

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARİDE TİTANYUM KULLANIMI**

**Nadiye YILMAZ**

**March, 2008**

**İZMİR**

# **MİMARİDE TİTANYUM KULLANIMI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi  
Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı**

**Nadiye YILMAZ**

**March, 2008**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NADIYE YILMAZ, tarafından YRD. DOÇ. DR. AHMET VEFA ORHON yönetiminde hazırlanan “MİMARİDE TİTANYUM KULLANIMI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....  
YRD. DOÇ. DR. AHMET VEFA ORHON

**Yönetici**

.....  
YRD. DOÇ. DR. MÜJDE ALTIN

**Jüri üyesi**

.....  
YRD. DOÇ. DR. KORAY KORKMAZ

**Jüri üyesi**

---

**Prof. Dr. Cahit HELVACI**

**Müdür**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca değerli fikir ve eleőtirileri ile araőtırmama yon verip, yol gosteren danıőmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. A. Vefa ORHON' a tım katkılarından dolayı teőekkürü bir borę bilirim.

Ayrıca öğrenim hayatım boyunca her konuda bana destek olan aileme, tez çalıőmam sırasında katkılarından dolayı Sn. İnő. Müh. Turgut ARAT ' a ve Sn. Fatih KARA' ya sonsuz teőekkürler.

Nadiye YILMAZ



# MİMARİDE TİTANYUM KULLANIMI

## ÖZ

Mimari tasarımdan başlayarak, yapıların üretilmesi ve ayakta tutulmasında en önemli öğelerden birisi yapı malzemeleridir. İnsanoğlu ihtiyaç duyduğu yapıyı yapmakla kalmayıp bu yapıyı ayakta tutabilmek için tasarımcısı, uygulamacısı, üreticisi ve kullanıcısıyla büyük uğraşlar vermektedir. Bu amaç doğrultusunda mimari tasarım ürününün arzu edilen kalitede ve ekonomik olması yönünde sürekli bir arayış vardır.

Çağımızda bu ihtiyaca cevap verebilecek üstün fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip malzeme titanyumdur. İspanya'daki Guggenheim müzesi, Frank Gehry'in tasarladığı ve eğrisel yüzeylerden meydana gelen ve 1998 yılında açılan yapı, dikkatleri titanyum üzerine çekmeyi başarmış ve dünya genelinde malzemenin kullanımında büyük artışlar sağlamıştır. Bu çalışmada dünyanın çeşitli ülkelerinde mimari yapılarda kullanımı hızla artan ancak ülkemizde mimarlık alanında bu güne kadar kullanılmayan - hatta yeteri kadar tanınmayan - titanyum malzeme ele alınmıştır.

Öncelikli olarak çalışmanın birinci bölümünde, titanyumun kısaca tanımı yapılmıştır. İkinci bölümde ise malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine değinilmiş, üretim yöntemleri, ürünler ve işlemler açıklanmıştır. Titanyumun tarihçesine değinilerek, ticari hayattaki yaygın kullanım alanları sıralanmıştır.

Üçüncü bölümde titanyum mimari alanda kullanılan diğer alternatif metallere karşılaştırılarak, sağladığı avantajlar belirtilmiştir. Mimari alanda kısa zaman içinde yaygın bir kullanıma sahip olan malzemenin kullanıldığı alanlar sınıflandırılmış, örnek yapılar ve detaylarla kullanım seçenekleri gösterilmiştir.

Doğada bol miktarda bulunmasına rağmen ayrıştırma yöntemlerinin pahalı olması titanyumun kullanımını kısıtlamaktadır. Üstün korozyon dayanımı, hafifliğine karşı sağlamlığı sayesinde yapının kullanım ve yenileme maliyetlerini ortadan

kaldırmaktadır. Dördüncü bölümde titanyum malzemenin ilk yapım maliyetinin yüksek olmasına rağmen, yapı ömrü boyunca diğer alternatif malzemelerden daha ekonomik olduğu örnek bir proje üzerinde yapılan maliyet analizi ile irdelenmiştir.

Sonuç bölümü olan beşinci bölümde ise; bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar belirtilmiştir. Titanyum malzeme sadece günümüzde değil, gelecek asırlarda da tasarımcı, kullanıcı ve uygulamacıların ihtiyaçlarına cevap verecek bir malzeme olacaktır.

**Anahtar sözcükler :** Titanyum, Mimari Tasarım, Yapı Malzemesi, Korozyon dayanımı

# **THE USE OF TITANIUM IN ARCHITECTURE**

## **ABSTRACT**

Starting from architectural design, building components are one of the most important elements for designing, constructing, and to remain standing up of buildings. Human being spend tremendous effort for to establish and keep standing up buildings he needs with cooperation of designers, contractors, manufacturers, and users. According to this purpose there is a continuous research for making architectural designs cheap and qualified which is intended.

Titanium is the element which can answer this need with its extraordinary physical and chemical characteristics in the modern era. Frank Gehry's curvilinear design of the Guggenheim Museum in Bilbao, Spain, has attracted worldwide attention and using of the material has been broaden all over the world since its opening in October 1998. In this study titanium –the material used in several countries of the world but not in Turkey, even not well-known in Turkey- is researched.

Titanium is defined in the first chapter of this study. In the second chapter, physical and chemical characteristics of titanium are declared and production methods of titanium, products of titanium, and processes are explained. Furthermore using history and areas of titanium are stated in the second chapter.

In the third chapter titanium is compared with the other architectural materials and its advantages are stated. Using areas of the material which it has gained many application area in a short time, is classified and using alternatives is explained with sample constructions and details.

Even though there a lot of titanium in nature, being expensive of decomposition techniques are constraining its using areas. Superb corrosion resistance and slighthness and firmness of the material are eliminating use and repair costs. In the fourth chapter cheapness of titanium comparing the other architectural materials is

explained with a cost analyze of a sample project in spite of high cost of titanium's first production.

Results of this study are stated in the fifth chapter. Titanium will be the material which can answer needs of designers, users, and operators not only today but also in the future.

**Keywords:** Titanium, Architectural Design, Building Materials, Corrosion Resistance

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	vi

### **BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....** 1

1.1. Titanyumun Tanımı .....	1
1.2. Amaç .....	2
1.3. Kapsam .....	2
1.4. Yöntem .....	3

### **BÖLÜM İKİ - TİTANYUM MALZEMESİNİN NİTELİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI .....** 4

2.1 Titanyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	4
2.1.1 Korozyon Dayanımı .....	4
2.1.2 Termal Genleşme Katsayısı .....	5
2.1.3 Ağırlıkça Hafif Oluşu .....	6
2.1.4 Aşınma ve Darbe Dayanımı .....	7
2.1.5 Isı Dayanımı .....	7
2.1.6 Enerji Korunumu .....	7
2.1.7 Ses Yalıtımı .....	7
2.1.8 Çevre Dostu .....	7
2.1.9 Ekonomik Oluşu .....	8
2.2. Titanyumun Üretim Yöntemleri, Ürünler ve İşlemler .....	8
2.2.1 Titanyumun Üretilmesi .....	8
2.2.2 Titanyumun Çeşitli Derece ve Özellikteki Ürün Boyutları .....	10

2.2.3	Titanyum Levhanın Şekillendirilmesi ve Diğer İşlemler .....	13
2.2.3.1	Titanyum Levhanın Kesilmesi .....	13
2.2.3.2	Titanyuma Şekil Verme .....	15
2.2.3.3	Titanyumun Birleştirilmesi .....	16
2.2.3.4	Titanyumun Korunması ve Temizliği .....	17
2.2.3.5	Titanyum Metalinin Yüzeyinin Renklendirilmesi .....	18
2.3	Titanyumun Tarihçesi ve Genel Kullanım Alanları .....	19
2.3.1	Titanyumun Tarihçesi .....	19
2.3.2	Titanyumun Genel Kullanım Alanları .....	21

## **BÖLÜM ÜÇ - TİTANYUMUN MİMARLIKTAKİ KULLANIM ALANLARI VE ÖRNEKLER ..... 23**

3.1	Mimarlıkta Titanyum Malzemenin Kullanımı .....	23
3.2	Mimarlıkta Titanyum Malzemenin Kullanıldığı Alanların Sınıflandırılması.....	27
3.2.1	Titanyumun Çatı ve Cephe Kaplamalarında Kullanımı ve Uygulama Detayları .....	27
3.2.1.1	Titanyum Malzemesinin Çatı ve Cephe Kaplaması Olarak Kullanıldığı Yapılardan Örnekler .....	36
3.2.1.1.1	Guggenheim Museum .....	36
3.2.1.1.2	Van Gogh Museum Ek Binası.....	41
3.2.1.1.3	İskoç Ulusal Bilim Merkezi .....	43
3.2.1.1.4	Brand Bier Disco .....	47
3.2.1.1.5	Cerritos Millenium Library .....	49
3.2.1.1.6	City Harvest Church .....	52
3.2.1.1.7	Denver Art Museum .....	54
3.2.1.1.8	National Grand Theater .....	59
3.2.1.1.9	Scheepvaart Museum Depo Binası .....	64

3.2.1.1.10 MTRC Central Station .....	66
3.2.1.1.11 Amicorp-Curacao .....	67
3.2.1.1.12 Sun Plaza-Jakarta .....	68
3.2.1.1.13 La Mason Simons-Kanada .....	71
3.2.1.1.14 Napier Üniversitesi Konferans Salonu .....	72
3.2.1.1.15 City Hall .....	74
3.2.1.1.16 Surrey City Center .....	76
3.2.1.1.17 Hilton Hotel .....	78
3.2.1.1.18 Hollanda Hükümet Binası .....	80
3.2.1.1.19 Art Mito Tower .....	82
3.2.1.1.20 Residence, De Apenrots .....	84
3.2.1.1.21 Residence, Singapur .....	86
3.2.2 Titanyum Malzemesinin Restorasyonda Kullanımı .....	88
3.2.2.1 Titanyumun Restorasyonda Kullanıldığı Yapılardan Örnekler .....	89
3.2.2.1.1 Kilise Çan Kulesi Restorasyonu.....	89
3.2.2.1.2 Parthenon Tapınağı .....	90
3.2.3 Titanyumun Taşıyıcı Sistemde Kullanımı.....	92
3.2.3.1 Titanyumun Taşıyıcı Sistemde Kullanıldığı Yapılardan Örnekler .....	92
3.2.3.1.1 Abu Dhabi Airport .....	92
3.2.4 Titanyumun Yapı Profili Olarak Kullanımı .....	96
3.2.4.1 Titanyumun Yapı Profili Olarak Kullanıldığı Yapılardan Örnekler.....	96
3.2.4.1.1 Nagoya Dome.....	96
3.2.5 Titanyumun Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanımı.....	98
3.2.5.1 Titanyumun Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanıldığı Yapılardan Örnekler.....	98
3.2.5.1.1 İnterbank Genel Merkezi .....	98
3.2.5.1.2 Simon Finch Kitap Dükkanı.....	100
3.2.5.1.3 Torcy .....	101
3.2.6 Titanyumun Olumsuz Atmosferik Ortamlardaki Yapılarda Kullanımı.....	102

3.2.6.1 Titanyumun Olumsuz Atmosferik Ortamlardaki Yapılarda Kullanımına Örnekler.....	102
3.2.6.1.1 Traffic Center .....	102
3.2.6.1.2 Theater, Hollanda .....	104
3.2.6.1.3 Juno Beach Center .....	106
3.2.6.1.4 Ocean Dome .....	108
3.2.6.1.5 Köprü , Japonya .....	111
3.2.7 Titanyumun Dekoratif Amaçlı Kullanımı .....	112
3.2.7.1 Titanyumun Dekoratif Amaçlı Kullanımına Örnekler .....	112
3.2.7.1.1 Issey Miyake Showroom .....	112
3.2.7.1.2 Guinness “ The Source” Bar / Restaurant .....	114
3.2.7.1.3 Titanyumun Mutfak Dolaplarında Kullanımı .....	115

**BÖLÜM DÖRT - TİTANYUM, PASLANMAZ ÇELİK VE BAKIR ÇATI KAPLAMA MALZEMESİNİN KARŞILAŞTIRMALI FİYAT ANALİZİ ..... 116**

4.1 ATATÜRK Kültür Merkezi .....	116
4.1.1 Genel Özellikleri, Çatı Plan, Kesit ve Detayları .....	116
4.1.2 Titanyum Kaplama Yapılacak Çatının Kaplama Metrajı .....	132
4.2 Titanyum, Paslanmaz Çelik ve Bakır Kaplamanın Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırması.....	133
4.3 Titanyum, Paslanmaz Çelik ve Bakır Kaplamanın Garanti Sürelerinin Karşılaştırması.....	137
4.4 Bakır ve Titanyum Kaplamanın Kullanım Maliyetlerinin Karşılaştırılması .....	138
4.5 Titanyum, Paslanmaz Çelik ve Bakır Kaplamanın Ağırlıklarının Karşılaştırılması .....	140
4.6 Titanyum Kaplamanın Alternatif Detay Çözümünün Karşılaştırmalara Etkisi .....	143
4.6.1 Alternatif Detay ile Titanyum Kaplamanın Ağırlığı.....	143
4.6.2 Alternatif Detay ile Titanyum Kaplamanın Maliyeti .....	144



4.6.3 Alternatif Detay ile Kullanım Maliyetlerinin Karşılaştırılması .....	147
<b>BÖLÜM BEŞ - SONUÇ VE DEĞERLENDİRME .....</b>	<b>148</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>154</b>

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

#### 1.1 Titanyumun Tanımı

Titanyum, periyodik cetvelin 4. grubunda yer alan, çok sert, gümüşü beyaz, parlak bir elementtir. Kimyasal sembolü: Ti, Atom numarası : 22'dir. Ergime noktası 1660 °C, kaynama noktası 3287 °C, özgül ağırlığı 4,51 gr/cm<sup>3</sup> dür. Metalik halde kuvarısı çizecek kadar serttir.

Titanyum nadir bir element olarak bilinirse de yer kabuğunda en çok bulunan 4. metal (demir, alüminyum, magnezyum, titanyum) ve 9. elementtir. Cevher yoğunlaşmasının seyrek olması ve cevherden titanyum elde edilmesinin zor olması onu pahalı bir metal yapar. Üstün niteliklerine ve yer kabuğunda bolca bulunmasına karşın titanyum, yapısal metaller arasında ticari kullanım açısından en yenisidir. ([www.titan-japan.com/ohanashi/ohanashe.html](http://www.titan-japan.com/ohanashi/ohanashe.html))

Atmosferik korozyona karşı bütün metaller arasında en yüksek dirence sahip, güç ve dayanım açısından çelikten daha sağlam olması ve neredeyse bütün kimyasal etkilere karşı dayanıklı bir metal oluşu titanyumu mimari alanda ve daha birçok alanda aranılan bir malzeme yapmaktadır.

Titanyum doğada saf halde değil bir takım mineraller halinde bulunmaktadır. En önemli titanyum mineralleri; rutil (TiO<sub>2</sub>), ilmenit (FeTiO<sub>3</sub>) ve titanittir. (CaTiSiO<sub>5</sub>)

## 1.2 Amaç

Üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle, mimarlıkta kullanılan metaller arasında en ideal ve yenisi olan titanyum malzemenin genel özelliklerini tanıtmak, gündelik hayattaki bilinen kullanım alanlarına kısaca değinerek malzeme hakkında ön bilgi vermek, malzemenin mimarlıktaki kullanım alanlarını belirtmek öncelikli olarak amaçlanmaktadır. Mimari alanda 1970 yıllarında Japonya'da ağır çevresel koşullara – hava kirliliği vs. - uygunluğu nedeniyle tercih edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Malzeme tanındıkça dünyanın çeşitli ülkelerinde kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Fakat ülkemizde henüz mimari alanda kullanılmamış olan titanyum malzemeyi tanıtarak, üstün özelliklerinden dolayı yapının bakım ve yenilenme maliyetlerini ortadan kaldırdığı için uzun vadede ekonomikliğini irdelemek amaçlanmaktadır.

## 1.3 Kapsam

Tez kapsamında öncelikli olarak titanyum malzemenin tanımı yapılarak, tarihçesine, elde edilmesine, ortaya çıkan ürünler ve boyutları ile malzemenin ticari hayattaki genel kullanım alanlarına değinilecektir. Malzemenin fiziksel ve kimyasal özelliklerine değinilerek tanıtımı yapıp, mimarlıkta kullanılan diğer metallerle kıyaslanarak malzemenin avantajları belirlenecektir. Ardından mimari alanda kullanım alanları sınıflandırılacak ve her sınıf için uygulanmış olan yapılardan örnekler verilecektir. Bu örnekler incelenerek kullanılan detaylar belirlenecektir.

Yerkabuğunda bol miktarda bulunmasına rağmen, ayrıştırma işleminin karmaşık oluşu malzemenin maliyetinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Buna rağmen malzemenin tasarımcılar tarafından tanınması ve kullanımı her geçen gün artmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu ayrıştırma yöntemlerinin geliştirilmesi, titanyumun ucuzlamasını sağlayacaktır. Günümüzde de bina bakım ve yenileme masraflarını ortadan kaldırdığı için uzun vadede ekonomikliğini irdelemek amacıyla örnek bir proje üzerinde maliyet analizi yapılacaktır. Proje olarak İzmir Atatürk Kültür Merkezi seçilmiş, yapının mevcut bakır çatısının paslanmaz çelik ve titanyum

levha kaplanması sonucu ortaya çıkan ilk yapım ve kullanım maliyetleri kıyaslanacaktır. Ayrıca yapıya etki ettiği yükler ile firmalar tarafından verilen garanti süreleri kıyaslanarak, sonuçlar değerlendirilecektir.

#### **1. 4 Yöntem**

Yukarıda belirtilen amaç doğrultusunda, çalışma oluşturulurken literatür taraması yapılacaktır. Üretici firmalarla irtibata geçilerek, malzemenin üretimi ve elde edilen ürünler ile ilgili bilgiler toplanıp, maliyeti ile ilgili fiyatlar alınacaktır. Titanyumun kullanıldığı yapılar hakkında bilgiler edinilecektir.

Yapılan araştırmalar sonucu elde edilen temel bilgiler ile malzemenin tanımı yapılıp, özellikleri belirtilip ve genel kullanım alanları sınıflandırılarak malzemenin tercih sebebi ortaya konulacaktır. Titanyumun mimari alanda kullanıldığı yapı örnekleri incelenerek, bu yapılar malzemenin kullanıldığı alana ve yere göre sınıflandırılacaktır. Her sınıflandırmaya ait yapılardan örnekler verilecektir. Ayrıca bu yapılarda kullanılan detaylar incelenerek, titanyumun kendine has detayları gösterilecektir.

Titanyumun yer kabuğunda bol miktarda bulunmasına rağmen maliyetinin yüksek oluşu malzemenin tek dezavantajı olarak görülmektedir. Atmosferik etkilere karşı üstün dayanımı nedeniyle yapı ömrü ele alındığında ekonomikliğini göstermek amacıyla, titanyumun en yaygın kullanım alanı olan çatı kaplamasında kullanımı diğer alternatif malzemeler ile (paslanmaz çelik ve bakır) karşılaştırılacaktır. Karşılaştırmada seçilen bir örnek proje üzerinden bu malzemelerin yapım ve kullanım maliyetleri, korozyon dayanımları, toplam ağırlıkları ele alınacaktır. Maliyet analizi yapılırken Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatları ile üretici firmalardan alınan fiyatlar hesaplamalarda kullanılacaktır. Maliyet hesabı yapılırken klasik detaylar kullanılarak fiyatlandırma yapılacak, ardından titanyumun kendine ait uygulama detayları ile fiyatlandırma yapılıp, elde edilen sonuçlar irdelenecektir.

Çalışma içinde yer yer şekiller, tablolar, fotoğraflar ve grafiklerle konunun algılanması kolaylaştırılacaktır.

## **BÖLÜM İKİ**

### **TİTANYUMUN NİTELİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI**

Bu bölümde titanyum malzemenin fiziksel ve kimyasal özellikleri anlatılarak, titanyumun üretim aşaması, ürün boyutları ve yüzey özelliklerine değinilecek, ticari hayattaki genel kullanım alanları belirtilecektir.

#### **2.1 Titanyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri**

##### ***2.1.1 Korozyon Dayanımı***

Titanyumun en önemli özelliği ve diğer hiçbir metalde olmayan yüksek korozyon dayanımı, oksijene karşı açlığı nedeniyle hava veya nem ile temas eden yüzeyinde kendiliğinden oluşan oksit film tabakasından kaynaklanmaktadır. Yüzeyde oluşan bu film tabakası titanyumu klor etkisine karşı da mükemmel koruduğundan dolayı deniz ortamında da güvenle kullanılabilir. (<http://www.malzemebilimi.com/blog/2007/01/29/titanyum/>). Mimarlıkta kullanılan diğer metallerin ömrünün tükendiği olumsuz atmosferik koşullarda (hava kirliliği, denizin tuzlu suyu, asit yağmurları, volkanik kalıntı, endüstriyel bölgelerdeki sülfür bileşiklerinde ve diğer olumsuz ortamlarda) titanyum ayakta kalabilmektedir. Bu nedenle titanyum, tuzlu su etkisine yoğun olarak maruz kalan yapılarda, köprülerde ve akvaryum yapılarında tercih edilmektedir.

Ayrıca metalin zarar gören yüzeyi, hava ve nem ile temas ettiği anda yüzeyinde oluşan oksit film tabakası sayesinde zaman içinde yüzeydeki tahribatlar ortadan kalkmaktadır. Üretim aşamasında kendiliğinden oluşan bu film tabakasının kalınlığı değiştirilerek, titanyumun gökkuşağı ilkesine göre istenen renkte üretilmesi sağlanmaktadır. (Bölüm 2.2.3.5'te titanyum malzemenin yüzeyinin renklendirilmesine değinilmiştir). Titanyumun ultraviyole ışınların etkisiyle ve kötü hava koşullarında renginde solma olmamaktadır.

### *100 Yıl Garanti :*

TIMET firması mimarlıkta kullanılan saf titanyum metale (TIMETAL®35 ASTM 265-I. Derece) diğer hiçbir metalde olmayan 100 yıl korozyon garantisi vermektedir. Ayrıca üretici firma malzemenin korozyona karşı 1000 yıl dayanabileceğini söylemektedir. Bu garanti normal atmosferik ortamların yanı sıra endüstriyel, deniz kıyısı, çöl ve tropikal ortamları da içermektedir.

Tablo 3.1'de mimarlıkta kullanılan bazı metallerin atmosferik dirençlerinin karşılaştırılması ile Tablo 3.2'de çeşitli metallerin korozyon potansiyellerine ilişkin karşılaştırmalar görülebilir.

### *Galvanik Korozyon :*

İki farklı metal veya alaşımları birbiri ile temas halinde iken kimyasal etki ile bozulabilmekte ve galvanik korozyon oluşmaktadır.

Titanyumun farklı metallerle bağlantısında, genellikle titanyumun korozyonunu hızlandırıcı bir etkisi görülmemektedir. Mimari uygulamaların çoğunda, her hangi bir galvanik çiftte titanyum katodik elemandır. Galvanik korozyonun önlenmesinde en uygun çözüm, korozyona sebep olan farklı metallerin birbirinden izole edilmesidir. ([www.stainless-steel-world.com/titanium/ShowPage.aspx?pageID=173](http://www.stainless-steel-world.com/titanium/ShowPage.aspx?pageID=173), Nemchock, G., 2000)

### **2.1.2 Termal Genleşme Katsayısı**

Mimarlıkta kullanılan metallerin arasında en düşük ısı genleşme katsayısına sahip olan malzeme titanyumdur. ( $8.4 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ). Bu değer cam, beton ve mermerin ısı genleşme katsayısına eşit, paslanmaz çelik ve bakırın yarısı, alüminyumun 1/3'ü kadardır. Mimari projelerin detaylandırılmasında bu özelliği titanyuma diğer metallere kıyasla avantaj sağlamaktadır. (Nemchock, G., 2000). Genleşmelerden dolayı titanyumda oluşacak ısıl gerilmeler, diğer metallere oranla daha düşük olacaktır. Ayrıca genleşme katsayısının cam ve betonunkine yakın oluşu, titanyumun

bu malzemelerle çelik, bakır ve alüminyuma kıyasla daha uyumlu olmasını sağlamaktadır. (Orhon, A.V. , Ocak 2005 )

Tablo 3.3 'de mimarlıkta kullanılan bazı metallerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması yer almaktadır.

Titanyumun doğrama olarak kullanıldığı yapılarda, “ cam ve titanyumun lineer genleşme katsayısının yakınlığı, ısı genleşmelerinde camın çerçeveye oturduğu noktalarda oluşabilecek sızdırma problemlerini ortadan kaldırdığından uygulama ayrıntılarını basitleştirmiş, genleşme derzlerini gereksiz kılmıştır. ”(Orhon, A.V. , Ocak 2005)

Titanyumun çatı kaplaması olarak kullanıldığı yapılarda, lineer genleşme katsayısının düşük olması sayesinde uzunluğu 20 m' yi geçen yekpare titanyum paneller kullanılarak, açıklık boyunca enine bitişme gerekmeksizin yüzey kaplanabilmektedir. Genleşme katsayısı yüksek olan diğer malzemelerde, daha geniş boyutlarda birleşme derzlerine gerek duyulacağından malzeme boyutlarının daha küçük tutulması gerekmektedir. ([www.stainless-steel-world.com/titanium/ShowPage.aspx?pageID=206](http://www.stainless-steel-world.com/titanium/ShowPage.aspx?pageID=206))

### **2.1.3 Ağırıkça Hafif Oluşu**

Titanyumun özgül ağırlığı  $4.51 \text{ g/cm}^3$ 'dür. Bu da çeliğin % 60'ı, bakırın yarısı, alüminyumun 1. 7'si kadardır. Alüminyumdan % 60 daha ağır olmasına karşın 2 kat daha dayanıklıdır.([www.toho-titaniumco.jp/en/titan/index.html](http://www.toho-titaniumco.jp/en/titan/index.html)). Bu kadar hafif olması, kendisini taşıyan iskeletin dolayısıyla titanyumun kullanıldığı yapının yükünü azaltmaktadır. Ayrıca hafif oluşu imalat, uygulama, nakliye ve depolanmasında kolaylık sağlamaktadır. Hafifliğine karşın yüksek dayanımı, taşıyıcı sistemde kullanıldığında diğer malzemelere göre daha küçük kesitlerde ve zarif olmasını sağlamaktadır.

Gehry'nin Bilbao Guggenheim müzesinde kullanılan titanyum çatı ve duvar kaplamasının (0, 3-0, 4 mm kalınlıkta) ağırlığı  $1, 35-1, 8 \text{ kg/m}^2$ 'dir.

#### **2.1.4 Aşınma ve Darbe Dayanımı**

Titanyum hafifliğine karşın mükemmel bir darbe dayanıklılığına sahiptir. Gerilme ve burkulmalara karşı direnci çeliğin iki katı kadardır. Deprem anında diğer malzemelere oranla daha esnektir.

#### **2.1.5 Isı Dayanımı**

Titanyumun erime noktası 1670 °C'dir. Japonya'da çatı ve cephe kaplaması için yanmaz malzeme olarak kabul edilmiştir. Yapılan yanmazlık testinde izole edilmemiş titanyum malzeme 1100 °C'ye kadar dayanmıştır. ([www.stainless-steel-world.com/titanium/ShowPage.aspx?pageID=206](http://www.stainless-steel-world.com/titanium/ShowPage.aspx?pageID=206)). Erime noktasının çok yüksek olması titanyumun yüksek sıcaklıklara uzun süre dayanmasını sağlamaktadır. 1998 kış olimpiyatları için heykeltıraş Kiyoyuki Kikutake tarafından tamamen titanyumdan yapılan olimpiyat meşalesinde, yüksek ısı dayanımı nedeniyle titanyum tercih edilmiştir. (<http://www.sculpture.org/> , <http://www.idgrid.org/id/titanium.htm>)

#### **2.1.6 Enerji Korunumu**

Titanyum mükemmel bir izolatördür. Isı iletkenliği 10 Btu/hr. -F°/ft'dir. Bu değer çok küçüktür. Alüminyumun 1/10'i kadardır. Binaların enerji yeterliliğini ve enerji korunmasını sağlamaktadır.

#### **2.1.7 Ses Yalıtımı**

Titanyum üstün ses yalıtımına da sahiptir. Bu özelliği nedeniyle iç mekanda tavan ve duvar kaplamalarında tercih edilmektedir.

#### **2.1.8 Çevre Dostu**

Titanyum her türlü ortamda çevre dostu metal olarak kabul edilmektedir. Diğer metaller çevresel etkilere ve kirleticilere (kirliliği, asit yağmurları v. s.) maruz kaldıklarında az yada çok korozyona uğrarken, metalik iyonlar salarlar. Zehirli



olabilen bu iyonlar çevre sorunları yaratabilir. Titanyum üstün korozyon direnciyle en olumsuz çevre koşullarında bile bu tip problemlere neden olmamaktadır. Ayrıca % 100 dönüşümlü olması, metalin tekrar kullanılabilmesini sağlamaktadır. ([www.toho-titanium.co.jp/en/titan7index.html](http://www.toho-titanium.co.jp/en/titan7index.html))

### **2.1.8 Ekonomik oluşu**

Titanyumun elde edilmesinin zor olması sebebiyle ilk yapım maliyetinin yüksek olmasına karşın kullanım maliyeti diğer malzemelere kıyasla ekonomik sayılabilir. ([www.ing.unitn.it](http://www.ing.unitn.it)). Fabrikasyon ve depolama bedeli paslanmaz çelik ile kıyaslandığında sadece % 5 - % 10 daha fazladır. (Nemchock, G., 2000). Titanyumun yüksek korozyon dayanımı sayesinde çatı, cephe kaplaması ve diğer mimari uygulama alanlarında uzun vadede bakım ve servis maliyetleri az olması nedeniyle tüm mimari metaller içinde rekabette ilk sırayı almaktadır. (Özellikle olumsuz atmosferik ortamlarda). Titanyum kendine has tasarımı ile kullanıldığında, strüktürel ağırlık azalmakta ve buna bağlı olarak taşıyıcı sistem maliyeti de azalmaktadır. ([http://www.titanium-fiko.com.ua/pages/e\\_page3.htm#about](http://www.titanium-fiko.com.ua/pages/e_page3.htm#about) )

## **2.2 Titanyumun Üretim Yöntemleri, Ürünler ve İşlemler**

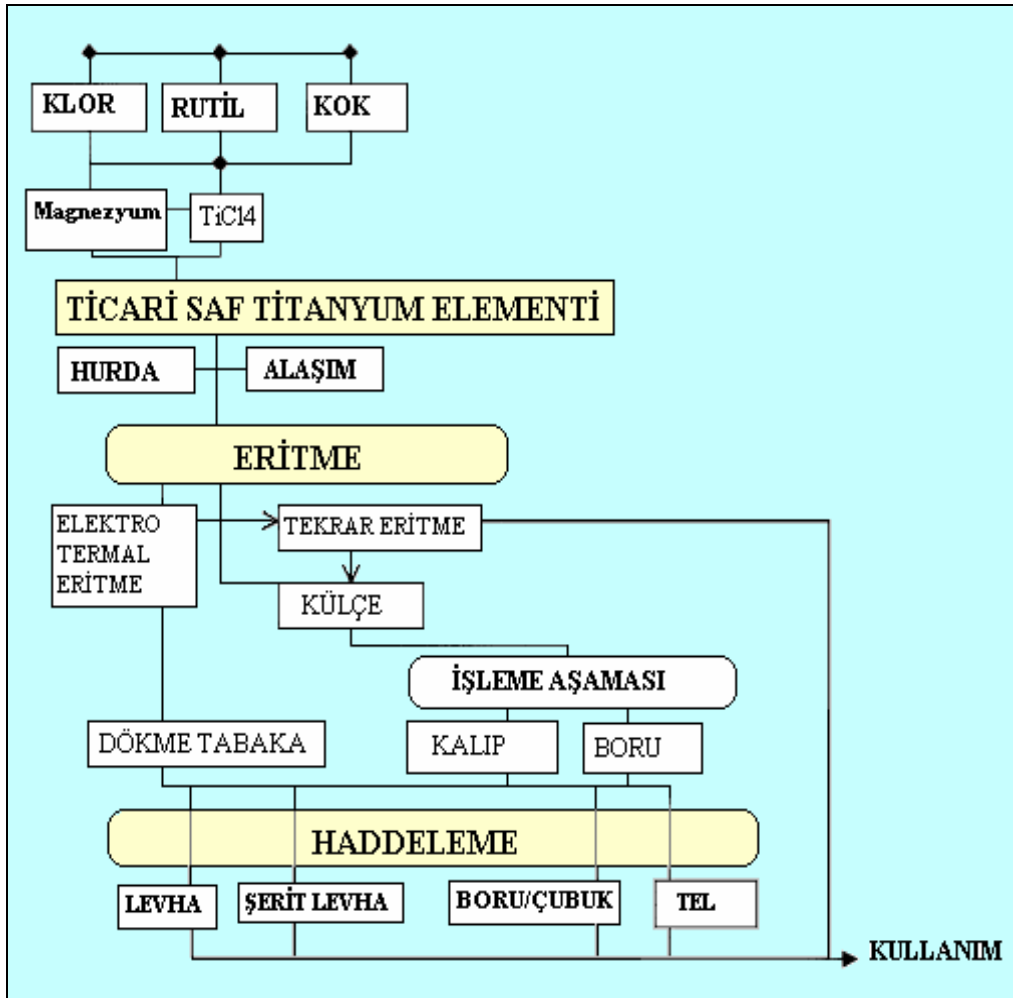
### **2.2.1 Titanyumun Üretilmesi**



Şekil 2.1 Titanyumun üretilmesi, ([www.spectore.com/spectore/process.html](http://www.spectore.com/spectore/process.html))

Çeşitli biçimlerde çıkarılan cevher klasik yöntemlerle zenginleştirilir. Elde edilen cevher; rutil, ilmenit ve titanlı manyetit minerallerinden birisidir. Bu cevherlerden de  $TiO_2$  pigmenti elde edilir. Bu işlem iki yöntemle yapılır. (www.ekimya.com , www.forumtrk.org/titanyum-t5985.html)

1. Sülfat yöntemi
2. Klorit yöntemi



Şekil 2.2 Titanyum malzemenin üretim akış diyagramı, ( Nemchock, G., 2000 )

Klorit yöntemi sonucu elde edilen saf titanyum elementi, hurda titanyum ilave edilerek veya ilave edilmeden vakum ortamında eritilir. Gerekli ise vanadyum, alüminyum molibden gibi alaşım maddeleri ilave edilir.

Fabrikasyon sonucu ortaya çıkan farklı özelliklerdeki ürünler tabakalar, ince şerit levhalar, borular ve tel haline getirilir.

Titanyumun yüksek reaktif doğası, hem avantaj ve hem de dezavantajlara neden olmaktadır. Dökülmüş metalin oksitlenme ve gevrekleşmesinden kaçınmak için titanyum dökümünün vakum veya inert gazlı ortamda yapılması gerekmektedir. Atmosferdeki oksijenin çok düşük bir konsantrasyonuyla sağlanan az bir temas bile, dökülmüş metalin şekil verilebilirliğini ciddi şekilde kayba uğratabilir. Eriyik halindeki alaşım revetman malzemesiyle ani reaksiyonu girebilir. Buna önlem olarak uyumlu döküm malzemesi seçimine dikkat edilmesi ve döküm sonrası, revetman ile temas etmiş yüzeyin tasfiye edilmesi veya her iki önlemin birden uygulanması gerekmektedir. Sözü edilen yüksek reaksiyona meyilli olma özelliği aynı zamanda titanyumun arzu edilen birçok özelliğinin oluşumuna neden olmaktadır. Neredeyse anında oksit olarak, metal yüzeyinde yaklaşık 10 nanometre kalınlığında dirençli ve stabil oksit katmanı oluşur. Bu oksit katmanı titanyumun renk ve korozyona karşı direnç özelliği sağlar.

### **2.2.2 Titanyumun Çeşitli Derece ve Özellikteki Ürün Boyutları**

*Döküm :*

Döküm sonrası külçeler oluşmaktadır. Külçe, fabrika ürünlerinin temel ürün şeklidir. Kullanılmış ürünlerinde yeniden eritilip işlenmesine fırsat vermektedir.

Tablo 2.1 Titanyumun külçe boyutları (www.timet.com)

<b>KÜLÇE BOYUTLARI</b>		
<b>ÇAP (mm)</b>	<b>PIYASADA BULUNAN</b>	<b>AĞIRLIK</b>
700	Sadece 2 kez eritilmiş	3,400 kg
800	2 ve 3 kez eritilmiş	4,535 kg
850	2 ve 3 kez eritilmiş	6,350 kg

*Ticari Kaplama Malzemesi :*

TIMET tarafından üretilen kaplama 102 mm veya daha fazla kalınlıkta, 2540 mm veya daha fazla genişlikte ve 15240 mm veya daha fazla uzunlukta üretilmektedir. Üretilen kaplamanın maksimum uzunluk, genişlik ve kalınlıkları kullanılan kaplama malzemesinin saflık derecesine, özelliklerine, temel ürün ağırlığına, üretim koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Kaplamanın normal yüzeyi ağartılmış görünüme sahiptir. Üretim aşamasında yüzey görünüşü değiştirilebilir.

*Ticari Titanyum Şerit Levha :*

Levha 4, 8 mm'den daha az kalınlığa sahip rulo haline getirilmiş şekilde veya belli uzunluklarda kesilerek satılmaktadır. TIMET endüstriyel ürün kodu (ASME SB265) veya özelliklerine göre değişik kod verilmiştir. Yaygın kullanılan levha 0, 3 mm kalınlıkta olup, maksimum genişlik ve uzunluk çeşitli faktörlere bağlı olmakla birlikte (derece, yüzey bitişi ve kalınlık ) yaygın kullanılan genişlik 1219 mm, kesilen uzunluk 3658 mm'dir.

*Titanyum Kaplama Malzemesinin Çeşitli Derece ve Özellikteki Ürün Boyutları :*

Kimyasal olarak saf şeklinde titanyumun şekil verilebilirliği, metalin mekanik özelliklerini geliştirmek için, örneğin alüminyum, vanadyum ve demir gibi metallerle alaşımı yapılır. Uluslar arası ASTM (Amerikan Standartları Enstitüsü), dört çeşit saf titanyumu ve Ti-6Al-4V, "Ti-6Al-4V ekstra az boşluklu" ve Ti-Al-Nb olarak, 3 titanyum alaşımını standart olarak tanımlamaktadır.

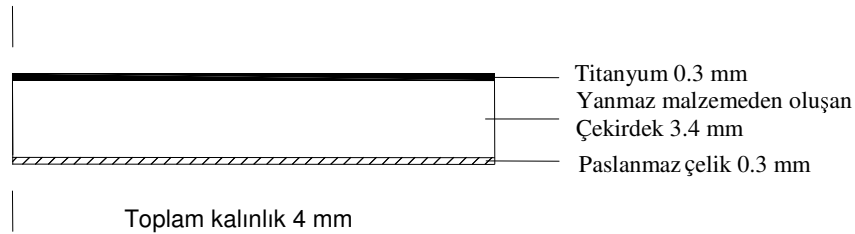
Mimarlıkta 1. ve 2. derece saf titanyum malzeme kullanılmaktadır. Form ve boyutlar istenen özelliklere cevap verebilmektedir. Mimari alanda kullanılan titanyum malzeme; sargı levha, kompozit panel ve boru şeklinde üretilmektedir. Levha halindeki kullanımı en yaygın kullanım şeklidir. Tipik kalınlık 0, 1 mm'den 0, 4 mm'ye kadar değişmektedir. Maksimum genişlik ve uzunluk kullanılan

malzemenin saflık derecesine yüzey bitişine, kalınlığına göre değişmektedir. Ticari 1. derece saf titanyum (ASTM B265) mimarlık alanındaki uygulamalar için en ideal malzeme seçilmiştir.

Tablo 2.2 Titanyumun çeşitli derece ve özellikteki kaplama boyutları, ( www.titanium.com )

<b>TİTANYUM KAPLAMA MALZEMESİNİN BOYUTLARI</b>
<b>Ticari Saf Titanyum Kaplama Malzemesi</b>
2400 mm genişlikte * 6000 mm uzunlukta 46875 mm den 75 mm'ye kadar boyutlandırılabilir.
<b>Titanyum 6Al-4V Kaplama malzemesi</b>
1200 mm genişliğinde x 3000 mm uzunlukta 46875 mm den 75 mm'ye kadar boyutlandırılabilir
<b>Titanyum 6Al-4V-L harfi şeklinde kaplama malzemesi</b>
1200 mm genişlikte x 3000 mm uzunlukta 46875 mm den 75 mm'ye kadar boyutlandırılabilir
<b>Ticari saf Titanyum Şerit levha</b>
1200 mm genişlikte * rulo halinde 0.5 mm'den 4675 mm'ye kadar boyutlandırılabilir
<b>Titanyum 6Al-4V Şerit Levha</b>
1200 mm genişlikte x rulo halinde 0.5 mm'den 4675 mm'ye kadar boyutlandırılabilir

Titanyum Kompozit panel :



Şekil 2.3 Titanyum kompozit panel detayı, (Mitsubishi Kimyasal A.Ş.)

Mitsubishi Kimyasal A.Ş. tarafından üretilen ve kullanılmakta olan ALPOLIC /fr TCM, titanyum kompozit panelin dış yüzeyinde 0,3 mm kalınlığında titanyum kaplama, arka yüzeyde 0,3 mm kalınlıkta paslanmaz çelik kaplama ve ortada yanmaz malzeme bulunan bir çekirdekten oluşmaktadır. (Şekil 2.3) Toplam 4 mm kalınlıktaki levha 1000 mm \* 5000 mm boyutlarında üretilmektedir. Bu malzeme dış cephede kullanıldığı gibi çatı yüzeyinde de kullanılabilir.

Tablo 2. 3 Titanyumun kompozit panel ölçüleri, (Mitsubishi Kimyasal A.Ş.)

<b>Standart Titanyum Kompozit Panel ölçüleri</b>		
<b>(ALPOLIC /fr TCM)</b>		
Kalınlık	Genişlik	Uzunluk
4 mm	1000 mm	5000 mm

### **2.2.3 Titanyum Levhanın Şekillendirilmesi ve Diğer İşlemler**

Titanyumun geleneksel fabrika ve fabrikasyon prosedürleri mimarlıkta kullanılan diğer metallerle çok benzerdir. Titanyumun şekillendirilmesinde standart metal şekillendirici aletler ve makineler kullanıldığı gibi, kullanılan uygulama teknikleri paslanmaz çelik ile aynıdır. (Nippon Steel Corporation , Nemchock, G., 2000 ve [www.timet.com](http://www.timet.com)).

#### **2.2.3.1. Titanyum Levhanın Kesilmesi**

Bilinen standart metal kesim teknikleri (elle kesim, elektrikli aletlerle kesim, testere ile kesim, delme ) titanyum içinde geçerlidir. Titanyumun kesim yüzeyinde korozyona karşı korumaya gereksinim olmazken paslanmaz çelikte kesim noktalarında korozyona karşı önlem alınmalıdır. (Nippon Steel Corporation, Nemchock, G., 2000, [www.timet.com](http://www.timet.com) ).



Şekil 2.4 Titanyum levhanın kesim işlemi, ([www.presidenttitanium.com/services.htm](http://www.presidenttitanium.com/services.htm) )



Şekil 2.5 Titanyumun biçilmesi işlemi, ([www.presidenttitanium.com/services.htm](http://www.presidenttitanium.com/services.htm) )



Şekil 2.6 Kesilmiş titanyum levhalar, ([www.presidenttitanium.com/services.htm](http://www.presidenttitanium.com/services.htm))



Şekil 2.7 Titanyum malzemelerin depolanması, ([www.presidenttitanium.com/services.htm](http://www.presidenttitanium.com/services.htm))

### 2.2.3.2 Titanyuma Şekil Verme

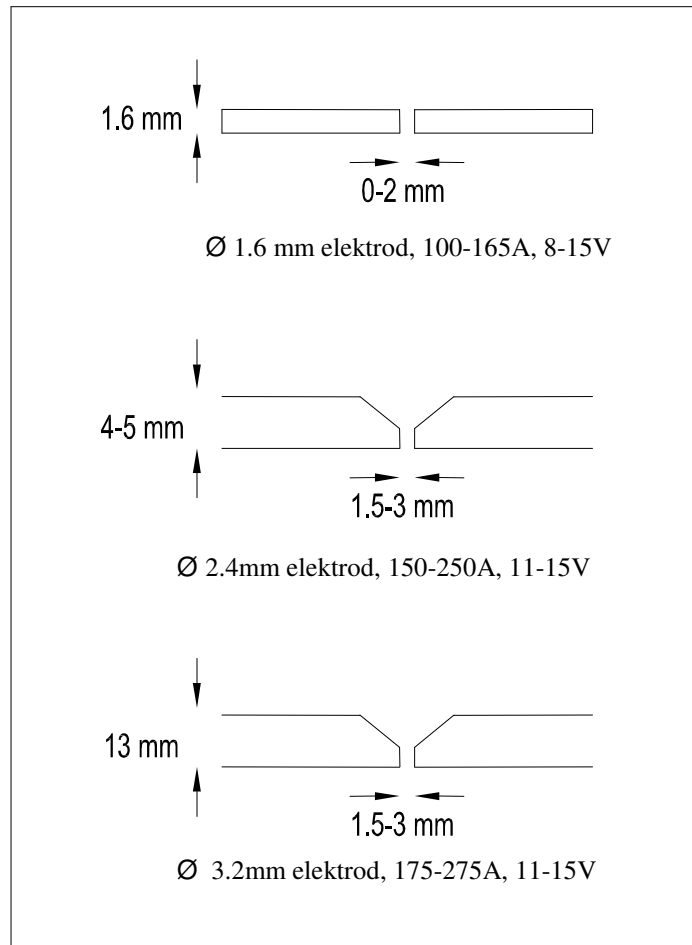
Titanyumun şekillendirilme teknikleri; bükme, baskı, yuvarlama metotları paslanmaz çelikte kullanılan yöntemler ile aynıdır. Normal oda sıcaklığında kolaylıkla şekil verilebilir. Sıcaklık artırılarak malzemenin bükülme açısı artırılabilir. ([www.azom.com](http://www.azom.com)). Bükme işlemi sırasında uygulanan kuvvet kaldırıldığında oluşan



geri düzleşme katsayısı paslanmaz çeliğin iki katı kadardır. Bükme işlemi sırasında istenen açıya göre bu kuvvet dikkate alınmalı. Örneğin 87° - 88° bükme işlemi için açı 90°'ye ayarlanmalıdır. (Nippon Steel, Nemchock, G., 2000 ).

### 2.2.3.3 Titanyumun Birleştirilmesi

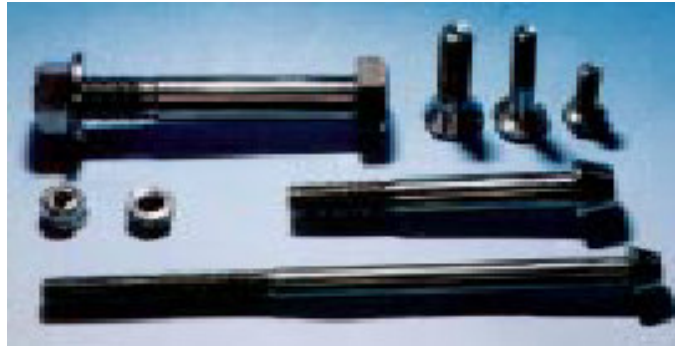
Titanyum levhalar birbirine kaynak, mekanik birleşim ve yapıştırıcı malzeme ile olmaktadır. Titanyumun kaynaklanması, paslanmaz çelik ve diğer yüksek performanslı metaller için kullanılan teknik ve ekipmanlarla yapılmaktadır. Şekil 2.8'de titanyumun kaynak ile birleştirilmesine ait detaylar görülmektedir. Kullanılan kaplamanın kalınlığına göre birleşim yüzeyinde bırakılacak boşluk ve kullanılacak olan elektrot çapı belirtilmiştir.



Şekil 2.8 Titanyumun Kaynakla birleştirilmesi, (www. Timet.com)



Şekil 2.9 Elle yapılan kaynak işlemi, (www. Timet.com)



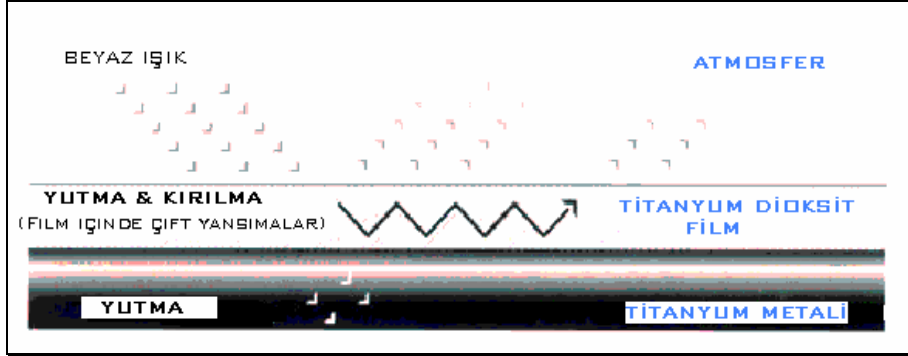
Şekil 2.10 Mekanik birleştirme elemanları, (www. Timet.com)

#### 2.2.3.4 *Titanyumun Korunması ve temizliği*

Titanyum malzeme fabrikadan koruyucu PVC film tabakası ile kaplı olarak araçlara yüklenmektedir. Bu film tabakası şantiye alanında kullanılırken çıkarılmalı. Böylece titanyum yüzeyinin zarar görmesi ve kirlenmesi önlenmiş olur.

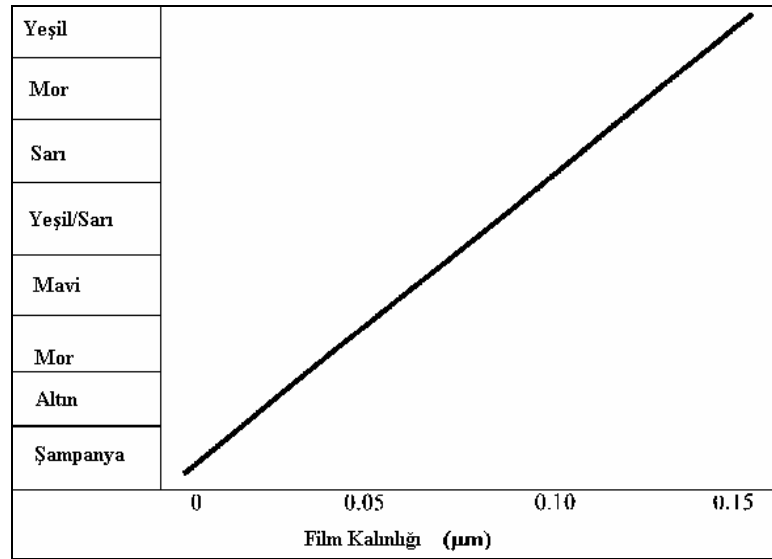
Titanyum yüzeyinin temizlenmesi son derece kolaydır. Yumuşak bez ve deterjanlı su ile temizlenebilir. Eğer bunlar etkisiz kalır ise, alkol ve benzol gibi organik solventler önerilir. (www.titanium-arts.com/titanium-info.html, Nemchock, G., 2000 ).

### 2.2.3.5 Titanyum Metalinin Yüzeyinin Renklendirilmesi



Şekil 2.11 Titanyum metalinin yüzeyinin renklendirilmesi, (www.timet.com)

Titanyumun üretim aşamasında doğal olarak oluşan oksit film tabakasının kalınlığı anotlama ile arttırılabilmektedir. Titanyumun doğal metalik gri rengi, bu film tabakasının kalınlığına göre ışık girişimi olayına bağlı olarak (gökkuşağı ilkesi) oluşturmaktadır. (Nemchock, G., 2000 ). “Işık film tabakası içinde yol alırken kısmen yansıtılır, kırılır ve emilir. Değişik fazlarda yansıtılan ışınlar titanyuma rengini veren ışık girişimini yaratır. Film tabakası kalınlaştıkça metalin rengi bronz, yeşile , kırmızı menekşe rengine ve tonlarında değişir. Ayrıca anotlama işlemini takiben, doğal yüzey bitimine fiziksel işlem uygulanarak (tavlama, kimyasal yıkama, aşındırma v. b. ) pırlıtlı veya mat yüzey dokusu da verilebilmektedir.” (Orhon, A.V., Ocak 2005 )

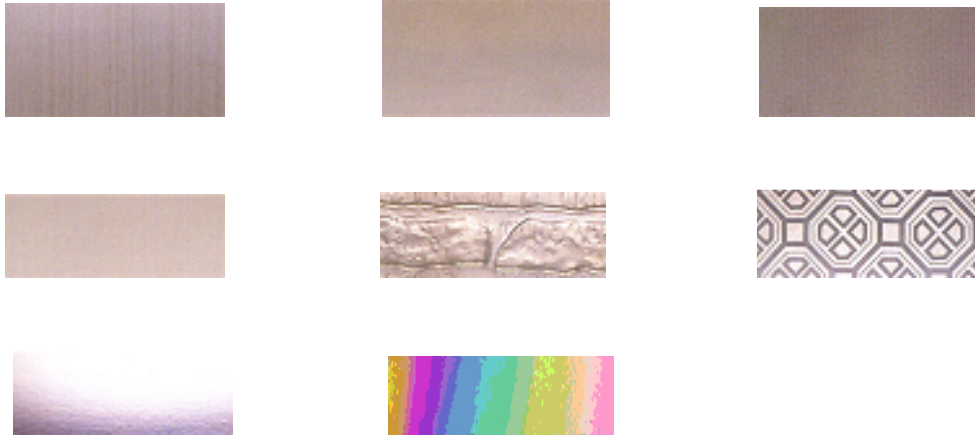


Şekil 2.12 Titanyumun film tabakası ile renk değişimi arasındaki ilişki (Nippon steel corporation, www.timet.com )



Şekil 2.13 Anotlama ile oluşan titanyumun renk seçenekleri, (<http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Ti-color-strip.jpg>)

Titanyum levhalar üretim aşamasında çeşitli işlemlerden geçirilerek, Şekil 2.14’de görüldüğü gibi farklı yüzey görünümleri elde edilebilmektedir.



Şekil 2.14 Titanyumun işlenmiş yüzey görünümleri, ([www.surfaceinteriors.com/index.htm](http://www.surfaceinteriors.com/index.htm))

## 2.3 Titanyumun Tarihçesi ve Genel Kullanım Alanları

### 2.3.1 *Titanyumun Tarihçesi*

1791 yılında İngiltere’de Rev. William Gregor tarafından varlığı ilk kez fark edilen metal; 1795 yılında Alman Kimyager Klaproth tarafından Yunan mitolojisinin üstün güç ve dayanıklılıklarıyla anılan devreleri “Titan” lardan esinlenerek “Titanyum” olarak isimlendirilmiştir. ([www.spectore.com/spectore/technology.htm](http://www.spectore.com/spectore/technology.htm), [www.idgrid.org/id/discoveringtitanium.html](http://www.idgrid.org/id/discoveringtitanium.html)). Metal saf halde ancak 1910 yılında Amerikan kimyager M. A. Hunter tarafından elde edilebilmiştir. Ticari açıdan etkili ayırıştırma yöntemlerinin geliştirilmesi uzun sürmüş, metal ancak 1950’den sonra ticari kullanıma girebilmiştir. 1946 yılında Luxembourg’da kimyager W. J. Kroll titanyum tetraklorit’i magnezyum ile ayırıştırarak saf hale getirmiştir. Bu yöntem

günümüzde de kullanılmaktadır. (<http://www.toho-titanium.co.jp/en/index.html>,  
[http://www.itponline.com/index\\_files/TiHistory.htm](http://www.itponline.com/index_files/TiHistory.htm) )

#### *Titanyumun Ticari Hayatta Kullanımı :*

1940'ların sonu 1950'lerin başında 2. Dünya savaşından sonra özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde titanyum üretimi için geniş kapasiteli fabrikaların kurulmasına destek verilmiş, günümüzün en büyük üreticileri TIMET (1951), RMI (1958) bu dönemde kurulmuştur. Japonya'da 1952 yılında iki firma tarafından (Osaka Titanium ve Toho Titanium) üretime başlanmış, 1954 yılında üretim kapasitesi büyük ölçüde artmıştır. Sovyetler birliğinde 1954 yılında üretime başlanmış ve 1979 yılında Sovyetler Birliği dünyanın en büyük titanyum üreticisi haline gelmiştir.

Dünya genelinde titanyum üretimi 1980 yılından 1990 yılına kadar düzenli olarak durmaksızın artmıştır. Titanyum piyasasındaki geleneksel iniş ve çıkışlar uzay ve havacılık, özellikle askeri alandaki tüketimine bağlı olarak değişmektedir.

1990 ile 1995 tarihleri arasında dünya genelinde titanyum üretiminde ani bir düşüş olmuştur. Bu düşüşün başlıca nedeni Amerika'daki askeri bütçenin düşmesi, Britanya'daki firmanın kapanması olmuştur. Bu düşüş 1994 yılında minimum seviyelerde iken, ticari alandaki uçak satışları, titanyum üretimine tekrar hız kazandırmıştır.

Titanyumun mimari alanda kullanımı, üstün korozyon dayanımı ve estetik güzelliği nedeniyle 1970 yıllarında Japonya'da binalarının çatı ve kubdelerinin restorasyonunda kullanılmaya başlanmış ve popüler olmuştur. Japonya'da, 1998 yılında 239 ton titanyum mimari malzeme olarak 34 uygulamada kullanılmıştır. 1997 yılı ile karşılaştırıldığında, kullanım miktarının 68 ton kadar arttığı görülmektedir. (Lütjering, G., Williams, J.C., 2003)

1998 yılında, Gehry'nin Bilbao Guggenheim müzesi Avrupalı tasarımcı ve mimarların dikkatini titanyum alanına çekmiş ve dünya genelinde mimarlık alanında titanyumun kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur.

### **2.3.2 Titanyumun Genel Kullanım Alanları**

Titanyum, yer kabuğunda bulunma miktarlarına göre metaller arasında 4. sırada (sırasıyla demir, alüminyum, magnezyum metallerinden sonra), elementler arasında ise 9. sırada yer almaktadır. Mevcut rezervler dünya ihtiyacını çok uzun süre karşılamaya yetecek düzeydedir. Ancak mevcut teknolojilerin karmaşık olması nedeniyle ürün fiyatları yüksektir. Fiyatların yüksekliği de tüketimi sınırlamaktadır. Buna karşılık gerek titanyum mineralleri gerekse titanyum oksidin ( $TiO_2$ ) geniş kullanım alanları vardır. (www.ekimya.com)

Günümüzde titanyumun kullanımını iki ayrı bölümde değerlendirmek gerekir:

- A- Metal ve alaşımları
- B- Oksit ve diğer bileşikleri

Moskova'da Lenin caddesinde, uzaya ilk çıkan insan olan Yuri Gagarin'in 1,5 metre boyunda saf titanyumdan yapılmış heykeli, titanyum olmadan uzay çağının asla başlamayacağını vurgulamaktadır. (Orhon, A.V., 2005 )

Geleneksel olarak titanyum kullanımı uzay, uçak ve deniz sanayi alanlarında yoğunlaşmıştır. Bunun dışında ;

Otomobil sektöründe,

Aşındırıcı kimyasal madde üreten fabrikalarda,

Boya, kağıt, plastik üretiminde, beyaz renk pigmenti ve dolgu pigmenti olarak

Kızılötesi ışığı yansıtma özelliğine sahip olması nedeniyle bazı boyaların yapımında,

Deniz suyuna karşı eşsiz bir dayanıklılığa sahip olması nedeniyle, deniz suyundan tatlı su elde edilen tesislerde,

Medikal ve dental uygulamalarda,

Gündelik hayatta spor malzemelerinde,

Saat, kamera, bilgisayar, ziynet ve süs eşyalarında kullanılmaktadır.

Zehirli madde salgılamaması, yemeklerin lezzetini değiştirmemesi ve ısı dayanımı nedeniyle de mutfak eşyalarında tercih edilmektedir.

(Orhon, A.V., Ocak 2005, Hummel, R.C., 2000, <http://www.kimyaevi.org>,  
<http://www.toho-titanium.co.jp/en/titan/solution.html>, <http://www.titanium-fiko.com>  
<http://www.presidenttitanium.com/applications.htm>.)

Çeşitli metallere (alüminyum, vanadyum, molibden, krom, demir, kurşun, nikel, cıva gibi) birlikte kullanılan çok önemli bir alaşım elementidir. Bu alaşımlar, hafiflik, sağlamlık ve ısıya dayanıklılığının önem taşıdığı endüstrilerde kullanılır.

Deniz suyuna karşı eşsiz bir dayanıklılığa sahip olması nedeniyle, tuzlu suya temas eden gemi donanım parçalarının yapımında ve köprülerde kullanılır. (<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periodik/kullanım2.html>)

## BÖLÜM ÜÇ

### TİTANYUMUN MİMARLIKTAKİ KULLANIM ALANLARI VE ÖRNEKLER

Bu bölümde, üstün fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı tercih edilen titanyum malzemenin mimarlıktaki kullanım alanları sınıflandırılarak, bu kullanımlara mevcut yapılardan örnekler verilecektir. Fotoğraf ve detaylarla uygulama şekilleri gösterilecektir.

#### 3. 1 Mimarlıkta Titanyum Malzemenin Kullanımı

Atmosferik korozyona karşı yüksek direnci, ağırlıkça hafif olmasına karşın sağlamlığı ve dayanıklılığı, estetik görünümü, diğer üstün fiziksel ve kimyasal özellikleri titanyumu 21. yy. 'da kullanılan en ideal yapı malzeme yapmaktadır. Tablo 3.1'de titanyumun mimarlıkta en çok kullanılan diğer metallerle (paslanmaz çelik ve bakır ) karşılaştırıldığında atmosferik koşullara karşı mükemmel bir dayanıma sahip olduğu görülmektedir.

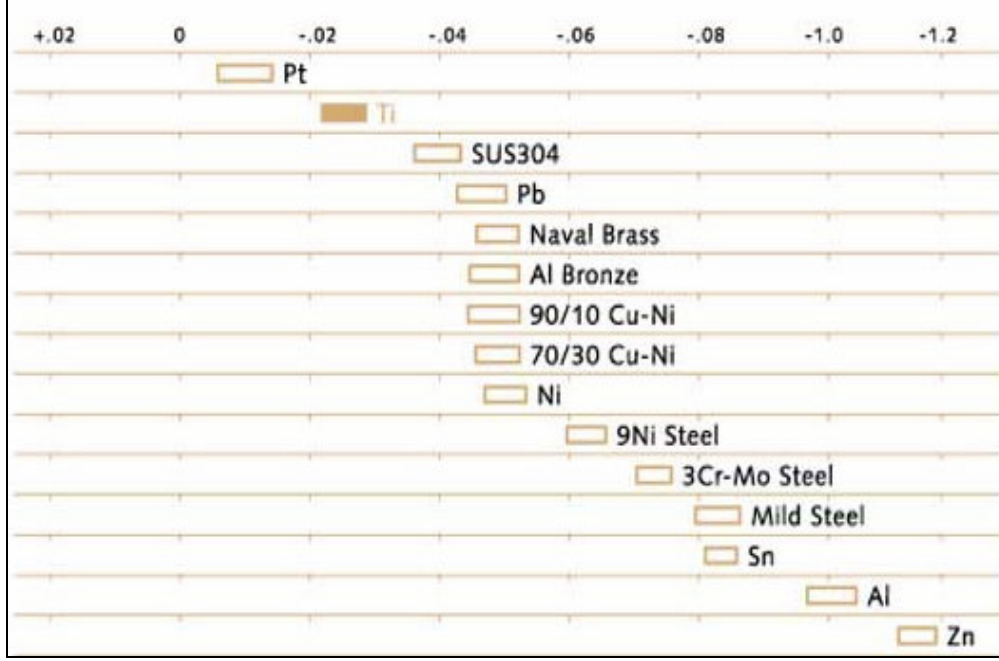
Tablo 3.1 Mimarlıkta kullanılan bazı metallerin atmosferik dirençlerinin karşılaştırılması (www.timet.com/architecture/chartweatherresist.html)

	Titanyum	Paslanmaz Çelik	Bakır
Deniz tuzu partiküllerine karşı direnç	●	⊙	⦿
Morötesi ışınlar karşı direnç	●	●	●
Asit yağmurlarına karşı direnç(pitting)	●	⊙	⊙
Asit yağmurlarına karşı atmosferik direnç	●	⊙	○
Temas Korozyonu direnci	●	○	⊙
Korozyon akışına karşı direnç	●	⦿	○
Isıl Direnci	●	●	●
Aşınma direnci	●	●	⦿
● Mükemmel    ⦿ İyi    ⊙ orta    ○ Zayıf			

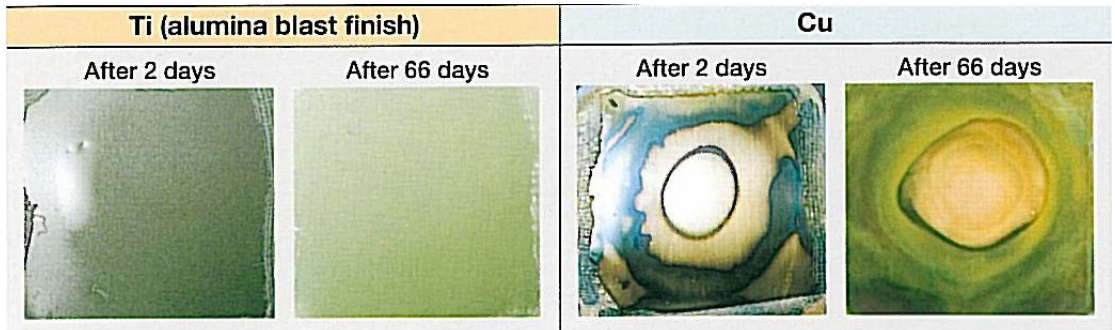


### Çeşitli Metallerin Korozyon Potansiyelleri

Tablo 3.2 Çeşitli metallerin korozyon potansiyelleri,  
([www.timet.com/architecture/chartcorrosionpotentia.html](http://www.timet.com/architecture/chartcorrosionpotentia.html))



Atmosferik bozulmalar örneğın asit yağmurları paslanmaz çelik ve bakır malzeme yüzeyinde çeşitli problemlere neden olmaktadır. Titanyumun koruyucu oksit tabakası sayesinde bu tür olumsuz etkiler karşısında dayanımını göstermek amacıyla, Şekil 3.1’de bakır ile titanyumun asit yağmuru test sonuçları gösterilmiştir. 2 gün ve 66 gün sonra çekilen fotoğraflarda her iki malzemenin dayanımı arasındaki farklılık açıkça ortadadır. (Nippon Steel Corporation)



Şekil 3.1 Titanyum ve bakır malzemenin asit yağmuru testi sonuçları (Nippon Steel Corporation)

*Mimarlıkta kullanılan bazı metallerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması*

Tablo 3. 3 Çeşitli metallerin fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması, (Nemchock, G., 2000)

<b>Madde</b>	Titanyum	Demir	Paslanmaz çelik	Alüminyum	Nikel	Bakır
Atom Numarası	22	26	-	13	28	29
Atom Ağırlığı	47.90	55.85	-	26.97	58.69	63.57
Özgül Ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	4.5	7.9	7.9	2.7	8.9	8.9
Erime Noktası (°C)	1,668	1,530	1,400	660	1,453	1,083
Genleşme Katsayısı (°C)	8,4*10 <sup>-6</sup>	12*10 <sup>-6</sup>	17*10 <sup>-6</sup>	23*10 <sup>-6</sup>	15*10 <sup>-6</sup>	17*10 <sup>-6</sup>
Özgül Isısı(cal/gr/°C)	0.124	0.11	0.12	0.21	0.11	0.092
Isı İletkenlik Katsayısı (cal/cm <sup>2</sup> /sec/°C/cm)	0.041	0.15	0.039	0.49	0.22	0.92
Özgül Elek. Direnci (μOhm-cm)	55	9.7	72	5.8	9.5	1.724
Elektrik İletkenliği(%IACA)	3.1	18	2.4	30	18	100

Mimari uygulamalar için 1. ve 2. derece saf titanyum tercih edilmektedir. Metalin doğal parlak gri rengi en yaygın kullanımındır.

Dünya genelinde 1999 yılına kadar 2 000 tona yakın titanyum mimari uygulamalarda kullanılmış olup, 1 000 000 m<sup>2</sup>'nin üzerinde çatı ve bina cephelerinde kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Kullanım alanlarını kıyaslayacak olursak yaklaşık % 62'si çatı kaplamalarında kullanılmıştır. Yalnızca Japonya'da 1993-1998 yılları arasında yılda ortalama 190 ton titanyum kullanılmış ve bu kullanım giderek artmaktadır. (Kaneko, T., 1999).

Titanyumun mimarlık alanındaki ilk örneklerini Japonya'da olduğunu görmekteyiz. Budist tapınaklarda yıllar boyunca selvi ağacı ve bakır kullanılmıştır. Son yıllarda atmosferdeki değişiklikler ve asit yağmurlarının etkisi ile bu malzemelerin kullanımında bazı problemlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bakır çatıların ve yüzyıllar boyunca ayakta kalan ahşap binaların çatıları zarar

görmüş ve ömürleri birden bire kısalmıştır. (Shimizu, H., 2004 ). Bu alanda kullanılmaya başlayan titanyum daha sonra diğer yapı türlerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Titanyumun mimarlıkta kullanıldığı ilk yapılar arasında Tokyo Electric Power Building (1984), yine Japonya'da Japonya'nın en büyük baseball stadyumu olan Fukuoka Dome (1994) sayılabilir. (Furukawa, F., 1993, <http://www.gioie.it/info/titanio.cfm>, [www.titanium.org](http://www.titanium.org)).

İspanya'daki Guggenheim müzesi, Frank Gehry'in tasarladığı ve eğrisel yüzeylerden meydana gelen yapı, 1998 tarihinde açıldığından beri dikkatleri titanyuma çekmiş ve dünya genelinde malzemenin kullanımında büyük artışlar sağlamıştır. Dünyanın bir çok ülkelerinde çeşitli uygulamalar için titanyuma yoğun talep vardır. Bu yapılardan bazıları;

China National Grand Theater (43 000 m<sup>2</sup>, 65 ton)

Shimane Prefecture Art Museum çatısı / Matsue City

Showa-Kan Binasının giydirme cephesi

Hang-Chow Theater (10 000 m<sup>2</sup> , 15 ton )

Kyushu National Museum (17 000 m<sup>2</sup>, 50 ton, dünyadaki en geniş renk kullanımı)

Marque de Riscal Winery / Frank O. Gehry (2 000 m<sup>2</sup>, 12 ton, 2005 )

Denver Art Museum (56 ton titanyum kaplama )

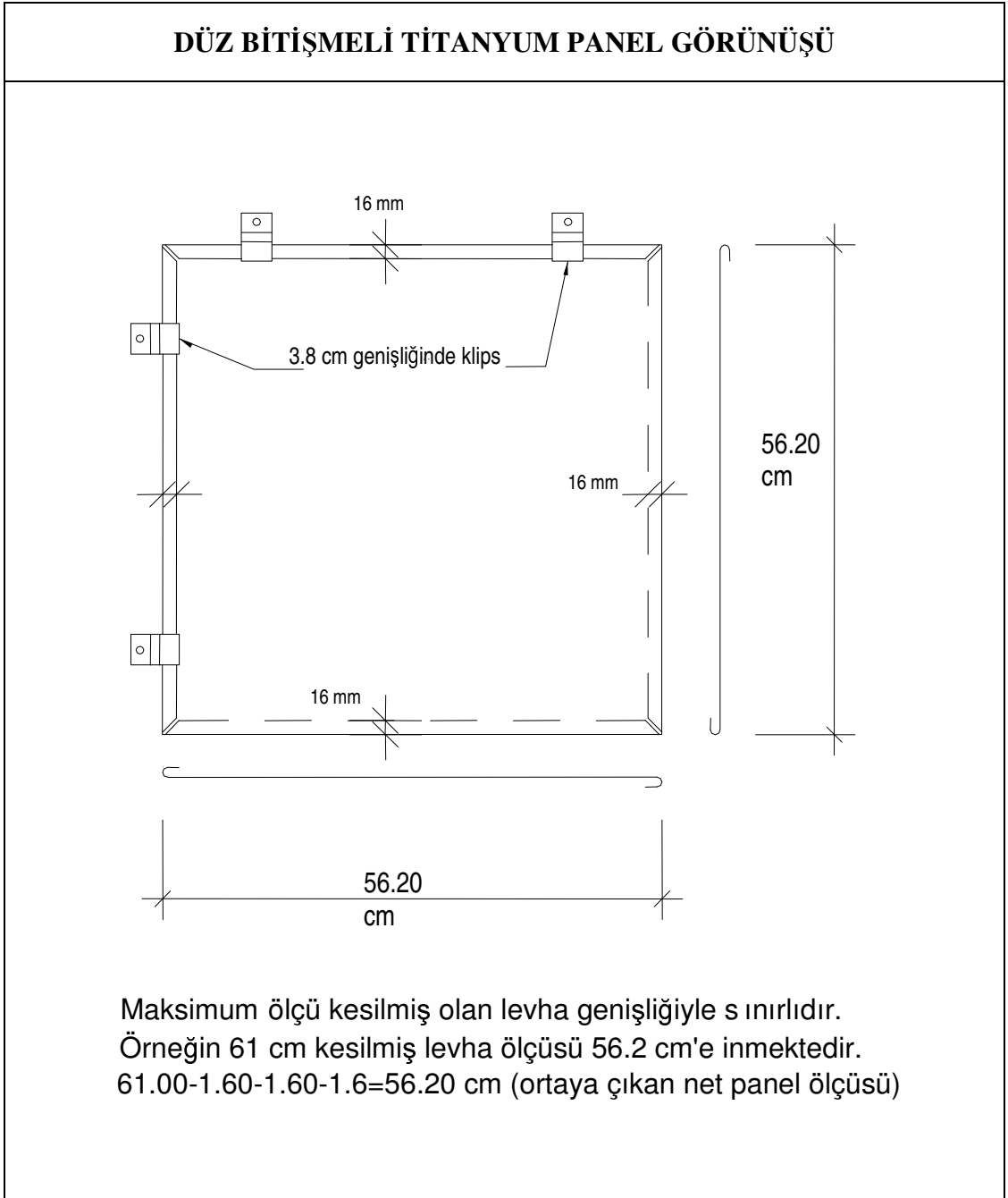
Titanyumun mimarlık alanındaki kullanımı yakın tarihe rastlamakla birlikte prestij yapılarının yanı sıra kamu yapılarında, hatta küçük konutlarda dahi kullanılmaya başlanmıştır. Kullanımı her geçen gün hızla artmaktadır. Titanyumun ilk yapım maliyetinin yüksek olması nedeniyle Türkiye'de mimarlık alanında saf titanyum kullanılan yapı bulunmamaktadır.

## 3.2 Mimarlıkta Titanyum Malzemenin Kullanıldığı Alanların Sınıflandırılması

### 3.2.1 *Titanyumun Çatı ve Cephe Kaplamalarında Kullanımı ve Uygulama Detayları*

Titanyumun mimari alanda en yaygın olan kullanım şekli kaplama olarak kullanımıdır. Titanyumun çatı kaplaması olarak kullanımı Japonya'da 1973 yılında popüler olmuştur. Fukuoka Dome'un (stadyum yapısı) geri çekilebilir çatısında kaplama malzemesi olarak titanyum kullanılmıştır. Genleşme katsayısının düşük oluşu, titanyum panellerin 20 m'lik mesafede eksik olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Titanyum malzeme her türlü eğrisel formdaki yapılarda çok iyi çözümler sağlamaktadır.

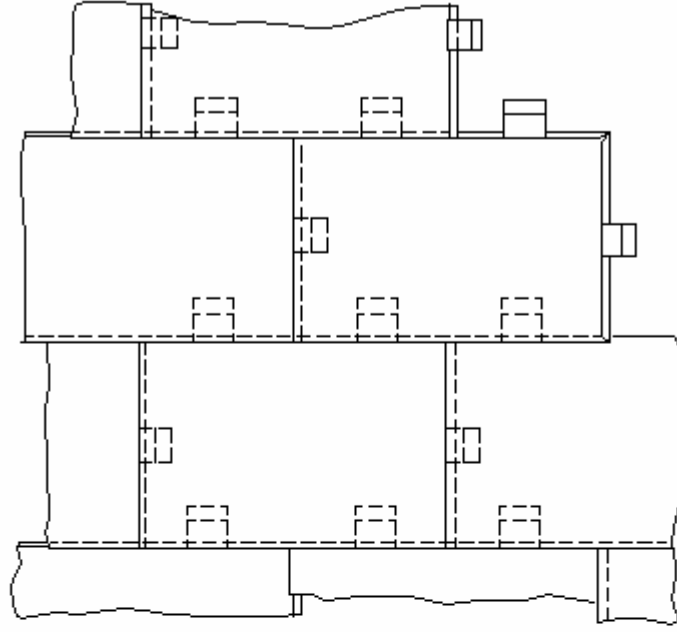
Titanyumun kaplama olarak kullanımı büyük prestij yapılarının dışında, kamu yapılarında, hatta şahıslara ait konut yapılarında kullanımı yaygınlaşmıştır. Şekil 3.2 ... Şekil 3.10'de titanyum çatı ve cephe kaplamasına ait detaylar görülmektedir. Uygulamaya yönelik detaylar bunlarla sınırlı kalmayıp, fotoğraflarda da farklı detayları görmek mümkündür. Titanyumun kendine has uygulama şekillerinin yanı sıra paslanmaz çelik, alüminyum, bakır gibi diğer malzemeler için uygulanan detaylar titanyum içinde uygulanabilmektedir.



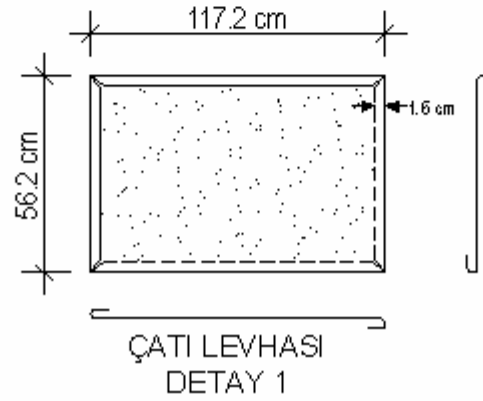
Şekil 3.2 Düz bitişmeli titanyum cephe ve çatı panel detayı, (Vicki Eudaly, Timet )

Kullanılan paneller kare kesitli olabileceği gibi dik dörtgende olabilmektedir.

### DÜZ BİTİŞMELİ TİTANYUM PANEL GÖRÜNÜŞÜ (GUGGENHEIM MÜZESİ)



0.3 mm ve 0.4 mm kalınlı ğındaki titanyum levhalar,  
61 cm \* 122 cm boyutlarındadır.  
Kenar bükümlerinden sonra levha boyutu 56.2 cm \* 117.2 cm'dir.

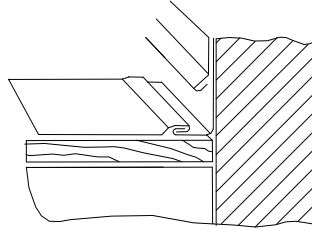


Şekil 3.3 Düz bitişmeli dikdörtgen titanyum panel uygulama detayları, Guggenheim müzesinde uygulanan cephe kaplama detayları, (Vicki Eudaly , Timet )

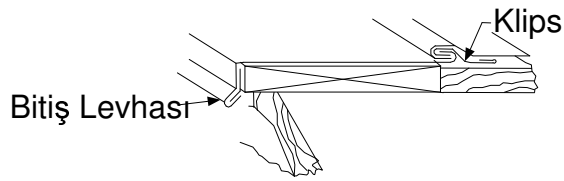
## TİTANYUM KAPLAMA KULLANILAN LATALI ÇATI BİRLEŞİM DETAYLARI



DETAY 1



PARAPET BAĞLANTISI  
DETAY 2



ÇATI BİTİŞİ  
DETAY 3

Şekil 3.4 Latalı çatı yüzeyine ait çatı yüzeyi, parapet ve çatı bitiş detayları, (Vicki Eudaly, Timet )

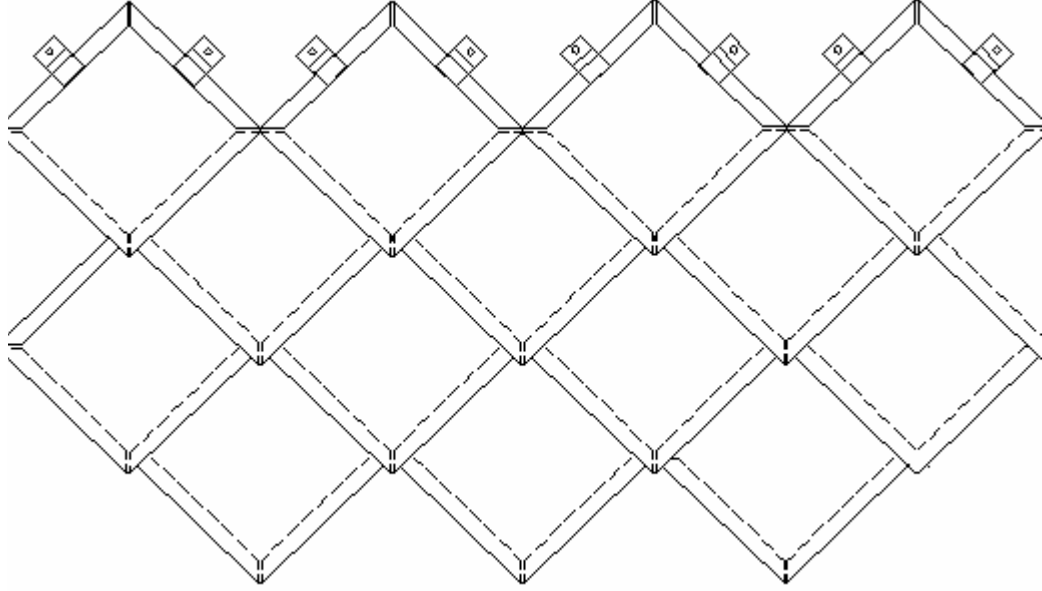
Bu detaylara alternatif olarak Atatürk Kültür merkezindeki detaylar ile bakır ve paslanmaz çelik için kullanılan diğer detaylarda titanyum için uygulanabilmektedir.



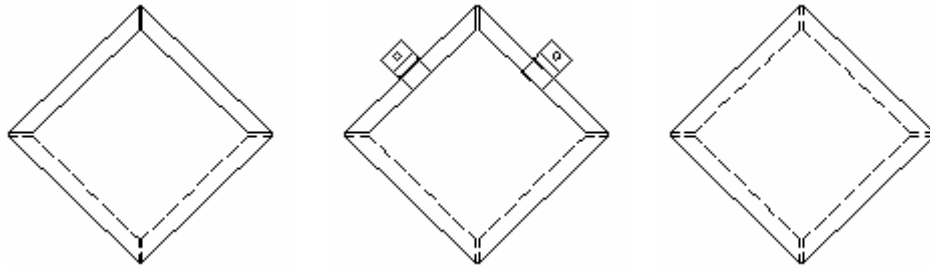
Şekil 3.5 Titanyum çatı ve cephe kaplamasına ait uygulama,  
([www.archidose.org/Jul04/071904f-pic.html](http://www.archidose.org/Jul04/071904f-pic.html) )

Şekil 3.5’de kare boyutlarda kesilmiş titanyum çatı panellerinin diyagonal olarak uygulanışı yer almaktadır. Bu uygulamaya yönelik detaylar Şekil 3.6’da gösterilmiştir. Yapıların duvar ve çatı kaplamalarında uygulanabilen kaplama şeklidir. Tek eğrilikli yüzeylerde kullanıldığı gibi, özellikle çift eğrilikli yüzeylerin kaplanmasında bu kaplama şekli tercih edilmektedir.



**DİYAGONAL TİTANYUM KAPLAMA ÇATI VE CEPHE PANEL DETAYI**

Kare kesitli titanyum panellerin birleşim detayı

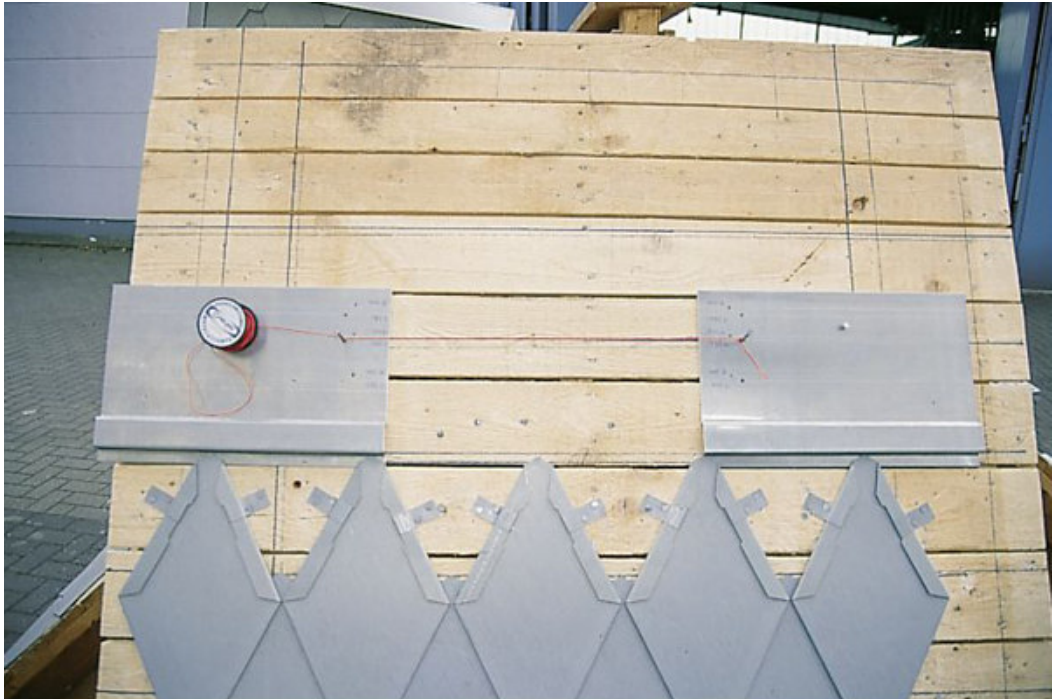


Kare kesitli diyagonal titanyum panel

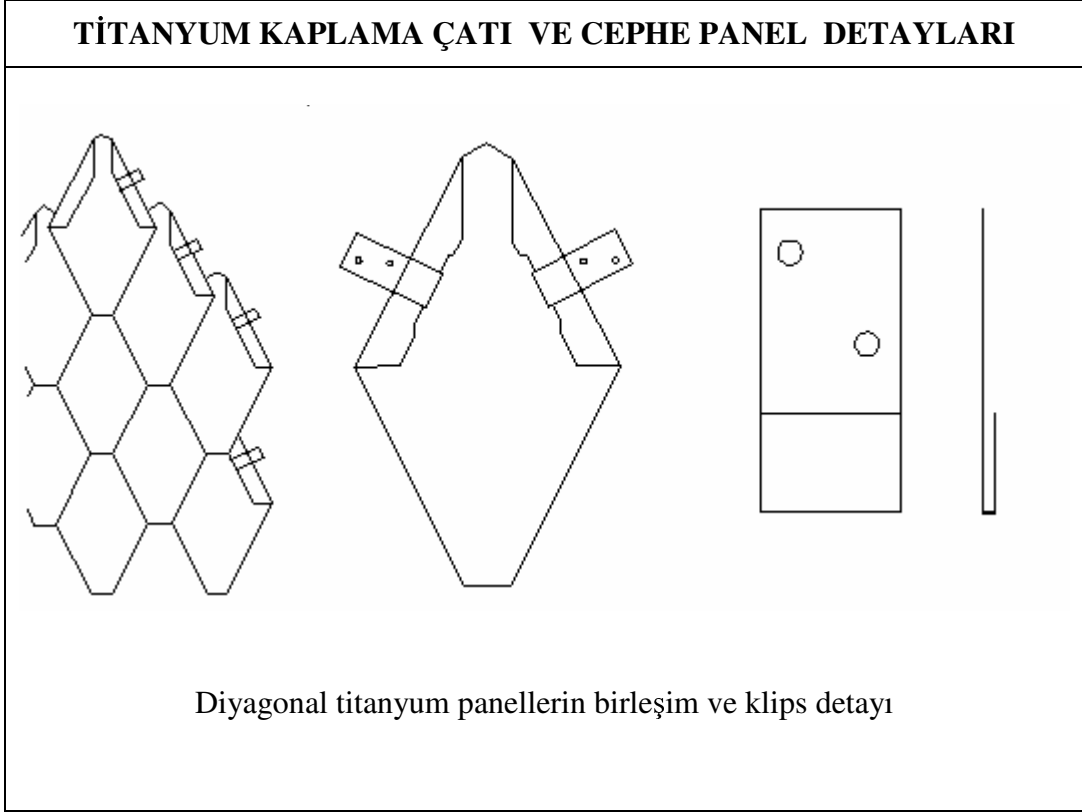
Şekil 3. 6 Çatı ve cephe kaplamasında kullanılan titanyum panel detayları, Genellikle çift eğrilikli yüzeylerde uygulanmaktadır. (<http://www.riddersystems.nl/uk/lozenge.html> )



Şekil 3.7 Titanyum kaplamanın uygulanış yöntemi  
(<http://www.archidose.org/Jul04/071904f-pic.html>)



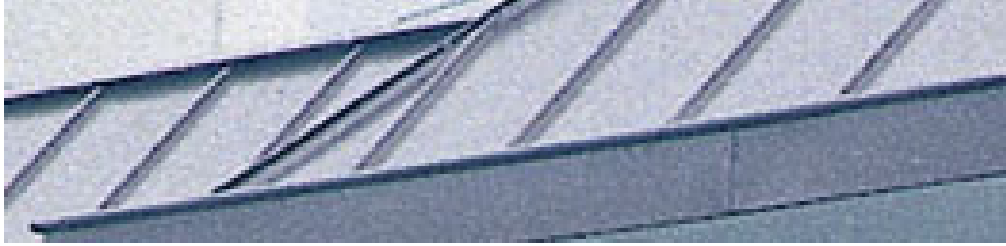
Şekil 3.8 Titanyum kaplamanın uygulanış yöntemi, ([www.archidose.org/Jul04/071904f-pic.html](http://www.archidose.org/Jul04/071904f-pic.html))



Şekil 3. 9 Çatı ve cephe kaplamasında kullanılan diyagonal titanyum panel detayları

Şekil 3.7 ve 3.8’de yer alan uygulamaya ait detaylar olup genellikle eğrisel yüzeylerde rahatlıkla uygulanabilmektedir.

### TİTANYUM KAPLAMA ÇATI VE CEPHE PANEL UYGULAMA DETAYI



Şekil 3.10 Tek eğrilikli çatı kaplamasında titanyum levhaların birleşimine ait detay  
([www.riddersystems.nl/uk/foldseam.html](http://www.riddersystems.nl/uk/foldseam.html) )

Üste uygulamaya yönelik fotoğraf yer almaktadır. Scheepvaart Museum depo yapısı'nda Sistem 1 detayı uygulanmıştır. ([www.riddersystems.nl/uk/foldseam.html](http://www.riddersystems.nl/uk/foldseam.html) )

### 3.2.1.1 Titanyum malzemenin Çatı ve Cephe Kaplaması Olarak Kullanıldığı Yapılardan Örnekler

#### 3.2.1.1.1 Guggenheim Museum, 1997

Tablo 3.4 Guggenheim müzesi genel bilgiler

Bulunduğu yer	Bilbao, İspanya
Fonksiyonu	Müze Binası
Mimar	Frank O. Gehry
Malzeme Cinsi	1. derece saf titanyum kaplama
Kullanıldığı yer	Çatı ve cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	Çatıda 0.3 mm – cephede 0.4mm
Malzeme boyutlar	Çatıda ve cephede 61 x 122 cm



Şekil 3.11 Guggenheim müzesi genel görünüşü  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

“Gehry’nin BilBao Guggenheim Müzesi, titanyum kullanılan yapıların içinde en çok dikkat çeken yapıdır. “Mimar ile heykeltıraş arasındaki tek farkın mimarın yapılarının içine tuvalet eklemesi” olduğunu düşünen mimar, yapıyı bir heykel gibi tasarlamıştır. Yapının modüllemesi CATIA adlı bir bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirilmiş ve yapım süreci için on binlerce mimari plan gerekmiştir. Günümüzde hala en geniş titanyum kaplama yüzeyine sahip yapıdır. Çatı ve cephe kaplaması için 42 875 adet 61 \* 122 cm boyutlarında, düz bitişmeli, tavllanmış, 1. derece saf titanyum kaplama kullanılmıştır.” (Orhon A. V., 2005 ). (Şekil 3.3 )

“Toplam 32 000 m<sup>2</sup> çatı ve cephe kaplamalarının kalınlığı 0,3 – 0,4 mm, ağırlık ise 1,35-1,8 kg/m<sup>2</sup>’dir. Titanyum kaplama 2 mm kalınlığında galvanize çelik tabaka üzerine pullar şeklinde raptiyelenmiştir. Çelik tabakalara form veren çelik karkas strüktür, düşeyde 60 cm’de bir 90 \* 50 mm U profiller, yatayda üç metrede bir 50 mm çelik borularla kurulmuştur.” (Orhon A. V., 2005 ).



Şekil 3.12 Guggenheim müzesi genel görünüşü, (www.timet.com )

“Guggenheim Vakfı’nın titanyum kaplamayı finanse edebilmesinde, o dönemde Sovyet ordularının dağılması nedeniyle piyasada oluşan geçici titanyum bolluğu sayesinde malzemenin fiyatının paslanmaz çelik fiyatlarının da altına inmesi önemli bir etken olmuştur.” (Orhon, A.V., 2005)



Şekil 3.13 Guggenheim müzesi girişi,  
([www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim\\_Bilbao.html](http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim_Bilbao.html))



Şekil 3.14 Guggenheim müzesi dış cephe titanyum kaplama yakın görünüşü  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))





Şekil 3.15 Guggenheim müzesi dış cephe titanyum kaplama yakın görünüşü  
([http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Guggenheim\\_detail.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Guggenheim_detail.jpg))



Şekil 3.16 Guggenheim müzesi dış cephe titanyum kaplama görünüşü  
([http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Guggenheim\\_detail.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Guggenheim_detail.jpg))





Şekil 3.17 Guggenheim müzesi iç mekandan görünüş  
(<http://www.stainlessbuilding.com/>)

### 3.2.1.1.2 Van Gogh Museum Ek Binası, 1999

Tablo 3.5 Van Gogh müzesi ek binası genel bilgiler

Bulunduğu yer		Amsterdam, Netherlands
Fonksiyonu		Müze ek binası
Mimar		Kisko Kurokawa – Japon
Malzeme Cinsi		TIMETAL® 50A Ticari 2. derece saf Titanyum
Kullanıldığı yer		Çatı ve cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı		0,5 mm
Malzeme boyutları	Çatıda	122 * 2042 cm
	Cephede	122 * 350 cm



Şekil 3.18 Van Gogh müzesi genel görünüşü, (<http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp>)

0,5 mm kalınlığında titanyum paneller çatıda 122 \* 2042 cm, duvarda 122 \* 350 cm boyutlarında kullanılmıştır. Kullanılan çatı panellerinin toplam ağırlığı 4,313 ton, duvar panellerinin toplam ağırlığı da 2,043 tondur. Lineer genleşme katsayısının düşük olması sayesinde uzunluğu 20 m'yi geçen yekpare titanyum paneller kullanılarak açıklık boyunca enine bitişme gerekmeksizin çatı kaplanabilmiştir. Genleşme katsayısı yüksek olan diğer malzemelerde daha geniş birleşme derzlerine

gerek duyulacağından malzeme boyutlarının daha küçük tutulması gerekmektedir.  
(<http://www.amsterdam.nl>, [www.timet.com](http://www.timet.com))



Şekil 3.19 Van Gogh müzesi genel görünüşü , ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.20 Van Gogh müzesi iç mekandan görünüş, ( [www.amsterdam.nl](http://www.amsterdam.nl) )

### 3.2.1.1.3 İskoç Ulusal Bilim Merkezi, 2001

Tablo 3.6 İskoç Ulusal Bilim merkezi genel bilgiler

Bulunduğu yer	Glasgow, Scotland
Fonksiyonu	Sinema ve sergi salonu
Mimar	Building Design Partnership - Glasgow, Scotland
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 35A-A1 Ticari 1. derece saf Titanyum
Kullanıldığı yer	Çatı ve cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.21 İskoç Ulusal Bilim Merkezi genel görünüşü, ([www.glasgowsciencecentre.org/](http://www.glasgowsciencecentre.org/))

2001 yılında yapılmış olan İskoç ulusal bilim merkezinde, 3D sinema ve sergi binası 10 000 m<sup>2</sup>'ye yakın 0,4 mm kalınlığında titanyum kaplama ile örtülmüştür. Tonoz bir yüzeye sahip olan yapıya ışık sağlamak için geniş cam yüzeyler kullanılmıştır. (<http://www.glasgowsciencecentre.org>, [http://www.thevictorian.co.uk/about\\_glasgow/pacific.asp](http://www.thevictorian.co.uk/about_glasgow/pacific.asp))



Şekil 3.22 İskoç Ulusal Bilim Merkezi, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.23 İskoç Ulusal Bilim Merkezi dış cephe titanyum kaplama yakın görünüşü  
([www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax\\_base.jpg](http://www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax_base.jpg))





Şekil 3.24 İskoç Ulusal Bilim Merkezi görünüşü,  
([www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax\\_north.jpg](http://www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax_north.jpg) )



Şekil 3.25 İskoç Ulusal Bilim Merkezi dış cephe titanyum kaplama yakın görünüşü  
([www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax\\_south.jpg](http://www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax_south.jpg))



Şekil 3.26 İskoç Ulusal Bilim Merkezi dış cephe titanyum kaplama ve cam cephe yakın görünüşü, ([www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax\\_sciencecentresouth.jpg](http://www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax_sciencecentresouth.jpg))

### 3.2.1.1.4 Brand Bier Disco

Tablo 3.7 Brand Bier Disco genel bilgiler

Bulunduğu yer	Huizen, Hollanda
Fonksiyonu	Disco
Mimar	Architectenbureau Rau & Partners - Amsterdam
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 50A Ticari 2. derece saf Titanyum
Kullanıldığı yer	Çatı ve cephe kaplaması, çift eğrilikli yüzey
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



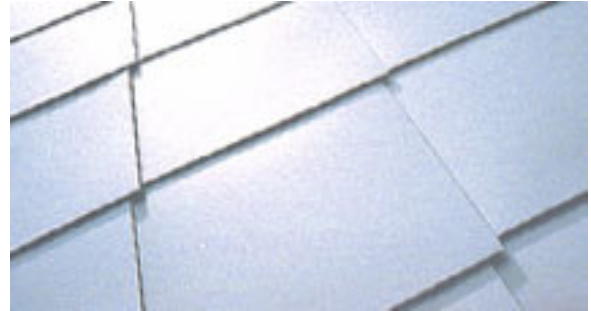
Şekil 3.27 Brand Bier Disco genel görünüşü, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))





Şekil 3.28 Brand Bier Disco dış cephe titanyum kaplama yakın görünüşü  
(<http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp>)

Yapının çift eğrilikli yüzeyinde ağartılmış görünüşlü titanyum, çatı ve cephe kaplaması olarak kullanılmıştır. Diyagonal şekilde uygulanmış, 0,4 mm kalınlığına 40 \* 40 cm boyutlarında kare kesilmiş parçaların birleşimi ile geniş ve dairesel yüzeyin rahatlıkla kaplandığı görülmektedir. (<http://www.riddersystems.nl/uk/lozenge.html>). Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da yapıya ait titanyum kaplama detayları görülmektedir.



Şekil 3.29 Brand Bier Disco dış cephe titanyum kaplama yakın görünüşü  
( [www.riddersystems.nl/uk/lozenge.html](http://www.riddersystems.nl/uk/lozenge.html) )

### 3.2.1.1.5 Cerritos Millenium Kütüphanesi, 2002

Tablo 3.8 Cerritos Millenium Kütüphanesi genel bilgiler

Bulunduğu yer	Cerritos ,California
Fonksiyonu	Kütüphane
Mimar	Charles Walton Associates - Glendale, CA
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 50A Ticari 2. derece saf Titanyum
Kullanıldığı yer	Cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0, 5 mm



Şekil 3.30 Cerritos Millenium Kütüphanesi genel görünüşü, (www.asm-expertise.com)

ABD'deki titanyum kaplamalı ilk yapıdır. Mevcut kütüphanenin yenilenmesi için 1998 başlayan çalışmada yapının 2. ve 3. katları titanyum ile kaplanırken, diğer kısımları kireç taşı kaplanmıştır. 37 000 m<sup>2</sup> dış cephede ve 3 230 m<sup>2</sup> dış cephede olmak üzere yaklaşık 40 000 m<sup>2</sup> titanyum kaplama kullanılmıştır.

(www.asm-expertise.com/whatspossible/index,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Cerritos\\_Millennium\\_Library](http://en.wikipedia.org/wiki/Cerritos_Millennium_Library) )



Şekil 3.31 Cerritos Millenium Kütüphanesi genel görünüşü  
(<http://www.ci.cerritos.ca.us/gallery/library/library.html>)



Şekil 3.32 Cerritos Millenium Kütüphanesi titanyum kaplama yakın görünüşü  
(<http://www.ci.cerritos.ca.us/gallery/library/library.html>)



Şekil 3.33 Cerritos Millenium Kütüphanesi titanyum kaplama yakın görünüşü  
(<http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp>)



Şekil 3.34 Cerritos Millenium Kütüphanesi iç mekan görünümü  
(<http://www.asm-expertise.com/whatspossible/index.cfm>)

Kütüphane yapısında titanyumun iç ve dış kaplama malzemesinin yanı sıra iç mekanda dekoratif amaçlı olarak da kullanılmıştır. (<http://www.asm-expertise.com/whatspossible/index>)



### 3.2.1.1.6 City Harvest Church

Tablo 3.9 City Harvest Church genel bilgiler

Bulunduğu yer	Singapore
Fonksiyonu	Kilise
Mimar	Katsa Consultants, Singapore
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 50A Ticari 2. derece saf Titanyum
Kullanıldığı yer	Cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,45 mm



Şekil 3.35 City Harvest church genel görünümü, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Eğrisel yüzeyli kilise yapısının dış cephe kaplaması olarak, 0,45 mm kalınlığında toplam 16 650 m<sup>2</sup>, 2. derece saf titanyum kaplama malzemesi kullanılmıştır. ([www.timet.com](http://www.timet.com))



Şekil 3.36 City Harvest church cephe kaplamasının yakın görünümü  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.1.1.7 Denver Art Museum, 2006

Tablo 3.10 Denver Art Museum genel bilgiler

Bulunduğu yer	Denver, Colorado
Fonksiyonu	Müze
Mimar	Studio Daniel Libeskind with Davis Partnership P.C.
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 35A-G1 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,5 mm



Şekil 3.37 Denver Art Müzesi genel görünümü  
([www.nytimes.com/2006/10/12/arts/design/12libe.html?\\_r=1&oref=slogin](http://www.nytimes.com/2006/10/12/arts/design/12libe.html?_r=1&oref=slogin))

Gehry'nin yapısından esinlenerek kaplama olarak titanyumun seçildiği müzenin cam ve titanyumdan oluşan dış cephesinde duvar kaplaması olarak 9 000 adet, (56 ton, 21 256 m<sup>2</sup>) titanyum panel kullanılmıştır. Müzenin yapımına 2003 yılında başlanmış, Ocak 2006'da tamamlanmıştır.

Libeskind'ın tasarımı, yakındaki Rocky Dağlarının zirvelerini ve dağın taşlarını yansıtan titanyum kaplamalı yapı farklı açılardan oluşmaktadır. 35 yıl önce tamamlanan Kuzey binasına yapılan ilk büyük ölçekli eklemeye olan genişletme

projesiyle imkanlar neredeyse iki katına çıkmaktadır. Hamilton Binası kuzeye doğru ilerledikçe iki kattan dört kata çıkmaktadır. Binanın keskin bir çıkma yapan kısmı, kapalı çelik ve cam köprüünün üzerinden Kuzey binasına doğru uzanarak iki yapıyı birleştirmektedir. (<http://www.mimdap.org>, <http://expansion.denverartmuseum.org/>, <http://www.arcspace.com/index.shtml>, <http://www.artdaily.com/index.asp>, <http://www.designbuild-network.com/projects/dam/dam8.html> )



Şekil 3.38 Denver Art Müzesi titanyum kaplama yakın görünümü  
([www.arcspace.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html](http://www.arcspace.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html))



Şekil 3.39 Denver Art Müzesi girişi  
([www.arcspace.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html](http://www.arcspace.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html))





Şekil 3.40 Denver Art Müzesi genel görünümü  
([www.nytimes.com/2006/10/12/arts/design/12libe.html?\\_r=1&oref=slogin](http://www.nytimes.com/2006/10/12/arts/design/12libe.html?_r=1&oref=slogin))



Şekil 3.41 Denver Art Müzesi yapım sırasında iç mekandan görünüm  
([www.arcSPACE.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html](http://www.arcSPACE.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html))



Şekil 3.42 Denver Art Müzesi yapım sırasında dış cephe kaplanması  
([www.designbuild-network.com/projects/dam/dam8.html](http://www.designbuild-network.com/projects/dam/dam8.html) )



Şekil 3.43 Denver Art Müzesi taşıyıcı sistem kısmi görünümü  
([www.designbuild-network.com/projects/dam/dam8.html](http://www.designbuild-network.com/projects/dam/dam8.html) )



Şekil 3.44 Denver Art Müzesi iç mekandan görünüm  
([www.mimdap.org/w/?p=269](http://www.mimdap.org/w/?p=269) )



### 3.2.1.1.8 National Grand Theater

Tablo 3.11 National Grand Theater genel bilgiler

Bulunduğu yer	Shanghai,China
Fonksiyonu	Tiyatro ve opera binası
Mimar	Paul Andreu and ADP
Malzeme Cinsi	Titanyum
Kullanıldığı yer	Çatı kaplama malzemesi



Şekil 3.45 National Grand Theater genel görünümü  
([http://images.businessweek.com/ss/05/12/china\\_wonders/source/11.htm](http://images.businessweek.com/ss/05/12/china_wonders/source/11.htm))

2008 yılında tamamlanması planlanan opera binasının eğrisel yüzeyli dış kabuğunda 1 200 parça cam ile 20 000 adet titanyum birlikte kullanılmıştır. Toplam 43 000 m<sup>2</sup> olan titanyum panellerin ağırlığı 65 ton'dur. 149 500 m<sup>2</sup> alana yerleşen binanın ana gövdesi su ile çevrelenmiş durumdadır. Yapıda 2 500 kişilik opera

salonu, 2 000 kişilik konser salonu ve 1 200 kişilik tiyatro salonu yer almaktadır. ([www.dexigner.com/jump/news5410.html](http://www.dexigner.com/jump/news5410.html),[www.paulandreu.com/projets\\_recents/pekin/galerie\\_pekin/galerie\\_pekin\\_gb\\_01.html](http://www.paulandreu.com/projets_recents/pekin/galerie_pekin/galerie_pekin_gb_01.html) )



Şekil 3.46 National Grand Theater yapım aşamasında genel görünüm (<http://gluckman.com/ArchChina.html>)

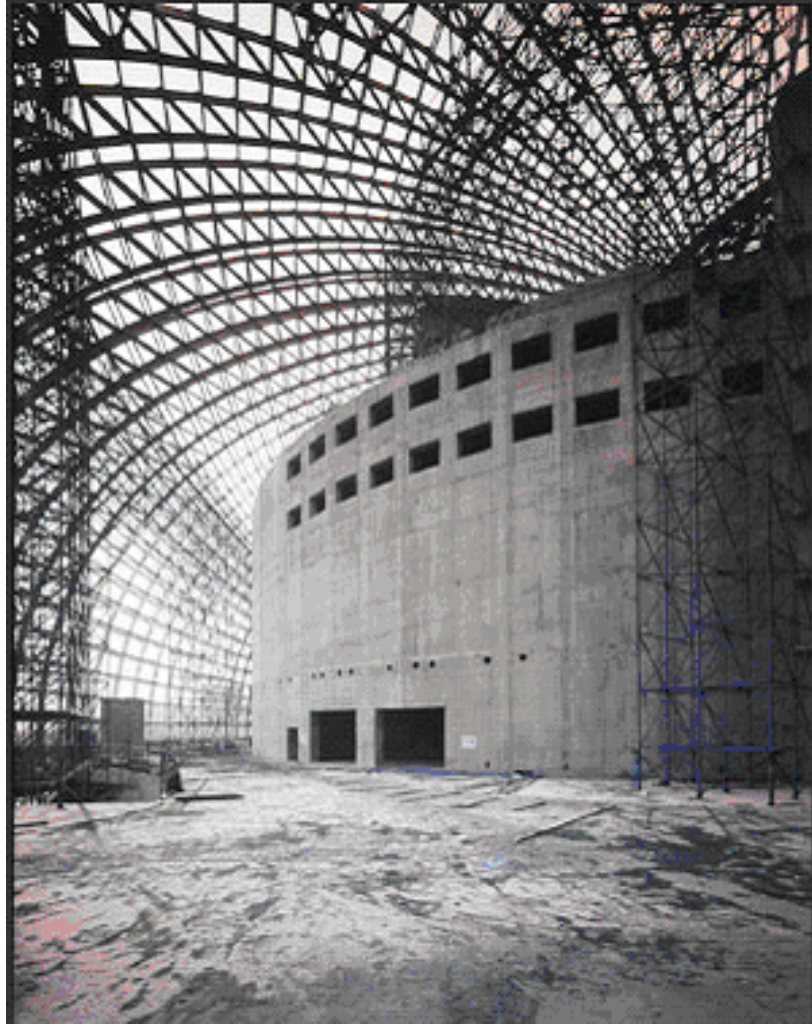


Şekil 3.47 National Grand Theater dış cephe titanyum kaplamasının koruyucularının çıkarılması ([www.chinadaily.com.cn/photo/2006-07/12/xin\\_2307031216196742750222.jpg](http://www.chinadaily.com.cn/photo/2006-07/12/xin_2307031216196742750222.jpg))





Şekil 3.48 National Grand Theater dış cephe kaplanması aşamasında görünüm  
([www.paul-andreu.com/projets\\_recents/](http://www.paul-andreu.com/projets_recents/))



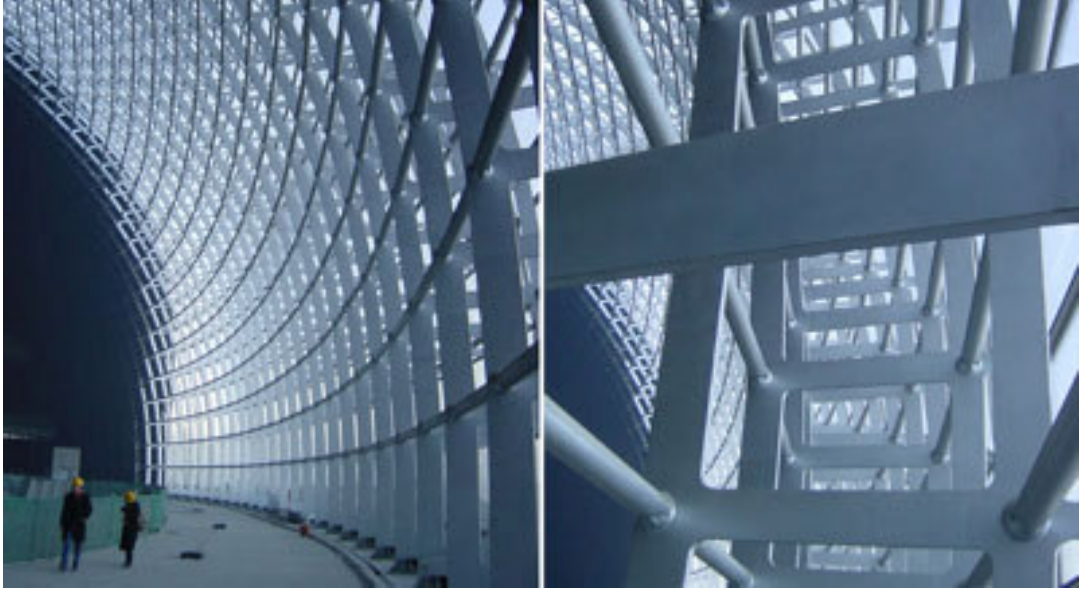
Şekil 3.49 National Grand Theater yapım aşamasında iç mekandan görünüm  
(<http://grace91grace.spaces.live.com/photos/cns!B6ED35857ADFAEF6!290/>)



Şekil 3.50 National Grand Theater yapım aşamasında iç mekandan görünüm  
(<http://grace91grace.spaces.live.com/photos/cns!B6ED35857ADFAEF6!290/>)



Şekil 3.51 National Grand Theater bina kesiti  
([www.paul-andreu.com/projets\\_recents/pekin/galerie\\_pekin/galerie\\_pekin\\_gb\\_23.html](http://www.paul-andreu.com/projets_recents/pekin/galerie_pekin/galerie_pekin_gb_23.html) )



Şekil 3.52 National Grand Theater camlı kısma ait görünüm  
([www.paul-andreu.com/pages/projets\\_recents\\_operapek\\_g.html](http://www.paul-andreu.com/pages/projets_recents_operapek_g.html) )



### 3.2.1.1.9 Scheepvaart Museum Depo Yapısı, 2001

Tablo 3.12 Scheepvaar Museum depo yapısı genel bilgiler

Bulunduğu yer	Amsterdam, Hollanda
Fonksiyonu	Müze Depo yapısı
Mimar	Atelier Zeinstra, Van Der Pol b.v. – Amsterdam
Malzeme Cinsi	TIMETAL®50A 2.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Cephe ve çatı kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,5 mm



Şekil 3.53 Scheepvaart museum depo yapısı genel görünümü

([www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaarmuseum.asp](http://www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaarmuseum.asp) )

Scheepvaart Denizcilik müzesi depo yapısı, Hollanda donanmasına ait tarihi bir yapı olan müze binası eserlerin saklanması için yetersiz kalınca, donanmaya ait bitişik alanda 20 \* 90 m'lik taban alanına sahip bu yapı inşa edilmiştir. (<http://www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaartmuseum.asp>, <http://www.riddersystems.nl/uk/maritime.html>)

“Hollanda da yürürlükte olan bir yasa uyarınca inşasında ağır metallerin (çinko, bakır ) kullanıldığı yapılarda metal iyonlarının yeraltı sularına karışmasını önlemek üzere su filtre sistemi kullanılması zorunludur. Bu durumda titanyum kaplama optimum çözüm olarak seçilmiştir.” (Orhon, A.V. , Ocak 2005)

0, 5 mm kalınlığındaki kaplama malzemesi ile 4 000 m<sup>2</sup>'lik alan titanyum ile kaplanmıştır. Şekil 3.10'da gösterilen sistem 1 detayı bu yapıda kullanılmıştır.



Şekil 3.54 Scheepvaart Museum Depo Yapısı genel görünümü  
([www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaartmuseum.asp](http://www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaartmuseum.asp))

### 3.2.1.1.10 MTRC Central Station

Tablo 3.13 MTRC Central Station genel bilgiler

Bulunduğu yer	Hong Kong,China
Fonksiyonu	Tiyatro ve opera binası
Mimar	Rocco Design Partners
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Çatı kaplama malzemesi
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.55 MTRC Central Station çatısı genel görünümü  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Titanyumun çatıda uygulandığı ilk örneklerden birisidir. 6 500 m<sup>2</sup> çatı yüzeyi 0,4 mm kalınlığındaki titanyum şerit levha ile kaplanmıştır.

### 3.2.1.1.11 Amicorp-Curacao

Tablo 3.14 Amicorp-Curacao genel bilgiler

Bulunduğu yer	Curacao
Fonksiyonu	
Mimar	
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A-B1 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplama malzemesi
Malzeme kalınlığı	0,5 mm



Şekil 3.56 Amicorp Genel görünümü, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Yukarıdaki resimde titanyumun cephe kaplaması olarak kullanıldığı ilk yapılardan birisi görülmektedir. 0,5 mm kalınlığında 1. derece saf titanyum kullanılarak, toplam 14 000 m<sup>2</sup> dış cephe yüzeyi kaplanmıştır.

### 3.2.1.1.12 Sun Plaza-Jakarta

Tablo 3.15 Sun Plaza genel bilgiler

Bulunduğu yer	Jakarta, Endonezya
Fonksiyonu	Alışveriş merkezi
Mimar	Arkdesign-Jakarta
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A-G1 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe duvar paneli ve giriş saçağı
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.57 Sun Plaza dış cephe genel görünüm, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Alışveriş merkezinde 0,4 mm kalınlığında dalgalandırılmış titanyum şerit levha dış cephede ve giriş saçağında kullanılmıştır. 1. derece saf titanyum levhanın kalınlığı 0,4 mm olup, dış cephe duvarında 33 300 m<sup>2</sup> titanyum kullanılmıştır.





Şekil 3.58 Sun Plaza dış cephe titanyum kaplama yakın görünüm  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.59 Sun Plaza titanyum kaplama yakın görünüm  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.60 Sun Plaza giriş saçağı titanyum kaplama, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.1.1.13 La Mason Simons

Tablo 3.16 La Mason Simons genel bilgiler

Bulunduğu yer	Sherbrooke, Quebec, Kanada
Fonksiyonu	
Mimar	Lemay Michaud Architecture Design - Quebec
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A-A1 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.61 La Mason Simons genel görünümü  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

4 250 m<sup>2</sup> 'lik alan 0,4 mm kalınlığındaki titanyum levhalar ile kaplanmıştır.  
([www.timet.com](http://www.timet.com))



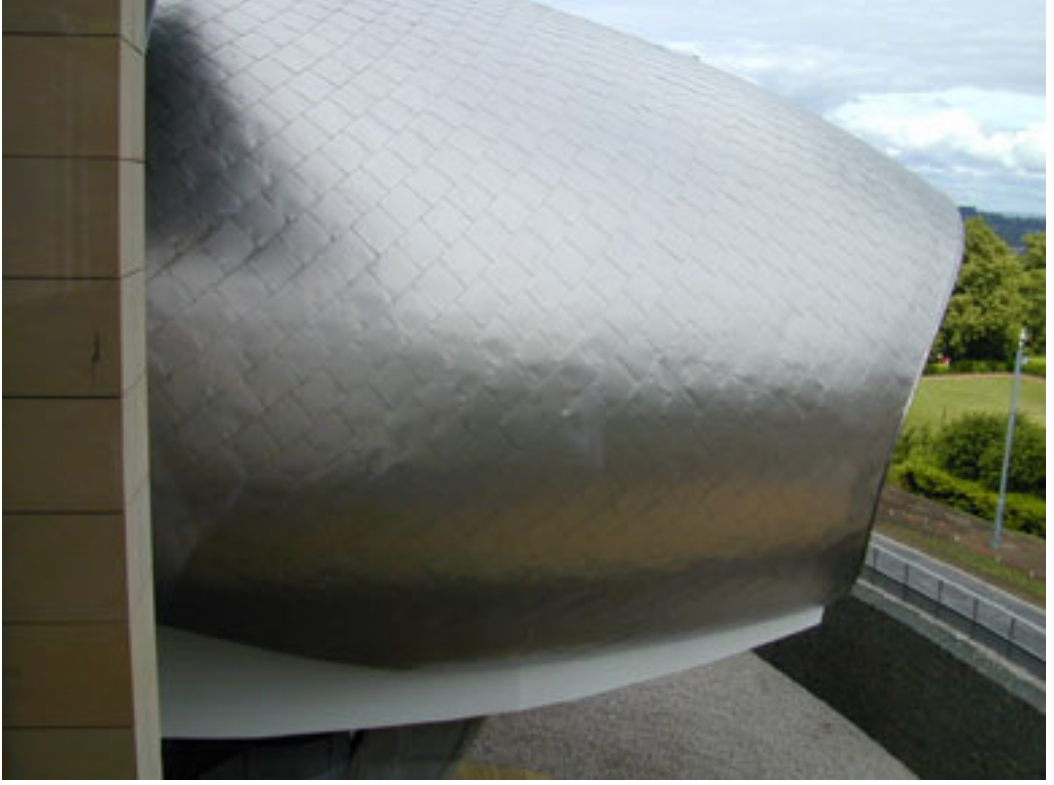
### 3.2.1.1.14 Napier Üniversitesi Konferans Salonu

Tablo 3.17 Napier Üniversitesi konferans salonu genel bilgiler

Bulunduğu yer	Craiglockhart, Edinburgh, İskoçya
Fonksiyonu	Konferans salonu
Mimar	Building Design Partnership - Edinburgh, İskoçya
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A-A1 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.62 Napier Üniversitesi Konferans Salonu genel görünümü  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.63 Napier Üniversitesi Konferans Salonu titanyum kaplaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Yumurta şeklindeki konferans salonunun eğrisel dış yüzeyi 0,4 mm kalınlıktaki titanyum levhalar ile kaplanmıştır. Toplam kaplama alanı 9 250 m<sup>2</sup>'dir.

### 3.2.1.1.15 City Hall

Tablo 3.18 City Hall genel bilgiler

Bulunduğu yer	Dongen, Hollanda
Fonksiyonu	Belediye Meclisi konferans salonu
Mimar	Building Design Partnership - Edinburgh, İskoçya
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A 1.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	İç ve dış cephe kaplama malzemesi
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.64 Belediye Meclis Konferans Salonu ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Belediye Meclisi konferans salonunun yumurta şeklindeki eğrisel yüzeyinde 0,4 mm kalınlığında 1. derece saf titanyum levhalar kullanılarak, 4 600 m<sup>2</sup>'lik alan kaplanmıştır. ([www.timet.com](http://www.timet.com))



Şekil 3.65 Belediye Meclis Konferans Salonu titanyum kaplaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



### 3.2.1.1.16 Surrey City Center

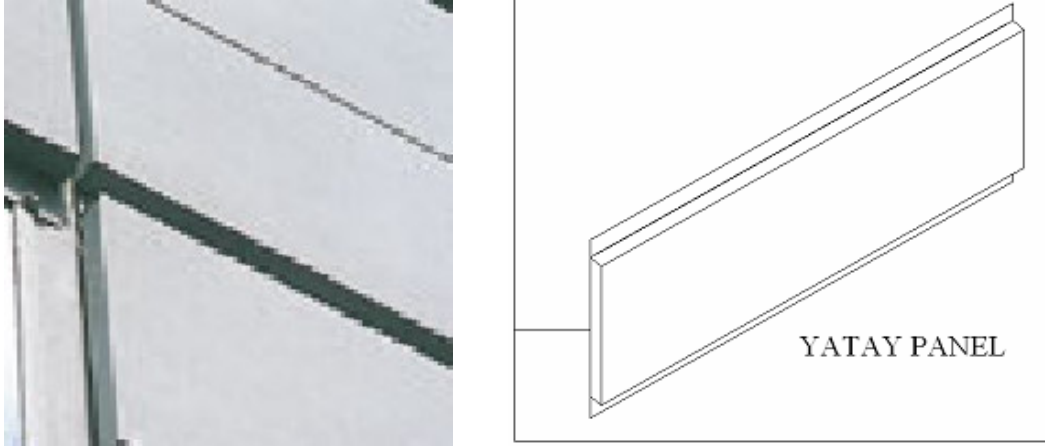
Tablo 3.19 Surrey City Center genel bilgiler

Bulunduğu yer	Vancouver, British Columbia	
Fonksiyonu		
Mimar	Bing Thom Architects	
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A-A1 1.derece saf titanyum	
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması	
Malzeme kalınlığı	0,4 mm	
Malzeme boyutları	Cephede	120 * 304 cm



Şekil 3.66 Surrey City Center genel görünüm, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Toplam 6 500 m<sup>2</sup> duvar yüzeyi 0,4 mm kalınlıkta, 120 \* 304 cm boyutundaki kompozit panellerle kaplanmıştır. Yapıda kullanılan panellere ait detaylar Şekil 3.67'de görülmektedir.



Şekil 3.67 Surrey City Center titanyum kompozit paneli, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.1.1.17 Hilton Hotel

Tablo 3.20 Hilton Otel genel bilgiler

Bulunduğu yer	Portland, Maine	
Fonksiyonu	Otel	
Mimar	SMRT Architects - Portland, Maine	
Malzeme Cinsi	TIMETAL®35A-A1 1.derece saf titanyum	
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması	
Malzeme kalınlığı	0,4 mm	
Malzeme boyutları	Cephede	



Şekil 3.68 Hilton Hoteli genel görünüm, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Hilton otelinin dış cephesinde kaplama malzemesi olarak 0,4 mm kalınlığında toplam 15 000 m<sup>2</sup> titanyum paneller kullanılmıştır. ([www.timet.com](http://www.timet.com))



Şekil 3.69 Hilton Hoteli titanyum kaplaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



### 3.2.1.1.18 Hollanda Hükümet Binası

Tablo 3.21 Hollanda Hükümet Binası genel bilgiler

Bulunduğu yer	Zierikzee, Hollanda
Fonksiyonu	Hükümet binası
Mimar	Rau & Partners Architectenbureau – Amsterdam
Malzeme Cinsi	TIMETAL®50A 2.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0, 5 mm



Şekil 3.70 Hollanda Hükümet Binası genel görünüm, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Yapının dış cephesinde 0, 5 mm kalınlığında toplam 18 500 m<sup>2</sup> titanyum kaplama malzemesi kullanılmıştır.

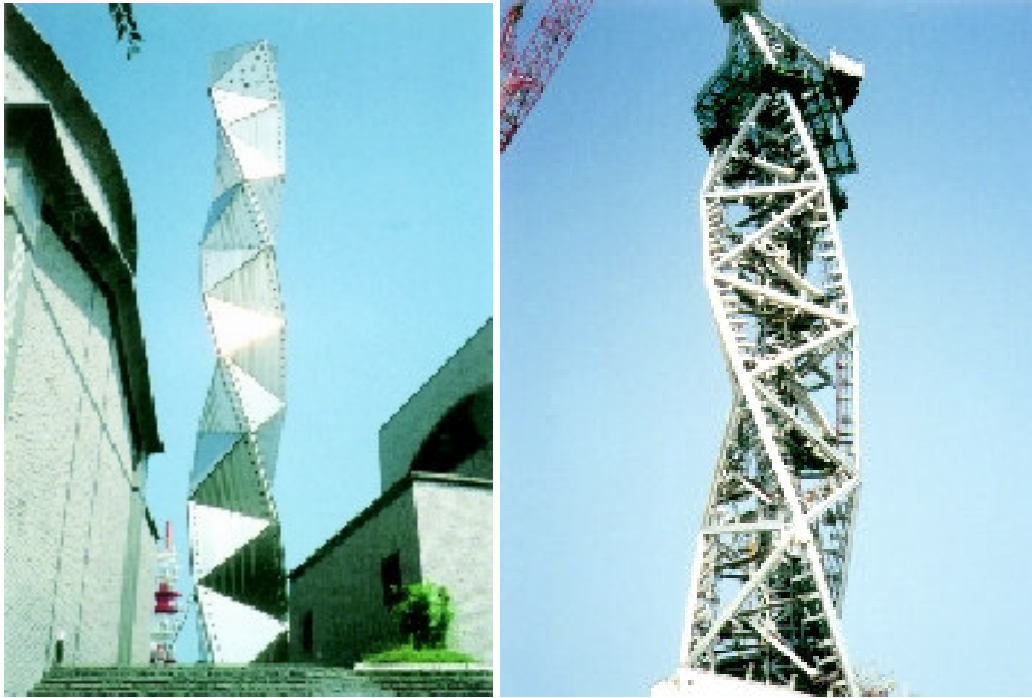


Şekil 3.71 Hollanda Hükümet Binası titanyum kaplaması ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.1.1.19 Art Mito Tower, 1990

Tablo 3.22 Art Mito Tower Genel Bilgiler

Bulunduğu yer	Mito, Japonya
Fonksiyonu	Seyir kulesi
Mimar	Arata Isozaki
Malzeme Cinsi	Titanyum
Kullanıldığı yer	Kaplama malzemesi
Malzeme kalınlığı	1, 5 mm
Malzeme boyutları	Cephede 9, 6 m kenar uzunlukta 57 adet eşkenar üçgen panel



Şekil 3.72 Art Mito Tower genel görünüm ve taşıyıcı sistem,  
( [www.khi.co.jp/tekkou/en/3\\_05e/305\\_3.html](http://www.khi.co.jp/tekkou/en/3_05e/305_3.html) )

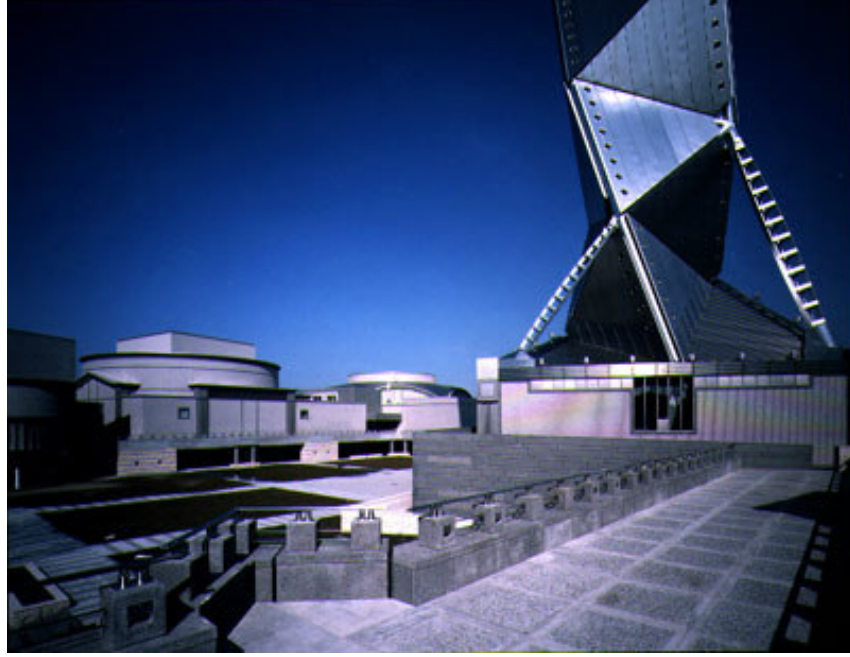
Mito şehri sanat müzesi projesi içinde yer alan 100 m yüksekliğinde anıtsal bir seyir kulesidir. Mimar yapıyı DNA sarmalını andıran birbirine çatılmış tetrahedronlar (düzgün dörtyüzlü) olarak tasarlamıştır. Çelik boru makas strüktürlü yapı iskeleti her biri 1, 5 mm kalınlığında, 9, 6 m kenar uzunluğuna sahip eşkenar

üçgen şeklindeki 57 adet titanyum kaplama panelle kaplanmıştır. Kulenin 86, 4 m yüksekliğine çıkıldığında 19 kişilik bir seyir platformuna ulaşılmaktadır.

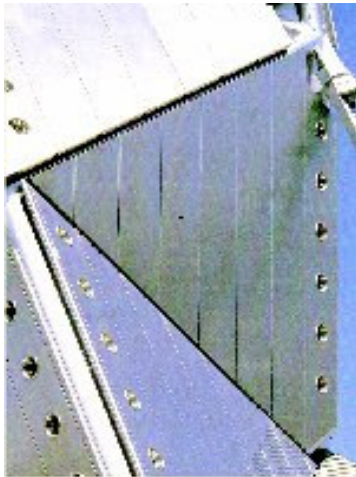
([www.arttowermito.or.jp/Tower/facilities.html](http://www.arttowermito.or.jp/Tower/facilities.html),

[www.khi.co.jp/tekkou/en/3\\_05e/305\\_3\\_4.html](http://www.khi.co.jp/tekkou/en/3_05e/305_3_4.html),

[www.kikukawa.com/KIKU\\_ENGLISH/backno\\_data/sakuhin8/art-tower-mito.htm](http://www.kikukawa.com/KIKU_ENGLISH/backno_data/sakuhin8/art-tower-mito.htm))



Şekil 3.73 Art Mito Tower, ([www.arttowermito.or.jp/Tower/pic/atm-phasade.jpg](http://www.arttowermito.or.jp/Tower/pic/atm-phasade.jpg))



Şekil 3.74 Art Mito Tower titanyum kaplaması

([www.kikukawa.com/KIKU\\_ENGLISH/backno\\_data/sakuhin8/tower2.jpg](http://www.kikukawa.com/KIKU_ENGLISH/backno_data/sakuhin8/tower2.jpg))

### 3.2.1.1.20 Residence, De Apenrots

Tablo 3.23 Residence De Apenrots genel bilgiler

Bulunduğu yer	Utrecht, Hollanda
Fonksiyonu	Residence
Mimar	Alberts & Van Huut Architecten – Amsterdam
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 50A, 2.derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,5 mm



Şekil 3.75 Residence, De Apenrots genel görünümü, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Eğrisel yüzeylere sahip özel konut yapısında dış cephe 0,5 mm kalınlığındaki titanyum levhalarla kaplanmıştır. Toplam kaplama alanı 14 000 m<sup>2</sup>'dir. ([www.timet.com](http://www.timet.com))





Şekil 3.76 Residence, De Apenrots titanyum kaplaması, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.77 Residence, De Apenrots titanyum kaplaması, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.1.1.21 Residence, Singapur

Tablo 3.24 Residence Singapur genel bilgiler

Bulunduğu yer	Singapur
Fonksiyonu	Residence
Mimar	ACI Architects Pte. Ltd. – Singapur
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 35A-A1, 1 derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.78 Residence, Singapur genel görünümü, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Yapının dış cephesinde 0,4 mm kalınlığında dalgalandırılmış titanyum levhalar kullanılmıştır. Toplam 10 200 m<sup>2</sup> titanyum kullanılmıştır.



Şekil 3.79 ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.80 Residence, Singapur titanyum kaplama uygulaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



### ***3.2.2 Titanyum Malzemenin Restorasyonda Kullanımı***

Yeni yapılan yapılarda titanyumun tercih edilmesinin yanı sıra tarihi yapıların restorasyonunda da titanyumun yaygın kullanımı görülmektedir. Eski zamanlardan beri Budist tapınaklarda ahşap ve bakır malzeme kullanılmaktaydı. Son zamanlarda çevresel etkenler bu malzemelerin kullanıldığı alanlarda çeşitli problemlerin artmasına neden olmuştur. Örneğin asit yağmurları bakırın ömrünü kısaltmış (Şekil 3.1 asit yağmurlarının bakır üzerine etkisi), yangın ve su problemleri ahşap yapılara büyük zararlar vermiştir. Titanyum malzemenin gelişen teknoloji ile farklı renk seçeneklerinin olması, geleneksel yapılara uygunluk sağlamıştır. 2003 yılında Japonya'da ünlü mimarlar tarafından tapınakların çatılarının korunması için Titanyum günümüzün en kullanışlı malzemesi olarak kabul edilmiştir. (Shimizu, H., 2004). Restorasyonunda titanyum kullanılan tapınak yapıları arasında; The Koetsuji Temple, Ikkyuji Temple ve dünya mirası listelerinde yer alan Temple of the Gold Pavalion sayılabilir.

Atina'da Akropol'ün restorasyonunda Parthenon ve Erectheion'un sütunları ve karyatidleri arasındaki hava kirliliği nedeni ile korozyona uğramış demir desteklerin yenilenmesi için de titanyum kullanılmıştır. Güçlü hafif ve dolayısıyla demir seçeneklerine göre daha küçük titanyum destekler, strüktürel stabiliteyi görünüşü rahatsız etmeden, daha da önemlisi korozyon dirençleri nedeniyle yapının kalan ömrü boyunca bir daha değiştirilmeleri gerekmeden sağlayacaktır. Bu desteklerin bir başka avantajı, titanyum ve mermerin ısı genleşme katsayısının birbirine yakınlığı nedeniyle uzun dönemde ısı genleşmelerinden kaynaklanabilecek hasarların minimize edilmesidir.

### 3.2.2.1 Titanyum Malzemenin Restorasyonda Kullanıldığı Yapılardan Örnekler

#### 3.2.2.1.1 Kilise Çan Kulesi Restorasyonu

Tablo 3.25 Kilise Çan Kulesi genel bilgiler

Bulunduğu yer	Chamonix, France
Fonksiyonu	Kilise
Mimar	François Botton – Lyon, France
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 35A-A1 Ticari 1. derece saf Titanyum
Kullanıldığı yer	Çan kulesinin kaplanması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.81 Kilise çan kulesi Restorasyonu, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

16. yy da yapılmış olan katedralin restorasyonunda çan kulesinde galvanize çeliğin yerine titanyum kaplama kullanılmıştır. 0,4 mm kalınlığında, toplam 140 m<sup>2</sup> 1.derece saf titanyum kaplama kullanılmıştır. ([www.timet.com](http://www.timet.com))

### 3.2.2.1.2 Parthenon Tapınağı

Tablo 3.26 Parthenon Tapınağı genel bilgiler

Bulunduğu yer	Yunanistan
Fonksiyonu	Tapınak
Mimar	
Malzeme Cinsi	Titanyum destek elemanları
Kullanıldığı yer	Mermer sütunların birbirine montajında destek Elemanı



Şekil 3.82 Parthenon Tapınağı Restorasyonu, ([www.flickr.com/photos/mk\\_xena/1143929194/](http://www.flickr.com/photos/mk_xena/1143929194/))

M.Ö. 447 - 432 yıllarından günümüze gelen 30, 88 m \* 69, 51 m boyutlarındaki Parthenon tapınağı, mermer kolon ve kirişlerden oluşmaktadır. İlk zamanlarda demir olan mermerleri birbirine bağlayan çubuk ve materyallerin yerine daha sonraki restorasyonda çelik kullanılmış. Çelik parçaların zamanla korozyona uğraması, mermer yüzeylerde renk değişimlerine ve çatlamalara neden olması nedeniyle değiştirilerek, üstün korozyon dayanımından dolayı titanyum tercih edilmiştir.

([http://historylink101.net/greece1/pic\\_temple-parthenon.htm](http://historylink101.net/greece1/pic_temple-parthenon.htm)). Yunanistan'da yer alan Parthenon tapınağının devam eden restorasyonu sırasında 7 000 kg titanyum kullanılmıştır. (<http://www.fastener-world.com.tw>). 1979 yılında başlanan restorasyon ödenek olursa 2025 yılında tamamlanabilecek. (Smith, H., 2005) (<http://arts.guardian.co.uk>, <http://en.structurae.de/structures/index.cfm>, <http://www.theotherpages.org/greece/index6.html>)



Şekil 3.83 Parthenon Tapınağı Restorasyonu  
(<http://en.structurae.de/structures/index.cfm>)



Şekil 3.84 Parthenon Tapınağı, (<http://en.structurae.de/structures/index.cfm>)

### 3.2.3 Titanyumun Taşıyıcı Sistemde Kullanımı

Titanyumun taşıyıcı sistemde kullanımı en yeni kullanım alanlarından birisidir. Bilinen ilk örnek Abu Dhabi Havaalanı'nın 100 m çapındaki kubbesidir. Titanyum malzeme taşıyıcı sistemde kullanıldığında, kullanılan diğer taşıyıcı malzemelerden daha küçük kesitlerde ve zarif taşıyıcı elemanlar ile daha geniş açıklıkların geçilmesine olanak sağlamaktadır. Deprem anında diğer taşıyıcı malzemelere nazaran daha sünek davranış göstermektedir. Bu da yapının deprem etkilerine karşı daha uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır. Korozyon dayanımı nedeniyle de taşıyıcı sistem uzun yıllar ayakta kalabilecektir.

#### 3.2.3.1 Titanyum Malzemenin Taşıyıcı Olarak Kullanıldığı Yapılardan Örnekler

##### 3.2.3.1.1 Abu Dhabi Airport, 2005

Tablo 3.27 Abu Dhabi Airport genel bilgiler

Bulunduğu yer	Birleşik Arap Emirlikleri
Fonksiyonu	Havaalanı
Mimar	DCA Chairman Shaikh Hamdan bin Mubarak Al Nahyan
Malzeme Cinsi	
Kullanıldığı yer	Taşıyıcı sistemde, çatıda ve bağlantı elemanlarında



Şekil 3.85 Abu Dhabi Airport genel görünüm ([http://news.airwise.com/airport\\_news.html](http://news.airwise.com/airport_news.html))



Birleşik Arap Emirlikleri'nde yer alan havaalanı 2005 yılında tamamlanmıştır. Titanyumun taşıyıcı sistemde kullanıldığı ilk yapıdır. ([www.gulfconstructionworldwide.com](http://www.gulfconstructionworldwide.com)). Taşıyıcı sistemde 1 300 ton, 100 m çapındaki yarı saydam çatıda ve bağlantı parçalarında 300 ton titanyum malzeme kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem parçaları, çatı ve ara bağlantı parçaları ana üretici firması olan Timet'ten temin edilmiştir. (Tsukasa Furukawa, 2000, [www.khaleejtimes.co.ae](http://www.khaleejtimes.co.ae), [www.airport-technology.com](http://www.airport-technology.com))



Şekil 3.86 Abu Dhabi Airport, iç mekandan görünüm  
([www.airport-technology.com/projects/abu\\_dhabi/abu\\_dhabi5.html](http://www.airport-technology.com/projects/abu_dhabi/abu_dhabi5.html))



Şekil 3.87 Abu Dhabi Airport, iç mekandan görünüm, (www.flashwebb.se)



Şekil 3.88 Abu Dhabi Airport, iç mekandan görünüm  
([http://en.wikipedia.org/wiki/Abu\\_Dhabi\\_International\\_Airport](http://en.wikipedia.org/wiki/Abu_Dhabi_International_Airport))



Şekil 3.89 Abu Dhabi Airport, iç mekandan görünüm  
([http://en.wikipedia.org/wiki/Abu\\_Dhabi\\_International\\_Airport](http://en.wikipedia.org/wiki/Abu_Dhabi_International_Airport))



### 3.2.4 Titanyumun Yapı Profili Olarak Kullanımı

Titanyumun doğrama olarak kullanıldığı yapılarda, cam ve titanyumun lineer genişleme katsayısının yakınlığı, camın çerçeveye oturduğu noktalarda oluşabilecek sızdırma problemlerini ortadan kaldırdığından uygulama ayrıntılarını basitleştirmiş, genişleme derzlerini gereksiz kılmıştır. Doğrama olarak kullanıldığında izolasyonda sağlamaktadır. Titanyum malzeme giriş kapılarında ve asansör kapılarında da kullanılmaktadır.

#### 3. 2.4.1 Titanyumun Yapı Profili Olarak Kullanıldığı yapılardan Örnekler

##### 3.2. 4.1.1 Nagoya Dome, 1997

Tablo 3.28 Nagoya Dome genel bilgiler

Bulunduğu yer	Nagoya, Japonya
Fonksiyonu	Stadyum
Mimar	Takenaka Corporation
Kullanıldığı yer	Çatı doğrama profili



Şekil 3.90 Nagoya Dome  
([www.worldstadiums.com/stadium\\_pictures/asia/japan/chubu/nagoya\\_dome.shtml](http://www.worldstadiums.com/stadium_pictures/asia/japan/chubu/nagoya_dome.shtml))



Şekil 3.91 Nagoya Dome, ([www.takenaka.co.jp/takenaka\\_e/techno/12\\_ratis/12\\_ratis.htm](http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/techno/12_ratis/12_ratis.htm))

1997 yılında yapılan 40 000 kişilik baseball stadyumunun tek tabakalı çelik kafes kubbesinin (jeodezik kubbe) orta kısmında yer alan, bir kenar uzunluğu 10 m olan 144 adet üçgen camdan oluşan altıgen biçimli geniş ışıklık yüzeyinin taşıyıcı çerçevesi titanyum profillerden kurulmuştur. Titanyum seçimi ile yüksek rijitlik ve hafiflik sağlanmıştır. (<http://www.idgrid.org/id/titanium.htm>, [http://en.wikipedia.org/wiki/Nagoya\\_Dome](http://en.wikipedia.org/wiki/Nagoya_Dome), <http://www.ratzenberger.net/>, [http://www.takenaka.co.jp/takenaka\\_e/techno/12\\_ratis/12\\_ratis.htm](http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/techno/12_ratis/12_ratis.htm))

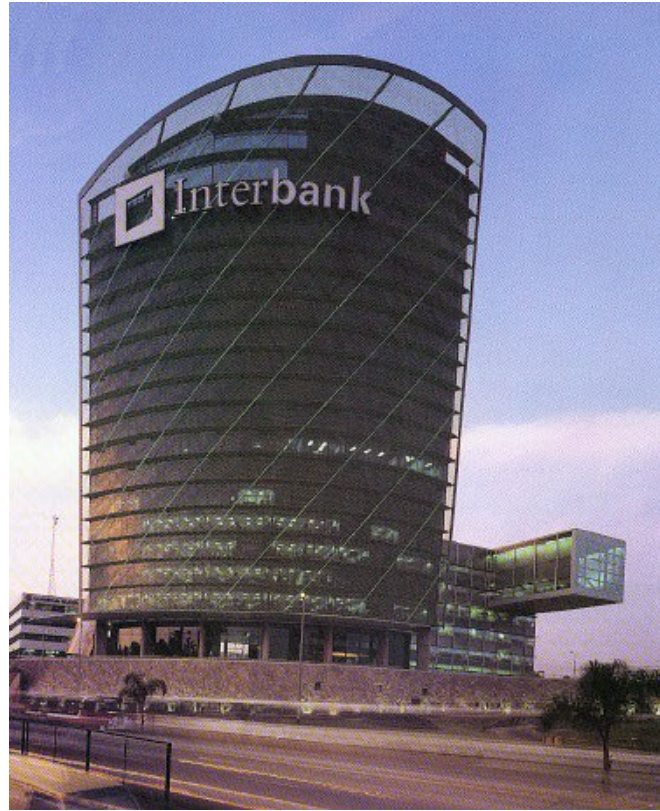
### 3.2.5 Titanyumun Gölgeleme Elemanı Olarak Kullanımı

#### 3.2.5.1 Titanyumun Yapı Profili Olarak Kullanıldığı Yapılardan Örnekler

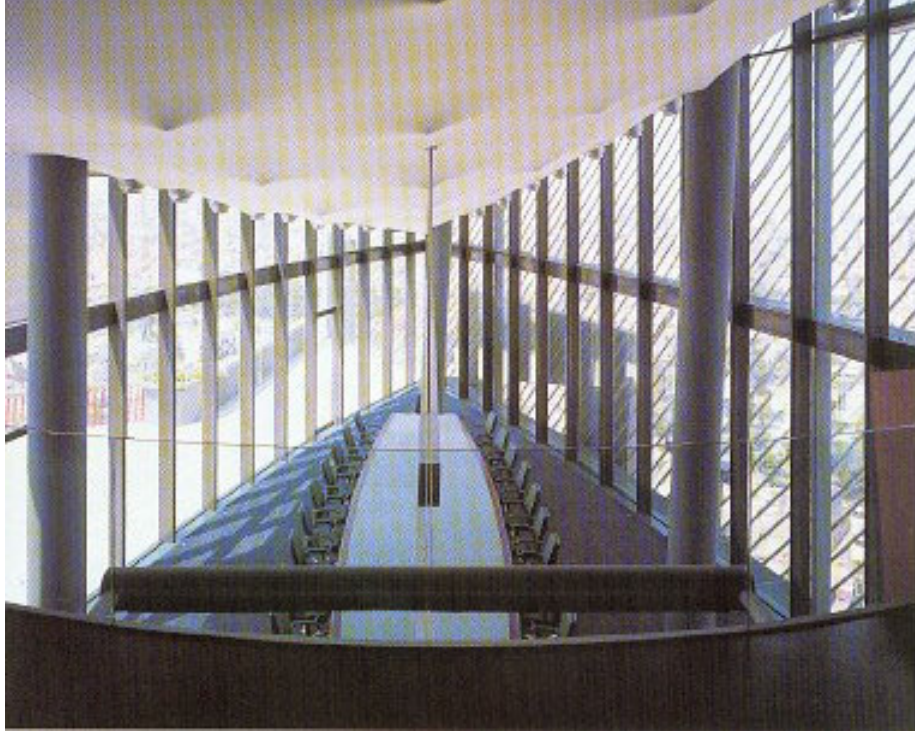
##### 3.2.5.1.1 İnterbank Genel Merkezi, 2000

Tablo 3.29 İnterbank genel merkezi genel bilgiler

Bulunduğu yer	Lima, Peru	
Fonksiyonu	Banka	
Mimar	Atelier Hollein – Viyana , Avustralya	
Malzeme Cinsi	2. derece saf titanyum	
Kullanıldığı yer	Gölgeleme elemanı	
Malzeme kalınlığı	1 mm ve 1, 5 mm	
Malzeme boyutları	Cephede	5 cm çapında 1 ve 1, 5 mm kalınlığında



Şekil 3.92 İnterbank Genel Merkezi  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.93 İnterbank Genel Merkezi, iç mekan görünümü,  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

İnterbank Genel Merkezi'nde titanyum malzeme cephede estetik ve mekanda da gölgeleme amaçlı olarak kullanılmıştır. Yapıda toplam uzunlukları 18 km'yi geçen saten bitimli titanyum tüpler yapının eğrilikli cephesini tamamıyla saran diyagonal elemanlardan oluşmaktadır. Bu diyagonal elemanlar kat yüksekliğince olup, her katta döşemeden döşemeye tutturulmuştur. 5 cm çaplı 1 ve 1,5 mm et kalınlığındaki bu tüpler 2. derece saf titanyumdan kıvrılıp kaynaklanarak yapılmıştır.(Orhon, A.V., 2005, [www.timet.com](http://www.timet.com))

### 3.2.5.1.2 Simon Finch Kitap Dükkanı

Tablo 3.30 Simon Finch Kitap Dükkanı genel bilgiler

Bulunduğu yer	Notting Hill, Londra
Fonksiyonu	Kitap Dükkanı
Mimar	AMP Design – Londra
Malzeme Cinsi	1. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Gölgeleme elemanı ve kapı kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.94 Simon Finch Kitap Dükkanı, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Dükkanın giriş kapılarında ve vitrinde gölgeleme elemanı olarak titanyum kullanılmıştır. ([www.timet.com](http://www.timet.com))



### 3.2.5.1.3 Torcy

Tablo 3.31 Torcy genel bilgiler

Bulunduğu yer	Paris, Fransa
Fonksiyonu	
Mimar	Bruno Gaudin – Paris
Malzeme Cinsi	1. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Giriş saçağında
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.95 Torcy genel görünüm, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.96 Torcy titanyum kaplaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Yapının giriş saçağında gölgeleme ve dekoratif amaçlı olarak 0,4 mm kalınlığında, 280 m<sup>2</sup> titanyum panel kullanılmıştır.

### 3.2.6 Titanyumun Olumsuz Atmosferik Ortamlardaki Yapılarda Kullanımı

Titanyum üstün korozyon ve aşınma direnci nedeniyle, deniz havasının ve tuzlu suyun aşındırıcı etkisine karşı köprülerde ve marina yapılarında özellikle Japonya’da yaygın olarak kullanılmaktadır. Benzer kullanım akvaryum yapıları içinde geçerlidir. Daiken mimarlık ve mühendislik bürosu tarafından tasarlanan Kobe’de Suma Aqualife Park içinde titanyum kaplama kullanılmıştır. (<http://www.idgrid.org/id/titanium.htm> )

#### 3.2.6.1 Titanyumun Olumsuz Atmosferik Ortamlardaki Yapılarda Kullanımına Örnekler

##### 3.2.6.1.1 Traffic Center

Tablo 3.32 Traffic Center genel bilgiler

Bulunduğu yer	Nijmegen, Hollanda
Fonksiyonu	Trafik kontrol merkezi
Mimar	Karelse ve Van Der Meer
Malzeme Cinsi	1. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm
Malzeme boyutları	



Şekil 3.97 Trafik Merkezi, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Titanyum malzeme tuzlu deniz suyunun aşındırıcı etkisinin yoğun olduğu ortamda, kötü atmosfer şartlarına karşı üstün direnci nedeniyle tercih edilmiştir. Yapının dış cephe kaplamasında 0,4 mm kalınlığı toplam 11 000 m<sup>2</sup> titanyum panel kullanılmıştır. (www.timet.com)



Şekil 3.98 Trafik Merkezi, genel görünüm, (www.timet.com/architecture/portfolio.asp)

### 3.2.6.1.2 Theater - Hollanda

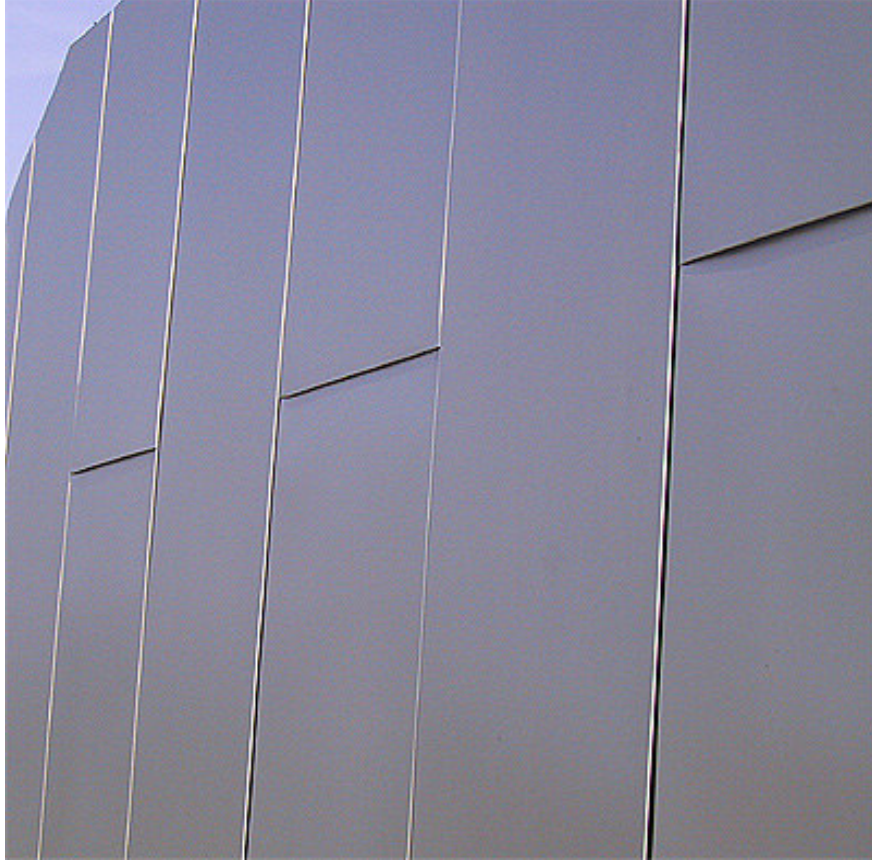
Tablo 3.33 Theater – Hollanda genel bilgiler

Bulunduğu yer	Hoorn, Hollanda
Fonksiyonu	Tiyatro
Mimar	Alberts & Van Huut Architecten-Amsterdam
Malzeme Cinsi	2. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,5 mm
Malzeme boyutları	

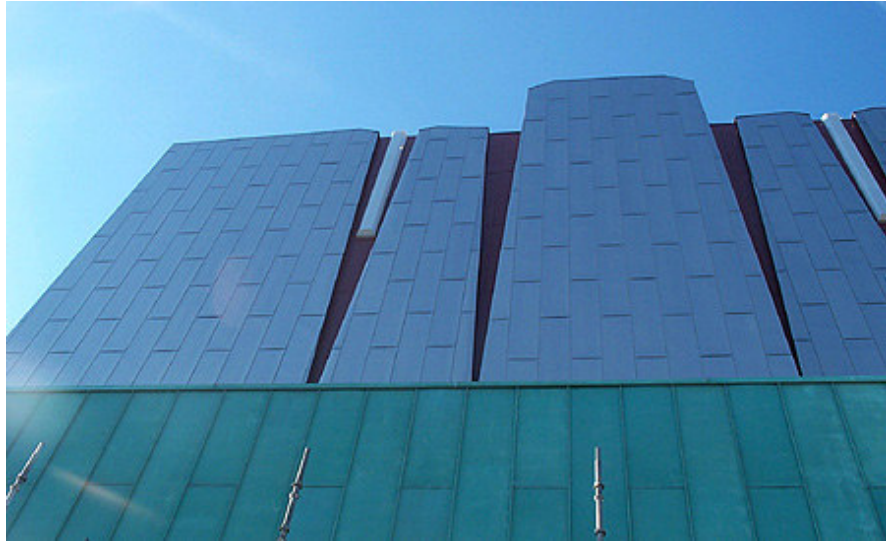


Şekil 3.99 Tiyatro Binası, Hollanda (www.timet.com/architecture/portfolio.asp)

Deniz kıyısında yer alan tiyatro yapısının dış cephesinde 0,5 mm kalınlığında, 16 000 m<sup>2</sup> titanyum panel kullanılmıştır.



Şekil 3.100 Tiyatro Binası titanyum kaplaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.101 Tiyatro Binası titanyum kaplaması  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.6.1.3 Juno Beach Center – Fransa

Tablo 3.34 Juno Beach Center genel bilgiler

Bulunduğu yer	Normandy, Fransa
Fonksiyonu	Alışveriş merkezi
Mimar	Chamberlain Architects – Burlington
Malzeme Cinsi	TIMETAL® 35A-A1, 1. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Dış cephe kaplaması
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.102 Juno Beach Center, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

Sahil kenarında bir alışveriş merkezinin dış cephesinde kaplama olarak kullanılmıştır. 0,4 mm kalınlığında toplam 28 000 adet titanyum levha kullanılmıştır.





Şekil 3.103 Juno Beach Center, ([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

### 3.2.6.1.4 Ocean Dome, 1993

Tablo 3.35 Ocean Dome genel bilgiler

Bulunduğu yer	Miyazaki, Japonya
Fonksiyonu	Su Parkı
Mimar	
Malzeme Cinsi	Titanyum
Kullanıldığı yer	Çatı kaplaması
Malzeme kalınlığı	



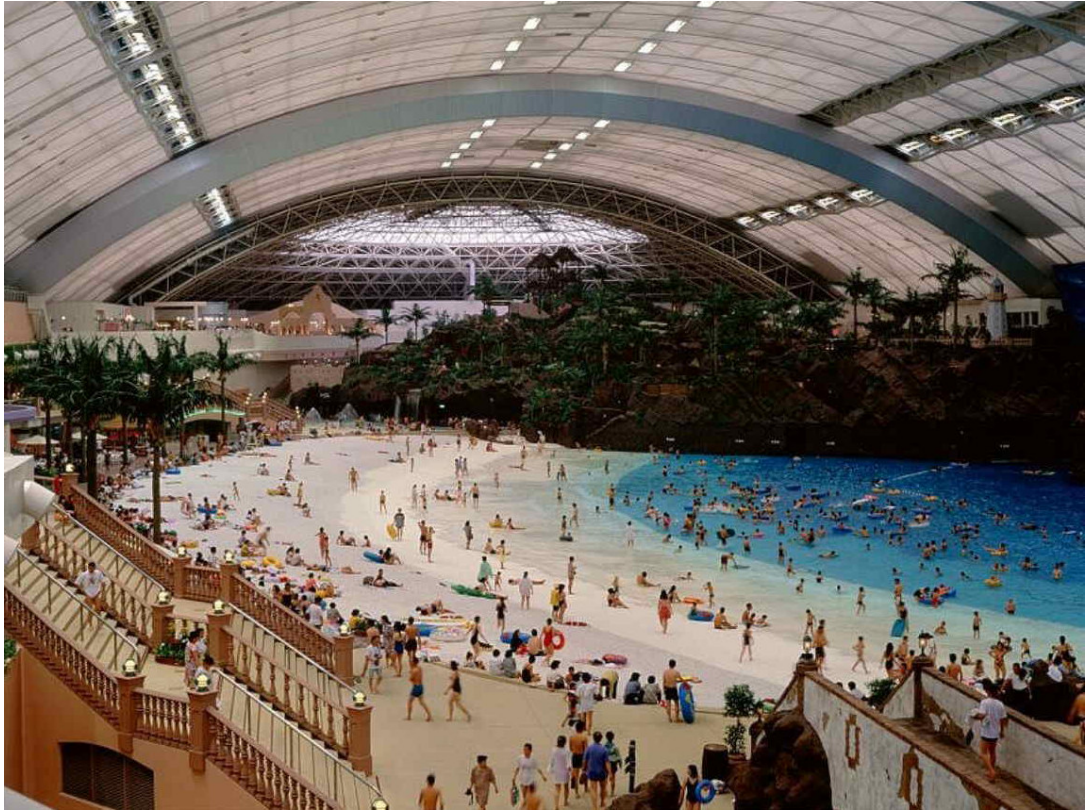
Şekil 3.104 Ocean Dome

([www.wonderfulinfo.com/amazing/unbelv/05%20miyazaki%20ocean%20dome%202.jpg](http://www.wonderfulinfo.com/amazing/unbelv/05%20miyazaki%20ocean%20dome%202.jpg))

1993 yılında yapılan ve Guinness rekorlar kitabına dünyanın en büyük su parkı olarak geçen yapının açılıp kapanabilen çatısında kaplama olarak titanyum kullanılmıştır. 100 m genişliğinde, 300 m uzunluğunda ve 38 m yüksekliğindeki yapı



Pasifik okyanusunun yanında yer almaktadır. 10 000 kişilik kapasitesi bulunan su parkının iç ortam sıcaklığı 30 °C ve su sıcaklığı 28 °C’de sabit tutulmaktadır. Okyanusa yakın olması nedeniyle kaplama malzemesi olarak titanyum seçilmiştir. (<http://stranger-worlds.blogspot.com/2007/06/worlds-only-indoor-beachjapans-ocean.html>, <http://dixi.blogter.com>, <http://www.esnips.com>, <http://www.fastener-world.com.tw> )



Şekil 3.106 Ocean Dome, ([www.impactlab.com/search.php?query=&topic=69](http://www.impactlab.com/search.php?query=&topic=69))



Şekil 3.105 Ocean Dome  
([http://largedomes.com/largest/graphics/miyazaki\\_ocean\\_dome.jpg](http://largedomes.com/largest/graphics/miyazaki_ocean_dome.jpg))

### 3.2.6.1.5 Köprü , Japonya



Şekil 3.107 Titanyum kaplanmış bir köprü, ([www.fastener-world.com.tw](http://www.fastener-world.com.tw))

Japonya'da titanyumun kaplama olarak kullanıldığı bir köprü örneği.  
([www.fastener-world.com.tw](http://www.fastener-world.com.tw))

### 3.2.7 Titanyumun Dekoratif Amaçlı Kullanımı

Titanyum malzeme iç mekanların dekorasyonunda, heykellerde, aydınlatma elemanlarında, mutfak dolaplarında, merdiven ve balkon korkuluklarında kullanılmaktadır.

#### 3.2.7.1 Titanyumun Dekoratif amaçlı Kullanımına Örnekler

##### 3.2.7.1.1 Issey Miyake Showroom

Tablo 3.36 Issey Miyake Showroom genel bilgiler

Bulunduğu yer	Manhattan, New York
Fonksiyonu	Showroom
Mimar	G TECTS, New York ve Frank O. Gehry
Malzeme Cinsi	1. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Showroom dekorasyonu
Malzeme kalınlığı	0,4 mm

Titanyumun iç mekanda dekoratif amaçlı kullanımına bir örnektir. Showroom'da 0,4 mm kalınlıkta toplam 372 m<sup>2</sup> titanyum kullanılmıştır. (www.timet.com)





Şekil 3.108 Issey Miyake Showroomu, ([www.timet.com](http://www.timet.com))



Şekil 3.109 Issey Miyake Showroomu, ([www.timet.com/](http://www.timet.com/))

### 3.2.7.1.2 Guinness "The Source" Bar/Restaurant

Tablo 3.37 Guinness "The Source" Bar/Restaurant genel bilgiler

Bulunduğu yer	Dublin, İrlanda
Fonksiyonu	Bar, Restoran
Mimar	RKD Architects, Brian King
Malzeme Cinsi	2. derece saf titanyum
Kullanıldığı yer	Showroom dekorasyonu
Malzeme kalınlığı	0,4 mm



Şekil 3.110 Dekoratif titanyum boru ( [www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp) )

0,4 mm kalınlığındaki titanyum malzemeden yapılmış olan borunun çapı 1m uzunluğu ise 31 m 'dir. Fiber optik kablolarla tavana asılmıştır. Restoranın üst katından başlayıp giriş katına kadar uzanmaktadır.



### 3.2.7.1.3 Titanyumun Mutfak Dolaplarında Kullanımı

Bir konut yapısında, titanyum malzeme buzdolabı, mutfak dolabı ve büfede kaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Kaplama kalınlığı 0,55 mm'dir.



Şekil 3.111 Titanyum kaplanmış buzdolabı  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))



Şekil 3.112 Titanyum kaplanmış mutfak dolabı  
([www.timet.com/architecture/portfolio.asp](http://www.timet.com/architecture/portfolio.asp))

## BÖLÜM DÖRT

### TİTANYUM, PASLANMAZ ÇELİK VE BAKIR ÇATI KAPLAMA MALZEMESİNİN KARŞILAŞTIRMALI FİYAT ANALİZİ

Bu bölümde, mimari uygulamalarda metal çatı kaplaması olarak titanyum kullanımı, yaygın kullanılan diğer metal malzemeler (paslanmaz çelik ve bakır) ile karşılaştırılacaktır. Karşılaştırmada örnek proje üzerinden 3 malzemenin yapım maliyeti, kullanım maliyetleri, garanti süreleri ile kullanılan malzemelerin toplam ağırlıkları incelenecektir. Örnek proje olarak ATATÜRK Kültür Merkezi seçilmiştir. Proje seçimi yapılırken öncelikli olarak Atatürk Kültür Merkezinin şehrin merkezinde yer alması, çoğu kişi tarafından biliniyor olması, mevcut çatı kaplama malzemesinin bakır oluşu ve malzemenin geçmiş dönemdeki bakım maliyetlerinin hesaplanabilecek olması etkili olmuştur.

#### 4.1 ATATÜRK Kültür Merkezi – İzmir (1975-1979)

##### 4.1.1 Atatürk Kültür Merkezi Genel Özellikleri, Çatı Plan Kesit ve Detayları

Tablo 4.1 Atatürk Kültür Merkezi genel bilgiler

Bulunduğu yer	Konak, İzmir	
Fonksiyonu	Kültür Merkezi	
Mimar	Y.Mim. İnal Göral, Y.Mim. Muhlis Türkmen	
Malzeme Cinsi	Mevcut	Bakır
	Önerilen	Titanyum
Kullanıldığı yer	Çatı kaplaması	
Malzeme kalınlığı	Mevcut	0, 5 mm
	Önerilen	0, 4 mm

Konak'ta bulunan İzmir Ege Üniversitesi Atatürk Kültür Merkezi 1981 tarihinde hizmete açılmıştır. Merkez gerek üniversitenin gerekse Ege ve İzmir yöresinin bilimsel ve sanatsal etkinliklerinin yapıldığı önemli bir tesistir. Burada 654 ve 628 kişilik 2 büyük salon, 340 kişilik bir tiyatro salonu, 45'er kişilik 4 seminer odası ve 800 kişilik bir sergi salonu bulunmaktadır. (<http://www.ege.edu.tr/kampus/digsosfa.html>)

Binanın mevcut çatısı betonarme döşeme üzerine ahşap çatı konstrüksiyonu kurularak oluşturulmuştur. Ahşap kaplamanın üzerine bitümlü karton ve onun da üzerine 0,5 mm kalınlığında bakır kaplama yapılmıştır. Bakır kaplama giriş saçağında ve merdiven bloğunun üzerinde de kullanılmıştır. Çatıdaki bakır kaplamanın toplam alanı : 2 954 m<sup>22</sup>'dir. ( Tablo 4.2 'de hesaplanmıştır.)



Şekil 4.1 ATATÜRK Kültür Merkezi ve çevresi, ([http:// www. googleearth.com](http://www.googleearth.com) )





Şekil 4.2 ATATÜRK Kültür Merkezi bakır çatısı



Şekil 4.3 ATATÜRK Kültür Merkezi deniz cephesi

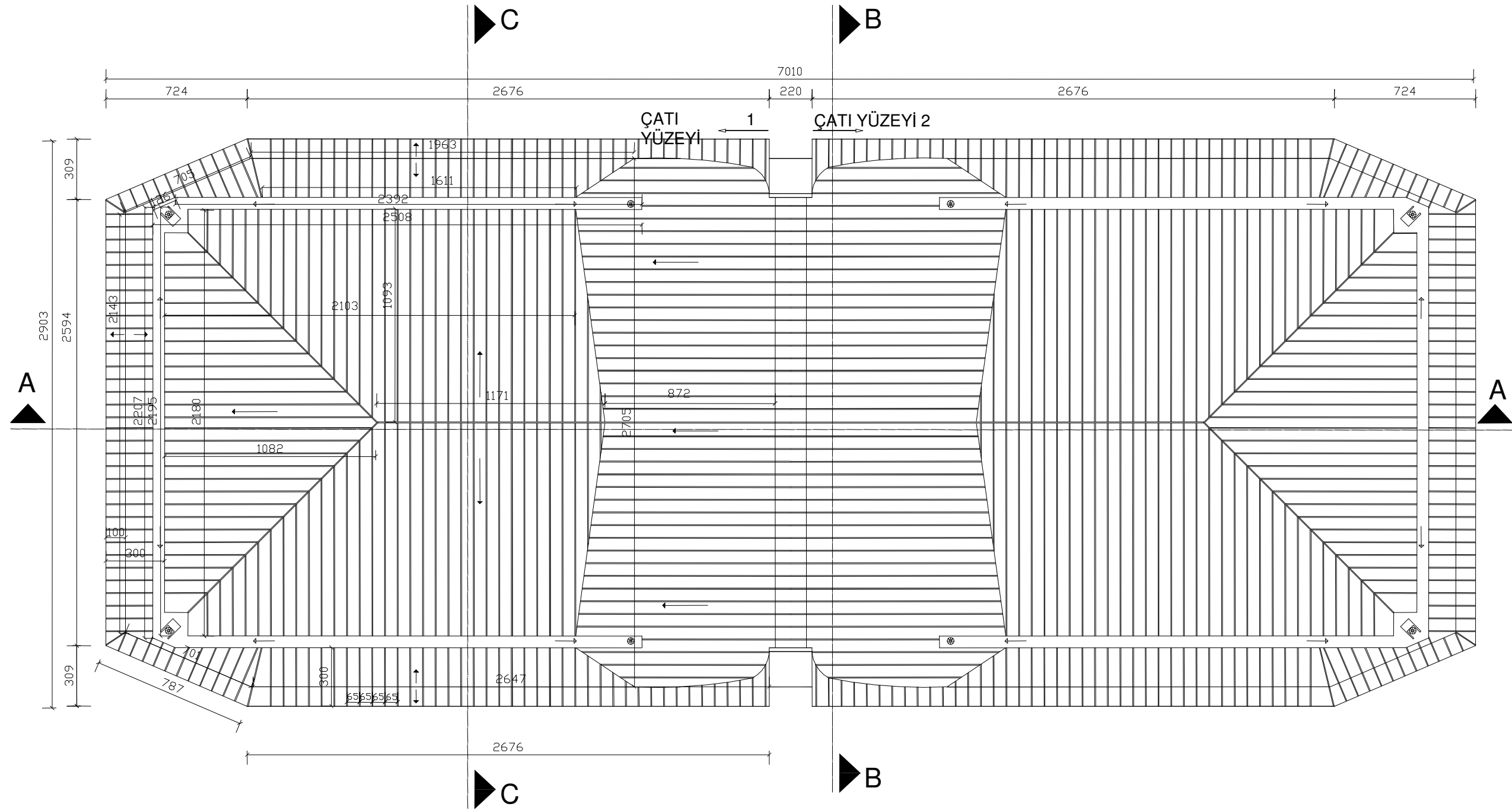




Şekil 4. 4 ATATÜRK Kültür Merkezi yan cephesi



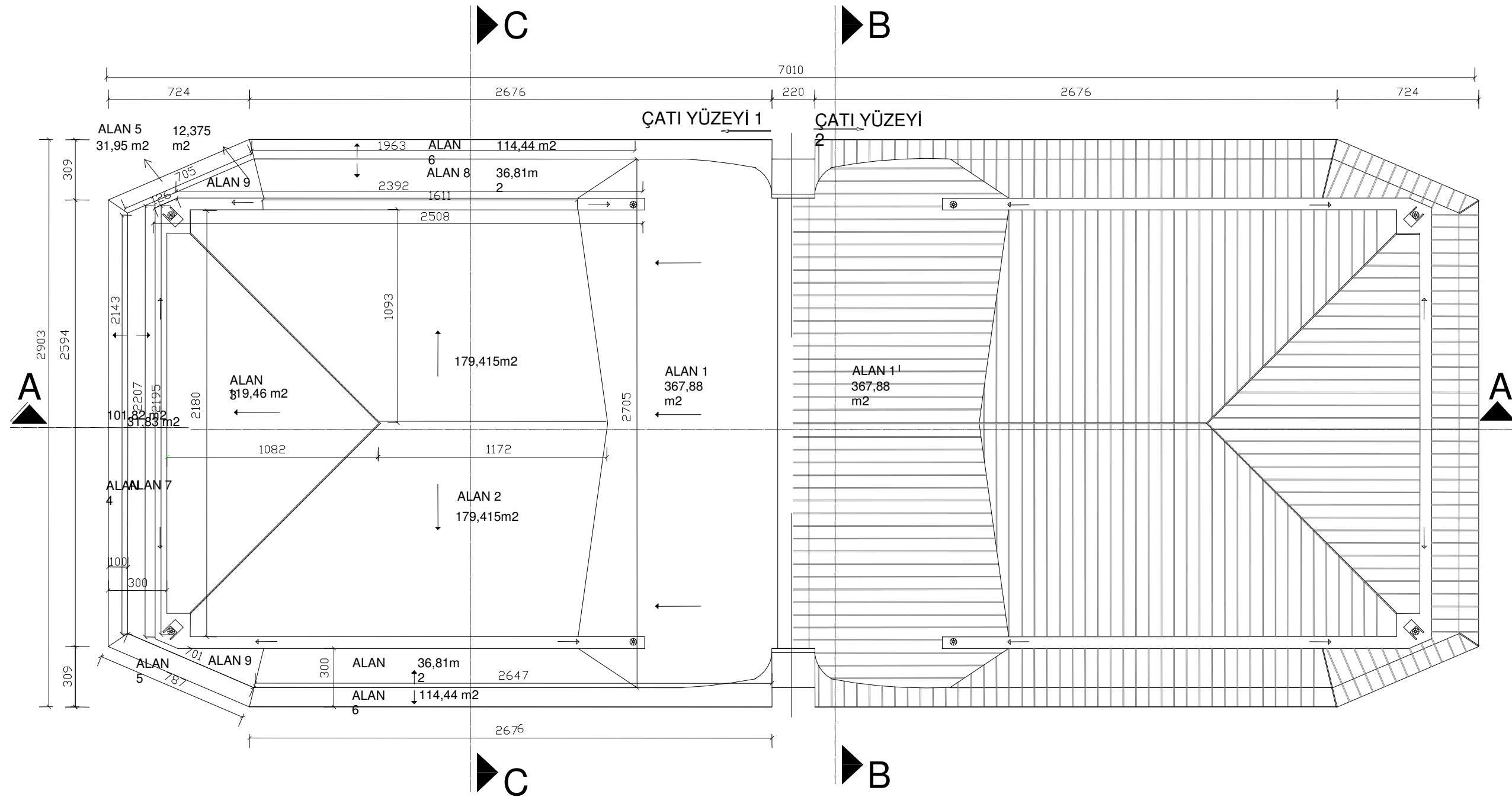
Şekil 4. 5 ATATÜRK Kültür Merkezi yan cephesi



ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ ÇATI PLANI

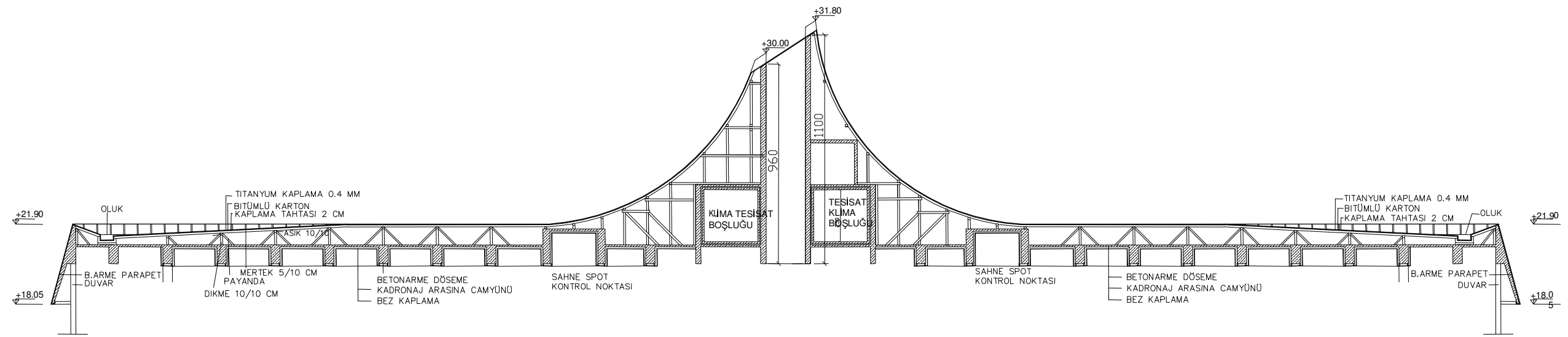
Şekil 4.6 Atatürk kültür merkezi çatı planı





ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ ÇATI PLANI

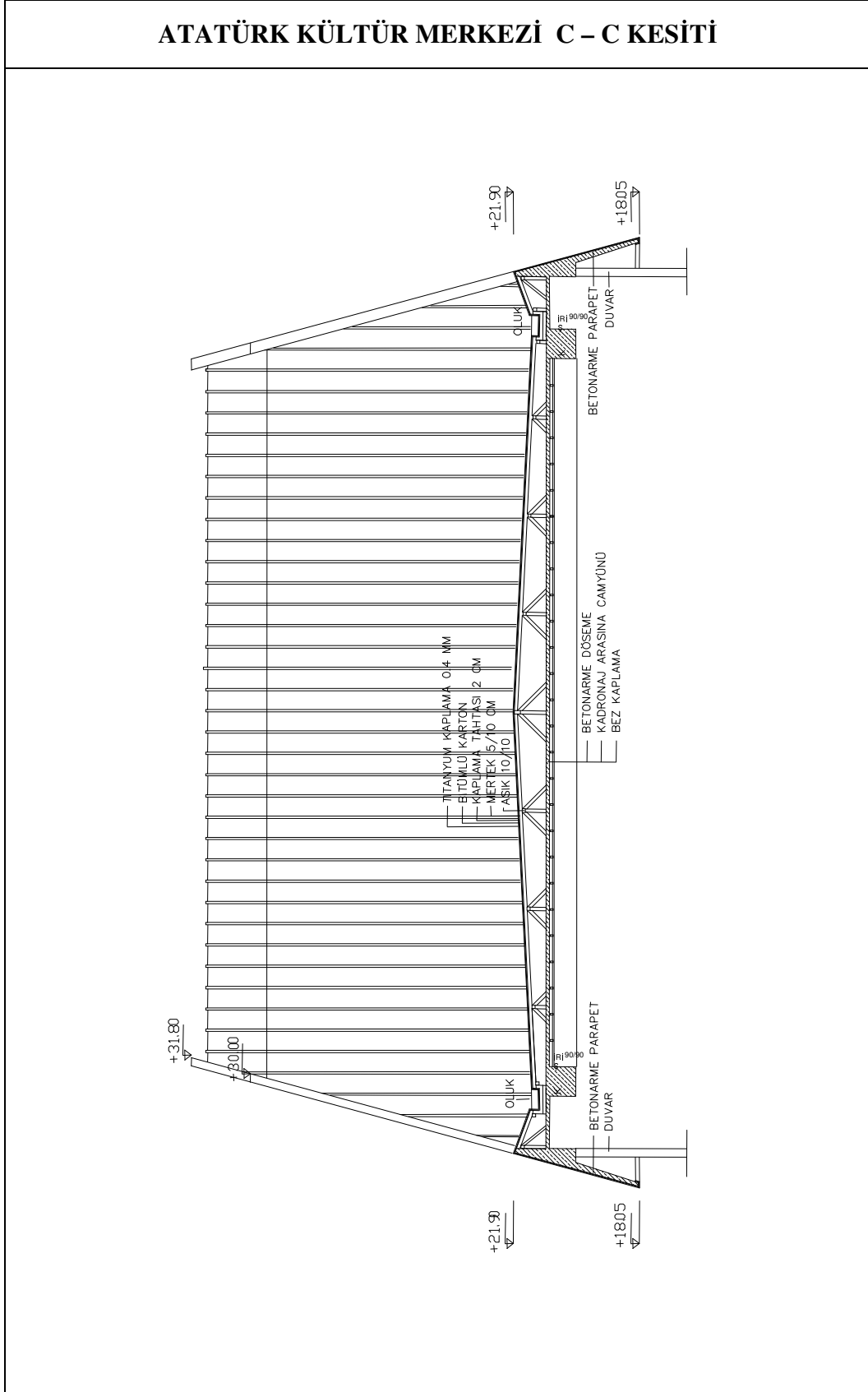
Şekil 4.7 Atatürk kültür merkezi çatı planı



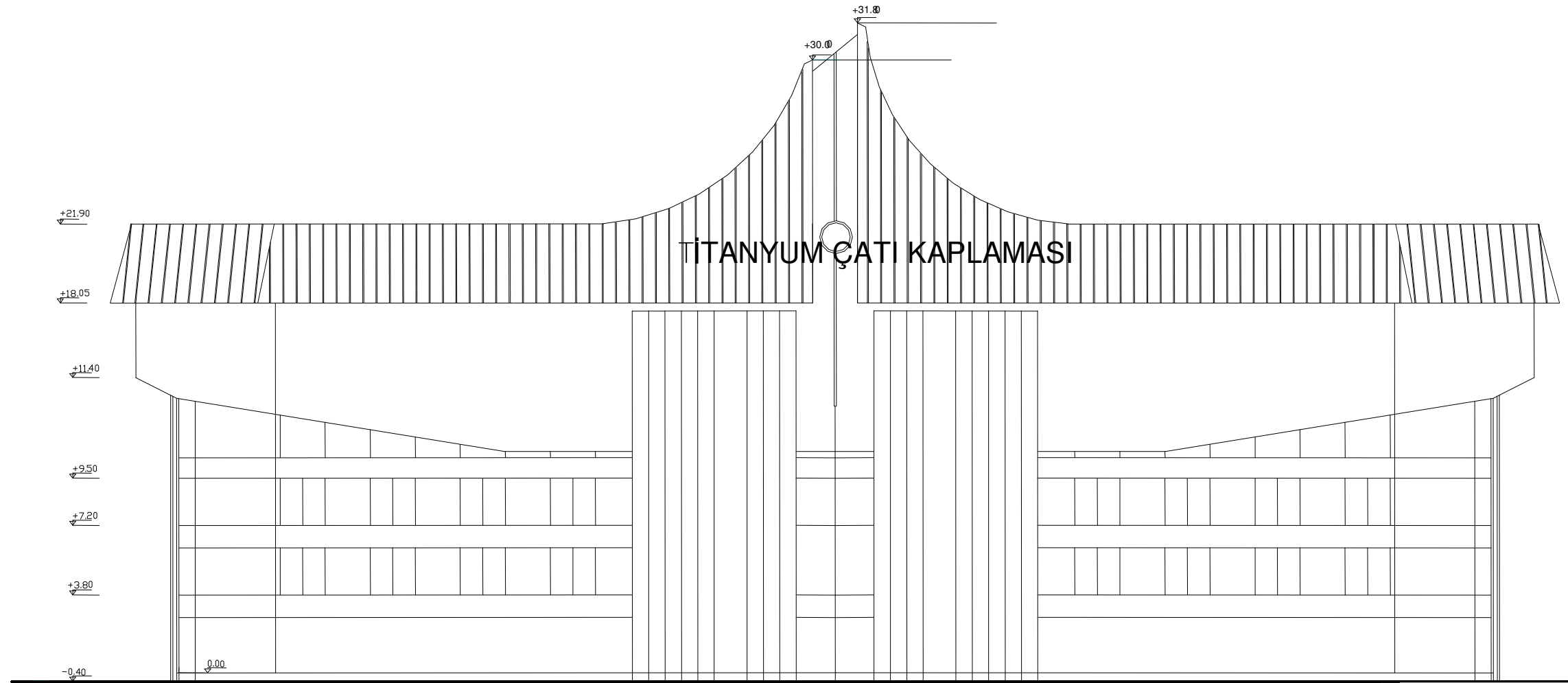
ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ A- A KESİTİ

Şekil 4. 8 Atatürk kültür merkezi çatısı A-A kesiti



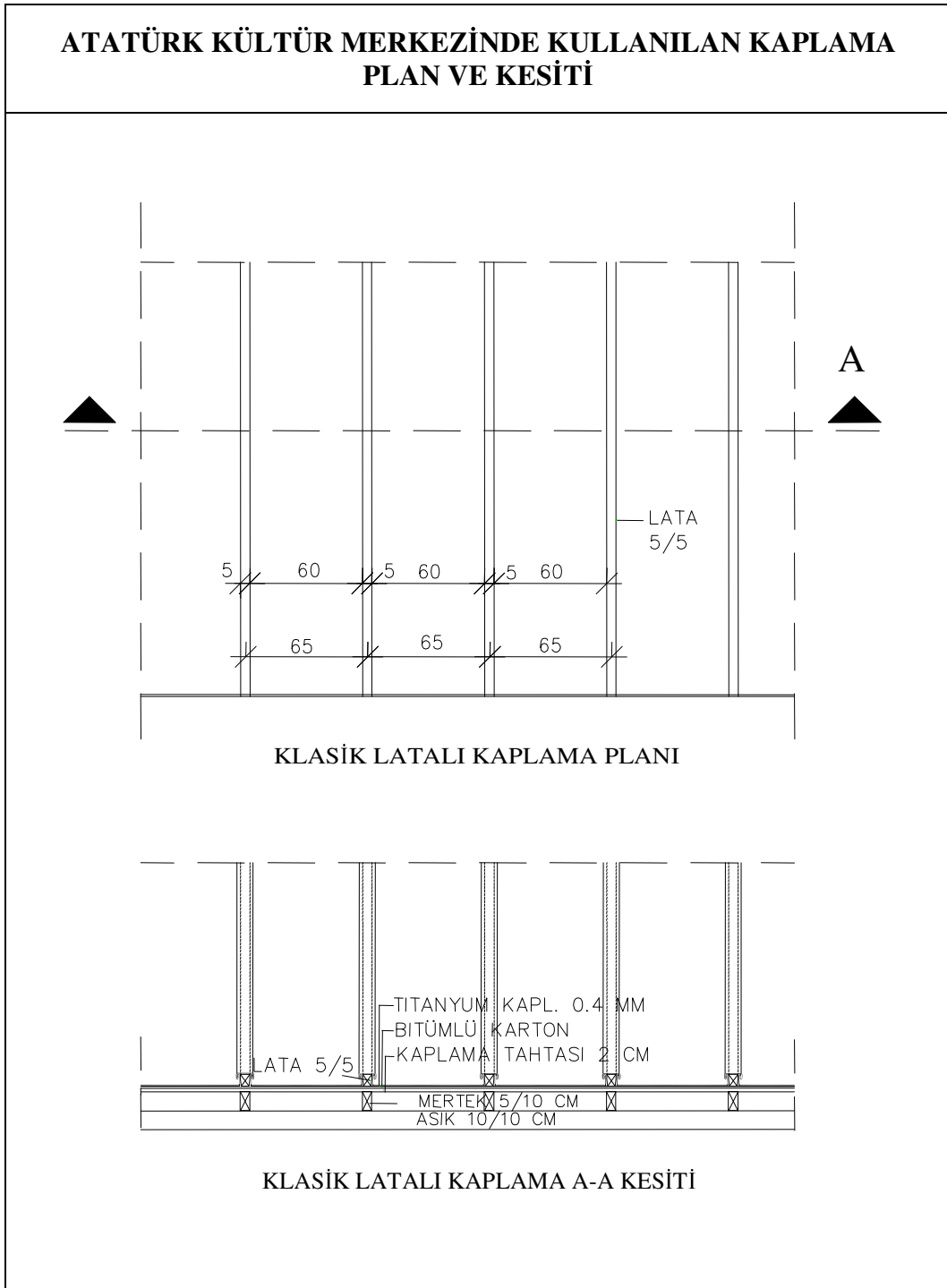


Şekil 4. 10 Atatürk kültür merkezi çatısı C-C kesiti



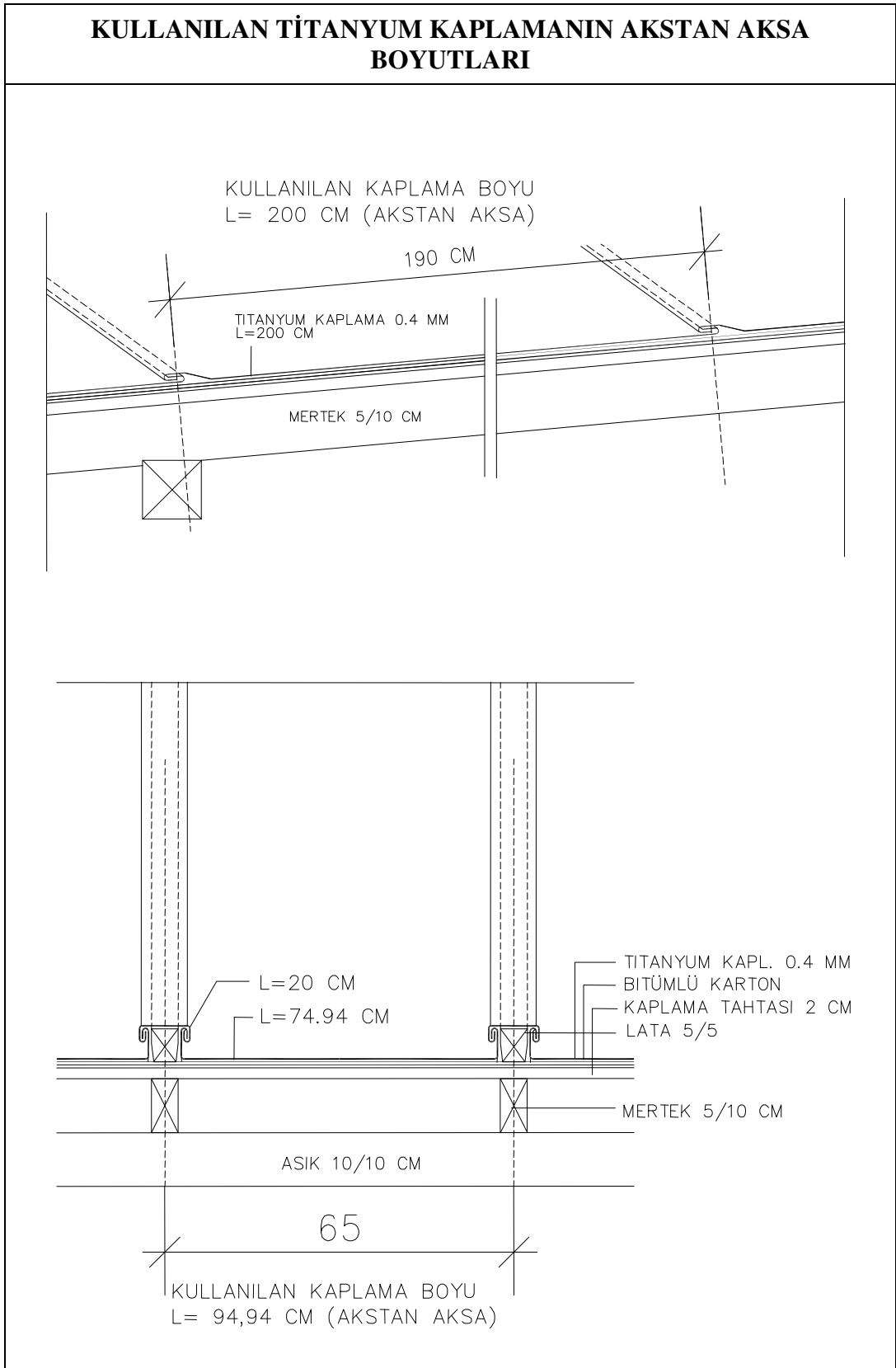
ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ YAN GÖRÜNÜŞÜ

Şekil 4. 11 Atatürk Kültür Merkezi yan görünüşü



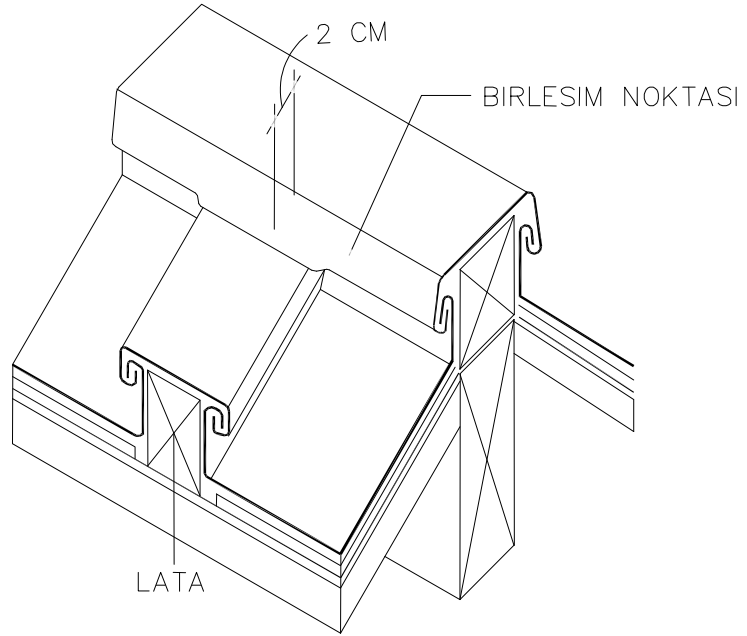
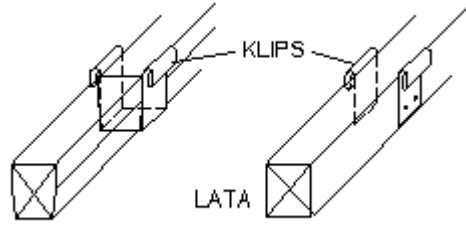
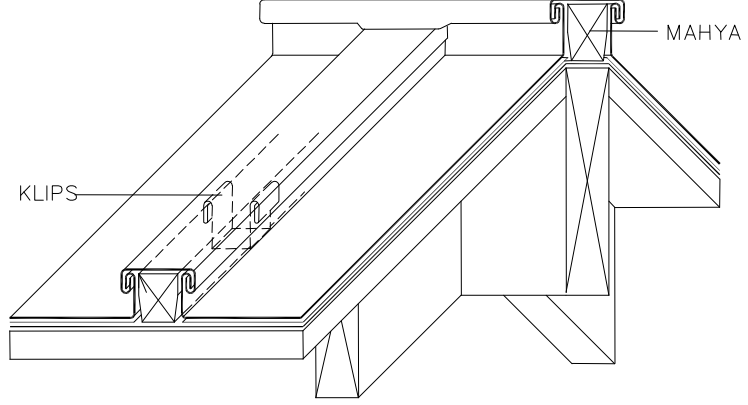
Şekil 4.12 Atatürk Kültür Merkezi için önerilen titanyum kaplama plan ve kesiti





Şekil 4. 13 Atatürk Kültür Merkezi için önerilen titanyum kaplamanın boyutlarının hesaplanmasında kullanılan akstan aksa kaplama boyları

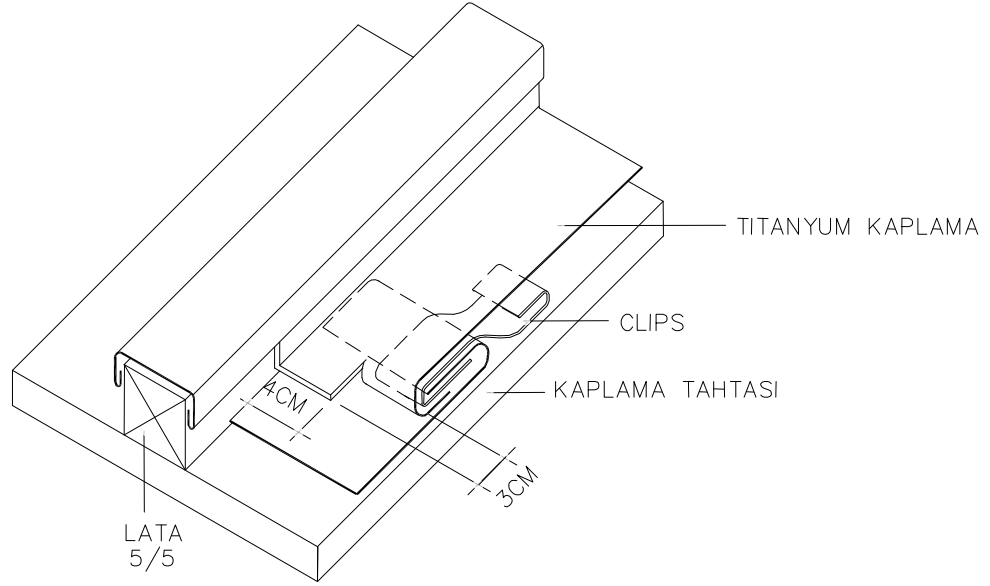
## ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ İÇİN ÖNERİLEN MAHYA DETAYI



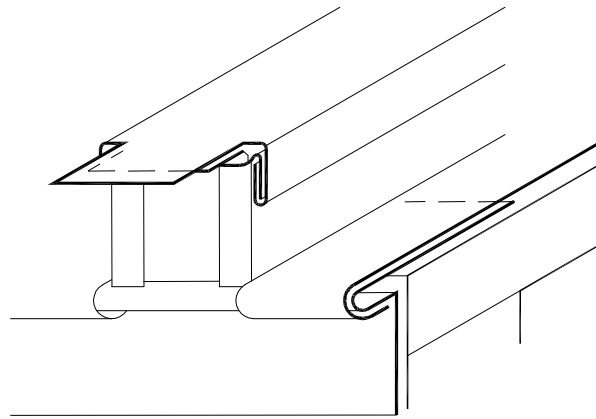
MAHYA DETAYI

Şekil 4. 14 Atatürk Kültür Merkezi için önerilen mahya detayı

**ATATÜRK KÜLTÜR MERKEZİ İÇİN ÖNERİLEN ÇEŞİTLİ  
DETAYLAR**

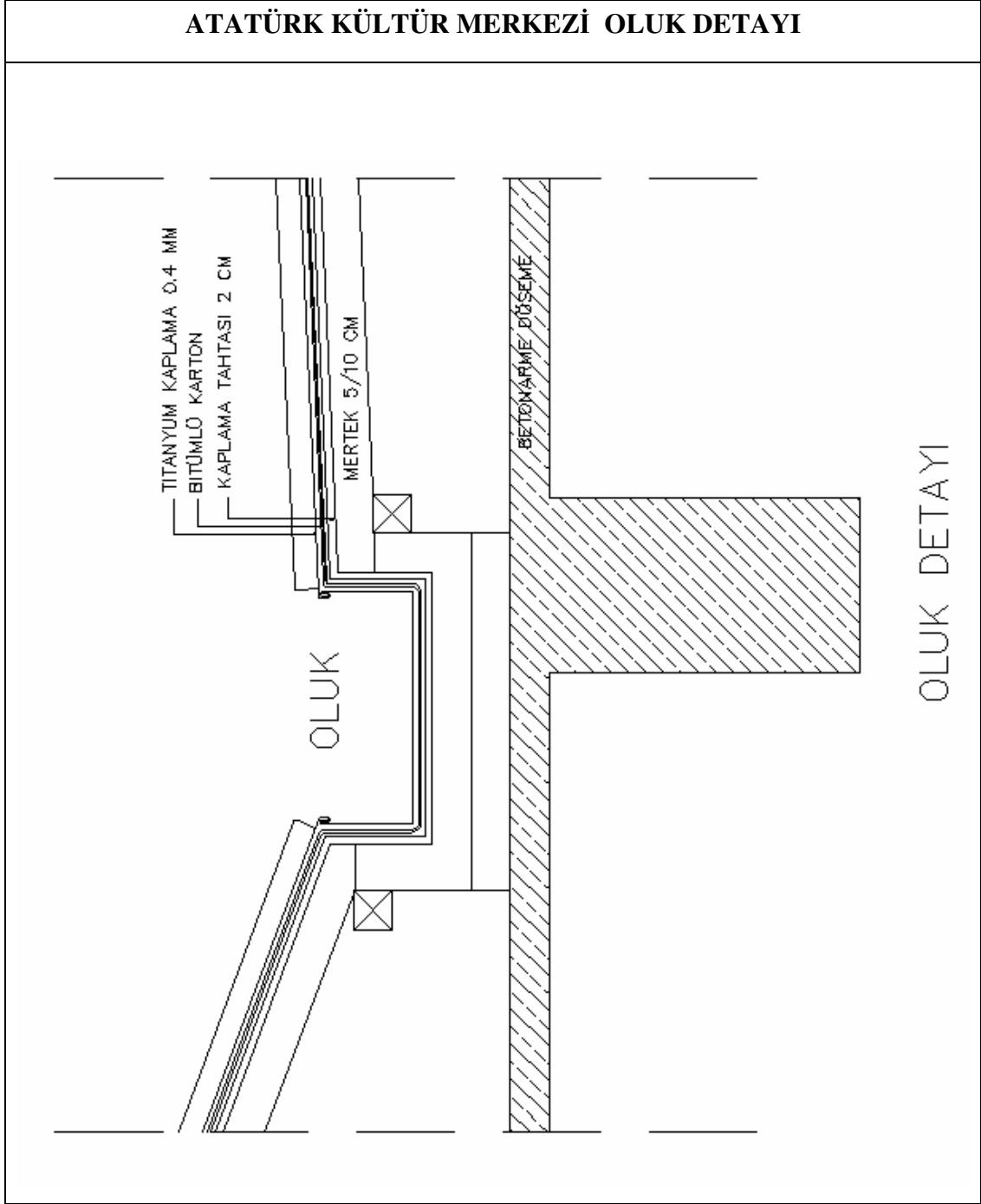


**ÇATI YÜZEYİNDE BİRLEŞİM DETAYI**

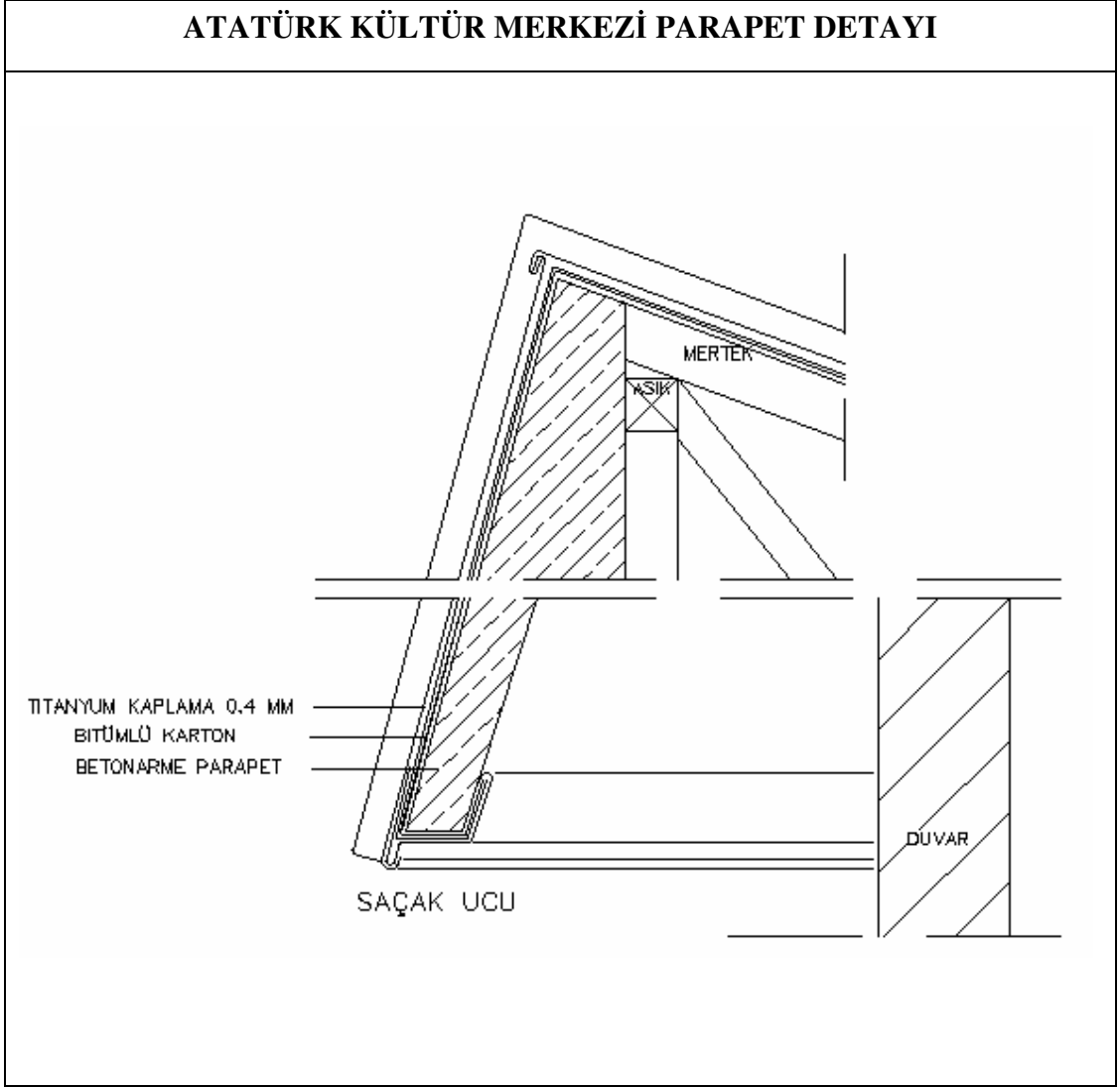


**LATA KAPAK DETAYI**

Şekil 4. 15 Atatürk Kültür Merkezi çatısı lata bitişi titanyum kapak detayı



Şekil 4.16 Atatürk Kültür Merkezi için önerilen oluk detayı



Şekil 4. 17 Atatürk Kültür Merkezi için önerilen parapet ve saçak ucu titanyum kaplama detayı

#### 4.1.2 Titanyum Kaplama Yapılacak Çatının Kaplama Metraji

Tablo 4.2 Atatürk Kültür Merkezi Kaplama Yapılacak Alan Hesabı

Aktivite adı		Kaplama Yapılacak Alan Hesabı					
Aktivite birimi		m2					
No	Açıklama	Benzeri	En	Boy	Yükseklik	Metraj	
	<b>Çatı Yüzeyi 1</b>					0,00	
	Eğrisel çatı Yüzeyi ALAN 1	1	1,00	27,05	13,60	367,88	
	Oturma Çatı Alanı 1.kısım Yüzeyi ALAN 2	2	10,96	16,37	1,00	358,83	
	Oturma Çatı Alanı 2.kısım ALAN 3	0.5	10,96	21,80	1,00	119,46	
	Alınlar Kısa Kenar ALAN 4	1	1,00	23,68	4,30	101,82	
	Üçgen Köşeler ALAN 5	2	7,43	1,00	4,30	63,90	
	Uzun Kenarlar ALAN 6	2	1,00	26,62	4,30	228,89	
	İç Eğimli Dönüşler					0,00	
	Dar Kenar ALAN 7	1	1,00	21,95	1,45	31,83	
	Uzun Kenarlar ALAN 8	2	1,00	17,87	2,06	73,62	
	Üçgenler ALAN 9	2	1,76	7,05	1,00	24,75	
	Oluklar ALAN 10	2	1,00	23,92	1,25	59,80	
		2	1,00	1,26	1,25	3,15	
		1	1,00	22,07	1,25	27,59	
	<b>Çatı Yüzeyi 2</b>					0,00	
	Eğrisel çatı Yüzeyi ALAN 1'	1	1,00	27,05	14,75	398,99	
	Oturma Çatı Alanı 1.kısım ALAN 2	2	10,96	16,37	1,00	358,83	
	Oturma Çatı Alanı 2.kısım ALAN 3	0,5	10,96	21,80	1,00	119,46	
	Alınlar Kısa Kenar ALAN 4	1	1,00	23,68	4,30	101,82	
	Üçgen Köşeler ALAN 5	2	7,43	1,00	4,30	63,90	
	Uzun Kenarlar ALAN 6	2	1,00	26,62	4,30	228,89	
	İç Eğimli Dönüşler					0,00	
	Dar Kenar ALAN 7	1	1,00	21,95	1,45	31,83	
	Uzun Kenarlar ALAN 8	2	1,00	17,87	2,06	73,62	
	Üçgenler ALAN 9	2	1,76	7,05	1,00	24,75	
	Oluklar ALAN 10	2	1,00	23,92	1,25	59,80	
		2	1,00	1,26	1,25	3,15	
		1	1,00	22,07	1,25	27,59	
						0,00	
	<b>TOPLAM</b>					<b>2954,15</b>	

Şekil 4. 7 'deki Atatürk Kültür Merkezi çatı planı üzerinde de gösterilen, yapıya ait karşılaştırmalarda kullanılacak çatı kaplamasının metraj tablosu yukarıda verilmiştir. Çatıdaki toplam kaplama alanı : 2 954 m<sup>2</sup> 'dir.



## 4.2 Titanyum, Paslanmaz Çelik ve Bakır Kaplamanın Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Atatürk Kültür Merkezi çatısının bakır, paslanmaz çelik ve titanyum malzeme ile kaplandığında birim fiyatlar üzerinden ilk yapım ve kullanım maliyetleri hesaplanacaktır. Hesaplamalarda bakır kaplama için Bayındırlık birim fiyatları kullanılmıştır. Ülkemizde paslanmaz çelik ve titanyum kaplama kullanılmadığı için bunların Bayındırlık birim fiyatları bulunmamaktadır. Bu nedenle paslanmaz çelik ve titanyum için birim fiyatlar yurt dışındaki üretici firmadan (Timet) alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Birim fiyatlar 2006 yılına aittir.

Atatürk Kültür Merkezinde kullanılan mevcut bakır kaplama malzemesinin kalınlığı 0,5 mm'dir. Bakır için 0,5 mm kalınlıkta kaplama seçilirken, Paslanmaz çelik ve titanyum kaplama için 0,4 mm kalınlıkta malzeme uygun görülerek hesaplamalar yapılmıştır.

Tablo 4.3 Bakır çatı kaplaması maliyet analizi

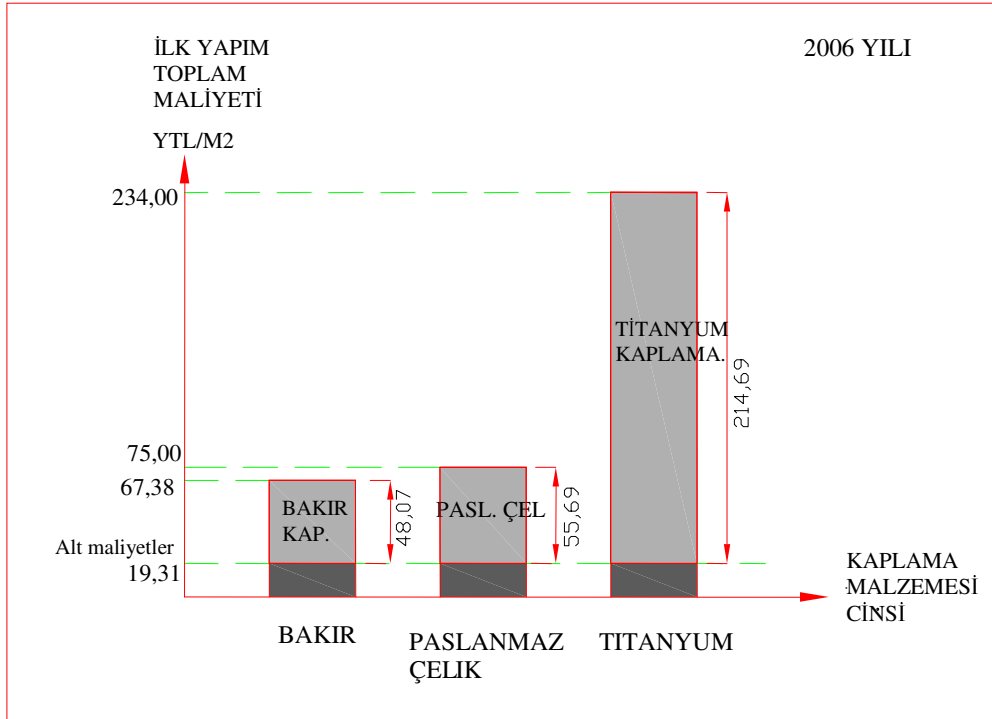
<b>Bakır Çatı Kaplaması Maliyet Analizi</b>					
2006 Yılı Bayındırlık Birim Fiyatı : 67,38 YTL / m <sup>2</sup> (0,5 mm)					
Poz No	Tanımı	Birim	Miktarı	B.Fiyatı	TUTARI
	<b>KULLANILAN İLAVE MALZEMELER</b>				0,000
O4.604	Bitümlü karton (TS114 Tip 18)	m2	1,15	0,25	0,29
O4.271	Galvanizli çivi	Kg	0,10	2,03	0,20
O4.152	Çam kerestesi 2. sınıf	m3	0,003	421,20	1,26
	<b>İŞÇİLİK</b>				0,00
O1.026	Bakır kaplama ustası	saat	2,75	3,49	9,60
O1.503	Çıracık	saat	1,75	2,00	3,50
O1.501	Düz işçi (yükleme,yatay ve düşey taşıma boşaltma)	saat	0,25	2,39	0,60
	Ara toplam	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	15,45
	Müteahhit karı ve giderleri % 25	m <sup>2</sup>	15,45	0,25	3,86
	<b>ALT MALİYET TOPLAM (müteahhit karı v.s. dahil)</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>19,31</b>
	<b>KAPLAMA MALZEMESİ</b>				0,00
O4.265	Bakır malzeme bedeli (0.5 mm)	m <sup>2</sup>	1,00	6,33	38,45
	Müteahhit karı ve giderleri % 25	m <sup>2</sup>	38,45	0,25	9,61
	<b>Bakır Malzeme Toplam Maliyeti (müteahhit karı v.s. dahil)</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>48,07</b>
					0,00
	<b>BAKIR KAPLAMA TOPLAM MALİYETİ</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>67,38</b>

Tablo 4.4 Paslanmaz Çelik çatı kaplaması maliyet analizi

<b>Paslanmaz Çelik Çatı Kaplaması Maliyet Analizi</b>					
2006 Yılı Timet Firması Birim Fiyatı : 75,00 YTL / m <sup>2</sup> (0, 4 mm )					
Poz No	Tanımı	Birim	Miktarı	B.Fiyatı	TUTARI
	<b>KULLANILAN İLAVE MALZEMELER</b>				0,00
O4.604	Bitümlü karton (TS114 Tip 18)	m <sup>2</sup>	1,150	0,25	0,29
O4.271	Galvanizli çivi	Kg	0,100	2,03	0,20
O4.152	Çam kerestesi 2. sınıf	m <sup>3</sup>	0,003	421,20	1,26
	<b>İŞÇİLİK</b>				0,00
O1.026	Kaplama ustası	saat	2,750	3,49	9,60
O1.503	Çırak	saat	1,750	2,00	3,50
O1.501	Düz işçi (yükleme,yatay ve düşey taşıma boşaltma)	saat	0,250	2,39	0,60
	Ara toplam	m <sup>2</sup>	1,000	1,00	15,45
	Müteahhit karı ve giderleri %25	m <sup>2</sup>	15,449	0,25	3,86
	<b>ALT MALİYET TOPLAM (müteahhit karı v.s. dahil)</b>	m <sup>2</sup>	1,000	1,00	<b>19,31</b>
	<b>KAPLAMA MALZEMESİ</b>				0,00
	Paslanmaz çelik malzeme bedeli (0.4 mm)	m <sup>2</sup>	1,000	44,55	44,55
	Müteahhit karı ve giderleri % 25	m <sup>2</sup>	44,552	0,25	11,14
	<b>Paslanmaz Çelik Malzeme Toplam Maliyeti</b>	m <sup>2</sup>	1,000	1,00	<b>55,69</b>
					0,00
	<b>PASL. ÇELİK KAPLAMA TOPLAM MALİYETİ</b>	m <sup>2</sup>	1,000	1,00	<b>75,00</b>

Tablo 4.5 Titanyum çatı kaplaması maliyet analizi

<b>Titanyum Çatı Kaplaması Maliyet Analizi</b>					
2006 Yılı Timet Firması Birim Fiyatı : 234,00 YTL / m <sup>2</sup> (0,4 mm )					
Poz No	Tanımı	Birim	Miktarı	B.Fiyatı	TUTARI
	<b>KULLANILAN İLAVE MALZEMELER</b>				0,00
O4.604	Bitümlü karton (TS114 Tip 18)	m <sup>2</sup>	1,15	0,25	0,29
O4.271	Galvanizli çivi	Kg	0,10	2,03	0,20
O4.152	Çam kerestesi 2. sınıf	m <sup>3</sup>	0,003	421,20	1,26
	<b>İŞÇİLİK</b>				0,00
O1.026	Kaplama ustası	saat	2,75	3,49	9,60
O1.503	Çırak	saat	1,75	2,00	3,50
O1.501	Düz işçi (yükleme,yatay ve düşey taşıma boşaltma)	saat	0,25	2,39	0,60
	Ara toplam	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	15,45
	Müteahhit karı ve giderleri %25	m <sup>2</sup>	15,45	0,25	3,86
	<b>ALT MALİYET TOPLAM (müteahhit karı v.s. dahil)</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>19,31</b>
	<b>KAPLAMA MALZEMESİ</b>				0,00
	Titanyum malzeme bedeli (0.4 mm)	m <sup>2</sup>	1,00	171,75	171,75
	Titanyum Toplam Maliyeti (müteahhit karı v.s. dahil)	m <sup>2</sup>	171,75	0,25	42,94
	<b>TİTANYUM MALZEME TOPLAM MALİYETİ</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>214,69</b>
					0,00
	<b>TİTANYUM KAPLAMA TOPLAM MALİYETİ</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>234,00</b>



Şekil 4.18 Bakır, paslanmaz çelik ve titanyum birim maliyetlerinin karşılaştırılması (2006 yılı)

Mevcut ahşap oturtma çatı üzerine şartnamesine uygun bir kat bitümlü karton döşenmesi, 5 \* 5 boyutlarında levha genişliğine göre takozların tespiti, kaplamanın montajı, taşıma, boşaltma, her türlü malzeme ve kaybı, işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit karı ve genel giderler dahil ahşap çatı üzerine 1 m<sup>2</sup> çatı kaplaması fiyatları karşılaştırılmıştır. Ahşap oturma çatı kurgusu her 3 malzeme içinde aynı olduğu için hesaba katılmamıştır.

2006 yılı için elde edilen ve hesaplamalara baz alınan birim fiyatlar 0,5 mm kalınlığında bakır kaplama için 67,38 YTL/m<sup>2</sup> (Bayındırlık birim fiyatı), 0,4 mm kalınlığında paslanmaz çelik için 75,00 YTL/m<sup>2</sup>, 0,4 mm kalınlığında titanyum için 234,00 YTL/m<sup>2</sup>'dir. Bu tutarların 19,31 YTL /m<sup>2</sup>'sini işçilik bedelleri, su izolasyonu, montaj malzemeleri ve alt hazırlık maliyetleri oluşturmaktadır. Titanyum, paslanmaz çelik ve bakır kaplamanın ilk yapım maliyetleri incelendiğinde, çatının kaplama altı karkas maliyeti, montaj sırasında kullanılan aletler ve montaj yöntemleri, işçilik maliyetleri aynı olmakla birlikte, maliyetin farklı olmasına sebep kullanılan kaplama malzemeleri arasındaki fiyat farkıdır.

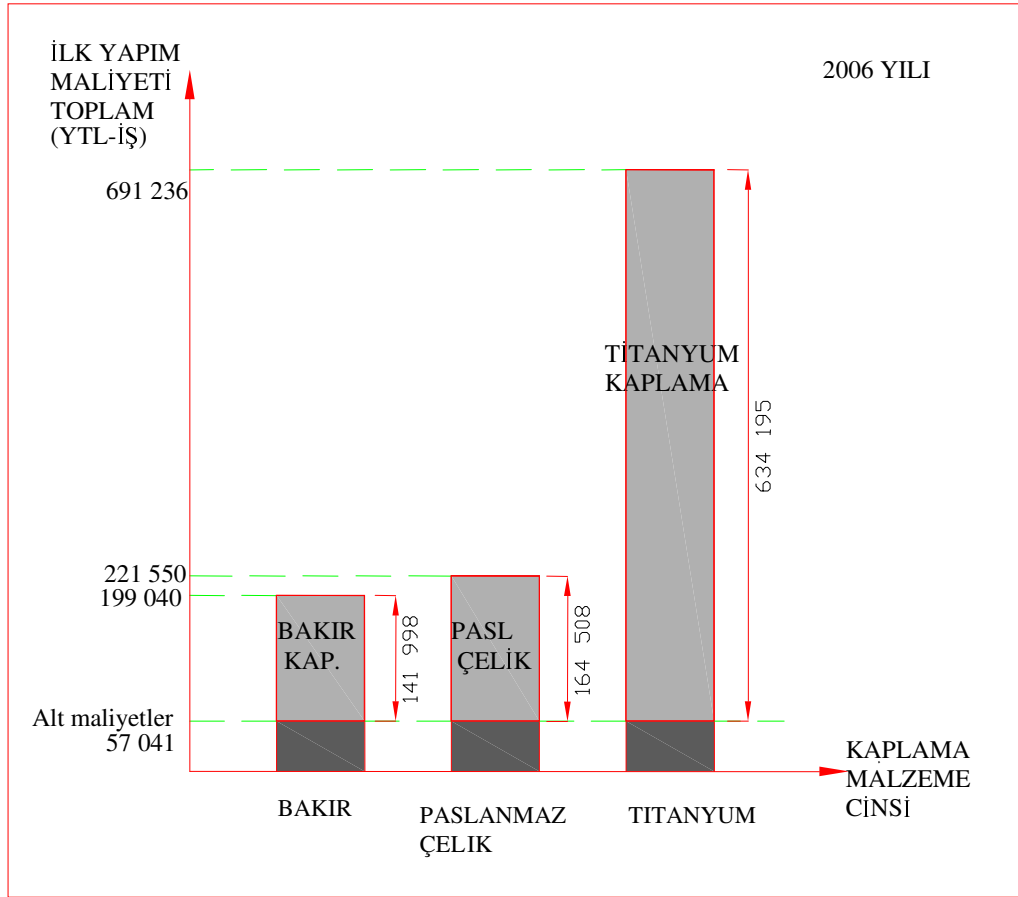
Tablo 4.5 Titanyum, paslanmaz çelik ve bakır kaplama için toplam çatı maliyeti

<b>Çatı Alanı İçin Toplam Maliyetler</b>					
<b>Poz No</b>	<b>Aktivite adı</b>	<b>Birim</b>	<b>Toplam Metraj</b>	<b>B.Fiyatı/m2</b>	<b>TUTARI</b>
	Alt Maliyet Toplamı	m2	2954,00	19,31	57.041,74
O4.265	Bakır Malzeme Toplam Maliyeti (0, 5 mm)	m2	2954,00	48,07	141.998,78
	Paslanmaz Çelik Malzeme Toplam Maliyeti (0, 4 mm)	m2	2954,00	55,69	164.508,26
	Titanyum Malzeme Toplam Maliyeti (0, 4 mm)	m2	2954,00	214,69	634.194,26
18.233	Bakır Kaplama Toplam maliyeti	m2	2954,00	67,38	199.040,52
	Paslanmaz Çelik Kaplama Toplam Maliyeti	m2	2954,00	75,00	221.550,00
	Titanyum Kaplama Toplam Maliyeti	m2	2954,00	234,00	691.236,00

Tablo 4.3, tablo 4.4 ve tablo 4.5'deki birim maliyetler baz alınarak, yapının tamamı için (2954 m<sup>2</sup>) toplam yapım maliyetleri hesaplanmıştır. Şekil 4.18'de bu değerler grafik üzerinde gösterilmiştir. Her üç kaplama için hesaplanan ilk yapım maliyetlerinin 57 041 YTL'sini ahşap takozlar, montaj malzemeleri, işçilik, yatay düşey taşıma maliyetleri oluşturmaktadır. Bu değer her üç malzeme için aynı olmakla birlikte farklılık kullanılan kaplama malzemelerinin maliyetinden kaynaklanmaktadır.

Kaplama malzemelerinin maliyetleri 0, 5 mm kalınlıktaki bakır kaplama için ; 141.998,78 YTL, 0, 4 mm kalınlıktaki paslanmaz çelik kaplama için; 164.508,26 YTL, 0, 4 mm kalınlıktaki titanyum kaplama için 634.194,26 YTL'dir.

Alt maliyetler ile kaplama maliyetleri toplandığında çatı kaplamasının bakır için maliyeti; 199.040,52 YTL, paslanmaz çelik için 221.550,00 YTL, titanyum için ise 691.236,00 YTL olarak hesaplanmış ve bu değerler Şekil 4.19 'da grafik üzerinde gösterilmiştir.

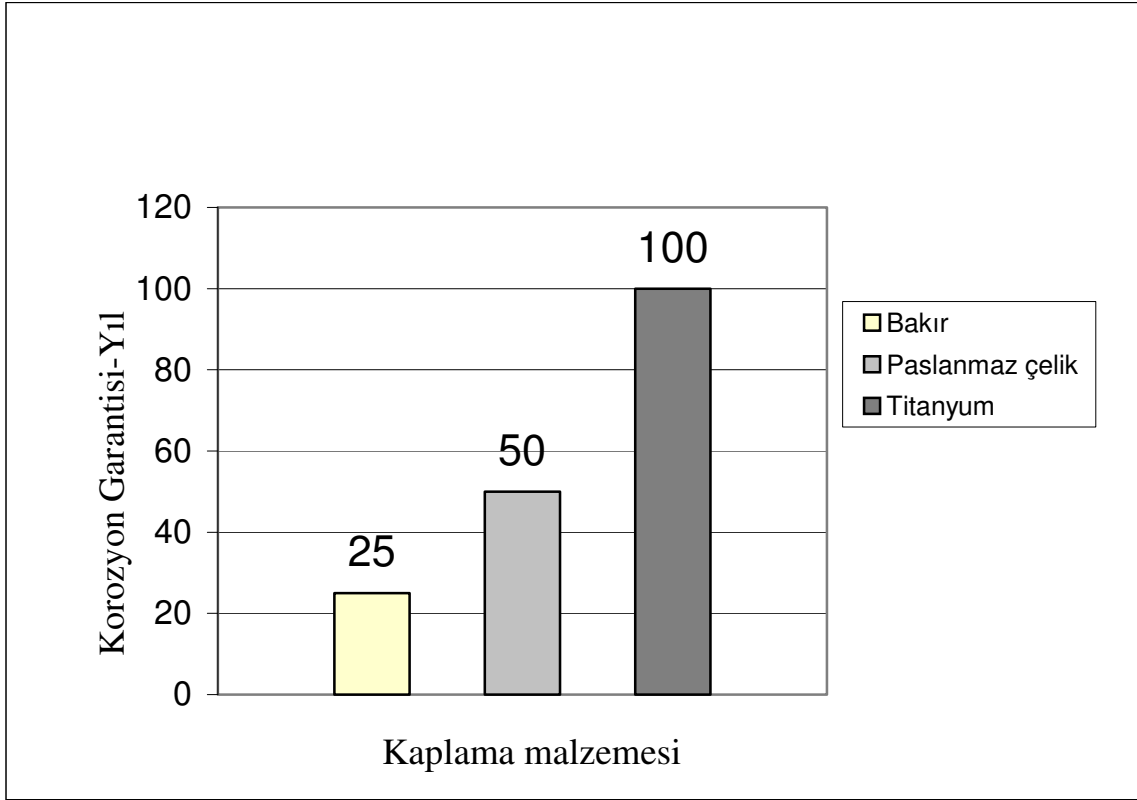


Şekil 4.19 Bakır, paslanmaz çelik ve titanyum kaplama toplam maliyetlerinin karşılaştırılması

İlk yapım maliyeti titanyum için diğer malzemelere kıyasla yüksek olmakla birlikte, yapı ömrü ele alınarak bakım ve yenileme maliyeti ile irdelenmelidir.

#### 4.3 Titanyum, Paslanmaz Çelik ve Bakır Kaplamanın Garanti Sürelerinin Karşılaştırılması

Titanyum, paslanmaz çelik ve bakıra ait korozyona karşı firmalar tarafından verilmiş olan garanti süreleri Şekil 4.20’de görülmektedir. Bakır için 25 yıl garanti verilirken (<http://www.professionalroofing.net/>), paslanmaz çelik için bu garanti süresi 50 yıla çıkmaktadır. Olumsuz atmosferik koşullarda bu süreler daha kısa olabilmektedir. Titanyum için 100 yıl garanti verilmekte birlikte TİMET firması malzemenin 1000 yıl dayanabileceğini söylemektedir.

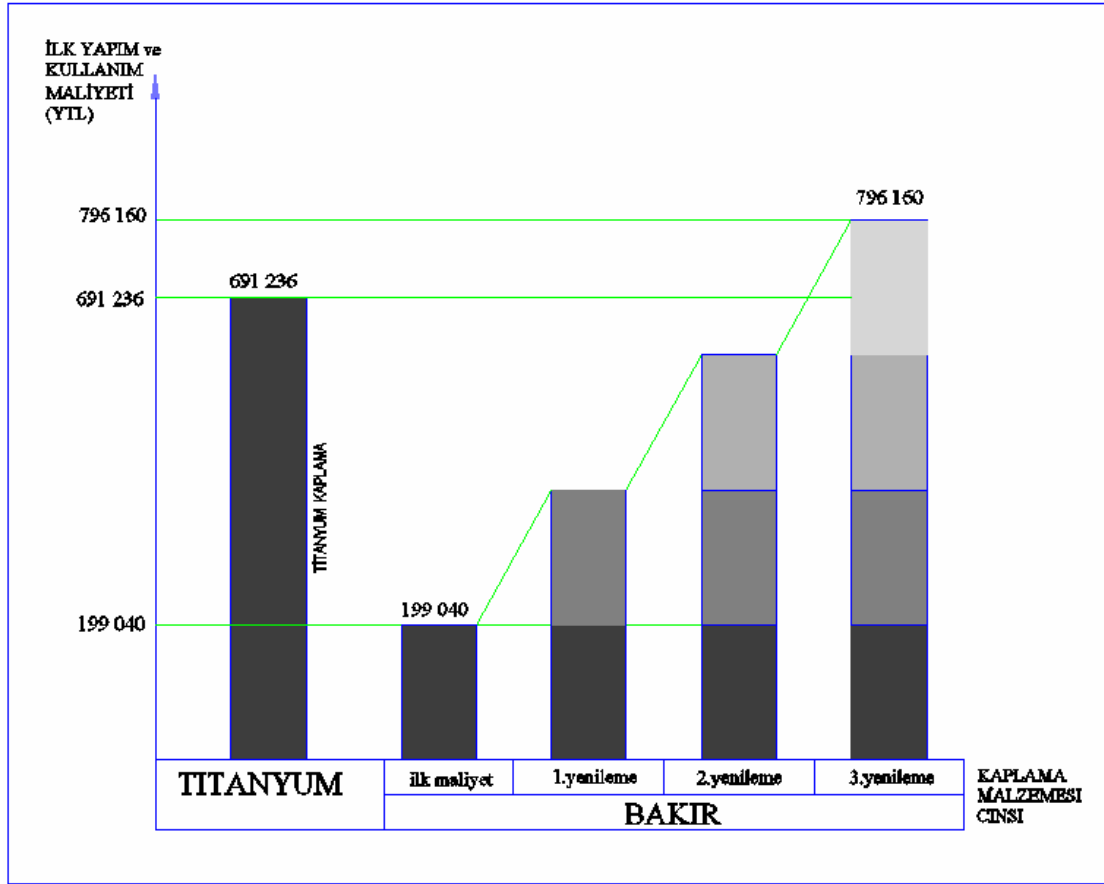


Şekil 4.20 Bakır, paslanmaz çelik ve titanyum kaplamanın garanti sürelerinin karşılaştırılması

#### 4.4 Bakır ve Titanyum Kaplamanın Kullanım Maliyetlerinin Karşılaştırılması

İlk yapım maliyeti titanyum için diğer malzemelere kıyasla çok yüksek olmakla birlikte, yapı ömrü ele alındığında titanyumun ekonomik olduğu görülmektedir. Bulunduğu ortamın koşullarına bağlı olmakla birlikte ortalama olarak paslanmaz çelikte montaj sonrası ilk olarak 15 - 20 yıl sonra bakım yapılırken, bunu takiben her 5 - 10 yılda bir bakım ve onarım yapılması gerekmektedir. Şekil 4.21’de Atatürk Kültür merkezinin bakır ve titanyum kaplama için ilk yapım ve kullanım maliyeti karşılaştırılmıştır.





Şekil 4.21 Bakır ve titanyum kaplama ilk yapım ve kullanım maliyetlerinin karşılaştırılması

Atatürk Kültür Merkezi çatısının kullanım maliyetlerini hesaplayacak olursak, yapı 1981 yılında faaliyete geçmiştir. Bu tarihten sonra yapı bir kez yangın geçirmiş ve çatısı yenilenmiştir. Şu anda da yapının mevcut çatısının yenilenmesi gerekmektedir. Günümüze kadar geçen 26 yıl içinde çatının 2 kez yenilenmesi gerekmiştir. Bakır kaplama için üretici firmalar ortalama 25 yıl garanti süresi vermekle birlikte, Kültür merkezinin çatı kaplaması deniz kıyısında olması sebebiyle daha kısa sürede korozyona uğramaktadır. Yapının 50 yıllık zaman içinde kullanım maliyetini hesaplayacak olursak önümüzdeki 25 yıl içinde 2 kez daha çatısının yenilenmesi gerektiğini, 50 yıl içinde çatının toplam 4 kez yapılması gerektiğini söyleyebiliriz. Bu da 50 yıl sonunda toplam maliyetin 796 160, 00 YTL olacağı sonucunu ortaya koyar. Yenileme maliyetlerine bakım maliyetlerini de ilave edecek olursak bu fiyat daha da artacaktır. Benzer sonuçlara paslanmaz çelik içinde ulaşılabilir.

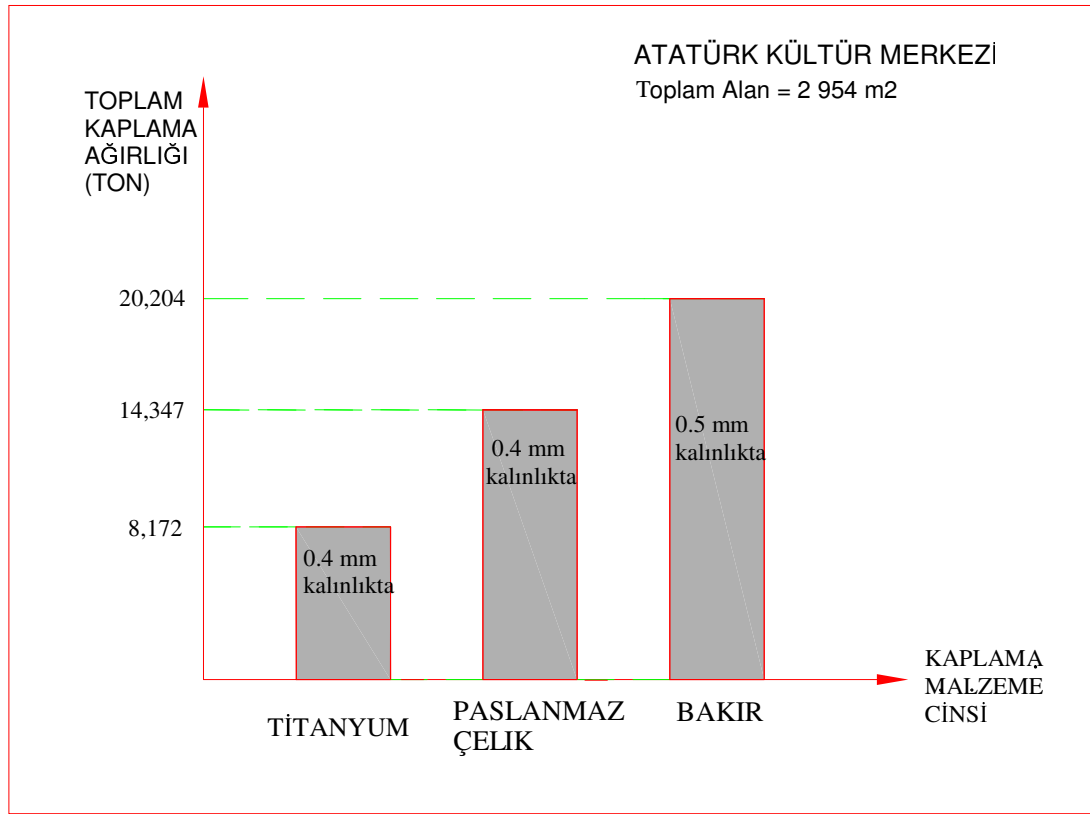
Daha önceki bölümlerde de açıklanan titanyumun oksijene açlığı nedeniyle hava ve nem ile temas eden yüzeyinde oksit tabakası oluşmaktadır. Titanyuma korozyon direnci sağlayan bu tabaka sayesinde her türlü olumsuz koşullarda malzeme zarar görmeden ayakta kalabilmekte, böylece yapı ömrü boyunca kullanım, yenileme ve bakım maliyetleri ortadan kalkmaktadır. Bu özelliği titanyumun incelenen diğer 2 malzemededen daha ekonomik olmasını sağlamaktadır.

#### **4.5 Bakır Paslanmaz Çelik ve Titanyum Kaplamanın Ağırlıklarının Karşılaştırılması**

Atatürk Kültür Merkezi'nin hazırlanan çatı projesi baz alınarak kullanılan kaplama malzeme metrajları çıkarılmıştır. 0,4 mm kalınlıkta titanyum ve paslanmaz çelik ile 0,5 mm kalınlıkta bakır için hacimleri ve özgül ağırlıkları baz alınarak 1 m<sup>2</sup>'lik çatı yüzeyi için kaplama ağırlıkları hesaplanmıştır. Bulunan bu değerlerden yola çıkarak 2954 m<sup>2</sup>'lik çatı yüzeyi için toplam kaplama ağırlıkları bulunmuştur. Yapılan hesaplamalar ve elde edilen değerler Tablo 4.6 'da grafik halinde gösterilmiştir.

Tablo 4.6 Kullanılan kaplamaların ağırlık hesabı

<b>KULLANILAN KAPLAMALARIN AĞIRLIK HESABI</b>
<b>1 m<sup>2</sup> çatı yüzeyi kaplaması için gerekli malzeme miktarı</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Çatı kaplamasının aks boyutları : 65 cm*1,90 cm</li> <li>• Akstan aksa kullanılan toplam malzeme metrajı : 1, 235 m<sup>2</sup> alan için 1,899 m<sup>2</sup> kaplama kullanılmakta</li> <li>• 1 m<sup>2</sup> alan için 1,537 m<sup>2</sup> kaplama kullanılmaktadır.</li> </ul>
<b>1 m<sup>2</sup> alan için kullanılan malzemelerin hacim hesapları (V)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 m<sup>2</sup> çatı yüzeyinde kullanılan bakır malzemenin hacmi V bakır =15370 cm<sup>2</sup> * 0,05 cm = 768,5 cm<sup>3</sup></li> <li>• 1 m<sup>2</sup> çatı yüzeyinde kullanılan paslanmaz çelik malzemenin hacmi V paslanmaz çelik =15370 cm<sup>2</sup> * 0,04 cm = 614,8 cm<sup>3</sup></li> <li>• 1 m<sup>2</sup> çatı yüzeyinde kullanılan titanyum malzemenin hacmi V titanyum =15370 cm<sup>2</sup> * 0,04 cm = 614,8 cm<sup>3</sup></li> </ul>
<b>Kullanılacak malzemelerin özgül ağırlıkları (d)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• d bakır = 8,9 gr/cm<sup>3</sup></li> <li>• d paslanmaz çelik = 7,9 gr/cm<sup>3</sup></li> <li>• d titanyum = 4,5 gr/cm<sup>3</sup></li> </ul>
<b>1 m<sup>2</sup> alan için kullanılan malzemelerin ağırlıkları (m)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• m bakır = 768,5 cm<sup>3</sup> * 8,9 gr/cm<sup>3</sup> =6839,65 gr = 6,83965 kg/m<sup>2</sup></li> <li>• m paslanmaz çelik = 7,9 gr/cm<sup>3</sup> * 614,8 cm<sup>3</sup> = 4856,92 gr = 4,85692 kg/m<sup>2</sup></li> <li>• m titanyum = 4,5 gr/cm<sup>3</sup> * 614,8 cm<sup>3</sup> = 2766,6 gr = 2,7666 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>
<b>Atatürk Kültür Merkezinin çatısının tamamı için kaplama malzemelerin toplam ağırlıkları (toplam m)</b>
<p>Toplam çatı yüzeyi = 2954 m<sup>2</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• toplam m bakır = 6,83965 kg/m<sup>2</sup> * 2954 m<sup>2</sup> = 20204,3261 kg =20, 2043261 ton</li> <li>• toplam m pasl.çelik = 4,85692 kg/m<sup>2</sup> * 2954 m<sup>2</sup> = 14347,34168 kg = 14,34734168 ton</li> <li>• toplam m titanyum = 2,7666 kg/m<sup>2</sup> * 2954 m<sup>2</sup> = 8172,5364 kg = 8,1725364 ton</li> </ul>



Şekil 4.22 Bakır, paslanmaz çelik ve titanyum kaplamanın ağırlıklarının karşılaştırılması

1 m<sup>2</sup> çatı yüzeyi için kullanılan bakır kaplamanın ağırlığı 6,83 kg iken, bu değer paslanmaz çelik için 4,85 kg ve titanyum için 2,76 kg'dır. Şekil 4.22'de toplam ağırlıklar grafik üzerinde gösterilmiştir. Kültür merkezinin çatısı toplam kaplama ağırlıkları bakır için 20,204 ton, paslanmaz çelik için 14,347 ton, titanyum için 8,172 ton olarak hesaplanmıştır.

Titanyumun özgül ağırlığı 4, 51 g/cm<sup>3</sup>'dür. Bu da çeliğin % 60'ı, bakırın yarısı kadardır. Titanyum bakır ve paslanmaz çelikten daha hafif olmasına karşın 2 kat daha dayanıklıdır. Bu kadar hafif olması, kendisini taşıyan iskeletin dolayısıyla titanyumun kullanıldığı yapının yükünü azaltmaktadır. Ayrıca hafif oluşu imalat, uygulama, nakliye ve depolanmasında kolaylık sağlamaktadır. Hafifliğine karşın yüksek dayanımı, taşıyıcı sistemde kullanıldığında diğer malzemelere göre daha küçük kesitlerde ve zarif olmasını sağlamaktadır.

#### 4.6 Titanyum Kaplamanın Alternatif Detay Çözümünün Karşılaştırmalara Etkisi

Atatürk Kültür Merkezinin çatı kaplaması için yapının orijinal çatı kaplamasında da kullanılan kadronlu sistem tercih edilmiştir. (Yapının karakterine de uygun olduğu için ). Bu tip detay her 3 malzeme içinde uygulanabilir olduğu için, maliyet hesaplarında ve çatı yükünün hesaplanmasında aynı detayların kullanılması tercih edilmiştir.

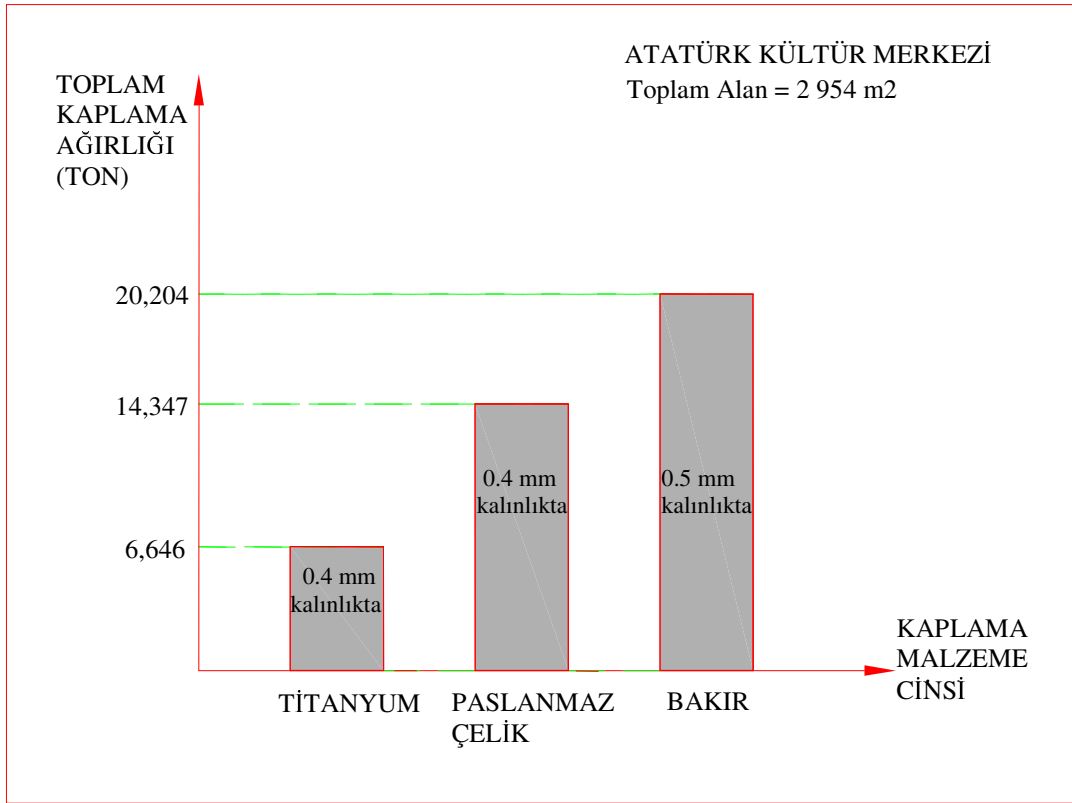
Titanyumun diğer 2 malzemede kullanılmayan kendine has detay çözümleri ile çatının titanyum kaplama maliyetini düşürmek mümkün olmaktadır. Farklı detay çözümleri mümkün olmakla birlikte alternatif hesaplama için genellikle eğrisel yüzeylerde uygulanan Guggenheim müzesinde kullanılan kaplama şekli seçilmiştir. Şekil 3.3'de bu kaplamaya ait detaylar bulunmaktadır. 61 \* 122 cm boyutlarındaki dikdörtgen paneller kullanılmıştır.

##### 4.6.1 Alternatif Detay ile Titanyum Kaplamanın Ağırlığı

1 m<sup>2</sup> 'lik çatı yüzeyi için 1, 25 m<sup>2</sup> titanyum kaplama gerektiği hesaplanmıştır. 1 m<sup>2</sup> kaplama ağırlığı 1,8 kg/ m<sup>2</sup>, 1,0 m<sup>2</sup> 'lik çatı yüzeyi için kullanılan 1, 25 m<sup>2</sup> kaplamanın ağırlığı 2,25 kg/m<sup>2</sup> 'dir.

Çatının tamamı için yapılan hesaplama sonucunda titanyum malzemenin toplam ağırlığı ; 2,25 kg/m<sup>2</sup> \* 2954 m<sup>2</sup> = 6646,5 kg = 6, 6465 ton olmaktadır.

Kadronlu detay çözümünde 1 m<sup>2</sup> çatı yüzeyi için titanyum kaplamanın ağırlığı titanyum için 2,76 kg iken Guggenheim müzesinde kullanılan detay ile bu değer 2,25 kg/m<sup>2</sup>'ye inmektedir. Titanyum için toplam ağırlık ise 8,172 ton'dan 6, 6465 ton'a inmektedir.



Şekil 4.23 Alternatif detay ile bakır, paslanmaz çelik ve titanyum kaplama ağırlıklarının karşılaştırılması

Atatürk Kültür Merkezinin çatısının titanyum kaplamasının değişen toplam ağırlığı şekil 4.23’de diğer 2 malzemenin (paslanmaz çelik ve bakır) toplam ağırlıkları ile karşılaştırılmıştır.

#### 4.6.2 Alternatif Detay ile Titanyum Kaplamanın Maliyeti

Atatürk Kültür Merkezi çatısının titanyum kaplama maliyetini Guggenheim müzesinde kullanılan alternatif detay için revize etmek gerekmektedir.

Kadronlu sistemde 1 m<sup>2</sup> çatı çatı yüzeyi için kullanılan titanyum kaplama miktarı 1,537 m<sup>2</sup> iken (Tablo 4.6), dikdörtgen paneller kullanıldığında 1,25 m<sup>2</sup>’ye inmektedir. Kullanılan malzeme miktarındaki değişim kaplama maliyetine de yansacaktır. Tablo 4.5’de gösterilen titanyum kaplama maliyet analizindeki



bitümlü karton, işçilik, yatay düşey taşıma v.b. maliyetler değişmeyecek sadece kullanılan malzeme miktarındaki azalma maliyet analizine yansıtacaktır.

1 m<sup>2</sup> çatı için 0,4 mm kalınlığındaki, kadronlu sistemde kullanılan 1,537 m<sup>2</sup> kaplamanın maliyeti 214,69 YTL ise dikdörtgen panelde kullanılan 1,25 m<sup>2</sup> kaplamanın maliyeti 174,60 YTL olacaktır.

Tablo 4.7 Titanyum çatı kaplaması maliyet analizi (detay : Şekil 3.3'e ait maliyet)

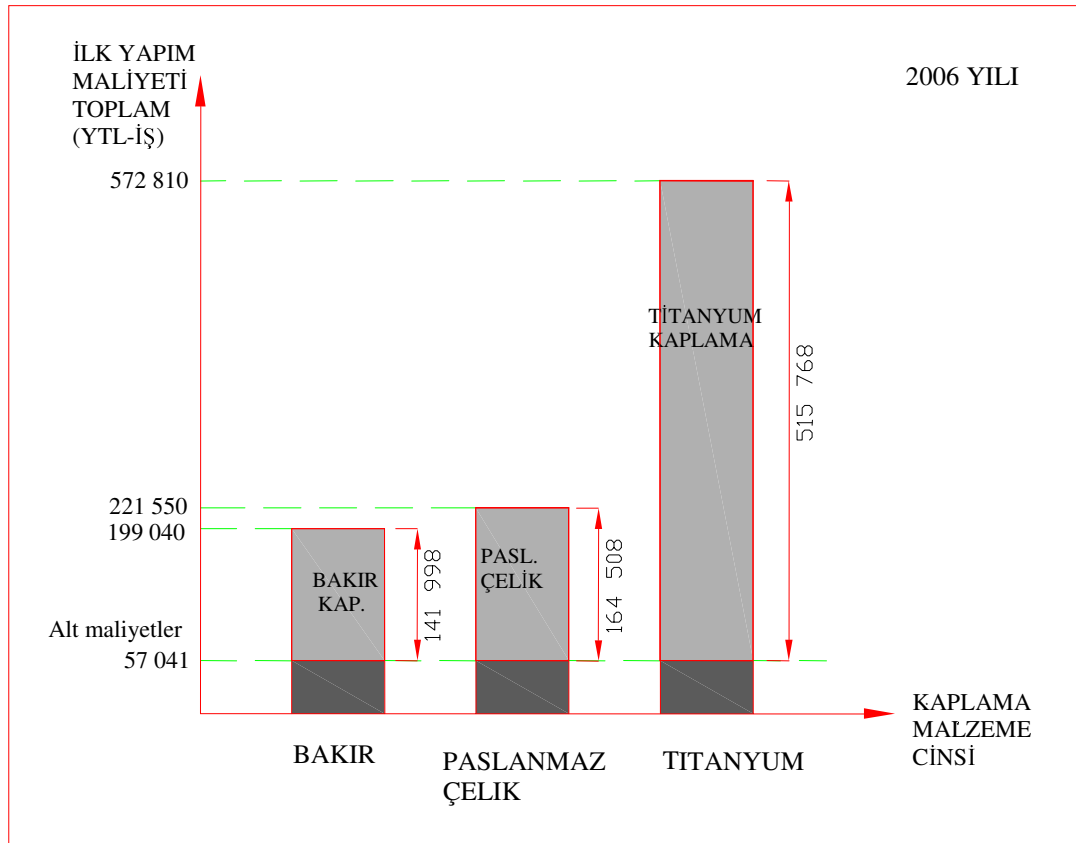
<b>Titanyum Çatı Kaplaması Maliyet Analizi</b>					
<b>Poz No</b>	<b>Tanımı</b>	<b>Birim</b>	<b>Miktarı</b>	<b>B.Fiyatı</b>	<b>TUTARI</b>
	<b>KULLANILAN İLAVE MALZEMELER</b>				0,00
O4.604	Bitümlü karton (TS114 Tip 18)	m <sup>2</sup>	1,15	0,25	0,29
O4.271	Galvanizli çivi	Kg	0,10	2,03	0,20
O4.152	Çam kerestesi 2. sınıf	m <sup>3</sup>	0,003	421,20	1,26
	<b>İŞÇİLİK</b>				0,00
O1.026	Kaplama ustası	saat	2,75	3,49	9,60
O1.503	Çırak	saat	1,75	2,00	3,50
O1.501	Düz işçi (yükleme,yatay ve düşey taşıma boşaltma)	saat	0,25	2,39	0,60
	Ara toplam	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	15,45
	Müteahhit karı ve giderleri %25	m <sup>2</sup>	15,45	0,25	3,86
	<b>ALT MALİYET TOPLAM (müt. karı v.s. dahil)</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>19,31</b>
	<b>KAPLAMA MALZEMESİ</b>				0,00
	Titanyum malzeme bedeli (0.4 mm)	m <sup>2</sup>	1,00	139,68	139,68
	Titanyum Toplam Maliyeti (müteahhit karı v.s. dahil)	m <sup>2</sup>	139,68	0,25	34,92
	<b>TİTANYUM MALZEME TOPLAM MALİYETİ</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>174,60</b>
					0,00
	<b>TİTANYUM KAPLAMA TOPLAM MALİYETİ</b>	m <sup>2</sup>	1,00	1,00	<b>193,91</b>

Dikdörtgen panel kullanıldığında titanyum kaplamanın m<sup>2</sup> maliyeti 193, 91 YTL olacaktır. Atatürk Kültür Merkezi çatısının tamamı için titanyum kaplama maliyeti Tablo 4.7'de gösterilmiştir. Çatının tamamı için alt maliyetler değişmemekle birlikte titanyum kaplama miktarındaki azalma toplam maliyette azalmaya neden olmuştur. Kadronlu sistemde titanyum kaplamanın toplam maliyeti 691.236,00 YTL/iş iken, dikdörtgen panel kullanıldığı sistemde toplam maliyet 572.810, 14 YTL/iş olarak değişmiştir.

Tablo 4.8 Titanyum için toplam çatı maliyeti (0,4 mm kalınlıkta dikdörtgen panel ile)

TİTANYUM ÇATI KAPLAMA TOPLAM MALİYETİ					
Poz No	Aktivite adı	Birim	Toplam Metraj	B.Fiyatı/m2	TUTARI
	Alt Maliyet Toplamı	m2	2954,00	19,31	57.041,74
	Titanyum Malzeme Toplam Maliyeti (0, 4 mm)	m2	2954,00	174,60	515.768,40
	Titanyum Kaplama Toplam Maliyeti	m2	2954,00	193,91	572.810,14

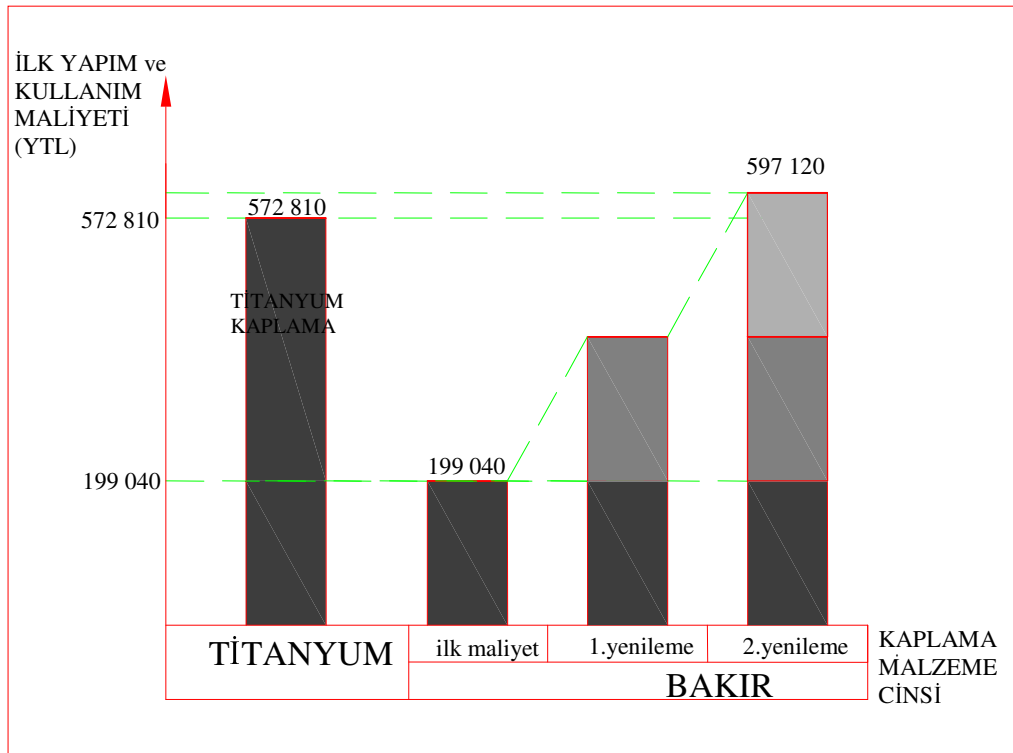
Atatürk Kültür Merkezinin çatısının titanyum kaplamasının dikdörtgen panel kullanılması sonucu ortaya çıkan yeni titanyum kaplama toplam maliyeti ile kullanılan diğer iki malzemenin (bakır ve paslanmaz çelik) toplam maliyetini kıyaslayacak olursak aradaki fark azalacaktır. Şekil 4.24’de bakır, paslanmaz çelik ve titanyum kaplama için toplam maliyetler grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.24 Bakır, paslanmaz çelik ve titanyum kaplamanın toplam maliyetlerinin karşılaştırılması

#### 4.6.3 Alternatif Detay ile Kullanım Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Dikdörtgen panel kullanılması sonucu azalan Atatürk Kültür Merkezinin titanyum kaplama maliyeti Şekil 4.21'deki ilk yapım ve kullanım maliyetlerinin gösterildiği grafiğinin değişmesine neden olacaktır. Şekil 4.25'de grafik üzerinde bakır ve titanyum kaplamanın kullanım maliyetleri revize edilmiştir.



Şekil 4.25 Bakır ve titanyum kaplamanın kullanım ve yenileme maliyetlerinin karşılaştırılması

Kadronlu sistem ile yapılan çatı kaplamasında bakır ve titanyumun yapım ve yenileme maliyetlerini incelediğimizde 3. yenileme sonunda yani 50. yıl sonunda titanyum kullanımının bakır kaplamadan daha ekonomik duruma geçtiğini belirtmiştik. Titanyumun kendine has detay çözümü olan dikdörtgen panel kullanımı ile azalan toplam maliyet, bakırın yenileme maliyeti ile kıyaslandığında titanyum 2. yenileme sonunda bakır kaplamadan daha ekonomik olduğu görülmektedir. Daha önce bahsedilen malzemelerin garanti süreleri ve yenileme süreleri ele alındığında yaklaşık olarak 35 - 40 yıl sonunda titanyum, bakırdan daha ekonomik olmaktadır.

## **BÖLÜM BEŞ**

### **SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

Tez kapsamında incelenen titanyum malzemesi, adını Yunan mitolojisinin güç ve dayanıklılığıyla anılan devleri “ Titan”lardan almıştır. Güç ve dayanım açısından çelikten daha sağlam, alüminyumdan % 60 daha ağır olmasına karşın 2 kat daha dayanıklıdır.

Atmosferik korozyona karşı bütün metaller arasında en yüksek dirence sahip, neredeyse bütün kimyasal etkilere karşı dayanıklı bir metal oluşu titanyumu mimari alanda ve daha birçok alanda kullanılan en ideal metal yapmaktadır. Malzeme her türlü olumsuz atmosferik koşullara dayanabilmekte, üretici firmalar tarafından 100 yıl garanti verilmekle birlikte 1000 yıl dayanabileceği savunulmaktadır.

Genleşme katsayısının cam ve betonunkine yakın oluşu, titanyumun bu malzemelerle çelik, bakır ve alüminyuma kıyasla daha uyumlu olmasını sağlamaktadır.

Malzemenin kesilmesi, birleştirilmesi, şekil verilmesi, kaynak işlemleri ve uygulamalar mimarlıkta kullanılan diğer metallerden farklılık göstermediğinden, bilinen mevcut aletler ve ekipmanlar ile rahatlıkla uygulanabilmektedir.

Titanyum mimari alanda 1970 yıllarda Japonya’da ülkenin ağır çevresel koşullarına – hava kirliliği vs. - uygunluğu nedeniyle tercih edilerek kullanılmaya başlanmıştır. Mimar Frank O. Gehry’nin tasarladığı ve eğrisel yüzeylerden meydana gelen titanyum ile kaplı Guggenheim müzesi (Bilbao, İspanya, 1997 ), dikkatleri titanyum üzerine çekmeyi başarmış ve dünya genelinde malzemenin kullanımında büyük artışlar olmuştur.

Titanyumun mimarlık alanındaki en yaygın kullanım alanının çatı ve cephe kaplamalarında yoğunlaştığı verilen örneklerden de açıkça anlaşılmaktadır. Modern yapıların yanı sıra, tarihi yapıların restorasyonunda ve korunmasında (özellikle Japonya’da ) titanyum malzeme en ideal çözümler sunmaktadır. Kullanım alanları

her geçen gün artan titanyumun, doğrama olarak, bina cephesinde gölgeleme amaçlı, olumsuz koşullarda özellikle tuzlu suyun olumsuz etkilerinin olduğu deniz çevresindeki yapılarda kullanıldığını görmekteyiz. Estetik görüntüsü nedeniyle de dekorasyonda tercih edilmektedir. Titanyum taşıyıcı sistemde de kullanılmaya başlanmıştır.

Hafifliğine karşın yüksek dayanımı, taşıyıcı sistemde kullanıldığında yapı bileşenlerinin diğer malzemelere göre daha küçük kesitlerde ve zarif olmasını sağlamaktadır. Yüksek taşıma gücüne sahip, zarif, estetik, depreme ve yangına dayanıklı, yenilenebilen bir yapı malzemesi olarak “Neden titanyumu tercih etmeyelim ki ?”

Titanyumun kullanıldığı yapı türlerini sınıflayacak olursak başlangıçta, prestij yapılarda ve tarihi yapılarında restorasyonunda kullanılmakla birlikte, malzeme tanındıkça ve ucuzladıkça kullanım alanlarının yaygınlaştığını görmekteyiz. Kamu binalarında, üniversite binalarında hatta şahıslara ait küçük konut yapılarında dahi kullanılmaktadır.

Titanyumun dünya genelinde kullanımının her geçen gün artmasına rağmen Türkiye’de malzemenin hiç kullanılmadığı ve hatta yeterince tanınmadığı bir gerçektir. Malzemenin kullanılmamasındaki en büyük etken malzemenin pahalı oluşudur. Doğada bol miktarda bulunmasına rağmen, ayrıştırma yöntemlerinin pahalı ve karmaşık oluşu üretim aşamasında malzemenin maliyetini de yükseltmektedir.

Titanyumun tek dezavantajı ilk yapım maliyetinin yüksek olmasıdır. Titanyuma korozyon direnci sağlayan oksit tabakası sayesinde her türlü olumsuz koşullarda malzeme zarar görmeden ayakta kalabilmekte, böylece yapı ömrü boyunca kullanım, yenileme ve bakım maliyetleri ortadan kalkmaktadır. 4. bölümde örnek bir proje üzerinde titanyumun, bakır ve paslanmaz çelik malzeme yapım, kullanım ve yenileme maliyetleri, garanti süreleri ve malzemelerin ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Proje olarak İzmir Atatürk Kültür Merkezi seçilmiştir. Titanyumun mimarideki en yaygın kullanımı olan çatı kaplaması olarak kullanımı ele alınmıştır.

Atatürk kültür merkezinin çatı maliyeti hesaplanırken her 3 malzeme için alt taşıyıcı sistem aynı olduğu için dikkate alınmamış sadece kaplama maliyetleri hesaplamada etkili olmuştur. Kaplama kalınlıkları titanyum ve paslanmaz çelik için 0.4 mm seçilirken, bakır için 0,5 mm kalınlık gerekli görülmüştür. Çatı formu aynı tutularak iki farklı detay çözümü için maliyet hesaplanmıştır. 1. çözümde yapının mevcut çatısında da kullanılan ve her üç malzeme için geçerli olan kadronlu sistem ile metraj ve maliyetler hesaplanırken, 2. alternatif olarak titanyumun kendine has detay çözümü ile çatının maliyeti hesaplanarak karşılaştırmalarda kullanılmıştır. Bunun içinde Guggenheim müzesinde kullanılan dikdörtgen panel sistem tercih edilmiştir.

Yapılan hesaplamaların sonuçlarını değerlendirecek olursak;

- Malzeme ağırlıkları kıyaslandığında,

Titanyumun özgül ağırlığı paslanmaz çelik ve bakırdan küçük olduğu için toplam ağırlık daha düşük olmaktadır. Kadronlu detay çözümüne ait çatının toplam ağırlıkları hesaplandığında; 0,4 mm kalınlıktaki titanyum kaplamanın toplam ağırlığı 8,172 ton, 0,4 mm kalınlıktaki paslanmaz çelik kaplamanın toplam ağırlığı 14,347 ton, 0,5 mm kalınlıktaki bakır kaplamanın ağırlığı 20,204 olarak hesaplanmıştır. Değerler şekil 4.22'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi paslanmaz çelik kaplamanın toplam ağırlığı titanyumun 1,7 katı olurken, bakır kaplamanın toplam ağırlığı titanyumun 2,5 katı olmaktadır. Bu da yapıya etki eden çatı yükünü etkilemektedir. 2. alternatif olan dikdörtgen panel kullanımı ile azalan titanyum kaplama miktarı toplam kaplama ağırlığının azalmasına neden olmuş, Şekil 4.23'deki grafikte görüldüğü gibi 2. detay çözümde titanyum kaplamanın toplam ağırlığı 6,645 tona inmiştir.

- Toplam çatı maliyeti kıyaslandığında,

Kadronlu sistem detay çözümünde 2006 yılına ait birim fiyatlar alındığında (şekil 4.18) 0,5 mm kalınlığındaki bakır kaplamanın maliyeti 67,38 YTL/ m<sup>2</sup> , 0,4 mm kalınlıktaki paslanmaz çelik kaplama maliyeti 75,00 YTL/ m<sup>2</sup>, 0,4 mm kalınlıktaki titanyum için 234 YTL/ m<sup>2</sup>'dir. Bu değerlerin 19,31 YTL'si izolasyon, işçilik, yatay,

düşey taşıma v.b. giderleri oluşturmakta ve giderler her 3 malzeme içinde aynı olmaktadır. Çatının tamamı için (2 954 m<sup>2</sup>) hesaplamalar yapıldığında (şekil 4.19) bakır kaplamanın toplam maliyeti 199 040 YTL, paslanmaz çelik kaplama maliyeti 221 550 YTL, titanyum için bu değer 691 237 YTL olmaktadır. Görüldüğü gibi titanyum kaplamanın maliyeti, paslanmaz çeliğin 3 katı, bakırın 3,5 katı olmaktadır. Dikdörtgen panel kullanıldığında titanyum kaplamanın toplam maliyeti 572 813 YTL'ye inmektedir. Titanyumun kendine has detay çözümü ile titanyum kaplama toplam maliyeti paslanmaz çeliğin 2,5 katı, bakır kaplamanın 2,8 katı oranına inmektedir. Her iki detay ile de titanyumun ilk yapım maliyetinin diğer 2 malzemenin maliyetinden yüksek olduğu görülmektedir.

- Kullanım maliyeti kıyaslandığında;

Atatürk Kültür Merkezinin bakır kaplama çatısının ilk yapımından günümüze kadar geçen süre içinde ortaya çıkan kullanım maliyeti ile malzemeler için verilen garanti süreleri dikkate alınarak 50 yıllık yapı ömrü boyunca kullanım maliyetleri hesaplanarak grafik halinde gösterilmiştir. Kadronlu sistem için Şekil 4.21'deki grafik, dikdörtgen panel kullanımına ait kullanım maliyeti analizinde Şekil 4.25'deki grafik ortaya çıkmıştır. 1. çözümde bakır kaplama yaklaşık 50 yıl sonunda 3 kez yenilenirken titanyum yenilenmeye gerek kalmadan kullanılabilir. Bakırın 50 yıl içindeki yenileme maliyeti titanyumun ilk yapım maliyetine ulaşmaktadır. Bakır kaplamanın ilk yapım maliyeti titanyumdan çok düşük olmakla birlikte 50 yıldan sonra titanyumdan daha maliyetli olmaktadır.

2. detay çözümü ile titanyumun toplam maliyetinin düşmesi, bakır ve titanyumun kullanım maliyetlerini etkilemektedir. Yaklaşık 35-40 yıl sonunda bakır 2. kez yenilenirken titanyumun yenilenme maliyeti olmamaktadır. 35-40 yıl sonunda titanyum bakırdan daha ekonomik olmaktadır.

İlk yapım maliyetinin yüksek olmasına rağmen, 4. bölümde yer alan Atatürk Kültür Merkezi çatısı üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda uzun vadede titanyumun bakım ve yenileme maliyetlerinin olmayışı yapı ömrü ele alındığında



titanyumun karşılaştırılan diğer yapı malzemesinden (bakır ve paslanmaz çelik ) daha ekonomik olduğu görülmektedir.

Titanyum üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda etkili ayırıştırma yöntemleri bulunduğca, malzemenin ucuzlayacağı bir gerçektir. Geç keşfedilen diğer bir malzeme olan alüminyum 1920'li yıllarda altında daha değerli iken günümüzde oldukça ucuzlamıştır. Gelecekte daha uzun açıklıkları geçen köprüler, daha yüksek gökdelenler, depreme dayanıklı ve ömrü boyunca bakım istemeyen yapılar titanyum ile mümkün olacaktır.

Teknolojik gelişmelere paralel, titanyum malzemenin, mimarlık mesleğinin gelişmesine katkıda bulunacağı ve geleceğın beklentilerine ışık tutacağı bir gerçektir.

**KAYNAKLAR**

*About titanium*, Mayıs 31, 2006,

[http://www.titanium-fiko.com.ua/pages/e\\_page3.htm](http://www.titanium-fiko.com.ua/pages/e_page3.htm)

*Approfondimenti sul Titanio*, Haziran 2, 2006,

[http://www.ing.unitn.it/~colombo/telai/approfondimenti\\_sul\\_titanio.htm](http://www.ing.unitn.it/~colombo/telai/approfondimenti_sul_titanio.htm)

*Architectural titanium products*, Mart 5, 2006,

<http://www.primemetalsllc.com/titanium.html>

*Architecture*, Mart 14, 2005,

<http://www.stainless-steel-world.net/titanium/index.asp>

*Abu Dhabi*, Mayıs 31, 2007, [http://www.gulfconstructionworldwide.com/](http://www.gulfconstructionworldwide.com/bkArticlesF.asp?IssueID=102&Section=347&Article=2328#top)

[bkArticlesF.asp?IssueID=102&Section=347&Article=2328#top](http://www.gulfconstructionworldwide.com/bkArticlesF.asp?IssueID=102&Section=347&Article=2328#top)

*Abu Dhabi international airport expansion*, Nisan 26, 2005,

[www.airport-technology.com](http://www.airport-technology.com)

*Abu Dhabi airport plans massive expansion*, Aralık 24, 2006,

<http://www.khaleejtimes.co.ae>.

*Art Mito Tower*, Haziran 2, 2007, <http://www.soum.co.jp/mito/atm-e.html>,

*Art Mito Tower*, Haziran 2, 2007, [http://www.kikukawa.com/KIKU\\_ENGLISH/](http://www.kikukawa.com/KIKU_ENGLISH/backno_data/sakuhin8/art-tower-mito.htm)

[backno\\_data/sakuhin8/art-tower-mito.htm](http://www.kikukawa.com/KIKU_ENGLISH/backno_data/sakuhin8/art-tower-mito.htm)

*Art Tower Mito*, Haziran 2, 2007,

<http://www.arttowermito.or.jp/Tower/facilities.html>

*Atatürk Kültür Merkezi*, Nisan 5, 2006, <http://www.ege.edu.tr/kampus/digsosfa.html>,

*Atatürk Kültür Merkezi*, Nisan 5, 2006, <http://www.googleearth.com>

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Listesi. (2006). *Ahşap çatı üzerine 0.50 mm lik bakırdan çatı örtüsü yapılması*, Mart 24,2006, <http://www.birimfiyat.com/>

Bomberg H. B., Froes F.H.ve Morton F. H.: *Titanium Tecnology: Present Status and Future Trends*, TDA, Dayton, USA, (1985). p.3

*Cerritos Millenium Library*, Nisan 11, 2005, <http://en.wikipedia.org/wiki/>

*Cerritos Millenium Library*, Ocak 29, 2007,  
<http://www.asm-expertise.com/whatpossible/index>

*Connecting titanium to other metals*, Mart 14, 2005,  
<http://www.stainless-steel-world.net/index.asp>

*Copper* , Temmuz 3, 2006, <http://www.copper.org/>

*Copper* , Temmuz 5, 2006, [http://www.copper.org/applications/architecture/arch\\_dhb/roofing/flat\\_seam\\_roofing.html](http://www.copper.org/applications/architecture/arch_dhb/roofing/flat_seam_roofing.html)

*Denver Art Museum*, Aralık 24, 2006,  
[http://www.denverartmuseum.org/discover\\_the\\_dam/architecture](http://www.denverartmuseum.org/discover_the_dam/architecture)

*Denver Art Museum*, Aralık 24, 2006,  
<http://www.designbuild-network.com/projects/dam/dam8.html>

*Denver Art Museum*, Aralık 24, 2006, <http://www.mimdap.org>

*Denver Art Museum*, Ocak 5, 2008, <http://www.arcspace.com/index.shtml>

*Denver Art Museum Undergoes Expansion*, Mayıs 27, 2007,  
<http://expansion.denverartmuseum.org/>

*Denver Art Museum opens Hamilton building*, Mayıs 27, 2007,  
<http://www.artdaily.com/index.asp>

*Depotscheep*, Aralık 25, 2006,  
<http://www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaartmuseum.asp>

Detay-Dış cephe kaplama sistemleri. (b.t). *Titanyum*, Mart 28, 2005,  
<http://www.maxdetay.com>

*Discovering Titanium*, Haziran 12, 2006, <http://www.idgrid.org/id/titanium.htm>

*Frederic C. Hamilton Binası Denver sanat müzesi*, Aralık 23, 2006  
<http://www.arcspace.com/architects/Libeskind/denver2/denver2.html>

Furukawa, T. (1993). *Japanese revise titanium forecast downward* – Japan Titanium Society, American Metal Market, Nisan 26, 2005,  
[http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_m3MKT](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3MKT)

*Glasgow science center*, Nisan 26, 2005, <http://www.glasgowsciencecentre.org>

*Glasgow imax cinema*, Kasım 2, 2007,  
[http://www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax\\_south.jpg](http://www.glasgowarchitecture.co.uk/jpgs/imax_south.jpg)

*Glasgow imax cinema*, Ağustos 25, 2007,  
[http://www.thevictorian.co.uk/about\\_glasgow/pacific.asp](http://www.thevictorian.co.uk/about_glasgow/pacific.asp)

*Guggenheim\_Museum*,  
[http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim\\_Museum.html](http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim_Museum.html)

*Guggenheim museum*, Ağustos 24, 2007, <http://www.ramblingroses.net/zspain.htm>

*Guggenheim museum*, Aralık 24, 2006, <http://www.stainlessbuilding.com/>

*Guggenheim museum Bilbao*, Haziran 2, 2007,  
[http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim\\_Bilbao.html](http://www.greatbuildings.com/buildings/Guggenheim_Bilbao.html)

*Guggenheim museum Bilbao*, Haziran 11, 2007,  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Guggenheim\\_detail.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Guggenheim_detail.jpg)

*History of Titanium*, Mart 23, 2005,  
[http://www.itponline.com/index\\_files/TiHistory.htm](http://www.itponline.com/index_files/TiHistory.htm)

Housley, K. (2000). *Latest in titanium architecture:world-wide and sky-high*,  
*Titanium News* (USA), VOL. 30, NO. 1, PP. 1-2, 2000

*How titanium is produced*, Haziran 1, 2006,  
<http://www.spectore.com/Spectore/process.htm>

Hummel, R. C. (June 2000). *Titanium*, Şubat 8, 2005,  
<http://www.csa.com/hottopics/titanium/overview.html>

Kaneko, T. *98 use of titanium for architectural materials in Japan*, *Titanium Japan*  
(Japan), vol.47, no.4, pp. 33-34, Oct. 1999,  
<http://www.csa.com/hottopics/titanium/biblio05.html>

*Introduction to titanium*, Mart 29, 2005,  
<http://www.titan-japan.com/ohanashi/ohanashe.htm>

*Light, strong construction system utilized in Nagoya Dome*, Haziran 2, 2006,  
[http://www.takenaka.co.jp/takenaka\\_e/techno/12\\_ratis/12\\_ratis.htm](http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/techno/12_ratis/12_ratis.htm)

Lütjering, G. ve Williams, J.C. (2000). *Titanium*, p:3-11,345-356

*Materials titanium*, Haziran 1, 2007, <http://www.materials.org.uk/ser-ints/.htm>

Matsusato, I. *The use of titanium as architectural materials for newly constructed buildings*, Titanium Japan (Japan), vol. 47, no.4, pp, 27-31, Oct. 1999

*Monumental Architecture*, Haziran 2, 2007

[http://www.khi.co.jp/tekkou/en/3\\_05e/305\\_3\\_4.html](http://www.khi.co.jp/tekkou/en/3_05e/305_3_4.html)

*Nagoya Dome*, Haziran 2, 2006, <http://www.ratzenberger.net/>,

[http://en.wikipedia.org/wiki/Nagoya\\_Dome](http://en.wikipedia.org/wiki/Nagoya_Dome)

*Nagoya Dome*, Ağustos 2, 2007,

[http://www.takenaka.co.jp/takenaka\\_e/techno/12\\_ratis/12\\_ratis.htm](http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/techno/12_ratis/12_ratis.htm)

*National Grand Theater*, Aralık 24, 2006,

[http://images.businessweek.com/ss/05/12/china\\_wonders/source/11.htm](http://images.businessweek.com/ss/05/12/china_wonders/source/11.htm)

*National Grand Theater*, Ocak 7, 2007,

<http://www.dexigner.com/jump/news5410.htm>

*National Grand Theater*, Mart 05, 2007,

<http://grace91grace.spaces.live.com/photos/cns!B6ED35857ADFAEF6!290/>

*National Grand theater of China*, Mayıs 27, 2007, [http://www.paul-](http://www.paul-andreu.com/projets_recents/pekin/galerie_peekin/galerie_peekin_gb_01.html)

[andreu.com/projets\\_recents/pekin/galerie\\_peekin/galerie\\_peekin\\_gb\\_01.html](http://www.paul-andreu.com/projets_recents/pekin/galerie_peekin/galerie_peekin_gb_01.html)

Nemchock, G., (October 8-11, 2000). *Titanium – The Architectural metal of choice for the 21. century*, 16. Annual Titanium Conference&Exhibition, USA, May 10, 2006, [http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding\\_org](http://www.bath.ac.uk/cwct/cladding_org)

Nemchock, G., (October 6, 2000). *Titanium use rising in architectural applications*, April 4, 2005, [http://www.findarticles.com/p/articles/mi\\_m3MKT](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3MKT)

Mitsubishi Chemical Functional Products, Inc. (Ağustos 2006). *Titanium composite material*, Mayıs 8, 2007, <http://www.alpolic.com>

Nippon Steel Corporation. (b.t). *Results of Surveys on Acid Rain by Nippon Steel*

Orhon, A.V. (2005) . *Mimarlıkta Titanyum*, Yapı Dergisi, sayı 278, s.82-86

*Ocean Dome*, Haziran 2, 2006, <http://strangerworlds.blogspot.com/2007/06/worlds-only-indoor-beachjapans-ocean.html>,

*Parthenon / Images*, Aralık 22, 2006,

<http://en.structurae.de/structures/data/index.cfm?ID=s0001001>

*Parthenon / Images*, Aralık 22, 2006,

[http://www.fastener-world.com.tw/english/Manag\\_contents/sc\\_index.asp](http://www.fastener-world.com.tw/english/Manag_contents/sc_index.asp)

Peter, L.E., Mart 12, 2006, *Explaining copper corrosion*,

<http://www.professionalroofing.net/>

RIDDER. (b.t). *Depotscheep*, Aralık 25, 2006,

<http://www.riddersystems.nl/uk/maritime.html>

RIDDER. (b.t). *Maritime Museum*, Haziran 1, 2007,

<http://www.riddersystems.nl/uk/maritime.html>

RIDDER. (b.t). *Discotheque*, Haziran 1, 2006,

<http://www.riddersystems.nl/uk/lozenge.html>

*Scheepvaart museum*, Mart 7, 2006,

<http://www.zeinstravanderpol.nl/depotscheepvaartmuseum.asp#>



Shimizu, H. (October 3-5, 2004). *Nippon Steel's titanium roof of temple & shrine and surface finishing*, Titanium 2004 conference, New Orleans, USA, <http://www.findarticles.com>.

Smith, H. (June 10, 2005). *repair of acropolis started in 1975-now need 20 more years and £ 47 m*, The Guardian, December 9, 2006, [http://www.fastener-world.com.tw/english/Manag\\_contents/sc\\_index.asp](http://www.fastener-world.com.tw/english/Manag_contents/sc_index.asp)

*Surface architectural wall coatings*, Nisan 11, 2005, <http://www.surfaceinteriors.com/gobi.htm>

*The Acropolis in Black and White*, Ağustos 18, 2007, <http://www.theotherpages.org/greece/index6.html>

*The development of metal titanium for architectural use*, Haziran 2, 2007, <http://www.fastener-world.com.tw>

*The Erechtheion on the Acropolis*, Ağustos 18, 2007, [http://historylink101.net/greece1/pic\\_temple-parthenon.htm](http://historylink101.net/greece1/pic_temple-parthenon.htm)

*The Parthenon*, Ağustos 18, 2007, <http://historylink101.net/greece1/rf-k-acropolis.htm>

The Victroian House. (b.t.). *Pacific Quay*, Nisan 26, 2005, [http://www.thevictorian.co.uk/about\\_glasgow/pacific.asp](http://www.thevictorian.co.uk/about_glasgow/pacific.asp)

Titanium Metal Corporation [TIMET]. (b.t). *Architectural Titanium*, (b.t), <http://www.timet.com/architecture/>

*Titanium*, Mayıs 9, 2005, <http://www.eKimya.com>

*Titanium*, Ekim 5, 2005, <http://www.presidenttitanium.com>,

*Titanium*, Mayıs 9, 2005, <http://www.titanium.org>

Toho Titanium Co., Ltd. (b.t). *Art Tower Mito*, Haziran 2, 2007,  
<http://www.tohotitanium.co.jp/en/titan/solution.html>

Toho Titanium Co., Ltd. (b.t). *Characteristics of Titanium*, Haziran 15, 2005,  
<http://www.toho-titanium.co.jp/en/index.html>

TUBITAK. (b.t). *Titanium*, Aralık 17, 2007,  
<http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaket/periodik/kullanım2.html>

*Titanium, architecture*, Aralık 24, 2006,  
<http://www.valve-world.net/titanium/index.asp>

*Titanium, architecture*, Aralık 24, 2006,  
<http://en.structurae.de/structures/index.cfm>

*Titanyum*, Mart 28, 2005,  
<http://www.kimyaevi.org/elementler/titanyum/titanyum.asp>

*Titanyum*, Mart 28, 2005,  
<http://www.malzemebilimi.com/blog/2007/01/29/titanyum/>

*Titanium-Architectural Suitability*, Haziran 1, 2006, <http://www.azom.com>

*Titanium cladding*, Eylül 2, 2007, <http://www.archidose.org/Jul04/071904f-pic.html>

*Titanium, named for the Titans, Greek gods of gigantic strength*, Mart 12, 2006,  
<http://www.makotitanium.org>

*Van Gogh Museum*, Nisan 26, 2005, <http://www.amsterdam.nl/aspx/get.aspx?xdl=/views/amsterdamnl/xdl/catch&SitIdt=21&VarIdt=2&ItmIdt=6073>

Vicki Edualy, Timet Architectural Titanium

*What is titanium*, Mart 12, 2006, <http://www.gioie.it/>

*What's possible, Cerritos Millenium Library*, Nisan 11, 2005,  
<http://www.asm-expertise.com/whatspossible/index>

World Titanium Council. (b.t). *Why Titanium?*, Mart 14, 2005,  
<http://www.worldtitaniumcouncil.org>

Y.Mim. Muhlis Türkmen ve Y. Mim İnal Göral, (b.t). *Atatürk Kültür Merkezi Mimari Projesi*, , Mart 2005