

T.C.  
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇATILARDA AHŞAP STRÜKTÜR BİLEŞENLERİNİN  
TASARIM ETKENLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**S. Duygu KOLBAY**

**Mimarlık Anabilim Dalı**

**Yapı Bilgisi Programı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Suat ÇAKIR**

**Ocak 2010**

S. Duygu KOLBAY tarafından hazırlanan ÇATILARDA AHŞAP STRÜKTÜR BİLEŞENLERİNİN TASARIM ETKENLERİ adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Suat ÇAKIR  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Yapı Bilgisi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

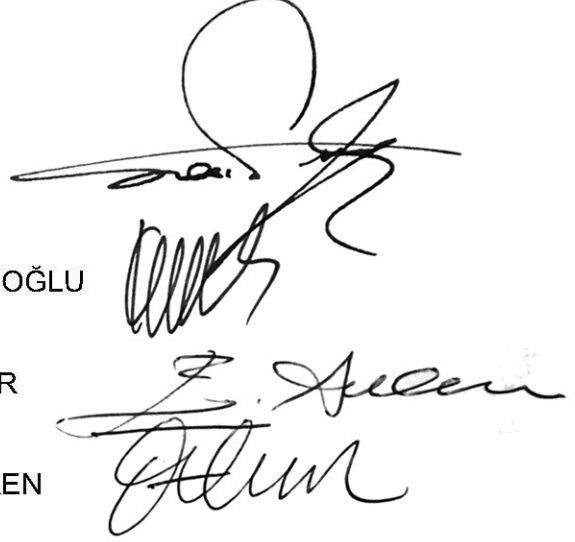
Başkan : Yrd. Doç. Dr. Suat ÇAKIR

Üye : Prof. Dr. Kemal ÇORAPÇIOĞLU

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erkan AVLAR

Üye : Doç. Dr. Özlem EŞSİZ EREN

Üye : Doç. Dr. Hülya KUŞ



Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
SUMMARY .....	VI
ŞEKİL LİSTESİ .....	VII
TABLO LİSTESİ.....	X
<b>1 GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı .....	1
1.2 Araştırmanın Amacı ve Çalışma Yöntemi .....	2
1.3 Araştırmanın Kapsamı ve Sınırları .....	2
<b>2 ÇATI KURULUŞU İÇİN KURAMSAL ÇERÇEVE .....</b>	<b>3</b>
2.1 Bir Bütün Olarak Çatı ve İlgili Kavramlar .....	3
2.1.1 Çatının Temel İşlevleri .....	4
2.1.2 Çatıların Sınıflandırılması.....	4
2.1.2.1 Çatıların Geçilen Açıklığa Bağlı Olarak Sınıflandırması .....	4
2.1.2.2 Çatıların Eğime Bağlı Olarak Sınıflandırması .....	5
2.1.2.3 Çatıların Forma Bağlı Olarak Sınıflandırması .....	5
2.1.3 Çatı Bileşenleri .....	5
2.1.3.1 Kaplama .....	6
2.1.3.2 Yalıtım .....	12
2.1.3.3 Strüktür.....	13
2.1.3.4 Montaj Ürünleri .....	14
2.2 Çatı Strüktüründe Ahşap Malzeme Kullanımı .....	18
2.2.1 Ahşap Malzemenin Strüktürel Amaçlı Kullanımını Etkileyen Faktörler.....	19
2.2.1.1 Mekanik Özellikler .....	19
2.2.1.2 Fiziksel Özellikler.....	22
2.2.2 Çatı Strüktüründe Ahşap Malzemenin Kullanım Şekilleri.....	24
2.2.2.1 Masif Ahşap Kullanımı.....	25
2.2.2.2 Tabakalı Ahşap Kullanımı .....	26
2.3 Bölüm Sonucu .....	30
<b>3 ÇATI KURULUŞUNDA KULLANILAN AHŞAP STRÜKTÜRLER.....</b>	<b>31</b>
3.1 İskelet Sistemler ve Alt Sistem Bileşenleri .....	32
3.1.1 Kiriş .....	32
3.1.2 Makas.....	49
3.1.3 Kemer.....	56
3.1.4 Çerçeve .....	61
3.2 Yüzeysel Sistemler .....	68
3.2.1 Uzay Kafes Sistem .....	68
3.2.2 Kabuk Sistem .....	76
3.2.2.1 Hiperbolik Paraboloid Kabuk.....	78
3.2.2.2 Tonoz.....	82
3.2.2.3 Geodezik Kubbe .....	85
3.2.3 Katlanmış Plak Sistem .....	89
3.3 Bölüm Sonucu .....	93

<b>4</b>	<b>AHŞAP STRÜKTÜREL ÇATI BİLEŞENLERİNİN TASARIM ETKENLERİ.....</b>	<b>94</b>
4.1	Çatı Strüktür Bileşeninin Boyutsal Değerlerini Belirleyen Statik Etkenler.....	95
4.1.1	Malzemenin Kullanım Şekli.....	96
4.1.2	Sabit ve Hareketli Yükler.....	98
4.1.3	Geçilen Açıklık.....	98
4.1.4	Plan Tipi.....	100
4.1.5	Çatı Geometrisi.....	102
4.1.6	Ara Bölüm Sonucu.....	103
4.2	Çatının Performansını Belirleyen Yapı Fiziği Etkenleri.....	104
4.2.1	Yağış Suyunun Yapıdan Uzaklaştırılması.....	104
4.2.2	Gün Işığında Faydalanma.....	105
4.2.3	Ara Bölüm Sonucu.....	108
4.3	Çatı Strüktür Bileşeninin Yapılabilirliğini Belirleyen Teknolojik Etkenler.....	109
4.3.1	Üretim.....	109
4.3.2	Taşıma.....	112
4.3.3	Montaj.....	112
4.3.4	Ara Bölüm Sonucu.....	114
<b>5</b>	<b>SONUÇ.....</b>	<b>115</b>
	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>i</b>
	<b>EK Örnek Yapılar Üzerinde Tasarım Etkenlerinin İncelenmesi.....</b>	<b>ix</b>

# ÇATILARDA AHŞAP STRÜKTÜR BİLEŞENLERİNİN TASARIM ETKENLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

S. Duygu KOLBAY

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2010

## ÖZET

Ahşap, strüktürel yapı gereci olarak, her dönemde “açıklık geçme” amaçlı kullanılmıştır. Yapı açıklığının geçilmesini sağlayan strüktürü yapıdan bağımsız düşünmek mümkün değildir. Çatı strüktürü, tasarım aşamasından başlayarak, yapı ile birlikte kurgulanmaktadır. Tasarım sürecinin her aşaması karar verme-seçim yapmayı gerektirir. Bu tez ahşap ile kurulacak çatı strüktürünün seçim yöntemini ve bileşenin hangi etkenlere bağlı olarak detaylandırılacağını ortaya koymaya yöneliktir.

Bu doğrultuda, ilk olarak çatı kuruluşunu meydana getiren bileşenlerin kavramsal olarak tanımı yapılmıştır. Bileşenlerin oluşturulmasında kullanılacak ahşap malzeme türleri ve strüktürel amaçlı kullanılacak ahşap malzemenin sahip olması gereken özellikler açıklanmıştır.

Daha sonra ahşap çatı strüktürlerinin ortak tasarım prensipleri ve sistemleri farklılaştıran noktalar ortaya koyulmuştur. Her sistemin kullanım şekilleri, kesit boyut aralıkları, bağlantı özellikleri ve örnek bir yapı ile incelenmektedir.

Sınıflandırmadan sonra, tasarıma yön veren etkenler belirlenerek ahşap strüktür bileşenleri düzeyinde boyutlandırma ve detaylandırma açısından analizler yapılmaktadır. Kullanılan malzeme seçiminden, geometri ve kesit belirlenmesine kadar bir çok konu ele alınmaktadır. Her tasarım etkeni bileşenin farklı bir yönünü biçimlendirir. Statik etkenler boyutsal değerleri, yapı fiziği etkenleri çatı performansını, teknolojik etkenler ise bileşenin yapılabiliğini belirlemektedir. Ahşap çatı strüktür bileşenlerinin boyutlandırma ve detaylandırılma yöntemi farklı düzeylerde ortaya koyularak çalışma sonlandırılmaktadır. Çalışmanın ek dosyasındaki tablolarla, tasarımı yönlendiren etkenlerin geçerliliği örnek yapılar üzerinde denenmiştir.

**Bilim Kodu** :

**Anahtar Kelimeler** : Ahşap, çatı, strüktür bileşenleri, tasarım etkenleri.

**Sayfa Adedi** : 120

**Tez Yöneticisi** : Yrd. Doç. Dr. Suat Çakır

# **DESIGN FACTORS OF STRUCTURAL TIMBER ROOF COMPONENTS**

**(M.Sc. Thesis)**

**S. Duygu KOLBAY**

**MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**January 2010**

## **ABSTRACT**

Timber has been used as a structural engineering material for “spanning space”, in all periods of architectural history. Roof structure and building are planned together in every design stage. Each stage of design requires a decision-making and selection process. This thesis proposes a method for wooden roof structure and component selection based on design principles.

In order to analyze the roof construction first of all the conceptual framework and components were examined and the structural ways of using timber material were explained.

Subsequently common design principles and differences between the various types of timber roof structure systems were established. Each system was examined as to usage, cross-sectional size range and connection features based on a sample structure.

Following classification, the factors guiding the design of structural components are analyzed in terms of sizing and detailing. Material selection, geometry and determination of the component cross-sections are discussed. Each of the design factors configures a different aspect of the component. The dimensional values depends on static factors, structural roof performance depends on physical factors and technological factors determines the feasibility of the component. The study is concluded after identification of the method for sizing and detailing the components. In the attached file, the validity of factors that are crucial to design are tested on sample buildings.

**Science Code** :

**Key Words** : Timber, roof, structural component, design principles.

**Page Number** : 120

**Supervisor** : Asst. Prof. Suat Çakır

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2. 1. Düz ve Kilitli (Marsilya tipi) kiremit kaplaması uygulama detayları .....	7
Şekil 2. 2. Bitüm esaslı kaplama uygulama detayları .....	8
Şekil 2. 3. Mineral lifli çimento esaslı kaplamanın ebatları ve montaj şekli .....	9
Şekil 2. 4. Metal kaplama uygulama detayları.....	10
Şekil 2. 5. Bağlantı ürünleri ve profilleri.....	16
Şekil 2. 6. Bağlantı ürünlerinin bir arada görünümü .....	17
Şekil 2. 7. Ahşabın boyutsal stabilitesine bağlı çalışma ve deformasyon .....	22
Şekil 2. 8. Tabakaları uç uca birleştirme yöntemleri .....	27
Şekil 3. 1. Basit açıklık geçen kiriş türleri.....	33
Şekil 3. 2. Heslach Anaokulu yapısına ait plan, kesit, perspektif ve sistem detayı.....	35
Şekil 3. 3. Destekli Kiriş türleri .....	36
Şekil 3. 4. Lyon Mimarlık Okulu yapısına ait veriler.....	37
Şekil 3. 5. Konsol Kiriş türleri .....	38
Şekil 3. 6. Bern Kazıbilim Barınağı'na ait plan, perspektif ve sistem detayı .....	39
Şekil 3. 7. Sürekli kiriş türleri .....	40
Şekil 3. 8. Unesco laboratuvar yapısında dört kat boyunca devam eden kiriş örneği.....	40
Şekil 3. 9. Unesco Laboratuvar'ına ait plan, kesit ve fotoğraflar.....	41
Şekil 3.10. Dik ve dar açılı kaset kiriş uygulaması.....	42
Şekil 3.11. Bad Waltersdorf Tenis Salonu'ndan bir fotoğraf ve çift yönlü kirişlerin uygulanma aralıklarını gösteren veriler .....	43
Şekil 3.12. Destekli birleşim alternatifleri ve birleşimin plan, kesit, perspektifi.....	44
Şekil 3.13. İki kiriş arasında uygulanabilecek boy bağlantıları.....	45
Şekil 3.14. Konsol kirişlerde uygulanan askı elemanlı kiriş-kiriş bağlantıları.....	46
Şekil 3.15. Ahşap kiriş-kagir düşey taşıyıcı bağlantıları.....	47
Şekil 3.16. Ahşap kiriş - ahşap veya çelik düşey taşıyıcı bağlantıları.....	48
Şekil 3.17. Gergi ve kiriş kesiti ilişkisi .....	49
Şekil 3.18. Makas çeşitlerinin oluşumu.....	50

<b>Şekil 3.19.</b> Makas türleri.....	51
<b>Şekil 3.20.</b> Basit makas profilleri.....	52
<b>Şekil 3.21.</b> Makas bağlantıları.....	53
<b>Şekil 3.22.</b> Mont Cenis Kamu Eğitim Merkezi plan, kesit ve detayları .....	55
<b>Şekil 3.23.</b> Kemer türleri.....	56
<b>Şekil 3.24.</b> Rüzgar bağlantıları.....	57
<b>Şekil 3.25.</b> Kemer bağlantıları.....	58
<b>Şekil 3.26.</b> Fakülte İlave İşler Yapısı cephe ve iç mekan fotoğrafları.....	59
<b>Şekil 3.27.</b> Fakülte İlave İşler Binasına ait veriler.....	60
<b>Şekil 3.28.</b> Çerçeve sistemde kurulmuş bir örnek.....	61
<b>Şekil 3.29.</b> Çerçeve türleri.....	62
<b>Şekil 3.30.</b> Çerçeve bağlantıları.....	63
<b>Şekil 3.31.</b> Zug' da Konut detayı.....	65
<b>Şekil 3.32.</b> Orta taşıyıcı ile kurulan üst örtü sistemleri.....	66
<b>Şekil 3.33.</b> Japon pavyonu plan, kesit ve sistem detayı.....	67
<b>Şekil 3.34.</b> İki boyutlu ve üç boyutlu uzay kafes sistemler.....	68
<b>Şekil 3.35.</b> Kesişen kafes kirişlerle üretilen uzay çerçeveler.....	70
<b>Şekil 3.36.</b> Uzay kafes sistem geometrilerinin üretilmesinde kullanılan düzgün çokyüzlüler.....	71
<b>Şekil 3.37.</b> Kesişen kafes kirişlerle türetilen uzay çerçeve plan ve kesitleri.....	71
<b>Şekil 3.38.</b> Uzay kafes sistem bağlantıları.....	72
<b>Şekil 3.39.</b> Oguni Kubbe' sinde ahşap çubuklar ve metal düğüm noktalarının görünümü ve birleşim detayları.....	73
<b>Şekil 3.40.</b> Odate Stadyum' una ait veriler.....	74
<b>Şekil 3.41.</b> Kabuk yüzeyi oluşum yöntemleri.....	76
<b>Şekil 3.42.</b> Kaburgalı kabuk bağlantı kuruluşu.....	77
<b>Şekil 3.43.</b> Hiperbolik paraboloid kabuk türleri.....	78
<b>Şekil 3.44.</b> Birleşik kabuk uygulaması.....	79
<b>Şekil 3.45.</b> Expo Yapısının ön cephesi .....	80
<b>Şekil 3.46.</b> Expo çatı sistemine ait veriler.....	81
<b>Şekil 3.47.</b> Silindirik kabukların kullanım şekillerinin ve boyutlarının belirlenmesi.....	82
<b>Şekil 3.48.</b> IBM Yolculuk Pavyonu plan, kesit ve perspektifi.....	83
<b>Şekil 3.49.</b> Geodezik kubbe kuruluş türleri.....	86
<b>Şekil 3.50.</b> İzomo Kubbesine ait detaylar ve fotoğraflar.....	87



<b>Şekil 3.51.</b> Katlanmış plak çalışma prensipleri.....	89
<b>Şekil 3.52.</b> Katlanmış plak uygulama yöntemi.....	90
<b>Şekil 3.53.</b> Katlanmış plak türleri.....	91
<b>Şekil 3.54.</b> St. Loup Kilisesi' ne ait veriler.....	92
<b>Şekil 4.1.</b> Farklı doğrultularda kullanılan strüktürel çatı bileşenleri .....	95
<b>Şekil 4.2.</b> Dairesel plan türünde strüktürün rasyonel hale döndürülerek dörtgen çözümü.....	100
<b>Şekil 4.3.</b> Strüktür bileşenlerinin forma bağlı boyutsal değerlerinin hesap yöntemi.....	103
<b>Şekil 4.4.</b> Kaplamanın saydamlaştırılması yoluyla ışık alımı.....	105
<b>Şekil 4.5.</b> Çatı bileşenlerinin aydınlatma amacıyla biçimlendirilişi.....	106

## TABLO LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 2.1.</b> Değişik kiremit kaplama türlerine göre eğim değerleri.....	6
<b>Tablo 2.2.</b> Ahşap türlerinin mekanik özellikleri açısından karşılaştırılması.....	19
<b>Tablo 2.3.</b> Masif ahşap türleri ve kullanım şekilleri.....	25
<b>Tablo 2.4.</b> Tabakalı ahşap türleri ve kullanım şekilleri.....	28
<b>Tablo 3.1.</b> Ahşap kirişlerin malzemenin kullanılış şekline bağlı olarak sınıflandırılması.....	32
<b>Tablo 3.2.</b> Ahşap çatı strüktür bileşenlerinin sınıflandırılması.....	93
<b>Tablo 4.1.</b> Strüktürel çatı bileşenlerinin biçimlendirilmesinde etkili olan parametreler....	94
<b>Tablo 4.2.</b> Çatı strüktür bileşenleri için malzeme kullanım şekillerinin incelenmesi.....	97
<b>Tablo 4.3.</b> Çatı strüktür bileşenleri ile geçilebilecek açıklık aralığı ve açıklığa bağlı olarak kesit yüksekliğinin hesabı.....	99
<b>Tablo 4.4.</b> Çatı strüktür birleşenlerinin plan tiplerine uyumu.....	100
<b>Tablo 4.5.</b> Dörtgen, çokgen, dairesel plan tiplerinde kullanılacak çatı strüktür bileşenleri ve kullanım şekilleri.....	101
<b>Tablo 4.6.</b> Strüktür birleşenlerinin çatı geometrisine uyumu.....	102
<b>Tablo 4.7.</b> Çatı strüktür bileşenlerinde yağış suyunun uzaklaştırılış yöntemleri.....	104
<b>Tablo 4.8.</b> Çatı strüktür bileşenlerinde gün ışığı alım yöntemleri.....	108
<b>Tablo 4.9.</b> Çatı strüktür bileşenlerinin üretim imkanları.....	109
<b>Tablo 4.10.</b> Çatı strüktür bileşenlerinin üretim sistemleri .....	111
<b>Tablo 4.11.</b> Çatı strüktür bileşenlerinde kullanılan bağlantı türleri ve bağlantıların esneklik açısından incelenmesi.....	113
<b>Tablo 4.12.</b> Çatı strüktür bileşenlerinde tesisat çözümünün sağlanması.....	114
<b>Tablo 5.1.</b> İskelet sistem çatı strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri .....	116
<b>Tablo 5.2.</b> Yüzeysel sistem çatı strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri .....	117
<b>Tablo 5.3.</b> Yapı üretim sürecinde tasarım etkenlerinin çatı strüktür bileşenlerinin seçimine etkisi .....	120

*Yeni malzemelere bakarken,  
ya da eski malzemeleri başka bir gözle yorumlarken,  
kuralları değiştiririz. Böylece insanlar görülür olmaya başlar.<sup>1</sup>*

## 1. GİRİŞ

Ahşap, insanoğlunun barınma ihtiyacı sonucu mekan örtme problemine her dönemde çare olmuştur. İlk doğal strüktürel yapı malzemesi olarak, az bulunduğu bölgelerde bile, çatı kuruluşunda kullanılan temel malzeme konumundadır.

İnsanın sosyo-kültürel gelişimi ile barınma mekanlarının yanı sıra toplantı, ibadet, üretim, eğlence, spor faaliyetleri için düşey taşıyıcıların engel oluşturmayacağı, tek bir çatı altında toplanılabilecek mekanların ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Geniş açıklıkların geçilmesi ise malzemenin özellikleri ile sınırlanmaktadır. Doğal ahşap malzeme bu nedenle strüktürel amaçlı kullanım için yetersiz kalmıştır. Yapı endüstrisindeki gelişmelere paralel olarak, ahşabın strüktürel açıdan kullanımı tek bir oda boyutunu aşarak geniş açıklıklı mekanları da kolay ve rasyonel şekilde örtecek düzeye ulaştırılmıştır.

Bu gününün şartlarında ahşap ile her türlü açıklık boyutunda, farklı strüktür kuruluşlarında, çağdaş yapım gereksinimlerini karşılayacak şekilde çözümler üretilebilmektedir.

### 1.1. PROBLEMİN TANIMI

“Neden ahşap?” sorusu strüktür ve malzeme ilişkisindeki gerekliliği tanımlamanın ilk yoludur. Basınç gerilmelerine dayalı sistemlerden kaçınıp, çekme gerilmelerine dayalı sistemlere yönelmek, her türlü açıklık boyutu için üst örtü çözümü getirebilmeyi sağlamaktadır. “Yerel” ve “evrensel” ayrımında ahşap malzemenin nasıl kullanılacağı problemin ilk aşamasını oluşturmaktadır.

Malzeme karar aşamasından sonra oluşan problemler strüktürün proje verilerine uygun olmayacak şekilde biçimlenişine bağlıdır. Bilinçsizce alınacak kararlar ekonomik açıdan, statik açıdan, detaylandırma ve özgünlük açısından olumsuz sonuçlar getirmektedir. Bu nedenle çatı strüktürü oluşturulurken her türlü etkenin tasarıma etkisi bilinmelidir.

---

<sup>1</sup> Peter Rice. Frampton, Kenneth-Studies in Tectonic Culture/ MIT Press. “Modern Mimarlık ve Modern Ahşap Sistemler” yazı dizisinden alınmıştır.

## **1.2. ARAŞTIRMANIN AMACI ve ÇALIŞMA YÖNTEMİ**

Her yapıyı kendine özgü kılan kararlar ağırlıklı olarak mimari forma bağlıdır. Mimari formun oluşumunda başlıca etken, yapı kabuğunun bir parçası olan, çatının şekillenişidir. Tasarım sürecinde mekana uygun üst örtü tasarlanabileceği gibi, bazen mekan üst örtüye göre gelişim göstermektedir.

Her türlü plan tipi, açıklık boyutu, geometrik arayış strüktürünün farklı biçimlenmesine neden olmaktadır. Bu çalışma tasarım sürecinde ahşap çatı strüktürünün hangi etkenler doğrultusunda biçimlendirildiğini belirlemeye yöneliktir.

Yukarıda amacı tanımlanan bu tezde izlenen yöntem veri toplama aşamasında elde edilecek teknik doküman ve her türlü yayının karşılaştırmalı biçimde incelendiği literatür araştırmasıdır. Uygulama olanaklarını ortaya çıkarmak amacıyla, söz konusu sistemi veya detaylandırma özelliğini açıklayan performans etkeni örnek bir yapı üzerinde incelenmiştir.

## **1.3. ARAŞTIRMANIN KAPSAMI ve SINIRLARI**

Bu çalışmada çatıyı oluşturan alt sistem bileşenleri sınıflandırılarak, ağırlıklı olarak geniş açıklıkların geçilmesinde kullanılan strüktür çeşitleri ve sistemler arasında oluşan farklılıkların nedenleri belirlenmektedir. Tez kapsamında strüktürü şekillendiren etkenler tespit edilmekte ve literatürde rastlanılan karakteristik örnekler üzerinde etkenlerin geçerliliği denenmektedir.

Bu çalışma dört aşamadan oluşmaktadır;

Tezin ilk aşaması bir bütün olarak çatıyı meydana getiren bileşenleri ve kavramları tanıtmaya yöneliktir. Çatı bileşenlerinde kullanılan strüktürel ahşap malzeme incelenmektedir.

İkinci aşamada çatı strüktürlerinin sınıflandırılmasıyla ilgili literatür açılımı ortaya konulmaktadır. Sistem bileşenleri detaylı bir biçimde anlatılmaktadır.

Bir sonraki aşamada bileşenleri biçimlendirmeyi sağlayan statik, teknolojik etkenler ve yapı fiziği etkenleri ele alınmıştır.

Çalışmanın dördüncü ve son aşamasında çatı strüktür bileşeni seçim yöntemi aşamaları ile ortaya koyulmaktadır. 3. bölümde elde edilen veriler doğrultusunda ahşap strüktürün tasarım etkenleri değerlendirilerek araştırma sonuçlandırılmaktadır.

## **2. ÇATI KURULUŞU İÇİN KURAMSAL ÇERÇEVE**

Çatı, belirli bir alanın üzerini, belirli bir strüktür düzeni ile kaplamak olarak tanımlanabilir. Örtünün gerçekleştirilmesinde en önemli etmen kaplanacak alanın genişliği, yani iç dayanaksız olarak geçilen açıklığın büyüklüğüdür. Tarih boyunca her yeni yapı kültürü, gittikçe daha büyük açıklıkları, daha kolay gerçekleştiren strüktür sistemleriyle geçmek çabasında bulunmuştur. Bir açıklığı aşmak, eldeki malzemenin imkanlarına göre aynı malzemedeki tek bir parça ile ya da birkaç malzemedeki yan yana getirilen çok sayıda parça ile gerçekleştirilir (Kuban, 1973, syf.34).

Konstrüksiyon, yapı bileşenlerinin bir plan doğrultusunda birleştirilerek bütünlük oluşturmasıdır. Çatıda konstrüksiyonu tamamlama amacıyla bir araya getirilmiş bir çok bileşen bulunmaktadır. Çatının işlevlerini bilmek kullanılması gereken bileşenleri ve bileşenlerin özelliklerini belirlemek açısından gereklidir.

### **2.1. BİR BÜTÜN OLARAK ÇATI ve İLGİLİ KAVRAMLAR**

Çatıyı meydana getiren konstrüksiyon malzemeleri ve bileşenler birbirini tamamlayacak şekilde çalışmakta, bu da çatıyı tüm işlevlerini göz önüne alarak tasarlamayı gerektirmektedir.

Çatı, kaplama, strüktür, yalıtım, montaj ürünlerinden oluşan alt sistemlere ayrılabilir. Bu ayrıma bağlı olarak bileşenlerden beklenen strüktürel ve konstrüktif özellikler bulunmaktadır.

### **2.1.1. Çatının Temel İşlevleri**

Çatı, yapı kabuğunun atmosfer etkileriyle ilk karşılaşan elemanıdır. Çatının yalıtım değeri iç ve dış ortam arasında fiziksel koşullarının kontrolünü sağlar. Çatının yalıtım sağladığı başlıca etkenler su, ısı, ışık (radyasyon) ve sestendir.

Çatı, yapı elemanı olarak üstlendiği görevler haricinde, yapının mimari dokuya uyumunu etkiler. Kaplama malzemelerine bağlı olarak renk ve doku özellikleriyle, çatı formuyla yapı karakteristiğini oluşturur. Ayrıca üzerinde kullanılabilir alan sağlayabilmek gibi mekansal işlevleri bulunmaktadır.

### **2.1.2. Çatıların Sınıflandırılması**

Çatılar, bir bütün olarak ele alındığında tipolojik açıdan geçilen açıklık, eğim ve form gibi ayırt edici özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Strüktür ve kaplama bileşenleri kendi içinde ayrıca sınıflandırılabilmektedir.

#### **2.1.2.1. Çatıların Geçilen Açıklığa Bağlı Olarak Sınıflandırılması**

Çatıları sınıflandırmayı sağlayan başlıca etken geçilen açıklıktan ileri gelmektedir. Bu nedenle ilk olarak açıklık türlerinin ayrımını getirmek daha doğrudur.

Basit açıklıkta, mekanın üst örtüsü malzeme kullanım sınırlarını zorlamadan çözülebilmektedir.

Çatının düşey yükleri doğrudan bir taşıyıcı döşemeye ya da duvarlara oturtulması yoluyla aktarılır (Toydemir, 2004, syf.27).

Geniş açıklıkta ise getirilecek üst örtü çözümü taşınan yük açısından, tasarım değerlerini şekillendiren önem arz etmektedir. Yapının üst örtü çözümünün öncelik açısından ilk sırada değerlendirildiği sistemlerdir. Açıklık büyüdükçe taşıyıcının mukavemet sorunlarını karşılamak adına kesit de büyümektedir. Fakat, büyük boyutlarda ahşap malzeme elde etmek zor ve maliyetlidir. Farklı ahşap birleşim yöntemleriyle bu açıklıklara yanıt verecek yapı bileşenleri çözümlenebilmektedir.

Geniş açıklıklı yapılar hareketsiz yükleri azaltabilmek için daha fazla malzeme etkinliği göstermektedir. Bu nedenle basit açıklık sistemleriyle kıyaslandığında daha hafif görünüm kazanmaktadır (Sandaker, 2008, syf.86).

### **2.1.2.2. Çatıların Eğime Bağlı Olarak Sınıflandırılması**

Çatı eğimi, çatı başlangıç düzlemi ile tepe noktası arasında kalan açıdır. Çatılar eğime bağlı olarak az eğimli, çok eğimli ve değişken eğimli olarak üç ayrı sınıfa ayrılırlar.

Eğimleri %25' in altında olan çatılar az eğimli çatılar olarak kabul edilir. Bu değer üzerinde eğime sahip olan çatılar ise çok eğimli çatılar olarak kabul edilir. Eğimleri çatı yüzeyi içinde farklılık gösteren çatılar ise değişken eğimli çatılar olarak kabul edilir.

Kubbe, tonoz ve kabuk gibi yüzeylerin eğimleri 0-90° arasında değişebildiğinden, bu tür yüzeyler bu gruba girer (Toydemir, 2004, syf.26).

### **2.1.2.3. Çatıların Forma Bağlı Olarak Sınıflandırılması**

Form kavramı, yer çekimine karşı duran her türlü nesne üzerinden tanımlanabilir. Form (biçim), yapı elemanlarının ve yapı bütününe sahip olacağı geometrik düzene denilmektedir.

Çatılar, yüzey kuruluşuna bağlı olarak teras çatılar, tek veya çok eğimli çatılar ve tek veya çok eğrilikli çatılar olmak üzere üç ayrı sınıfa ayrılırlar. Çatıların forma bağlı olarak sahip olduğu yöresel isimleri bulunmaktadır.

### **2.1.3. Çatı Bileşenleri**

Yapı elemanı, çeşitli yapı malzemelerinin ve/veya bileşenlerinin çeşitli yöntemlerle bir araya getirilmesi ile oluşan, mekan tanımlayan, en azından belli işlevi üstlenmiş olan büyük yapı parçaları olarak tanımlanır (Türkçü, 2004, syf.14).

Yapı bileşeni, her üç boyutu yapı yerine gelmeden önce belirlenmiş çok sayıda birimlerin tekrar tekrar kullanılmasıyla bir yapı elemanını oluşturan veya kaplayan biçimlendirilmiş yapı malzemeleri olarak tanımlanır (Türkçü, 2004, syf.13).

Bu kavramlar doğrultusunda incelendiğinde çatı bir yapı elemanıdır. Kaplama, yalıtım, strüktür ve montaj ürünleri ise çatı kuruluşunda kullanılan yapı bileşenleridir. Kaplama, kullanım ihtiyaçları ve atmosferik etkenlere bağlı olarak çatı eğimini, dolayısıyla çatı biçimini belirlemektedir. Aynı şekilde strüktür de montaj imkanlarına bağlı olarak kaplamanın seçiminde belirleyicidir. Bu nedenle çatı, strüktür ve kaplama bileşenleriyle bir bütün olarak tasarlanır. Yalıtım kaplamayı tamamlaması açısından kaplamanın devamı niteliğindedir. Montaj ürünleri ise kaplama ve strüktürün kendi içinde ve birbirleriyle bağlantılarında kullanılan tamamlayıcı bileşenlerdir.

### 2.1.3.1. Kaplama

Kaplama çatı konstrüksiyonunun en üstte yer alan tabakasıdır. Bu nedenle atmosfer etkileriyle ilk karşılaşan katmandır. Su geçirmemesi, güneş ışınlarına dayanıklı olması ve yapı yükünü arttırmaması kaplamadan beklenen özelliklerdir. Açıklığa ve forma bağlı olarak farklı strüktür sistemlerinde uygun kaplama malzemesi tercih edilmelidir. Çatının formu, eğimi ve açıklık boyutu farklı uygulama biçimine sahip kaplama malzemesi kullanımını gerektirmektedir.

Kaplama malzemeleri boyut olarak büyüdükçe, daha az eğimlerde kullanılabilirken, boyutları küçüldükçe daha dik eğimlerde kullanılmaları gerekir. Örneğin alüminyum trapezoidal çatı örtüsü %10 -12 minimum eğimde kullanılabilirken, bir kiremit en az %25 eğimde kullanılmak zorundadır. Bu farklılık, bu kaplamaların çatıya tespiti ile ilgili konstrüksiyonlarda da farklılığa neden olur (Toydemir, 2004, syf.63).

Kaplama malzemesi türünün strüktürün şekillenişinde etkili olması nedeniyle bu ürünlerin kullanım seçenekleri incelenmiştir.

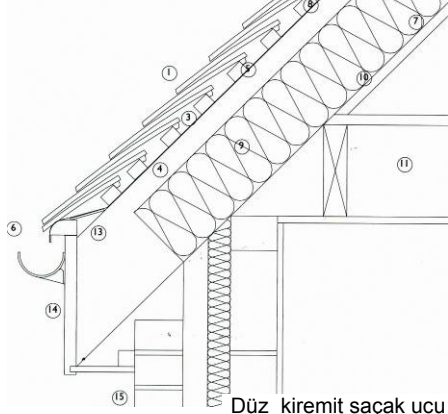
#### Kil Esaslı Kaplama Malzemesi

Boşluklu pişmiş seramik malzemeyle elde edilen kiremit türleri bu kapsama girmektedir. Eğimli ve basit açıklıklı çatılarda tercih edilir. Eğimin %20' den düşük tutulması durumunda yağışın tahliye olması zorlaşır ve çatıya zarar verir. Kiremitlerin tespit şekli kiremit türüne göre belirlenir (Şekil 2.1.) (Tablo 2.1.).

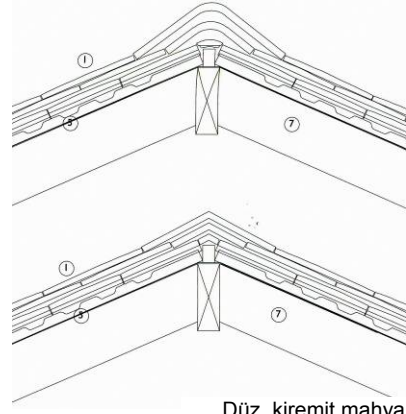
**Tablo 2. 1.** Değişik kiremit kaplama türlerine göre eğim değerleri (Toydemir, 2004, syf.64).

Kiremit türü (ad.)	Minimum eğim değeri (%)	Optimum eğim değeri (%)	Maksimum eğim değeri (%)	Ağırlık (kg)	1 m <sup>2</sup> çatı için gerekli kiremit (adet)	1 m <sup>2</sup> çatıya verdiği yük (kg)
Oluklu kiremit	25	30	40	2,4	16	40
Düz kiremit (tek kat)	60	100	170	2,0-2,1	40	80
Düz kiremit (çift kat)	40	100	170	2,1	44	88
Roman tipi	25	30-33	65	3,0	13	39
Marsilya tipi	25	30-33	65	2,5	15	37,5



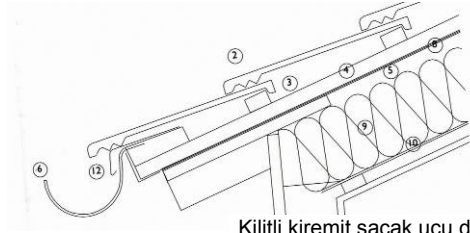
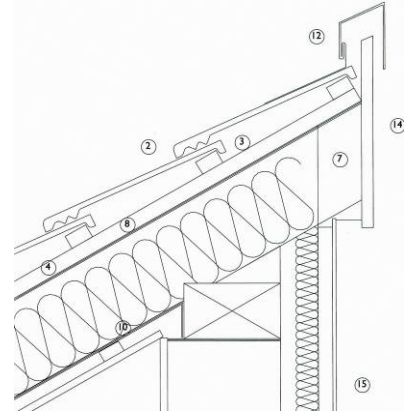


Düz kiremit saçak ucu detayı



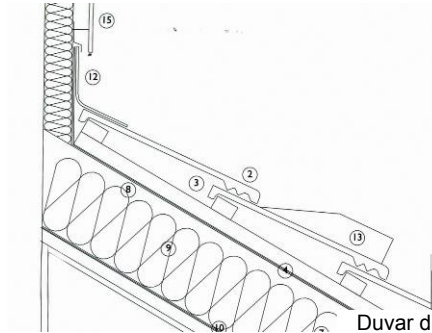
Düz kiremit mahya detayı

- |                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| 1) Düz kiremit             | 9) Isı yalıtımı   |
| 2) Kilitli kiremit         | 10) Buhar tutucu  |
| 3) Lata                    | 11) Ahşap kiriş   |
| 4) Kaplama tahtası         | 12) Metal etek    |
| 5) Keçe                    | 13) Havalandırma  |
| 6) Oluk                    | 14) Alın tahtası  |
| 7) Ahşap mertek            | 15) Dış duvar     |
| 8) Buhar geçirimli membran | 16) Mahya başlığı |

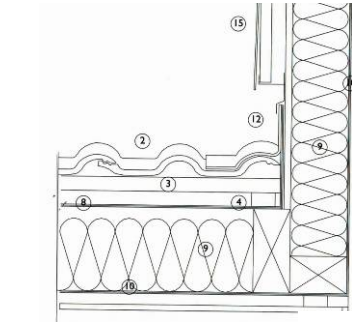


Kilitli kiremit saçak ucu detayı

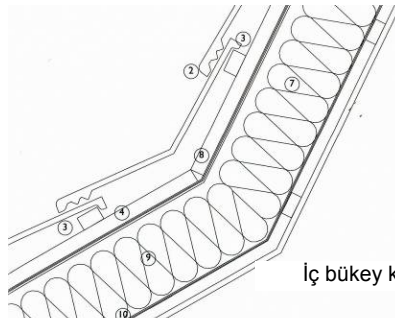
Kilitli kiremit bitiş detayı



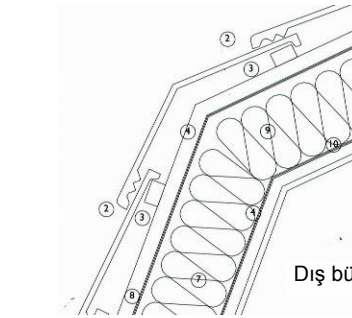
Duvar dibi detayı



Dik kesiti



İç bükey kullanım



Dış bükey kullanım

**Şekil 2. 1.** Düz ve Kilitli (Marsilya tipi) kiremit kaplaması uygulama detayları (Watts, 2005, syf. 142-145).

## Bitüm Esaslı Kaplama Malzemesi

Shingle, ondüle ve bitüm esaslı levhalardan oluşur. Mambran, mastik asfalt olarak bilinen yine bitüm esaslı yalıtım malzemesinin tek başına hem kaplama, hem yalıtım görevi gördüğü uygulamalar bulunmaktadır. Bitüm esaslı malzemeler aşırı sıcak iklimlerde genleşebilir.

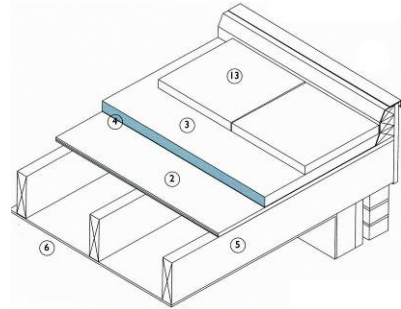
Bitümlü Shingle Kaplama emprenye edilmiş cam tülü taşıyıcılı okside bitüm gövdeli polimer çatı kaplama malzemesidir. Bu kaplama malzemesi, okside bitüm gövde üzerine renkli granül mineral kaplama veya bakır folyo yapıştırılmasıyla oluşturulur (Okutan, 2007, syf.38).

OSB gibi düz bir zemin üzerine montajı yapılır. Hafif bir malzeme olması ve değişik eğimlerde kolayca uygulanabilmesi açısından avantajlıdır. Yırtılma dayanımının düşük olması işçiliği zorlaştırır.

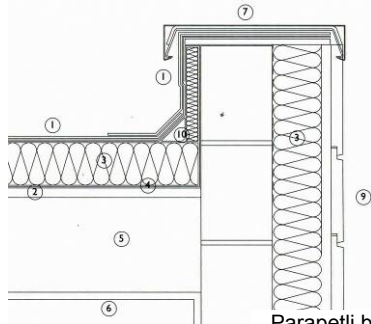
Ondüle levha shingle malzemeye göre daha kalın kesite sahiptir, yırtılma ihtimali düşüktür. Levha tipi kullanımlarda ise daha büyük boyutlarda eleman kullanılması bini işlemlerini kolaylaştırmaktadır.

Çatı eğim ve formu kullanılabilecek bitüm esaslı kaplama türünü belirler. Shingle kaplama istenilen eğim ve eğikliğe sahip çatıda kullanılabilir. Ondüle levha ise yine eğimli çatılarda kullanılsa da eğiklik konusunda shingle kadar uyum göstermez. Bitüm esaslı levhalar düz çatılarda kullanılabilir (Şekil 2.2.).

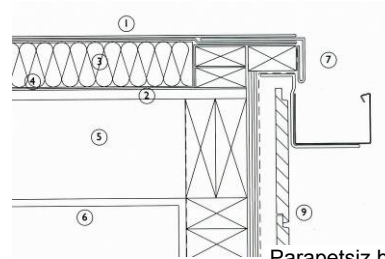
- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1) Bitüm esaslı levha | 9) Dış duvar                               |
| 2) Kontrplak levha    | 10) Eğik silme                             |
| 3) Rijit ısı yalıtımı | 11) Yaka                                   |
| 4) Buhar tutucu       | 12) Su çıkışı                              |
| 5) Ahşap kiriş        | 13) Bitüm levha üzerine kaplama uygulaması |
| 6) İç kaplama         |  |
| 7) Metal etek         |  |
| 8) Ters kiriş         |  |



Pespektif



Parapetli bitiş detayı



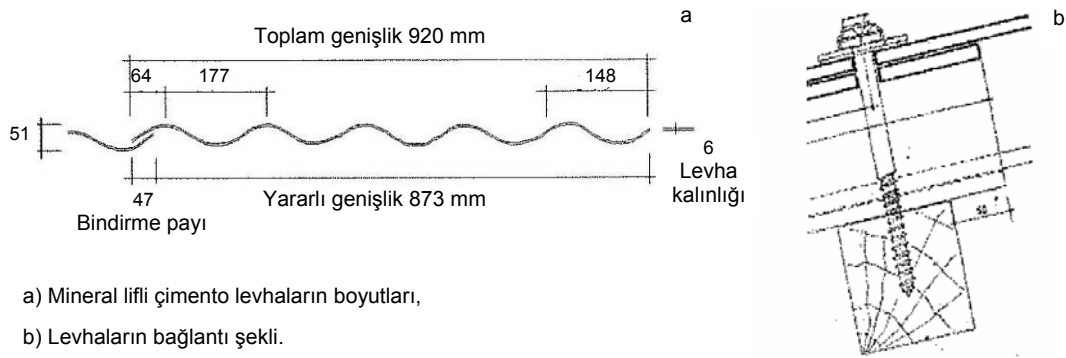
Parapetsiz bitiş detayı

**Şekil 2. 2.** Bitüm esaslı kaplama uygulama detayları (Watts, 2005, syf. 132-141).

### Mineral Lifli Çimento Esaslı Kaplama Malzemesi

İçeriğinde %85 civarında çimento ve %15 civarında kritzol denilen asbest türü bulunduran kaplama türüdür. Düz ya da dalgalı (ondüle) levha biçimlerinde üretilen bu çatı kaplamaları düz olmaları halinde 5 mm kalınlıkta, 200 x 400 mm ya da 400 x 400 mm boyutlarında, oluklu olması durumunda ise 1250-2000-2200-2500-3000 mm uzunluğunda ve 920 mm genişliğindedir. Minimum %10, optimum %15-20, maksimum sonsuz eğimlerde kullanılır (Toydemir, 2004, syf.67) (Şekil 2.3.).

Hafif olmasının yanında dayanımı yüksek, ısıl genleşme katsayısının düşüklüğüne bağlı olarak yüksek sıcaklıklarda bile değişme göstermeyen bir malzemedir. İstenilen eğimde ve açıklıkta çatılarda kullanılabilir. Rasyonel olmayan çatı formlarına uyum sağlamayabilir.



**Şekil 2. 3.** Mineral lifli çimento esaslı kaplamanın ebatları ve montaj şekli (Okutan, 2007, syf. 56).

### Metal Kaplama Malzemesi

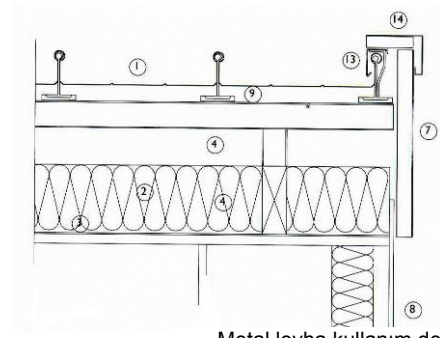
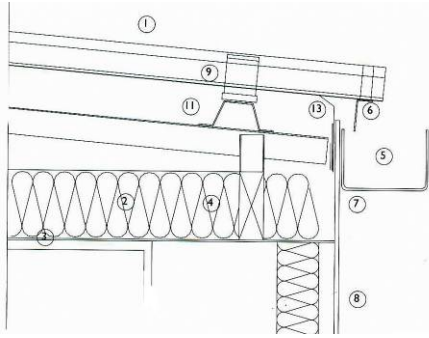
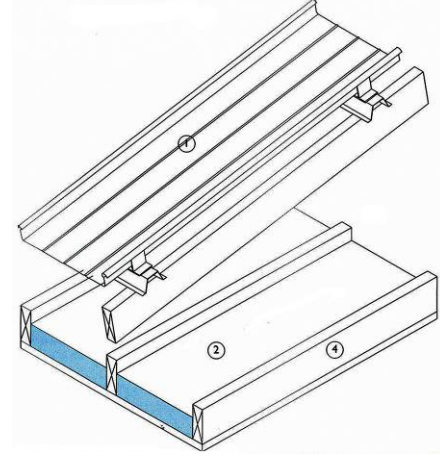
Her çeşit forma sahip çatıya uyum sağlayabilen kaplama türüdür (Şekil 2.4.). Genleşme durumunda boyut değişikliğini en aza indirmek açısından eni ve boyu doğrultusunda genleşme derzleri oluşturulur. Bu kaplama türünün avantajı %8-10' luk düşük eğimlerde de sorunsuzca kullanılabilmesidir. Çinko, bakır, alüminyum, galvanize sac veya çelik ile oluşturulur.

Çinko çatı kaplaması %10' dan sonsuz eğime kadar kullanılabilen, 0.50 - 0.95 mm kalınlığında, 1.0 x 2.0 m boyutlarında levhalarla oluşturulmaktadır (Toydemir, 2004, syf.70).

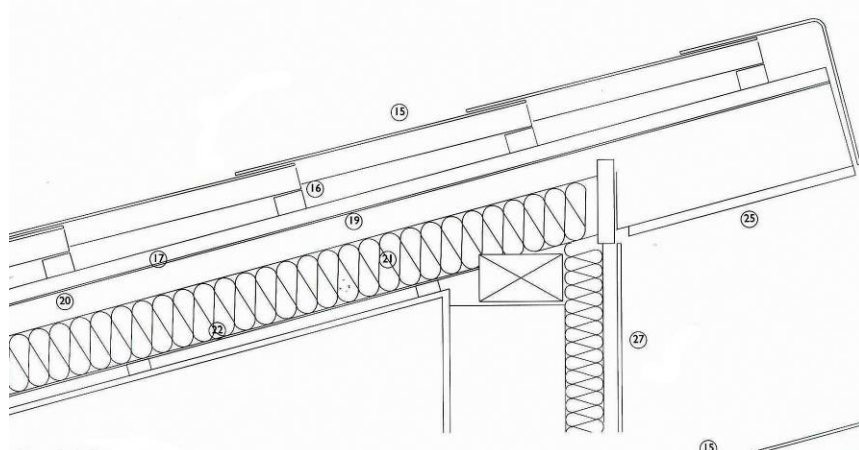
Çatı yüzeyi her iki doğrultusunda boyutları levha boyutuna ve birleştiriliş şekline göre belirlenen modüllere bölünür.

Alüminyum çatı kaplaması düz levha, şekillendirilmiş levha ya da sandviç panel şeklinde kullanılmaktadır. Düz levha şeklindeki kullanımı çinko çatı kaplamasına benzer şekilde yapılmaktadır.

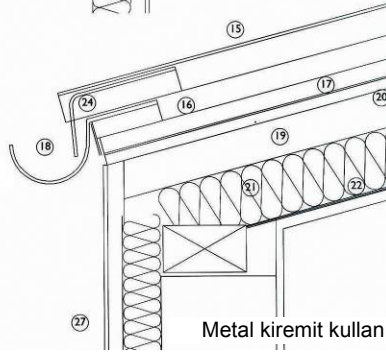
- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1) Dik kenet levha           | 8) Dış duvar                   |
| 2) Isı yalıtımı              | 9) Metal levha tespitli destek |
| 3) Buhar tutucu              | 10) Kiriş alt yüz kaplaması    |
| 4) Ahşap kiriş               | 11) Metal mesnet               |
| 5) Katlanmış metal oluk      | 12) Mahya aşığı                |
| 6) Katlanmış metal yağmurluk | 13) Metal etek                 |
| 7) Saçak bordür levhası      | 14) Parapet yakası             |



Metal levha kullanım detayları



- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 15) Metal kiremit           | 21) Isı yalıtımı            |
| 16) Kaplama tahtası         | 22) Buhar tutucu            |
| 17) Buhar geçirimli membran | 23) Döşeme kirişi           |
| 18) Oluk                    | 24) Metal etek              |
| 19) Ahşap mertek            | 25) Kiriş alt yüz kaplaması |
| 20) Havalandırma boşluğu    | 26) Saçak bordür levhası    |
|                             | 27) Dış duvar               |



Metal kiremit kullanım detayları

Şekil 2. 4. Metal kaplama uygulama detayları (Watts, 2005, syf. 132-141).

Alüminyum çatı kaplamalarının yaygın bir türü de, genişliği 58 cm, boyu 30 - 40 m olan, şekillendirilmiş çatı kaplamalarıdır. Bu çatı örtüsü, eğime paralel olarak 50 cm aralıklarla eğim doğrultusundaki ahşap kirişlere oturtulan latalara kırlangıç kuyruğu şeklinde tespit elemanları yardımıyla sabitlenir. Tespit işi bir taraftan başlanarak ve alüminyum levhanın kırlangıç kuyruğu kısmı açılarak, metal tespit elemanlarına geçirilerek yapılır. Bu sistemde eğime dik doğrultuda alüminyum levhanın tespit elemanına geçirilmesi dışında bir tespit gerekli değildir. Alüminyum çatı kaplamasının özel şekli nedeniyle tespit elemanı ile alüminyum levha arasında fark vardır, bu da sistemin rahatça genişlemesine olanak verir (Toydemir, 2004, syf.70).

Sandviç panel şeklindeki kullanımlarda, değişik profillerde üretilen panellerin, üst yüzleri alüminyum trapezoidal, alt yüzleri ise levha olarak oluşturulmaktadır. Yalıtım değerini arttırmak amacıyla, panellerin orta kısmında poliüretan köpük bulunabilir.

Sac çatı kaplaması dalgalı (ondüle) galvanize levha ve panel kiremit şeklinde kullanılmaktadır. Levha kullanımlarda çizilme sonuca korozyon sorun oluşturmaktadır.

Boyutları 87.5 x 200 cm ve sac kalınlığı 0.3 - 1.25 mm olan kendini taşıyan sac çatı kaplama malzemesi ancak geçici ve önemsiz yapılarda kullanılır (Okutan, 2007, syf.81).

Panel kiremitler ise, birkaç adet galvanize çeliğin yan yana getirilerek preslenmesi sonucu oluşturulur. Tespit işlemi mertekler üzerine zıt yönde çakılan kadronlara panel kiremidin alt kısmından çivilenerek yapılır.

#### *Polimer Esaslı Kaplama Malzemesi*

Plastik malzemelerden gerekli durumlarda saydam olarak elde edilebilen kaplama malzemeleridir. Farklı türevleri içinde poliester (CTP: cam takviyeli plastik) kolaylıkla şekillendirilmesine bağlı olarak kabuk sistemlerin örtülmesinde uygulanabilmektedir.

#### *Cam Kaplama Malzemesi*

Çatılarda ışık almayı gerektiren durumlarda kullanılan başlıca kaplama malzemesidir. Türkiye koşullarında kullanımında dikkat edilmesi gereken nokta direkt ışık alımında sera etkisi oluşturmalarıdır.

Temperlenmiş, dalgalı, trapezoidal cam ve cam kiremit şeklinde kullanımları bulunmaktadır. Ahşap strüktür bileşenlerine direkt bağlantıları yapılmaz, cam birleşme noktalarında metal bağlantı ürünleri bulunur.

### 2.1.3.2. Yalıtım

Çatı kuruluşunda ısı, su, nem ve sese karşı önlem almak amacıyla yalıtım uygulaması yapılmaktadır. Enerji etkinlik arayışı ısı yalıtımını çatı konstrüksiyonunda en dikkat edilen unsur haline getirmiştir.

Isı yalıtımı için geniş bir malzeme seçeneği bulunmaktadır. Bunlar doğal/yapay malzemeler olabilirler. Sert yani kendini taşıyabilen veya yumuşak (esnek), bırakıldığında/üzerine az yük geldiğinde dahi konumunu koruyamayan ısı yalıtım malzemeleri vardır. Bilinen türlere örnek olarak, heraklit, polistiren köpük, genleşmiş mantar plakalar, cam yünleri, serbest dökülmüş cüruf vs. gösterilebilir (Türkçü, 2004, syf.223).

Bir diğer yalıtım türü ise su etkisine karşı çatıyı ve yalıtım tabakasının kendisini korumak amacıyla uygulanmaktadır.

Buna paralel olarak, alt hacimdeki su buharının sıcak çatı katmanlarının altından dışarı atılması buhar dengesi ve buhar kesicilerin çatıyı çevreleyen parapet duvarları kenarlarından sağlanır. Çok büyük yüzeyli çatılarda ise su buharının bunlara ek olarak yeterli miktarda buhar havadanlıkları ile dışarı atılması doğru bir çözüm yoludur (Toydemir ve diğerleri, 2000, syf.272).

Çatılarda hava sesi ve darbe sesi kaynaklı gürültüler söz konusu olabilir. Üzerinde yürünen düz çatılarda darbe sesi ve hava sesi etkili olurken, üzerinde yürünmeyen çatılarda daha çok hava içinde yayılan gürültüye karşı önlem gerekecektir. Darbe sesine karşı yalıtımda yüzen döşeme uygulaması doğru olacaktır (Türkçü, 2004, syf.223).

Ses yalıtımının ön planda olduğu konser salonu, tiyatro, sinema, toplantı merkezi gibi mekanlarda ahşap yalıtım amaçlı kullanılabilir.

Ahşap pano, kontrplak levha, talaş levha benzeri ahşap elemanlar, kaplama olarak kullanıldıklarında, alçak frekanslı sesler açısından gerekli yutuculuğun önemli bir bölümünü sağlayabilmektedir. Söz konusu elemanların titreşen levha niteliği taşıyabilmesi için yapı elemanı ile arasında belli bir hava boşluğunun bulunması (lata vb. üzerine levhaların tespiti ya da asma sistemlerle gerekli hava boşluğu sağlanabilir) ve esnek tespitin sağlanması önem taşır. Levha niteliğindeki gereçlerde yutulma açısından, boyutlara bağlı frekans seçiciliği olacağından, ahşap levhaların da, özellikle geniş alanlarda, hep aynı boyutta kullanılmaları gerekir (Akdağ, 1998, syf.47).

### 2.1.3.3. Strüktür

Kaplamanın tespitini ve taşınmasını sağlayan, dolayısıyla açıklığın geçilmesini sağlayan bileşenlerdir.

Strüktür Latince kökenli bir sözcük olup "structura, structus, struere" sözcüklerinden türemiştir ve üst üste yığmak, inşa etmek anlamına gelmektedir. Günümüzde "yapı" ya eş anlamlı kullanımları olmasına karşılık "taşıyıcı sistem" sözcüğü tam karşılığı olarak kabul edilmektedir (Bayülgen, 1985, syf.4).

Strüktür, konstrüksiyon bileşenlerinin oluşturduğu formu sağlayan taşıyıcı düzen olarak ta tanımlanabilir. Bir yapı sisteminin kuruluşunda strüktür ve strüktür uyarınca yapı bileşenlerinin bir bütünlük içinde bir araya gelmesi gereklidir.

Strüktür kavramı yalnızca taşıma sistemi ile ilgili sorunları değil aynı zamanda birleşenlerin örgütlenmesi sonucu ortaya çıkan yapısal bütünlüğe ilişkin konuları da kapsamaktadır. Tasarım açısından strüktürel bir oluşuma etki eden en önemli etkenlerden birisi yerçekimidir. Mekan oluşturmada yerçekimi etkeni "açıklık geçme" sorununu doğurmaktadır. Sistemi oluşturan elemanların biçimi, malzemesi, sistem içerisindeki konumu ve konstrüktif bağlantıları sistemin taşıyıcılığına doğrudan etki etmektedir (Yurtsever, 1998, syf.86).

#### Ana Strüktürler

Çatı kuruluşunda açıklık geçme amaçlı kullanılan bileşenlerdir. 3. bölümde strüktür türlerinin sistem içindeki konumu kapsamlı olarak ele alınmaktadır. Ana strüktür türleri aşağıdaki şekilde tanımlanabilir.

*Kiriş*, boyu doğrultusundaki eksenine dik kuvvetleri düşey taşıyıcılara ileten, eğilmeye dayanıklı bileşendir.

*Makas*, basınç ve çekme çubuklarından oluşan çerçevedir.

*Kemer*, yay şeklinde kurulan çerçevedir.

*Çerçeve*, düşey ve yatay taşıyıcıların bir bütün halinde çalıştığı, iki veya daha çok parçadan oluşan bileşendir.

*Kafes kiriş*, basınç ve çekme çubukları ve çubukları bir arada tutan düğüm elemanlarından oluşan bileşendir.

*Eğri kiriş*, kemer, kubbe ve hipar yüzeyleri oluşturmak üzere bükülmüş bileşendir.

*Levha*, bir boyutu öteki iki boyutuna göre çok küçük olan ve düzlemine dik yükler uygulanmış bileşendir (Hasol, 2005).

### Tali Strüktürler

Ana strüktürleri birleştirmeyi ve desteklemeyi sağlayan bileşenlerdir.

*Dikme (baba)*, makaslarda kullanılan kiriş yükünü yanlamalarla gergiye ileten, çekmeye çalışan düşey bileşendir.

*Yanlama (makas kirişi)*, dikmenin yüklerini mesnetlere ileten eğik, basınca çalışan bileşendir. Makas türüne bağlı tek, çift, eğri kullanımları bulunmaktadır.

*Kuşaklama*, makasın bütün olarak çalışmadığı durumlarda, dikmenin stabilitesini sağlamak amacıyla, kirişlere dik doğrultuda dikmenin iki yanına ve tali kirişlere bağlanan bileşendir.

*Göğüsleme*, makasta oluşacak yanal hareketleri engellemek amacıyla kullanılan bileşendir. Kiriş ve dikme arasında 30-45° arasında açıyla bağlanarak stabilite sağlar.

*Diyagonal*, çoklu açıklıklı makasta, dikmeler arasında eğik olarak bağlanarak makasa stabilite kazandıran bileşendir.

*Gergi*, makasın alt kısmında, yatay konumda yer alan, makasın açılmasını engelleyen, çekmeye çalışan bileşendir.

*Rüzgar bağlantıları*, kirişler arasına çapraz olarak bağlanan açmayı engelleyerek stabilite kazandıran bileşendir.

Bu bileşenlerin haricinde örtünün montajını yapmak için düz yüzey elde etmek gerektiği veya kaplama görünümünün mekan içinde algılanmasının estetik açıdan rahatsız edici olduğu durumlarda *kaplama tahtası* da konstrüksiyonun bir parçasını oluşturmaktadır.

#### **2.1.3.4. Montaj Ürünleri**

Kaplamayı strüktüre bağlayan ve strüktür bileşeninin kendi içinde ve düşey düzlem ile birleşiminde kullanılan birleştirici ürünlerdir. Bağlantılar ağırlıklı olarak, metal esaslı birleştiricilerle oluşturulmaktadır (Şekil 2.5.-2.6.).

*Çivi*, çatı kuruluşunda kullanılan en eski bağlantı ürünüdür. Nervürlü, yivli, çentikli türleri bulunan daire kesitli türleri bulunur (Şekil 2.5.a.). Çiviyle oluşturulan bağlantılarda çivi aralıkları ve sayısının hesabı önemlidir.

Çivi sayısı, aktarılacak yükün, tek çivinin aktarabileceği yüke bölünmesiyle elde edilir. Çiviler, yer alacakları eksen çizgileri çizildikten sonra şaşkırtmalı olarak çakılır. Böylece çivilerin aynı hizaya gelmesi ve ahşabın bir eksen boyunca yarılmaması önlenmiş olur (Toydemir, 2004, syf.59).



*Plaka çivi*, çivinin tekil kullanımında oluşan zorlukları çözmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Tek bir plaka üzerinde yer alan çiviler belli aralıklarla, eksen boyunca şaşırtılarak oluşturulmaktadır (Şekil 2.5.c.).

*Vida*, delme yoluyla kullanılan ürünlerdendir. Vidanın kesici kısmının uzunluğu delebileceği malzeme kalınlığını belirler.

Taşıyıcı ahşap birleşimlerinde vida çapı  $dv < 10$  mm ise en az 4 vida,  $dv > 10$  mm ise en az iki vida bulunmalıdır. Lif doğrultusuna paralel durumdaki vidalar taşıyıcı olarak hesaba katılmamalıdır (Avlar, 1995, syf.141).

*Bulon (civata-somun)*, çivinin yetersiz kaldığı kesit kalınlıklarında kullanılır. Bulon, civata ve somundan meydana gelen çelikten yapılmış bir birleşim elemanıdır (Şekil 2.5.b.). Bulonu diğer bileşim elemanlarına göre ayırt edici kılan özelliği sökülebilir olmasıdır.

Bulonlarla yapılan birleşimlerde bulon, kayma yüzeyine dik durumda ve eğilmeye çalışan bir elemandır. Bulonlar ahşapta önceden açılmış, çaplarına uygun veya en çok 1 mm kadar büyük boyutlu deliklere yerleştirilmelidir (Avlar, 1995, syf.140).

*Çubuk kamalar*, ucu başı olamayan kurşun kalem gibi uzunluğu yaklaşık olarak birleştirildiği parçaların toplam kalınlığı kadar yapılan önceden açılmış ve kendi çapından 0.2 - 0.5 mm kadar daha küçük çaplı deliklere yerleştirilen daire kesitli çelik çubuklardır (Duman, 1988, syf.83).

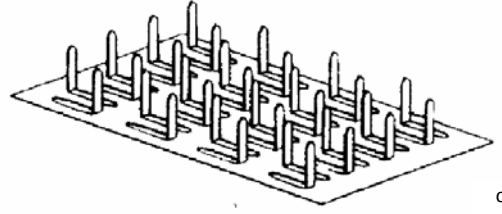
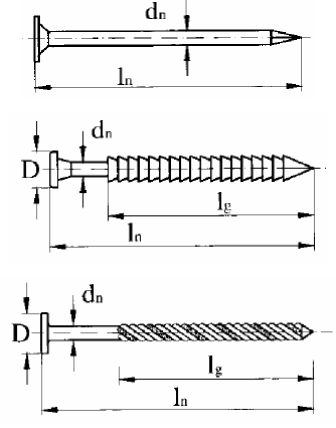
*Disk dübel kamalar*, montaj şekline bağlı olarak oturtma kamalar ve çakma-gömme kamalar olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Şekil 2.5.d.).

Önceden matkap ve freze ile açılmış yuvalara oturtulanlara "oturtma kamalar", yerlerine basınç ile yerleştirilenlere de "çakma veya gömme kamalar" denir. Bütün kama türlerinde kama ile birlikte, kamanın devrilmesini önlemek için bir de bulon kullanılır (Duman, 1988, syf.100).

Birleştirme vasıtası olarak kamaların kullanılması halinde elde edilen birleşim rijit birleşim değildir. Yükleme durumunda derzlerde az çok kaymalar meydana geleceğinden mukavemet momentinde ve sehim tayininde kullanılan atalet momenti değerinde belli bir azaltma yapılması gerekmektedir (Erşen, 1976, syf.23).

*Metal plakalar*, dikme, kiriş veya diyagonallerin birleşim noktalarında, bağlantı yüzeyini artırmak amacıyla kullanılır. Köşebent veya askı şeklinde kullanılan farklı türevleri bulunmaktadır.

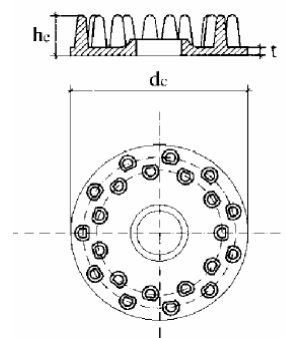
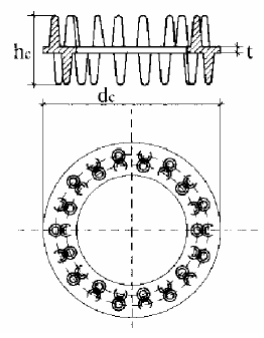
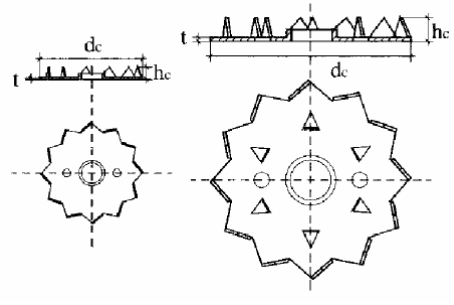
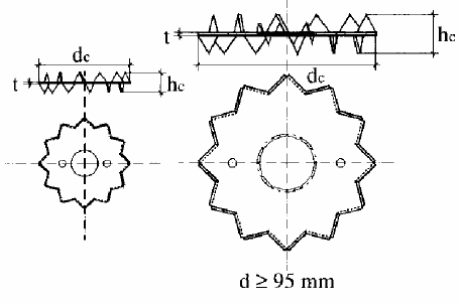
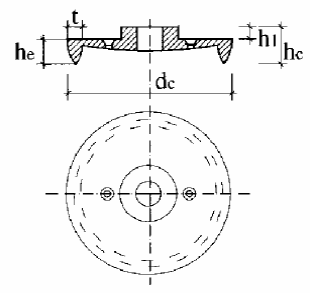
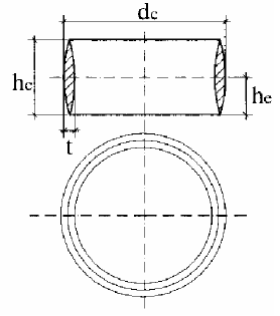
*Ankraj ürünleri*, sistemin yüklerini aktarabilmesi ve mukavemetini koruması açısından düşey düzleme sabitlemeyi sağlar.



a

b

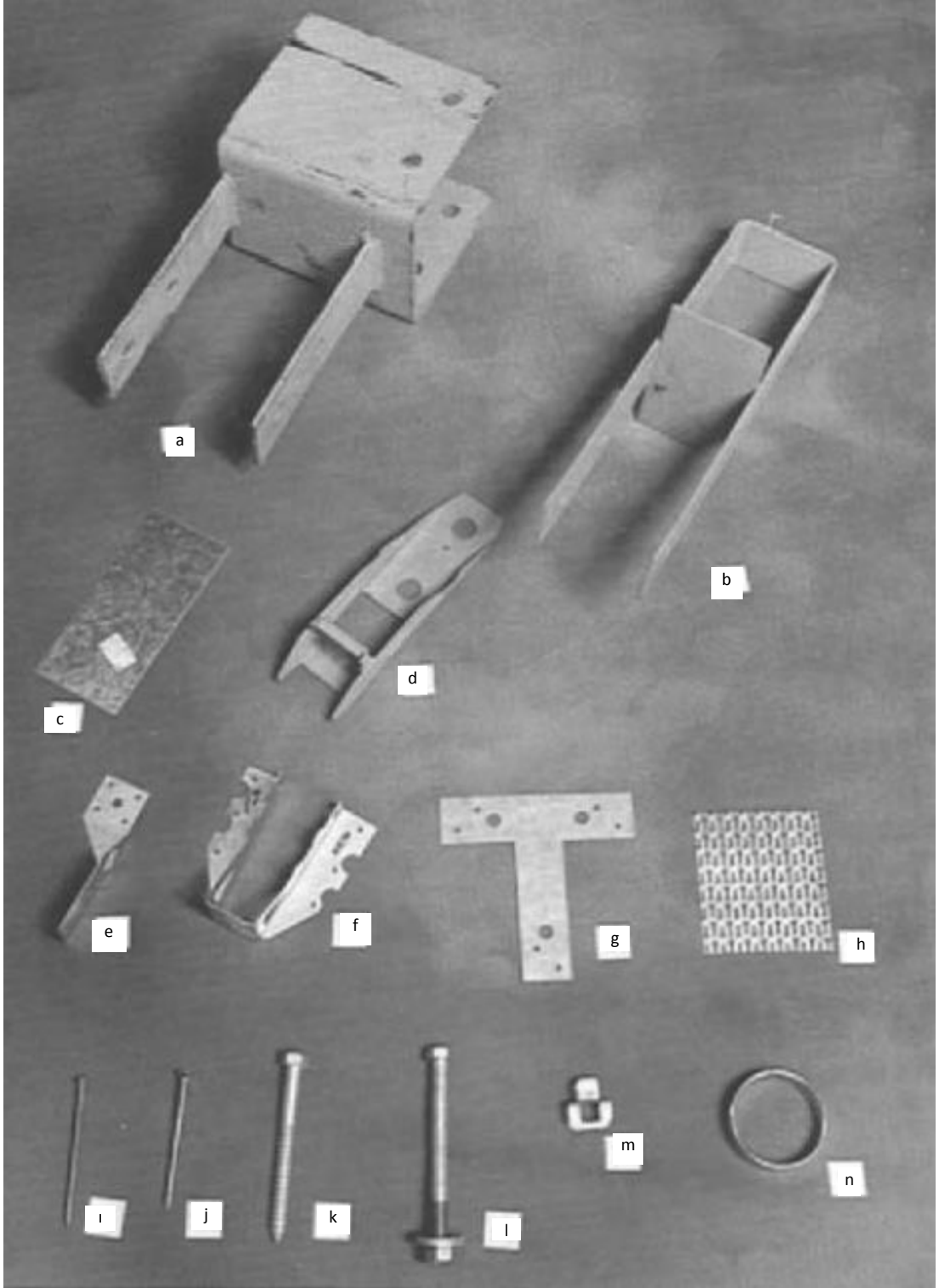
c



d

**Şekil 2. 5.** Bağlantı ürünleri ve profilleri (Colling, 2008).

- a) Çivi,
- b) Bulon,
- c) Plaka çivi,
- d) Tek taraflı veya çift taraflı disk dübel kama.



**Şekil 2. 6.** Bağlantı ürünlerinin bir arada görünümü (Williamson, 2002, syf. 83).

a)Dikme başlığı, b) Dikme ayağı, c) Makas levhası, d) Bitiş levhası, e) Köşebent, f) Askı elemanı, g) T-plaka, h) Dişli yaprak-levha plaka, i) Çivi, j)Vida, k) Tirfon vida, l) Cıvata-somun, m) Kontrplak çitçiti, n) Disk dübel kama.

## 2.2. ÇATI STRÜKTÜRÜNDE AHŞAP MALZEME KULLANIMI

*Ahşap*, canlı bir organizma olan ağacın meydana getirdiği lifli, heterojen ve anti-izotrop özelliğe sahip bir tür polimer malzemedir (Eriç,1977, syf.111).

Ahşabın Dünya' da çağdaş malzeme olarak kabul edilişi endüstri devrimi sonrasındaki döneme denk düşmektedir.

Büyük Modern Mimarlık öncülerinin adeta saplantısal bir amaca dönüştürdüğü yeni malzemeleri kullanma kaygısı nedeniyle, ahşap uzunca bir süre çağdaş mimarlık dünyasının tercihleri içinde ikinci planda kalmıştır. 1920 ve 30' larda Mies van der Rohe, Le Corbusier ve Gropius gibi, çağdaş tekniklerin mimarlık içindeki anlatımını idealize eden tasarımcılar, ahşabın endüstri çağına yakışmadığını düşünmüşlerdi. Bu genel görünüm içindeki tek istisna Alvar Aalto' ydu. Aalto yapılarında ahşaba ağırlık vererek kendine özgü bir başka Modernizm yaratacağı. Böylelikle ahşabı Modernist ifadeye yabancılaştıran eşik aşıldı (Can, 1994, syf.120).

Modern mimaride ahşabın kullanılması kadar, ahşap yapı geleneğine sahip her ülke için ne şekilde kullanıldığı da önem taşımaktadır. Türkiye koşullarında çağdaş üst örtü sistemlerinde ahşap ya gelenekten gelen hiçbir iz taşımadan kullanılmaktadır, ya da kullanılmamaktadır. Bir dönem aynı sorunu yaşamış ülkelerden biri olan Finlandiya' da geliştirilerek getirilen ahşap çözümler için Asko Takala' nın yorumu şu şekildedir;

Ahşabı geleneksel yöntemlere göre kullananlar da var, geleneksel atmosferi koruyarak yeni çözümler arayanlar da. Bunlar kopya etmiyor, tümüyle yeni bir şeyler yaratmak istiyorlar. En zor olanı da bu, çünkü bazen mimarlar ahşabın gereklerini unutuyor ya da bilmiyorlar. Yeni çözümler sunarken ne yaptığınızı tam olarak bilmelisiniz. Bugün ahşap kullanımında bazı katı kuralların artık aşıldığını düşünüyorum. Örneğin, eğer bir binada ahşap kullanılıyorsa, her şey ahşap olmalı diye bir bağlayıcı hüküm yok. Şimdilerde insanlar çeşitli birleşimleri deniyor; ahşabı başka malzemelerle, çelik ve betonla birlikte kullanıyorlar. Neleri nasıl vurguladığınıza ve ahşabı nasıl kullandığınızıza bağlı. Sanırım en önemlisi çözümün gerçek ve kimlikli olması. Taklit olmamalı (Ahunbay, 1995. syf.72).

Ahşabın üst örtü sistemi için seçilebilecek temel malzemelerden oluşu strüktürel ve konstrüktif amaçlı kullanıma uygunluğundan kaynaklanmaktadır.

## 2.2.1. Ahşap Malzemenin Strüktürel Amaçlı Kullanımını Etkileyen Faktörler

Ahşap malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri strüktürel amaçlı kullanımında belirleyicidir. Mekanik özellikler, ahşap malzemenin strüktürel açıdan dayanımını göstermektedir. Fiziksel özellikler, ahşap malzemenin yapı konstrüksiyonunun bir parçası olması nedeniyle önem taşımaktadır. Yapı kabuğunun sahip olması gereken yalıtım değerlerinin sağlanmasında fiziksel özellikler etkilidir.

### 2.2.1.1. Mekanik Özellikler

Dış kuvvetler ve yüklemeler karşısında ahşap malzemenin davranışı mekanik özellikler olarak tanımlanmaktadır. Ahşap malzemenin başlıca mekanik özellikleri arasında çekme, basınç, makaslama, eğilme, sertlik, şok ve yarıлма direnci yer almaktadır.

Ağaç türüne bağlı olarak üst örtüde kullanılabilen ahşap türleri mekanik özellikler açısından farklılık gösterir (Tablo 2.2.).

**Tablo 2. 2.** Ahşap türlerinin mekanik özellikleri açısından karşılaştırılması (Batur, 2004).

Ahşabın Mekanik Özellikleri		Ağacın Türü					
		İğne Yapraklı		Geniş Yapraklı Ağaçlar			
		Çam	Kök nar	Kavak	Kayın	Meşe	Gür gen
Çekme (N/mm <sup>2</sup> )	liflere paralel:	104	62	-	66	90	135
	liflere dik	2.1	1.5	1.7	2.3	4	2-1.5
Basınç (N/mm <sup>2</sup> )	liflere paralel:	37.9	37. A	40	36.5	61	66
	liflere dik:	4.6	4.5	2.7	12	11	12
Makaslama	Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	3.6	4.6	-	5.4	11	7.4
Eğilme	Direnci (N/mm <sup>2</sup> )	64 B	73	-	67	96	130
Elastiklik Modülü (kg/cm <sup>2</sup> )		102	83		125	117	162
Sertlik		Yumuşak		Yarı Sert	Çok Yumuşak	Sert	
Şok Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )		0.5	0.60	-	0.75	075	0.82
Yarıлма Direnci (kg/cm <sup>2</sup> )		5 1	2.2	-	-	-	-

### Basınç Direnci

Ahşabın liflerine paralel veya dik yönde onu ezmeye veya sıkıştırmaya çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği dayanımdır.

Ağacın nemli olması basınç dayanımını olumsuz yönde etkiler. Hücre zarı kalın ve sıkı olan, dokusu sağlam ağaçların basınç dayanımı yüksektir. Sert ağacın basınç dayanımı yumuşak ağaçtan, iç odunun basınç dayanımı dış odundan fazladır. Basınç dayanımını çok etkileyen faktörlerden biri de ahşabın elyaf yönüdür, liflere paralel uygulandığında direnç zayıftır, ancak liflere dik uygulamada boru biçimindeki hücreler birer kolon görevi gördüğü için direnç oldukça fazladır, en zayıf dayanma basınç dayanımı ise elyafa eğik yöndeki zorlamalarda görülür (Karabulut, 2000, syf.30)

Kırılmaya , hem çeperleri oluşturan lignoselüloz maddesi, hem de boruları birbirine yapıştıran pektoselüloz maddesi karşı koyar. Direnç yüksektir, fakat pektoselülozun jel karakteri yüzünden ahşaptaki su miktarının direnç üzerine önemli etkisi vardır. (Avlar, 1995, syf.24).

### Çekme Direnci

Ahşabın liflerine farklı yönlerde etki eden ve lifleri koparmaya, ayırmaya çalışan iki kuvvete karşı gösterilen dayanımdır.

Kopma lignoselülozda olur. Bu nedenle direnç çok yüksektir ve ahşaptaki su miktarının önemli etkisi yoktur. Ancak çatlak, yarık, budak gibi kusurların direnci düşürmesi beklenir. Bu direnç çatı makaslarında önem kazanır. Ayrıca ahşabın liflerine dik, ters yönde etki eden ve lifleri ayırmaya çalışan iki kuvvete karşı ahşabın gösterdiği bir direnç vardır (Avlar, 1995, syf.25).

Çubuk elemanlarla oluşturulan kafes kirişlerde veya çatı makaslarında çekme kuvvetine maruz kalan çubuk elemanlarda liflere paralel yönde çekme kuvvetleri karşılanmalıdır. Özellikle strüktürel elemanların birleşim noktalarında kullanılan bağlantı elemanlarının yük alma prensipleri göz önünde tutularak liflere dik yönde çekme kuvveti yaratacak detaylandırmalardan kaçınılmalıdır (Parlar,2000, syf.28).

### Eğilme Direnci

Ahşabın bir mesnet üzerine bir tespit edildiği durumda, liflerine dik yönde, eğmeye çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği dayanımdır.

Budak, çatlak ve lif kıvrıklığı eğilme direncini azaltır, kirişler eğilme direnci etkisindedir (Avlar, 1995, syf.25).

### Makaslama Direnci

Ahşap malzemenin iki bitişik kesitini bir düzlem üzerinde birbirinden ters yönde ayırmaya çalışan kuvvetlere karşı gösterdiği dirençtir (Avlar, 1995, syf.25).

Ağaç elyafının birbirinden kayarak kopmasına bir örnek "kamalı zıvana birleşimlerde" olabilir. Kamanın dışındaki bölüm yeterli ölçüde olmazsa kopma olasılığı artar. Ağaç elyafının birbirinden kayarak kopması dayanımının en yüksek olduğu ağaçlar akçaağaç, dişbudak, akasya, gürgen, karaağaç ve akgürgendir (Karabulut, 2000, syf.30).

### Elastiklik Modülü

Üzerinde uygulanan yükün kaldırılmasıyla, ahşabın ilk durumuna dönebilmesi ahşabın elastik sayılabilecek bir malzeme olduğunu gösterir. Yüke bağlı biçim değiştirme oranına ise "elastiklik modülü" denir.

### Sertlik Direnci

Ahşap malzemenin içine bastırarak girmek isteyen kesici aletlerin oluşturacağı kuvvetlere karşı gösterdiği dayanımdır.

Sertlik hücre zarının kalınlığına ve ağaç dokusunun yönüne bağlı olarak değişir. Ağaçtan ağaca hatta ağacın kendi içinde bile farklılıklar vardır. Örneğin bir ağacın gövdesi dallarından, iç odunu dış odunundan daha serttir (Karabulut, 2000, syf.28).

### Şok Direnci

Ahşap malzemenin deprem gibi ani yüklemeler sonucunda gösterdiği dayanımdır.

### Yarılma Direnci

Ahşap malzemenin lif yönüne paralel olarak uygulanan, kama biçiminde girerek onu yarmaya zorlayan kuvvetlere karşı gösterdiği dirençtir. Metal bağlantıların olduğu noktalarda önem taşımaktadır.

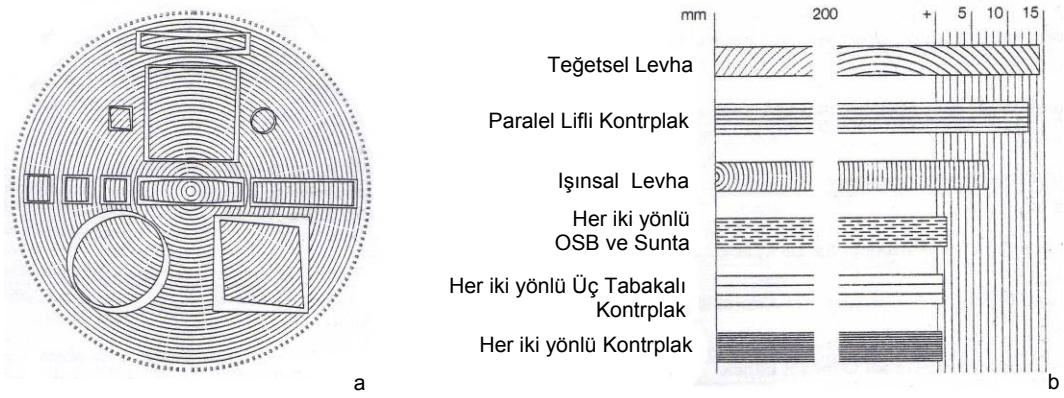
Çivi ve vidayı kavrayıp sıkı tutması için, yapı ve inşaat işlerinde yarılmaya karşı dirençli ağaç türleri kullanılır. Yarılma liflere paralel, fakat radyal ve teğet yönlerde oluşur. Meşe, kayın ve çınar gibi ağaçlarda yarılma kolaydır. Çam, köknar ve okaliptüs ağaçlarında yarılma güçtür (Avlar, 1995, syf.25).

### 2.2.1.2. Fiziksel Özellikler

Boyutsal stabilite, yoğunluk, ısı iletimi, ses iletimi ve yanma direnci konstrüksiyonda kullanılacak ahşapta aranacak başlıca fiziksel özelliklerdir.

#### Boyutsal Stabilite

Emme suyu hücre zarı tarafından tutulduğundan şişen ve büyüyen hücreler ahşabın hacmen değişmesine sebep olur. Ahşabın “çalışma”sı olarak tanımlanan bu olay ağaç türüne göre değişir. Yoğun dokuya sahip ahşap, yumuşak dokulu ahşaba nazaran daha çok büzülür veya şişer. Çalışma sonucu meydana gelen iç gerilmeler, ahşabın çatlamasına sebep olur, mukavemet değerlerini etkiler, konstrüksiyonda birleşim detaylarını zorlar ve açar (Erenman, 1988, syf.13) (Şekil 2.7.).



**Şekil 2. 7.** Ahşabın boyutsal stabilitesine bağlı çalışma ve deformasyon (Herzog, 2004, syf.33).

a) Ahşap kesitinde meydana gelen deformasyon,

b) Farklı ahşap malzemeler için çalışma oranları.

Ahşabın boyutsal değişmesi ahşabın çalışmasına bağlı olarak oluşur. Her ne kadar kusur olarak görülse de “çalışma” ahşabın yaşayan bir malzeme olduğunun, nefes aldığına göstergesidir. Denge rutubetinin sağlanmaması halinde rutubet alışverişiyle boyutsal değişmeler oluşmaktadır.

Lamine ahşap malzeme masif ahşap malzemeye göre daha az çalışma göstermektedir. Budak, çatlak vs. kusurlardan arındırılması da boyutsal stabilitesini arttırmaktadır.

Boyut stabilitesi sağlanabilmesi açısından yapılan diğer uygulamalar, hücre çeperi boşluklarına su itici maddeler yerleştirilmesi yoluyla, hücre çeperlerine su bağlanmasını engellemenin yanında farklı boyut, şekil ve uzunluklarda üretilen lamine ağaç malzemenin kullanımı ve kama dişli birleştirme teknikleri ile istenilen boyda yapı elemanı elde edilmesidir (Toğay, 2002, syf.29).



### Yoğunluk

Ahşabın en önemli fiziksel özelliği yoğunluğudur. Birçok madde için yoğunluk, birim hacimdeki kütle ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Ahşap malzemede yoğunluk ile malzemenin dayanımı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Ahşabın yoğunluğunu belirleyen faktörler genel olarak; ahşabın gözenekli yapısının yoğunluğu, malzemenin barındırdığı nem miktarı ve malzemenin bünyesinde bulunan mineral madde miktarıdır (Parlar, 2004, syf.12).

Ahşabın yoğunluğuna bağlı hafifliği, çekme dayanımı strüktürel açıdan kullanımını avantajlı kılmaktadır. Hafiflik, yapı sabit yüklerinde azalmaya neden olur. Yapı elemanlarının hafif olması açıklık geçmeyi kolaylaştırır.

Ahşabın fiziksel ve mekanik özellikleri göz önüne alındığında, hafifliği ve uygulama kolaylığı tercih sebebidir (Çakır, 2000, syf.24).

### Ses İletimi

Ahşabın ses emme özelliği, özgül ağırlığının artması, yüzey pürüzlüğü, kalınlık ve rutubet artması ile ters orantılı olarak azalmaktadır (Mutlubaş, 1999, syf.30).

Ahşap ses yutuculuk özelliğine bağlı olarak akustik düzenleme yapılması gereken mekanlarda kullanılır. Ayrıca bu özellik üzerinde gezilen çatı kuruluşunda ahşabı avantajlı kılmaktadır.

### Isı İletimi

Ahşap gözenekli yapısı içinde hava bulunduğu için yapı gereçleri arasında en az ısı geçirgenliğine sahip malzemelerdendir. Bu özelliğinden dolayı doğal yalıtkan olarak kullanılır. Hafif olan ahşaplar, ağır olanlara oranla daha az ısı geçirir. Liflere paralel yönde ise ısı geçirgenliği daha iyidir. Sıcak karşısında genleşme çap doğrultusunda fazladır (Avlar, 1995, syf. 22).

### Yanma Direnci

Ahşapta yanan kısmın üstünde bir kabuk oluşması ve bunun ısıyı az geçirmesi, kolaylıkla yanan ahşabın yanışının üstten içeriye doğru yavaşlamasını sağlar (Aksoy, 1987, syf.22).

## 2.2.2. Çatı Strüktüründe Ahşap Malzemenin Kullanım Şekilleri

Strüktür içinde kullanılacak ahşabın 2.2.1. bölümünde belirtilen mekanik ve fiziksel özelliklere göre seçilmesi ahşabın niteliklerinden doğru faydalanmayı sağlar.

Strüktür bileşenini oluşturacak ahşap malzeme;

- Sert ve yoğun olmalı,
- Yapılacak bölgede kolay bulunabilmeli,
- Çivi ve vida tutması kolay olmalı,
- Üretim maliyeti ucuz olmalı,
- Çekme değeri  $19.0 \text{ kg/cm}^2$ ' den küçük olmalı,
- Çalışma minimum olmalı,
- Kullanılmış ahşap olmamalı,
- Eğilme değeri  $670.0 \text{ kg/cm}^2$ ' den büyük olmalı,
- Basınç değeri  $370.0 \text{ kg/cm}^2$ ' den büyük olmalı' dır (Avlar, 1995, syf.30).

Sedir, kayın, dişbudak, çınar ve kavak taşıyıcı konstrüksiyonda kullanım için önerilen ahşap türleridir (Avlar, 1995, syf.31).

Yerel mimari kimlik incelendiğinde mekan boyutları masif ahşap ve ahşabın mekanik özelliklerine bağlı kalmıştır. Daha geniş mekan oluşturma ihtiyacı, çevrede elde edilebilecek büyük boyutlu ağaçlardaki azalma ve dolayısıyla birim fiyatlara yansıyan artış kısa boyutlu ahşap parçalarını kullanarak üst örtü çözümleri bulmaya yönlendirmiştir.

Özellikli olan tabii ahşap, pahalı bir malzemedir. Rasyonel kullanım için tabii tutulması gereken işlemler artı maliyet demektir. Tabakalı ahşap ise, artıkların değerlendirilmesiyle istenilen özelliklerde üretilen malzemedir. Rasyonel boyutlarda üretilmekte, zaiyat minimuma indirilmektedir (Aksoy, 1987, syf.93).

Yapı endüstrisindeki gelişmeler sayesinde ahşabın en ufak parçalarının bile bağlayıcılar aracılığıyla birleştirilerek kullanılabilmesi tabakalı ahşap üretimini ortaya çıkarmıştır.

### 2.2.2.1. Masif Ahşap Kullanımı

Ahşabın çatı kuruluşunda kullanılan en eski malzemelerden oluşu tabiattan elde edildikten sonra çok az işlem görerek yapıda kullanılabilmesine bağlıdır. Kabukları soyulan ahşabın mekanın kısa yönünde yatırılmasıyla çatı taşıyıcı sistemi asırlardır aynı yöntemle kurulabilmektedir.

Ahşap kesitinin, kiriş, lata, çita elde edecek şekilde bölünmesi ise bir diğer kullanım şeklini oluşturur. Böylelikle gerekli kesitteki kereste işlenmiş bir şekilde elde edilir.

**Tablo 2. 3.** Masif ahşap türleri ve kullanım şekilleri.

MASIF AHŞAP TÜRÜ	KULLANIM ŞEKLİ
 <p><b>İşlenmemiş Masif Ahşap</b></p>	Kabukları soyulan ağaç gövdeleri, en az işleme tabi tutularak kullanılabilen yapı bileşeni oluşturulur. Anadolu' nun birçok bölgesinde üst örtüsü bu şekilde oluşturulmuş yapılar bulunmaktadır. Günümüz kullanımında ise farklı olarak ahşaba emprenye işlemi uygulanmaktadır.
 <p><b>Masif Ahşap</b> (Hugues, 2004, syf.34)</p>	Taşıyıcı olmayan kaplama vb. amaçlarla kullanılacak masif ahşap, işlenerek yapıda kullanılabilen şekile dönüştürülür. Yumuşak ağaç (kozalaklı ağaç) veya sert ağaçtan (yapraklarını döken ağaç) çaplanmış ağaç, kalas, levha veya lata oluşturulur. Kullanılan ağaç türleri; ladin, köknar, çam, karaçam, Douglas çamıdır (Hugues, 2004, syf.34).
 <p><b>Yapısal Masif Ahşap</b> (Hugues, 2004, syf.35)</p>	Yapısal masif ahşap çekme dayanımına bağlı olarak yapıda taşıyıcı amaçlı kullanılan çam kerestesinden elde edilir. Taşıma kapasitesi ve görünüşü DIN 4044-1 sert ağaç kalite standartlarına uymasını sağlar. Kullanılan ağaç türleri: ladin, köknar, çam, karaçam (Hugues, 2004, syf.35).

### **2.2.2.2. Tabakalı Ahşap Kullanımı**

Tabakalı ahşap genel olarak; en az üç ahşap parçanın damarları paralel olacak şekilde tutkalla birleştirilmesiyle oluşturulan eleman olarak tanımlanabilir (DIN 1052).

Tabakalı ahşap malzeme aynı boyutlardaki masif ahşap ile karşılaştırıldığında çekme, eğilme, çalışmanın az olması nedeniyle daha yüksek boyutsal stabilite sağlar.

Bu teknolojinin ürünleriyle, mesnetler arasında, mukavemet hesaplarına göre istenebilecek her türlü kesitli yapı elemanını, tasarlayıp hesaplayabilmek olanaklı hale gelmiştir. Masif ahşabın ölçü sınırlamaları ortadan kalkmıştır (Örneğin; 8.5 cm' den 220 cm' ye kadar uzanan kesit aralığı ile, karayollarının izin verdiği ölçüde 60 m' ye kadar uzanan yapı eleman ölçüleri...) (Tokyay, 1998, syf.117).

Büyük boyutlu yapı elemanlarının üretilebilmesi için tabakalar uç uca eklenmektedir. Bu birleştirmeler atkı, tutkallı, çivi basınçlı ve kurtağzı birleştirme gibi farklı yollarla yapılabilmektedir (Şekil 2.8.).

#### **Atkı Birleşim Yöntemi**

En kolay birleştirme şekillerinden biridir. Tabakaların uçları eğimli bir şekilde kesilerek tutkallanır (Şekil 2.8.a.).

Bu tip eklemede tutkallanmak için eğimli olarak kesilen bölümün uzunluğunun, tabakanın uzunluğunun 1/10' unu geçmemesine dikkat edilmesi gerekmektedir (Vural, 2000, syf.6).

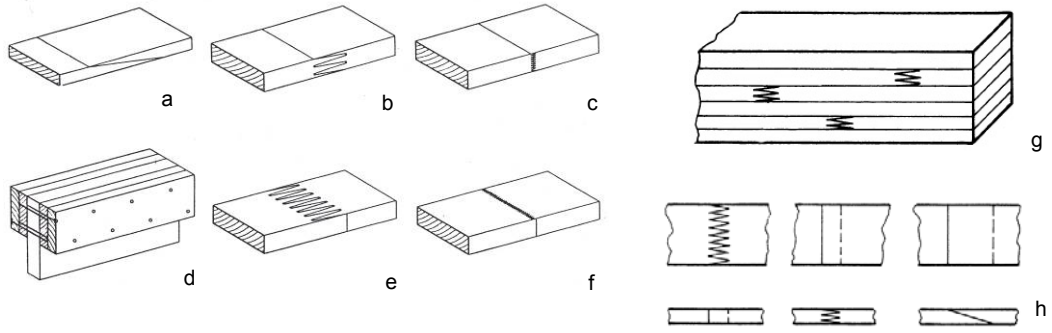
#### **Tutkallı ve Çivi Basınçlı Birleştirme Yöntemi**

Ahşap tabakalar tutkallandıktan sonra, çiviler yardımıyla sabitlenir (Şekil 2.8.d.). I kesitli kirişlerin başlık uygulamalarında bu birleştirmeye rastlanmaktadır.

#### **Kurtağzı Birleştirme Yöntemi**

En çok kullanılan yöntemlerden biridir. Birleştirilecek tabakaların ucunda dişler bırakılır. Dişler vasıtasıyla sağlanan iyi bir birleşme nedeniyle dayanımı yüksektir.

Bu şekilde birleştirmenin yapılması için üretim bandı üzerinde yer alan makine, tabakaların kurtağzı birleşim kesimini yapar. Kurtağzı şeklinde kesilen bölümün uzunluğu 7.5 mm ile 60 mm arasında değişmektedir. Birleşim kesiminin yapıldığı bölümün kısılması, yük taşıma kapasitesini azaltmaksızın, ahşap yapıştırıcıdan ekonomi sağlar. Bu yöntem kullanılarak yapılan eklemelerde gerekli ölçütler sağlanabilmektedir (Vural, 2000, syf.7).



**Şekil 2. 8.** Tabakaları uç uca birleştirme yöntemleri.

a) Atkı birleşim yöntemi (Götz,1987, syf.54), b-c-e-f) Kurdağzı birleşim yöntemi (Götz,1987, syf.54), d) Çivi basınçlı tutkallama yöntemi (Götz,1987, syf.54), g) Kurtağzı birleşim kiriş içinde şaşırtılarak kullanılmaktadır (Breyer, 1999, syf.59), h) Birleşimlerin plan ve kesiti (Breyer, 1999, syf.59).

Farklı boyutlardaki levhalar, şeritler, kaplama benzeri tabakalar, yongalar ve lifler preslenir ve sentetik reçine veya mineral bazlı tutkalla birleştirilir. Bazı durumlarda malzemenin sahip olduğu yapıştırıcı özellik aktive edilir. Bu üretim yöntemleriyle elde edilen sonuç kaynak malzemeyle kıyaslandığında gelişme gözlemlenmektedir (Radovic, 2000, syf.91).

Teknolojik olarak tabakalı ahşap strüktürlerde kullanılabilecek ağaç türü seçiminde, hesaplama tahkik edilebilecek bir takım özellikler aranmaktadır. Bunların başında, ağaç gövdesini oluşturan çubuk hücrelerle bunların arasını dolduran selüloz maddesinin oluşturduğu lif sisteminin, bu lifler doğrultusundaki gerilme mukavemetinin belirli bir değer altında olmaması gerekmektedir. Bu değer 10N/mm<sup>2</sup> ile 100N/mm<sup>2</sup> değerleri arasında olması istenmektedir. Bu amaçla gerilme mukavemeti, eğilme mukavemeti, ahşap içindeki nem oranı ile bu değerlerin ahşap canlılığını yitirdikten sonraki değişim yüzdelerine bağlı olarak bir takım kalite standartları saptanmıştır. Örneğin, Eurocode5 standartları paketi içerisinde “teknolojik ahşap” cinsleri yumuşak ve sert ahşap cinsleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada yumuşak ağaçlar için dokuz (C14, C16, C18, C22, C24, C27, C30, C35, C40) ve sert ağaçlar için altı grup (D30, D35, D40, D50, D60, D70) standart öngörülmektedir (Yesügey, 2002, syf.94).

Tabakalı ahşap teknolojisinde en yoğun kullanılan ağaç türleri; Douglas Fir, Southern Pine ve Hem Fir gibi yumuşak ahşap türleridir. Bu yumuşak ağaçlardan seçilen tabakalar; budak büyüklüğü dağılımına, liflerin yönüne ve açılmasına göre sınıflandırılır. Tabaka uzunlukları yaklaşık 400 cm, kalınlıkları 19 mm ile 38 mm arasında ve genişlikleri 26 cm ile 28 cm arasındadır (Vural, 2000, syf.5).

Kullanılacak tabakalara, birleştirme yöntemine ve bağlayıcıya bağlı olarak oluşturulabilecek farklı tabakalı ahşap türleri bulunmaktadır (Tablo 2.4.).

**Tablo 2. 4.** Tabakalı ahşap türleri ve kullanım şekilleri.

<b>TABAKALI AHŞAP TÜRÜ</b>	<b>KULLANIM ŞEKLİ</b>
 <p><b>Yonga Levha</b> (Hoadley, 2000, syf.244).</p>	<p>Yonga levhalar, odun parçalarından veya odunumsu malzemelerden elde edilen tutkallanma sonrasında preslenen levhalardır. Preslenme tekniğine, bağlayıcı türüne bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yönlendirilmiş yonga levha (OSB), (LSL), (OSL) gibi türleri bulunmaktadır. Farklı yapay ahşaplarla birlikte yapıda taşıyıcı eleman olarak kullanılmaktadır. OSB, LSL ve OSL arasında yonga boyutlarına bağlı fark bulunmaktadır. OSL yapımında yonga boyutu 300 mm' e kadar çıkabilmektedir.</p>
 <p><b>Lamine Ahşap Kaplama, Microllam (LVL)</b> (Hoadley, 2000, syf.243).</p>	<p>İki veya daha fazla soyma kaplama tabakasının tutkallanması ve basınç altında birleştirilmesi yoluyla elde edilir. LVL ile kontrplağı ayırt eden özellik ahşabın lif yönüne bağlıdır. Kaplama lif yönü LVL 'de birbirine paralel olacak şekilde oluşturulmaktadır.</p> <p>Douglas göknarından ve sarıçamdan (çıralı çam), 10 cm kalınlığa kadar üretilmektedir. Kontrplak ile kıyaslandığında daha homojen oluşu daha uzun boyutlu olarak oluşturulmasına, taşıyıcı kiriş olarak kullanılmasına imkan sağlamaktadır (Hoadley, 2000, syf.243).</p>
 <p><b>I Kiriş (Kerto-Q-LVL)</b> (Hoadley, 2000, syf.245).</p>	<p>LVL den üretilen geniş I kirişler yapıda taşıyıcı görev almaktadır.</p> <p>Solda iki adet kurdağzı geçmeli masif başlıklı kiriş, sağda iki adet LVL başlıklı kiriş bulunmaktadır. Birincide ve üçüncüde kontrplak gövde, ikincide ve dördüncüde ise OSB gövde kullanılmıştır (Hoadley, 2000, syf.245).</p> <p>Masif, ahşap, LVL ve yonga levhanın kompozit kullanımını örneklemektedir.</p>

 <p><b>Parallam (PSL)</b></p>	<p>Büyük boyutlu kaplama parçalarının paralel olarak yapıştırılması yoluyla üretilmektedir.</p> <p>Üretim aşamasında suya dayanıklı tutkal kullanılır. Tutkalla preslenmesi LVL' ye göre daha geniş kesitler elde etmeyi sağlar (Hoadley, 2000, syf.243).</p>
 <p><b>Tutkallı Lamine Ahşap Malzeme (Glulam)</b> (Hoadley, 2000, syf.242).</p>	<p>Masif ahşap parçalarının büyük boy ve geniş kesit elde etme amacıyla yan yana ve üst üste eklenmesiyle oluşturulmaktadır.</p> <p>Farklı iğne yapraklı ve geniş yapraklı ağaç türlerinin kullanılması tutkallı lamine ahşap malzeme üretimi için tavsiye edilmektedir. Bunlar Douglas göknarı, güney çamı, doğu ladini, Alaska sediri, Kanada ladini çamı, Amerikan cevizi, kayın, huş, sığla, karaağaç, şeker akçaağacı, dişbudak ve kavaktır (Mengeloğlu, 2004, syf.42).</p> <p>Her türlü geometrik form tutkallı tabakalı ahşap ile sağlanmaktadır. Geometrik forma bağlı olarak kesitte kullanılacak ahşap kalınlığı değişmektedir.</p> <p>Kullanılan kerestenin kalınlığı çok önemlidir. Birçok kaynakta kalınlık 50 mm olarak belirtilmiştir. Kalınlık aynı zamanda eğilme direnci içinde önemlidir. Kavisli yapı elemanları oluşturulurken kalınlık yarıya düşebilmektedir (Mengeloğlu, 2004, syf.42).</p>

Birçok tasarımcı mimari kimliğimize ters düşmemek adına masif ahşaptan şaşmamız gerektiğini savunmaktadır. Ancak ahşabın en küçük kırıntılarından türemiş tabakalı ahşabı yok saymak ne derece doğrudur? Takala' ya göre malzeme kullanım şeklinin nasıl olması gerektiği aşağıdaki açıklanmaktadır.

Yapıların işlevi ve onlardan beklenenler de önemli. Eğer basit bir ev yapılacaksa masif ahşap kullanılması mümkündür. Eğer çok katlı bir yapı yapılacaksa döşemeden gelecek gürültünün, ayak seslerinin kesilmesi gerekir. Üzerinde yüründüğünde masif ahşap yeterli dirence sahip değildir aşağı yukarı hareket eder. Bu durumda LVL veya kontrplak kaplamalı bileşimler kullanılarak, hareket eden bir döşeme üzerinde bulunmanın yaratacağı huzursuzluk duygusu giderilebilir. Ahşabın özellikleri, gene ahşaptan türetilmiş başka malzemelerle geliştirebilmektedir. Kamu yapılarına gelince, beklentiler yükselmektedir. Lamine ahşaptan yapılan kirişler ve LVL strüktürler kullanılmaktadır (Ahunbay, 1995. syf.72).

### 2.3. BÖLÜM SONUCU

Çatı bileşenleri, strüktürü koruyan kaplama, kaplamayı taşıyan strüktür ve bunların birleştirilmesini sağlayan bağlantı ürünlerinden meydana gelmektedir. Çatının bütünleşik bir sistem şeklinde çalışması strüktürün konstrüksiyon ve form ile ilişkili olarak tasarlanmasını gerektirir.

Çatı strüktürüne ait alınacak kararlardan ilki hangi malzeme ile çözüm getirilebileceğidir. Ahşap mekanik özelliklerine bağlı olarak açıklık geçme amaçlı kullanılabilir malzemeler arasında yer almaktadır.

Malzemeye dair alınacak bir diğer karar ise malzemenin ne şekilde kullanılacağıdır. Masif ve tabakalı olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır. Masif ahşap ile oluşturulabilecek detaylar gelenekten gelen izleri tutarak, çağdaş yapımın beklentileri doğrultusunda geliştirilmelidir. Yalnız gerçek şudur ki, açıklık büyüdükçe kesit te mukavemeti arttırmak adına genişleyecektir. Bu durum ise yapımı ekonomik açıdan zorlaştırmaktadır. Masif ahşap kullanımının ekonomik olmaktan çıktığı açıklıklarda ve formlarda tabakalı ahşabın veya yardımcı bağlantı ürünlerinin kullanım olanaklarının araştırılması gereklidir.



### 3. ÇATI KURULUŞUNDA KULLANILAN AHŞAP STRÜKTÜRLER

Çağdaş çatı (örtü) sistemlerinin önemli bir özelliği klasik çatı türüne benzeyenlerin dışında, önemli bir kısmının mimari bütünsellik gösteren konstrüksiyonlar olmasıdır. Diğer bir deyişle, klasik çatı sistemlerinde duvar ve çatı belirli şekilde birbirinden ayrılabilirken, çağdaş çatı sistemlerinin önemli bir kısmında duvar ve çatının bütünleşmiş olması adeta strüktürel form ile mimari formun içi içe geçmiş olmaları şeklinde yorumlanabilir (Toydemir, 2004, syf.128-129).

Bu karmaşık düzen içinde birçok araştırmacı tarafından (Frei Otto, Fuller Moore, Julius Natterer, Heinrich Engel, Ralph Rapson, Ariel Hanaor, Cengiz Bayülgen, Gündüz Gökçe ve Çetin Türkçü) farklı özellikler değişken alınarak sınıflandırma sistemleri ortaya çıkarılmıştır. Strüktür bileşeninin malzemesine, geometrisine, yükün aktarılış biçimine bağlı kütle, yüzey, biçim, vektör etken sınıflandırma sistemleri oluşturulmuştur.

Farklı sınıflandırma sistemlerinden faydalanarak bu çalışmaya özgü bir sınıflandırma meydana getirilmiştir. Sistemler arasında malzemenin kullanım olanaklarına, dolayısıyla yükün aktarımına bağlı ayırım oluşmaktadır. Elde edilecek yüzeylere göre gruplandırma yapılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında iki alt başlık mevcuttur. Sistemler taşıyıcı elemanların tekil olarak kullanılmasıyla oluşturulan *iskelet sistemler* ve sistem elemanlarının ancak bir bütün olarak çalışması sonucu kurulabilecek *yüzeysel sistemler* olarak iki gruba ayrılır.

İskelet sistemlerde kiriş, makas, kemer ve çerçeve gibi ana strüktür bileşenlerinin mekanın kısa yönünde yerleştirilmesi, üzerine de zıttı yönde tali kirişlerin yerleştirilmesi yoluyla yüzey elde edilir.

Yüzeysel sistemlerde yükler 2 veya 3 doğrultuya aktarılır. 2 doğrultulu yük aktarımında düzlem yüzeysel elemanlar, 3 doğrultulu yük aktarımında uzaysal taşıyıcı sistemler söz konusudur (Türkçü, 2003, syf.37).

Yüzeysel sistemler kapsamına uzay kafes sistemler, kabuk sistemler ve katlanmış plak sistemler girmektedir.

### 3.1. İSKELET SİSTEMLER ve ALT SİSTEM BİLEŞENLERİ

Sistemi ayakta tutan taşıyıcı düzen ile fiziksel etkilerden korunmak için getirilen örtü bileşenlerin birbirinden bağımsız, ayrılabilir nitelikte olduğu sistemlerdir.

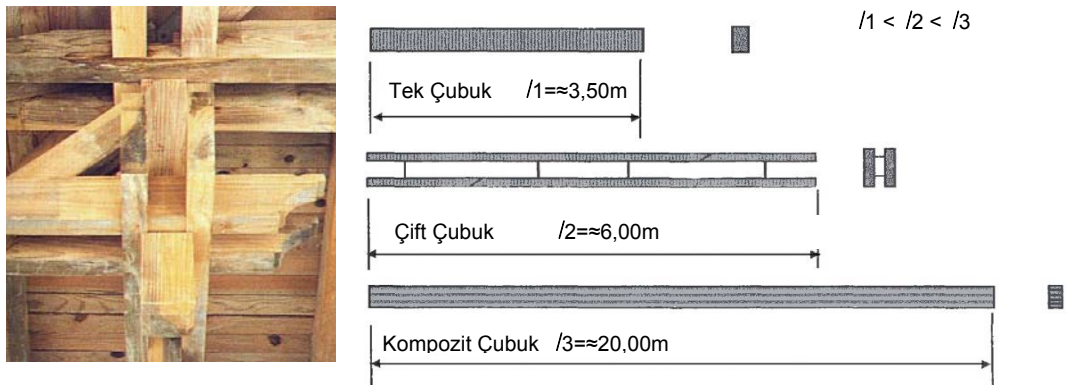
Planda bölücü elemanların strüktürel elemanlarla olan ilişkisi ve eğilmeye çalışan kirişlerin geçtiği açıklığın karesi ile bağlantılı maksimum momentin doğurduğu kesit zorunluluğu iskelet sistemlerin olumsuz yanlarıdır (Gökçe, 1977a, syf.34).

#### 3.1.1. Kiriş

Kirişleri sınıflandırma amacıyla getirilecek ilk ayırım malzemenin kullanım şekline bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Kirişler strüktür türüne göre basit kiriş, destekli kiriş, konsol kiriş, sürekli kiriş, kaset kiriş olarak sınıflandırılabilir.

Masif ahşap çubukların temin edilmesinde karşılaşılan sınırlılıklar ve eleman birleşim, noktalarının rijitliğinin sağlanması gereksinimi; açıklık geçme-yükselme isteklerinin çözümlenmesinde düşey ya da yatay eleman sayısının ikiye çıkarılması ile çift kiriş-tek dikme, tek kiriş-çift dikme uygulamalarının gelişmesine neden olmuştur. Bu şekilde oluşturulmuş strüktürel sistem elemanlarının atalet momentlerinin artırılması, eleman ölçeğinde yüksek mekanik dayanım elde edilmesinin yanı sıra bağlantıların rijitliğinin sağlanması kolaylaşmaktadır (Parlar, 2000, syf. 112) (Tablo 3.1.).

Masif kirişlerde tek kesitten, boyutsal sınırlılıklar gereği, parçalı kesit kullanımına geçiş gözlenmektedir. Aynı gelişim süreci kompozit bileşenlerin şekillenişinde görülür.



**Tablo 3. 1.** Ahşap kirişlerin malzemenin kullanılış şekline bağlı olarak sınıflandırılması.  
a) Çift kiriş uygulamasına bir örnek (Gürsel, 1995, syf.87-88)<sup>2</sup>,  
b) Malzemenin kullanılış şekline bağlı olarak oluşan ayırım. Masif ahşap – tabakalı çubuk elemanlar (Parlar, 2000, syf. 112).

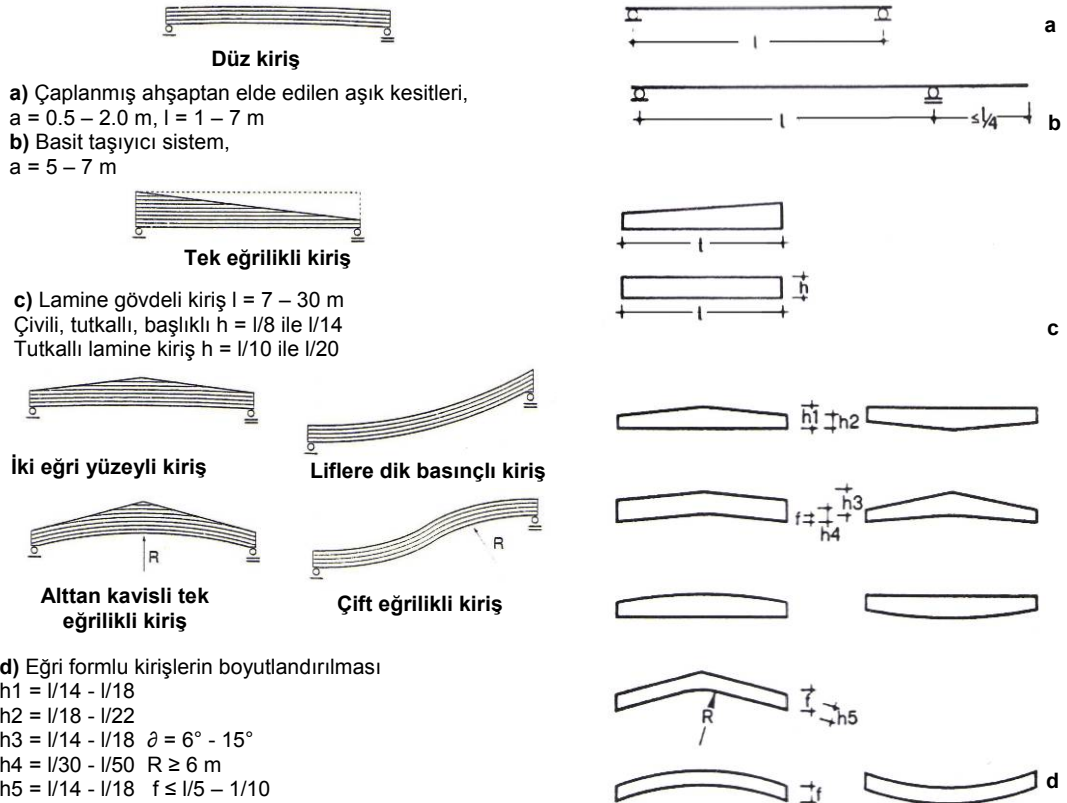
<sup>2</sup> Datça Kulüp Maris, (1995), Ersen Gürsel.

### Basit Kiriş

Kirişler geometrik biçimleri açısından; düz kiriş, trapez kiriş, eğrisel kiriş ve kemer kiriş olarak çeşitlere ayrılmaktadır. Basit kirişlerle tek defada 7 m' ye kadar açıklık geçilebilir. Özgünlük durumuna göre standart ve tasarıma özel üretilen kirişler olmak üzere iki gruba ayrılır. Basit kirişlerle kurulan sistemde ana ve tali kiriş veya bir diğer adıyla aşık-mertek zıt yönlü olarak yerleştirilerek ızgara oluşturur.

Aşık ikincil taşıyıcı olan mertegi taşıyan ana kiriştir (Şekil 3.1.). Amprik kabullere göre kesitleri 10/10, 12/16 cm arasında değişmektedir. Ana kirişlerin kesitleri yerleştirilme aralıklarına bağlı olarak ayarlanır. Aralıklar arttıkça kesit te paralel olarak artar. Kiriş aralıkları 1.50 - 3.00 m arasında değişmektedir. Aşık aralıklarını belirleyen esas husus merteklerin boyutlarına ve eğilmeye çalışmalarına bağlı oluşan mesnet aralıklarıdır.

Mertek aşıkların üstüne, zıt doğrultuda yerleştirilen ikincil kiriştir. Aşıklar tarafından taşınmaları nedeniyle kesitleri aşığa göre daha küçük boyutlarda tutulmaktadır. Amprik kabullere göre kesitleri 5/10 - 6/12 cm arasında kalmaktadır. Mertekler örtü konstrüksiyonunu taşımaktadır. Mertek aralıklarını belirleyen ise kaplama veya kaplama altı tahtasıdır. Mertek aralıkları 0.5 - 0.7 m arasında değişmektedir.

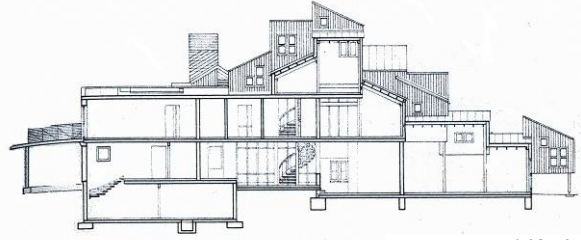
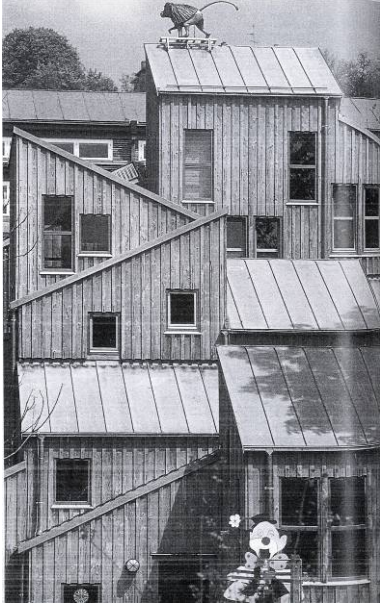


**Şekil 3. 1.** Basit açıklık geçen kiriş türleri.  
a-b-c) (Herzog, 2004, syf.103-154), d)(Götz, 1987, syf.86).

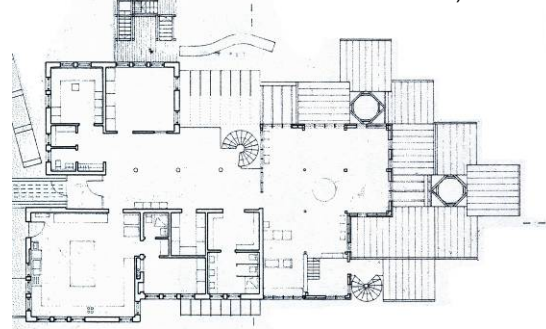
Örnek: Heschl' ta Anaokulu<sup>3</sup>

Yapının kuruluş prensibi tek bir kütle için masif etkisini kırma arayışına dayanmaktadır. Bu nedenle 4.00 m' lik kenar uzunluğuna sahip kare birimler farklı kotlarda tutularak, çatılarının su akışını sağlayacak şekilde tek yöne kırılmasıyla parçalı düzen oluşturulmuştur. 4.00 x 4.00 m' lik birimleri taşıyan ahşap dikmeler mekan içinde engel oluşturmayacak noktalarda konumlandırılmıştır. Çatı taşıyıcısı mekan köşelerinde yer alan taşıyıcı kirişlerin üzerine zıt yönde 60 cm aralıklarla tespit edilen ikincil taşıyıcı kirişlerle oluşturulmuştur (Şekil 3.2.).

Bu örnek dikmelerin mekan içinde engel oluşturmayacak şekilde düzenlenmesi halinde çatının sınır açıklıkta basit kirişlerle taşınabileceğini göstermektedir.



a) Kesit ö:1/500

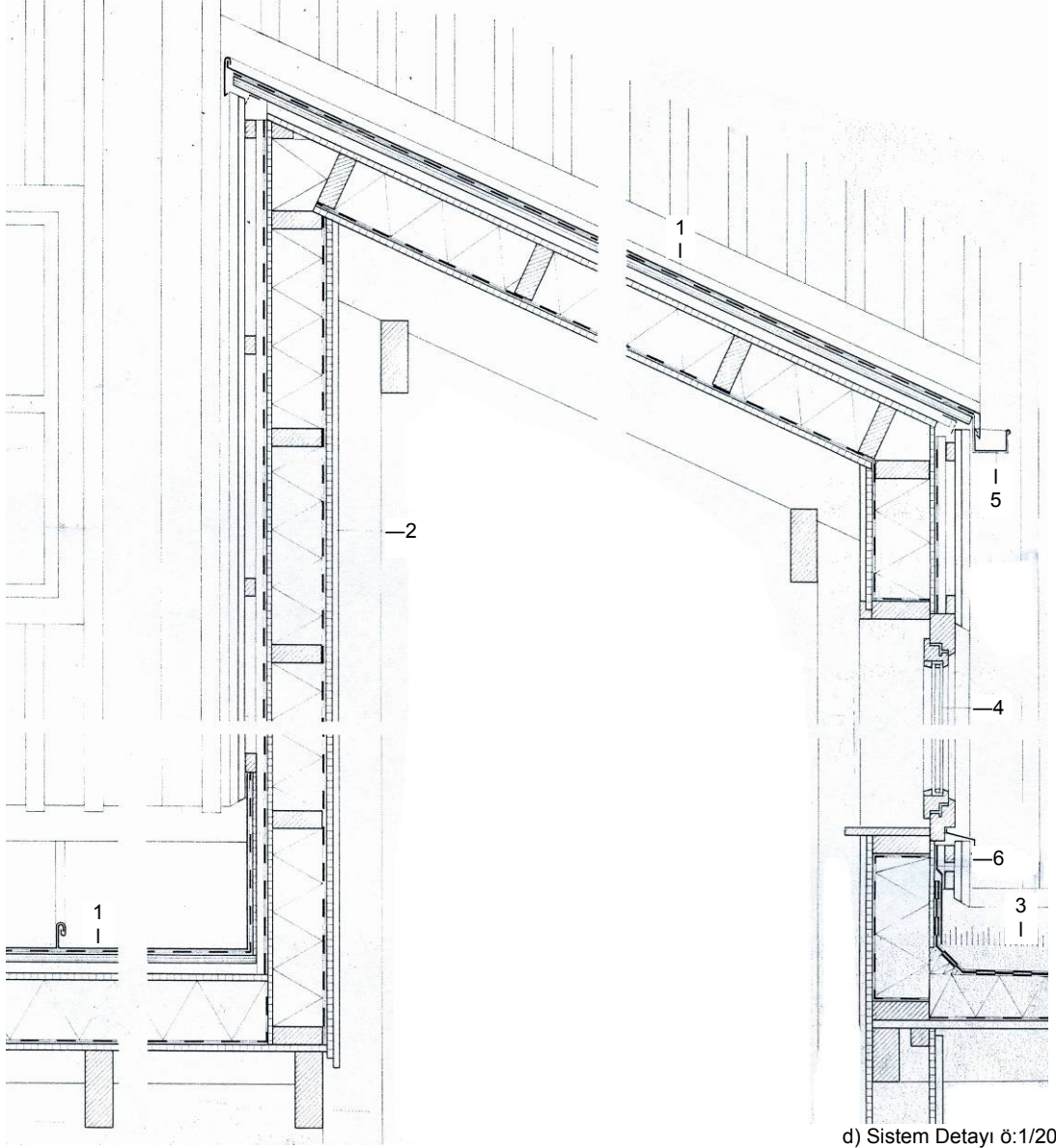


b) 2. Kat planı ö:1/500

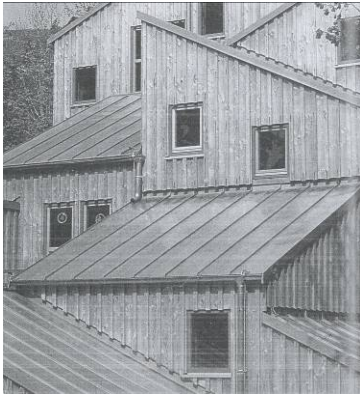


c) Perspektif

<sup>3</sup> Heschl, Stuttgart, (1991), Peter Hübner.



d) Sistem Detayı 1/20



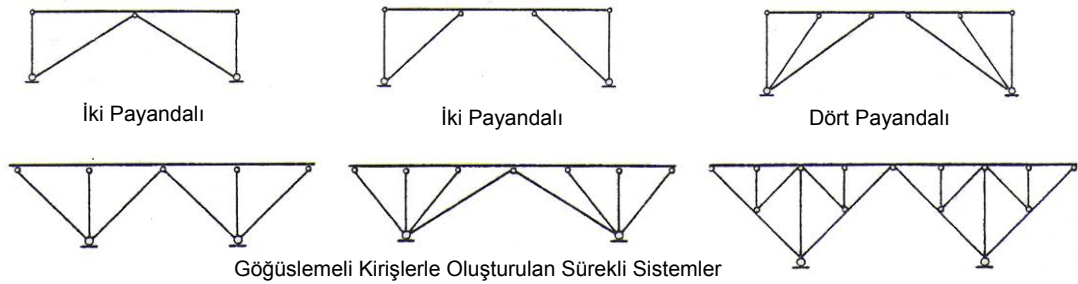
1) Çatı konstrüksiyonu  
Titanyum- çinko levha kaplama  
Kum kaplı bitümlü levha  
Kereste kaplama  
50/30 mm lata  
12 mm kontrplak panel  
160 mm kereste ahşap dikme  
Buhar kesici  
18 mm kalıplanmış ahşap kaplama  
75/150 mertek

2) Ahşap İskelet Duvar Konstrüksiyonu  
3) Yeşillendirilmiş teras çatı  
Koruyucu hasır  
Bitümlü levha  
Cam tülü yalıtım  
Katı plastik köpük  
Buhar kesici  
Ahşap taşıyıcı  
4) Ahşap doğrama  
5) Yağmur oluğu  
6) Metal etek

**Şekil 3. 2.** Heslach Anaokulu yapısına ait plan, kesit, perspektif ve sistem detayı (Hübner, 1996,syf.692-695).

### Destekli Kiriş

Bir bakımdan gergili kirişlere benzemesine karşın, desteklerin zemin yüzeyine basması açısından farklılık göstermektedir (Şekil 3.3.). Yerel ahşap mimarisinde ahır, depo gibi geniş mekanlarda kirişi desteklemek için kullanılan bir sistemdir. Aynı mantık köprü ayaklarında da uygulanmaktadır. Gergili kirişlere nazaran daha fazla açıklık geçebilmektedir. Olumsuz yanı desteklerin taradığı alanın kullanım zorluğu oluşturmasıdır. Mesnetler arasının basit kiriş gibi taşındığı düşünülürse, destek aralarının 7 m' yi geçmemesi gereklidir.



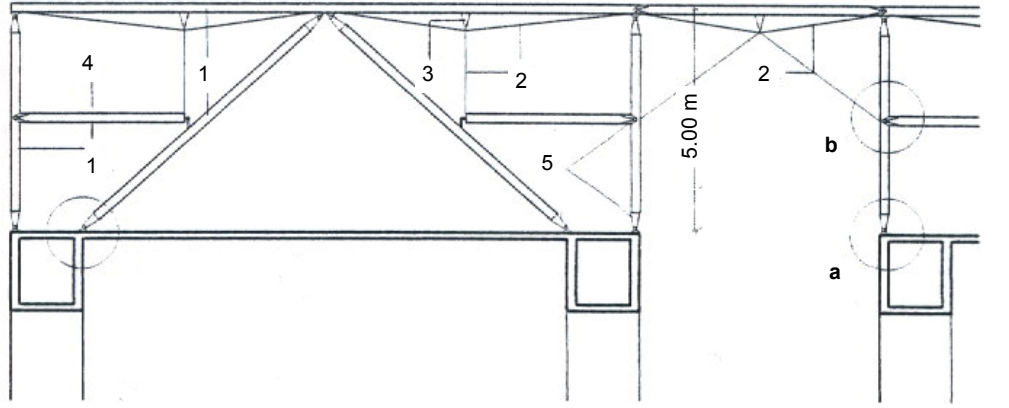
**Şekil 3. 3.** Destekli Kiriş türleri (Herzog, 2004, syf.148).

#### Örnek: Lyon Mimarlık Fakültesi<sup>4</sup>

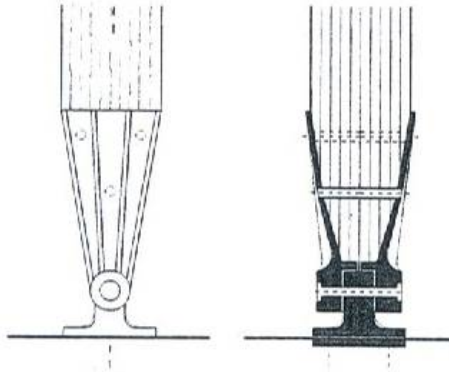
Yapım sistemi bakımından alt kat olabildiğince kalın, ağır, megalitik bir yapıdan oluşuyor. Ağır görünüşlü bir betonarme yapı... Ancak bütün öğelerin, dikmelerin, kirişlerin içleri boşaltılmış, bu boşluklardan elektrik de içinde olmak üzere bütün tesisatın geçirilmesi için yararlanılmış. Giriş katındaki bu ağır yapıya karşılık, üstte, proje ışıklarının yer aldığı bölüm son derece hafif ve saydam. Bu bölümde kullanılan gereçler, tutkallı-tabakalı (dolu) ahşap dikmeler-kirişler-yanlamalar ile, öğrencilerin görgü-bilgi alışverişine olanak vermek üzere saydamlığı sağlayan cam. Tutkallı-tabakalı ahşap öğeler, yani dikmeler, kirişler, eğik öğeler hep aynı kesitlere sahip... Bunlar, özel olarak burası için tasarlanıp geliştirilmiş çelik döküm parçalar ve çelik gergilerle, ama hep büyük bir ayrıntı duyarlılığıyla birleştirilmiş. Tam bir standartlaşma (Hasol, 1990, syf.56)...

200 mm x 200 mm ahşap çubukların basınç ve çekmeye çalışacak şekilde dikme, kiriş ve diyagonal olarak kullanılmasıyla taşıyıcı sistem oluşturulur (Şekil 3.4.). Bu örnek kirişin taşıtılması açısından desteklerin dikme ile aynı görevi görebileceğini göstermektedir.

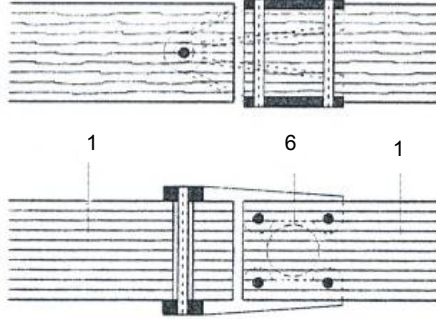
<sup>4</sup> Lyon, Fransa, (1987). Jourda, Perraudin & Partner.



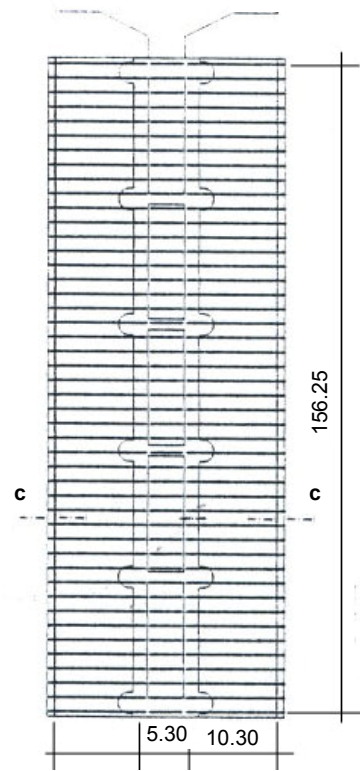
c-c Kesiti



a-a Sistem Detayı



b-b Sistem Detayı



Plan

- 1) 200x200 mm kesitli tabakalı ahşap ana kiriş, dikme ve çapraz bağlamalar
- 2) 20 mm çaplı çelik gergi kablosu
- 3) Dökme çelik baba
- 4) Asma kat döşemesi
- 5) Dökme çelik bağlantılar
- 6) Yağmur iniş borusu



**Şekil 3. 4.** Lyon Mimarlık Okulu yapısına ait veriler.

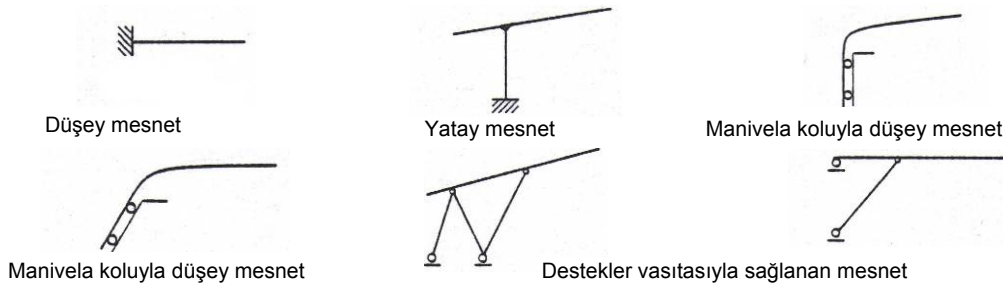
a) Plan, kesit ve sistem detayları (Yukarıda) (Herzog, 2004, syf.149),

b) Yapıya ait fotoğraf (Solda) (Charleson, 2005, syf.115).

### Konsol Kiriş

Bir ucu ankastre olan kiriş sistemidir (Şekil 3.5.). Makaslama ve eğilme gerilmeleri kiriş boyutlarını etkiler. Rüzgar ise basınç ve çekme gerilmelerinin yanı sıra yük oluşturmaktadır. Hareketsiz yükü azalmak amacıyla kiriş yüksekliği konsol genişliğinin fazla olduğu yöne doğru azaltılabilir.

Konsollu kirişler her iki uçtan simetrik konsollu veya sadece bir uçtan konsollu yapılabilirler. Tek uçtan konsollu kirişler mesnete doğru kalınlaşırlar. Ahşap elemanlarla 5 m konsol yapılabilir (Türkçü, 2003, syf.171).



**Şekil 3. 5.** Konsol Kiriş türleri (Herzog, 2004, syf.186).

### Örnek: Kazıbilim Barınağı<sup>5</sup>

Yapı anıt değeri olan duvar kalıntısının yanında yeni bir yapının nasıl yapılabileceğini gösteren olumlu bir örnektir. Malzeme seçiminden, temelin oluşturuluş şekline kadar her türlü tasarım kararının alınışında çevreye en az zarar verme kaygısı hissedilmektedir. Konsol kirişlerle oluşturulan saçak da zemine oturmadan getirilebilecek üst örtü çözümü arayışıyla oluşturulmuştur. 120/240 mm ebatlarındaki ahşap kirişin 1.5 m konsol çalıştırılmasıyla saçak meydana getirilmiştir (Şekil 3.6.).



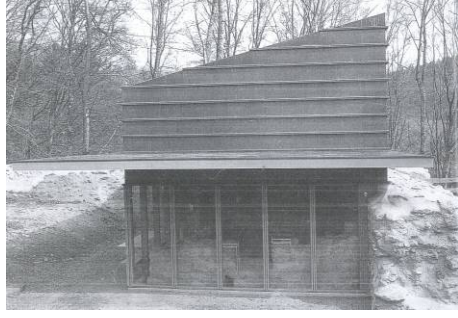
a



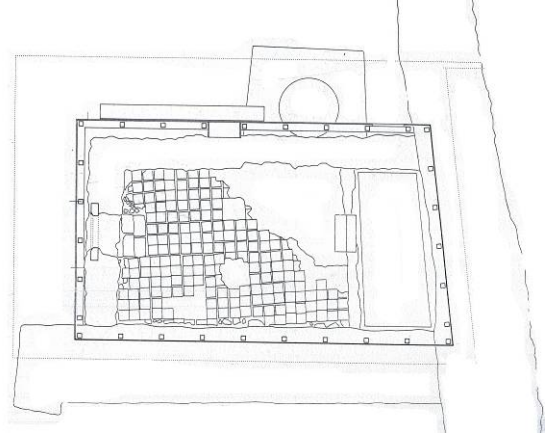
b) Vaziyet planı öl:1/2000

<sup>5</sup> Bern, İsveç (1994), Werkgruppe 90-Blum + Grossenbacher, Markus Meier

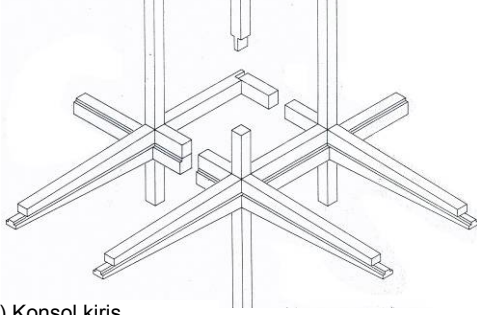




c

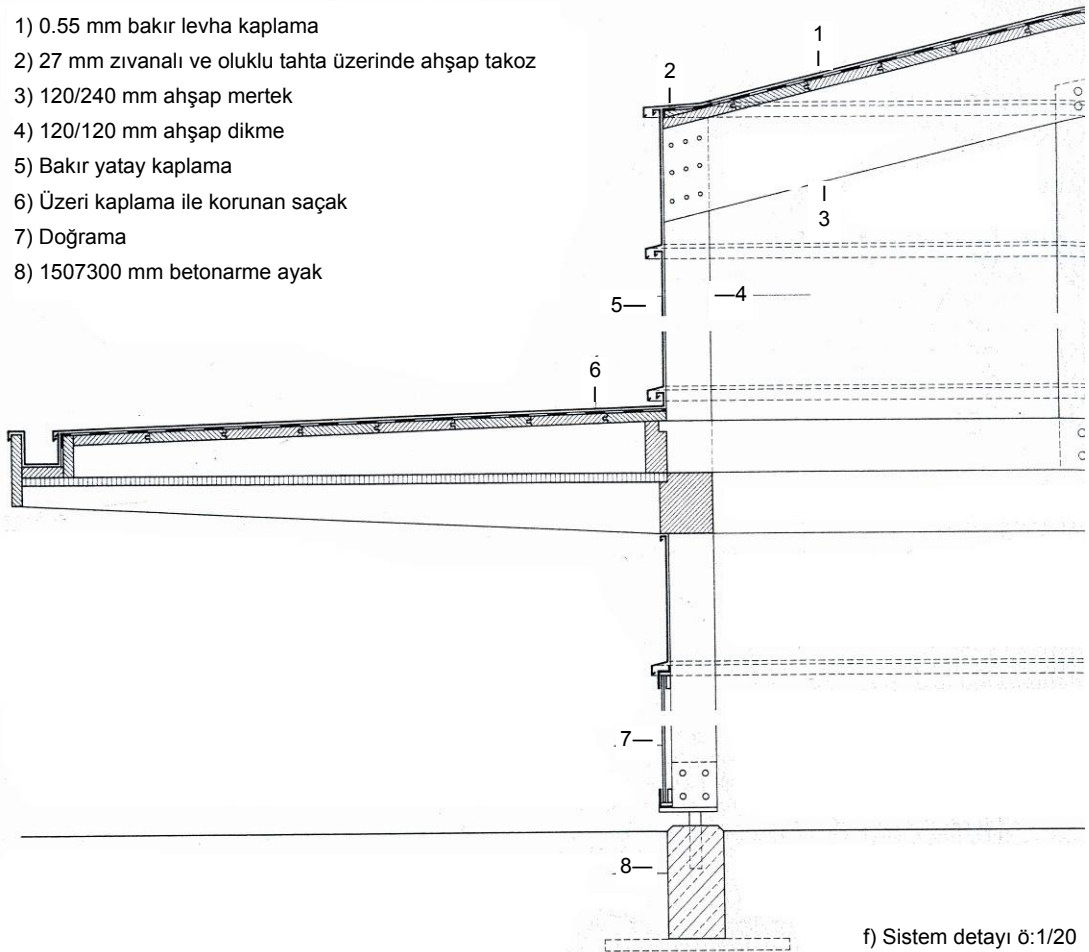


e) Planı 1/200



d) Konsol kiriş

- 1) 0.55 mm bakır levha kaplama
- 2) 27 mm zıvanalı ve oluklu tahta üzerinde ahşap takoz
- 3) 120/240 mm ahşap mertek
- 4) 120/120 mm ahşap dikme
- 5) Bakır yatay kaplama
- 6) Üzeri kaplama ile korunan saçak
- 7) Doğrama
- 8) 1507300 mm betonarme ayak



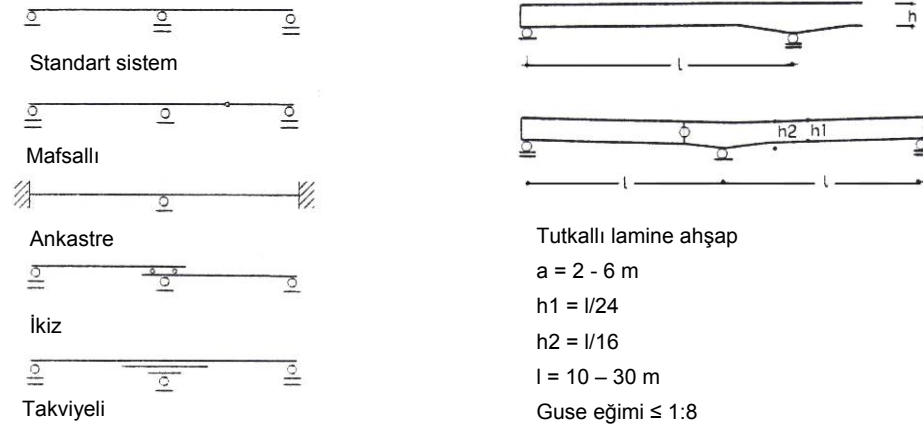
f) Sistem detayı 1/20

**Şekil 3. 6.** Bern Kazibilim Barınağı' na ait plan, perspektif ve sistem detayı (Werkgruppe 90, 1995, syf.422).

a) Barınak ve yanındaki tarihi duvarı gösteren fotoğraf, b) Vaziyet planı, c) Ön cephe fotoğrafı, d) Konsol kiriş birleşimini gösteren perspektif, e) Plan, f) Sistem detayı.

### Sürekli Kiriş

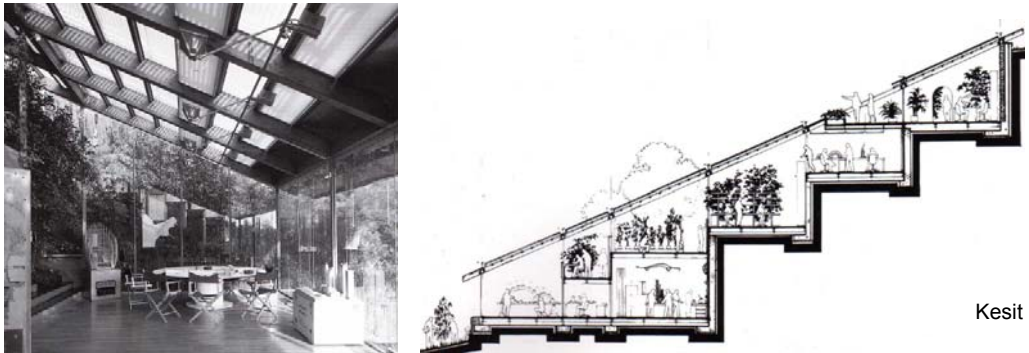
Aynı kirişin birçok açıklığı geçtiği sistemlerdir (Şekil 3.7.). Kiriş uzunluğunun artması eğilme momentine göre tasarım yapılmasını gerektirir. Mafsallardaki kiriş birleşmeleri kiriş kesitini, eğilme momentini ve kesme kuvvetlerini hesaba katarak ayarlanmalıdır. Kesintisiz devam edecek kiriş boyutu 30 m' yi geçmemektedir. Bunda karayollarına bağlı taşıma şartları da etkili olmaktadır. Kirişler max 6 m' de bir düşey mesnetlere oturmaktadır.



**Şekil 3. 7.** Sürekli kiriş türleri (Herzog, 2004, syf.81-176).

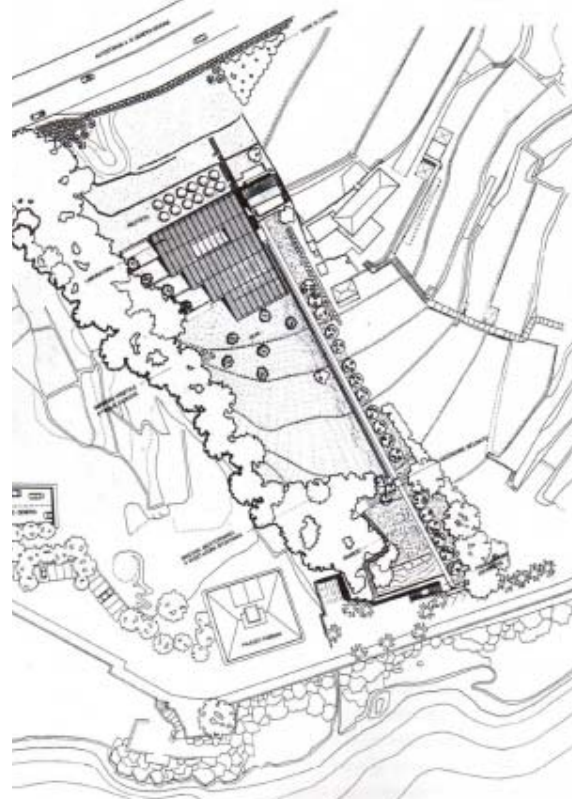
### Örnek: Unesco Laboratuvarı<sup>6</sup>

Unesco Laboratuvarı ve Yapı Atölyesi' nin ortak yapısıdır. Doğal strüktürlerin araştırılması programı kapsamında oluşturulmuştur. Cam çatı, cam yüzeyin üstünde teknolojik bir dizi elemandan oluşmaktadır. Eğim yönünde ana lamine kirişler, bölümler arasında ise tali ahşap kirişler yer almaktadır. Bu tali kirişler, cam çatı üstünde, servis amaçlı minik bir kedi yolunu da taşımaktadır (Tokyay, 2001) (Şekil 3.8-3.9.).

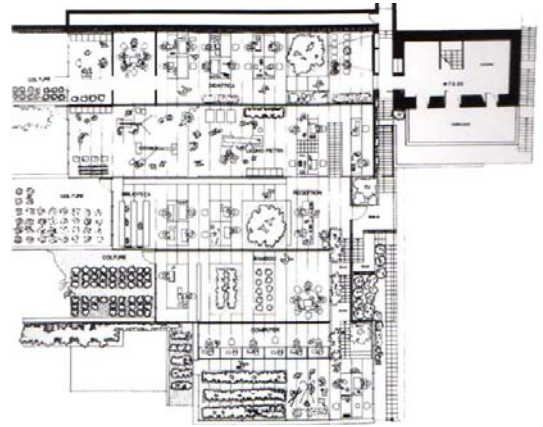


**Şekil 3. 8.** Unesco laboratuvar yapısında dört kat boyunca devam eden kiriş örneği (Piano, 1998, syf.22).

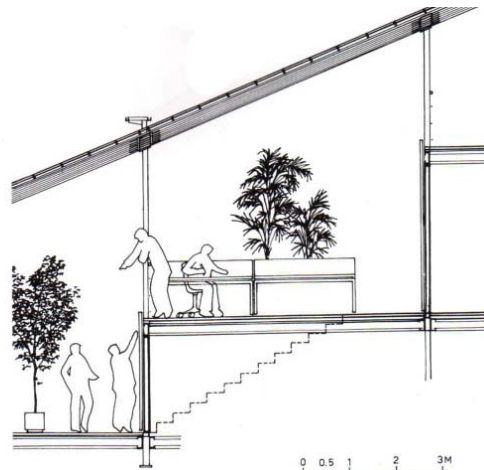
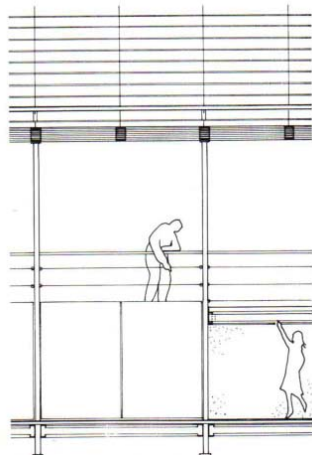
<sup>6</sup> Cenova, İtalya, (1991), Renzo Piano



Vaziyet planı



Plan

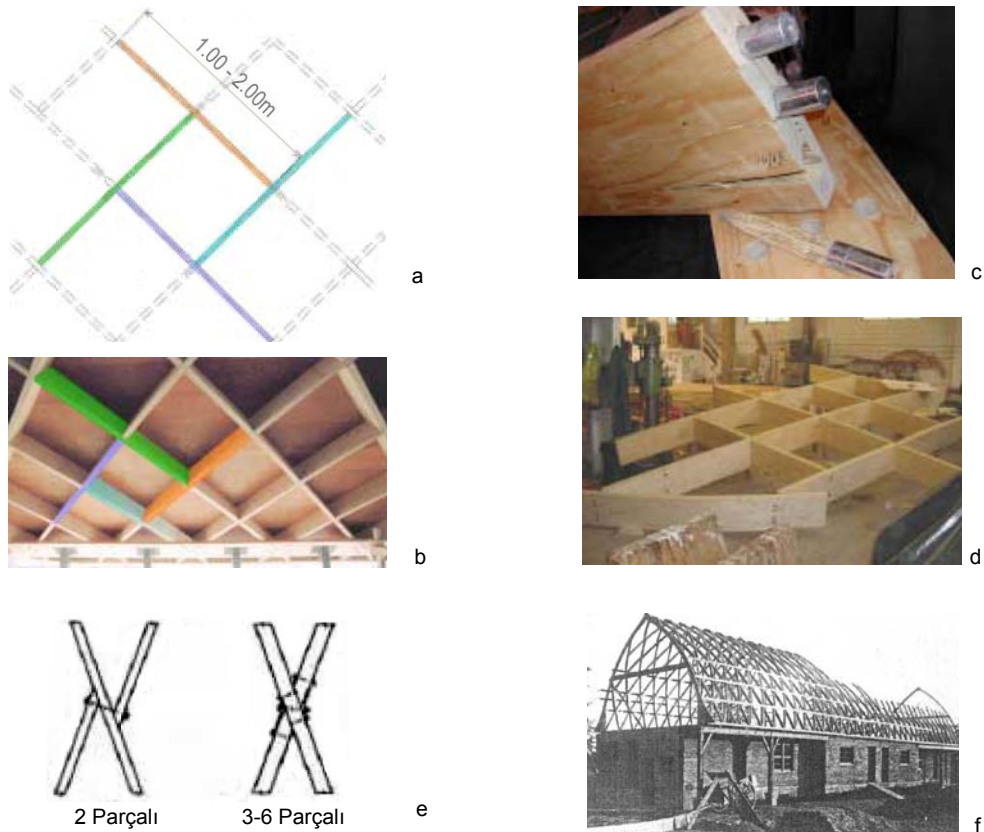


Şekil 3. 9. Unesco Laboratuvar' ına ait plan, kesit ve fotoğraflar (Piano, 1998, syf.17-22).

### Kaset Kiriş

Birbirini ızgara biçiminde kesen kirişlerin oluşturduğu düzen kaset olarak adlandırılır. Genellikle kirişlerin yarattığı kare gözlerin üzeri bir döşeme plağı ile örtülmektedir. Lamine ahşap elemanlarla yapılan kaset döşemelerle 25 metreye kadar açıklık geçilebilir (Türkçü, 2003, syf.174).

Örtülecek mekan her iki yönde geniş açıklıklı olabilir. Bu durumda tek yönlü kiriş kullanılması eğilme kuvveti sonucu deformasyonla sonuçlanır. Kirişi eğilme kuvvetine karşı güçlendirebilmek için tam aksi yönde kiriş ile destekleyerek bir ızgara oluşturulur. Oluşturulan ızgaranın tek yönlü değil de, bütün olarak çalışması sağlanır. Kaset kirişler, kirişlerin birleşme açılarının  $60^\circ$  veya  $90^\circ$  olmasına göre iki sınıfa ayrılır.  $90^\circ$  lik birleşmeler geçmeli olarak yapılabilir. Dar açılı birleşmelerde ise kesişme noktaları kesme kuvvetleri etkisi altında kalmaktadır. Bu nedenle bu noktalarda bulonlu tespitler yapılmaktadır (Şekil 3.10.).

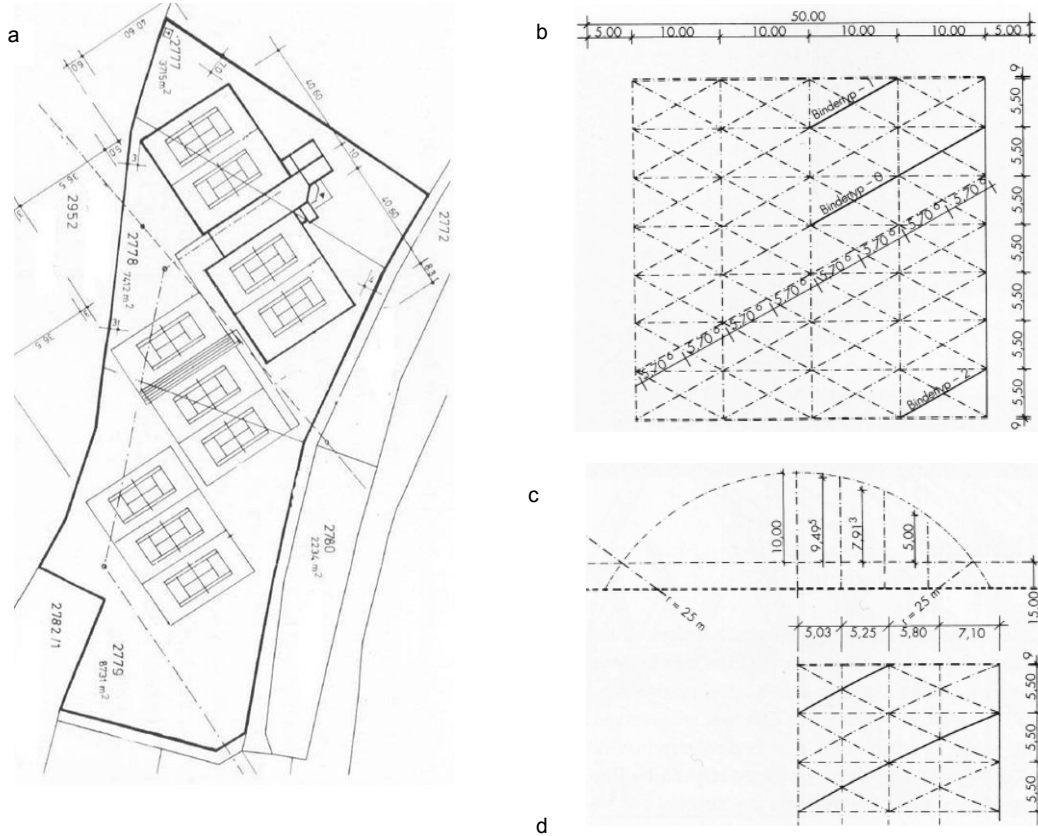


**Şekil 3. 10.** Dik ve dar açılı kaset kiriş uygulaması (Jones, 2003).

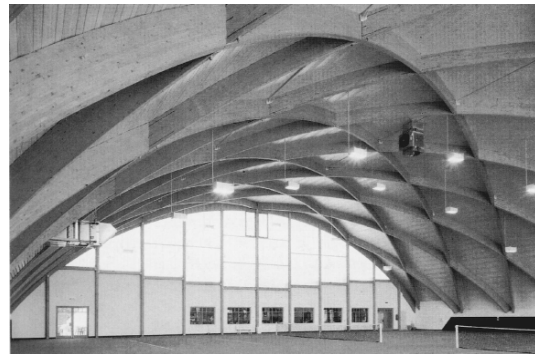
- Kaset kirişlerin planda görünümü ve boyutları, b) Plandaki kirişlerin uygulamadaki konumları. Her bir lamella iki ızgara boşluğunu tutmaktadır. Böylelikle sürekli bir sistem oluşturulur,
- Standart birleşmelerin makaslama kuvveti karşısında yetersiz kalması nedeniyle kamalı birleşim yapılı. Kiriş yüksekliğine bağlı olarak 3 veya 4 kama kullanılır,
- Fabrika ortamında yapılan deneme montajı,
- Dar açılı birleşimlerin uygulandığı, f) "Zollbau" patentli ahşap lamellaların konut çatısında kullanımına bir örnek. Çatı eğiminin dik olması kirişler arasındaki açıyı etkilemiştir.

### Örnek: Bad Waltersdorf Tenis Salonu<sup>7</sup>

İki çift tenis sahası tenis kortu kompleksinin kuzey bitişinde yer almaktadır. Her bir saha 40.60 x 40.60 m ebadındadır. Çatı strüktürü 29° açıyla birleşen, 600 x 160 mm en kesite sahip kirişlerle oluşturulmuştur. Kirişleri birleştirmek için 1300 x 150 x 10 mm çelik plaklar, kirişin üstünde ve altında birer adet olacak şekilde, geçmeler yaparak kullanılmıştır. Bu sürekli olmayan çelik kaburgalar bir tane 14 mm çapında civata ve on iki adet 16 mm çapında çelik çivi aracılığıyla tespit edilmektedir (Gutdeutsch,1996, syf.42) (Şekil 3.11.).



- Vaziyet planı,
- Çift yönlü kirişlerin aralıklarını ve kullanılan birim boyutunu gösteren plan,
- Plan üzerinden kesit yüksekliklerinin elde edilişi,
- Saha içinden çekilmiş bir fotoğraf.



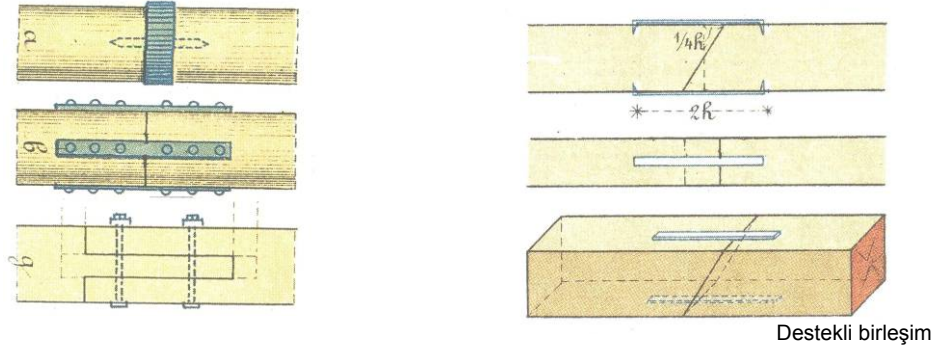
**Şekil 3. 11.** Bad Waltersdorf Tenis Salonundan bir fotoğraf ve çift yönlü kirişlerin uygulanma aralıklarını gösteren veriler (Gutdeutsch,1996, syf.42).

<sup>7</sup> Bad Waltersdorf , Avusturya (1994), Kresi Heinrich & Breiner and H. Purkarthofer

### Kiriş Bağlantıları

Bağlantılar kiriş-kiriş ve kiriş-düsey taşıyıcı bağlantıları olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Sürekli kirişlerde bileşenin kendi içinde bağlantısı gerekir. Kirişlerin kendi içinde uzun boyut elde etmek için yaptığı bağlantılara "boy birleşimleri" denilmektedir. Boy birleşimleri destekli, pahlı, lambalı, zıvanalı, geçmeli, kurtağzı veya kırılacağı kuyruğu birleştirme yöntemleriyle yapılır (Şekil 3.13.).

*Destekli birleşim* çözümü metal levhalar aracılığıyla sağlanır. Bulon, metal plaka gibi elemanlar bağlantıda kullanılır (Şekil 3.12.).



**Şekil 3. 12.** Destekli birleşim alternatifleri (solda) ve birleşimin plan, kesit , perspektifi (Sağda) (Stade, 1904).

*Pahlı birleşim*, kalınlık ve genişlikleri aynı iki elemanın uçlarına değişik şekillerde pahlar açılması suretiyle yapılır. Bu birleşim türü "düdükağzı" ve çatı konstrüksiyonlarında "eğri göğüslü bindirme" olarak ta geçmektedir (Karabulut, 2000, syf.58).

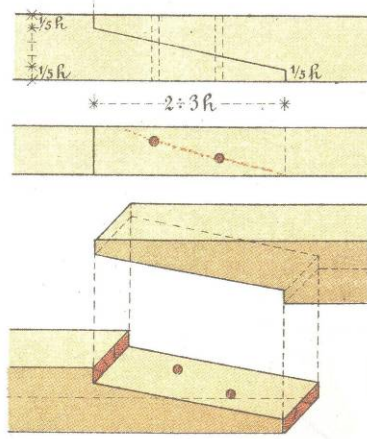
*Lambalı birleşim*, birleşecek elemanlardan birinin altında, birinin üstünde açılan aynı boyutlarda birbirini tamamlayacak lambaların üst üste yerleştirilmesiyle oluşturulur.

*Zıvanalı birleşim*, elemanlardan birinde yuva, diğerinde ise yuvaya sokulacak dış oluşturulur. Diğer birleştirmelere nazaran sağlam çözüm getirilir.

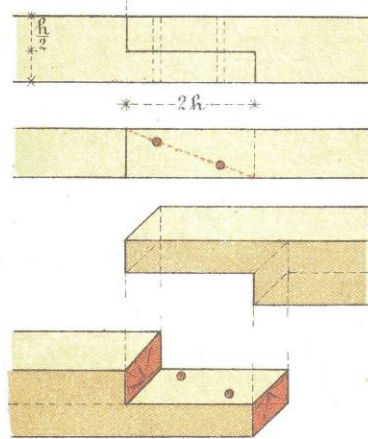
*Geçmeli birleşim*, birleşecek elemanlardan birinde boşluk, diğer elemenda çıkıntıyı dolduracak şekilde kanallar açılması ve sonra parçaların kenetlenmesiyle oluşturulur.

*Kurtağzı birleşim*, açılı birleşmelerde kullanılır.

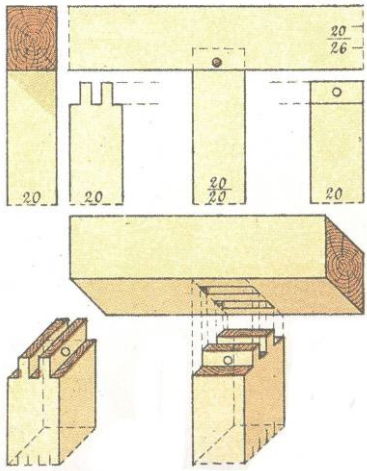
*Kırılacağı kuyruğu birleşim*, ise kirişlerin eklenmesinde ve merteklerle kuşakların bağlantısında kullanılır.



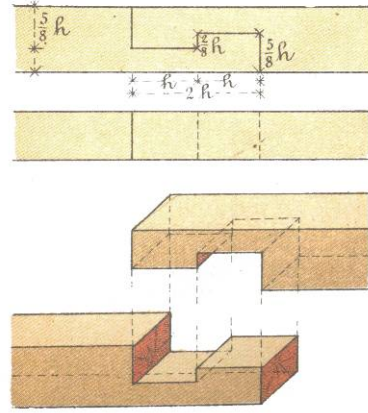
Pahlı birleşim



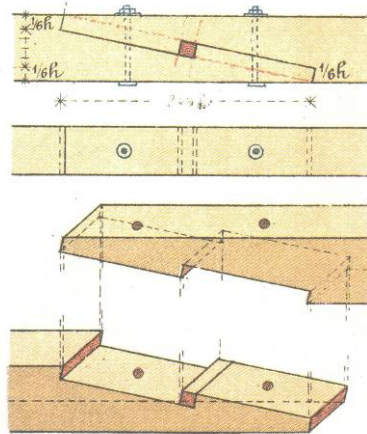
Lambalı birleşim



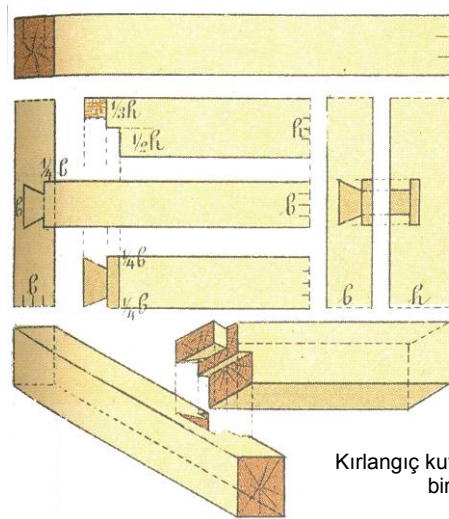
Zıvanalı birleşim



Geçmeli birleşim



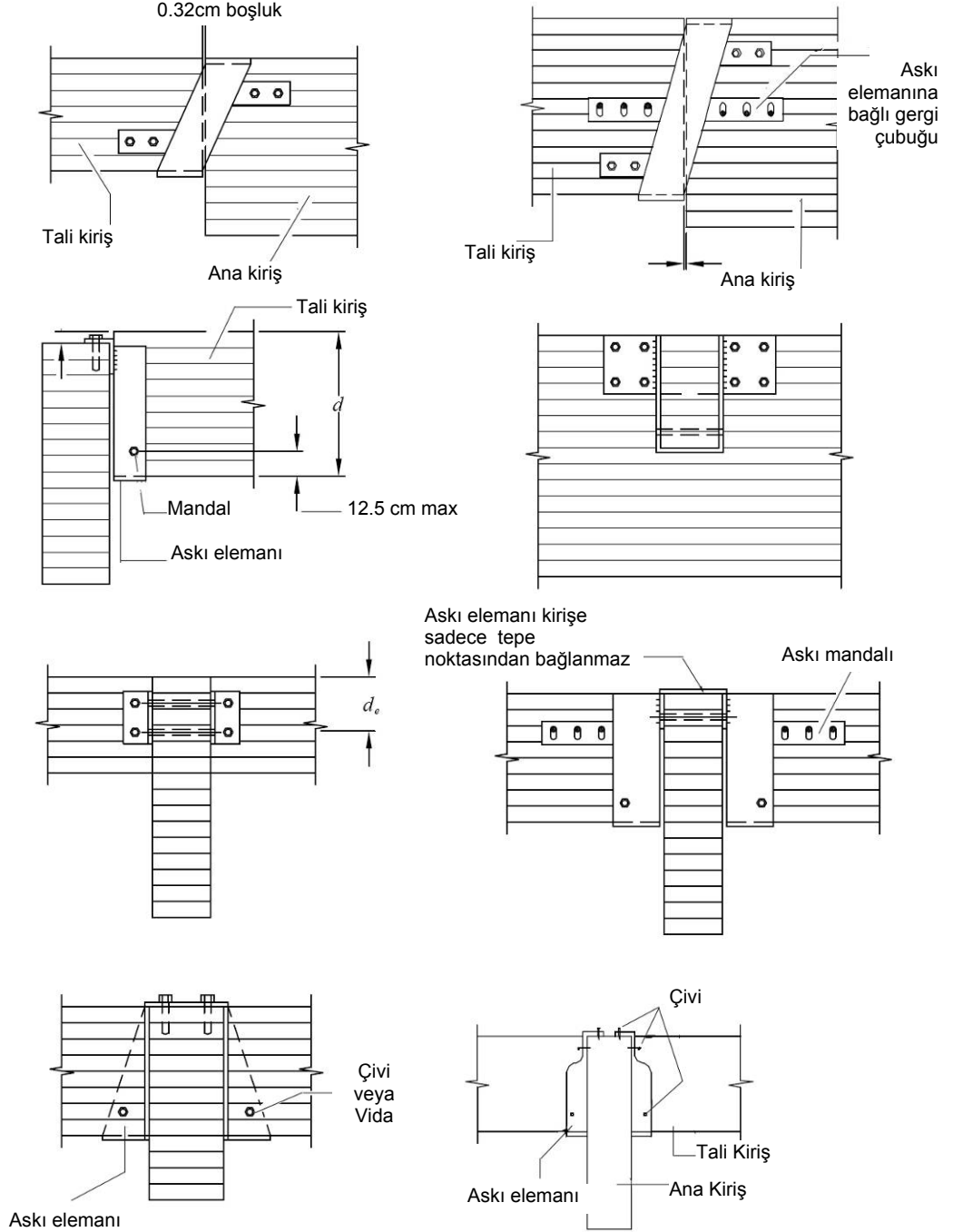
Kurtağzı birleşim



Kırlangıç kuyruğu birleşim

Şekil 3. 13. İki kiriş arasında uygulanabilecek boy bağlantıları (Stade, 1904).

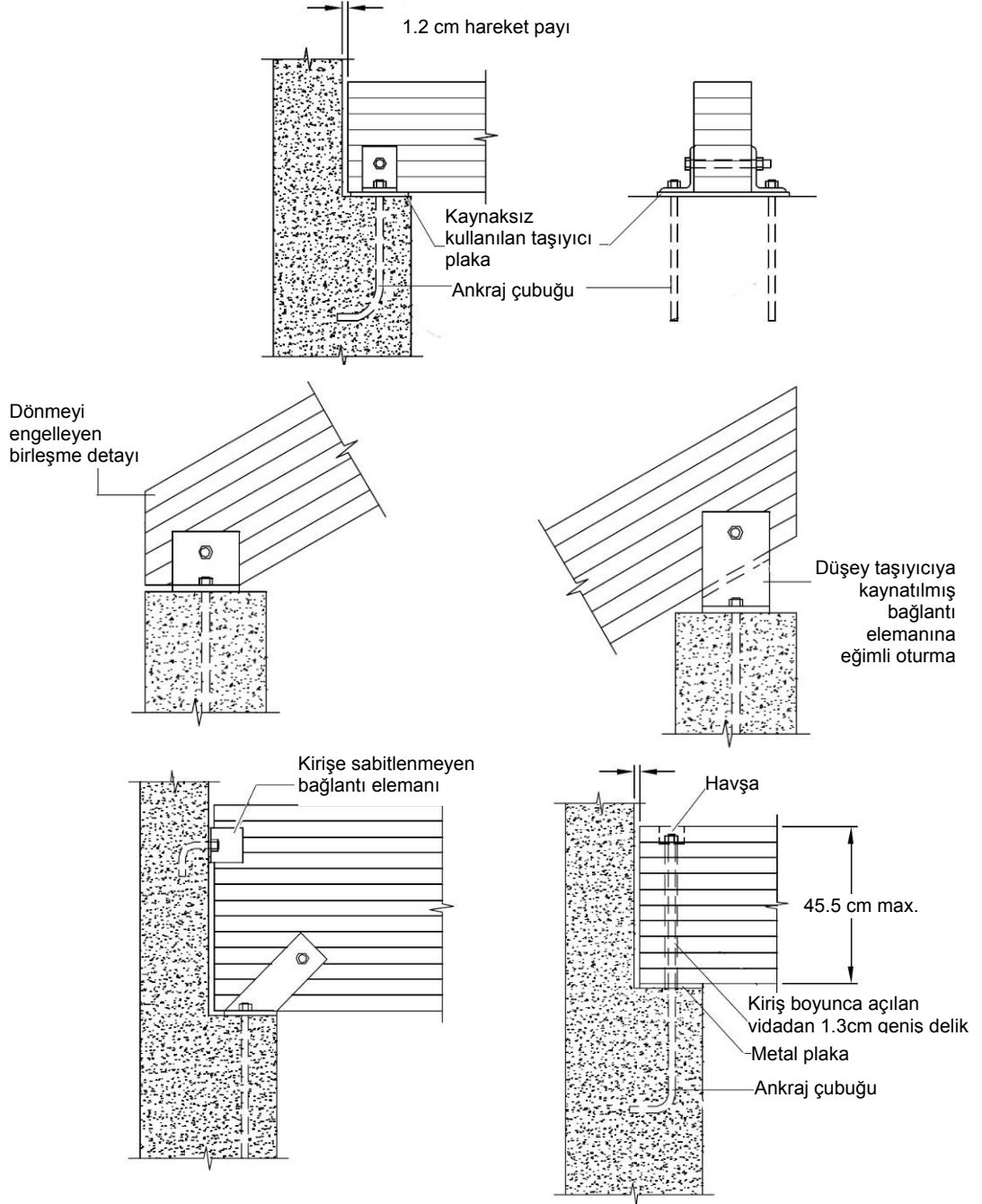
Boy birleşimleri haricinde, kirişlerin kendi içinde yaptığı bir diğer bağlantı türü konsol kirişler için uygulanır. Ana kirişlere askı elemanlarıyla tali kirişlerin asılması yoluyla konsol kiriş taşınır. Askı elemanı ve gergi çubukları vasıtasıyla çekme gerilmesi karşılanır. Çatlama engellemek amacıyla iki kiriş arasında hareket payı bırakılır. Yine aynı nedenden ötürü bağlantılar sabit elemanlarla değil de, hareket imkanı sağlayan askı kirişleriyle yapılır (Şekil 3.14.).



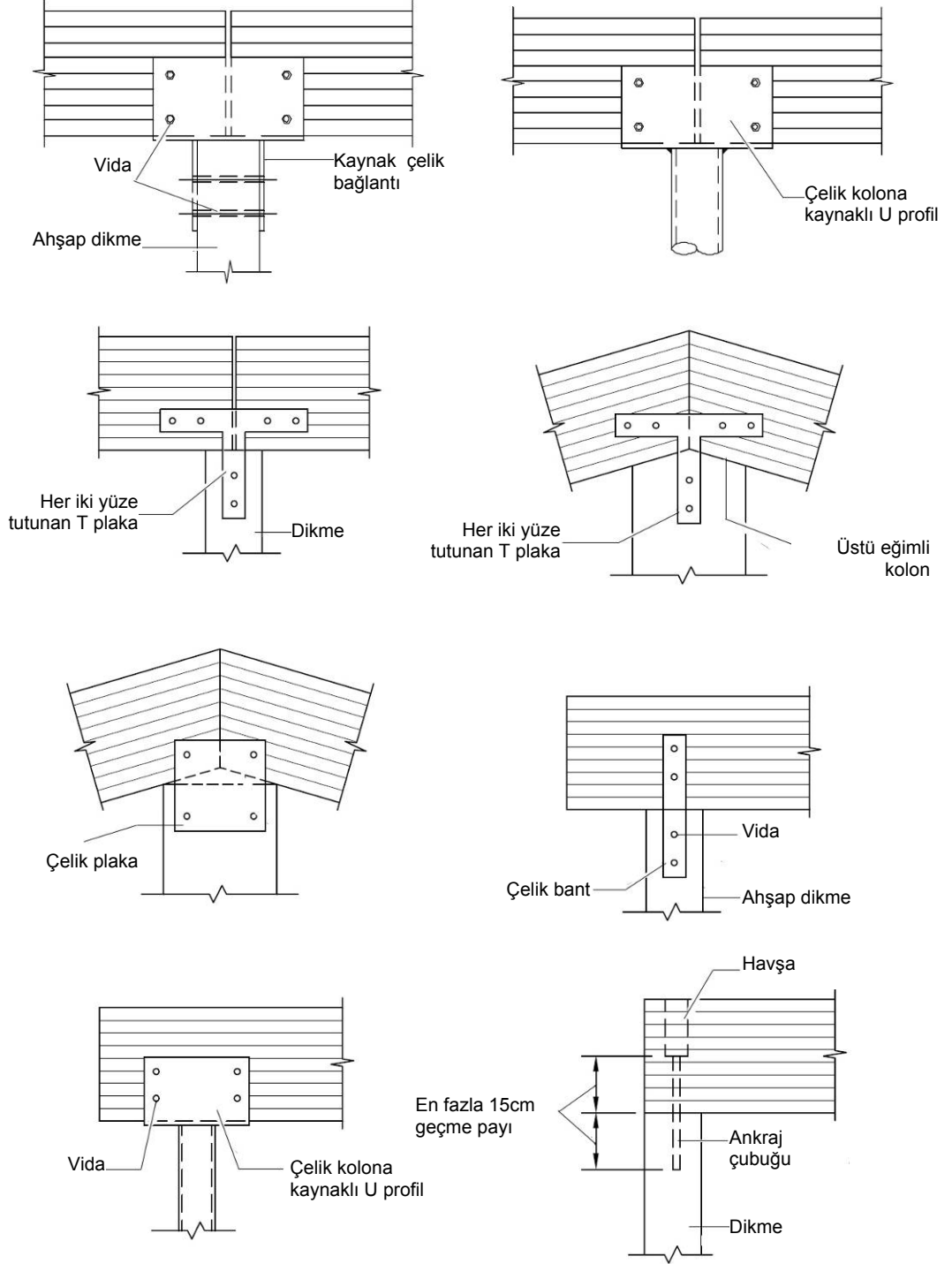
**Şekil 3. 14.** Konsol kirişlerde uygulanan askı elemanlı kiriş-kiriş bağlantıları ([www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104)).



Kirişin bir diğer bağlantısı ise düşey taşıyıcı ile olur. Düşey taşıyıcı kagir, ahşap veya çelik esaslı olabilir (Şekil 3.15.-3.16.). Düşey taşıyıcı malzemesi kullanılacak bağlantı elemanını ve birleşim yöntemini belirlemektedir. Tespit için metal ankraj elemanları ve plakalar kullanılır. Kiriş yüksekliği tespit şeklini etkileyen bir diğer özelliktir. Kirişin alttan bağlanmasının yeterli olmadığı durumlarda iki noktadan bağlantı yapılmaktadır. Kagir malzeme ile yapılacak birleşimlerde ahşabın suyu almaması açısından direkt temas engellenerek, hava boşluğu bırakılmalıdır.



Şekil 3. 15. Ahşap kiriş-kagir düşey taşıyıcı bağlantıları ([www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104)).



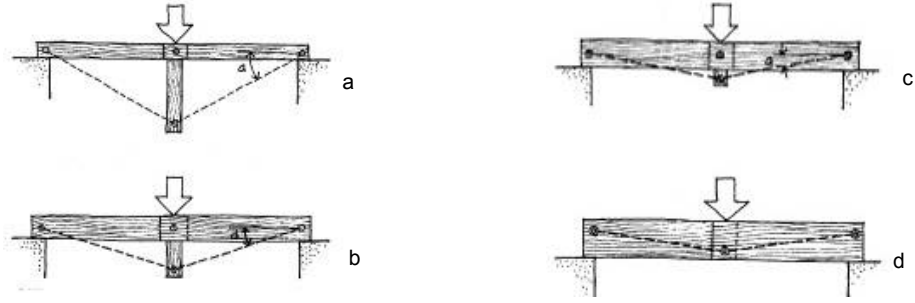
**Şekil 3. 16.** Ahşap kiriş- ahşap veya çelik düşey taşıyıcı bağlantıları  
[www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104).

### 3.1.2. Makas

Kirişlerin mukavemeti kesite bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Açıklık boyutu arttıkça kiriş kesiti de paralel olarak artar. Dolu gövdeli kirişlerin ağırlığını azaltacak makas çözümü gerekir.

Kirişler sınır açıklık için ekonomiktir. Bu sınırın aşılması durumunda hareketsiz yükün hareketli yüke oranı artar. Kirişin enine kesiti açıklıkla birlikte artarak, ağır hareketsiz yüklerle sonuçlanır. Açıklık boyutu etkin enine kesit şekliyle artırılabilir (Schierle, 2006, syf. 101).

Makasların yapısal görevi yükleri uygulama noktalarından, mesnet noktalarına olabildiğince etkin ve ekonomik olarak taşımak ve nakletmektir. Etkinlik, uygun profil seçiminin mimari ihtiyaçlara uyumlu ve yüklemeye koşullarıyla tutarlı olmasına bağlıdır (Ozelton, 2004, syf. 369).



Şekil 3.17. Gergi ve kiriş kesiti ilişkisi (Allen, 2005. syf. 190).

Düşey destek boyu azaltılırsa, kablo ile arada kalan  $a$  açısı düşmekte, kablodaki yatay çekme ve gerilim artmaktadır. Bu durumda süperpoze yükleri eşit dağıtıp, sistemi dengede tutabilmek için ana kiriş kesiti artırılarak, daha ince kablolar kullanılır (Allen, 2005, syf. 190) (Şekil 3.17.).

Kiriş kesitinin açıklığa göre yetersiz kalması durumunda eğilme başlar. Çekmeye çalışan gergi elemanları ile kirişe destek verilir. Kirişin uzunluğuna bağlı olarak kullanılacak gergi sayısı değişir. Kiriş ile gergi birleşiminin farklı şekilleri bulunmaktadır.

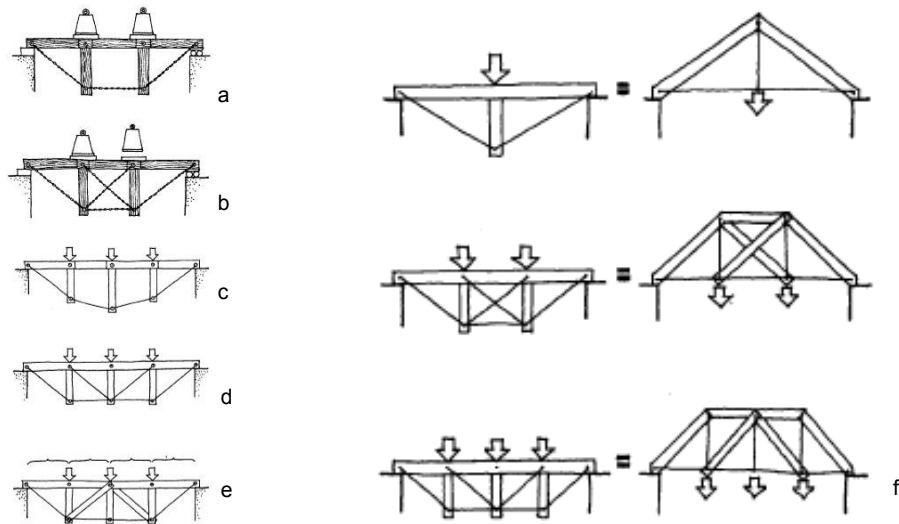
Makas, alt başlık, üst başlık ve başlıklar arasında düzenlenmiş desteklerden oluşur. Destekler dikey (dikme) ve çapraz (diyagonal) olmak üzere iki yönlüdür. Dikey ve çapraz elemanların üçgenler oluşturması makasa rijitlik kazandırmaktadır. Destek malzemesi olarak ahşap veya çelik kullanılır. Çelik hafiflik sağlaması açısından avantajlıdır. Destekler basınç veya çekme gerilmelerine maruz kalır. Boşluklu gövdeli olmaları nedeniyle hafif sistemler elde edilir. Bütün hafif sistemlerde olduğu gibi alttan gelecek rüzgar önlem alınması gereken bir kuvvettir.

Makaslarda, üst başlıklarda aksenal basınç gerilmeleri; örgü çubuklarında hem basınç hem çekme gerilmeleri; alt başlıklarda ise, çekme gerilmeleri görülür (Kalay, 2006, syf.52).

Makasların formu dolayısıyla elde edilen moment diyagramı oldukça iyidir. Uygulanan yüklerin bir kısmı tepe elemanlarından direkt mesnet noktalarına aktarılır. Gövde elemanları da birleşim noktaları aracılığıyla yükleri mesnetlere aktarmaktadır (Ozelton, 2004, syf. 371).

Çubukların eğimi ne kadar fazlaysa basınç gerilmelerinin eğilme momentlerine oranı o kadar fazladır. Düşey mesnet reaksiyonları düşey kuvvetlerin toplamına eşittir. Yatay reaksiyonlar çubuk eğimine bağlıdır. Eğim az ise reaksiyon fazla, eğim çoksa yatay reaksiyon azdır (Erenman,1988, syf. 104).

Şekil a da ki makasa iki çapraz kablonun eklenmesi burkulma ihtimalini düşürmektedir (Şekil 3.18.b). Üç noktasal yük için uygun makas benzer şekilde geliştirilmektedir (Şekil 3.18.e-d). Şekil c deki makas mekanik açıdan etkilidir. Fakat bütün düşey elemanların aynı boyda olmaması nedeniyle daha zor yapılır. Düşey elemanları aynı boyda tutarak, paneller arası çapraz bağ veya payanda bağlanması uygulama açısından daha kolay bir şekilde denge sağlamaktadır Herhangi bir çapraz eleman çekmeye çalışan bağlar veya basınca çalışan desteklerle değiştirilebilir. Bu demektir ki, istenilen panel sayısında stabil makasları panelin ortasında iki çapraza ihtiyaç duymadan üretilebilir. Ayrıca makasları ters çevirmek de mümkündür. Bu durumda çekmeye çalışan elemanlar basınca çalışmaya başlar. Tam aksi de mümkündür (Şekil 3.18.f). Bu şekilde değişik makas türleri geliştirilebilmektedir (Allen, 2005, syf. 188) (Şekil 3.19.).



**Şekil 3. 18.** Makas çeşitlerinin oluşumu (Allen, 2005).

a) Üç açıklıklı makas, b) Üç açıklıklı makasta çapraz elemanlar rijitliği arttırmaktadır, c) Farklı boylarda düşey elemanlarla kurulan makas, d) Aynı boyda düşey elemanlarla oluşturulan çok açıklıklı makas, e) Çok açıklıklı çapraz elemanlarla kurulan makas, f) Makasların ters olarak kullanılabilirliği.

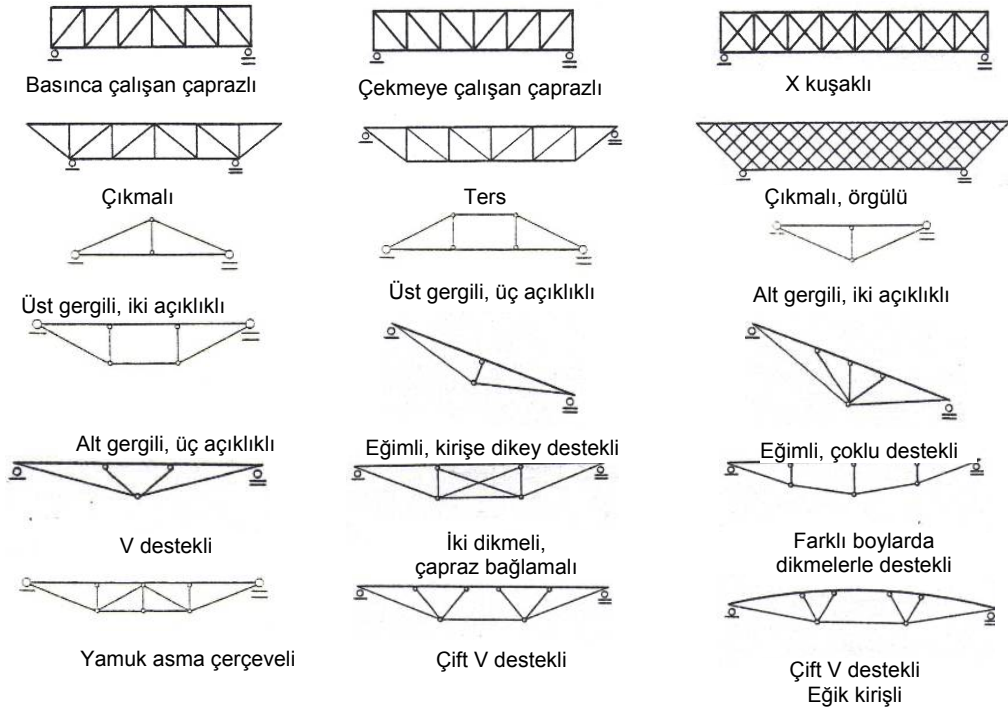
Makasların uzunluğu 7.5-30 m arasında değişebilmektedir. Kiriş yüksekliği açıklığın 1/6 ile 1/10 si arasında tutulmalıdır. Kiriş kesiti gergi kablosunun açısına, uzunluğuna bağlı olarak değişir (Herzog, 2004, syf.158).

$$a = 4 - 10 \text{ m} \quad \theta = 12-30^\circ$$

$$h = l/10$$

$$l = 7.5 - 30 \text{ m (Herzog, 2004, syf.158).}$$

Çatı arasında mekan elde edilmesi ve kullanılacak kaplama malzemesi makas eğimini etkiler. Makas çubuklarının eğimi oluşacak basınç ve eğilme gerilemelerini etkiler.



**Şekil 3.19.** Makas türleri (Herzog, 2004).

Makaslar kendi içinde dikme diyagonallerin yerleşim şekline ve eğimine göre tek eğimli, çift eğimli (üçgen) ve eğri limon kirişli makaslar olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 3.20.).

### Tek Eğimli Makas

Tek eğimli makaslar 9 m açıklığa kadar uygundur. Bu açıklığın üstünde düşey yükseklik çok artar (Ozelton, 2004, syf. 371).

Genellikle tek eğimli makas kullanımına yönlendiren neden yapının bir yanında bitişik nizam yapı bulunmasıdır.

Bu tip makaslarda eğim yeterli olmazsa kirişteki sehim dolayısıyla, mesnet civarında ters yönde akım meydana gelebilir (Kurt, 2005, syf. 5).

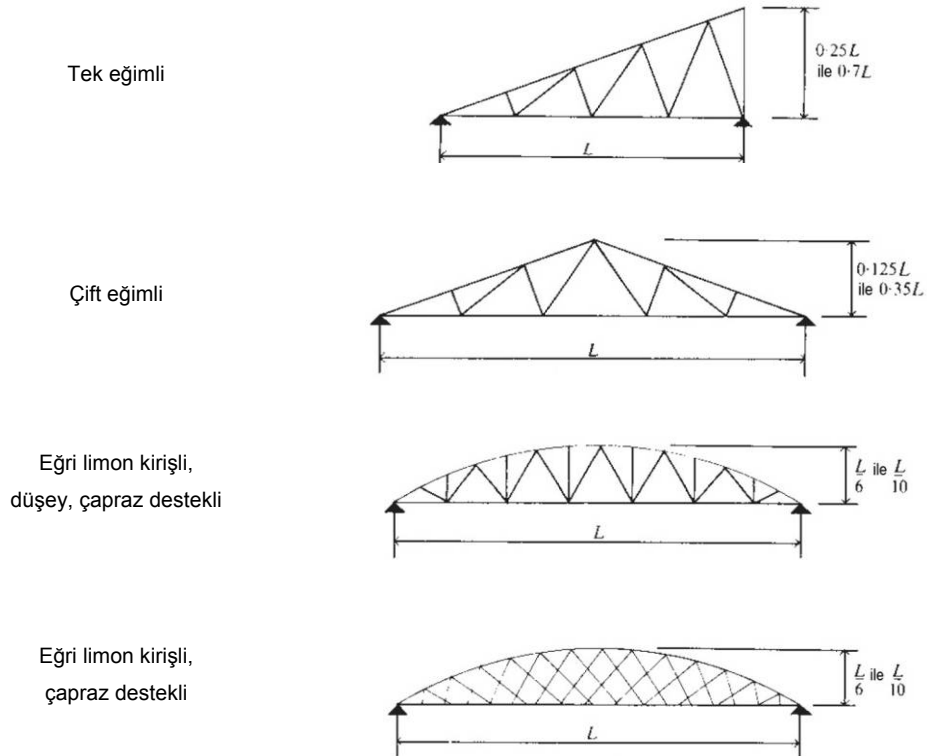
### Çift Eğimli makas (Üçgen Makas)

İki eğimli makaslarda geçilen açıklık  $12 - 15 m$  arasında değişir. Bu açıklığı geçen boyutlardaki makasların nakliyesi zor olur.

Çatılarda çok kullanılmayan sahası bulan makasların, yükleme durumu ne olursa, olsun çubuklarında bir çeşit gerilme durumu meydana gelir. Bu hal düğüm noktalarının teşkilinde çok kolaylık sağlar. Diyagonaller makas ortasına doğru yükselir tarzda teşkil edilirse çekmeye aksi yönde teşkil edilmeleri halinde de basınca çalışırlar. Dikmeler ise birinci halde basınca, ikinci halde çekmeye çalışırlar. Bu tarzda teşkil edilen makas başlıklarındaki en büyük kuvvetler mesnet üzerinde meydana gelir (Kurt, 2005, syf. 2).

### Eğri Limon Kirişli Makas

Geniş açıklıklı endüstriyel kullanımlarda eğri limon kirişli makaslar ekonomik sonuç vermektedir. Düzgün yayılı yükleme ve noktasal yüklerin çubuk elemanlara aktarılması nedeniyle  $30 m'$  ye kadar kullanımları olağanüstü sayılmamaktadır. Parabolik profil düzgün yayılı yükleri taşımak için etkin kuramsal çözümdür (Ozelton, 2004, syf. 371).

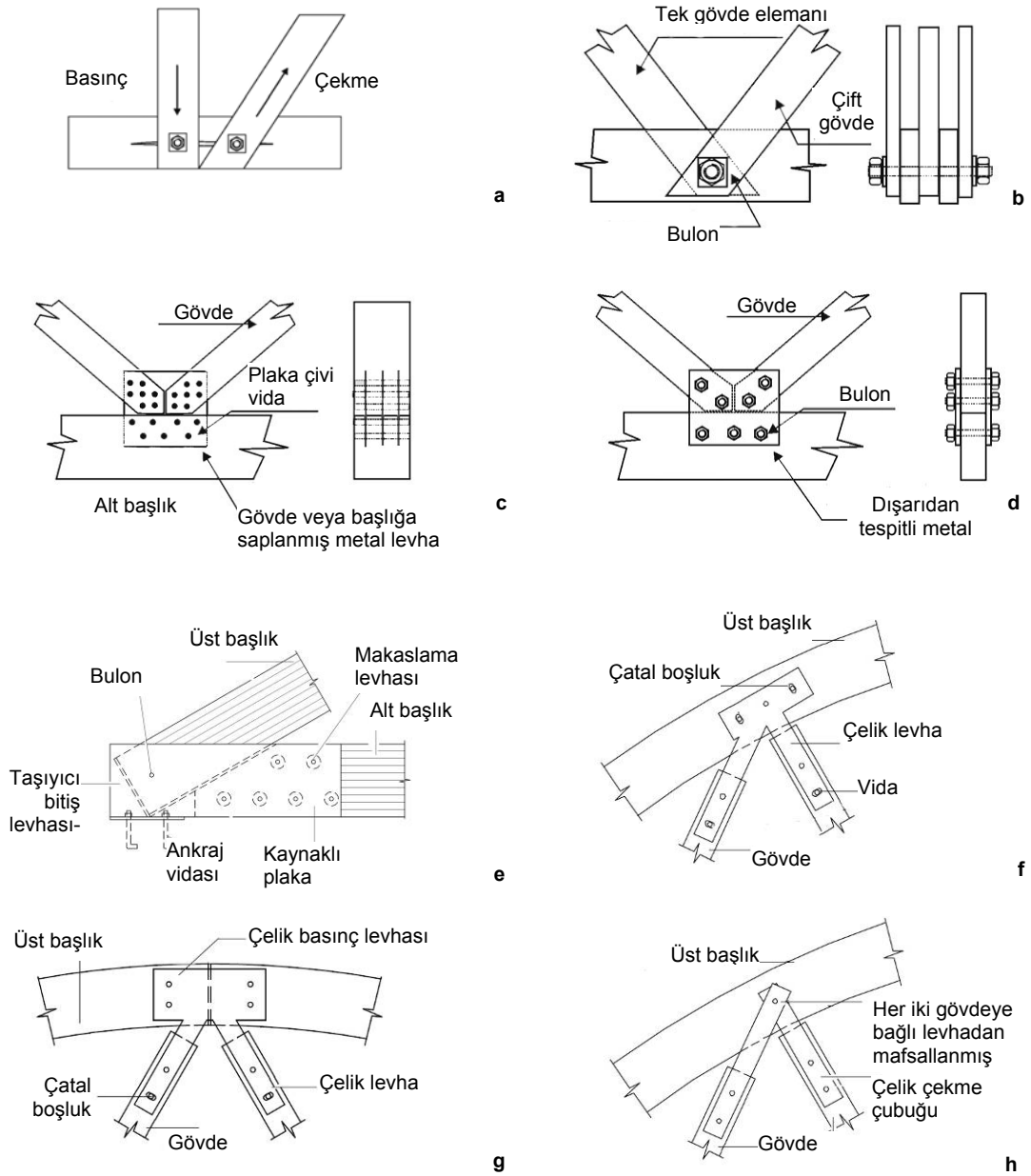


**Şekil 3. 20.** Basit makas profilleri (Ozelton, 2004, syf. 371).

### Makas Bağlantıları

Dikme, başlık ve diyagonallerin bağlantısı metal plakalar ve geçmeli bulonlarla sağlanır. Gövde elemanları tek kesitten veya birçok kesitin bir araya gelmesinden oluşur (Şekil 3.21.).

Yanlamanın makaslama etkisine karşı ahşap veya demir bir başlık kullanılması mümkündür. Bundan başka fazla yük getiren yanlamaların birleşim noktasından kaymasını önlemek için yanlama ile bırakma kirişini birbirine bulonlarla bağlamak yararlı olur (Usta, 2007, syf.27).



**Şekil 3. 21.** Makas bağlantıları.

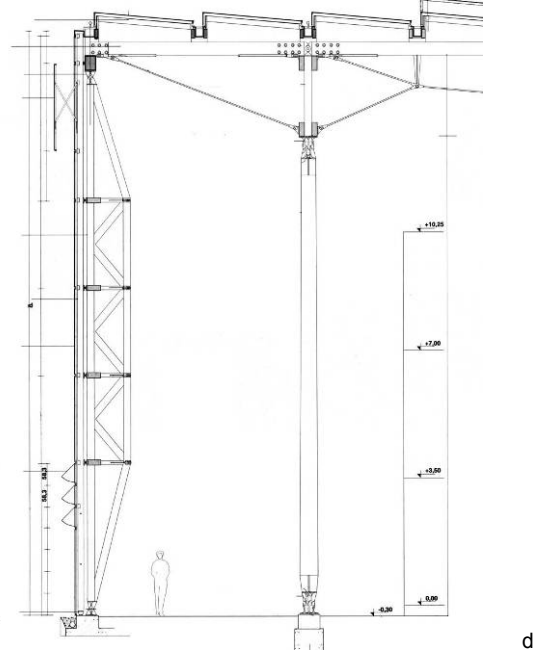
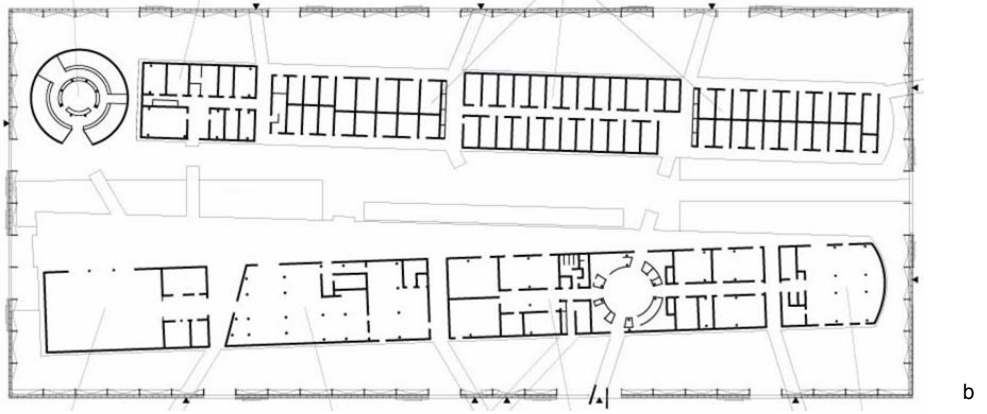
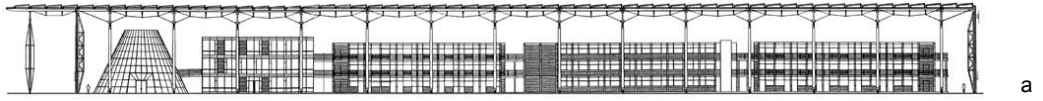
a-b-c-d) Gövde-alt başlık birleşim türleri ([www.staff.fit.ac.cy](http://www.staff.fit.ac.cy))

e) Makasın düşey taşıyıcı ile bağlantısı ([www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104))

f-g-h) Gövde-üst başlık birleşim türleri ([www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104))

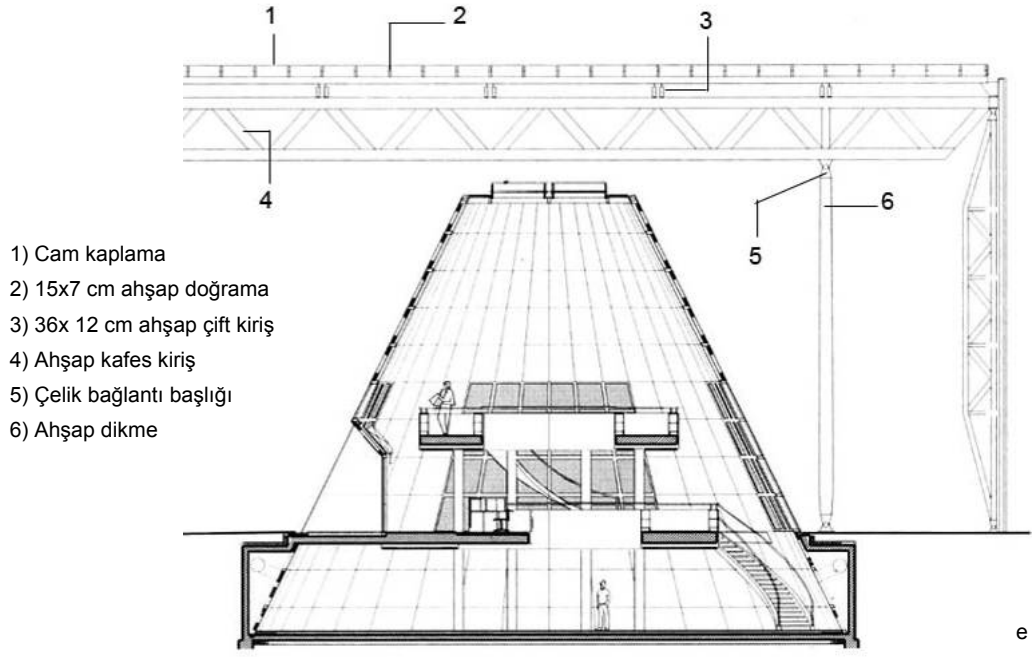
Örnek: Mont Cenis Kamu Eğitim Merkezi<sup>8</sup>,

Yapı 168 m uzunluğunda, yüksek ahşap dikmelerden oluşan, cam bir cephe ile sarmalanmış, bir dizi binayı içine alan bir hangar görünümündedir. Çatı bir yönde dikmelerin üstünde ahşap kafes kirişlerden, diğer yönde ahşap düz kirişlerden oluşmaktadır. Yuvarlak kesitli ve narin ahşap dikmeler, orta mekanda, bir orman ortamını çağrıştırmaktadır. Kabuğun içinde, bu strüktürden oldukça bağımsız bir dizi iç yapının (prizmatik ve tonoz formlarda, cam veya betonarme materyal / sistemlerle yapılmış ofis / eğitim birimleri) olduğunu görmekteyiz. Dolayısı ile kabuk içinde kabuk bir yapı kurulmakta, bu mimari anlayış, tüm strüktürü de aynı doğrultuda yorumlamaktadır (Tokyay, 2001a, syf.42) (Şekil 3.22.).

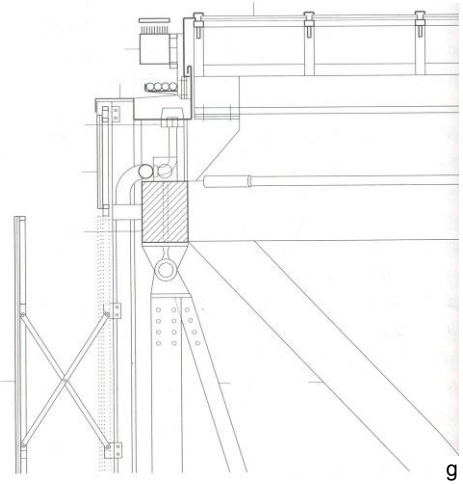


<sup>8</sup> Almanya, (1999). Jourda&Perraudin.





- 1) Cam kaplama
- 2) 15x7 cm ahşap doğrama
- 3) 36x 12 cm ahşap çift kiriş
- 4) Ahşap kafes kiriş
- 5) Çelik bağlantı başlığı
- 6) Ahşap dikme



**Şekil 3. 22.** Mont Cenis Kamu Eğitim Merkezi plan, kesit ve detayları (<http://www.akademie-mont-cenis.de>).

- a) Boy kesiti,
- b) Plan,
- c) Dikme kiriş birleşim fotoğrafı,
- d) Boy kesiti,
- e) Makas birleşimi gösteren en kesiti,
- f) Kafes kiriş birleşim fotoğrafı,
- g) Sistem detayı .

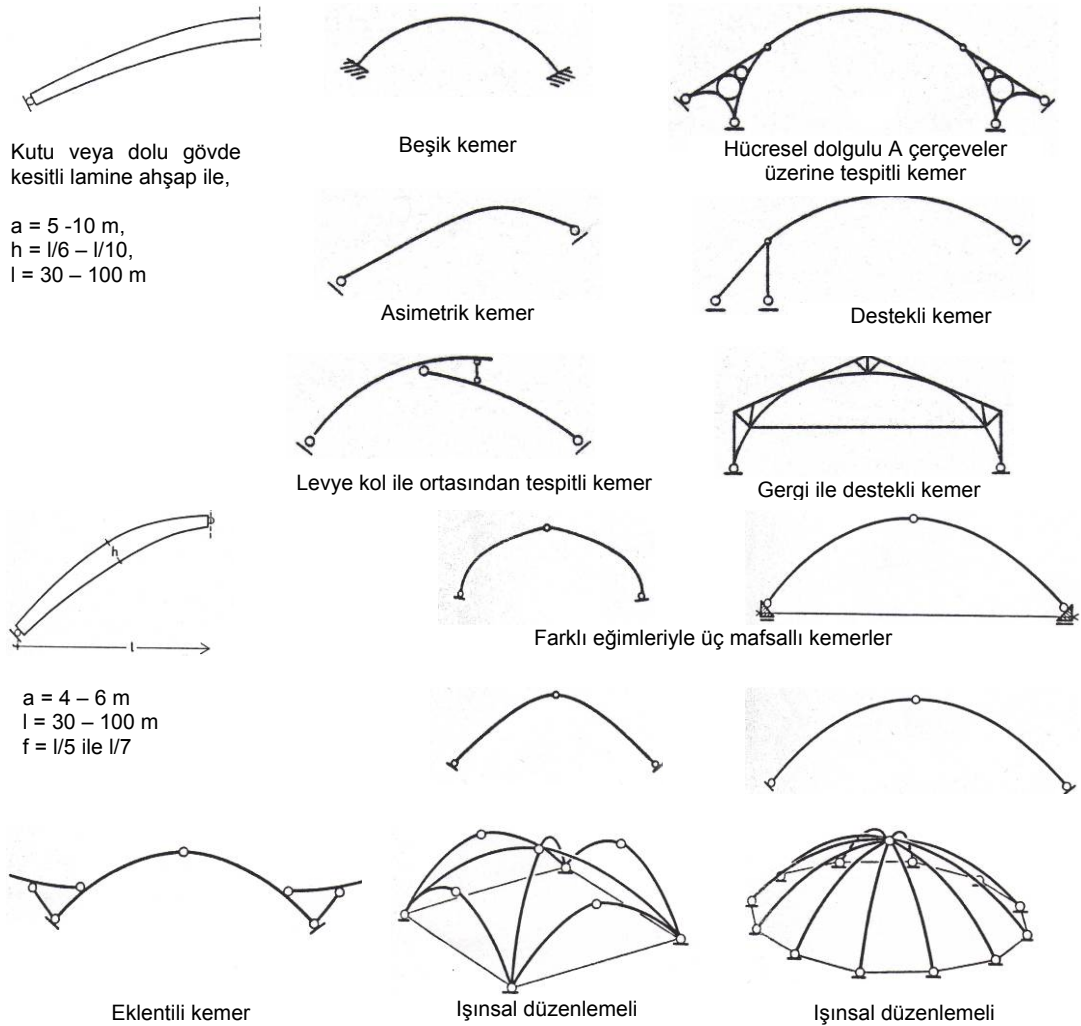
### 3.1.3. Kemer

Kemer, istenilen eğrilikte bükülen tabakalı ahşabın, tek bir parça olarak veya tepe noktasından da mafsallanarak, yatay düzleme tespit edilmesiyle yoluyla oluşturulan çatı bileşenidir. Mafsal sayısına göre iki mafsallı veya üç mafsallı kemerler olarak sınıflandırılabilir (Şekil 3.23.).

İki mafsallı kemerler iki ucundan mesnetlenecek şekilde düzenlenir. Merkezde eğilme momenti oluşan tasarımlarda düşey destekler veya yatay gergiler ile çözüm getirilir.

Schodek' e göre lamine kemerler 12 m - 43 m açıklık geçebilmekte,  $l/14$  ile  $l/16$  arasında derinliğe sahiptir (1980,syf.513, Ertaştan, 2005, syf.49) .

İki mafsallı kemerlerde kemer yüksekliğine bağlı eğilme momenti orta bölümde deformasyona sebep olur. Ayrıca taşınma açısından tek bir parça elemanın nakliyesi daha zordur. Üç mafsallı kemerlerin gelişimi bu sorunu çözecek şekildedir.



**Şekil 3. 23.** Kemer türleri. a) İki mafsallı kemer (Herzog, 2004, syf. 208), b) Üç mafsallı kemer (Götz, 1987 syf. 146-148).

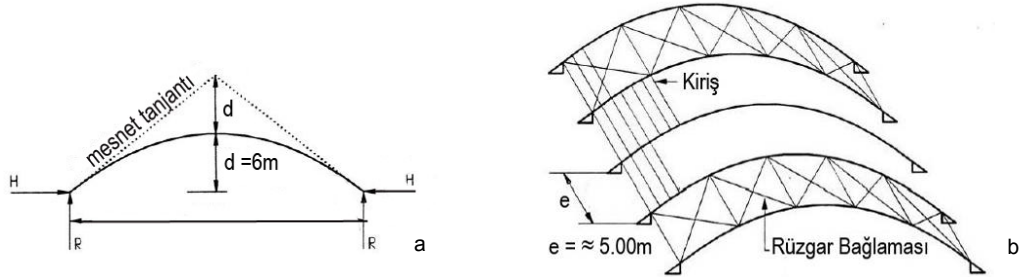
Kemer yüksekliği nedeniyle ortaya çıkan eğilme kuvvetleri boyutlandırmada etkilidir. Üç mafsallı kemerler tepe noktasında yan levhalarla birleştirilir. Yan levhalar hareketli yükler tarafından üretilen makaslama kuvvetine karşı sistemi rijit hale getirir.

Götz'e göre (1987, syf. 146) 'e göre üç mafsallı kemerler 30 m ile 100 m arasında açıklık geçebilmektedir.

Kemerlerin belli aralıklarla yerleştirilmesi, üzerine tam zıttı yönünde kirişlerin oturtulmasıyla yapı iskeleti elde edilir. Sistemin rijitliğini sağlamak için kemerler arasında çapraz bağlantılar yapılabilir.

Son açıklıkta yer alan rüzgar bağlamaları çapraz çelik kayıtların basınç destekleriyle karma kullanımı yoluyla oluşturulmaktadır. Kemer yanal itme kuvvetine karşı korumak için ise betonarme ayaklara tespit yapılabilir (Schierle, 2006, syf.106) (Şekil 3.24.).

Kemer kesitine ve kemerler arasındaki aralığa bağlı olarak çapraz bağlantıların sayısı artırılabilir. Bu bağlantılar yatay itme kuvvetini alır.



**Şekil 3. 24.** Rüzgar bağlamaları.

- Kemer yüksekliğinin belirlenmesi,
- Son açıklıklarda uygulanan rüzgar bağlamaları (Schierle, 2006, syf.106).

Kemerin orta çizgisine teğet olarak düşünülen tepki kuvvetleri yatay ve düşey iki bileşene ayrılır. Kemer yüksekliği azaldıkça yatay itme kuvveti büyür. Bu nedenle basık kemerlerin uçlardan dengelenmesi daha zorlaşır. Basık kemerlerde uçtaki itme kuvvetini dengelemek için germe (çekme) elemanları devreye sokulabilir (Türkçü, 2003, syf.172).

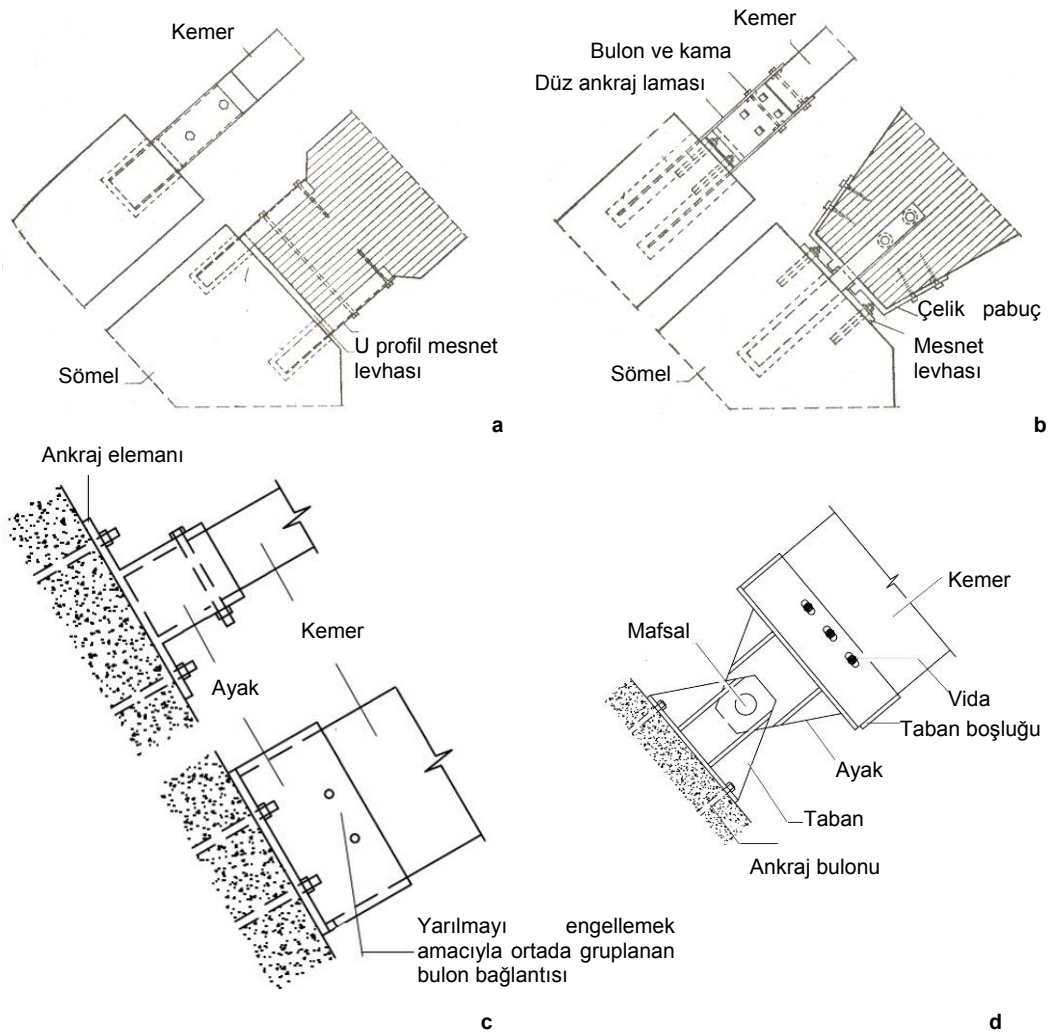
Lamine kemerlerin eğimi lamine tabaklara göre ve mesnet noktası tanjantına göre ayarlanmalıdır. Kemer eğimi eğilmenin mümkün olduğu yarıçap eğriliğinde tutulmalıdır.

Eğilmeyi azaltmak için laminasyon tabakalarının kalınlığı  $l/300$  ün üstünde olmamalıdır (Karlsen, 1989, syf.201, Götz, 1987, syf.54, Ertaştan, 2005, syf. 49).

### Kemer Bağlantıları

Destekli kemer tipinde, yatay ve dikey reaksiyonlar betonarme destekler boyunca karşılanır. Bağlı kemerlerde yatay reaksiyonlar tavanda yerleşmiş metal çubuklarla karşılanır. Bağlı kemerler genellikle sabit duvarlara veya dikmelere bağlanır (Altunkaya, 2007, syf.47).

En yaygın kullanılan kemer bağlantısı, daire biçimli mafsallı mesnetlerle oluşturulur (Şekil 3.25.d.). Mafsal noktalarında çelik ayak - taban birleşmesi veya birleşme mafsalını sağlayan bulon çözümü kullanılır. Her türlü kemerin düşey konstrüksiyon ile birleşiminde yatay kuvvetleri karşılamak için çelik çekme çubukları kullanılır (Şekil 3.25.).



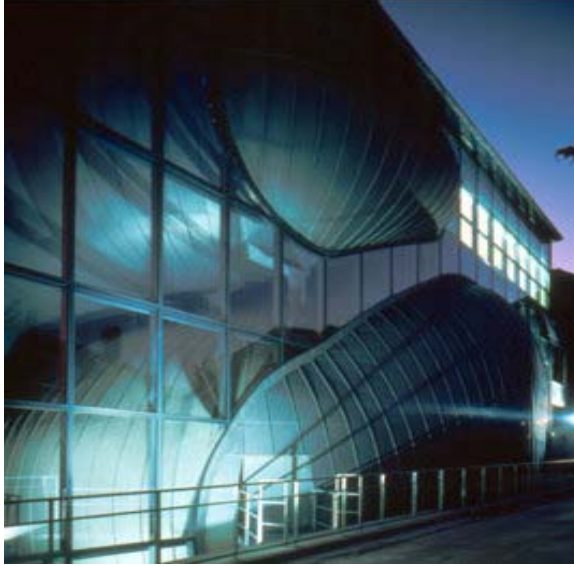
**Şekil 3. 25.** Kemer bağlantıları.

a-b) (Erşen, 1964, syf.93), c,d) ([www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104)).

Örnek: Fakülte İlave İşler<sup>9</sup>

Yeni ilave kitlelerin düzenlenmesi, yüksek ve aydınlık sirkülasyon çekirdeğinin içinde yoğunlaşmıştır. Yeni mekanların etkinlikleri, kültürel çalışmaları sergi ve konserlerdir. Dikdörtgen bir prizma bir yapının içindeki avluda inşa edilen iki adet konferans salonu eğrisel lamine kirişlerle yapılmış, küçük salon büyük salonun üstüne mesnetlenmiştir. İç duvarlar akustik açıdan aralıklı çam rabitayla, çatı ise çinkoyla kaplanmıştır (Tokyay, 2002, syf.40).

Zıt yönde atılan kemerlerle strüktür oluşturulur. 2.00 m aralıkla 8 cm kalınlığında ana kemerler, ana kemerlerin arasına da yaklaşık 25 cm aralıklarla, kaplamanın tespit edileceği, 4 cm kalınlığındaki tali kemerler yer almaktadır. Dış yüzeyi saran metal kaplama ile küre konstrüksiyonu tamamlanmaktadır. Üstteki küre alt kürenin üzerine tespit edilmektedir (Şekil 3.26.-3.27).

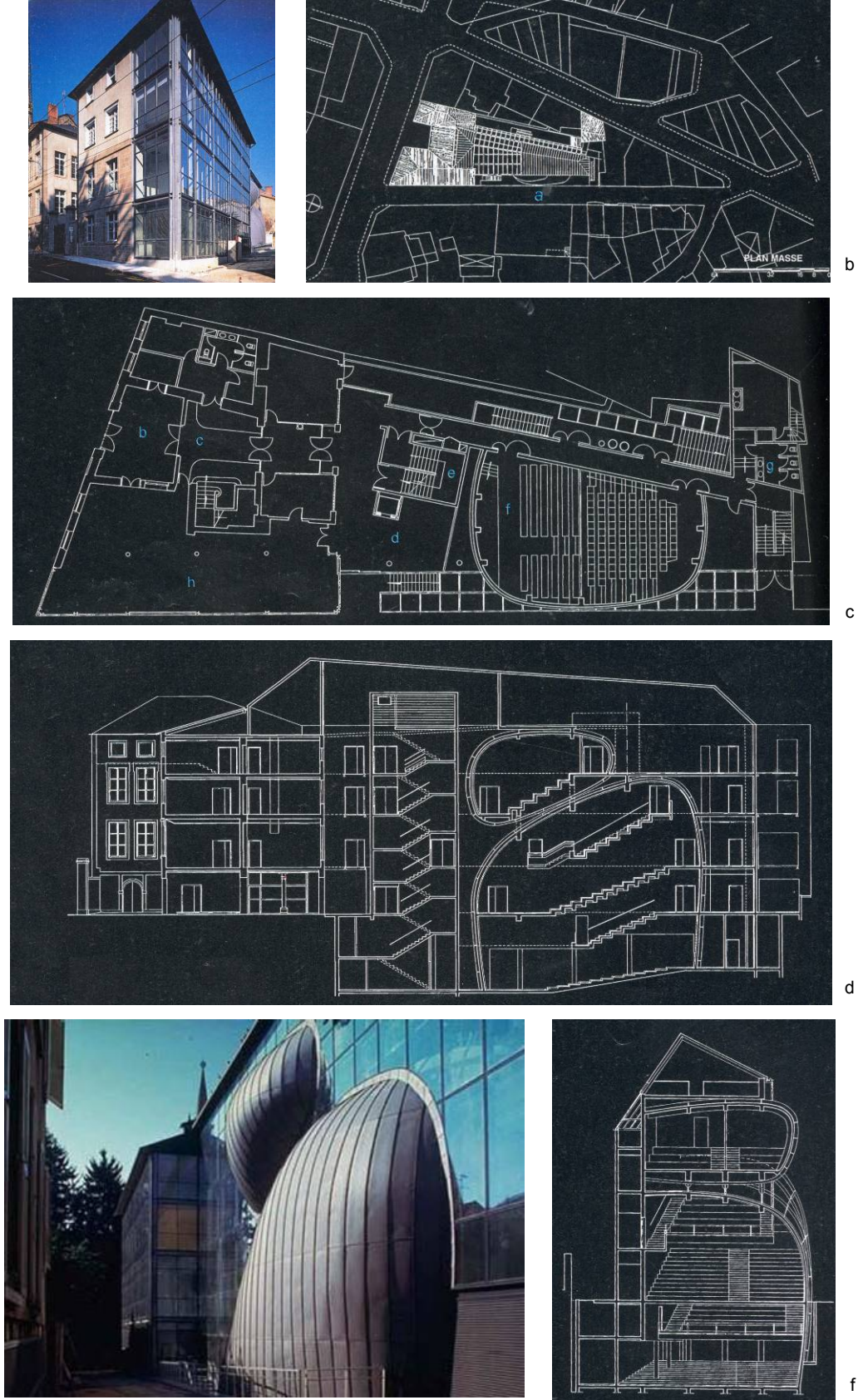


**Şekil 3. 26.** Fakülte İlave İşler Yapısı cephe ve iç mekan fotoğrafları.

- Kütlelerin dış cephedeki konumu...
- İç mekandan kütlelerin görünüşü... Üstteki birim alttaki birimin üzerine tespit edilmiştir,
- Kemerler salonu zıt doğrultuda keşişecek şekilde sarmıştır (Fuksas, 1998, 69-72).



<sup>9</sup> Limoges, Fransa, (1997), Massimiliano Fuksas.



**Şekil 3. 27.** Fakülte İlave İşler Binasına ait veriler (Fuksas, 1998, syf. 69-72).

a) Ön cephe fotoğrafı, b)Vaziyet planı, c) Plan, d) Boyuna kesit, e) Doğu cephesinden fotoğraf, f) Enine kesit.

### 3.1.4. Çerçeve

Çerçeve, kemerin düşey taşıyıcılara ihtiyaç duymadan tek parça olarak kullanılma amacıyla, köşe birleşmeleri moment aktaracak şekilde geliştirilmiş halidir.

Salvadori, çerçeve yapıların, monolitik olarak hareket etmesine karşın, düşey ve yatay yüklere karşı dikme kiriş sisteminden daha güçlü olduğunu savunmaktadır (1986, syf.178 ve Ertaştan, 2005, syf.54).

Kiriş ve dikmeler rijit bağlıdır. Rijit köşe sebebiyle kirişe gelen eğilme momentleri dikmelere aktarılır. Dikmelerdeki momentler mesnetlerde yatay reaksiyon doğurur. Sadece düşey yükler olması durumunda bile köşelere gelen teğetsel yükler tahkik edilmelidir. Hem kiriş hem de dikmelere gelen basınç yüklerine karşı çerçevenin stabilitesi sağlanmalıdır (Erenman, 1988, syf. 110).

Aynen kemerlerde olduğu gibi, çerçeveler iki mafsallı ve üç mafsallı olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 3.29.). İki mafsallı çerçeveler sadece mesnetleri mafsallı olacak şekilde düzenlenir. Üç mafsallı kemerlerde mesnet noktalarına ek olarak tepe birleşme noktası da mafsallı olarak oluşturulur (Şekil 3.28.).

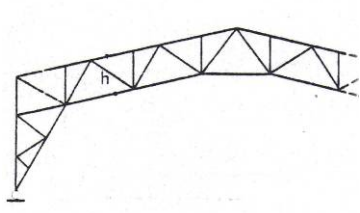


**Şekil 3. 28.** Çerçeve sistemde kurulmuş bir örnek (USDA, 1999, syf. 115).

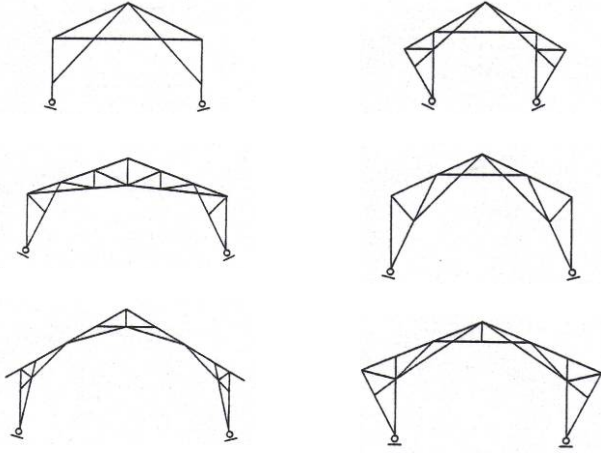
İki mafsallı çerçeveler düşey kısımları temelle mafsallı bağlanan tek parça olarak hareket eden sistemlerdir. Dolu gövde olarak kullanılsa da, hareketsiz yükleri azaltmak amacıyla kafes gövdeli çözümleri bulunur.

Üç mafsallı çerçeve ise elemanları daha kolay taşınabilir boyutlara getirmek için parçalama ihtiyacıyla oluşturulmuştur. Çerçevenin biçimi momente göre şekillenmektedir.

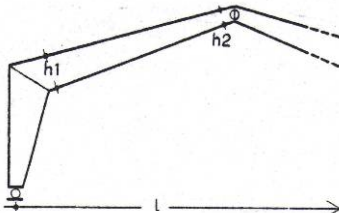
İki mafsallı çerçeveler 15-50 m, üç mafsallı çerçeveler ise 10-50 m arasında açıklık geçebilmektedir (Herzog, 2004, syf.196).



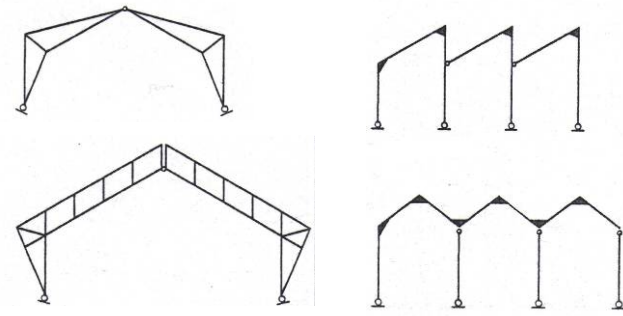
$a = 5 - 8 \text{ m}$   
 $h = l/10 - l/15$   
 $l = 15 - 50 \text{ m}$



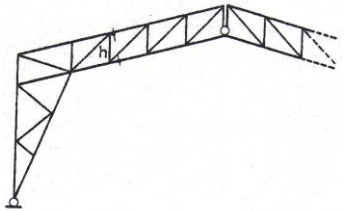
Artan yükler için sistem varyasyonları



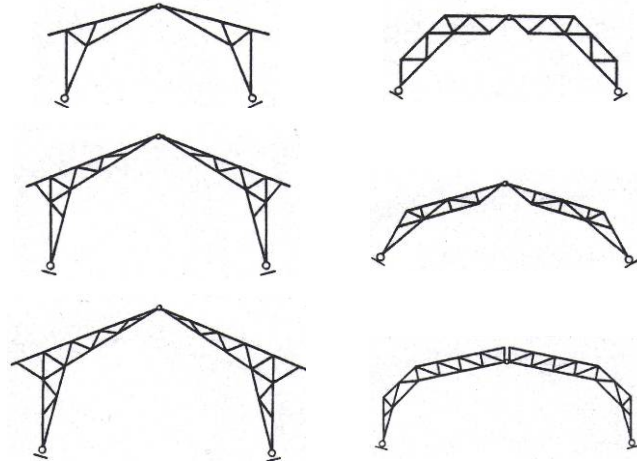
$a = 5 - 10 \text{ m}$   
 $h1 = l/20 - l/40$   
 $h2 = l/30 - l/60$   
 $l = 10 - 50 \text{ m}$



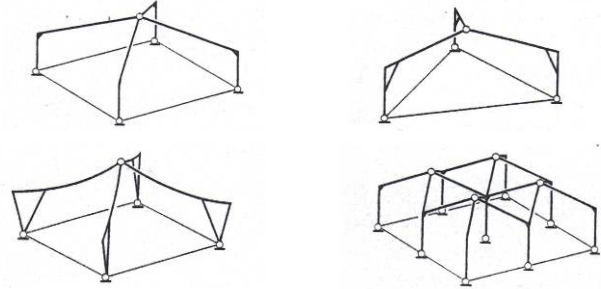
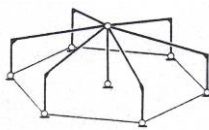
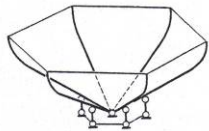
Üç mafsallı çerçeve



Üç mafsallı Makas Çerçeve  
 $a = 7 - 10 \text{ m}$   
 $h = l/6 - l/8$   
 $l = 15 - 50 \text{ m}$



Düzlem çerçeve sistem



Poligonal Çerçeveler

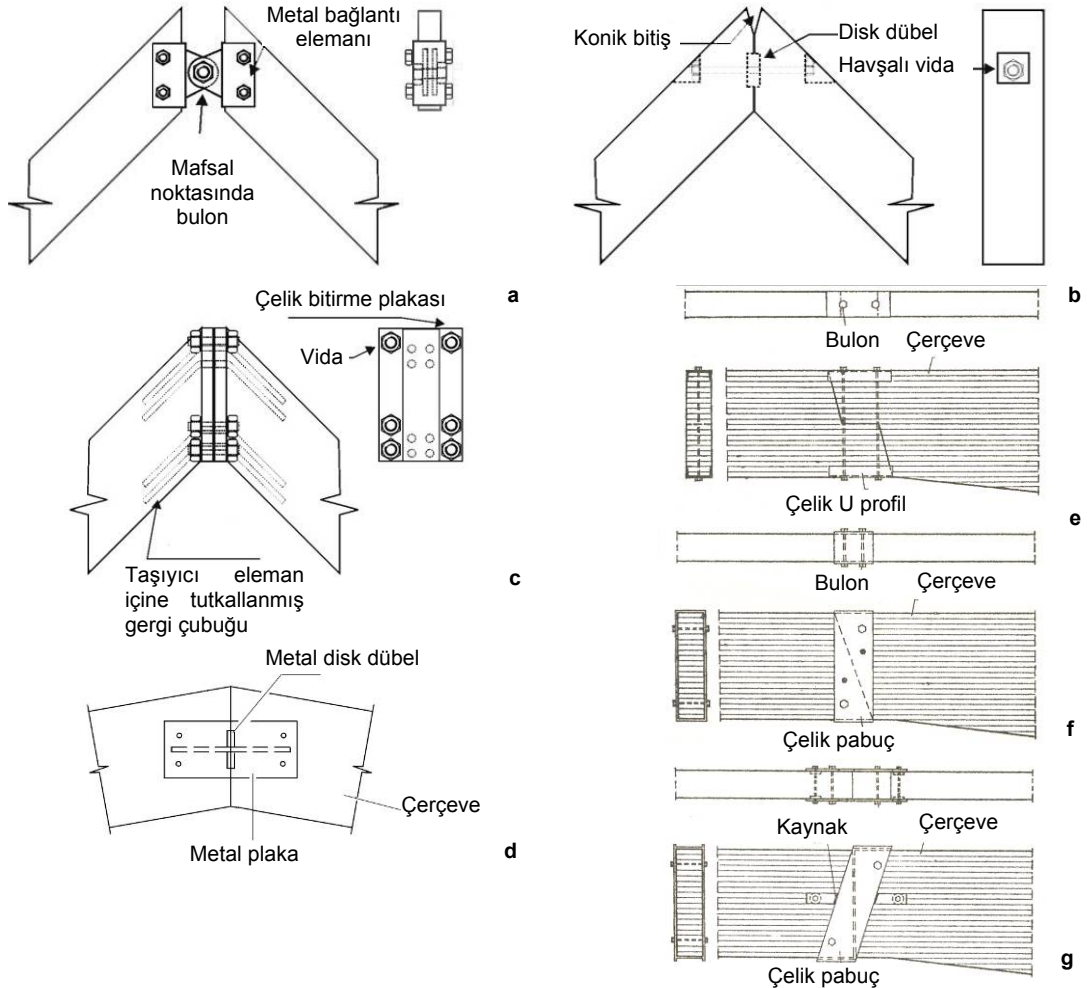
Şekil 3. 29. Çerçeve türleri (Herzog, 2004).



### Çerçeve Bağlantıları

Çerçeve mesnetleri ankastre veya mafsallı olarak çözümlenebilir. Mafsallı çözümler moment taşımaz, sadece aksel yük aktarır. Çerçevenin sadece zeminde mesnetli olduğu iki mafsallı çerçevelerde bağlantı amacıyla metal plakalar ve ankraj çubukları kullanılır. Çerçevenin zeminden ve tepeden mafsallandığı üç mafsallı sistemlerde ise metal plakalar, bulonlar, vidalar ve kamalardan faydalanılır. Düşeyde kalan birimlerin bağlantısı ise tutkal ve metal plaka ile oluşturulur (Şekil 3.30.).

Üretim sırasında, dairesel biçimde tabakalama, rijit dirsek bağlantılarının eğriliğini sağlar. Eğriliğin yarıçapı genellikle 2 m - 4 m arasındadır. Tabakaların kalınlığı 1.6 cm ile 2.5 cm arasında olmalıdır. Köşeli tutkallı tabakalanmış çerçeveler, kemerlerden daha zahmetlidir ve tutkal ve ahşap açısından daha maliyetlidir (Altunkaya, 2007, syf.48).



**Şekil 3.30.** Çerçeve bağlantıları.

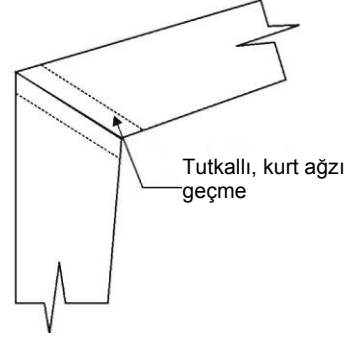
a-b-c) %30 ve daha fazla eğimler için çerçeve mafsallı birleşimleri ([www.staff.fit.ac.cy](http://www.staff.fit.ac.cy))

d) Düşük eğimli çerçeve bağlantısı ([www.aic-glulam.org/shopcart/aic104](http://www.aic-glulam.org/shopcart/aic104))

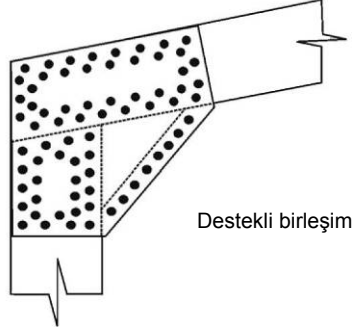
e-f-g) Dik açılı çerçeve bağlantısı (Erşen, 1964, syf.92),

h-i-i) Düşey taşıyıcı ara bağlantı çözümü  
([www.staff.fit.ac.cy](http://www.staff.fit.ac.cy))

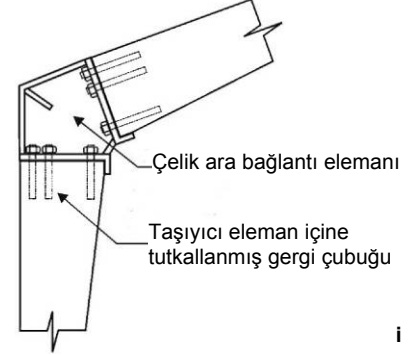
j-k-l) Çerçeve - zemin bağlantısı  
([www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/aitc104)).



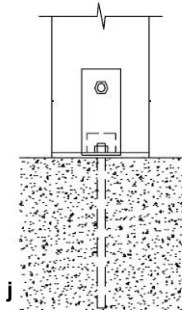
h



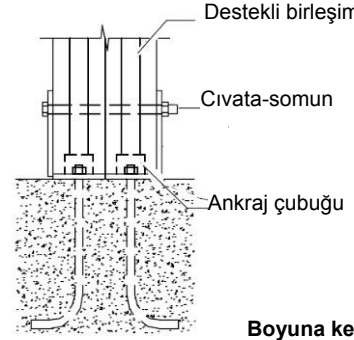
i



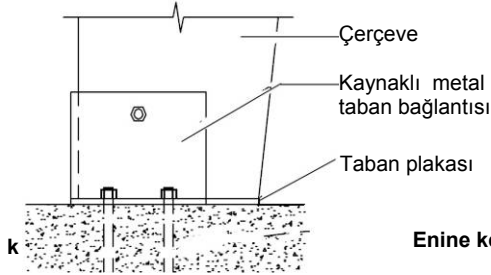
i



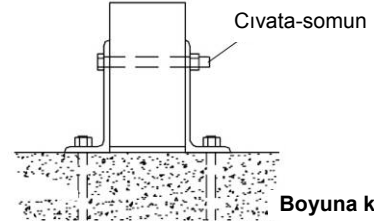
Enine kesit



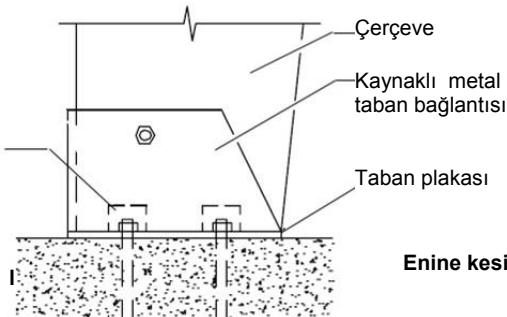
Boyuna kesit



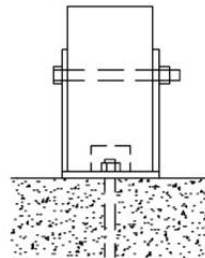
Enine kesit



Boyuna kesit



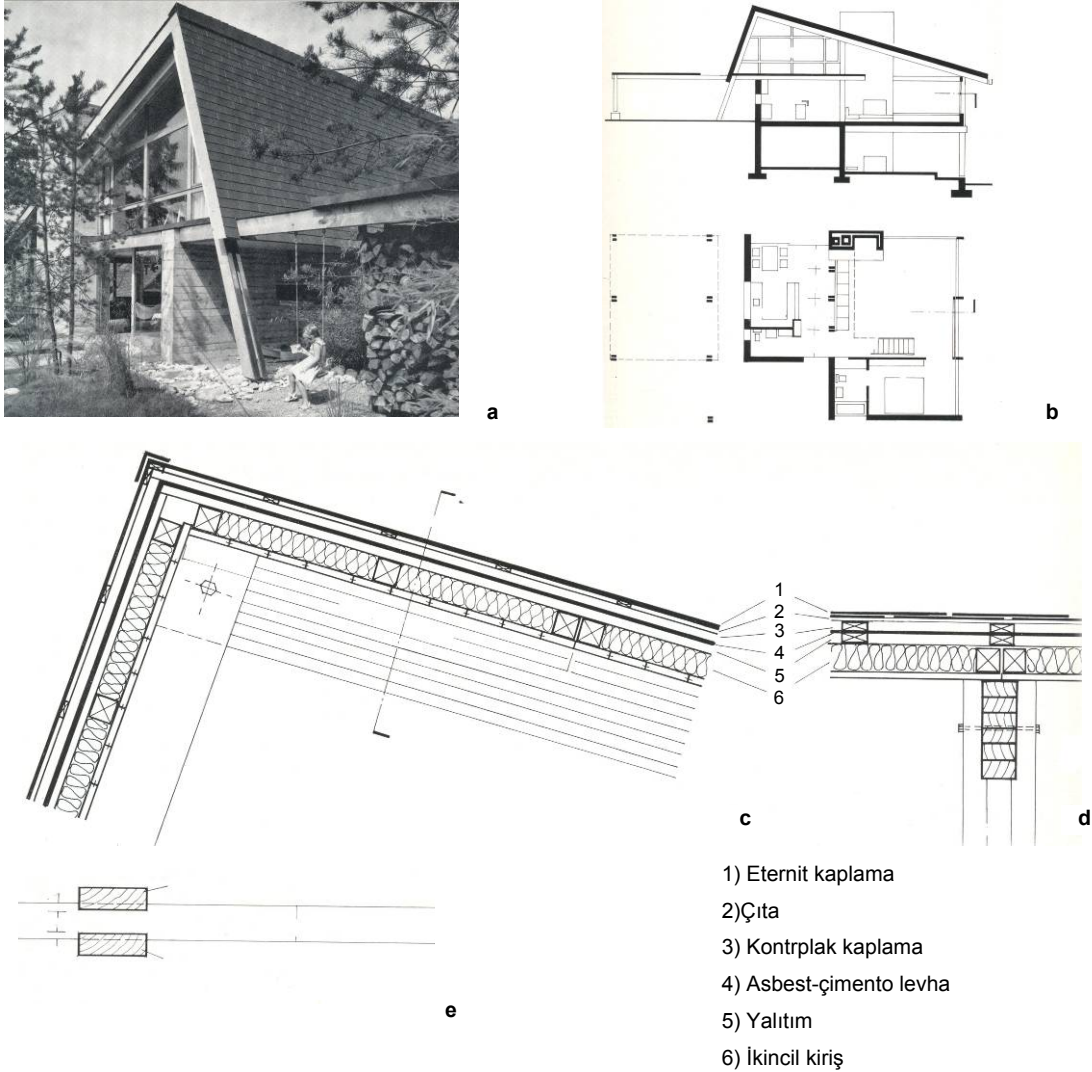
Enine kesit



Boyuna kesit

### Örnek: Zug'ta Konut<sup>10</sup>

Bu yapı çerçevenin asimetrik olarak kurulabileceğinin göstergesidir. Çerçevenin eğimi her iki kolda farklıdır. Eğim farklılığı galeri katında yer alan oda ile zemin kattaki yaşama mekanının net yüksekliğini dengelemektedir. Çerçevenin zemine oturan mafsal çözümünde ahşap malzemeyi sudan uzaklaştırma amacıyla çelik ayak kullanılmıştır. Bu kolda yer alan taşıyıcı çift kesitli tutulmuştur. Çift kesitli taşıyıcı ile aksi yönde yer alan tekil taşıyıcının bağlantısı tek bulon ile sağlanmaktadır. Çerçeve üzerinde yer alan ikincil kiriş sistemi çift doğrultulu olarak düzenlenmiştir (Şekil 3.31.).



Şekil 3. 31. Zug' da Konut detayı (Hoffmann, 1966, syf. 52).

a) Yapıya ait fotoğraf, b) Plan ve kesit (ö.1/500) , c) Enine kesit detayı, d) Boyuna kesit detayı, e) Plan detayı.

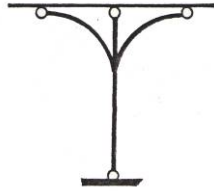
<sup>10</sup> Zug, Schweiz, (1966), Heinrich Gysin, Walter Flüeler.

### Düsey Taşıyıcı Birimler ile Kurulan Çerçeve

Literatürde mantarlar, şemsiyeler veya orta taşıyıcılı sistemler olarak ta geçmektedir. Mafsallı veya ankastre olarak düsey taşıyıcıyla bütünleşen payandalar ve bu çapraz elemanlar tarafından desteklenen sürekli kirişlerle sistem kurulur. Sistem kuruluşunun üç yolu vardır;

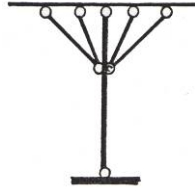
İlk çözümde düsey taşıyıcı parçalara bölünerek eğri eksenli olarak kirişle birleşir.

Bir diğer alternatif ise kenarlardan destek almadan ilerlemesinden dolayı şemsiye sistemi gibi çok mafsallı bir sistemle oluşturulmakta. Fazla büyük açıklıklarda kullanılmama nedeni ise mafsalların çökmeye maruz kalmasındandır. Aynı mantıkta, ankastre kolonlu çözüm de getirilebilir (Çırpıcı, 1990, syf.57 )(Şekil 3.32.).



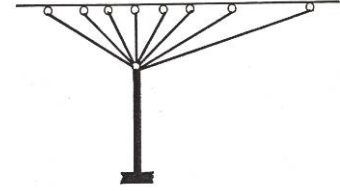
a

Mafsallı eğri eksenli lamine taşıyıcılı sistemler<sup>11</sup>



b

Eğik kirişlerle veya sürekli kirişlerle mafsallı kolonlara oturan sistemler<sup>12</sup>



c

Ankastre kolonlara oturan mafsallı payandalar ve sürekli kirişlerle oluşturulan ışınal sistemler<sup>13</sup>

**Şekil 3. 32.** Orta taşıyıcı ile kurulan üst örtü sistemleri.

a-b-c) Fotoğraflar ([www.trada.co.uk](http://www.trada.co.uk)), şemalar (Çırpıcı, 1990, syf. 57).

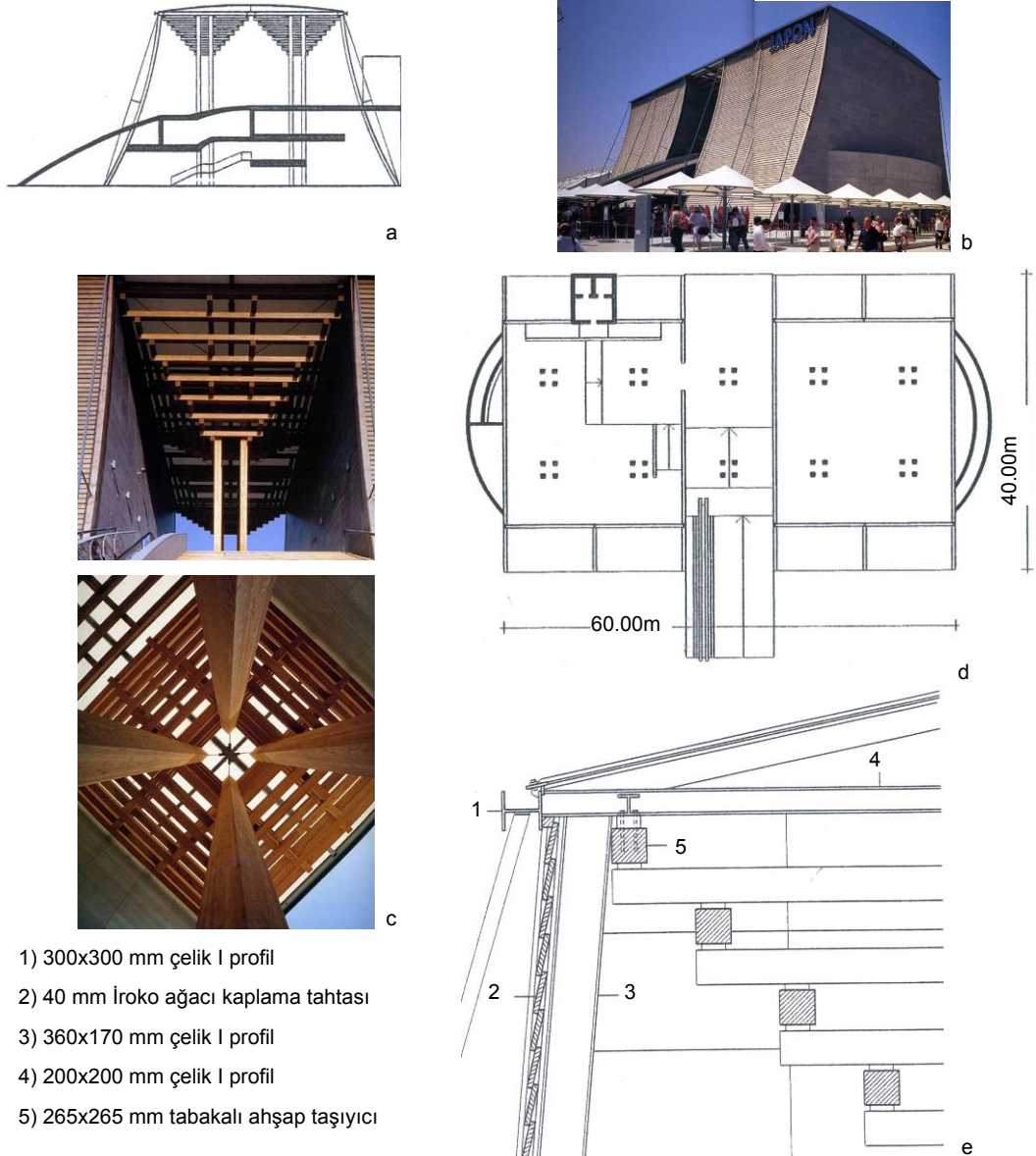
<sup>11</sup> Prien Havuzu

<sup>12</sup> Sibelius Konser Salonu

<sup>13</sup> South Bank Üniversitesi

**Örnek:** Japon Pavyonu-Expo 92<sup>14</sup>

60 m uzunluğunda, 40 m genişliğinde, 25 m yüksekliğinde olan bu yapı kurulduğu zamanda Dünya'nın en büyük ahşap yapısı idi. Geleneksel Japon Mimarisinin tüm etkilerini, özellikle hiyerarşik yükselme tekniklerini bu yapıda görmek olasıdır. Dikmelerin üstündeki ana çekirdek yapı, gövdesiyle yukarıya doğru büyüyen bir ağacı andırmaktadır. Ağaç bir metafor olarak kullanılmış olmakla beraber, yukarıya doğru çok büyük bir açıklıkla yükselen konsolların hem lamine sistemin gücü, hem de Geleneksel Japon Mimarisi bağlantı teknikleri ile ayakta tutulabilmesi metafor ile teknolojinin cesaretini birleştirmektedir (Tokyay, 2002, syf.42) (Şekil 3.33.).



**Şekil 3. 33.** Japon pavyonu plan, kesit ve sistem detayı (Herzog, 2004, syf. 145).

a) Kesit, b-c) Yapıyı ve düşey taşıyıcı birimi gösteren fotoğraflar, d) Plan, e) Sistem detayı.

<sup>14</sup> İspanya, (1992), Tadao Ando & Associates

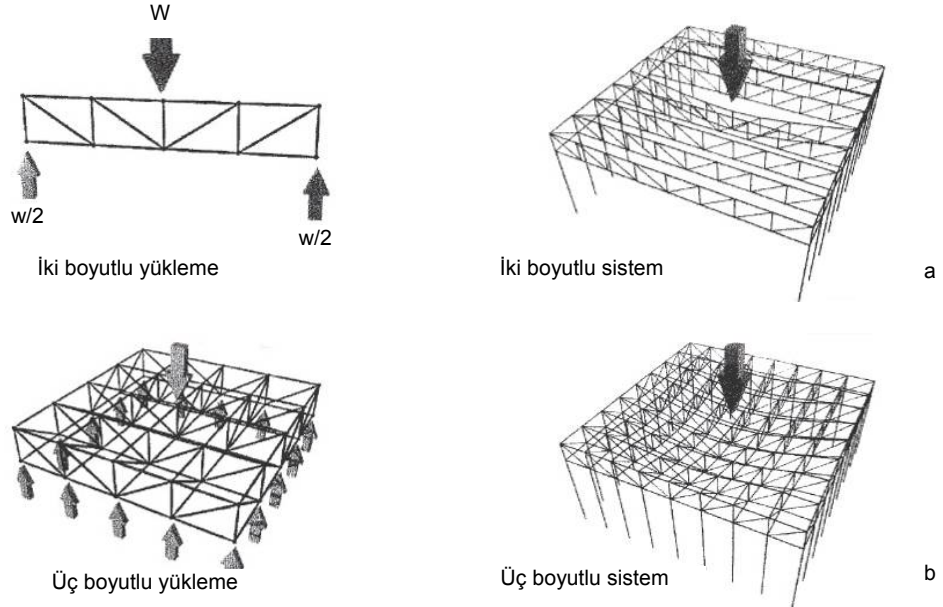
## 3.2. YÜZEYSEL SİSTEMLER

Lineer bir eleman basınca çalıştırıldığında boyu kısalmakta, kesiti artmaktadır. Çekmeye çalıştırıldığında ise boyu uzayıp kesiti küçülecektir. "Elastik deformasyon" dediğimiz bu hareket, lineer elemanda serbestçe oluşmaktadır. Bunun yerine çok sayıda lineer elemanın yan yana getirilerek birleştirilmesinden oluşturulacak bir sistemde, yukarıda belirttiğimiz türden bir basınç deneyi yaptığımızda, dış elemanların üç, ara elemanların ise iki yönde genişlediği görülecektir. Elastik deformasyonların bir veya iki yönden kısıtlandığı bu iki boyutlu sistemlere, "yüzeysel sistemler" adı verilmektedir (Gökçe, 1977b, syf.94).

### 3.2.1. Uzak Kafes Sistem

İskelet sistemlerde, basit açıklıklarda dolu gövdeli kirişler kullanılırken, kirişlerin yüklere karşı yetersiz kaldığı açıklıklarda kafes kirişlerle çözüm getirilebilmektedir. Uzak kafes strüktürler ise kafes kirişlerin yüklere karşı yetersiz kaldığı açıklıklarda, ızgaralar oluşturacak şekilde, üçüncü bir boyutta destekler eklenerek türetilmiş halidir (Şekil 3.34.).

Uzak strüktürler olarak adlandırılan bu üç boyutlu çubuk sistemler belli koşulların sağlanmasıyla sadece basınç ve çekme kuvvetleriyle etkilenecek eğilme durumunun baskın olduğu taşıyıcı sistemlere oranla daha etkin olmaktadır (Türkçü, 1982, syf.1).



**Şekil 3. 34.** İki boyutlu ve üç boyutlu uzak kafes sistemler (Chilton, 2000, syf. 13).

- Yük dağılımı düzlem içerisinde kalmaktadır,
- Sistem bütün olarak çalışır, yük sistemi monolitik olarak etkiler.

Yapım ve yük transferi arasındaki bağlantı üç farklı çatı strüktürünü kıyaslayarak açıklanabilir. Ana kiriş-tali kiriş sistemi, ızgara kiriş ve uzay kafes sistem aynı açıklığı geçtikleri, sadece köşelerinden tespit edildikleri durumda iki yönlü yük dağılımı sonucunu verecektir. Izgara kiriş, ayrıntı kirişli sisteme nazaran daha fazla dayanım göstermektedir. Uzay kafes sistem ise, mesnet noktalarına yerleştirilen çapraz elemanlar sayesinde rahatlıkla açıklığı geçebilmektedir (Wagner, 1998, syf.929).

Uzay strüktürlerin taşıyıcı elemanlarını içine almak için en az iki düzlem gereklidir. Bu nedenle en basit uzay strüktür aynı düzlem içinde olmayan üç çubuğun bir düğüm noktasında birleşmesi ile bulunur (Türkçü, 1982, syf 3).

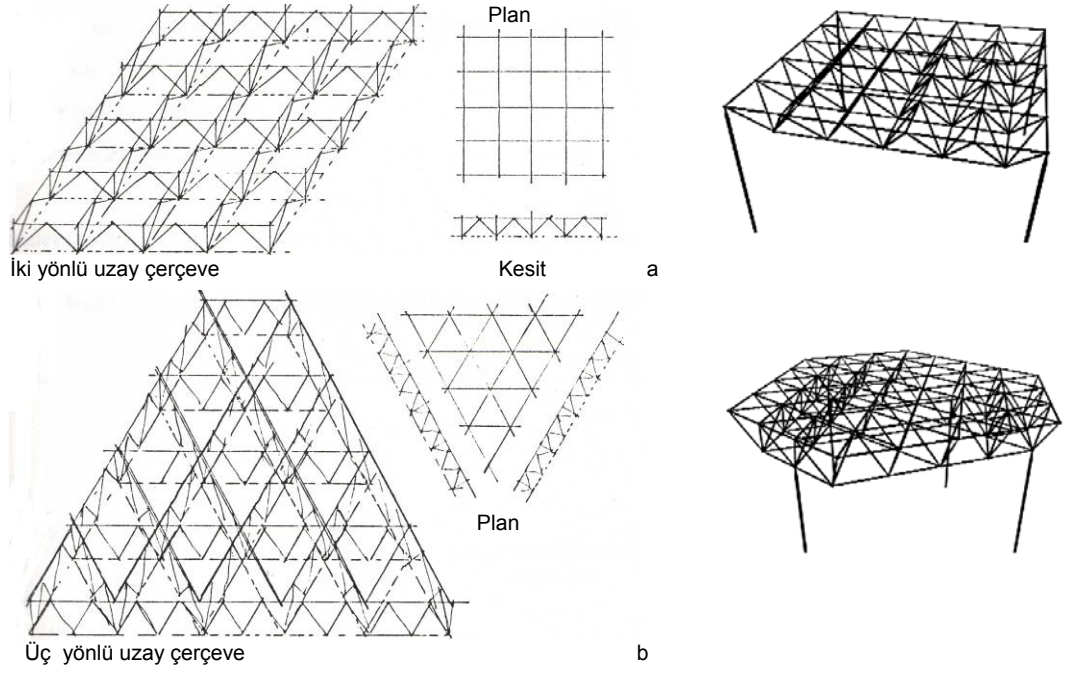
Uzay kafes sistemlerde ahşap, çelik ile çeşitli sentetik malzemelerden üretilmiş doğrusal ve noktasal elemanların koordinasyonu ile elde edilen ve açıklığın karesine bağlı olarak artan moment çekme ve basınç gerilmeleriyle karşılanır. Uzaysal örgütlenmeler iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar düz yüzeyli ve eğri yüzeyli örgütlenmelerdir. Düz yüzeyli uzaysal örgütlenmeler polihedral, prizmatik ve piramidal olmak üzere üç alt gruba; eğri yüzeyli uzaysal örgütlenmeler ise aynı yönde eğrilikli ve zıt yönde eğrilikli olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar (Yurtsever, 1998, syf.87-88).

Noktasal ve doğrusal elemanlar sistemi oluşturan başlıca öğelerdir. Bunların birleşim şekillerine bağlı olarak farklı sistem çözümleri bulunmaktadır. Çubuk elemanlar, dairesel veya kare kesitli, masif veya lamine ahşap çubuklarla oluşturulur. Eğilme ve kesme kuvvetleri çubukların aralığını ve boyutlandırılmasını etkiler. Bir düğüm bağlantısında 5 ile 9 arasında göğüsleme bulunabilir. Çubuk elemanların veya bağlantı levhalarının boyut değiştirmesi, ızgara aralığını, kafesin üzerine etki eden yükleri etkiler. Izgaraların arasında optimum mesafe bırakılmalıdır. Çubuk boylarını kısaltmak amacıyla aksları küçültmek düğüm noktası sayısının artmasına neden olur. Buna bağlı olarak maliyet te artar.

Herzog'a göre uzay kafes sistemle  $60 m'$  ye kadar açıklık geçilebilmektedir. Uzay kafesin yüksekliği açıklığın  $1/8$  ile  $1/6'$  ısı arasında kalır. Çerçeve ızgaraları arasında kalan mesafe ise 1.20 ile 12.0 m arasında olabilir (2004, syf.238).

Izgara akslarının ortaya çıkışında çubukların sahip olduğu açı da etkili olmaktadır. Düğüm noktalarının yerini belirleyen bir özellik budur.

Uzay kafes strüktürleri sınıflandırmak için getirilebilecek ayırım, kesişme açıları bakımından ise iki yönlü veya üç yönlü olmasına, geometrik açıdan düz veya eğri yüzeyli olmasına bağlıdır (Şekil 3.35.).



**Şekil 3.35.** Kesişen kafes kirişlerle üretilen uzay çerçeveler.

- a) İki yönlü uzay çerçeve (Eyiler, 1997. syf.7 ve Türkçü, 1982),  
b) Üç yönlü uzay çerçeve (Eyiler, 1997. syf.7 ve Türkçü, 1982),  
c) Perspektifler (Chilton, 2000, syf. 23).

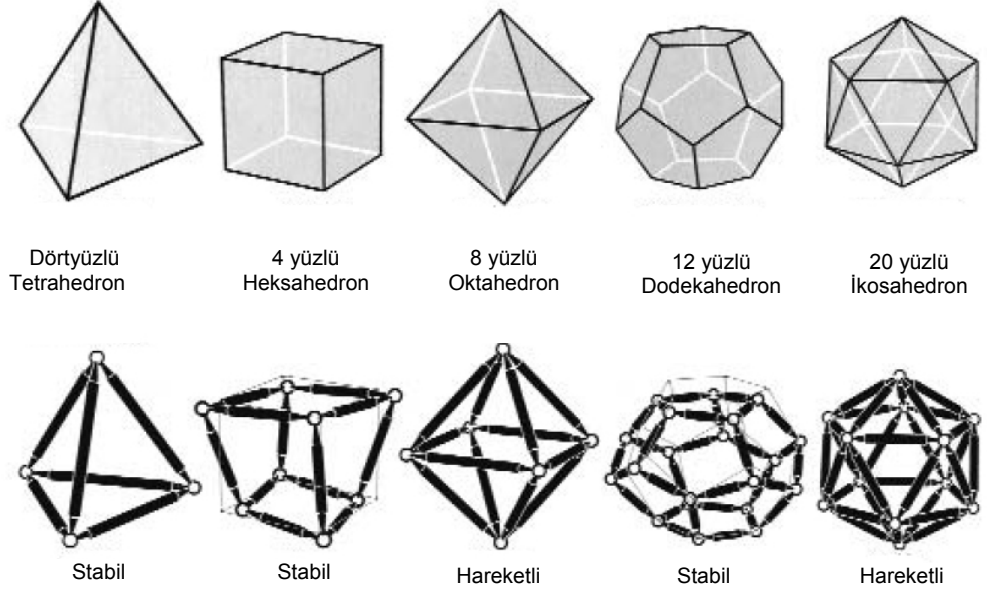
Uzay çerçevelerin geometrik türetilmeleri en geniş anlamda çok yüzlü cisimlerin sıralanmasıyla gerçekleşmektedir (Eyiler, 1997, syf.9 ve Türkçü, 1982).

Çokyüzlülerin yan yana getirilmesiyle oluşan sistemlerin geometrik düzenine sistemin örgü biçimi denir. Uzay kafes sistemler çeşitli örgü biçimlerinde oluşturulabilir. Bu örgü biçimlerinin meydana getirdiği sistemin geometrisi ilk bakışta karmaşık gözükse de gerçekte tüm sistemler bir ya da birkaç temel çokyüzlünün tekrarı ile oluşturulur (Karabakan, 1996, syf.10).

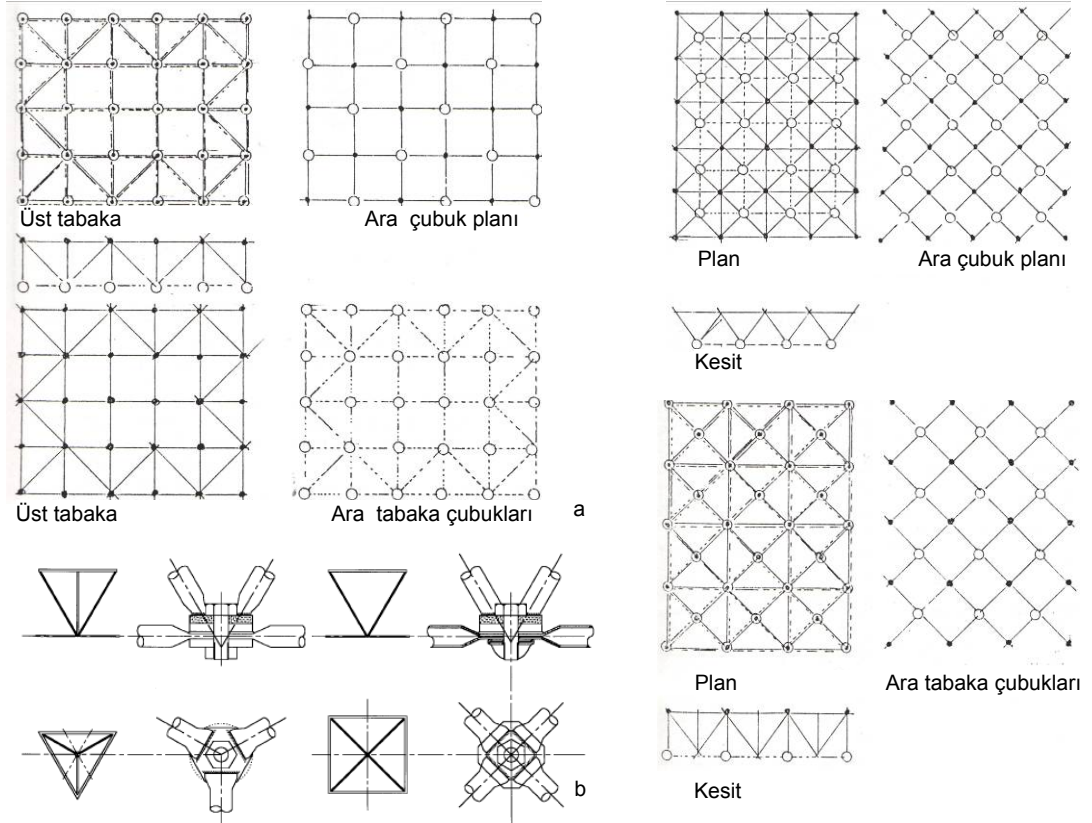
Sistemin sağladığı esneklik sayesinde mimari form ile taşıyıcı sistemin formu birbiri ile uyumlu hale getirilebilmekte, böylece çok değişik uygulamalar ortaya çıkmaktadır. Sistemin diğer bir önemli özelliği de, montaj kolaylığına sahip olmasıdır. Sistem, yerde montaj edilip yukarı kaldırılarak mesnetlere oturtulabileceği gibi, montaj işleri yukarıda da yapılabilir. Nitekim, 2000 m<sup>2</sup> lik bir uzay kafes örtü strüktürünün montaj süresi yaklaşık 5 gündür. Bu sistemler sayesinde mekanlar çok ekonomik, gerektiğinde sökülebilir şekilde kurulabileceği gibi, mimari yönden geniş biçimsel olanaklar sağlar (Toydemir, 2004, syf.136).

Uzay kafes sistem kuruluşunda birleşim olanakları ve geometrik düzen açısından bir çok seçenek bulunmaktadır (Şekil 3.36-3.37.).





**Şekil 3. 36.** Uzak kafes sistem geometrilerinin üretilmesinde kullanılan düzgün çokyüzlüler. Bileşen tip sayısını azaltmak amacıyla en yaygın olarak 4 ve 8 yüzlü çokyüzlüler uzak kafes sistem türetiminde kullanılmaktadır (Chilton, 2000, syf.16).



**Şekil 3. 37.** Kesişen kafes kirişlerle türetilen uzak çerçeve plan ve kesitleri.

a) Çokyüzlülerin geometrisinden türetilerek ortaya çıkarılmış farklı plan ve kesite sahip uzak çerçeve alternatifleri bulunmaktadır (Eyiler, 1997, syf.7 ve Türkçü, 1982).

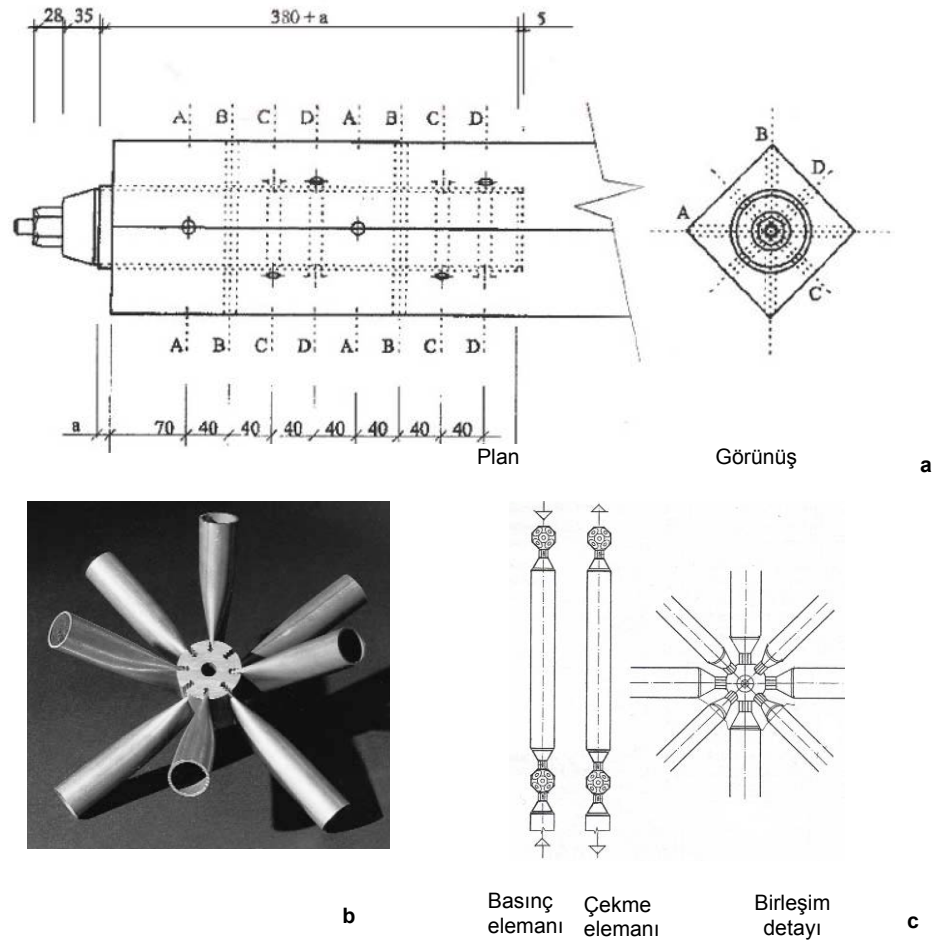
b) Düzgün çokyüzlülerden türetilen birleşimlerin plan ve görünüşü (Chilton, 2000, syf.4).

### Uzay Kafes Sistem Bağlantıları

Düğüm noktası birleşimi bulonlu veya sıkıştırılmalı şekilde yapılabilmektedir. Bulonlu birleşimlerde, doğrusal ahşap elemanların ucunda bulunan metal plakalar cıvata ve somun vasıtasıyla düğüm noktasına bağlanır.

Düğüm noktaları mafsallı oluşturulur, ankastre oluşturulamaz. Dolayısıyla bağlantı parçaları kirişler kadar önem kazanmaktadır (Kalay, 2006, syf.64).

Sıkıştırılmalı birleşimlerde, bağlantı plakalarının ucunda yer alan sürekli dönebilen ve düğüm noktası içinde sıkışabilen somun elemanları ile çubuk ve düğüm noktaları birleştirilmektedir. Mero sisteminde yer alan düğüm noktası tipleri bu tip bağlantı plakaları sayesinde rahatlıkla kullanılabilir (Çınar, 2001, syf.26) (Şekil 3.38.).

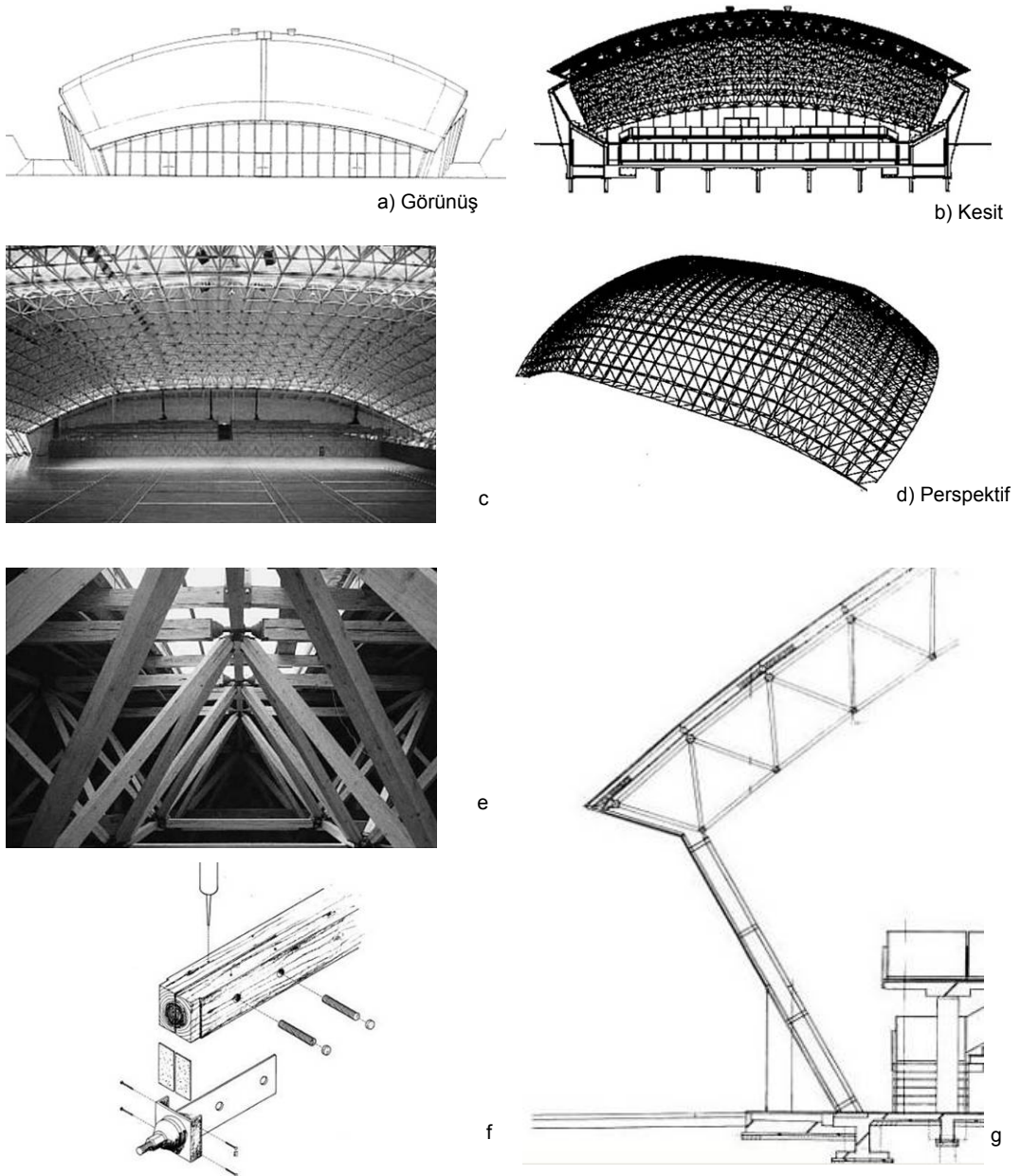


**Şekil 3. 38.** Uzay kafes sistem bağlantıları.

- Mero düğüm noktalı ahşap çubuk elemanlar (Chilton, 2000, syf. 34),
- Düğüm noktasında kullanılan metal bağlantı ürünü (Chilton, 2000, syf. 5),
- Uzay sistemlerde kullanılan doğrusal ve noktasal elemanlar (Yurtsever, 1998, syf.88).

**Örnek:** Oguni Kubbesi <sup>15</sup>

Bu büyük spor salonunun üst örtü sistemi, çift tabakalı, çift eğrilikli ve ahşap malzemeli bir uzay kafestir. Çatı kaplaması paslanmaz çelik olup örtülen alan (63x47 m) yaklaşık 2835 m<sup>2</sup> dir. Geometrisi bir eliptik paraboloid benzemektedir. Sedir ağacından üretilen çubuk elemanlar; üst tabakada 110-150 mm, alt tabakada 110-170 mm ve ara çubuklarda 90-125 mm kalınlıkta kullanılmıştır. Ayrıca 42.7 mm çapında sonsuz dönebilen bir parça ve 16 mm uzunluğunda bir civata bulunmaktadır (Türkçü, 2003, syf.315) (Şekil 3.39.).

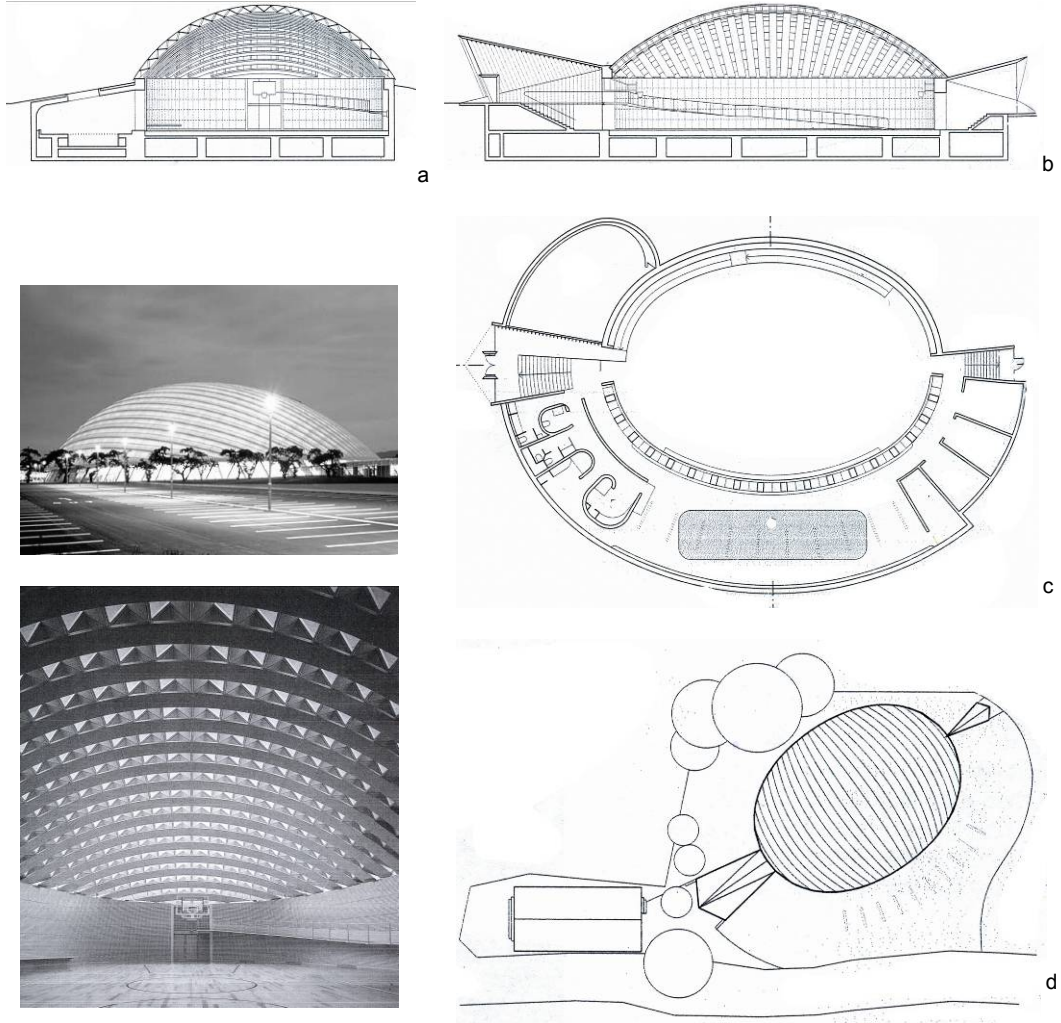


**Şekil 3. 39.** Oguni Kubbesi' nde ahşap çubuklar ve metal düğüm noktalarının görünümü ve birleşim detayları (Chilton, 2000, syf.76-78).

<sup>15</sup> Kumamoto Prefecture, Kyushu, Japonya (1988), Yoh Architects

**Örnek:** Odate Çok Amaçlı Stadyumu<sup>16</sup>

Hastane yapısına bitişik olarak konumlandırılan bu yapı, spor terapi merkezi olarak hizmet vermektedir. Mevcut yapıyı kapatmamak amacıyla, yeni yapılan kütle yer altına gömülmüştür. Görünen oval kubbe 28 m açıklık geçmektedir. Dış yüzeyi levha çelik şeritlerle mafsallanmış ve yarısaydam polikarbonat kaplama ile doğal ışık girişi sağlanmıştır. Kubbe eğik enine kirişleri, paralel kemerleri, üst başlık ve çapraz kirişleriyle üç yönlü uzay kafes kabuk gibi çalışmaktadır (Ban, 2004, syf.59) (Şekil 3.40.).



**Şekil 3. 40.** Odate Stadyum'una ait veriler (Ban, 2004, syf.56-59).

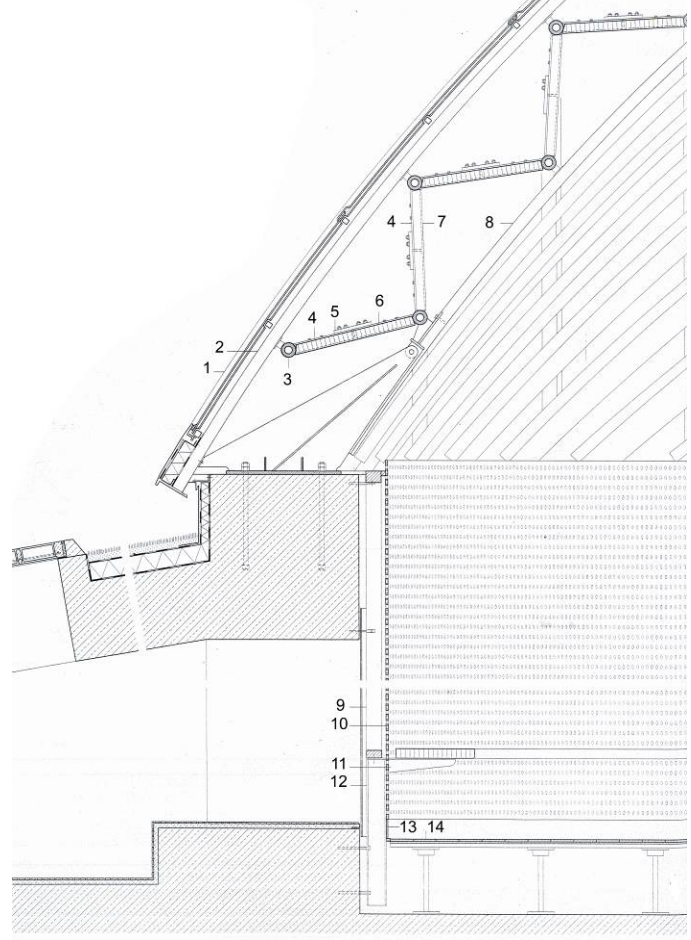
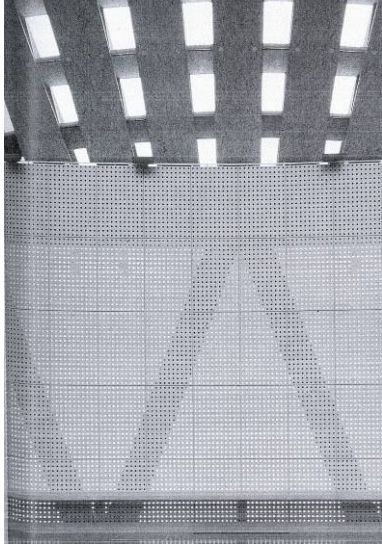
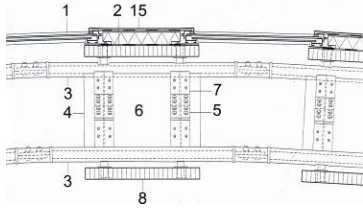
a-b) Kesit ö:1/500,

c) Plan ö:1/500,

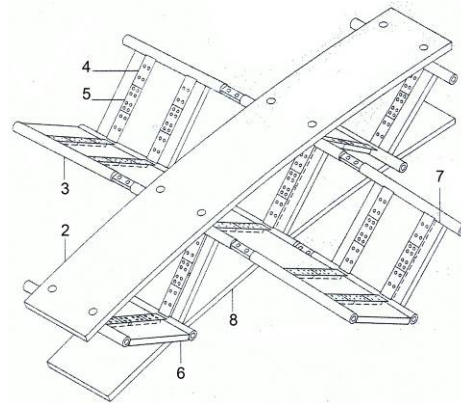
d) Vaziyet planı,

e) Sistem detayı ö:1/50 (yan sayfada).

<sup>16</sup> Odate, Akita, Japonya (1998). Toyo Ito Architectural Design.



- 1) 23mm kalıplanmış polikarbonat levha
  - 2) 600/60 mm tabakalı ahşap üst başlık levhası
  - 3) Ø76.3/18mm çelik boru
  - 4) 100/50/6/8 mm T kesitli diyagonal destek
  - 5) 200/100/16 mm çelik bağlayıcı plaka
  - 6) 400/400/50mm tabakalı ahşap levha takviye
  - 7) 400/50/50 mm tabakalı ahşap şerit
  - 8) 600/60 mm tabakalı ahşap alt başlık levhası
  - 9) 80/40 mm ahşap çerçeve
  - 10) 12 mm delikli kontrplak
  - 11) 50/40-75/9 T kesitli çelik üzerine dizilmiş 50mm ahşap tahta
  - 12) 100/100/6/8 mm Çelik I Profil
  - 13) 6mm MDF Süpürgelik
  - 14) Döşeme kaplaması:Yükseltilmiş döşeme üzerine uygulanan 9mm kontrplak üzerine tespit edilen 12mm taflan ağacı parke
  - 15) 0.4mm galvanizli çelik levha
- Bitümlü su geçirimsiz tabaka  
60mm rijit köpük ısı yalıtımı  
Kauçuk asfalt tabaka



e) Sistem detayı öl:1/50

### 3.2.2. Kabuk Sistem

Kabuk sistemler, iki boyutu kalınlığından çok büyük olan taşıma ve örtme işlemini aynı anda gören, dış kuvvetlere karşı kabuğun orta çizgisine teğet aksenel kuvvetlere direnen, tek veya çift eğrilikli hacimsel taşıyıcı sistemlerdir. Bu taşıyıcı sistemler uzay içinde her doğrultuda gelen yükleri yine her doğrultuya (x,y,z doğrultuları) aktarma özelliğine sahiptir (Türkçü, 2003, syf.86).

Ahşap kabuk sistem, yüzey elemanları ve bu elemanların bağlanacağı kasnak kirişinden oluşur. Bazı durumlarda da kaburga sisteme dahil olur. Kabuk sistem için getirilecek sınıflandırma yüzeyin eğimine veya oluşum yöntemine göre yapılabilmektedir.

J. Jeodicke, formun dış belirtileri yolu ile orijini tanımlayarak kabuk sistemlerin dış formu ve bütünü ile mimariye yönelik bir sınıflandırma getirmektedir (Gökçe, 1977, syf.97);

Yüzeyin oluşum yöntemlerine göre;

Regle (Doğuraylı) ya da çizgisel yüzeyler

Translasyonal (ötelenen) yüzeyler

Rotasyonal (dönel) yüzeyler (Gökçe, 1977, syf.97) (Şekil 3.41.).



**Şekil 3. 41.** Kabuk yüzeyi oluşum yöntemleri (Kızıllan,1988, syf.20).

Yüzey eğriliğine göre getirilecek sınıflandırmaya göre;

Tek eğrilikli yüzeyler

Çift eğrilikli yüzeyler

- Eğrilikleri aynı yönde (kubbesel)
- Eğrilikleri aksi yönde (eğer formu)
- Eğrilikleri çeşitli yönlerde oluşturulabilir (Kızıllan,1988, syf.20).

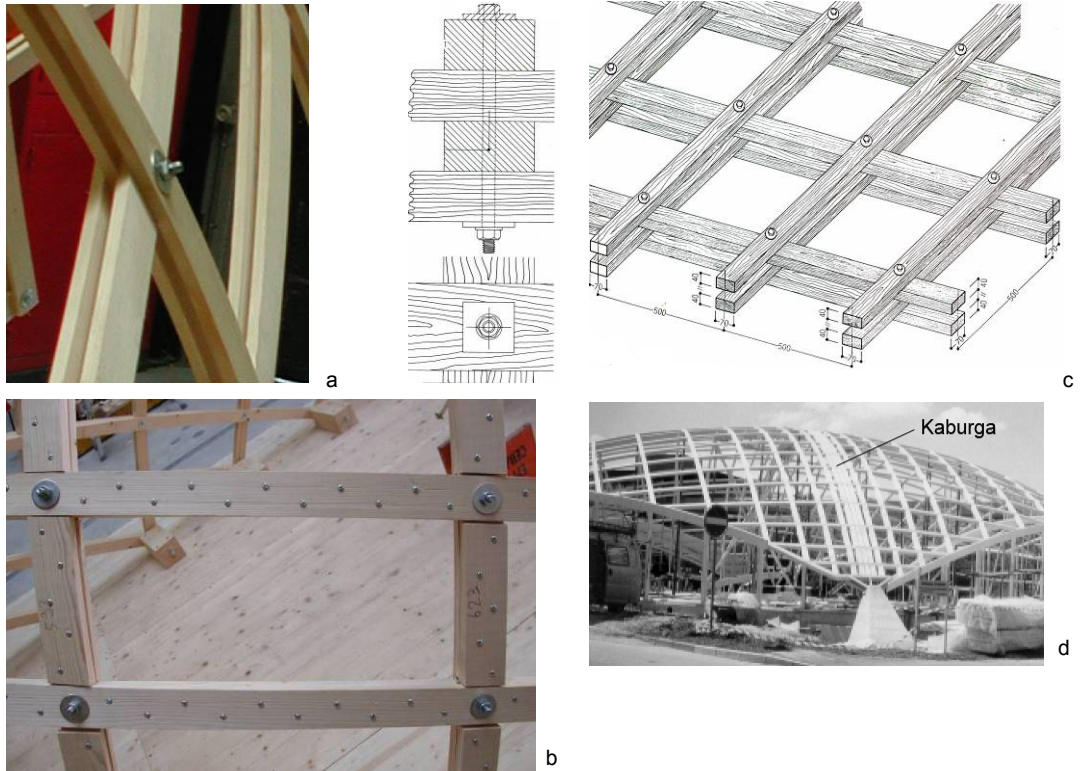
Çizgisel yüzey sınıfına hiperbolik paraboloid kabuk, ötelenen yüzey sınıfına tonoz, dönel yüzey sınıfına ise geodezik kubbe girmektedir. Ayrıca yüzeylerin türetildiği geometrik formlar da çeşitlilik sağlar.

### Kabuk Sistem Bağlantıları

Kabuk sistem bağlantılarında, bileşenlerin farklı doğrultuda bağlantı gerektirmesi nedeniyle montaj ve bağlantı maliyeti çok yüksek olabilir. Ahşap elemanlar metal plakalar, halka, çivi ve civata ile bağlanabilmektedir.

Sistem kuruluşunun kaburgalı olarak yapılması strüktürel açıdan ayırt edici unsurdur. Kabuk sistemlerde kalınlık burkulmayı önleyecek şekilde ayarlanır. Kabuğun kalınlaşması durumunda hareketsiz yüklerin artması, sistemi tek ya da çift yönlü olarak kaburgalı çözmeye yönlendirir. Kaburgalar aynı zamanda yüzey kaplamasının tespit edileceği kalıp görevini görür.

Kaburgalı ahşap kabuk yapımı, kaburgaları oluşturan ahşap kirişleri içermektedir. Bu kirişler yaklaşık 3x16 cm ebatlarında kaburgaları meydana getiren birçok kilitli tabakadan oluşmaktadır. Kaburga birleştirilmesinde tutkal kullanılmaz, kaburgalar bir araya getirilerek vidalanır. Her bir kaburga kiriş tek yönde sürekli devam eder. Bu kirişlerin arasına dolgu levhaları monte edilir. Eleştirilebilecek yanı şudur ki, zayıf atalet eksenini uzun yöne gelmektedir. Bu nedenle diğer yönde eğilmesi durumunda kolayca kırılabilir (Kensek, 2000) (Şekil 3.42.).



**Şekil 3. 42.** Kaburgalı kabuk bağlantı kuruluşu.

a-b) Kabuk sistemde kullanılan eğik kirişlerin kendi içinde birleşimi (Pirazzi, 2006),

c) Birleşimin plan, kesit ve perspektifi (Ishii, 1995, syf. 261),

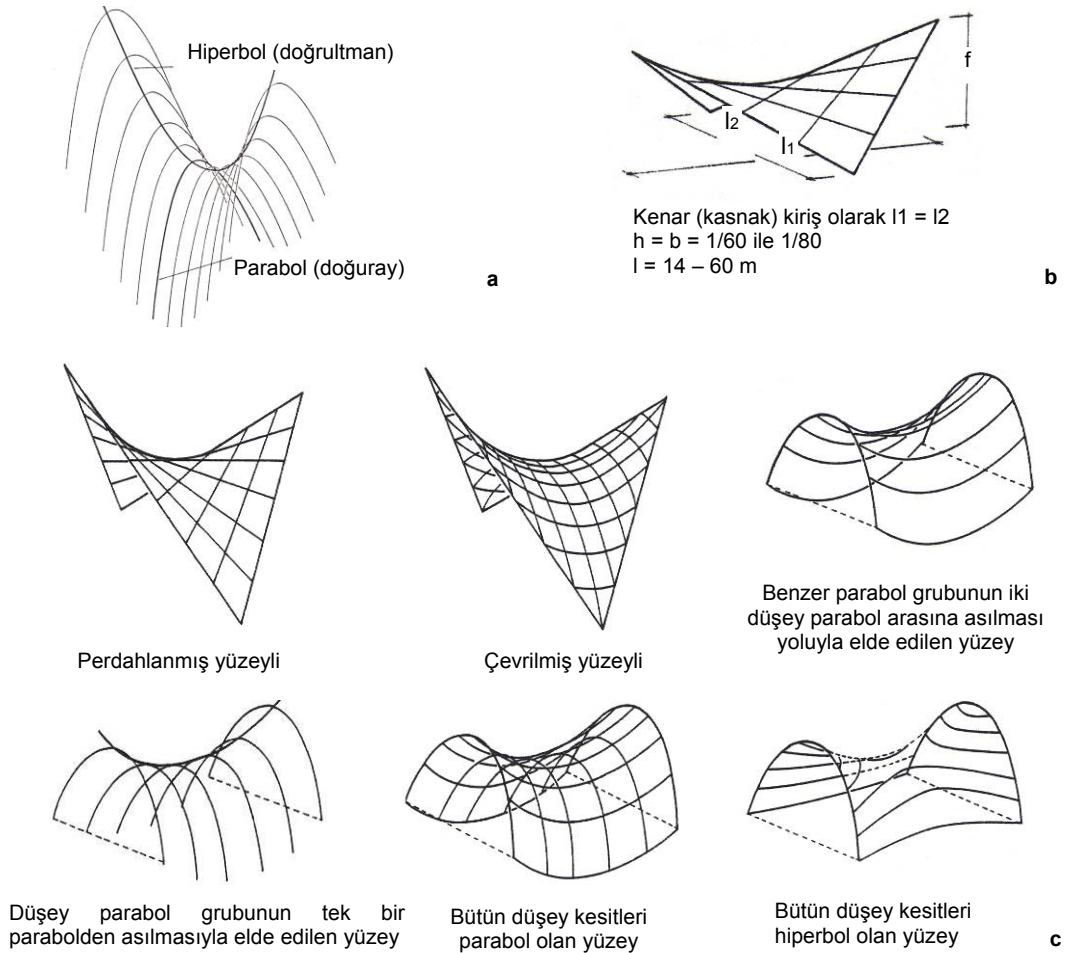
d) Ahşap kaburgalar için kilitli yapım yöntemi (Dolgu blokları olmadan görünüm) (Kensek, 2000).

### 3.2.2.1. Hiperbolik Paraboloid Kabuk

Birbirinin aksi yönünde eğriler sayesinde oluşturulan hiperbolik-paraboloid yüzeye kısaca hipar da denilmektedir.

Hipar yüzey, düşey döner bir düzlem ile kesilirse kesme düzlemi kendi eksenini etrafında döndürülürse eğrilik pozitif değerle negatif değer arasında işaret değiştirir. Bir başka deyişle, hipar yüzey iki doğrultuda da sıfır eğriliğe sahiptir. Eğriliğin sıfır olduğu doğrultulara paralel kesimlerin tümü doğrulardan oluşur ve doğuray adını alır. Bu nedenle hipar yüzey bir doğru parçasının (doğuray) uzayda iki aykırı doğru parçası (doğrultman) üzerinde ötelenmesiyle oluşturulabilme özelliğine sahip çift eğrilikli yüzeydir (Şekil 3.43.a) (Kızıllan, 1988, syf.26 ve Salvadori, 1982). Bu yüzeylerin açınımlı yapılmak istendiğinde germek gerektiği için bunlara antiklastik (parçalanamayan) yüzeyler de denir (Kızıllan, 1988, syf.26).

Hipar kabuklarla 14- 60 m arasında açıklık geçilebilmektedir (Herzog, 2004, syf. 258).



**Şekil 3. 43.** Hiperbolik Paraboloid Kabuk türleri.

a) (Kızıllan, 1988, syf.26 ve Jeodicke, 1962), b) (Herzog, 2004, syf. 258), c) (Herzog, 2004, syf. 259).

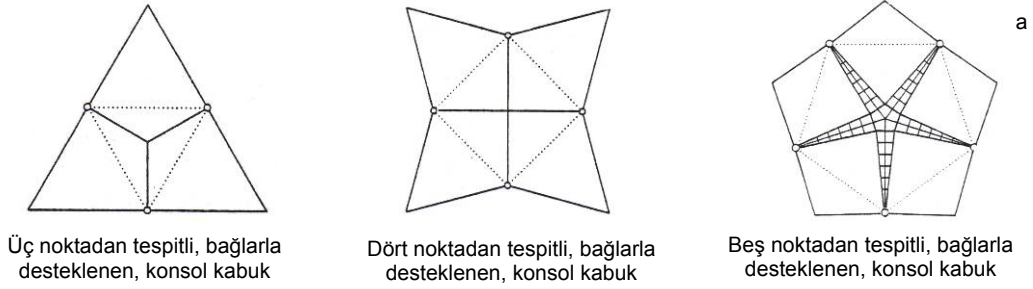


Hiperbol ve parabollerin kuruluşuna bağlı olarak farklı yüzey oluşturuluş şekilleri bulunmaktadır (Şekil 3.43.b-c). Hipar yüzeyler mekanın gerektirdiği bölümlerde yüksek kot sağlayabilmesi açısından ayrıcalıklıdır. Hipar yüzeylerle açıklık tek defada geçilebileceği gibi, yüzeylerin kesiştirilmesi veya birleştirilmesi yoluyla çözümler üretilebilir. Kesişim noktalarında kullanılan bağlantı kirişleri nedeniyle oluşacak sistem kaburgalı kabuk olarak ta kabul edilebilir.

Hipar yüzeyler çoğunlukla birleşik düzenlemeler şeklinde kullanılır. Birleşik hipar yüzeylerde gerilmeler, mesnetlenme şekline ve yüzeyin geometrik kuruluşuna bağlıdır (Kızıllan, 1988, syf.47 ve Jeodicke, 1962, Arun, 1983) (Şekil 3.44.).

Hipar yüzey iki alçak noktası üzerinde mesnetlenmiş, kenar rijitleştiricileri bu noktalardan konsol olarak çıkıyorsa yüksek noktalar eğrisel birer konsol kiriş gibi çalışır (Kızıllan, 1988, syf.46 ve Jeodicke J., 1962).

Konsollar planın gerektirdiği şekilde tek veya birkaç noktadan tespit edilerek çalıştırılabilir.



**Şekil 3. 44.** Birleşik kabuk uygulaması.

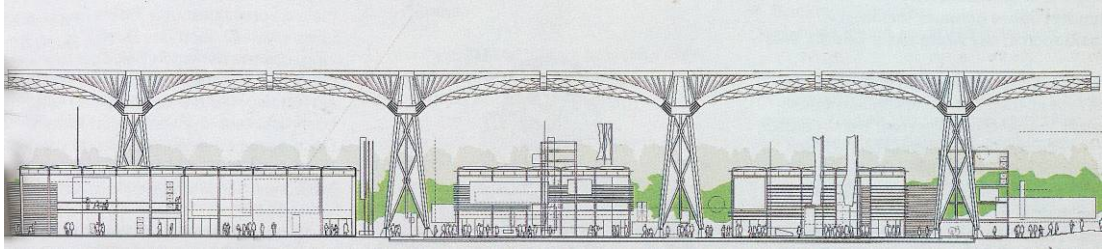
a) Hiperbolik Paraboloid Kabuk parçalarının birleştirilmesi yoluyla oluşturulan sistemler (Herzog, 2004, syf. 258),

b) Konsol çalışan hipar yüzeylerin yan yana gelmesiyle oluşturulan üst örtü (Burger, 2000).

Örnek: Giriş Kanopisi, Expo Hanover<sup>17</sup>

İsminden de anlaşılacağı gibi bir anlamda fuarı temsil eden, simgesel yapı. Malzemenin salt ahşap seçilmiş olması dikkat çekici. Ahşabın 20 m konsol çalıştırıldığı 40x40 m lik 20 m yüksekliğindeki şemsiye biçimi modüllerden on tanesi yan yana gelip 1600 m<sup>2</sup> alanı örtüyor. Yarı şeffaf bir tekstil ile örtülmüş. "Mimarlık ve mühendislik başarısı" demek gerek. Ahşabın eğrisel formlara yatkınlığı ve statik yönden inanılmaz gücü başarı ile sergilenmiş. Bu form betonarme olarak inşa etmeye kalkışıldığında en az bu kadar ahşap biraz daha düşük kalitede de olsa kalıp olarak harcanacaktır (Erengözgin, 2000, syf.17).

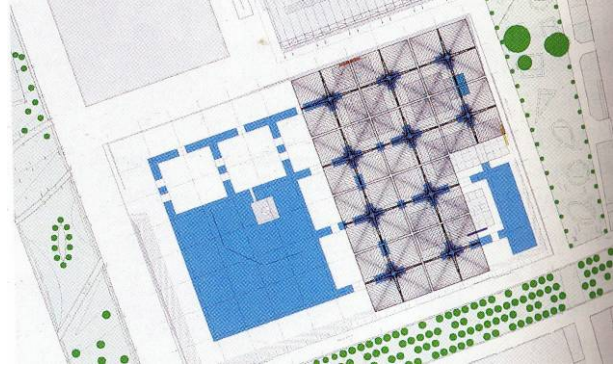
Şemsiyenin üstünde, aynı ölçüde kare modüllerle tamamlanan ve aynı kare modüllerin üstünün çapraz kafeslenmesiyle bir kaplama sistemi görülmektedir. Bu kafesin üstünü, yarı-saydam (yanmaz, yenilenebilir ve kendi kendini temizleyebilir) su geçirmez bir örtü kaplamakta, nem ve yağmur suyu ise pylonların tam ortasında bir çelik boru ile aşağıya inip, 5 m genişliğindeki su kanalını beslemektedir (Tokyay, 2001a, syf.42).



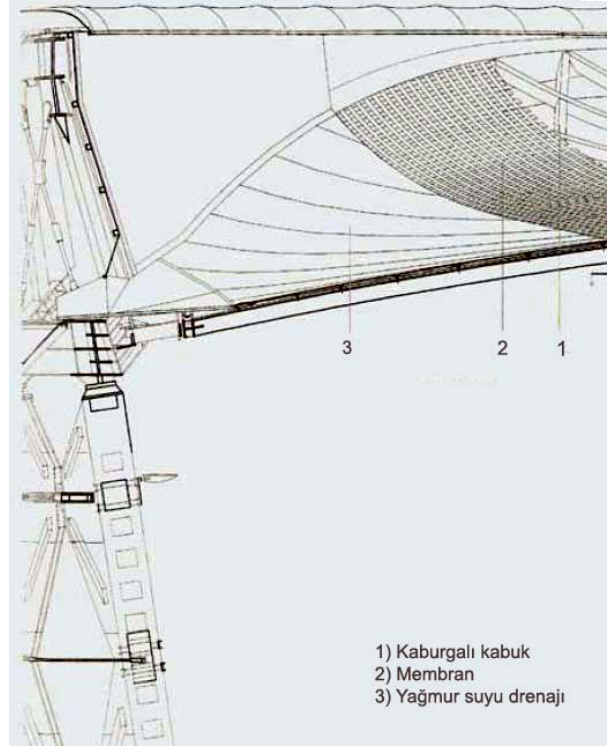
**Şekil 3. 45.** Expo Yapısının ön cephesi (Herzog, 1999, syf.796).

Pylonların masif ahşaptan yapılmış olması, kanopinin yüksek bir gövde, dallar ve yaprakları andıran yarı saydam görünümü, biçimin dalgalı yapısı sembolik olarak büyük birkaç ağaç kümesini andırmaktadır (Şekil 3.45.). Yapının ahşapları Almanya'nın Güneybatısındaki Kara Ormanlardan gelmektedir. Uzun yıllar gemicilikte kullanılan akmeşe ağaçların genişlikleri ortalama 140 cm, boyları 50 m' dir. Yapının strüktürü, çift eğimli bir döşeme kabuğu yapmak üzere, özel bir bilgisayar programı ve CNC makinelerle kesim ve imalat yapabilecek bir fabrika gerektirmiştir. İlk kez bu kadar büyük ve yüksek bir yapıda rüzgar bağlantılarının çözümünde masif ve lamine ahşabın birlikte başarıyla kullanıldığını görmekteyiz (Tokyay, 2001a, syf.42) (Şekil 3.46.).

<sup>17</sup> Hanover, Almanya, ( 2000). Herzog&Partner

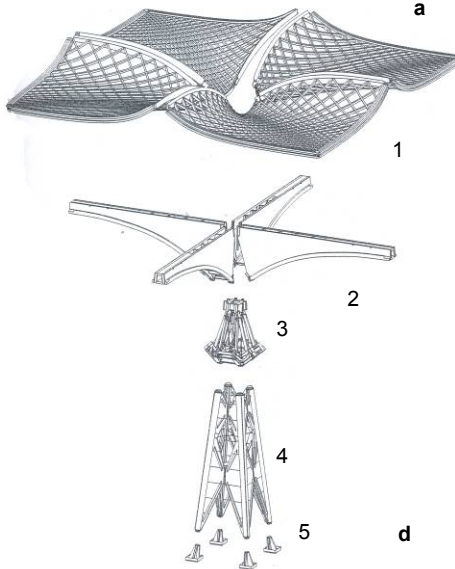


b



- 1) Kaburgalı kabuk
- 2) Membran
- 3) Yağmur suyu drenajı

c



a

d

**Şekil 3. 46.** Expo çatı sistemine ait veriler.

- a) Tek birimin oluşturuluşunu gösteren fotoğraflar (Burger, 2000),
- b) Vaziyet planı (Herzog, 1999, syf.796),
- c) Taşıyıcı birimden geçen sistem detayı (Altunkaya, 2007, syf.131),
- d) Tek bir birimi meydana getiren öğeler (Herzog, 2004, syf.261).

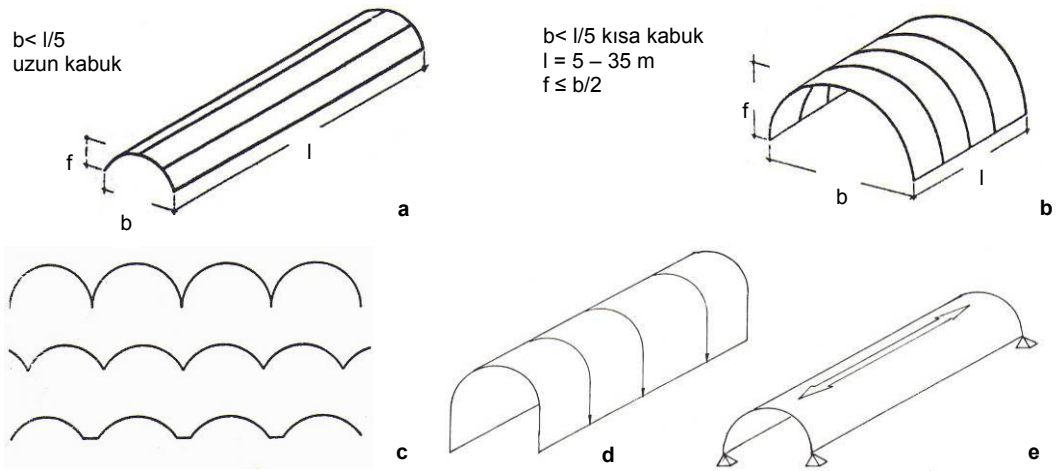
d) Tek birimi meydana getiren öğeler (Solda).

- 1) Kafes kabuk,
- 2) Konsol taşıyıcı,
- 3) Çelik ayak,
- 4) Dört masif ahşap bacaklı düşey taşıyıcı,
- 5) Çelik taban.

### 3.2.2.2. Tonoz

Tonoz olarak adlandırılan silindirik kabuklar dairesel, parabolik veya eliptik kesitten türetilebilir.

Boyutlandırmalar için biçim önemlidir. Uzun kabuklar kiriş gibi çalışır ve boyutlandırılır. Kısa kabuklar anizotrop eğilen kabuklar teorisine uyar, uzun kabuklarda kuvvet aktarımı genellikle eğilme ile olur. Kısa kabuklarda ise hem yanal hem de uzunlamasına eğilmeler olur. Ayrıca mesnetler ve kenar nervürleriyle kabuk rijitleştirilir. Tonoz sistemle 35 m'ye kadar açıklık geçilebilmektedir (Erenman, 1988, syf. 131, Götz, 1987, syf. 162, Ertaştan, 2005, syf.66) (Şekil 3.47. a-b.).



**Şekil 3. 47.** Silindirik kabukların kullanım şekillerinin ve boyutlarının belirlenmesi.

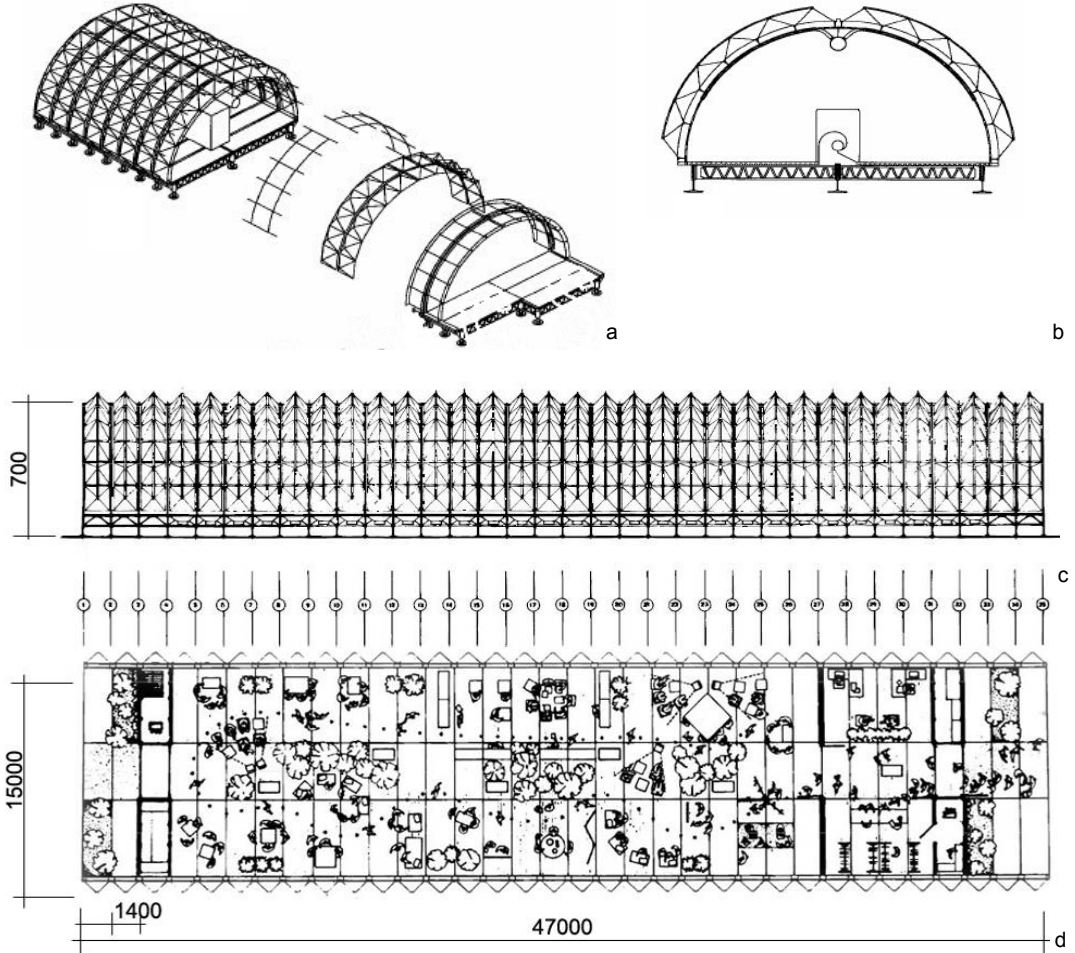
- a) Uzun kabuklarda boy ve en ilişkisi (Götz, 1987, syf. 162),
- b) Kısa kabuklarda boyutların belirlenişi (Götz, 1987, syf. 162),
- c) Birleşik kullanımlarda getirilebilecek çözümler (Götz, 1987, syf. 162),
- d-e) Uzun ve kısa kabuklarda gerilmeler (Kızılkın, 1988, syf.46).

Silindirik yüzeylerin yükler karşısındaki davranışları mesnetlenme şekillerine bağlıdır. Eğer yüzey, eğrilikleri doğrultusunda mesnetlenirse birbirine paralel yerleştirilmiş kemerler gibi çalışır (Şekil 3.47.d.). Traversler doğrultusunda mesnetlenirse, kiriş çalışması görülür (Şekil 3.47.e.). Uzun silindirik yüzeylerde basınç gerilmeleri uç rijitleştiriciler (travers) civarında eğilme gerilmeleri oluşturur. Bu gerilmeler bölgesel olarak hızla sönümlenir. Eğilme gerilmelerinin etkidiği şeridin genişliği, kalınlık yarıçap oranının kareköküne bağlıdır (Kızılkın, 1988, syf.46 ve Salvadori, 1982).

Birleşik kullanımlarda ise, hiperbolik paraboloid kabukta olduğu gibi, silindirik kabukların tam kesitiyle veya bölünmüş bir şekilde yan yana eklenmesiyle üst örtü çözümleri oluşturulur (Şekil 3.47.c.).

Örnek: IBM yolculuk pavyonu<sup>18</sup>,

IBM yapısında, yapı bileşenleri ve bunların birleşme detaylarındaki şeffaflık, okunabilirlik, dayanabilirlik en üst düzeydedir. Bu üstünlüğü sağlayan bir yerde, döküm alüminyum ile ahşabın mükemmel birleştirilişidir. Çok narin lamine ahşap elemanlar ilginç bir kurtağzı tekniği ile birleştirilip dairesel kesitli alüminyum parçalarla bağlanmaktadır. Tonoz formundaki yapı, 48 m uzunluğunda, 12 m genişliğinde, 6 m yüksekliğindedir. Çift kat polikarbonat piramit yapının üst noktalarını birleştiren kemerler hep beraber kabuğu oluşturmaktadır. Bu yapı lamine ahşap yapı tekniğinin basit bir teknolojik yenilik değil, mimarının önemli bir sorununa –taşınabilirlik, çözülebilirlik, büyüyebilirlik- çözümler üretebilen bir araç olduğunu göstermektedir (Tokyay, 2001b, syf.46) (Şekil 3.48.).



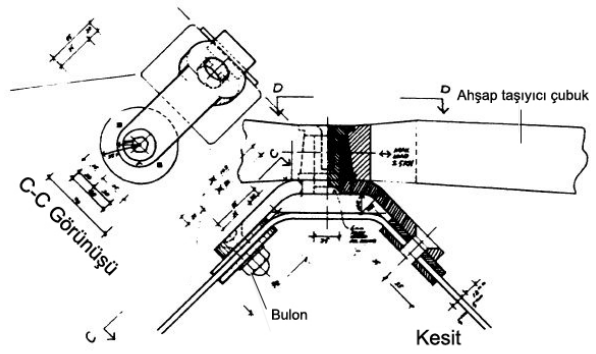
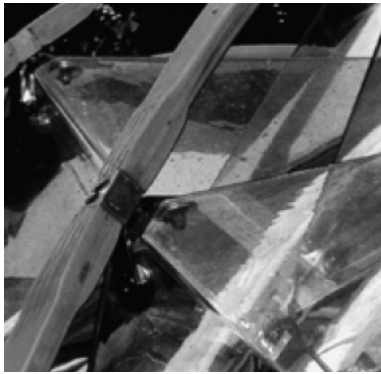
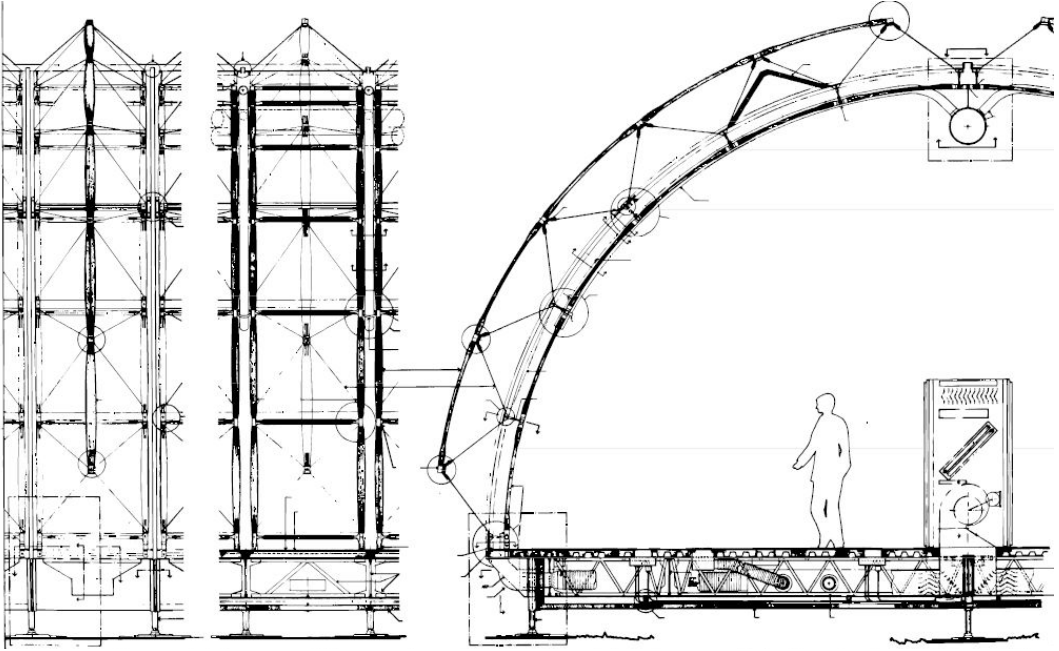
**Şekil 3. 48.** IBM Yolculuk Pavyonu plan, kesit ve perspektifi.

a-b) Yapıya ait perspektif ve kesit (Schierle, 2006, syf.3.6.),

c-d) Görünüş ve plan (Kronenburg,2003, syf.43-44),

e-f-g-h-ı) Fotoğraf ve sistem detayı (Kronenburg,2003, syf.45-49) (Yan sayfada).

<sup>18</sup> İtalya, İngiltere, (1982-1984). Renzo Piano.



- e) Prototip uygulaması,  
f) Yapının montaj sonrası görünümü,  
g) Kesit ve kısmi görünüş,  
h) Taşıyıcı ve kaplama birleşimini gösteren bir fotoğraf,  
ı) Sistem detayı.

### 3.2.2.3. Geodezik Kubbe

İki nokta arasındaki en kısa mesafe geodezik çizgi ile sağlanır. “Geodezik” kelimesi Yunanca “ge” (dünya) ve “daiesthai” (bölmek) anlamına gelmektedir (Pirazzi, 2006).

Geodezik kubbe, yerkürenin paralel ve meridyenlere bölünmesi gibi, dönel yüzeyin basınç ve çekmeye çalışan farklı eğriliklerle bölünerek taşıtılmasından oluşur. Daire merkezine doğru bölünen parçaların aralıkları küçülür.

Eğriliğe bağlı olarak oluşan yükleri azaltmak amacıyla geodezik çizgilere uygun olarak kaburgalar düzenlenir. Böylelikle, güçlü eksen etrafında eğilme engellenir. Bu yaklaşım düz levhaların da kullanımına imkan sağlamaktadır. Geodezik çizgiler eğriler olarak tanımlanır (Pirazzi, 2006).

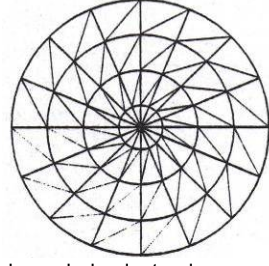
Çok büyük açıkları, tam veya basık kubbesel formları, çok narin kirişlerle oluşturmak için bu sistemler kullanılmaktadır. Eklemlerde galvaniz veya paslanmaz çelik eklem parçaları kullanılmakta, dolayısıyla bağlantı parçaları kirişler kadar önem kazanmaktadır. Elde edilen en önemli sonuç, statik olarak büyük bir hafiflik elde edilmesi ve standartlaşmanın en üst düzeye yükseltilmesidir. Küresel formun elde edilmesi için, eğrisel ahşap kirişler uzay sistemin çubukları olarak kullanılırlar. Birleşim yeri sayısının azaltılması için, bu çubuksal elemanların boyutları önem kazanmaktadır ([www.oranmimarlik.com.tr](http://www.oranmimarlik.com.tr)).

Işınsal kaburga kubbeler, taban halkasından (çekme halkası) kubbenin tepesinde yer alan basınç halkasına bağlanan kavisli elemanlardan oluşur. Halka elemanları eğimli veya düz olabilir. Eğer kaburga ile aynı yarıçapta döndürüldüyse kürenin merkezi halka elemanlarının da merkezi olur ve kubbe küresel yüzeyden oluşur. Eğer halka elemanlar düzse kubbe şemsiye görünümü alır. Kaburga ve halka elemanları arasındaki bağlantı, halka elemanlarındaki basınç yükü nedeniyle zordur. Yapıyı düşey ekseninde döndürmeye çalışan yüklere karşı denge sağlanması gereklidir (USDA, 1999, syf.168).

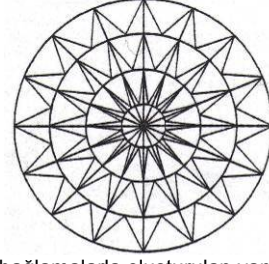
Bu nedenle tonozlarda olduğu gibi tutkallı birleşimler tercih edilmez. Uygulamaların çelik levha, çivi ve vida ile yapıldığı görülmektedir.

Geodezik kubbenin kaç adet kemer yayı ve çekme halkası ile kurulabileceği açıklık boyutlarına bağlı olarak değişir. Yaylar arasında çapraz bağlamaların gerekliliği, bulunacaksa ne şekilde kullanılacağı ise kemer yaylarının aralığına ve kalınlığına göre belirlenir (Şekil 3.49.).

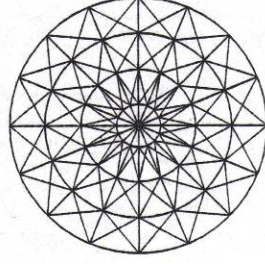
Gaylard' a göre küresel veya elipsoidal forma sahip küreler *15.3 m* ile *106.7 m* arasında açıklık geçebilir (Ertaştan, 2005, syf. 73, Gaylord, 1990, syf.16.50).



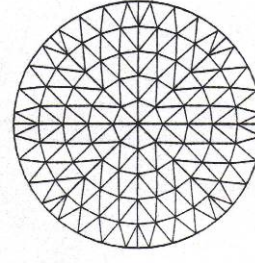
Çapraz elemanlarla oluşturulan yamuk kaburga aralıkları



K çapraz bağlamalarla oluşturulan yamuk kaburga aralıkları

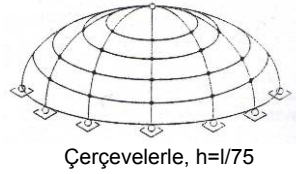
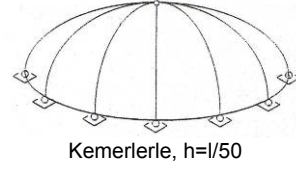
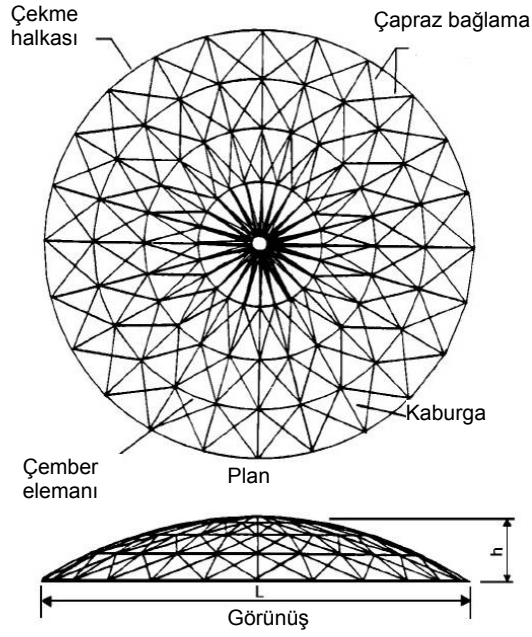


X çapraz bağlamalarla oluşturulan yamuk kaburga aralıkları



Lata ile doldurulan kaburga aralıkları

a



c

### Şekil 3. 49. Geodezik kubbe kuruluş türleri.

a) Kaburgalı olarak oluşturulabilecek plan tipleri (Herzog, 2004, syf. 250),

b) Kubbe kuruluşunun plan ve görünüş hali (USDA, 1999, syf.168),

c) Basınç ve çekme elemanlarının yerleşimine bağlı olarak kubbe oluşturuluş şekilleri (Herzog, 2004, syf. 251).

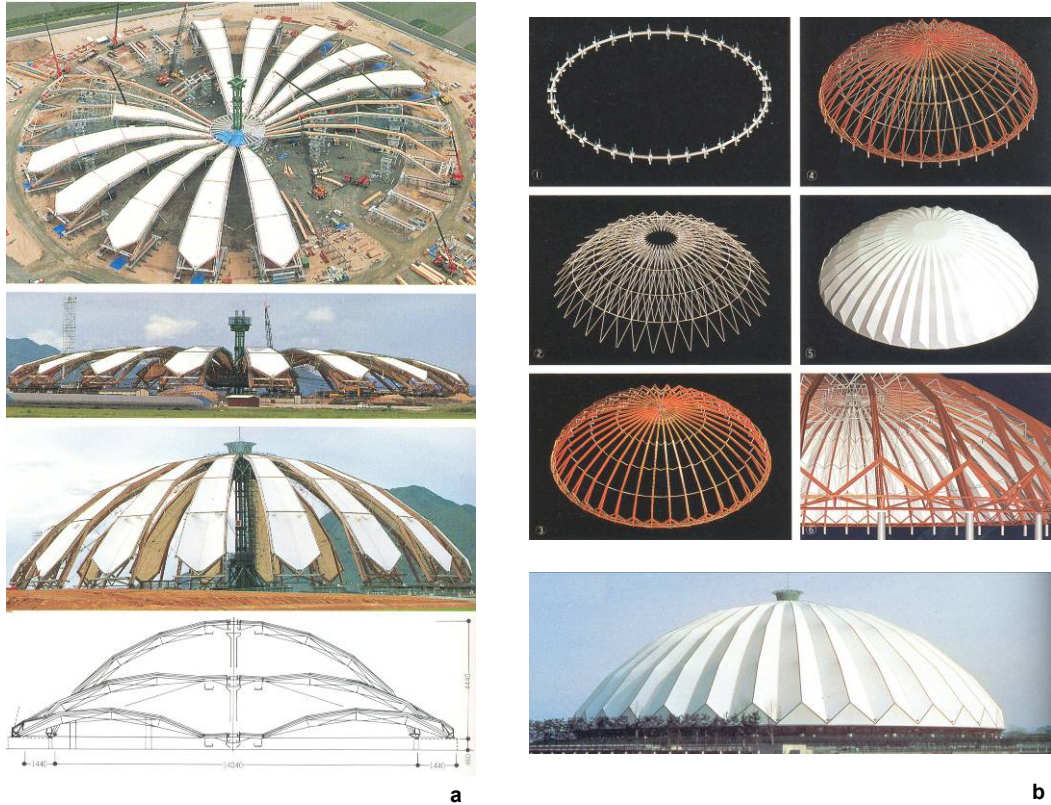


**Örnek:** Izumo Kubbesi<sup>19</sup>

Yapı 36 adet tabakalı ahşap yay ile oluşturulmaktadır. Yayları yatayda bağlayan birleşimler bulunmamaktadır. Bağlantı için halka kablolar ve çelik donatılar kullanılmıştır. Hesaplamalara göre destekler eşit olmayan yüklere karşı koyacak şekilde yerleştirilmiştir. Kayma dayanımını ölçen testler neticesinde yapısal güvenlik sınırı belirlenmiştir (Ishii, 1995, syf. 286).

Strüktürün montajında “yükseltme” yöntemi denenmiştir. Küre toplamda 36 kemerle, her birimde iki kemer olacak şekilde bölünmüştür. Birimler zeminde bir araya getirilmiş, strüktürü tamamlayan donatı ve membran kaplama eklenmiştir. Daha sonra merkez halka geçici bir taşıyıcı birim üzerinde yükseltilmiştir. Kubbeyi tamamlayan destek bileşenleri ve gergi kabloları eklendikten sonra geçici taşıyıcı kaldırılmıştır (Ishii, 1995, syf. 286) (Şekil 3.50.).

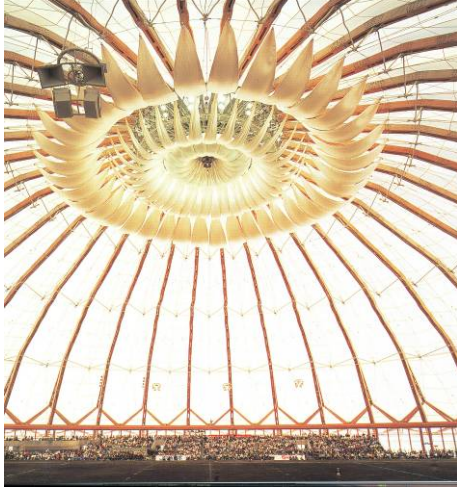
Bu kuruluş sistem montaj süresi açısından yapıyı diğer kubbelerden ayrıcalıklı kılmaktadır.



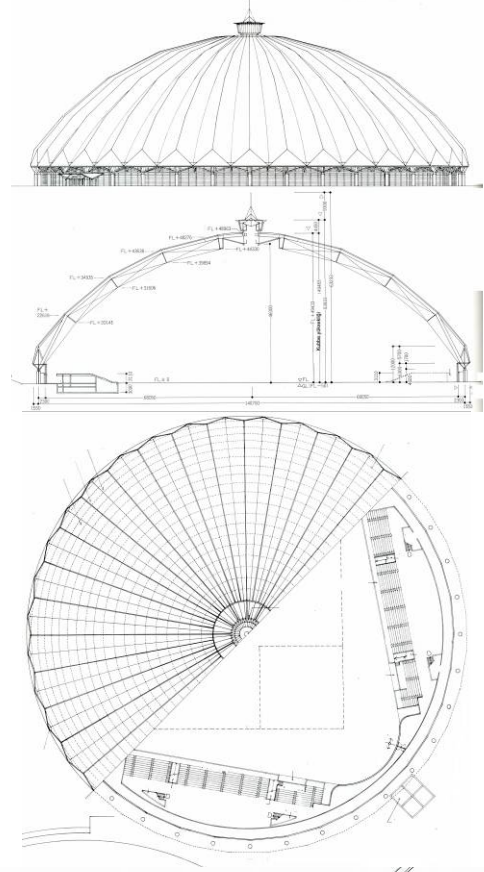
**Şekil 3. 50.** İzumo Kubbesine ait detaylar ve fotoğraflar (Ishii, 1995, syf. 286).

- Kubbenin montaj sonrasındaki kaldırılma aşamasından bir görünüm...
- Küre yüzeyinin parçalara bölünerek taşıtılması,
- Mekan içinden fotoğraflar,
- Yapıya ait plan, kesit ve görünüş, ö:1/1000 (yan sayfada),
- Sistem detayı ö: 1/200 (yan sayfada).

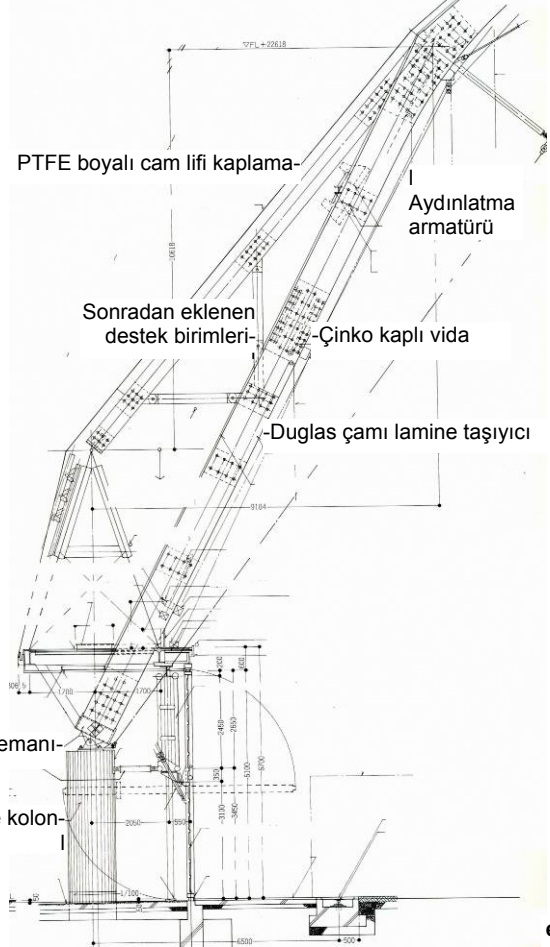
<sup>19</sup> Izumo City, (1992), Kajima Design.



c



d



e

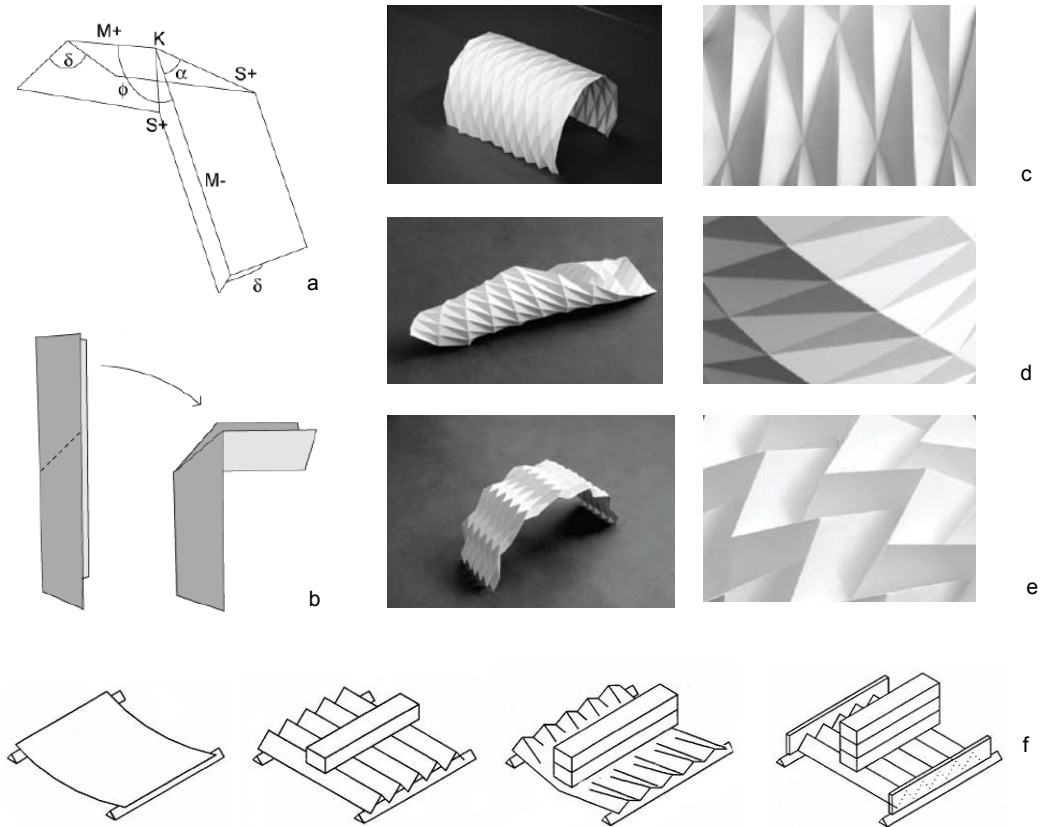
### 3.2.3. Katlanmış Plak

Katlanmış plaklar; düzlem yüzeysel taşıyıcı elemanların (plakların) bir açı altında birleşerek oluşturdukları hacimsel taşıyıcı sistemlerdir (Türkçü, 2003, syf.63).

Bir çok araştırmacıya göre, katlanmış plak yapımı kağıt katlama sanatı olan "origami" den türetilmiştir. Şekil 3.51.a-b deki gibi basit paralel katlama kağıdı çapraz olarak kırmayı sağlar. Kağıtların katlanabilirliğini inceleyerek katlanmış plakların çalışma mantığını anlamak mümkündür.

Düz kağıt uçlarından mesnetlendiğinde kendi ağırlığından ötürü deforme olur. Kağıdı katlamak güç ve bükülmezlik kazandırır. Fakat yine de ağır yükler altında burkulma ihtimali vardır. Katlanmış düzlemi korumak için uç kısımların burkulmaya karşı stabilitesi artırılır (Schierle, 2006, syf. 11.17) (Şekil 3.51.f.).

Katlanmış ahşap plaklarda ise yüzeylerin farklı birleştiriliş yöntemleri bulunmaktadır. Eşkenar dörtgen, çapraz ve zikzak birleştirme uygulanır. Üçü de körüklü katlama ve ters bükmenin karma kullanımına dayanmaktadır. Düz dereler ve tepe katlamaları ile basit eğimli yüzeyler oluşturulur (Buri, Weinand, 2008, syf.2) (Şekil 3.51.c-d-e, 3.52).



**Şekil 3. 51.** Katlanmış plak çalışma prensipleri.

a-b) Origami kağıt katlama sanatı (Buri, Weinand, 2008), c-d-e) Sırasıyla eşkenar dörtgen, çapraz, zikzak birleştiriliş yöntemleri (Buri, Weinand, 2008), f) Düz kağıdın katlama yoluyla güçlendirilişi (Schierle, 2006, syf. 11.17).



**Şekil 3. 52.** Katlanmış plak uygulama yöntemi.

a-b) Prototip uygulaması,

c-f) Maket parçalarının bir araya getirilişi (Buri, 2006).

Parçaların uc uca eklenmesiyle sistem tamamlanır. Oluşturulan düzen, bir bütün olarak çalışacağı için birleşen elemanların üzerinde enine ve boyuna tesir eden kuvvetler boyutlandırmada etkili olur. Birleşik çözümlerde dikkat edilmesi gereken nokta, kar gibi hareketsiz yüklerin birleşme noktalarında yığılmasını engellenmesidir.

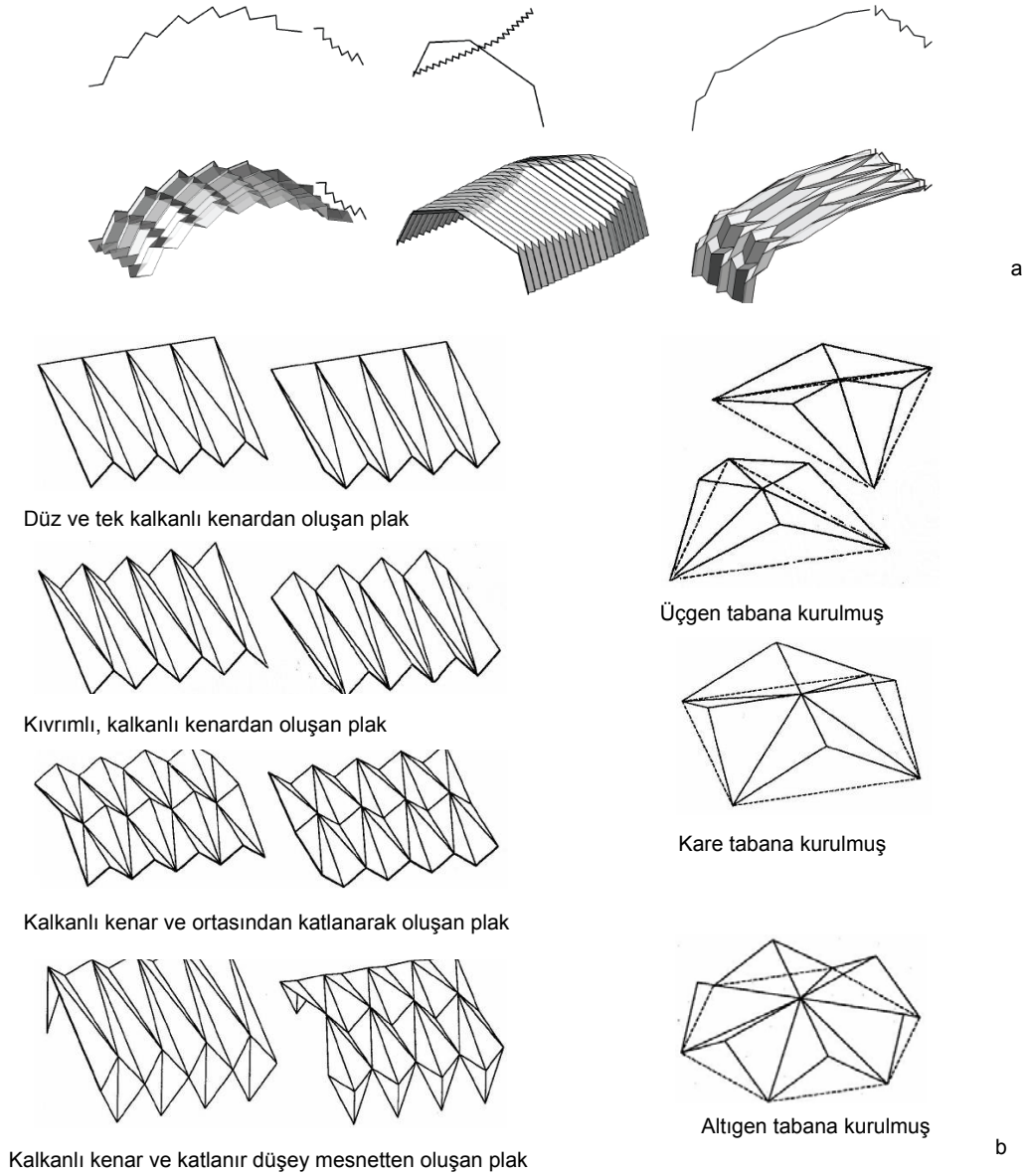
Katlanmış plaklar, kiriş hareketiyle levha hareketini birleştirir. Uzunlaması yönde, derinliği fazla olan ince eğik kirişler gibi hareket eder, burkulmaya karşı aşağısında ve yukarısında yer alan plakalar sayesinde denge sağlar. Eni yönünde ise tek yönlü döşemeler gibidir. Katlanmış plağın eğilmesi, tepede asınca, aşağıda çekmeye neden olur. Ayrıca yerçekimi yükü altında eğilmeye meyillidir. Bu da mafsal noktalarındaki çerçeveler veya duvarlar tarafından engellenir. Son panellerdeki burkulmaya karşı kenar kirişleriyle dayanım artırılabilir (Schierle, 2006, syf. 11.18).

Katlanmış plak üst örtü ile yaklaşık 20 m ile 25 m arasında açıklık geçilebilmektedir. Tutkallı yapım ile denenmiş en geniş açıklık 30.4 m' dir. Levhalar 20° ile 45° arasında eğimli yapılabilir. Parçalar arasında birleştirme ise çivi veya tutkal ile yapılmaktadır (Ertuşan, 2005, syf. 65, Karlsen, 1989, syf. 289).

İki çizgi katlanmış plak strüktürü tanımlar. Çokgen profil kesit genel şekli belirler. Başlangıç köruk noktası bu çizgiyi ve eğilme noktalarında tersini takip eder. İkinci profil ise, köruk katlamasının dalgasını belirler. Bu da paralel katlamanın genişlik ve eklentisini ortaya çıkarır (Buri, Weinand, 2008, syf.6) (Şekil 3.53.a).

Katlanmış yüzeysel strüktürlerde, kesitlerden en az birinin mekansal çalışmaya uygun gelecek biçimde, bir kırık çizgi görünümünde olması gerekmektedir. Katlanmış yüzeysel strüktürler çalışmalarına göre prizmatik, piramidal ve yarı prizmatik şekillerde dizaynlanırlar (Gökçe, 1977b, syf.96) (Şekil 3.53.).

Çokgen en kesitler yan yana geldiklerinde birbirlerine destek olurken, Z biçimli katlanmış plaklar birbirlerinden bağımsız çalışırlar. Bu nedenle Z biçimli katlanmış plaklar daha az etkin taşıyıcı sistem oluştururlar (Türkçü, 2003, syf.73).

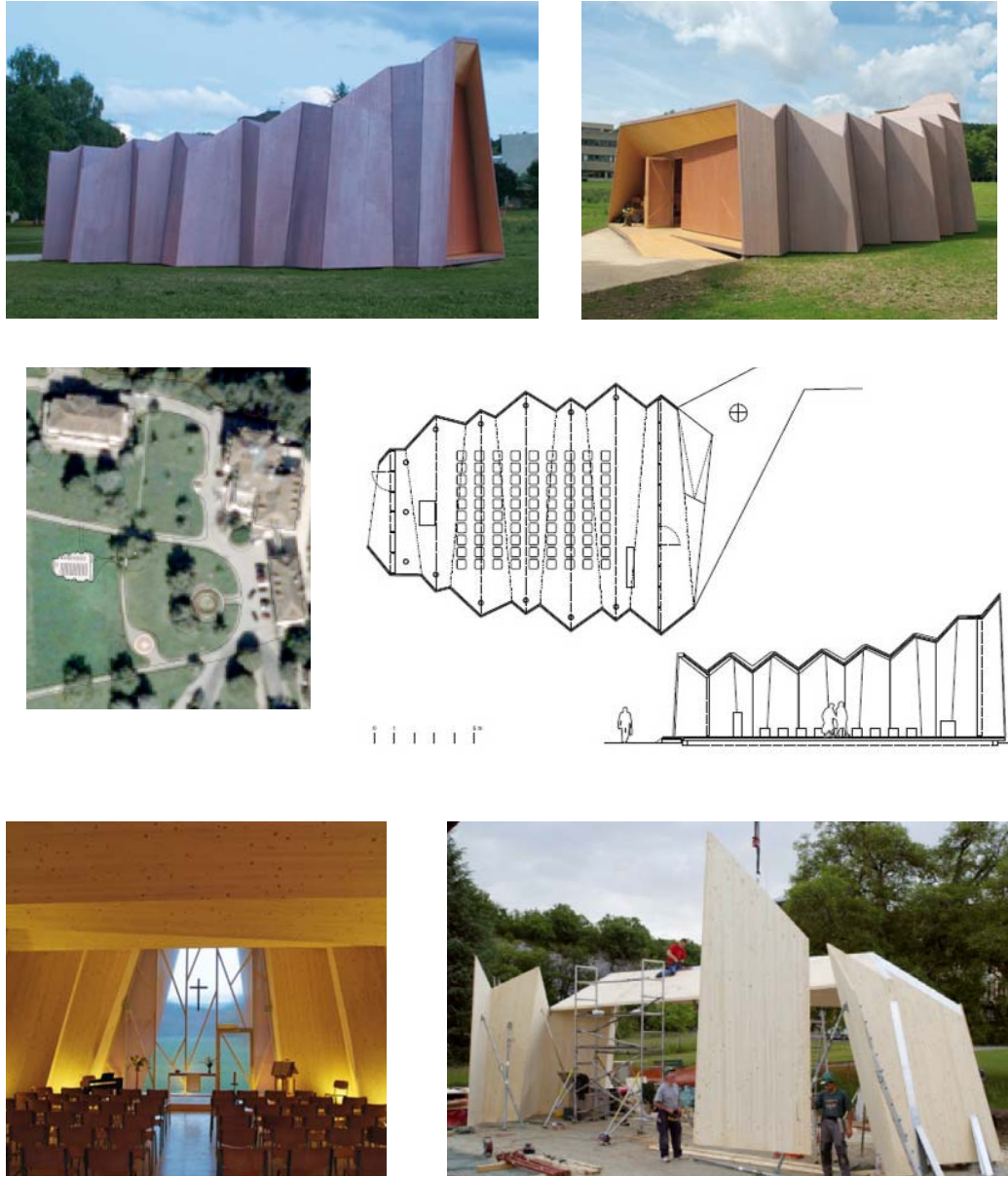


**Şekil 3. 53.** Katlanmış plak türleri.

a) Strüktürün tanımlanışı (Buri, Weinand, 2008), b) Birleşik çözümler (Schierle, 2006, syf. 11.19).

Örnek: St Loup Kilisesi<sup>20</sup>

Bölgede bulunan eski kilisenin restorasyon sürecinde geçici bir mekan oluşturma amacıyla kurulmuştur. Yapının kapasitesi yüz kişidir. Plan tek dönüşlü nefle bazilika formunu anımsatmaktadır. Panellerin kırılışında ışık-gölge dağılımı etkili olmuştur. Her panelde oluşan ışık yansıması farklıdır. Geçilen açıklık 7-12 m arasında değişmektedir. Düşey paneller 40 mm kalınlıkta, yatay paneller 60 mm kalınlıkta yüksek taşıyıcılıktaki kontrplak panolar ile oluşturulmuştur. Dijital lazer kesim yoluyla elde edilen panellerin montajı yöre marangozları tarafından yapılmıştır. Panellerin birleşiminde metal plakalar kullanılmıştır (Buri, Weinand, 2009) (Şekil 3.54.).



**Şekil 3. 54.** St. Loup Kilisesi'ne ait veriler (Buri, Weinand, 2009).

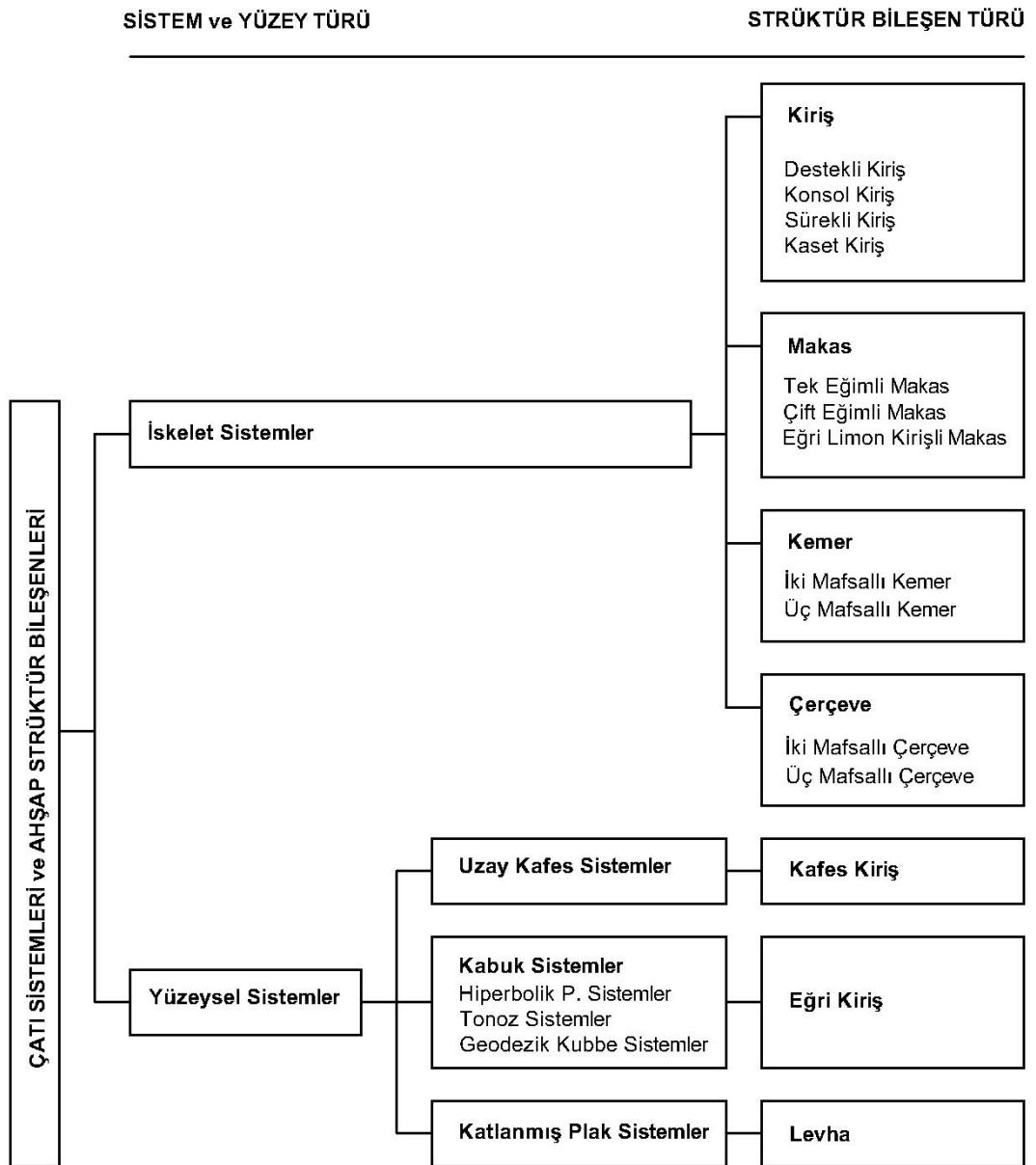
<sup>20</sup> İsviçre (2008), Local Architecture.

### 3.3. BÖLÜM SONUCU

Ahşap çatı sistemleri yüzeyin oluşturuluş şekline bağlı olarak iskelet ve yüzeysel sistemler olarak iki alt sınıfa ayrılır. Sistemlerin kendi içinde çeşitlilik göstermesi strüktür bileşeninin kullanılış biçimine bağlıdır (Tablo 3.2.).

Sınıflandırma yapıldıktan bir sonraki aşama farklılığa neden olan unsurların ortaya çıkarılmasıdır.

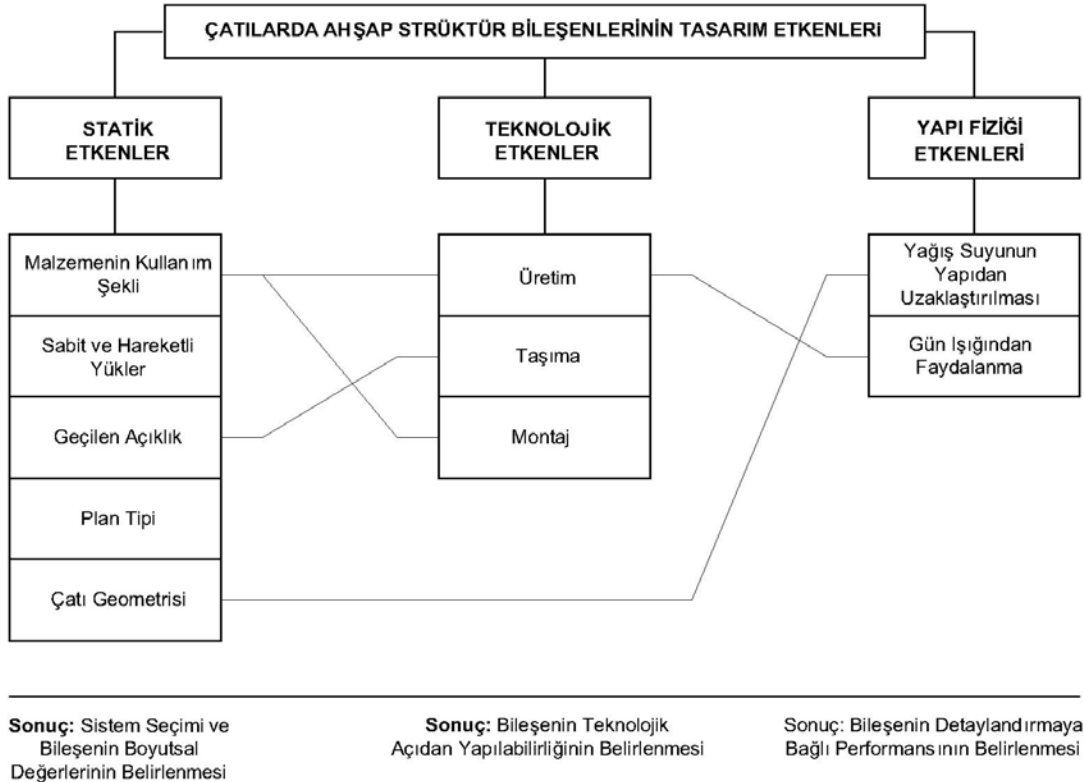
**Tablo 3. 2.** Ahşap çatı strüktür bileşenlerinin sınıflandırılışı.



## 4. AHŞAP STRÜKTÜREL ÇATI BİLEŞENLERİNİN TASARIM ETKENLERİ

Daha önce belirtildiği gibi, yapı gereksinimleri strüktürel ve konstrüktif kararları etkilemektedir. Maliyet, tasarım sürecinde detaylandırma amaçlı atılan her çizgiyi kapsayan bir ölçüttür. Yapı sistem seçimi ve bileşenlerin şekillenışı yapı gereksinimlerini en uygun maliyetle çözecek şekilde olmalıdır. Her projenin verileri farklı olduğu için getirilecek çözümü kurallara bağlamaktansa, tasarımı yönlendiren etkenleri ortaya koymak doğrudur. Çatı sistemi proje verilerine bağlı olarak özgün boyutlandırma ve detaylandırma çözümü gerektirmektedir. Ancak bu şekilde tasarımda tekdüzeliğe neden olmayan, etkin strüktür çözümü getirilebilir.

Maliyeti etkileyen tasarım parametreleri statik etkenler, yapı fiziği etkenleri ve bu kararların uygulanabilirliğini belirleyen teknolojik etkenlerden oluşmaktadır. Sistem ve strüktür bileşenin seçimi bu etkenlerin bütününe bağlıdır (Tablo 4.1.).



**Tablo 4. 1.** Strüktürel çatı bileşenlerinin biçimlendirilmesinde etkili olan parametreler.



## 4.1. ÇATI STRÜKTÜR BİLEŞENİNİN BOYUTSAL DEĞERLERİNİ BELİRLEYEN STATİK ETKENLER

Çatıda kullanılacak sistemin ve bileşenlerin boyutsal değerlerinin belirlenmesinde bir çok ölçüt etkilidir. Bazen aynı plan verileri altında farklı sistem çözümleri ortaya çıkabilmektedir. Sistemler arasında boyutsal değerlere bağlı farklılaşmaya neden olan bir çok etken bulunmaktadır;

q: Çatı üzerine gelecek yük miktarı (Kaplama yükü, kar yükü, rüzgar yükü)

A: Geçilecek açıklık

l: Yapı uzunluğu

a: Strüktür bileşenleri arası mesafe

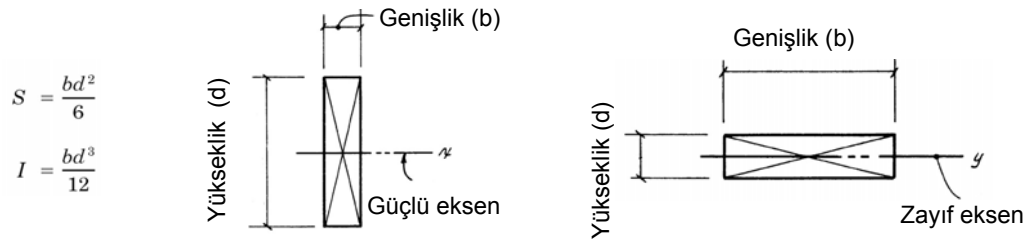
n: Strüktür bileşenleri adedi

h: Çatı yüksekliği

$\alpha$ : Çatı eğimi

Strüktür bileşenlerinin üretiminde statik hesaplama normu olarak; DIN 1052 ve EURO CODE 5 kullanılmaktadır (Vural, 2000).

TS 647 Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları ise ülkemizde kullanılan standarttır. Kesit boyutlarının belirlenmesi standartlarda benzer şekilde yapılmaktadır. Strüktür bileşenleri eğilmeye çalışacağı için dik doğrultuda kullanmak ekonomik sonuç verir (Şekil 4.1.).



**Şekil 4. 1.** Farklı doğrultularda kullanılan strüktürel çatı bileşenleri (Breyer, 1999, syf. 4.28).

Strüktür bileşenlerinin kullanım doğrultusuna bağlı kesit yüksekliği ve genişliği belirlenir. Öncelikle kalınlığın küçük, genişliğin yüksek olduğu kiriş türü hesaplanırsa genişlik enine kesitin tarafsız eksenine paralel çıkar. Yükseklik ise dikey doğrultudadır. Birçok kiriş probleminde öge enine kesitin güçlü olduğu yönde, yani x eksenini yönünde yüklenmektedir. Bu yüzden kiriş genişliği yüksekliğinden küçük boyutlarda tutulmaktadır. Doğal olarak güçlü eksen daha fazla kesit katsayısına ve moment ataletine sahip olur. Bir diğer kiriş yüklemesi ise daha az uygulanır. Eğer eğilme gerilmesi zayıf eksen veya y ekseninde ise kesit katsayısı ve moment ataleti küçük çıkmaktadır. Bu durumda genişlik yükseklikten büyük değerdedir (Breyer, 1999, syf. 4.29).

Bütün yapı malzemelerinin kullanımında amaç etkin kullanım sağlamaktır. Bu nedenle güçlü ekseninde eğilen kiriş kullanımı uygun değildir. Dikdörtgen enine kesitli strüktür bileşeni kare kesitliye nazaran daha randımanlı kullanım sağlamaktadır (Breyer, 1999, syf. 4.29).

Bileşenin kesit şeklini seçerken, ek ve birleşimlerinde kullanılacak birleşim elemanı türünü göz önünde bulundurmak zorunludur (Duman, 1988, syf.134).

Bağlantı ürünleri arasında kalacak boşluklar kesiti etkilemektedir. Eğilme çubuklarında hangi tür gerilmelerin olduğu, bunların kesit üzerinde yayılışının ve sehimlerin hesaplanması yapılır. Yapı yüklerinin etkisindeki strüktür bileşenlerinin kesiti, güvenlik katsayısı ile çarpılmış gerilme dayanımını aşmayacak şekilde boyutlandırılır.

Malzeme kullanım şekli, geçilen açıklık, plan tipi ve form bir bütün olarak boyutlandırmayı etkileyen unsurlardır. Her sistemin kullanımının ekonomik olduğu *açıklık sınırları* bulunmaktadır. Çatı yüksekliği geçilen açıklıkla orantılı olarak hesaplanır. Strüktür bileşenlerinin yerleşim yönü *plan tipine* göre belirlenir. Bileşenlerin birbiriyle yaptıkları açılara bağlı oluşan *çatı geometrisi* kesiti etkilemektedir. Sonuçta, maliyete bağlı olarak seçilen sistemin ne derece ekonomik olduğu belirlenir. Strüktür bileşeninin boyutlandırılmasında etkili bir çok unsur bulunmaktadır.

#### **4.1.1. Malzemenin Kullanım Şekli**

Strüktür sistem seçiminin ilk aşamasında malzemenin masif veya lamine olarak kullanımının kararı alınır. Seçimde öncelikli etken mimari kararlara bağlıdır. Masif ahşap kullanılacaksa ahşap malzemenin elde edilebilirliği seçimde etkilidir. Tabakalı ahşap kullanımında, malzemenin yapı karakteristiğine ve bağlantı detaylarına uygunluğuna dikkat edilir. Açıklık, bileşende boy bağlantısı gerektirmesi açısından malzeme tercihini etkiler. Masif ahşap ile montaj ürünleri aracılığıyla istenilen boyutta kiriş elde edilebilir. Tabakalı ahşap ile tek defada istenilen boyutta kiriş oluşturulabilmektedir. Çatı geometrisi malzemenin kullanım şeklini etkiler. Eğri formu bileşenler tabakalı ahşap kolay oluşturulur.

Karar verme aşamasında seçilebilecek sistemler arasında malzeme kullanımı açısından karşılaştırma yapılır. Boyutlandırma işlemi sonucunda taşıyıcı yüksekliğine bağlı maliyet karşılaştırması yapılır. En ekonomik strüktür bileşen tipi belirlenir (Tablo 4.2.). Amaç en az malzemeyle, en yüksek düzeyde yarar sağlamaktır.

**Tablo 4. 2.** Çatı strüktür bileşenleri için malzeme kullanım şekillerinin incelenmesi.

YÜZEY TÜRÜ	ÇATI SİSTEMİ	BİLEŞEN	MALZEME KULLANIM ŞEKLİ
Doğrusal	İskelet	Kiriş	Masif veya tabakalı ahşap malzemeyle oluşturulabilir. Küçük açıklıklar için, en basit tasarım ana kirişin üzerine ikincil kirişleri yüklemektir. Açıklık arttığı zaman, donatı ve malzemelerin ağırlığı, ana kirişler arasındaki uzaklık ve kiriş derinliğiyle bağlantılı olarak diyagonal bağlantılar kullanılır (Altunkaya, 2007, syf.38).
		Makas	Masif veya tabakalı ahşap malzemeyle oluşturulabilir. Dolu gövdenin ekonomik olmadığı açıklıklarda daha az malzemeyle yüksek taşıyıcılık sağlar.
		Kemer	Tabakalı ahşap ile eğri formlu bileşenler oluşturulabilir. Sistemi hafifletmek gerektiğinde kafes kemerler kullanılabilir.
		Çerçeve	Masif ahşap ile yapılacak çerçevelerin büyük boyutlarda oluşturulması mafsalsayısını artırır. Çok büyük mesafelerde rijit çerçeve konstrüksiyonu kullanılması, ilave malzeme ve derinlik problemlerini ortadan kaldırır. Rijit çerçevenin özelliği strüktürün sürekli olmasıdır. Bunun nedeni parçalar arasındaki sağlam bağlantılar ve böyle çerçevelerde güç dağılımının eşit olmasıdır. Bu çerçeveler basit destekli kirişlerle karşılaştırıldığında, açıklık elemanının merkezinde daha az malzemeye gereksinim duyarlar (Altunkaya, 2007, syf.48).
Düzlemsel	Uzay Kafes	Kafes Kiriş	Dairesel veya kare kesitli, masif veya lamine ahşap parçalarından oluşturulur. Kısa boyutlu ahşap parçaların kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Fakat bağlantı amaçlı oluşturulan düğüm noktalarında kullanılan metal malzeme maliyeti arttırmaktadır. Çubukların aynı boyda tutulması sistem çözümünde kolaylık sağlar.
	H.P. Kabuk	Eğri Kiriş	Tabakalı ahşap ile eğri formlu bileşenler oluşturulabilir. Aksi yönde iki eğrilik bulunması ahşaba uygulanacak işlemlerin artmasına, dolayısıyla maliyetin artmasına neden olur. Kabuk kalınlığının burkulma - burulma önleyecek kalınlıkta olması gerekmektedir. Diğer taraftan da bu kalınlığın, malzemenin kendi ağırlığı altında eğilme momenti yaratmayacak kadar az olması gerekmektedir (Türkçü, 2003, syf.87).
	Kabuk/Tonoz	Eğri Kiriş	Eğri formlu bileşenler tabakalı ahşap ile oluşturulabilir. Kabuklar için genel olarak; kalınlığı yüzeysel yayılıma oranla çok ince denilebilir (Gökçe, 1977b, syf.97).
	Kabuk/G.Kubbe	Eğri Kiriş	Geniş açıklık geçen eğri formlu bileşenler ile kurulan kubbelerde tabakalı ahşap kullanılır. Masif ahşap öğelerle kurulan kubbe ise yağma prensiplerine dayanır. Özellikle Doğu Anadolu'da kullanılan kısa ahşap öğelerle oluşturulan Bektaşî çatısı bunun bir örneğidir.
	K. Plak	Levha	Tabakalı ahşabın levha halinde kullanımıyla oluşturulur. Plaklarda statik boyutlandırmayı etkileyecek gerilme türü eğilmedir. Plaçın serbest açıklığı arttıkça kalınlığı da o denli artar (Gündoğ, 2007, syf.29). Bu nedenle açıklık tek bir levha ile değil de kalınlığı arttıramayacak şekilde parçalanarak mesnetlenen levhalarla geçilir.

#### 4.1.2. Sabit ve Hareketli Yükler

Çatı sistemi içinde yer alan strüktür bileşenlerinin boyutlandırılmasında yapı yükleri dikkate alınır. Yükler kullanım süreci boyunca yapıyı etkileyecek her türlü fiziksel etkiden oluşur. Hesap yöntemlerinde sabit ve hareketli yükler olarak iki sınıfta ele alınır.

Sabit yükler (Ölü yükler): Strüktür ve örtü bileşenlerinin öz ağırlığından oluşan yüklerdir.

Hareketli yükler: Çatının üzerinde gezilmesi durumunda insan, araç gibi etkenlerin de hesaba katılacağı, kar, rüzgar gibi değişkenlere göre hesaplanacak yüklerdir.

Rüzgar yükü haricindeki yüklerin ağırlık olarak hesabı yapılabilir. Rüzgar yükü hesabı ve getirilecek çözüm daha farklıdır.

Rüzgarın yapılar üzerinde etkisi esiş doğrultusu ve yönüne, yapının yüksekliği ve geometrisine bağlıdır (Odabaşı, 1997, syf.109).

Düzleme dik doğrultudaki rüzgar kuvvetleri alt yapıya emniyetle aktarılabilirdir. Bu amaçla çatı düzleminde bazen alt başlık düzeyinde de rüzgar kirişleri düzenlenir. Rüzgar bağlantıları yapının iki başında ve diyagonaller çekme çubuğu olacak şekilde düzenlenir. Uzunluğu fazla olan yapılarda rüzgar için iki baştaki bağlantıların yeterli olmasına karşılık, ara akslarda ayrıca stabilite bağlantıları düzenlemek gereklidir. İki bağlantı arasındaki uzaklık 25 m' yi aşmamak üzere 3 ile 5 aksta bir stabilite bağlantısı yapılır (Duman, 1988, syf.267).

Sabit ve hareketli yüklerin strüktür bileşeni tasarımına etkisi bileşen kesitindeki farklılıkla veya bileşen aralarında çapraz bağlantıların kullanımıyla oluşmaktadır.

#### 4.1.3. Geçilen Açıklık


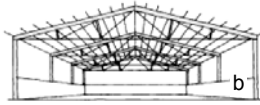
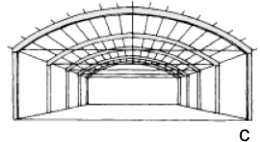
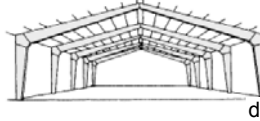
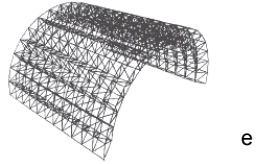
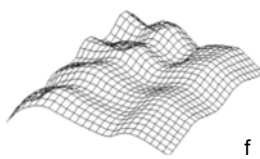


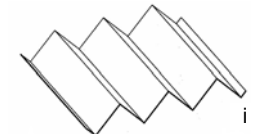
Açıklık mesnetler arasındaki yatay mesafedir. Sistemi ve bileşen kesitlerini belirleyen bu mesafedir. Açıklık boyutlarını kendi içinde sınıflandırmak gerekirse basit açıklık ve geniş açıklık gibi iki gruba ayrılabilir. Geniş açıklıkların geçilmesi için form aktif strüktürler kurulmaktadır. Taşınan yük ile strüktürün kendi ağırlığının aktarılması tasarım kararlarını etkilemektedir.

Çatı strüktür bileşenlerinin en, boy, yükseklik gibi değerleri açıklığa ve taşıyacağı yük kapasitesine göre farklılık gösterebilmektedir. Açıklığa göre ideal strüktür bileşeni genişliğinin ve yüksekliğinin belirlenmesi maliyet açısından önemlidir.

Yan sayfadaki tabloda ahşap strüktür bileşenlerinin güvenli olarak geçebileceği açıklık sınırı ve buna bağlı olarak oluşan kesit yükseklikleri yer almaktadır (Tablo 4.3).

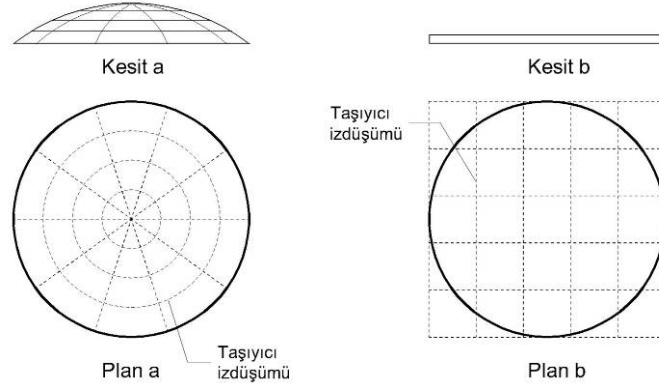
**Tablo 4. 3.** Çatı strüktür bileşenleri ile geçilebilecek açıklık aralığı ve açıklığa bağlı olarak kesit yüksekliğinin hesabı.

Şekil kaynakları; a,b,c,d,j - (Birgersson, 2003) , e - (Çınar, 2001), f, g, h - (Kensek, 2000) , i - (Schierle, 2006), iskelet sistem formülleri (Herzog, 2004) ; Kabuk sistem formülleri (Türkçü, 2003).

ÇATI SİSTEMİ ve BİLEŞENLERİ			OPTİMUM AÇIKLIK	KESİT YÜKSEKLİĞİ
Sistem	Kiriş		Basit kiriş $l = 1-7$ m Destekli kiriş $l = \max 7$ m x a Konsol kiriş $l = 5$ m Sürekli kiriş $l = 10-30$ m Kafes kiriş $l = 15-80$ m Kaset kiriş $l = \max 25$ m	$d = l/8 - l/14$
	Makas		Tek eğimli makas $l = 9$ m Çift eğimli makas $l = 12-15$ m Eğri l. k. Makas $l = \max 30$ m	$d = l/6 - l/10$
	Kemer		İki mafsallı kemer $l = 30-100$ m Üç mafsallı kemer $l = 30-100$ m	$d = l/6 - l/10$ $d = l/5 - l/7$
	Çerçeve		İki mafsallı çerçeve $l = 15-50$ m Üç mafsallı kemer $l = 10-50$ m	$d = l/10 - l/15$ $d = l/20 - l/40$
Uzay Kafes Sistem			$l = \max 60$ m	$d = l/8 - l/6$
Kabuk Sistem	H.P. Kabuk		$l = 14-60$ m	$d = l/60 - l/80$ $d = \min 4$ cm
	Tonoz		$l = 5-35$ m	Pk= Burkulma kuvveti E= Malzemenin elastisite modülü d= Kabuk kalınlığı R= Eğrilik yarıçapı $Pk = E \times d / R$ $d = \min 5$ cm
	G. Kubbe		$l = 15.3-106.7$ m	$Pk = E \times (d / R)^2$ $d = \min 4$ cm
Katlanmış Plak			20 m-30 m	$d = 4-20$ cm

#### 4.1.4. Plan Tipi

Plan tipleri kendi içinde dörtgen, dairesel ve çokgen olmak üzere gruplandırılabilir. Dairesel ve çokgen planların çatı strüktürünü çözmek dörtgen planlara nazaran daha maliyetlidir. Bu nedenle bazı örneklerde dairesel ve çokgen planların strüktürü rasyonel hale döndürülerek dörtgen olarak çözülmektedir (Şekil 4.2.).



**Şekil 4. 2.** Dairesel plan türünde strüktürün rasyonel hale döndürülerek dörtgen çözümü.

Ahşap yapı sistemini oluşturan yapı bileşenleri birleşerek strüktürü oluşturmaktadır. İşte bu özellik aslında bir bakıma planı etkilemekte, hatta giderek yapının formunu belirlemektedir (Çırpıcı, 1990, syf.24).

Bileşenlerin plan tiplerine uyumu aşağıdaki şekildedir (Tablo 4.4.). Aynı plan tipi farklı açıklık boyutlarında farklı bileşenlerle çözüm gerektirir (Tablo 4.5.).

**Tablo 4. 4.** Çatı strüktür bileşenlerinin plan tiplerine uyumu.

YÜZEY TÜRÜ	ÇATI SİSTEMİ	BİLEŞEN	PLAN TİPİ KISITLAMASI		
			Dörtgen	Çokgen	Dairesel
Doğrusal	İskelet	Kiriş	x	x	x
		Makas	x	x	x
		Kemer	x	x	x
		Çerçeve	x	x	x
Düzlemsel	Uzay Kafes	Kafes Kiriş	x	x	x
	Kabuk / H. Kabuk	Eğri Kiriş	x	x	
	Kabuk / Tonoz	Eğri Kiriş	x		
	Kabuk / G. Kubbe	Eğri Kiriş			x
	K. Plak	Levha	x	x	x

**Tablo 4. 5.** Dörtgen, çokgen, dairesel plan tiplerinde kullanılacak çatı strüktür bileşenleri ve kullanım şekilleri.

<b>DÖRTGEN PLAN TIPLERİNE UYUM SAĞLAYAN SİSTEMLER</b>		
	<p><b>İki Mafsallı Sistemler</b></p> <p>Kafes Kiriş a=4-10m, L1=7.5-30 m  Makas a=4-10m, L1=7.5-30 m  Kemer a=5-10m, L1=30-100 m  Çerçeve a=5-8m, L1=15-50 m</p>	<p><b>Üç Mafsallı Sistemler</b></p> <p>Makas a=5-8 m, L1=15-50 m  Kemer a=4-6 m, L1=30-100 m  Çerçeve a=5-10 m, L1=10-50 m</p>
	<p><b>Kemer ve Çerçeve için İşınsal</b></p>	<p><b>Uzay Kafes Sistem</b></p>
	<p><b>Hiperbolit Paraboloid Kabuk</b></p>	<p><b>Tonoz</b></p>
	<p><b>DAİRESEL ve ÇOKGEN P.T. UYUM SAĞLAYAN SİSTEMLER</b></p> <p><b>İşınsal Kiriş Kullanımı</b></p> <p><b>Geodezik Kubbe</b></p>	<p><b>İşınsal Kiriş Kullanımı</b></p> <p><b>Hiperbolit Paraboloid Kabuk</b></p>

#### 4.1.5. Çatı Geometrisi

Strüktürü oluşturan bileşenlerin geometrileri tasarlandıkları yapıların formunu belirleyici rol oynarlar. Çağdaş sistemlerin kuruluşundaki bileşen geometrileri esasında doğadaki strüktürlerin çözümlenişini anımsatmaktadır.

Doğanın en az malzeme ile en yüksek dayanıklılık sağlama şeklinde betimlenecek temel biçimlenme ilkelerinden birisi olarak, değişik strüktür ve örtü sistemlerine örnek oluşturmaktadır. Deniz hayvanlarının kabukları, diyatome, kemik dokusu, örümcek ağı, bal peteği, kuşların içi boş kemikleri yukarıda sözü edilen ilke bağlamında aranan strüktür çözümlerine örnek oluşturmaktadır (Toydemir, 2004, syf.128).

Strüktür bileşenleri düz/tek eğimli, çok eğimli veya eğrisel formlarda oluşturulabilmektedir (Tablo 4.6.). Düz ve tek eğimli formda getirilebilecek çözüm mafsalsayısını ve uygulanacak işlemleri en aza indirgemesi açısından ekonomiktir. Çok eğimli formlara, genellikle yağmur ve kar akışının sağlanması gereken çatılarda rastlanır. Çok eğimli formlarda bileşenin sürekliliği mafsallar sayesinde farklı eksenlerin birleştirilmesiyle sağlanır. Eğrisel formlara ise genellikle tonoz ve kubbe kuruluşunda gerek duyulur. Eğrisel formu taşıyıcılarla kurulan sistemlerde montaj ve kaplama uygulamasında yaşanan zorluklara bağlı olarak maliyet yüksek çıkmaktadır.

**Tablo 4. 6.** Strüktür bileşenlerinin çatı geometrisine uyumu.

YÜZEY TÜRÜ	ÇATI SİSTEMİ	BİLEŞEN	ÇATI GEOMETRİSİ		
			Düz / Tek Eğimli	Çok Eğimli	Eğrisel
Doğrusal	İskelet	Kiriş	x	x	x
		Makas	x	x	x
		Kemer			x
		Çerçeve	x	x	
Düzlemsel	Uzay Kafes	Kafes Kiriş	x	x	x
	Kabuk/ H.P. Kabuk	Eğri Kiriş			x
	Kabuk/ Tonoz	Eğri Kiriş			x
	Kabuk/ G. Kubbe	Eğri Kiriş			x
	Katlanmış Plak	Levha		x	



Eğilme gerilmesi strüktür bileşeninin formundan ve boyutundan etkilenmektedir. Geniş kesitli bileşenlerin eğilme gerilmesi daha düşük çıkmaktadır. Bu davranış bileşenin genişliğine, yüksekliğine ve uzunluğuna bağlı hacim faktörü ( $C_v$ ) ile açıklanabilir.  $C_v$  değeri 1.0' i aşmamalıdır. Düz elemanlarla kavisli elemanların lif gerilmeleri farklılık göstermektedir. Strüktür bileşeninin boyutlarının belirlenmesinde etkili bir diğer kriter de eğrilik faktörü ( $C_c$ ) olarak tanımlanmaktadır (Williamson, 2002, syf. 435) (Şekil 4.3.).

Strüktür bileşenlerinin geometrik formlara uyumu kesite, ağaç türüne bağlı malzeme özelliklerine göre değişiklik göstermektedir.

$$C_v = \left(\frac{5.125}{b}\right)^p \left(\frac{12}{d}\right)^p \left(\frac{21}{\ell}\right)^p \leq 1.0$$

$b$  = Strüktür bileşeni genişliği

$d$  = Strüktür bileşeni yüksekliği

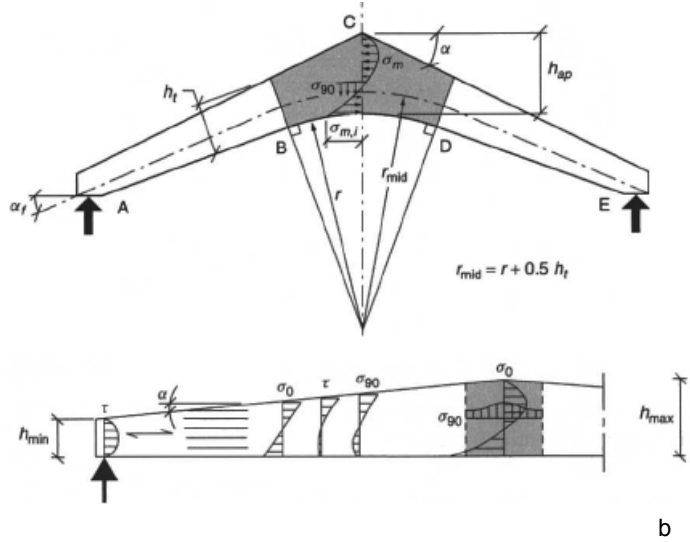
$\ell$  = Strüktür bileşeni sıfır moment olan noktaları arasında kalan uzunluk

$p$  = Ağaç türüne göre değişkenlik gösteren katsayı

$$C_c = 1 - 2000 \left(\frac{t}{R}\right)^2$$

$t$  = Laminasyon kalınlığı

$R$  = İç yüzey eğrilik yarıçapı



**Şekil 4. 3.** Strüktür bileşenlerinin forma bağlı boyutsal değerlerinin hesap yöntemi.

a) Eğrilığe bağlı strüktür bileşenlerinin boyutsal hesap formülleri (Williamson, 2002, syf. 435),

b) Eğimli taşıyıcının en fazla ve en yüksekliğe sahip olan bölümleri (Thelandersson, 20003, syf. 212).

#### 4.1.6. Ara Bölüm Sonucu

Statik etkenler malzeme ve sistem seçiminde belirleyicidir. Strüktürel etkinlik statik kararların doğru alınmasına bağlı olarak sağlanır.

*Malzemenin kullanım şekli* masif veya tabakalı olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Strüktür bileşeninin boyutu veya kavisli malzemenin kullanım şeklini belirlemektedir.

*Sabit ve hareketli yüklere* bağlı olarak aynı açıklık ve plan özelliklerine sahip iki çatıda kullanılan bileşen kesitlerinin farklı çıkabilmektedir.

*Geçilen açıklık* kesit boyutlarını ve bileşen seçimini belirleyen başlıca etkindir.

*Plan tipi* dörtgen, çokgen ve dairesel olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bileşenin plan tiplerine uyum sağlayabilirliği bileşen seçiminde etkili olmaktadır.

Strüktür bileşeninin *geometrisi* çatı formunu oluşturmaktadır.

## 4.2. YAPI PERFORMANSINI BELİRLEYEN YAPI FİZİĞİ ETKENLERİ

Boyutlandırmadan sonra yapı maliyetini etkileyen bir diğer unsur çatının yapı fiziğine bağlı performansıdır. Yağış suyunun yapıdan uzaklaştırılması ve aydınlatma, çatının yapı kabuğunun bir parçası olarak detaylandırılmasını gerektirir. Belki de çatıyı döşemeden farklı kılan en önemli özellik budur. Çatıda *yağış suyunun uzaklaştırılması* yüzey eğimiyle veya motorlu sistemlerle sağlanabilmektedir. Yüzey eğimine bağlı olarak suyu gidere yönlendiren sistemler kurmak enerji etkinlik sağlamaktadır. Aynı şekilde doğal aydınlatmaya bağlı *gün ışığından faydalanma* yapı giderlerini belirleyen bir etkidir.

### 4.2.1. Yağış Suyunun Yapıdan Uzaklaştırılması

Ahşabı atmosfer etkilerine karşı korumak için strüktür çatı örtüsü ile aynı kotta veya örtü kotunun üstünde tutulmaz. Geniş açıklık geçen örtü sistemlerinde aralıklı olarak oluşturulan dereler sayesinde suyun aktarılması sağlanır. Düz yüzeylerde %5 e kadar eğim verilerek suyun akışı sağlanır. Eğrisel yüzeylerde ise eğim suyun akıtılmasını kolaylaştırır. Eğimin iç bükey yönde olması veya eğimsiz geniş açıklıklı yüzey olması halinde düşey taşıyıcılarda yağış suyu için gider oluşturulmaktadır (Tablo 4.7.).

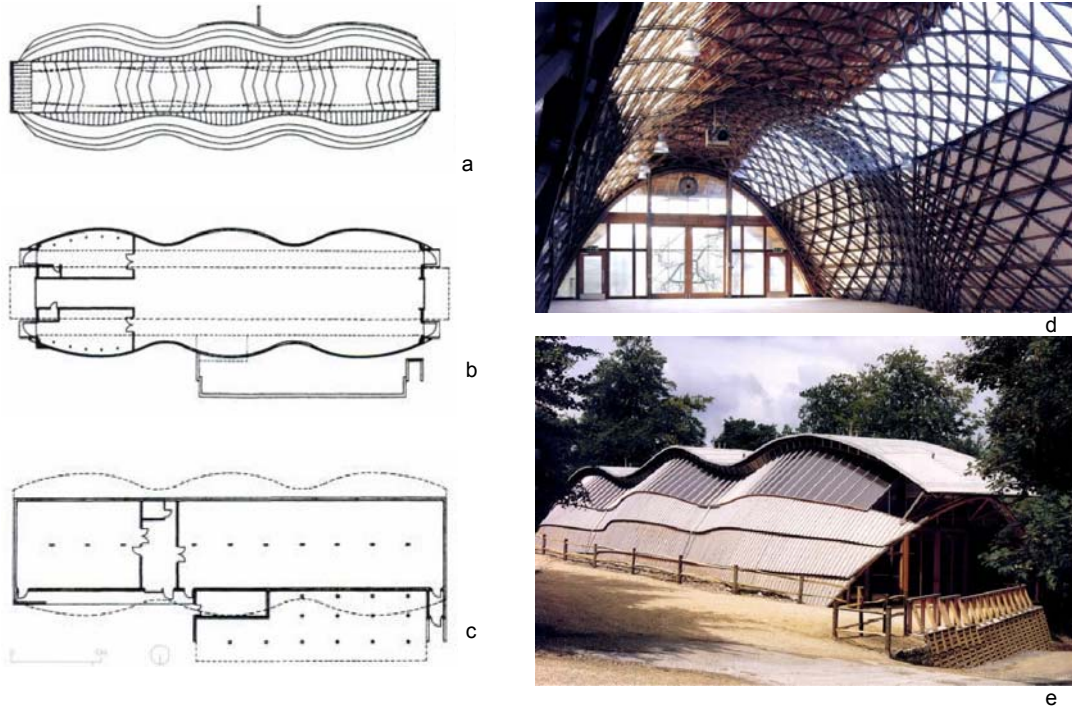
**Tablo 4. 7.** Çatı strüktür bileşenlerinde yağış suyunun uzaklaştırılış yöntemleri.

YÜZEY TÜRÜ	ÇATI SİSTEMİ	BİLEŞEN	SUYUN UZAKLAŞTIRILMASI
Doğrusal	İskelet	Kiriş Makas Çerçeve	Teras çatı oluşturacak şekildeki kullanımlarda %5 seviyesindeki eğimler derzsiz düzlemde suyun uzaklaştırılması için yeterli olur. Basit açıklıklarda yatay dereler kullanılır. Eğimli bileşen kullanımında yüzey eğimine bağlı su akışı sağlanır.
		Kemer	Yüzey eğimine bağlı su akışı sağlanır.
Düzlemsel	Uzay Kafes	Kafes Kiriş	Düz yüzeysel uzay kafes sistemlerde eğim olmaması nedeniyle, geniş açıklık üzerinde biriken suyu aktaracak, düşey düzen kurulmalıdır.
	Kabuk/ H.P. Kabuk	Eğri Kiriş	Hiperbolik paraboloid yüzeylerin kesiştirilmesiyle veya birleştirilmesiyle getirilecek çözümlerde dere ile suyun yürütülmesi sağlanır veya birikecek suyu düşeyde aktaracak düzen kurulur.
	Kabuk/ Tonoz G. Kubbe	Eğri Kiriş	Yüzey eğimine bağlı su akışı sağlanır.
	Katlanmış Plak	Levha	İç bükey katlamalarda birleşme noktalarında suyun akışını kesen yüzey oluşturulmaz.

## 4.2.2. Gün Işığında Faydalanma

Özellikle geniş açıklıklı yapılarda yeterli ışık almayan bölgeler oluşur. Bu gibi durumlarda çatı örtüsünün saydam veya yarı saydam tutulması aydınlatmanın bir yoludur (Şekil 4.4.). Ancak, Türkiye koşullarında, tepeden gelen direkt ışık rahatsız edici sonuçlar oluşturur.

Bu nedenle çatı fenerleri, şedler veya düşey strüktürün biçimlenmesiyle getirilecek aydınlatma çözümleri daha uygundur. Strüktürün bazı bölgelerinin yükseltilmesi sayesinde fenerli çatı oluşturulabilmektedir. Bu tür uygulamalarda yüzey sürekliliğinin bozulmasına bağlı su birikmesine engel olunmalıdır.



**Şekil 4. 4.** Kaplamanın saydamlaştırılması yoluyla ışık alımı (Ruth, 2005).<sup>21</sup>

Çatı fenerlerinin kuruluşunda çatı bileşenlerinin bir ayağı düşey taşıyıcıya oturtulurken, diğer ucunun nasıl bağlanacağı sorundur. Ayrıca fener konstrüksiyonunun oturtulacağı kasnağın taşınması da bu taşıyıcılara bağlıdır.

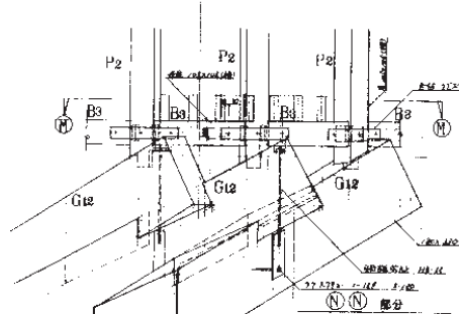
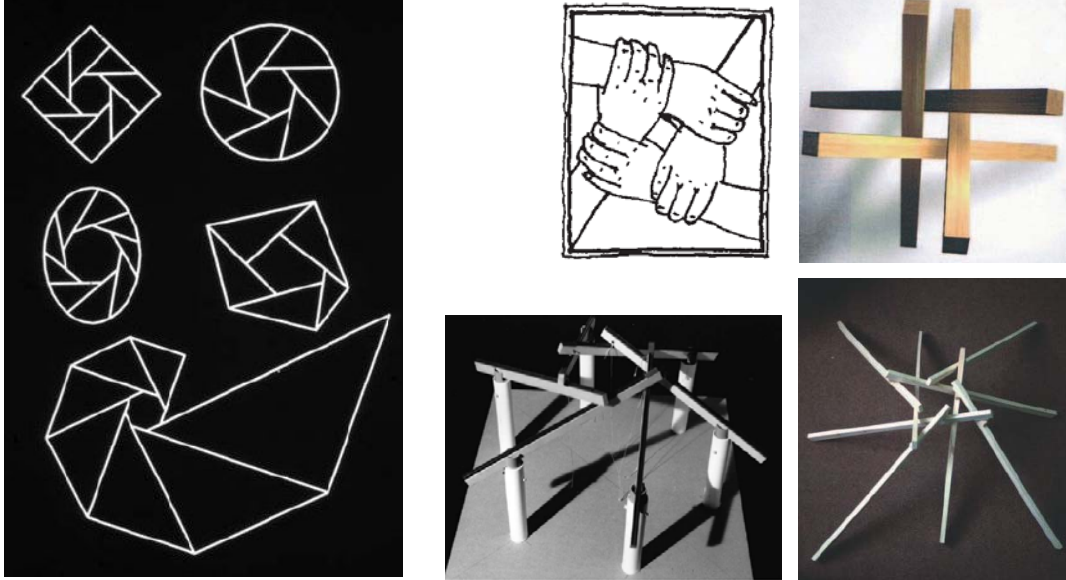
Yerel mimaride tandır evleri üzerinde kurulan üst örtü yine üst orta boşluk arayışıyla oluşturulmuştur. Aynı kuruluş mantığı geliştirilerek orta boşluk sağlayacak şekilde kullanılmaktadır.

Her strüktürel çatı bileşeni için orta boşluk açmanın veya fener bileşenlerini taşımanın farklı çözümleri bulunmaktadır (Şekil 4.5.) (Tablo 4.8.).

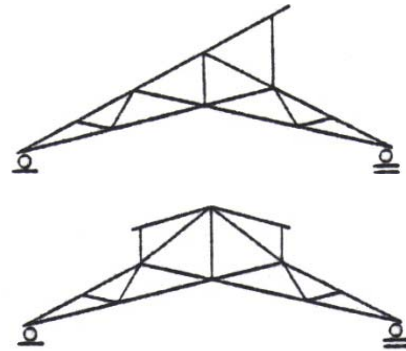
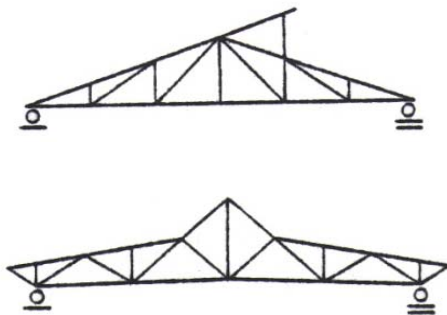
<sup>21</sup> Downland Gridshell, Sussex, England (2002) Edward Cullinan Architects.

**Şekil 4. 5.** Çatı strüktür bileşenlerinin aydınlatma amacıyla biçimlendirilişi.

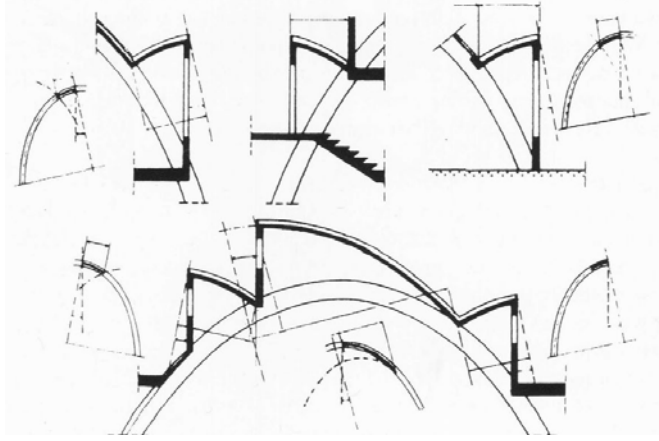
- a) Kirişlerle fener boşluğunun oluşturululuşu (Larsen, 2008, syf.20-170),
- b) Aydınlatma amacıyla geliştirilen makaslar (Herzog, 2004, syf.160),
- c) Kemer üzerinde aydınlatma için getiriliştirilen çözüm örneği (Gutdeutsch, 1996, syf.20),
- d) Kubbe içinde aydınlatma için getiriliştirilen çözüm örneği (Gutdeutsch, 1996, syf.24).



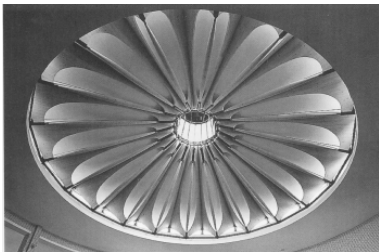
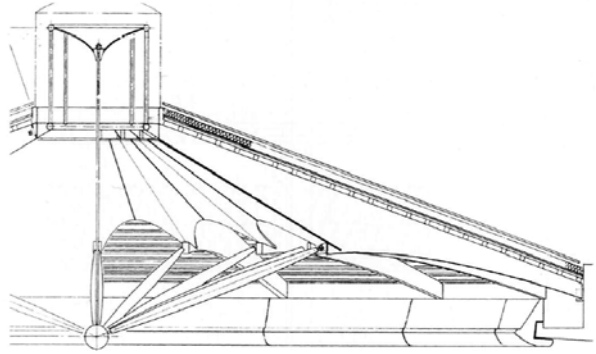
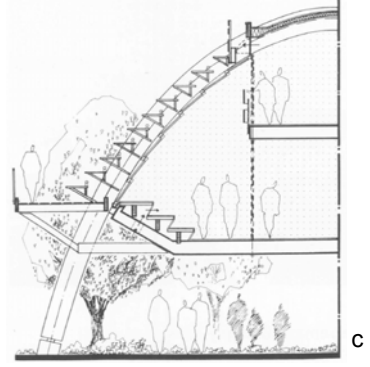
a



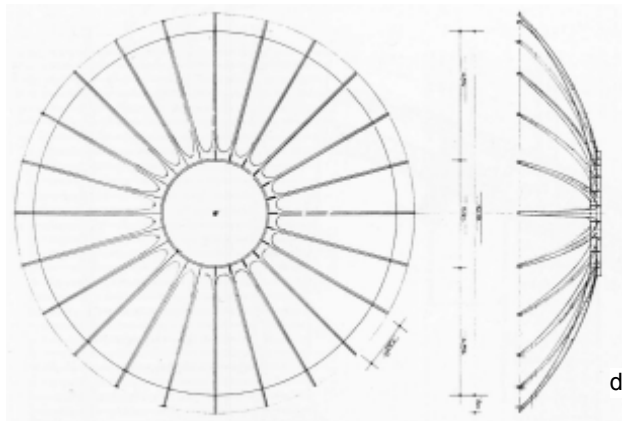
b



c) Kemer üzerinde aydınlatma için geliştirilen çözüm örneği (Gutdeutsch, 1996, syf.20).



d) Kubbe içinde aydınlatma için geliştirilen çözüm örneği (Gutdeutsch, 1996, syf.24).



**Tablo 4. 8.** Çatı strüktür bileşenlerinde gün ışığı alım yöntemleri.

YÜZEY TÜRÜ	ÇATI SİSTEMİ	BİLEŞEN	GÜN IŞIĞINDAN FAYDALANMA
Doğrusal	İskelet	Kiriş	Kirişlerin plan düzeninde orta boşluk meydana getirecek şekilde düzenlenmesiyle oluşturulur.
		Makas	Makas üzerinde tek yönlü veya çift yönlü olarak düzenlenecek aydınlatma birimleriyle sağlanır.
		Kemer Çerçeve	Strüktür bileşenlerinin arasında oluşturulacak fenerlerle veya bileşenin üzerine kademeli olarak yerleştirilecek aydınlatma birimleriyle meydana getirilir.
Düzlemsel	Uzay Kafes	Kafes Kiriş	Sistem bütün olarak çalıştığı için çubuk sisteminin bir bölümü boşaltılarak fener çözümü getirilemez. Ancak kaplamanın saydamlaştırılması yoluyla ışık alımı sağlanır.
	H.P. Kabuk	Eğri Kiriş	Aydınlatma için getirilecek yeni bir elemanın eklenmesi çift eğrilikten ötürü zordur.
	Tonoz	Eğri Kiriş	Çubuk ağı tonozlarda düşey düzlemde yer yer kaplamanın saydamlaştırılması yoluyla sağlanır.
	G. Kubbe	Eğri Kiriş	Kubbe merkez yayına oturtulacak fener kasnağı ile aydınlatma birimi oluşturulur.
	Katlanmış Plak	Levha	Şedler oluşturacak şekilde düzenlenen katlanmış plaklarda, düşeyde kalan plağın saydam tutulması yoluyla gün ışığı alımı sağlanır.

#### 4.2.3. Ara Bölüm Sonucu

Yapı fiziği etkenleri yapı elemanının detaylandırılma şeklini belirler. Çatı suyunun tahliye yöntemi ve doğal ışıktan faydalanmayı sağlayan aydınlatma çözümleri ile enerji etkinlik sağlanır.

*Yağış suyunun yapıdan uzaklaştırılması*, en kolay şekilde yüzey eğimine bağlı olarak sağlanır. Yüzey eğiminin bulunmadığı veya iç bükey kırılmadan dolayı su birikmesi oluşan durumlarda düşey kanallar oluşturulur.

*Gün ışığı alımı*, kaplamanın saydamlaştırılması, çatı fenerleri, şedler ve düşey konstrüksiyonda geliştirilecek çözümlerle sağlanır.

### 4.3. STRÜKTÜR BİLEŞENİNİN YAPILABİLİRLİĞİNİ BELİRLEYEN TEKNOLOJİK ETKENLER

Bileşenin “nasıl” uygulanabilir hale getirilebileceğine “yapılabilirlik” denir. Yapı öncesi evreyi ve uygulama evresini içerir. Yapılabilirliği belirleyen teknolojik kriterler maliyet üzerinde etkilidir. Çatı bileşenlerinin *üretim, taşıma ve montaj yöntemi* oluşum enerjisini etkiler. Bağlantı detaylarının kullanılan malzeme miktarına ve işçiliğe, dolayısıyla maliyete etkisi bulunmaktadır.

#### 4.3.1. Üretim

Bileşen üretiminin ilk aşaması malzemenin işlenmesine dayanan süreci içermektedir. Masif ahşap kullanımında biçim makinelerin kullanımı, standart ölçülerde ahşabın üretimini seri ve uygun maliyetli hale getirmektedir. Tabakalı ahşap kullanımında tabakaların seçimi, kurutulması, tabakaların uc uca birleştirilmesi, bağlayıcı uygulanması, presleme ve bitirme işlemleri uygulanmaktadır. Üretimin ikinci aşaması malzemenin yapı bileşenine dönüşme sürecini kapsamaktadır. Bileşen türüne bağlı olarak ön montaj işlemi uygulanabilmektedir (Tablo 4.9.).

**Tablo 4. 9.** Çatı strüktür bileşenlerinin üretim imkanları.

SİSTEM TÜRÜ	BİLEŞEN	ÜRETİM İMKANLARI
İskelet sistem	Kiriş	Parçalı bileşenler olarak üretilip, şantiyede bir araya getirilir.
	Makas Kemer Çerçeve	Ön montajlı olarak üretilir. Bileşen boyutları taşınabilirlik sınırında ise ön montaj tamamlanır. Nakliye sonrasında yapılacak işler minimuma indirgenmiş olur.
Yüzeysel sistem	Kafes Kiriş Eğri kiriş Levha	Ön montajlı olarak üretilse de bütün sistemin bir arada taşınması imkansızdır. Bu nedenle fabrika ortamında deneme montajı yapılır. Kurulum şantiyede tamamlanır.

Özellikle, şantiye koşullarında yapılması zor ve ekonomik olmayan makas, kolon gibi birden çok bileşenden oluşan birleşik yapı elemanları, tesisin ayrı bir bölümünde monte edilir ve nakledilmeye hazır hale getirilir ([www.oranmimarlik.com](http://www.oranmimarlik.com)).

Ön montaj, şantiyede yapılacak işlemleri azaltması açısından maliyetleri etkiler

Strüktür bileşenleri üretim yöntemlerine göre farklı sınıflara ayrılmaktadır. Dolu gövdeli ve boşluklu gövdeli olmak üzere iki alt sınıfa ayrılmaktadır. Hetzer sistemi, Kaempff sistemi, Kontrplak gövdeli sistem, kutu kiriş sistemi dolu gövdeli bileşenleri oluşturmak için kullanılır. DSB ve Trigonit sistemi boşluklu gövdeli bileşenlerin üretiminde kullanılır.

*Hetzer Sistemi*, ahşap tabakaların üst üste yapıştırılması yoluyla gerekli ölçülerde dikdörtgen veya I kesitli kirişler oluşturulur. "lamine", "lamella", "lamelli" şeklinde adlandırılmaktadır.

*Kaempff Sistemi*, I kesitli Hetzer sisteminin geliştirilmiş şeklidir. Gövde bölümü iki veya üç kat ahşap parçadan oluşturulmaktadır. Gövdeyi çift yaparak sandık kiriş şeklinde de kullanımı mevcuttur.

Bu parçalar, lif yönleriyle kiriş ekseninin açısı 4° ile 6° arasında olmak üzere birbirlerine göre çapraz yerleştirilirler. Mukavemet momenti hesabında, gövde tam olarak hesaba katılabileceği gibi, kayma emniyet gerilmesi olarak ta ahşap yapılarda kullanılan normal değerinin iki misli (18 kgf/cm<sup>2</sup>) alınabileceğinden, ahşaptan ekonomi bakımından Hetzer sisteminden üstün durumdadır (Vural, 2000, syf.12).

*Kontrplak Gövdeli Sistem*, kullanım şekli açısından DSB ve Trigonit sistem ile benzerlik gösterir. Gövde kısmında kullanılan malzeme açısından farklılaşır. Gövdede dalgalı kontrplak kullanılmaktadır.

Kesit yükseklikleri 16 cm ile 40 cm ve kontrplağın kalınlığı 4 mm ile 6 mm arasındadır. Başlıklar içinde, özel bir makine ile açılan yuvalara kontrplak tutkallanarak oturtulur. Gövde rijitliğini arttırmak için ayrıca bir önlem almaya gereksinim yoktur (Duman, 1964 ve Vural, 2000, syf.14).

*Kutu (Sandık) Kiriş Sistemi*, iki yatay başlık arasına, 0.5 -1.5 m arasında yerleştirilen düşey taşıyıcılarla çerçeve meydana getirilir. Çerçevenin her iki tarafının çapraz tahtalarla kaplanmasıyla kiriş oluşturulur. Kaplamalar kesitin daha rijit hale gelmesinde etkilidir. Parçalı elemanlarla yapılabilmesi maliyetinin düşmesini sağlar.


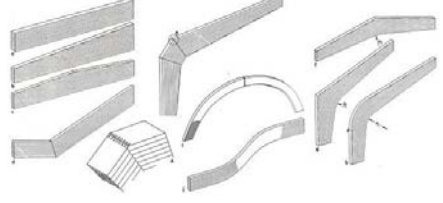

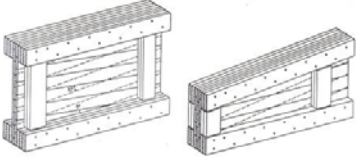

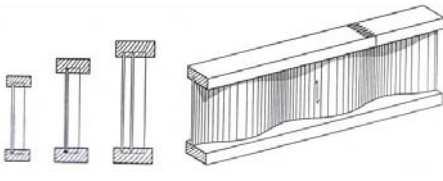

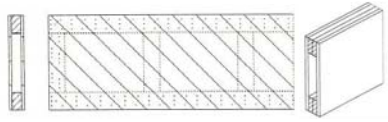

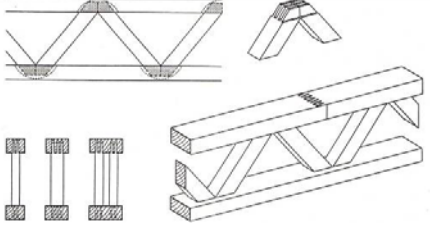

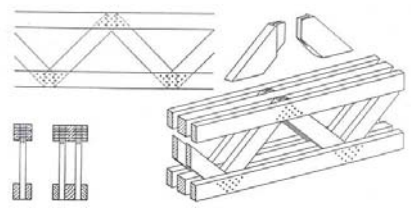
*DSB Sistem*, birleşimleri tutkalla yapılan bir çeşit paralel başlıklı kafes kiriştir. Başlıklar içinde açılan yuvalara, diyagonaller oturtulur.

Birleşimler sadece "rezorsin formaldehit" tutkallar ile yapılmaktadır .En büyük özelliği, % 50' ye yakın ahşap tasarrufuna olanak vermesidir. Ancak özel uzmanlığa ve tesislere gereksinim gösterdiğinden üretimi kolay değildir. Bu sistemle üretilen elemanlar, çatılarda vs aks aralığının büyük olduğu durumlarda aşık olarak, bazen de düşey taşıyıcı olarak kullanılabilir (Duman, 1964 ve Vural 2000, syf.13).

*Trigonit Sistem*, çalışma prensibi açısından DSB sisteme benzemektedir. DSB sisteme göre uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Diyagonallerin birleşmesi tutkalla yapılmaktadır. Farklı olarak başlıklarla diyagonallerin birleştirilmesinde çivi kullanılmaktadır.



**Tablo 4. 10.** Çatı strüktür bileşen üretim sistemleri.

ÜRETİM SİSTEMİ	KULLANIM ÖRNEĞİ	
<b>Hetzer Sistemi</b> a) Hetzer kiriş fotoğrafı ( <a href="http://www.trada.co.uk">www.trada.co.uk</a> ) <sup>23</sup> , b) Çeşitli formlarda Hetzer kirişleri (Götz, 1987, syf. 55).		
<b>Kaempf Sistemi</b> a) Kaempf kiriş fotoğrafı ( <a href="http://www.apawood.org">www.apawood.org</a> ), b) Paralel başlıklı Kaempf kirişi (Götz, 1987, syf. 57).		
<b>Kontrplak Gövdeli Sistem</b> a) Dalgalı kontrplak kullanımına bir örnek (Macdonald, 2001, syf.29), b) Tek, çift tabakalı ve ayrık çift tabakalı gövde kesitleri (Götz, 1987, syf. 56).		
<b>Kutu kiriş Sistemi</b> a) Kutu kiriş yapılış aşamasını gösteren bir fotoğraf (Porteous, 2007, syf. 40), b) Kutu kiriş perspektifi (Herzog, 2004, syf.104).		
<b>DSB Sistem</b> a) DSB sistem kiriş fotoğrafı (Sandaker, 2008, syf.55) <sup>24</sup> , b) Çapraz elemanları tek ve çift olan kesit örnekleri (Götz, 1987, syf. 55).		
<b>Trigonit Sistem</b> a) Trigonit sistem kiriş fotoğrafı (Sandaker, 2008, syf.132) <sup>25</sup> , b) İki ve üç başlıklı kiriş kesitleri (Götz, 1987, syf. 56).		

<sup>22</sup> Auto Carrera; Finlandiya

<sup>23</sup> Auto Carrera; Finlandiya

<sup>24</sup> Hakons Hall, Norveç

<sup>25</sup> Hamar Olimpik Anfitiyatro

### 4.3.2. Taşıma

Yapı bileşenlerine boyutsal açıdan sınır koyan detaylandırma özelliği yapı elemanlarının taşınabilirliğine bağlıdır. Bu etken bir yerde bileşenin prefabrikasyona uygunluğunu göstermektedir.

Uzun yapı elemanlarının taşınması da bu taşımaya uygun araç ve yardımcı ekipmanları gündeme getirmektedir. Örneğin İtalya' da 60 m' ye kadar yapı elemanı karayollarında taşınmaktadır (Tokyay, 1998, syf.116).

Üretim biçimi ile ahşap elemanların montajı için şantiyede yapılacak işlemler en aza indirilmiş olur. Elemanların ön montaj işlemleri üretim tesislerinde yapıldığı için, şantiyede mobil vinçler kullanılarak montaj işlemleri yapılır (Vural, 2000, syf.22).

### 4.3.3. Montaj

Bağlantı, büyük kesitli bir bileşene ihtiyaç duyulduğunda enine yönde, uzunluğun artması gereken durumda boyuna yönde yapılır. Ayrıca strüktür bileşeninin düşey taşıyıcı ile birleşiminde bağlantı gerekir. Ahşap çatı bileşenleri ahşap, betonarme, çelik veya kagir düşey taşıyıcı ile birleşerek tek bir strüktür halinde çalışır. Bağlantılar biçimlerine göre, ağaç malzemenin ağaç malzemeyle bağlantısı ve ağaç malzemenin kagir, beton ve çelik malzemeyle bağlantısı olarak sınıflandırılmaktadır.

Ahşap strüktürlerin gelişimi yeni bağlantı yöntemlerinin oluşturulmasına paralellik göstermektedir. Ahşap bileşen parçalarının birbirine direkt bağlandığı geleneksel bağlantı yöntemleri uzay strüktürleri oluşturmak için yeterli değildir. Bağlantıların gelişimi yük taşıma kapasitesini arttıracak ve montaj kolaylığı sağlayacak şekilde olmuştur. Bu koşulları en iyi sağlayan çelik bağlantı ürünlerine birleşim detaylarında sıkça rastlanmaktadır .

Bağlantı türü sökölüp takılabilirlik açısından esnekliği belirler (Tablo 4.11.). Sistem bileşenlerinin birbirlerine ve düşey taşıyıcıya bağlantısında çivi veya tutkal kullanılması halinde rijit ve tekrar sökölmesi zor bağlantı oluşacaktır. Bağlantı ürünlerinin standardizasyonu esnekliği sağlayan bir diğer özelliktir.

**Tablo 4. 11.** Çatı strüktür bileşenlerinde kullanılan bağlantı türleri ve bağlantıların esneklik açısından incelenmesi.

Çatı sistemi	Çatı bileşeni	Boy bağlantı şekilleri	Tekrar sökülebilirlik
İskelet	Basit giriş	Bağlantı gerekmez	+
	Destekli giriş	Geçme, tutkal	+, -
	Konsol giriş	Metal plakalar, askı elemanları, bulon, kama, çivi	+, +, +, +, -
	Sürekli giriş	Geçme, tutkal	+, -
	Kafes giriş	Geçme, tutkal, metal plakalar, bulon, kama, çivi	+, -, +, +, +, -
	Kaset giriş	Metal plaka, bulon	
İskelet	Tek eğimli makas	Geçme, tutkal, metal plakalar, bulon, kama, çivi	+, -, +, +, +, -
	Çift eğimli makas		
	Eğri l. k. Makas		
İskelet	İki m. kemer	Geçme, tutkal, metal plakalar, bulon, kama, çivi	+, -, +, +, +, -
	Üç m. kemer		
İskelet	İki m. çerçeve	Geçme, tutkal, metal plakalar, bulon, kama, çivi	+, -, +, +, +, -
	Üç m. çerçeve		
Uzay Kafes	Kafes giriş	Bulon, bağlantı plakaları	+, +
Kabuk / H.P.Kabuk	Eğri giriş	Kama, bulon, metal plaka	+, +, +
Kabuk / Tonoz	Eğri giriş	Kama, bulon, metal plaka	+, +, +
Kabuk / G. Kubbe	Eğri giriş	Kama, bulon, metal plaka	+, +, +
K. Plak	Levha	Tutkal, metal plaka	-, +

Montaj işleminin bir parçasını tesisat kuruluşu oluşturmaktadır. Tesisat ekipmanları çatı örtüsünün üstünden, altından veya arasından geçirilebilmektedir (Tablo 4.12.). Tesisat sisteminin kaplamanın üstünden geçirilmesi estetik açıdan çirkin görünüm ve gerekli durumlarda müdahale açısından zorluk oluşturmaktadır. Tesisatın strüktür altında asılarak çözülmesi bileşen kesitlerini etkiler. Strüktür sistemi arasında oluşturulan tesisat çözümü ise daha çok tercih edilmektedir. Strüktür ile tesisat bileşenlerinin aynı kotta çözülmesi, bileşenin dolu gövdeli veya boşluklu gövdeli oluşunu belirler. Boşluklu (kafes) strüktür yapısına sahip olan bileşenler donatı yerleşiminde kolaylık sağlar. Havalandırma, iklimlendirme, elektrik ve sıhhi tesisat sistemine ait kablolar, borular ve kanallar bu boşluklar arasından geçirilebilmektedir. Boşluklu olmayan strüktürlerde ise, bileşen içinde kanalların geçeceği delikler açılmaktadır.

Strüktür bileşeni üzerinde tesisata yönelik yapılan uygulamalarda meydana gelen kesit zayıflamasına çözüm arayışı kısmen göz ardı edilmektedir. Ancak bağlantı elemanı kullanılmayan durumlarda belirlenmiş olan delik büyüklüğü ve delikler arası açıklık standartlarına uyulmalıdır (Toğay, 2002, syf.25).

**Tablo 4. 12.** Çatı strüktür bileşenlerinde tesisat çözümünün sağlanması.

<b>ÇATI SİSTEMİ</b>	<b>BİLEŞEN</b>	<b>TESİSAT ÇÖZÜMÜNÜN SAĞLANIŞI</b>
<b>İskelet</b>	<b>Kiriş</b>	Dolu gövdeli kirişlerde tesisat strüktürün altından geçirilerek asma tavanla örtülebilmektedir. Bu durum kat yüksekliğini, dolayısıyla da maliyeti artırır. Strüktürün tesisat ile aynı kotta tutulması halinde ise kirişler içinde tesisat için delikler açılır.  Bazen giriş düzlemine dik olarak çok sayıda tesisat borusunun geçirilmesi zorunluluğu, giriş düzleminin bir aydınlatma yüzeyine denk gelmesi kafes kirişlerin tercih edilmesine sebep olur (Kurt, 2005, syf.1).
	<b>Makas</b>	Strüktür bileşenleri arasında kalan boşluk tesisat amaçlı kullanılır. Tesisat elemanları bağlantı elemanları aracılığıyla strüktüre bağlanır.
	<b>Kemer Çerçeve</b>	Strüktür bileşenlerine dik yönde geçecek tesisat boruları ise delme yoluyla strüktürle aynı kotta tutulabilir. Veya asma yoluyla strüktürün altından geçirildikten sonra asma tavan ile kapatılır.  Kemer veya çerçevenin kafes kirişle çözülmesi de alternatif bir yoldur.
<b>Uzay Kafes</b>	<b>Kafes Kiriş</b>	Çubukların arasında kalan boşluk tesisat için uygundur.
<b>H.P. Kabuk Tonoz G. Kubbe</b>	<b>Eğri Kiriş</b>	Eğrilikten ötürü mekan içinde kabloların algılanması olumsuz görüntü oluşturulur. Taşıyıcı yaylar dış yüzeyinde oluşturulan kedi yolundan kabloların geçirilmesi rastlanılan bir çözümdür.
<b>Katlanmış Plak</b>	<b>Levha</b>	Levhaların tesisat kablo ve borularını içerecek şekilde çözülmesi tadilat esnasında sorun çıkarır. Bu nedenle tesisat çözümü strüktürün dışında getirilmektedir.

#### 4.3.4. Ara Bölüm Sonucu

Teknolojik etkenler yapılabirliği, dolayısıyla maliyeti belirler.

*Üretim, taşıma imkanları*, çatı bileşenlerine boyutsal sınır koyan özelliklerdir. Bileşen tek defada üretilebilse bile nasıl taşınacağı ve nakliye edileceği statik etkenler kadar boyutları belirler.

*Montaj imkanları*, bağlantı özelliklerini ve tesisat çözümünün sağlanış şeklini belirler. Bağlantı özellikleri, bileşenin kendi içinde ve düşey konstrüksiyonla ne şekilde birleştirildiğini gösterir. ürünleri çözümün rijit veya mafsallı olarak getirilmesini sağlar. Sökülebilirlik açısından sistemin ne derece esnek olacağını belirler.

Tesisat çözümü, strüktürü şekillendiren bir diğer özelliktir. Strüktürün arasındaki boşlukta çözülebilen tesisat sistemi ayrıca işlem gerektirmez. Strüktür ile tesisatın aynı kotta çözülmesi durumunda bileşende boşluklar açılır. Kesit buna bağlı olarak değişir. Tesisat ekipmanlarının strüktüre asıldığı çözümlerde ise taşınan ağırlığa bağlı olarak kesit belirlenir.

## 5. SONUÇ

Yapı tasarım sürecinin her aşaması seçim yapmayı gerektirir. Açıklık geçmek söz konusu olduğunda strüktür malzemesi, bileşen formu vs. özellikler bir bütün olarak kurgulanır.

Karar verme sürecinin ilk aşamasında malzeme seçimi yapılır. Ahşap, mekanik özelliklerine bağlı olarak açıklık geçme amaçlı kullanılabilir malzemeler arasında yer almaktadır. Öncelikle çatı strüktürünün ahşap ile çözülme nedeni belirlenir. Proje verileri çatı strüktürünün ahşap ile çözülmesi gerektirebilir. Örneğin, ahşap malzemenin yörede diğer malzemelere nazaran kolay elde edilişi bir tercih sebebidir. Veya, mevcut tarihi bir yapının üst örtüsü çözülecekse, sistemi ağırlaştırmama arayışı, strüktürde ahşap malzeme kullanımına yönlendirir. Başka bir örnek olarak, bir fabrika yapısı çözülecekse, ahşap malzemenin gazlar etkisinde korozyona uğramaması seçimi etkiler.

Malzemeye dair alınacak bir diğer karar ise malzemenin ne şekilde kullanılacağıdır. Masif ve tabakalı olmak üzere iki seçenek bulunmaktadır. Masif ahşap ile oluşturulabilecek detaylar gelenekten gelen izleri tutarak, çağdaş yapımın beklentileri doğrultusunda geliştirilmelidir. Yalnız gerçek şudur ki, açıklık büyüdükçe kesit te mukavemeti arttırmak adına genişleyecektir. Bu durumda masif ahşap kullanımı yapımı ekonomik açıdan zorlaştırmaktadır. Masif ahşap kullanımının ekonomik olmaktan çıktığı açıklıklarda ve formlarda tabakalı ahşabın veya yardımcı bağlantı ürünlerinin kullanım olanaklarının araştırılması gereklidir.

Karar verme sürecinin bir diğer aşaması ahşap strüktür bileşen türünün, boyutsal değerlerinin ve detaylandırılma biçiminin belirlenmesine dayanır.

İlk bakışta ahşap çatı strüktürünün şekillenışı “açıklık” ve “malzeme olanakları” na bağlıdır. Ancak literatür taraması sonucu görünen odur ki, strüktürden beklenen tek özellik statik hesaplarının doğru yapılması değildir. Ahşap malzemenin ve strüktürün etkin kullanımı için birçok ölçüt bir arada değerlendirilir (Tablo 5.1.-5.2.).

**Tablo 5. 1.** İskelet sistem çatı strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri.

TASARIM ETKENLERİ		İSKELET SİSTEMLER			
		KİRİŞ	MAKAS	KEMER	ÇERÇEVE
STATİK ETKENLER	<b>MALZEMENİN KULLANIM ŞEKLİ</b>	Masif ahşap Tabakalı ahşap	Masif ahşap Tabakalı ahşap	Tabakalı ahşap	Tabakalı ahşap
	<b>SABİT ve HAREKETLİ YÜKLER</b>	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları
	<b>GEÇİLEN AÇIKLIK</b>	Basit giriş l = 1-7 m Destekli giriş l = max 7 m x a Konsol giriş l = 5 m Sürekli giriş l = 10-30 m Kafes giriş l = 15-80 m Kaset giriş l = max 25 m	Tek eğimli makas l = 9 m Çift eğimli makas l = 12-15 m Eğri l. k. Makas l = max 30 m	İki mafsallı kemer l = 30-100 m Üç mafsallı kemer l = 30-100 m	İki mafsallı çerçeve l = 15-50 m Üç mafsallı kemer l = 10-50 m
	<b>PLAN TİPİ</b>	Dörtgen Çokgen Dairesel	Dörtgen Çokgen Dairesel	Dörtgen Çokgen Dairesel	Dörtgen Çokgen Dairesel
	<b>ÇATI GEOMETRİSİ</b>	Düz/ Tek eğimli Çok eğimli Eğrisel	Düz/ Tek eğimli Çok eğimli Eğrisel	Eğrisel	Düz/ Tek eğimli Çok eğimli
YAPI FİZİĞİ ETKENLERİ	<b>YAĞIŞ SUYUNUNUN UZAKLAŞTIRILMASI</b>	Yüzey eğimi ile Teras çatı çözümlerinde %5 eğim ile	Yüzey eğimi ile Teras çatı çözümlerinde %5 eğim ile	Yüzey eğimi ile	Yüzey eğimi ile Teras çatı çözümlerinde %5 eğim ile
	<b>GÜN IŞIĞINDAN FAYDALANMA</b>	Bileşenin plan üzerinde orta boşluk sağlayacak şekilde düzenlenmesiyle	Bileşen üzerinde tek yönlü veya çift yönlü düzenlenecek aydınlatma birimleriyle	Bileşenlerin arasında oluşturulacak fenerler veya bileşenin üzerine kademeli olarak yerleştirilecek aydınlatma birimleriyle	Bileşenlerin arasında oluşturulacak fenerler veya bileşenin üzerine kademeli olarak yerleştirilecek aydınlatma birimleriyle
TEKNOLOJİK ETKENLER	<b>ÜRETİM</b>	Parçalı bileşenler şeklinde üretim	Ön montajlı üretim		
	<b>TAŞIMA</b>	Parçalı bileşenlerin ayrı kol gücüyle veya vinç aracılığıyla taşınımı	Taşınabilirlik sınırı içinde kaldığı sürece bileşenin parçalanmadan vinç aracılığıyla taşınımı		
	<b>MONTAJ</b>	Geçme, tutkal, metal plakalar, askı elemanları, bulon, kama, çivi	Geçme, tutkal, metal plakalar, askı elemanları, bulon, kama, çivi	Geçme, tutkal, metal plakalar, askı elemanları, bulon, kama, çivi	Geçme, tutkal, metal plakalar, askı elemanları, bulon, kama, çivi

**Tablo 5. 2.** Yüzeysel sistem çatı strüktür bileşenlerinin tasarım etkenleri.

TASARIM ETKENLERİ		YÜZEYSEL SİSTEMLER				
		UZAY KAFES SİSTEM	H.P. KABUK SİSTEM	TONOZ SİSTEM	G. KUBBE SİSTEM	KATLANMIŞ SİSTEM
STATİK ETKENLER	<b>MALZEMENİN KULLANIM ŞEKLİ</b>	Masif ahşap Tabakalı ahşap	Tabakalı ahşap	Tabakalı ahşap	Tabakalı ahşap	Tabakalı ahşap
	<b>SABİT ve HAREKETLİ YÜKLER</b>	Kesit değişikliği	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları	Kesit değişikliği Rüzgar bağlantıları	Kesit değişikliği
	<b>GEÇİLEN AÇIKLIK</b>	l = max 60 m	l = 14-60 m	l = 5-35 m	l = 15.3-106.7 m	20 m-30 m
	<b>PLAN TİPİ</b>	Dörtgen Çokgen Dairesel	Dörtgen Çokgen	Dörtgen	Dairesel	Dörtgen Çokgen Dairesel
	<b>ÇATI GEOMETRİSİ</b>	Düz/ Tek eğimli Çok eğimli Eğrisel	Eğrisel	Eğrisel	Eğrisel	Çok eğimli
YAPI FİZİĞİ ETKENLERİ	<b>YAĞIŞ SUYUNUNUN UZAKLAŞTIRILMASI</b>	Yüzey eğimi ile Suyun hareketsiz kaldığı alan olması halinde düşey su kanalı ile	Yüzey eğimi ile İç bükey eğim olması halinde düşey su kanalı ile	Yüzey eğimi ile	Yüzey eğimi ile	Yüzey eğimi ile İç bükey eğim olması halinde düşey su kanalı ile
	<b>GÜN IŞIĞINDAN FAYDALANMA</b>	Kaplamanın saydamlaştırılması yolu ile	Kaplamanın saydamlaştırılması yolu ile	Kaplamanın saydamlaştırılması yolu ile	Kaplamanın saydamlaştırılması yolu ile Merkez yaya oturulacak fener kasağı ile	Şedler oluşturacak şekilde getirilen düzenlemede düşeyde kalan birimin saydam tutulmasıyla
TEKNOLOJİK ETKENLER	<b>ÜRETİM</b>	Ön montajlı üretim				
	<b>TAŞIMA</b>	Ön montajlı birimlerin parçalı olarak vinç aracılığıyla taşınımı				
	<b>MONTAJ</b>	Bulon, bağlantı plakaları	Kama bulon, metal plaka	Kama bulon, metal plaka	Kama bulon, metal plaka	Tutkal, metal plaka

Boyutlandırma ve detaylandırma birbirini tamamlayan parametreler olarak strüktürel çatı bileşenini şekillendirir. Etkenlere bağlı olarak strüktür bileşeninin seçim parametreleri şu şekilde tanımlanabilir:

*Statik etkenler*, sistem seçimi ve sistem bileşenlerinin boyutsal değerlerinin belirlenmesinde etkilidir. Amaç strüktürel etkinlik sağlamaktır. Strüktürel etkinlik, teknik gereksinimler ile maliyet arasında dengenin kurulmasıdır.

#### A1- Malzemenin kullanım şekli (malzeme seçimi)

- Ahşap malzemenin masif mi yoksa tabakalı olarak mı kullanılacağı belirlenir.
- Seçilecek yapı elemanının kavisli veya düz olması, açıklığı tek defada geçebilmesi malzemenin kullanım şeklini etkiler.

#### A2- Sabit ve hareketli yükler (yapı yüklerinin analizi, bileşenin boyutlandırması)

- Sabit ve hareketli yüklerin analizi ile strüktürün taşıması gereken toplam ağırlık hesaplanır. Strüktürün öz ağırlığının fazla çıkması durumunda sistemi hafifletecek çözüm aranır.
- Rüzgar faktörü çapraz bağlamaların eklenmesini gerektirebilir.

#### A3- Geçilen Açıklık (sistemin ve bileşenin seçimi)

- Açıklığa uygun farklı sistemler için yüklerin aktarılabilmesi için kesit ölçüleri belirlenir.
- Daha sonra kullanılan malzeme metrajları kıyaslanarak etkin strüktür çözümü seçilir.

#### A4- Plan tipi (bileşenin seçimi)

- Plan tipleri dörtgen, çokgen veya dairesel olabilir. Çatının plan tipini destekleyerek mi çözüleceği karar vermenin bir aşamasıdır. Örneğin, dairesel bir plan tipinin üst örtüsü kubbe çözümü gerektiriyorsa ve bu çözüm bağlantı elemanı sayısını arttırarak sistem maliyetini olumsuz etkiliyorsa çatı planı dörtgene döndürülebilir.
- Açıklığa göre belirlenen strüktür bileşenlerinden hangisinin plan tipiyle uyumlu olduğu tespit edilir.

#### A5- Çatı geometrisi (bileşenin seçimi)

- Oluşturulacak çatının sahip olması gereken eğim belirlenir.
- Çatı geometrisi bileşen kesitine bağlı olarak rasyonel, kırık veya eğrisel formda oluşturulabilir. Seçilebilecek strüktür bileşenlerinin bu formlara uyumu denenir. Daha sonra bu formların tek defada mı, yoksa mafsallı olarak mı sağlanabileceğine bakılır. Kesit ve bağlantı ürünleri açısından etkinlik sağlayacak çözüm tercih edilir.



*Yapı fiziği etkenleri*, bileşenlerin detaylandırılma şeklini belirler. Amaç kendiliğinden işleyen sistemler kurarak enerji etkinliği sağlamaktır.

#### B1- Yağış suyunun uzaklaştırılması (çatının ve bileşenin detaylandırılması)

- Çatının eğimli veya düz olması ayrı çözüm gerektirir. Çatı eğimli ise suyun ne tarafa yönlendirildiğine dikkat edilir. Dış bükey yüzeylerde su sorunsuzca tahliye edilir. Eğimin suyu içeride topluyorsa düşeyde suyu aktaracak çözüm getirilir.
- Çatı düz ise çatı suyunun hareketsiz kalacağı büyüklükte alan olması durumunda yine dereler veya kanallarla çözüm getirilir.

#### B2- Gün ışığından faydalanma (çatının ve bileşenin detaylandırılması)

- Aydınlatma için düşey konstrüksiyonda getirilen çözümün yeterliliği kontrol edilir.
- Mekanın karanlıkta kalan bölümleri tespit edilir. Bu alanı aydınlatmak için, kaplamanın saydamlaştırılması, şed veya fener oluşturulması yöntemlerinden hangisinin uygulanacağı belirlenir. Seçilen bileşenin aydınlatma çözümüne uyumu denir.

*Teknolojik etkenler*, bileşenlerin yapılabirliğini belirler. Amaç işçilik, taşıma, montaj ve işletim giderlerini en düşük düzeylerde tutmaktır.

#### C1- Üretim

- Bileşenin ön üretimli veya ön montajlı olmasına dair kararlar alınır. Ön montaj olacaksa bileşen boyutlarına göre kısmi veya bütün olarak ön montaj gerçekleştirilir.

#### C2- Nakliye

- Nakliye koşulları değerlendirilerek bileşenin parçalı veya bütün halde taşınma kararı alınır. Bileşen boyutlarına bağlı olarak araç ile saha arasında aktarım kol gücü veya vinç aracılığıyla yapılır.

#### C3- Montaj

- Bileşenin boy bağlantıları varsa ne şekilde olacağı belirlenir. Bağlantının rijit veya mafsallı olması, ileride sökölme ihtimali birleşim şeklini belirler.
- Düşey taşıyıcıya bağlantı detayı belirlenir. Düşey taşıyıcının ahşap, çelik, kagir veya betonarme oluşu farklı detay çözümü gerektirir.
- Tesisatın strüktür ile bağlantısı yapılır. Tesisatın boşluklu gövdeli strüktür arasında çözülmesi durumunda çözüm rahatlıkla sağlanmış olur. Tesisatın dolu gövdeli strüktür ile aynı düzlemde çözülmesi gerekiyorsa açılacak deliklere bağlı olarak kesit belirlenir. Tesisatın strüktürün alt kotunda asılarak çözülmesi halinde, askı çubuklarının nereye denk geleceği ve ağırlığa bağlı olarak kesitin ne şekilde olacağı belirlenir.

Düzyey 1	Strüktürün ahşap malzemeyle çözümlenmesi gerekliliğinin belirlenmesi
Karar Verme	
Düzyey 2	Ahşap sistemin ve strüktür bileşenlerinin seçimi
Amaç	
Düzyey 3	<p>A1- Malzeme strüktürel olanakları çatı bileşeninin oluşturulması için yeterli mi?</p> <p>A2- Açıklığa bağlı kesit boyutları strüktür etkinliği sağlıyor mu?</p> <p>A3- Kullanılacak bileşen plan tipiyle uyumlu mu?</p> <p>A4- Bileşen formuna bağlı çatı geometrisi yapı fiziksel çevre koşulları için uygun mu?</p> <p>B1- Çatı strüktür bileşeninin boyutları ön üretimli olarak oluşturulmasına engel oluyor mu?</p> <p>B2- Bileşenin nakliyesi parçalamadan, bir bütün olarak yapılabilir mi?</p> <p>B3- Sistem bileşenlerin kendi içinde bağlantısını gerektiriyor mu? Bağlantı sayısının strüktür bileşeni kesitine ve maliyete etkisi nedir? Bağlantının tekrar sökülebileme şansı var mı? B3- Seçilecek bileşen tesisat elemanlarının kesintisiz geçmesine imkan veriyor mu?</p> <p>C1- Çatı eğimi suyun uzaklaştırılmasını sağlıyor mu? Çatı yüzey alanı suyun uzaklaştırılması için ayrıyeten çözümler gerektiriyor mu?</p> <p>C2- Işık alınması gereken alan mekanın hangi bölümünde yer alıyor? Çatı strüktür bileşeni bu alan için aydınlatma çözümleri sağlayabiliyor mu?</p>
Seçimde belirleyici etkenler	
Düzyey 4	Çatı strüktür bileşen türünün ve detaylandırma özelliklerinin belirlenmesi
Alternatifler	

**Tablo 5. 3.** Yapı üretim sürecinde tasarım etkenlerinin çatı strüktür bileşenlerinin seçimine etkisi.

Karar verme sürecinden sonraki amaç strüktürel etkinlik sağlamaktır. Çatı bileşeni alternatifleri üzerinde seçim etkenleri denenir (Tablo 5.3.). Elde edilen sonuçlar doğrultusunda uygun çatı strüktür sistem seçiminin, bileşen form ve boyutsal değerlerinin belirlenmesini etkileyen iki boyut olduğu öne sürülebilir;

- Boyutlandırma özellikleri
- Detaylandırma özellikleri

Boyutlandırma ve detaylandırma özelliklerinin beraber değerlendirilmesi halinde çatı strüktürü rasyonel bir şekilde oluşturulabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Ahunbay, Z.**, 1995. Finlandiya'da Ahşap Mimari Üzerine Asko Takala ile Söyleşi, *Yapı Dergisi*, s.164, syf. 72-81.
- Akdağ, N.**, 1996, Ahşap Sesi İyi Duyar - Sözü Güzel Dinler, *Ahşap Dergisi*, s.3/7, syf.46-50.
- Aksoy, O.**, 1987. Tabii ve Yapay Ahşabın Optimizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Allen, E.**, 2005. *How Buildings Work – The Natural Order of Architecture*, Oxford University Press, New York.
- Allen, E.**, 1995. *Fundamentals of Building Construction*, John Wiley & Sons, New York.
- Altunkaya, P.**, 2007. Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Strüktür Sistemlerinin Mimaride Kullanım Olanakları, *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Arun, E., G.**, 1983. Kabuklarda Geometrinin İç Kuvvetler Dağılımına Etkisi, *Doktora Tezi*, Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Avlar, E.**, 1995. Türkiye'deki Konut Açığının Giderilebilmesinde Ön Yapımlı Ahşap Konut Üretiminin Uygulanabilirliği Yönünde Bir Model Araştırması (Bursa Örneği), *Doktora Tezi*, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ban, S.**, 2004. Sporthalle in Odate, *Detail Dergisi*, s.2/2004, syf.56-59.
- Batur, A.**, 2004. Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Bayülgen, C.**, 1985. *Çağdaş Strüktür Sistemleri*, İstanbul Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

- Birgersson, T., Limtra, T., M., J.**, 2003. Glued Laminated Timber – a Material with Unlimited Possibilities, *Time for Timber, 2nd International Conference*, Gloucestershire, 22 October, ([www.timefortimber.co.uk](http://www.timefortimber.co.uk)).
- Breyer, E., D., Fridley, K., J., Cobeen, K.**, 1999. *Design of Wood Structures ASDi E.*, McGraw – Hill Companies, New York.
- Burger, N., Müller, A., Natterer J.**, 2000. The “EXPO-roof” in Hanover- A New Dimension for Ripped Shells in Timber, *World Conference on Timber Engineering*, Whistler, BC, Kanada, August, ([www.timber.ce.wsu.edu](http://www.timber.ce.wsu.edu)).
- Buri, H.**, 2006. Die Technik des Origami im Holzbau – Faltwerke aus BSP – Elementen, *5. Holzbau-Fachtagung 2006 Proceedings*, syf.1-13.
- Buri, H., Weinand, Y.**, 2008. ORIGAMI- Folded Plate Structures, Architecture, WCTE 2008 Proceedings, *10th World Conference on Timber Engineering*, Miyazaki, WCTE, Japan, 2-5 June, syf.125-134, ([www.ewpa.com/Archive/2008/june/Paper\\_286.pdf](http://www.ewpa.com/Archive/2008/june/Paper_286.pdf))
- Buri, H., Weinand, Y.**, 2009. Gefaltet, *Tec21*, s.8, syf.18-22 ([www.infoscience.epfl.ch](http://www.infoscience.epfl.ch)).
- Can, S.**, 1994. Ahşap: Tarihte Unuttuğumuz Çağdaşlık, *Arradamento Dergisi*, s.60, syf.120-122
- Charleson, A., W.**, 2005. *Structure as an Architecture*, Elsevier Architectural Press, Oxford.
- Chilton, J.**, 2000. *Space Grid Structures*, Architectural Press, Oxford.
- Colling, F.**, 2008. *Holzbau : Grundlagen, Bemessungshilfen, Wiesbaden* : Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Çakır, S.**, 2000. Geleneksel Karadeniz Ahşap Konut Yapım Yönteminin Çağdaş Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi, *Doktora Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çınar, B.**, 2001. Uzay Kafes Sistemlerin Çelik ve Ahşap Malzeme ile Çeşitli Form ve Açıklıklarda Uygulanabilirliği ve Karşılaştırması, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

- Çırpıcı, L.**, 1990. Çeşitli Kiriş Türleri ile Oluşturulan İşınsal Ahşap Yapılar, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DIN 1052**, 1988. *Deutsche Norm*, Berlin.
- Duman, N.**, 1964. *Tutkallı Ahşap Yapılar*, Yenilik Basımevi, İstanbul.
- Duman, N., Ökten S.**, 1988. *Ahşap Yapı Dersleri 1*, Yapı Endüstri Merkezi Teknik Yayınlar, İstanbul.
- Erengözgin, Ç.**, 2000. Expo 2000'den Ahşap Manzaraları, *Arkitekt Dergisi*, s.12, syf.16-33.
- Erenman, Ö.**, 1988. *Ahşap Yapı Sistemleri*, Mimar Sinan Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Eriç, M.**, 1977. *Yapı Malzemeleri*, İDGSA Yayınları, İstanbul.
- Erşen, N.**, 1964, Tutkallı Taşıyıcı Ahşap Yapı Elemanları, İstanbul : İTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, s.no:120, İstanbul.
- Erşen, N.**, 1976, Ahşap Yapılar Problem ve Çözümleri, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, no:143, İstanbul.
- Ertaştan, E.**, 2005. The Performance Of Medium And Long Span Timber Roof Structures: A Comparative Study Between Structural Timber And Steel, *Master Thesis*, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of The Middle East Technical University, Ankara.
- Eyiler, M.**, 1997. Uzak Kafes Strüktürlerde Detay Çözümlerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fuksas, M.**, 1998. Agent Provocateur, *The Architectural Review*, s.CCII, no:1208, syf.69-72.
- Gaylord, E., H., Gaylord, C., N.**, 1990. *Structural Engineering Handbook*, McGraw Hill Publishing Company, New York.
- Gökçe, G.**, 1977. Başlangıçtan Günümüze Mimaride Strüktür, *Yapı Dergisi*, s.2, syf.26-44.
- Gökçe, G.**, 1977. Çağdaş Mimaride Strüktür, *Akademi Dergisi*, s.9, syf.93-115
- Götz, K., Hoor, D., Möhler, K., Natterer, J.**, 1987. *Construire en bois*. Lausanne, Edition en langue française.

- Gutdeutsch, G.**,1996. *Building in Wood Construction and Details*, Birkhauser-Verlag für Architektur, Germany.
- Gündoğ, G.**, 2007. Çağdaş Strüktür Sistemlerinin Mimarlığa Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Gürsel, E.**, 1995. Niçin Hala Ahşap?, *Yapı Dergisi*, s.164, syf.87-88.
- Hasol, D.**, 1990. Lyon Mimarlık Okulu Üzerine, *Yapı Dergisi*, s.103, syf.53-61.
- Hasol, D.**, 2005, *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, 9. Baskı, İstanbul.
- Herzog, T.**, 1999. Überdachung auf der Weltausstellung in Hannover, *Detail Dergisi*, s.1995/5, syf.796-797.
- Herzog, T., Natterer J.**, 2004. *Timber Construction Manual*, Birkhauser Edition Detail, Germany.
- Hoadley, R.B.**, 2000. *Understanding Wood- A Craftman's Guide To Wood Technology*, Taunton Press, Newtown, Conn.
- Hoffmann, K., Griese, H.**, 1966. *Bauen Mit Holz*, Julius Hoffmann, Stuttgart.
- Hugues, T.**, 2004. *Timber Construction, Detail-Products- Case studies*, Institut for International Architektur-Dokumentation GmbH&Co.KG, Germany
- Hübner, P.**, 1996. Day Nursery in Heschl, Stuttgart, *Detail Dergisi*, s.1996/5, syf.692-695.
- Ishii, K.**, 1995. *Membrane Structures in Japan*, SPS Publishing Company, Tokyo, Japan.
- Jeodicke J.**, 1962. *Schalenbau*, Karl Kramer Verlag, Stuttgart.
- Jones, K.**, 2003. The Hounslow East Timber Lamella Roof Structures, *Time for Timber 2nd International Conference*, Gloucestershire ,22 October, ([www.timefortimber.co.uk](http://www.timefortimber.co.uk))
- Kalay, E.**, 2006. Tutkallı Tabakalı Ahşap ve Çelik Malzemeli Taşıyıcı Yapı Elemanlarının Form ve Açıklık Kriterleri Açısından İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Karabakan, E.**, 1996. Çift Tabakalı Düzlem Uzak Kafes Sistemlerin Örgü Biçimlerinin Farklı Mesnetlenme Koşullarında İncelenmesi, *Yüksek*

*Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Karabulut, C.**, 2000. Ahşap Birleşim Detayları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karlsen, G., Slitskouhov, Y.**, 1989. *Wooden and Plastic Structures*, Mir Publishers, Moscow.
- Kensek, K., Leuppi, J., Noble, D.**, 2000. Plank Lines of Ribbed Timber Shell Structures, ACADIA 2000, Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture, *Proceeding of the 22nd Annual Conference of the Association for Computer- Aided Design in Architecture*, 22-24 April, syf.261-266, Washington.
- Kızılkın, A.**, 1988. Ahşap Kabuk Sistem, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kronenburg, R.**, 2003. *Portable Architecture*, Elsevier Architectural Press, Oxford.
- Kuban, D.**, 1973. *Mimarlık Kavramları*, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- Kurt, A.**, 2005. Kafes Kirişlerde Çatı Yüksekliğinin Ekonomiklik Üzerindeki Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Larsen, O., P.**, 2008. *Reciprocal Frame Architecture*, Elsevier Architectural Pres, UK, USA.
- Macdonald, A.J.**, 2001. *Structure and Architecture*, Architectural Pres, Oxford.
- Mengeloğlu, F., Kurt, R.**, 2004, Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler 1, Tabakalanmış Kaplama Kereste ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, s.7(1), syf.39-43.
- Mutlubaş, F.**, 1999, Çağdaş Yapımda Ahşabın Kullanılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Odabaşı, Y.**, 1997. *Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları*, Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., İstanbul.

- Okutan, E.**, 2007. Çatı Kaplama Malzemesi Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ozelton, E., C., Baird, J., A.**, 2004. *Timber Designers' Manual*, Blackwell Science Ltd, UK, USA, Australia.
- Parlar, E.**, 2000. Ahşap Prefabrikasyon Sistem ve Uygulama Olanakları, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Piano, R., Zabalbeascoa, A., Marcos, J.**, 1998, Renzo Piano=Sustainable Architectures= Arquitecturas Sostenibles, Gustavo Gilli, Barcelona.
- Pirazzi, C., Weinhard, Y.**, 2006. Geodesic Lines on Free-Form Surface-Optimized Grids for Timber Rib Shells, *WCTE 2008 Proceedings*, 8 April, Portland, USA.
- Porteous, J., Kermani, A.**, 2007. *Structural Timber Design to Eurocode*, Blackwell Publishing, UK.
- Radovic, B.**, 2000. Composite Wood Products And Their Use In Building, *Detail Dergisi*, s.1/2000, Syf.91-98.
- Ruth, S.**, 2005. *Wood Architecture*, Laurence King Publication, London.
- Salvadori, M.**, 1986. *Structure in Architecture*, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Salvadori, Heller**, 1982. *Mimarlıkta Taşıyıcı Sistemler*, İTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Sandaker, B., N.**, 2008. *On Span and Space – Exploring Structures in Architecture*, Routledge Taylor&Francis Group, London, New York.
- Schierle, G.,G.**, 2006. *Architectural Structures Excerpts*, University of Southern California Custom Publishing, Los Angeles.
- Schodek, D., L.**, 1980. *Structures*, Prentice Hall, Eaglewood Cliffs, New Jersey.
- Stade, F.**, 1904. *Die Holz-Konstruktionen*, Reprint-Verlag-Leipzig.
- Thelandersson S., ve Larsen, H., J.**, 2003. *Timber Engineering*, John Wiley & Sons. Ltd., England.
- Toğay, A.**, 2002. Ahşap Yapılar, Türkiye'de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.



- Tokyay, V.**, 1998. Tutkallı Tabakalı Ahşap Teknolojisi, *Yapı Dergisi*, s.197, syf.113-119
- Tokyay, V.**, 2001. Modern Mimarlık ve Modern Ahşap Sistem, *Tasarım Dergisi*, s.116, syf.40-49.
- Tokyay, V.**, 2001. Modern Mimarlık ve Modern Ahşap Sistem-2, *Tasarım Dergisi*, s.117, syf.42-48.
- Tokyay, V.**, 2002. Modern Mimarlık ve Modern Ahşap Sistem-3, *Tasarım Dergisi*, s.118, syf.40-50
- Toydemir, N. ve Bulut, Ü.**, 2004. *Çatılar*. Yapı Endüstri Merkezi, İstanbul.
- Toyemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L.**, 2000, *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, Literatür Yayınları, İstanbul.
- Türkçü, Ç. H.**, 1982. Uzay Çerçeve Çatıyı Farklı Geometrik Olanaklar Arasından Seçmede Kullanılabilecek Ölçütler ve Yöntemi, E.Ü. Güzel San. Fak., İzmir.
- Türkçü, Ç. H.**, 2003. *Çağdaş Taşıyıcı Sistemler*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Türkçü, Ç. H.**, 2004, *Yapım – İlkeler – Malzemeler – Yöntemler - Çözümler*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- USDA**, 1999. *Wood Handbook- Wood as an Engineering Material*, United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report, Madison.
- Usta, H.**, 2007. Ahşap Çatı Makaslarının Düğüm Noktalarında Ön Ahşap Uzunluğun Deneysel Yöntemle Tayini, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Vural, A.**, 2000. Yapılarda Tabakalı Ahşap Kullanımının Türkiye Koşulları Açısından Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Wagner, R., Bögl, A.**, 1998. Roof Structures- Function and Construction, *Detail Dergisi*, s.1998/6, syf.922-930.
- Watts, A.**, 2005. *Modern Construction Roofs*, Springer Wien Newyork Publication.
- Werkgruppe 90-Blum + Grossenbacher**, 1995. Archaeological Shelter in Melchnau, *Detail Dergisi*, s.1995/3, syf.422-425.

**Williamson, T.**, 2002. *APA Engineered Wood Handbook*, McGraw-Hill Companies, Inc., USA.

**Yesügey, C.**, 2002. Büyük Açıklıkları Geçebilen Çağdaş ve Estetik Bir Strüktür Sistemi: Tutkallı Tabakalı Ahşap Teknolojisi (TTA), *Yapı Dergisi*, s.249, syf.93-96.

**Yoshida, N.**, 2005. Enric Miralles + Benedetta Tagliabue, Scottish Parliament, *A+U*, s.412, syf.14-37.

**Yurtsever, H.**, 1998. Doğrusal Elemanlarla Strüktür Tasarımı, *Yapı Dergisi*, 198, s.84-93

[www.aitc-glulam.org/shopcart/pdf/aitc\\_104\\_2003](http://www.aitc-glulam.org/shopcart/pdf/aitc_104_2003)

[www.aitc-glulam.org/test/shopcart2/details.asp](http://www.aitc-glulam.org/test/shopcart2/details.asp)

[www.akademie-mont-cenis.de](http://www.akademie-mont-cenis.de)

[www.apawood.org](http://www.apawood.org)

[www.oranmimarlik.com.tr](http://www.oranmimarlik.com.tr)

[www.staff.fit.ac.cy](http://www.staff.fit.ac.cy)

[www.trada.co.uk](http://www.trada.co.uk)

## EK

3. Bölümde her yapı bileşeni örnek bir yapı ile anlatılmaktadır. 4. Bölümde ise bu yapı elemanlarının farklılaşmasına neden olan tasarım parametreleri açıklanmaktadır. Ek bölümünde ise tasarım etkenlerinin geçerliliği örnek yapılar üzerinde denenmektedir.

**Ek 1. 1. Basit kirişlerle çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denemesi.**

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının Adı	Heslach' ta Anaokulu	
Yapım Yılı	1991	
Mimarı	Peter Hübner	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Basit Kiriş	
STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ		
Statik Etkenler	Malzeme K.Şekli	Masif ahşaptan elde edilen kirişler kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	4.00 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Tek eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Kütleler farklı kotlarda tutularak, çatı eğimleri suyu kütleler üzerinden akıtacak şekilde düzenlenmiştir.
	Gün Işığından Faydalanma	Fener kullanımı ile sağlanmıştır.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Bileşenler parçalı olarak taşındıktan sonra şantiyede montajı yapılmıştır. Kirişlerin açıklığı tek defada geçmesi nedeniyle yatayda bağlantı bulunmamaktadır. Düşey taşıyıcı ile bağlantıda çivi ve vida kullanılmıştır. Tesisat strüktür bileşenleri arasında çözülmüştür.

**Ek 1. 2. Destekli kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denemesi.**

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının Adı	Lyon Mimarlık Fakültesi	
Yapım Yılı	1987	
Mimarı	Jourda, Perraudin & Partner	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Destekli Kiriş	
STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	2.00 mx2.00 m boyutlardaki tabakalı ahşap çubukların dikme, kiriş ve diyagonal olarak kullanılmasıyla elde edilmiştir.
	Geçilen Açıklık	26.30 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Tek eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Teras çatıyı bölen yatay dereler bırakılmıştır.
	Gün Işığından Faydalanma	Koridor boyunca devam eden çatı ışıklığı oluşturulmuştur.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Bileşenler parçalı olarak nakliye edildikten sonra, şantiyede montajı yapılmıştır. Bağlantı amacıyla çelik gergiler, ayaklar kullanılmıştır. Tesisat strüktür bileşenlerine asma yoluyla taşınmıştır.

**Ek 1. 3. Konsol kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Bern'de Kazıbilim Barınağı	
Yapım Yılı	1994	
Mimarı	Werkgruppe 90-Blum + Grossenbacher, Markus Meier	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Konsol Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Masif ahşap kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	6.00 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Tek eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmaktadır.
	Gün Işığında Faydalanma	Düşey konstrüksiyonda açılan boşlukların yeterli olması nedeniyle, çatıda aydınlatma amaçlı çözüm bulunmamaktadır.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Bileşenler parçalı olarak nakliye edildikten sonra, şantiyede montajı yapılmıştır. Bağlantı amacıyla çivi, cıvata, somun kullanılmıştır.

**Ek 1. 4. Sürekli kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Unesco Laboratuvarı	
Yapım Yılı	1991	
Mimarı	Renzo Piano	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Sürekli Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Tabakalı ahşap kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	a x 5m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Tek eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmaktadır.
	Gün Işığında Faydalanma	Kaplamanın saydamlaştırılması yoluyla sağlanmıştır.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Bileşenler parçalı olarak nakliye edildikten sonra, şantiyede montajı yapılmıştır. Bağlantı için epoksi tutkal, çelik başlık, gergi, çivi, bulon, metal plaka kullanılmıştır. Tesisat çözümü strüktür bileşenlerine asma yoluyla oluşturulmuştur.

**Ek 1. 5. Kaset kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Bad Waltersdorf Tenis Salonu	
Yapım Yılı	1994	
Mimarı	Kresi Heinrich & Breiner and H. Purkarthofer	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Kaset Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Tabakalı ahşap ile oluşturulmuş kavisli bileşenler kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	40.60 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmıştır.
	Gün Işığından Faydalanma	-
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Ön montajlı olarak nakliye edilmiş, şantiye ortamında tamamlanmıştır. Bağlantı amacıyla çivi, cıvata, çelik plak kullanılmıştır. Tesisat çözümünde iki kirişin bağlantı noktasına denk gelmeyecek şekilde asılan aydınlatma elemanları bulunmaktadır.

**Ek 1. 6. Makaslarla kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Mont Cenis Kamu Eğitim Merkezi	
Yapım Yılı	1999	
Mimarı	Jourda&Perraudin	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Makas	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Tabakalı ahşap
	Geçilen Açıklık	50 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Tek eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	168 m uzunluğundaki yapı teras çatı ile çözülmüştür. Eni doğrultusunda 1 m aralıkla yüzeylere bölünmüştür. Bu yüzeyler suyu derelere yönlendirmektedir.
	Gün Işığından Faydalanma	Saydamlaştırılan çatı örtü malzemesi ile elde edilmiştir.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Ön montajlı olarak nakliye edilmiş, şantiye ortamında tamamlanmıştır. Montajda çivi, bulon, çelik başlık, metal plaka, rüzgar bağlantıları kullanılmıştır. Tesisat strüktürün arasında çözülmektedir. Strüktürün üzerinde ise güneş enerji kullanma amaçlı paneller yer almaktadır.

**Ek 1. 7. Kemerlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Limoges Fakülte İlave İşler	
Yapım Yılı	1997	
Mimarı	Massimiliano Fuksas	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Kemer	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Kavisli bileşenlerin oluşturulmasında tabakalı ahşap kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	20 m
	Plan Tipi	Dairesel
	Çatı Geometrisi	Eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmıştır.
	Gün Işığında Faydalanma	-
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Açıklığı geçen kemerlerin mafsallı olarak çözülmesi bileşenlerin parçalı olarak oluşturulmasını sağlamıştır. Şantiye ortamında montaj yapılmıştır. Montajda mafsal noktalarında çelik plakalar, kaplama bağlantısında çiviler, iki kütleli üst üste oturtulmasında çelik ankraj elemanları bulunmaktadır. Tesisat strüktürün üstünde, kaplama ile beraber çözülmüştür.

**Ek 1. 8. Çerçevesiz kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Zug'ta Konut	
Yapım Yılı	1966	
Mimarı	Heinrich Gysin, Walter Flüeler	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Çerçeve	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Tabakalı ahşap ile oluşturulan bileşenler çift kesitli olarak kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	7.50 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Çok eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmıştır.
	Gün Işığında Faydalanma	-
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Şantiye ortamında montaj yapılmıştır. Üç mafsallı çerçevenin zemin ile temas eden kısmında strüktürün sudan uzaklaştırılmasını sağlayan metal ayak bulunmaktadır. Ara mafsal bağlantısında tek giriş ile çift girişin birleştirilmesini sağlayan havşa vida kullanılmıştır. Tesisat strüktür arasında çözülmüştür.

**Ek 1. 9. Çerçevesizle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denemesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Japon Pavyonu-Expo 92	
Yapım Yılı	1992	
Mimarı	Tadao Ando & Associates	
Strüktür Sistem Türü	İskelet Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Çerçeve	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Tüm dikme ve kirişler İskandinavya lamine çamı ile yapılmıştır. 4 ana dikme üzerinde kademeli olarak çıkma yaparak genişleyen, yaklaşık 10 m açıklık geçen taşıyıcı birimlerden oluşmaktadır.
	Geçilen Açıklık	40 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Çok eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmıştır.
	Gün Işığında Faydalanma	Yarı şeffaf teflon örtü malzemesi ile sağlanmıştır.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Yapı Expo'dan sonra sökülmüş, farklı bir yerde kurulmuştur. Montajda çelik profiller, çelik plakalar kullanılmıştır. Tekrar sökülebileni amacıyla çivi kullanımından kaçınılmıştır. Çatıda tesisata yönelik ekipman bulunmamaktadır.

**Ek 1. 10. Kafes kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denemesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Oguni Kubbesi	
Yapım Yılı	1988	
Mimarı	Yoh Architects	
Strüktür Sistem Türü	Uzay Kafes Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Kafes Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Sedir ağacından üretilen çubuk bileşenler, üst tabakada 110-150 mm, alt tabakada 110-170mm ve ara çubuklarda 90-125 mm kalınlıkta kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	63x47 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Eliptik parabolit / Eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ve eğim doğrultusunda yüzeyi ikiye bölen dereler yoluyla sağlanmıştır.
	Gün Işığında Faydalanma	Işık bantları ile sağlanmıştır.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Ön montajlı olarak getirilip, şantiyede vinç aracılığıyla kaldırılmıştır. Montajda 42.7 mm çapında sonsuz dönebilen düğüm noktası elemanı ve 16mm uzunluğunda bir civata kullanılmıştır. Tesisat strüktür arasında çözülmüştür.

**Ek 1. 11. Kafes kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Odate Çok Amaçlı Stadyum	
Yapım Yılı	1998	
Mimarı	Toyo Ito Architectural Design	
Strüktür Sistem Türü	Uzay Kafes Sistem	
Alt Sistem Bileşeni	Kafes Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Tabakalı ahşap kafes kirişlerle oluşturulan alt ve üst başlıklar arasında ahşap çubuklar ve çelik boruların geçirilmesiyle kafes çerçeve elde edilmiştir.
	Geçilen Açıklık	28 m
	Plan Tipi	Dairesel- eliptik plan
	Çatı Geometrisi	Eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmıştır.
	Gün Işığından Faydalanma	Yarısaydam polikarbonat kaplama ile elde edilmektedir.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Montajda epoksi tutkal, çelik plaka, vida kullanılmıştır. Tesisat çözümü strüktür arasında sağlanmıştır.

**Ek 1. 12. Eğik kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Giriş Kanopisi, Expo Hanover	
Yapım Yılı	2000	
Mimarı	Herzog&Partner	
Strüktür Sistem Türü	Hiperbolik Paraboloid Kabuk	
Alt Sistem Bileşeni	Eğik Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Pilonlar masif ahşap ile, kafes kabuklar ve konsol kaburgaları tabakalı ahşap ile oluşturulmuştur. Masif ve tabakalı ahşabın avantajlarını ortaya çıkaracak şekilde birlikte kullanımına olumlu bir örnektir. Kullanılan ahşap akmeşe ağaçlarından elde edilmiştir.
	Geçilen Açıklık	40 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi suyu pilonlara yönlendirmiştir. Pilonların içindeki borular vasıtasıyla su kanallarına aktarılmaktadır.
	Gün Işığından Faydalanma	-
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Kaburgalar ve yüzey parçaları ayrı olarak üretilip şantiye alanında vinçle kaldırılarak montajı yapılmaktadır. Bağlantı amaçlı kullanılan çelik taban ve başlık elemanları pilonların iki ucunda yer almaktadır. Çelik başlıklar kaburgalar ile birleştirilmiştir. Hipar yüzeyler kaburgalara bulonlar aracılığıyla bağlanmıştır. Hipar yüzeyi oluşturan kafes çubuklar da kendi içinde bulonlar aracılığıyla birleştirilmiştir.



**Ek 1. 13. Eğik kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	IBM yolculuk pavyonu	
Yapım Yılı	1982-1984	
Mimarı	Renzo Piano	
Strüktür Sistem Türü	Tonoz	
Alt Sistem Bileşeni	Eğik Kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Kurtağzı tekniğiyle birleştirilmiş tabakalı ahşap bileşenler.
	Geçilen Açıklık	12 m
	Plan Tipi	Dörtgen
	Çatı Geometrisi	Eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimi ile sağlanmıştır.
	Gün Işığında Faydalanma	Polikarbonat kaplama malzemesi ile elde edilmiştir.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Yirmi defa sökülüp tekrar kurulan bu yapının birleşme detayları en etkin şekilde tekrar kurulum sağlama ve kolay taşıma ilkesine göre çözümlenmiştir. Polietilen piramidal birimler ve bu birimleri taşıyan kemer bir modül oluşturmaktadır. Bu modül bütün olarak taşınabilmekte ve kullanım sayısına bağlı olarak yapı uzunluğu gerekli boyutlarda tutulmaktadır. Montajda kullanılan dairesel kesitli alüminyum profiller, bağlantı yerlerinde kauçuk contalar ile birlikte ahşap-polikarbonat birleşimini sağlamaktadır. Metal kenetler, plakalar ve çivilere rastlanmaktadır. Tesisat çözümü tonozun orta mafsalına asılan tesisat borusu ile oluşturulmaktadır.

**Ek 1. 14. Eğik kirişlerle kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	Izumo Kubbesi	
Yapım Yılı	1992	
Mimarı	Kajima Design	
Strüktür Sistem Türü	Geodezik kubbe	
Alt Sistem Bileşeni	Eğik kiriş	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	Lamine çam malzemeden elde edilen kırık kirişler ve tamamlayıcı payandalar kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	143 m
	Plan Tipi	Dairesel
	Çatı Geometrisi	Kırık/ eğrisel
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Çatı eğimine bağlı olarak, her bir kırık birim su akış yolu oluşturmaktadır.
	Gün Işığında Faydalanma	Yarısaydam beyaz teflon kaplama malzemesi kullanımı ile sağlanmıştır.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Kemer bileşenlerinin kurulumu yatık konumda zeminde tamamlandıktan sonra yükseltme tekniği gerçek konumuna getirilmiştir. Kubbeyi ayakta tutacak destek birimleri ve gergi kabloları eklendikten sonra yükseltme tekniğinde kullanılan geçici taşıyıcı kaldırılmıştır. Montajda çelik bağlantı kabloları, çiviler, civatalar, plaklar, destek bileşenlerinin baş ve uç kısımlarında metal bağlantı ürünleri kullanılmıştır. Tesisat kemer bileşenlerinin birleştiği tepe noktasında çözülmektedir.

**Ek 1. 15. Levhalarla kurulan çatı strüktürü üzerinde tasarım etkenlerinin denenmesi.**

<b>YAPIYA AİT BİLGİLER</b>		
Yapının Adı	St Loup Kilisesi	
Yapım Yılı	2008	
Mimarı	Local Architecture	
Strüktür Sistem Türü	Katlanmış Plak	
Alt Sistem Bileşeni	Levha	
<b>STRÜKTÜR BİLEŞENİ TASARIM ETKENLERİ</b>		
Statik Etkenler	Malzeme Kullanım Şekli	60 mm kalınlıkta kontrplak panolar kullanılmıştır.
	Geçilen Açıklık	7-12 m
	Plan Tipi	Çokgen
	Çatı Geometrisi	Çok eğimli
Yapı Fiziki Etkenleri	Suyun Yapıdan Uzaklaştırılması	Panoların birleşme noktalarında oluşturulan derelerin su akışını sağlayacak şekilde eğimli oluşturulmuştur.
	Gün Işığında Faydalanma	Düşey konstrüksiyonda çözülmüştür.
Teknolojik Etkenler	Üretim, Taşıma ve Montaj İmkanları	Düşey ve yatay panellerin şantiye ortamında vinçle kaldırılarak birleştirilmiştir. Montajda çelik plaklar, epoksi tutkal kullanılmıştır.