://www.archdaily.com/254471/gardens-by-the-bay-grant-associates>, Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
162. <http://www.gardensbythebay.com.sg/en.html>, Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
163. [https://en.wikipedia.org/wiki/Gardens\\_by\\_the\\_Bay](https://en.wikipedia.org/wiki/Gardens_by_the_Bay), Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.

164. <http://transsolar.com/projects/gardens-by-the-bay-conservatories>, Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
165. <http://www.atelierone.com/projects#/gardens-by-the-bay/>, Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
166. <https://inhabitat.com/singapores-gardens-by-the-bay-features-the-worlds-largest-climate-controlled-greenhouses/>, Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
167. <http://grant-associates.uk.com/projects/gardens-by-the-bay/>, Gardens by the Bay, 08 Nisan 2018.
168. <http://markusschietsch.com/elefantenhaus-zoo-zuerich/>, Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
169. <https://www.archdaily.com/770772/elephant-house-zoo-zurich-markus-schietsch-architekten>, Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
170. [http://www.architectmagazine.com/technology/detail/kaeng-krachan-elephant-park-shell\\_o](http://www.architectmagazine.com/technology/detail/kaeng-krachan-elephant-park-shell_o), Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
171. <https://www.zoo.ch/en/der-zoo-z%C3%BCrich/sustainability-zoo-zurich>, Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
172. <https://www.leszoosdanslemonde.com/forum/viewtopic.php?f=19&t=11534>, Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
173. <https://structurae.net/products-services/kaeng-krachan-elephant-park-zurich-influenced-by-ulrich-finsterwalder>, Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
174. <https://kaulquappe.com/de/insights-storys/parametrisches-gebaudemodell/>, Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
175. [https://www.domusweb.it/en/architecture/2015/08/26/markus\\_schietsch\\_elephant\\_house\\_zoo\\_zurich.html](https://www.domusweb.it/en/architecture/2015/08/26/markus_schietsch_elephant_house_zoo_zurich.html), Kaeng Krachan Fil Evi, 09 Nisan 2018.
176. <https://www.drijvendpaviljoen.nl/>, Drijvend Pavyonu, 10 Nisan 2018.
177. <http://bubblemania.fr/en/bulle-spheres-flottantes-pavillon-2010-dura-vermeer-deltasync-publicdomain-architects-pays-bas-rotterdam/>, Drijvend Pavyonu, 10 Nisan 2018.
178. <http://www.nlingenieurs.nl/projecten/drijvend-paviljoen-duurzame-blikvanger-in-de-rijnhaven/#prettyPhoto>, Drijvend Pavyonu, 10 Nisan 2018.
179. <https://www.slideshare.net/rutgerdegraaf/information-brochure-floating-pavilion-rotterdam>, Drijvend Pavyonu, 10 Nisan 2018.

180. <http://www.blue21.nl/portfolio/floating-pavilion-rotterdam/>, Drijvend Pavyonu, 10 Nisan 2018.
181. [https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/870649/dome-of-visions-atelier-kristoffer-tejlgaard?ad_medium=gallery), DMV, 12 Nisan 2018.
182. <http://domeofvisions.dk/the-architecture/dome-3-0/>, DMV, 12 Nisan 2018.
183. <https://www.behance.net/gallery/52463337/Dome-of-Visions-30-An-experiment-continued>, DMV, 12 Nisan 2018.
184. <http://www.jeannouvel.com/en/projects/louvre-abou-dhabi-3/>, Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
185. <https://www.burohappold.com/projects/louvre-abu-dhabi/>, Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
186. <https://www.archisearch.gr/architecture/ateliers-jean-nouvel-louvre-abu-dhabi/>, Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
187. [https://www.archdaily.com/883157/louvre-abu-dhabi-atelier-jean-nouvel?ad\\_medium=gallery](https://www.archdaily.com/883157/louvre-abu-dhabi-atelier-jean-nouvel?ad_medium=gallery), Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
188. <http://www.studiodap.fr/en/portfolio/musee-du-louvre/>, Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
189. <https://www.louvreabudhabi.ae/en/about-us/architecture>, Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
190. <http://www.waagner-biro.com/en/divisions/steel-glass-structures/references/reference/louvre-abu-dhabi>, Louvre Abu Dabi, 14 Nisan 2018.
191. <https://www.mromagazine.com/2013/04/01/under-the-dome-energy-retrofit-grows-savings-and-reliability-at-montreal-biodome/>, Montreal Biodome, 15 Nisan 2018.
192. <https://www.archdaily.com/572372/azpml-and-kanva-reimagine-montreal-s-biodome-in-winning-competition-design>, Montreal Biodome, 15 Nisan 2018.
193. <http://aasarchitecture.com/2014/12/migration-du-biodome-azpml-kanva-architecture-neuf-architectes.html>, Montreal Biodome, 15 Nisan 2018.
194. <http://afasiaarchzine.com/2014/11/azp-2/>, Montreal Biodome, 15 Nisan 2018.
195. <http://espacepurlavie.ca/en>, Montreal Biodome, 15 Nisan 2018.
196. <https://www.makaleler.com/iglo-evleri-nedir-nasil-insa-edilir-ve-nasil-isinir>, İğlolar, 16 Nisan 2018.
197. <https://karlysarchitectureblog.wordpress.com/2011/10/>, İğlo Kesiti, 18 Nisan 2018.

198. <https://www.fosterandpartners.com/projects/reichstag-new-german-parliament/>, Reichstag Dome, 19 Nisan 2018.
199. <https://www.sanliurfa.bel.tr/icerik/231/71/kumbet-evler>, Harran Evleri, 19 Nisan 2018.
200. <http://www.leaningtower-ofpisa.com/pisa-baptistery/>, Pisa Baptistery, 20 Nisan 2018.
201. <https://www.istanbuldakicamiler.com/suleymaniye-caminin-kubbesi>, Süleymaniye Camii, 22 Nisan 2018.
202. <https://officechai.com/stories/amazon-greenhouse-spheres-seattle/#sthash.kM6axK6z.dpbs>, Amazon Spheres, 25 Nisan 2018.
203. <http://ghiformwork.com/en/projects/press-agency.html>, Saudi Press Agency Concrete Sphere, 27 Nisan 2018.
204. <https://www.thefarleygroup.com/multi-sport-domes.html>, Multi-Sport Dome, 28 Nisan 2018.
205. [https://www.researchgate.net/figure/Richard-Buckminster-Fuller-and-Shoji-Sadao-Dome-over-Manhattan-c1960-Source-The\\_fig3\\_270856906](https://www.researchgate.net/figure/Richard-Buckminster-Fuller-and-Shoji-Sadao-Dome-over-Manhattan-c1960-Source-The_fig3_270856906), Fuller's dome over Manhattan, 30 Nisan 2018.
206. Güneş, M. E., Şengün, E., Konutlarda Taşıyıcı Sistem Malzemesi Seçim Kriterleri: Safranbolu Örneği, 1st International Symposium on Critical and Analytical Thinking, 2015, Sakarya, Bildiriler Kitabı I: 424-432.

## ÖZGEÇMİŞ

Tayfur Emre YAVRU; 1993 yılında Trabzon'da doğdu. 2011 yılında ilk ve orta eğitimini tamamladıktan sonra, 2015 yılında KTÜ Mimarlık Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl KTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılında KTÜ Mimarlık Bölümü Yapı Bilgisi Anabilim Dalına araştırma görevlisi olarak atandı. Halen aynı kurumda araştırma görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir. İngilizce bilmektedir.

