

**TÜRKİYE'DE UYGULANAN AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİNİN
AVRUPA'DA UYGULANAN AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

Okay ESEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ 2010
ANKARA**

Okay ESEN tarafından hazırlanan TÜRKİYE’DE UYGULANAN AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİNİN AVRUPA’DA UYGULANAN AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Cüneyt KURTAY
Tez Danışmanı, Yapı Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof Dr. Metin ARSLAN
Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Cüneyt KURTAY
Yapı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Prof. Dr. Füsun DEMİREL
Yapı Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

02./07/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Okay ESEN

**TÜRKİYE’DE UYGULANAN AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİNİN
AVRUPA’DA UYGULANAN AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİYLE
KARŞILAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Okay ESEN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2010**

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de kullanılan geleneksel oturtma ve asma ahşap çatı sistemleri ile Avrupa’da kullanılan sık aralıklı ve geniş aralıklı kafes sistem ahşap çatı sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu karşılaştırmanın yapılması için tüm çatı sistemleri için çatıyı oluşturan ahşap elemanların; fiziksel özellikleri ve kullanılan ahşabın korunması şartı, birleşim araçları, birleşim şekilleri, çatı tiplerine ilişkin karakteristik detaylar ve çatı tipleri, imalat, kurulum tanımları yapılmıştır. Ahşap çatıların kullanılan malzeme miktarı ve maliyeti açısından karşılaştırılması için ise örnek bir model oluşturulmuş, tüm çatı tipleri bu modele uygulanmıştır. Türkiye’de uygulanan çatı tiplerine ait çatı elemanı boyutları ve birleşim araçları genel kabullere göre, Avrupa’da kullanılan sistemlere ait hesaplamalar ise Ahşap Yapı Dizaynı: Eurocode5 doğrultusunda Woodexpress programıyla hesaplanmıştır. Ahşap çatı tipleri bu tanımlamalar ve uygulama doğrultusunda; yapı malzemesi ahşap, birleşim şekilleri, birleşim araçları, güncel malzeme uyumu, mekan serbestliği, kurulum, kullanılan ahşap maliyeti ve miktarı yönünden karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes sistemin diğer

çatı sistemlerine göre daha az miktarda ahşap kullanıldığı ve güncel malzemelerle ölçüsel olarak uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatılar da, Türkiye'de sıkça kullanılan oturtma çatı sistemlerden kısa vadede yaklaşık %30 daha az ahşap kullanılmıştır. Uzun vadede ise Avrupa'da ahşap malzemenin korunması şartından dolayı, sık aralıklı ahşap kafes sisteminde, oturtma ahşap çatı sistemine oranla %85 ahşap tasarrufu sağlanmıştır. Kaynak israfının önlenmesi için yönetmelikte değişiklikler yapılmalı, rasyonel orman, ağaç, ahşap politikası oluşturulmalıdır.

Bilim kodu : 804.1.102

Anahtar Kelimeler: Ahşap çatı, geleneksel çatı sistemleri, Avrupa çatı sistemi, çatı maliyetleri

Sayfa adedi : 126

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Cüneyt KURTAY

**COMPARISON OF WOOD ROOF CONSTRUCTION SYSTEMS
USED IN TURKEY AND EUROPE**

(M.Sc. Thesis)

Okay ESEN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2010

ABSTRACT

The comparison of traditional wood roof construction systems used in Turkey and wood truss systems used in Europe is the subject of this study.

First, definitions and characteristic properties including physical properties of wood, treated wood usage, wood as a material, connection tools, connection types, roof types, production of wood structure and assembly of wood roof construction of all roof systems are described. And also a model is created. to compare systems about timber amount and timber cost in both short and long terms. All of the wood roof construction systems are applied to this model. Section dimensions of structural parts of traditional wood roof construction and size of connection elements used in Turkey are taken from general acceptance, section calculation and connection size of wood truss construction types used in Europe are computed by woodexpress connected with Eurocode5. According to these descriptions and application, all of wood roof construction types compare about wood as material, connection tools, connection types, actual material adaptation, area usage, assembly of wood roof construction, timber amount and timber cost.

At the end of this study, 60 cm distance wood truss construction system used in Europe uses less timber amount than other wood roof construction systems and

actual material adaptation is obtained in this system. 60 cm distance wood truss construction system uses approximately %30 less timber than hip wood roof construction system generally used in Turkey in short term. In long term, gain from timber up to %85 about these systems. To prevent material loss and to use material more effective, regulations shall be changed and rational forest, wood, timber policy constitute in Turkey.

Science Code : 804.1.102

Key words : Timber roof, traditional roof systems, roof truss systems used in Europe, roof costs

Page Number : 126

Adviser : Assoc.Prof.Dr.Cüneyt KURTAY

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmam süresince konunun seçiminden baőlayarak bana yol gosteren ve hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen danıőmanım Sayın Doç. Dr. Cüneyt KURTAY'a ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Okay ESEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	7
2.1. Genel.....	7
2.2. Ahşabın Tanımı ve Yapı Malzemesi Olarak Ahşap	7
2.3. Ahşabın Dayanımını Arttırıcı Faktörler	10
2.4. Ahşabın Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması	15
2.4.1. TS647’ye göre ahşabın sınıflandırması	17
2.4.2. Eurocode5’e göre ahşabın sınıflandırması	18
3. AHŞAP ÇATIYI OLUŞTURAN ELEMANLAR VE ÇATILARIN TAŞIYICI SİSTEMİNE GÖRE SINIFLANDIRILMASI	28
3.1. Türkiye’de Uygulanan Ahşap Çatıyı Oluşturan Elemanlar, Çatı Birleşim Şekilleri ve Kullanılan Araçlar	28
3.1.1. Türkiye’de uygulanan oturtma ve geleneksel asma çatıyı oluşturan elemanlar	28
3.1.2. Türkiye’de uygulanan oturtma ve geleneksel asma ahşap çatı sistemlerinde birleşim şekilleri ve kullanılan araçlar	31

Sayfa

3.2. Avrupa’da Uygulanan Ahşap Çatıyı Oluşturan Elemanlar, Çatı Birleşim Şekilleri ve Kullanılan Araçlar	34
3.2.1. Avrupa’da uygulanan sık ve geniş aralıklı kafes sistem çatıyı oluşturan elemanlar	34
3.2.2. Avrupa’da kullanılan sık ve geniş aralıklı ahşap kafes çatılarda birleşim şekilleri ve kullanılan araçlar	38
3.3. Çatıların Taşıyıcı Sistemine Göre Sınıflandırılması	43
3.3.1. Oturtma çatılar	44
3.3.2. Asma çatılar	46
3.3.3. Karma sistem çatılar	70
4. AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	72
4.1. Örnek Model Oluşturulması	72
4.1.1. Oturtma çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı	77
4.1.2. Geleneksel asma çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı	82
4.1.3. Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı	87
4.1.4. Avrupa’da kullanılan geniş aralıklı kafes sistem çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı	93
4.2. Ahşap Çatı Sistemlerinin Karşılaştırılması	98
4.2.1. Kullanılan ahşabın sınıflandırılması yönünden karşılaştırılması	98
4.2.2. Ahşabın korunma işleminden geçirilmesi yönünden karşılaştırılması	98
4.2.3. Birleşim şekilleri yönünden karşılaştırılması	99
4.2.4. Birleşimde kullanılan araçlar yönünden karşılaştırılması	100
4.2.5. Ahşabın boyutlandırılması yönünden karşılaştırılması	100

	Sayfa
4.2.6. Prefabrike yapı elemanı olarak karşılaştırılması	101
4.2.7. Nakliyesi, depolanması ve kurulumu yönünden karşılaştırılması	102
4.2.8. Güncel malzemeyle uyumu yönünden karşılaştırılması	103
4.2.9. Mekan serbestliği ve ağırlık yönünden karşılaştırılması	103
4.2.10. Kullanılan ahşap miktarı yönünden karşılaştırılması	104
4.2.11. Uzun vadede kullanılan ahşap miktarı yönünden karşılaştırılması	105
4.2.12. Ahşap maliyeti yönünden karşılaştırılması	106
4.2.13. Uzun vadede ahşap maliyeti yönünden karşılaştırılması	107
4.2.14. Çatı maliyeti yönünden karşılaştırılması	108
4.2.15. Uzun vadede çatı maliyeti yönünden karşılaştırılması	109
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	110
KAYNAKLAR	121
EKLER	123
EK-1. Sık Aralıklı Kafes Sistem Hesabı	124
EK-2. Geniş Aralıklı Kafes Sistem Hesabı	125
ÖZGEÇMİŞ	126

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Türkiye’de yetişen ağaç türleri ve yüzdelik dağılımları	16
Çizelge 2.2. TS647’ye göre ahşabın sınıflandırılması	17
Çizelge 2.3. TS647’ye göre ahşabın elastisite modülü	18
Çizelge 2.4. Eurocode5’e göre ahşabın sınıflandırılması	19
Çizelge 2.5. Eurocode5’e göre C sınıfı Ağaç Türleri	21
Çizelge 2.6. Eurocode5’e göre D sınıfı Ağaç Türleri	23
Çizelge 4.1. Bina yüksekliğine göre rüzgarın hızı ve şiddeti	73
Çizelge 4.2. Binanın denizden yüksekliğine göre Po değerleri	73
Çizelge 4.3. Çatı örtüsü türüne göre çatı eğimi ve öz ağırlık çizelgesi	74
Çizelge 4.4. Oturtma çatı maliyet hesabı	79
Çizelge 4.5. Geleneksel asma çatı sistemi için maliyet hesabı	84
Çizelge 4.6. Sık aralıklı kafes sistem çatı maliyet hesabı	89
Çizelge 4.7. Geniş aralıklı kafes sistem çatı maliyet hesabı	95
Çizelge 5.1. Çatı sistemlerinde kullanılan ahşabı sınıflandırma tekniği ve koruma şartı	111
Çizelge 5.2. Çatı sistemlerinde kullanılan birleşim şekli ve birleşim araçları	113
Çizelge 5.3. Çatı sistemlerinin güncel malzeme uyumu, sağladığı mekan serbestliği, kurulum şekilleri	116
Çizelge 5.4. Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap miktarı ve maliyeti	118

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ahşabın kazan içerisinde sıcak hava akımı metoduyla kurutulması	12
Şekil 2.2. Emprenye maddesinin ahşap yüzeyine sürülmesi ve püskürtülmesi	13
Şekil 2.3. Ahşabın boyuna ultrasonik ölçümü	25
Şekil 2.4. Slyvatest –Duo ve dönüştürücüleri ve sağda dalgaların yarattığı hız ve enerjinin uç değer ölçümlerinin akustik-ultrasonik sinyal analizleri	25
Şekil 2.5. Ahşap yoğunluğunun ölçülmesi	26
Şekil 2.6. Ahşabın nem ölçümü	26
Şekil 3.1. Oturtma çatıyı oluşturan elemanlar şekilde görülmektedir	28
Şekil 3.2. Dişli birleşim şekilleri	32
Şekil 3.3. Kama ve birleşim şekilleri	33
Şekil 3.4. Kafes sistem çatıyı oluşturan elemanlar şekilde görülmektedir	34
Şekil 3.5. Devamlı yatay travers	35
Şekil 3.6. Kafes sistem çatıyı oluşturan elemanların birbiriyle ilişkisi	36
Şekil 3.7. Düzlemsel kafes birleşimi	38
Şekil 3.8. Kendinden çivili metal birleşim araçları	39
Şekil 3.9. Delikli metal birleşim araçları	41
Şekil 3.10. Plywood birleşim araçları	41
Şekil 3.11. Diğer birleşim araçları	42
Şekil 3.12. Oturtma çatının kurulum şekilleri.....	44
Şekil 3.13. Asma çatı kurulum prensibi	46

Şekil	Sayfa
Şekil 3.14. Bulon ve metal plakalarının kafes elemanı birleşimlerinde kullanılması	47
Şekil 3.15. Tipik Fink kafes tipi	48
Şekil 3.16. Çatı şekli ve elemanlarının bilgisayar çıktısı	52
Şekil 3.17. Çatı kafesi üretim süreci	53
Şekil 3.18. Duvar yatakları birleşimi	56
Şekil 3.19. Duvar yatağı, taşıyıcı tuğla duvar birleşimi	56
Şekil 3.20. Duvar yatağı, ahşap panel duvar birleşimi	57
Şekil 3.21. Kafes, duvar yatağı birleşimi	57
Şekil 3.22. Ahşap kafeslerin şantiyede depolanması	58
Şekil 3.23. Ahşap kafes çatı kurulumu	59
Şekil 3.24. Sık kullanılan kafes tipleri	64
Şekil 3.25. Çatı altı birleşim detayları	67
Şekil 3.26. Askı detayları	67
Şekil 3.27. Bağlantı detayları	68
Şekil 3.28. Duvar panellerinin bağlantı detayları	68
Şekil 3.29. Destek detayları	68
Şekil 3.30. Kiriş detayları	69
Şekil 3.31. Özel bağlantı detayları	69
Şekil 3.32. Geniş aralıklı kafes sistem ahşap çatı	70
Şekil 3.33. Karma sistem çatı	71
Şekil 4.1. Kar yağış yüksekliği haritası	74
Şekil 4.2. Zemin kat planı	75

Şekil	Sayfa
Şekil 4.3. Birinci ve ikinci kat planı	76
Şekil 4.4. Oturtma çatı planı	77
Şekil 4.5. Oturtma çatı kesitleri	78
Şekil 4.6. Geleneksel asma çatı planı	82
Şekil 4.7. Geleneksel asma çatı kesitleri	83
Şekil 4.8. Sık aralıklı kafes sistem çatı planı	87
Şekil 4.9. Sık aralıklı kafes sistem çatı kesitleri	88
Şekil 4.10. Geniş aralıklı kafes sistem çatı planı	93
Şekil 4.11. Geniş aralıklı kafes sistem çatı kesitleri	94
Şekil 4.12. Kullanılan ahşap miktarına göre çatıların karşılaştırılması	104
Şekil 4.13. Uzun vadede kullanılan ahşap miktarına göre çatıların karşılaştırılması	105
Şekil 4.14. Kullanılan ahşap maliyetine göre çatıların karşılaştırılması	106
Şekil 4.15. Uzun vadede kullanılan ahşap maliyetine göre çatıların karşılaştırılması	107
Şekil 4.16. Toplam çatı maliyetine göre çatıların karşılaştırılması	108
Şekil 4.17. Uzun vadede toplam çatı maliyetine göre çatıların karşılaştırılması	109

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2. 1. Lifli, heterojen ve anizotrop ahşap görünümü	8
Resim 2.2. Emprenye maddesinin kazanlar içinde basınç yoluyla ahşaba uygulanması metodu	14
Resim 2.3. İki çift dönüştürücülü ultrasonik modül resimde görülmektedir. süreci arttırmak için yeni dönüştürücüler eklenebilir	27
Resim 2.4. Yoğunluk ve nem ölçüm modülü resimde görülmektedir.....	27
Resim 3.1. Kendinden çivili bağlantı plakaları	35
Resim 3.2. Kafes elemanlarının tezgahlarda çivili metal elemanlarla preslenmesi	40
Resim 3.3. Kendinden çivili metal plakaların, ahşaba iki yönlü sıkıştırılmasını sağlayan press makinesi	54
Resim 3.4. Ahşap kafeslerin şantiyeye nakliyesi	58
Resim 3.5. Ahşap kafeslerin tek tek vinçle kurulumu	60
Resim 3.6. Ahşap kafeslerin bir bütün halinde vinçle kurulumu	61
Resim 3.7. Ahşap kafes çatı sisteminin çelik yapıda kullanılması	61
Resim 3.8. Ahşap kafes çatı sisteminin betonarme yapıda kullanılması	62
Resim 3.9. 60 cm.'lik ahşap kafes aralığı ve üst örtü ölçüsel ilişkisi	63

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
σ_{em}	TS 647’de eğilme
$\sigma_{\zeta m}$	TS 647’de liflere paralel çekme
σ_{bem}	TS 647’de liflere paralel basınç
σ_{bem}^L	TS 647’de liflere dik basınç
τ_{em}	TS 647’de makaslama
$f_{m,k}$	Eurocode5’te eğilme
$f_{t,0,k}$	Eurocode5’te liflere paralel çekme
$f_{t,90,k}$	Eurocode5’te liflere dik çekme
$f_{c,0,k}$	Eurocode5’te liflere paralel basınç
$f_{c,90,k}$	Eurocode5’te liflere dik basınç
$f_{v,k}$	Eurocode5’te Makaslama
$E_{0,m}$	Eurocode5’te Liflere paralel elastisite modülü
$E_{0,0.5}$	Eurocode5’te Liflere %5 paralel elastisite modülü
$E_{90,m}$	Eurocode5’te Liflere dik elastisite modülü
G_m	Eurocode5’te Makaslama modülü
p_0	Eurocode5’te yoğunluk
p_0	TS 498’de kar yükü
ABD	Ana Bilim Dalı
Kısaltmalar	Açıklama
TS	Türk Standartları
MOE	Elastisite Modülü
MOR	Kopma Modülü
Eurocode 5	Avrupa Ahşap Yapı Dizayn Standartları

Kısaltmalar

Açıklama

TRADA

Ahşap Araştırma ve Geliştirme Birliği

1. GİRİŞ

Ahşap, insanlar tarafından kullanılan en eski yapı malzemelerinden biridir. Önceleri, deneyime dayalı olan uygulama, mühendislik bilimlerindeki ilerlemelere paralel gelişen yapı tekniğiyle bilimsel olarak yapılmaya başlanmıştır. Daha sonra, ahşap yapıda kullanılan birleşim araçlarının da aynı şekilde, modern teknolojiye göre araştırılıp yönetmeliklerde yer almaları, ahşap yapının yaygınlaşmasına yardım etmiştir [1].

Dünyada ve Türkiye'de ağaç malzeme endüstrisi özellikle son yıllarda çok büyük gelişmeler göstermiştir. Ağaç malzeme, yapı elemanı olarak daima önemini korumuştur. Kolay işlenmesi, ağırlığına oranla direncinin yüksek olması, ısıyı izole etmesi, renk, tekstür ve dış görünüşü nedenleriyle bugün de birçok yeni yapı malzemesine karşın önemini ve değerini genişleterek korumaktadır [2].

Ağaç malzemedeki rasyonel bir şekilde faydalanma ancak modern koruma metodlarının uygulanması ile mümkündür. Ağaç malzemenin kurutulup, emprenye edilerek kullanılması, biyolojik olarak tahrip olan ahşabın dayanımını ve ömrünü arttıran kimyasal bir faktördür. Emprenye, yangına, suya, mantar, böcek gibi biyolojik faktörlere karşı ahşabın dayanımını artırır. Emprenye işleminden geçirilen ahşabın servis ömrü en az beş kat artar[3].

Eğilme, gerilme, basınç gibi mekanik özellikleri de ahşap malzemenin yapıda kullanımını etkiler. Ahşabın yapı elemanı olarak etkin kullanımı için doğru sınıflandırılması gerekir. Gözlem, yeni normlara göre ahşabı doğru olarak sınıflandırmak için yeterli değildir. Bu normları ölçüp, sınıflandırmayı sağlamak için ahşaba fiziksel olarak zarar vermeyen yeni teknolojiler geliştirilmiştir. Günümüzde ahşap malzeme, mekanik değerlerine göre 26 sınıfa ayrılır . Bu değerler ahşabın elastisite modülüne(MOE), kopma modülüne(MOR) ve özgül ağırlığına bağlıdır. CBS-CBT Group ahşap mühendisliği ve ahşaba fiziksel zarar vermeden ahşabın sınıflandırılmasıyla ilgili uzman kurumlardan biridir. Ahşaba fiziksel zarar vermeden

doğru sınıflandırılmasını sağlayan Sylvatest Duo, Triomatic gibi çeşitli araçlar geliştirmiştir [4].

Ahşap malzemenin yapı elemanı olarak kullanıldığı yapı sistemlerinden biri de çatılardır. Yapının son kattaki tamamlanışını sağlayan, yapıyı rüzgar, yağmur, kar gibi tüm dış etkilerden koruyan sisteme “Çatı” denir [5].

Çatının bu fonksiyonları yerine getirmesi sağlandığı gibi, çatıyı oluşturan ahşap malzemenin uzun vadede etkin kullanımını da önemlidir. Özellikle İkinci Dünya Savaşından sonra yeni binaların inşası için malzemede yaşanan kıtlık, malzemenin ekonomik açıdan etkin kullanımını tetikler. Ahşabın; binalarda ve çatılarda etkin kullanımıyla ilgili çeşitli yollar bulmayı 1934 yılında kurulan, günümüzde TRADA (Timber Research and Development Association) olarak bilinen TDA (Timber Development Association) görev edinir. TDA, binaların ahşap konstrüksiyonunda ve çatılarda büyük miktarlarda kullanılan ahşabı, birleşim yerlerinde geleneksel bağlantılar yerine bulon ve metal bağlantı plakaları kullanarak küçük kesitlerle, daha az miktarda kullanılabilceğini saptar [6].

Batıda çatı sistemleri bu gelişmelere paralel olarak yenilenir. Geleneksel çatı sistemleri yerini kafes sistem çatılara bırakır.

Günümüzde Türkiye de sıkça uygulanan oturtma ahşap çatı sistemleri ve geleneksel asma makas çatı sistemleriyle, Avrupa da sıkça uygulanan sık aralıklı ahşap kafes sistemleri ve geniş aralıklı kafes çatı sistemleri arasında bir takım farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir.

Ahşap çatı sistemlerinin uygulanmasıyla ilgili bu farklılıklar, çatıyı oluşturan elemanlar ve çatı sistemleriyle ilgili olarak aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Ahşabın mekanik özelliklerine göre sınıflandırılması,
- 2) Ahşabın korunma işleminde geçirilme zorunluluğu,
- 3) Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap birleşim şekilleri,

- 4) Çatı sistemlerinde ahşap birleşiminde kullanılan araçlar,
- 5) Çatı sisteminde kullanılan ahşabın boyutlandırılma teknikleri,
- 6) Çatı sistemlerinin prefabrike yapı elemanı olarak değerlendirilmesi,
- 7) Çatı sistemlerinin nakliyesi, depolanması ve kurulumu,
- 8) Çatı sistemlerinin güncel malzemeye uyumu,
- 9) Çatı sistemlerinin sağladığı mekan serbestliği ve ağırlığı,
- 10) Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap miktarı,
- 11) Çatı sistemlerinde uzun vadede kullanılan ahşap miktarı,
- 12) Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap maliyeti,
- 13) Çatı sistemlerinde uzun vadede ahşap maliyeti
- 14) Çatı sistemlerinin maliyeti,
- 15) Çatı sistemlerinin uzun vadede maliyeti arasındaki farklılıklardır.

Bu araştırmanın amacı, Türkiye de sıkça uygulanan oturtma ahşap çatı sistemleri ve geleneksel asma makas sistemleriyle, Avrupa da sıkça uygulanan sık aralıklı ahşap çatı kafes sistem ve geniş aralıklı kafes sistem çatıları uygulanan çatı sistemi ve çatı sistemini meydana getiren elemanlar açısından yukarıda belirtilen farklılıklar doğrultusunda karşılaştırılmasıdır.

Bu amaçla kuramsal temeller bölümünde, Türkiye de ve Avrupa da kullanılan ahşabın mekanik özelliklerine göre sınıflandırılmasındaki farklardan bahsedilmiş, Avrupa da kullanılan Avrupa Birliği Ahşap Yapı Standardı Eurocode5'e göre ve Türkiye'de kullanılan TS 647 Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları'na göre ahşabın ömrünü en az beş kat arttıran ahşabın korunması şartına değinilmiştir.

Ahşap çatıyı oluşturan elemanlar ve çatıların taşıyıcı sistemine göre sınıflandırılması bölümünde çatı sistemlerine ait birleşim şekillerinden bahsedilmiş, karşılaştırmaya konu olan birleşim şekillerine ait birleşim araçları açıklanmıştır. Avrupa da kullanılan kafes sistem çatıların üretim süreci, depolanması, nakliyesi ve prefabrike yapı elemanı olarak değerlendirilmesine de bu bölümde yer verilmiştir.

Çatı sistemlerinin karşılaştırılması bölümünde, önceki bölümlerde açıklanan ahşap sınıflandırılması, ahşabın korunması şartı, çatı birleşim şekilleri vb. karşılaştırma kriterleriyle beraber ahşap çatı sistemlerinin çatı maliyeti, kullanılan ahşap miktarı, ahşap maliyeti ve bu kriterlerin uzun vadedeki durumunu karşılaştırmak için örnek bir plan oluşturulmuş, Türkiye de geçerli olan yönetmelikler doğrultusunda aynı yük ve fiziksel koşullar, karşılaştırılacak bütün çatı sistemlerine uygulanmıştır. Türkiye de uygulanan oturtma ve geleneksel kafes ahşap çatı kesit boyutları ve birleşim araçları genel kabullere göre, geniş aralıklı ahşap kafes sistem ve Avrupa da kullanılan sık aralıklı ahşap kafes sistemlerde ise ahşap kesitleri ve birleşim araçları Woodexpress programı ile Avrupa Birliği Ahşap Yapı Standardı Eurocode5'e göre hesaplanan değerler doğrultusunda oluşturulmuştur.

Sonuç bölümünde karşılaştırmaya konu olan kriterlerle ilgili farklılıklar belirtilmiş, sistemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiş, ortaya çıkan sonuçlar tablolar yardımıyla açıklanmıştır.

Çalışmanın önemi ise çalışmaya konu olan özellikle Türkiye de sıklıkla uygulanan oturtma çatı sistemiyle Avrupa da sıklıkla kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatılarda ortaya çıkan ahşap miktarı, ahşap maliyeti ve çatı maliyeti arasındaki büyük farklar olarak özetlenebilir.

Bugüne kadar ahşap ve ahşap makas sistem çatılarla ilgili yapılan araştırmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Evren ERTAŞTAN, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Y. Lisans.

“ Orta ve geniş açıklıklı ahşap çatıların performansı: Ahşap ve çeliğin karşılaştırması” başlıklı çalışması, strüktürel ahşap ve çeliğin orta ve geniş açıklıklı çatılarda performanslarının karşılaştırılmasını kapsamaktadır. Tez, strüktürel ahşap ve çeliği strüktürel, yapım ve malzeme performanslarına göre karşılaştırmaktadır. Araştırma Türkiye’de strüktürel ahşap kullanılarak tasarlanmış çatıları üretim, uygulama ve pazarlama kriterlerine göre de kapsamaktadır. Sonuç bölümünde ahşap

ve çeliğin performans kriterleri özetlenmiş, sonuç tablosunda performans kriterleri ahşap ve çelik için karşılaştırılmıştır[7].

Emin Erdem HIRAOĞLU, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, Y. Lisans.

“Ahşap ve çelik makas sistemlerin malzeme ve sistem özelliklerinin incelenmesi, bir örnek yapı üzerinde değerlendirilmesi” isimli çalışmada ahşap makas sistemler ile çelik makas sistemlerin malzeme ve sistem özellikleri açısından değerlendirmesi yapılarak, elde edilen bilgiler aktarılmıştır. Ahşap ve çelik makas sistemin malzeme özellikleri ve sistem özellikleri açısından değerlendirilmesi yapılarak, 15 metre açıklığa sahip örnek bir yapı üzerinde ahşap ve çelik makas sistemin statik hesapları çözümlenerek, maliyet, makas ağırlığı ve kesit büyüklükleri açısından değerlendirmesi aktarılmıştır. Sonuç ve Öneriler bölümünde, araştırmanın tüm bölümlerinde çıkarılan sonuçlar değerlendirilmiş, ahşap yapı yönetmeliklerinin ve imar yönetmeliklerinin yetersizliğine değinilmiştir[8].

Hamza USTA, G.Ü. , Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, Y.Lisans.

“Ahşap çatı makaslarının düğüm noktalarında ön ahşap uzunluğun deneysel yöntemle tayini. “ isimli çalışmada, ikinci sınıf sarıçam ağacından hazırlanan tek dişli birleştirmede ön ahşap uzunluğunun makaslama gerilmesine etkisi araştırılmıştır. Deney, TS 2470'e göre gerçek boyutları 1/5 oranında küçültülen, değişik ebatlı 30 numune üzerinde yapılmıştır. Sonuç olarak deneysel yöntemle kesme gerilmesi belirlenmiş, gerekli ön ahşap uzunluğu bulunmuştur[2].

Rıfat SEZER, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat ABD, Yüksek Lisans .

“Çelik çatılarda kafes kiriş ve aşık aralıklarının optimum tespiti “ isimli çalışmada, çelik çatıların, kafes kiriş ve aşık aralıklarının optimum tespiti, sayısal optimizasyon metotlarından ve doğrudan araştırma tekniklerinden, “Patern Araştırma

Metodu” kullanılarak araştırılmış ve bu amaçla bir bilgisayar programı geliştirilmiştir[9].

Ahşap malzemeyle oluşturulmuş; Türkiye’de sıkça kullanılan oturtma çatı sistemi, geleneksel asma makas sistemi ile Avrupa’da sıkça kullanılan sık aralıklı kafes sistemi ve geniş aralıklı kafes sistemlerinin çeşitli yönlerden karşılaştırması yapılan bir araştırmaya rastlanmamıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Genel

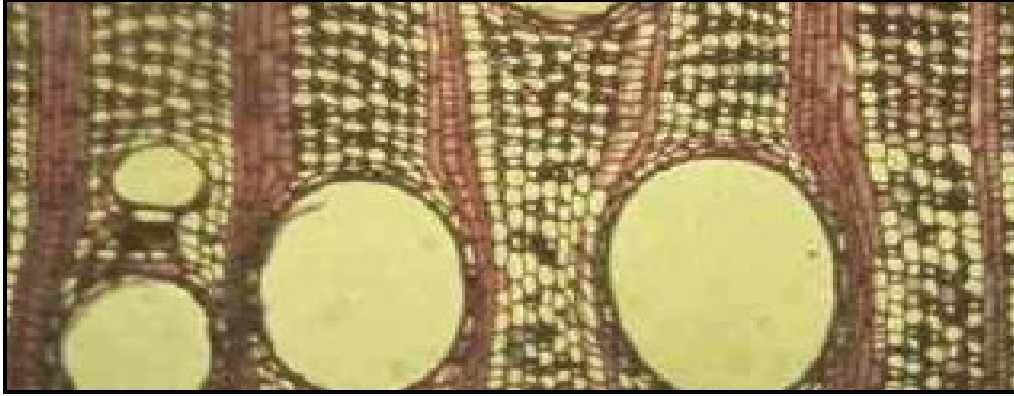
Bir yapının üstünü yağmur, kar, rüzgar gibi doğal tesirlere karşı koruyan, ısı yalıtımı sağlayan, gerektiğinde ışık temini için yapının üst kısmını kapatan yapı elemanına “çatı” denir.

Çatının yapılmasında temel hedef, doğadan ve onun etkilerinden korunmaktır. Dışla temasta olan tüm diğer yapı elemanları gibi (örneğin, dış duvarlar, açık geçit üzerindeki döşemeler, vb.), çatılarda da nem, su, ısı ve gürültüye karşı yalıtım ve korunma önlemleri alınmalıdır. Dış kabuk elemanlarından yalıtım sorunu en karmaşık ve en önemli olanı hiç şüphesiz ki çatılardır [2].

Çatı yapımında ve detaylandırılmasında göz önünde bulundurulması gereken noktalar şunlardır; yağmur, kar, rüzgar, güneş ısıları gibi doğal dış etkiler, dış kaynaklı gürültü, iç ve dış mekanlar arasındaki ısı farklarının oluşturduğu ve yapı malzemelerinin farklı genleşme katsayılarına sahip olmalarından kaynaklanan malzeme genleşmeleri, ölü ve hareketli yüklere bağlı olarak oluşan deformasyonlar, sehimler, iç ve/veya dış mekandan kaynaklanan rutubet etkisi, yangın dayanımı. estetik düşüncelerdir [2].

2.2. Ahşabın Tanımı ve Yapı Malzemesi Olarak Ahşap

Ahşap, canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotrop bir dokuya sahip organik esaslı bir yapı malzemesidir. Ahşap, yapıda kullanılan en eski malzemelerinden birisidir. İnsanoğlu ahşabı eski çağlardan beri barınma ve korunma amaçlı olarak kullanmaktadır [10].



Resim 2.1. Lifli, heterojen ve anizotrop ahşap görünümü

Doğal bir yapı malzemesi olması nedeniyle doğaya uyumlu, geri dönüşümlü; malzeme, üretim ve uygulama açılarından çevre kirliliği oluşturmayan ahşabın insan sağlığına herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı bilinmektedir.

Malzemenin hafif olması nedeniyle yatay yüklerin yapı üzerindeki etkisi azalmaktadır. Ahşap, hafifliğinin yanı sıra, şok etkisine dayanıklı ve titreşim emme özelliğine sahip sünek bir yapı malzemesi olması nedeniyle deprem etkisine karşı da dayanıklıdır. Depreme karşı dayanımının yanında deprem sonucu yapıda hasar söz konusu olsa bile hafifliği nedeniyle can kaybı az olan bir yapım sistemi sunmaktadır.

Ahşabın hafif oluşu, atölyede üretilen yapı elemanlarının şantiyeye ulaştırılmasını kolaylaştırır. Hazır betonarme yapı elemanlarına veya çelik taşıyıcı sistem elemanlarına göre, büyük açıklıklı kemer ve çerçeveler dışında özel bir taşıma yöntemine gereksinim duyulmaz. Bu nedenle ulaşımı zor olan bölgelerde yapılacak yapılar için taşıyıcı sistem malzemesi olarak ahşabın seçilmesi doğru olabilir.

Tasarımda esneklik sağlayan, ayrıntı çözümleri kolay, ön yapımlı, atölye düzeyinde üretimi yapılabilen, standart üretim sağlayan bu malzeme ile üretimin süresi kısa, işçiliği ise kolaydır. Ahşap sistemlerde taşıyıcı elemanların hafif oluşu, beton ve çeliğe oranla montajda büyük kolaylık sağlar. iskele ve büyük kaldırma makinelerine gereksinim olmaksızın, basit bir düzenekle ve çok kısa sürede montajı yapılabilir.

Ahşap yapılar, sökülüp yeniden kullanılabilir ve sistem içindeki parçaları değiştirilebilir. Sökülme sırasında oluşabilecek kayıpların önlenmesi, tasarımın bu doğrultuda yapılmasına bağlıdır. Ayrıca ahşap sistemler onarım, takviye, plan ve hacim değişiklikleri için uygundur. Kullanım süreci içinde fiziksel ve işlevsel nedenlerle eskimenin olduğu ve taşıma gücünün yetersiz hale geldiği elemanların veya taşıyıcı sistem bütünüünün onarım ve takviyesi mümkündür.

Ahşabın bu fiziksel, mekanik ve estetik özelliklerinin yanında olumsuz yönleri ise; su ve nem, böcekler ve kurtlar, mantarlar, yangın, mekanik aşınma, bakım güçlüğü gibi etkenler karşısındaki davranışıdır. Ancak kurutma ve emprenye yöntemleriyle gerekli önlemler alınarak ve düzenlemeler yapılarak bu etkenlerin oluşturabileceği sorunlar önlenabilir.

Ahşap yapı üretimi açısından sınırlı deneyimi olan ülkeler için önemli bir sorun olan yangın tehlikesi, istatistiklerden elde edilen verilere göre, çağdaş ve modern ahşap yapılarda betonarme yapılardan fazla değildir. Aynı zamanda çelik, beton, taş gibi malzemelerin de yangından olumsuz yönde etkilendikleri ve bu malzemelerle oluşan sistemlerde de yangın sonucu büyük hasarların olduğu bilinmektedir. Ayrıca bilinmesi gereken, büyük kesitteki ahşap parçaların yangın sırasındaki davranışıdır. Yangın sırasında ahşap, yüzeyinde oluşan karbon tabakası nedeniyle yangının kesit içine doğru ilerlemesini engellemektedir. Bu nedenle ahşap yapı tasarımında gerekli önlemler alındığında yangına karşı istenen dayanım sağlanır. Yangın sırasında taşıyıcı sistemin davranışı, yanmaya karşı dayanım yanında, yangın sonucunda yıkılmaya karşı dayanım da olmalıdır.

Dünyada kullanılan en eski yapı malzemelerinden biri olan ahşap, Türkiye'deki yapı üretiminde de belirli bir dönem kullanılan bir yapı malzemesi olmuştur. Türkiye'deki yapı üretiminde yerini almasıyla yapı gelişim süreci içinde başarılı olarak kullanılmıştır. Bu dönem sonunda Türkiye'de ahşap yapı üretiminin çeşitli nedenlerle sona erdiği görülmektedir. Böylece Türkiye'de geleneksel sivil mimari dokuyu oluşturan ahşap yapılar, hızlı kentleşme süreci içinde yerini diğer üretim sistemlerine bırakmıştır. Ancak, Türkiye'de ahşap yapı üretiminin, meydana gelen en

son depremlerden sonra yeniden gündeme geldiği görülmektedir. Bunun en önemli nedeni ahşabın, üstün fiziksel ve mekanik özellikleridir[11].

2.3. Ahşabın Dayanımını Arttırıcı Faktörler

Ahşap malzemenin faydalı özellikleri yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Biyolojik tahrip faktörlerinden, hayvansal zararlılar (böcekler, karıncalar, termitler vb.) ve bitkisel zararlılar (çeşitli mantarlar) ağacın dayanımını azaltan etkenlerdendir. Hiçbir işlemde geçmemiş ahşap malzeme, yangına ve suya karşı da dayanıklı değildir. İşte ağaç malzemenin geniş ölçüde tahribat yapan bu faktörlere karşı gerekli şekilde korunarak kullanım süresi arttırılmalıdır.

Ağaç malzemenin rasyonel bir şekilde faydalanma ancak modern koruma metodlarının uygulanması ile mümkündür. Ağaç malzemenin kurutulup, emprenye edilerek kullanılması, biyolojik olarak tahrip olan ahşabın dayanımını ve ömrünü arttıran kimyasal bir faktördür.

Ağaç malzemenin emprenye edilerek kullanılması, üretim ve tüketim arasındaki ilişkiyi ayarlama ve yıllık tüketim miktarını azaltması nedeniyle maddi yönden çok önemlidir.

Örneğin bir Kayın traversinin tabii halde ortalama 2,5-3 yıl olan kullanım süresi emprenye edilerek 40 yıla çıkartılabilir. Böylece, 40 yıl içerisinde emprenye edilmiş bir Kayın traversi yerine yaklaşık olarak 13 emprenye edilmemiş travers kullanılmaktadır. Bu suretle emprenye edilmiş travers kullanmakla yalnız travers masrafından değil, aynı zamanda çürüyen traverslerin sık sık değiştirilmesi için yapılan işçilik masraflarından da tasarruf edilmiş olur. Özellikle işçi ücretlerinin yüksek bulunduğu yerlerde malzemenin sık sık değiştirilerek yenisinin yerine konması için yapılan masraf çoğunlukla ağaç malzemenin maliyet fiyatını aşmaktadır. Bu küçük örnek dahi emprenyenin önemini belirtmektedir.

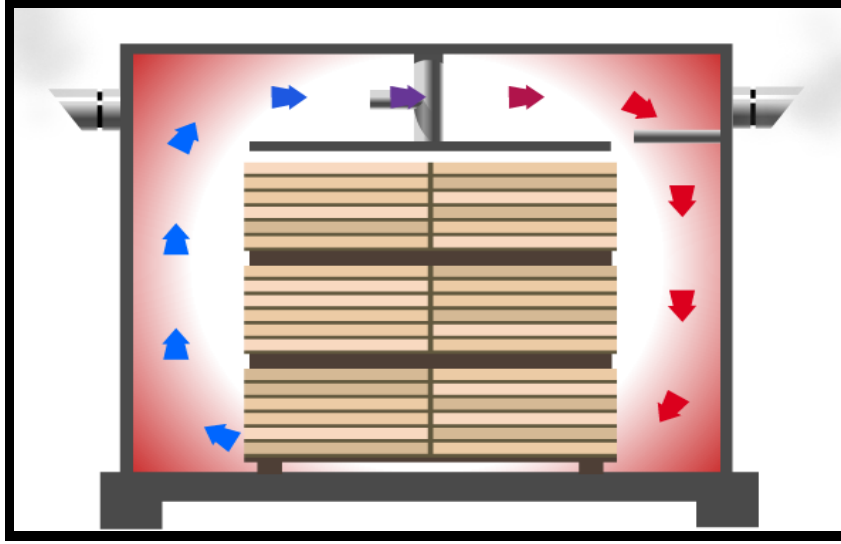
Dayanımın arttırılması için uygulanacak emprenye metotlarının başarı sağlaması ve emprenye maddelerinin ahşap içerisine yeterli derinlikte nüfuz edebilmesi için ağaç malzemenin uygun durumda olması, işlemden geçirilmeden önce bitkisel ve hayvansal zararlıların tahribine uğramamış olması, sağlam bulunması ve gerekli şekilde hazırlanması gerekir.

Genel olarak yeni kesilmiş ağaç malzeme emprenyeden önce bazı hazırlık işlemlerine tabii tutulmaktadır. Bu işlemler; ağaç malzemenin kabuğunun soyulması, kurutma ve yapı malzemesinin emprenyeden önce tamamen işlenmesidir[12].

Kurutma

Yeni kesilmiş, taze haldeki ağaç malzeme pratikte kullanılan birçok emprenye metodu için elverişli bulunmamaktadır. Odun içerisindeki hücre boşluklarındaki mevcut su, emprenye maddesinin ağaç malzeme içerisine derin bir şekilde girmesine engel olmaktadır. Bunun için, emprenye metotlarında (yüzeye sürme, püskürtme, açık kazanlarda batırma, kazanda basınç) başarı sağlamak için emprenye işleminden önce malzemenin kurutulması ve fazla suyun dışarıya çıkarılması gerekmektedir. Başlıca kurutma yöntemleri:

- 1) Açık havada tabii kurutma.
- 2) Fırınlarda veya kurutma kanalları içerisinde suni kurutma.
- 3) Alçak basınç (vakum) uygulanması.
- 4) Kreozot içerisinde vakum etkisi altında veya vakumsuz kaynatma.
- 5) Kazan içerisinde sıcak hava akımı metodu [13].



Şekil 2.1. Ahşabın kazan içerisinde sıcak hava akımı metoduyla kurutulması

Kurutma işleminin ahşaba sağladığı faydalar ise şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Ölçüsel stabilite sağlar ve deformasyon riskini azaltır.
- 2) Mantar ve küf oluşumunun engeller.
- 3) Ahşabın çürümesinin engellenmesine katkıda bulunur.
- 4) İşlendikten sonra daha düzgün bir yüzey sağlar.
- 5) Vernik, boya gibi işlemlerin uygulanmasını kolaylaştırır.
- 6) İzolasyona katkı sağlar.
- 7) Ahşap mukavemetini iyileştirir.
- 8) Ahşabı yaklaşık %60 oranında hafifletir.

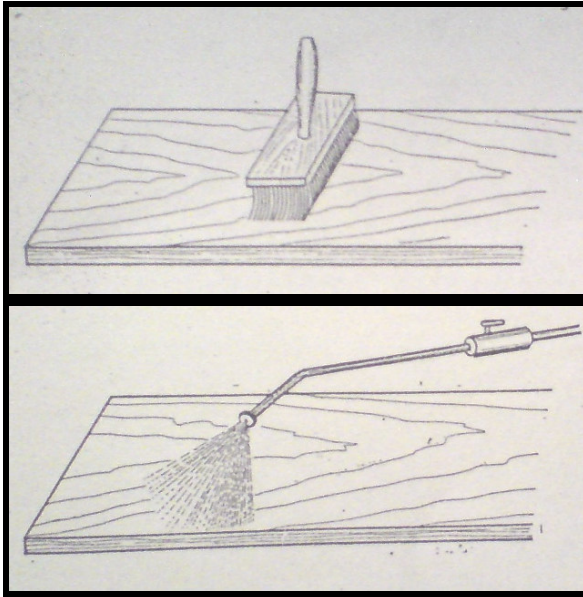
Emprenye

Ağaç malzemenin dayanımını arttırmak amacıyla, bugüne kadar, ağaç malzeme yüzeyinde koruyucu tabaka meydana getiren koruma metodu, yüzeyin kömürleştirilmesi gibi çok sayıda koruma metodu ve kreozot, acza, Tanalith U, Tanalith E gibi emprenye maddeleri bulunmuştur. Koruma tekniği ve koruyucu maddelerin geliştirilmesi halen sürmektedir[12].

Emprenye, yangına, suya, mantar, böcek gibi biyolojik faktörlere karşı ahşabın dayanımını arttırır. Emprenye işleminden geçirilen yapı malzemesi olarak kullanılan ahşabın servis ömrü en az beş kat artar[3].

Emprenye metotlarından başlıcaları şunlardır:

- 1) Emprenye maddesinin ağaç malzeme yüzeyine sürülmesi veya püskürtülmesi.
- 2) Emprenye maddesi içerisine ahşabın batırılması metodu.
- 3) Emprenye maddesinin kazanlar içinde basınç yoluyla ahşaba uygulanması metodu [12].



Şekil 2.2. Emprenye maddesinin ahşap yüzeyine sürülmesi ve püskürtülmesi



Resim 2.2. Emprenye maddesinin kazanlar içinde basınç yoluyla ahşaba uygulanması metodu

Ahşabın servis ömrünü arttırmak ve kimyasal, biyolojik tahribattan korumak için kazanlar içerisinde basınç yoluyla empenye maddesinin ahşaba uygulanmasında; genel ahşap kullanımı için yüksek basınçlı vakum, ahşabın yapı ve bağlantı elemanı olarak kullanılmasında ise genel olarak düşük basınçlı çift vakum tekniği uygulanır.

Avrupa’ da kullanılan Ahşap Yapı Dizayn Standardı Eurocode5, yapı da kullanılacak ahşabın dayanımını güçlendirmek ve ömrünü uzatmak için biyolojik organizmalara karşı koruyucu tedbirlerin alınması şartını getirir. Eurocode5, dayanıklılık bölümünde ahşabın hem tehlike sınıflarına karşı doğal dayanımının olmasından hem de koruyucu tedbirlerin alınması şartından bahseder[14].

TS647’de, ahşabın servis ömrünü en az beş kat arttıran yani aynı süre içinde ahşap kullanımını en az yüzde seksen oranında azaltan koruyucu tedbirlerin alınması şartı aranmaz.

Eurocode5 normlarına göre ahşap üretimi yapan BSW, ahşabı kurutma, empenye işlemlerinden geçirir ve fiziksel teste tabii tutar. Bu evreleri geçiren ahşap numaralandırılarak damgalanır.

2.4. Ahşabın Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Doğal ve heterojen bir malzeme olan ahşabın deneylerle belirlenen başlıca mekanik özellikleri şunlardır:

Basınç, çekme, eğilme, dinamik eğilme.

Mekanik özellikler, malzemenin iç bünye yapısı ve rutubetine bağlı olarak geniş ölçüde değişir. Mukavemet değerlerini en çok etkileyen bünye faktörleri de şunlardır:

Lif Doğrultusu: Bilhassa basınç mukavemetini geniş ölçüde etkiler. Basınç kuvvetinin liflere paralel doğrultuda bulunması en yüksek basınç mukavemetini, dik doğrultuda bulunması ise en düşük basınç mukavemetini doğurur.

Rutubet: Bütün mukavemet değerlerini etkiler. Mukavemet değerleri ile rutubet daima ters orantılı olarak değişir.

Özgül Ağırlık: Genellikle, ağacın özgül ağırlığı arttıkça mekanik özellikleri de daha iyi duruma gelir. Bu husus bilhassa reçineli ağaçlarda çok daha fazla kendini gösterir.

Yıllık Halkalar: Halkaların genişliğinin mukavemet değerlerine etkisi vardır. Eğilme mukavemetinde, kuvvetin doğrultusunun yıllık halkalara göre durumu, radyal ve teğet olması hali, oldukça farklı sonuçlar doğurmaktadır. Yüklemenin yıllık halkalara teğet bulunması en düşük eğilme mukavemetini vermektedir.

Türkiye’de yapı malzemesi olarak ahşap malzemenin, genellikle, özgül ağırlığının az, mukavemetinin fazla, işlenme kabiliyetinin çok, ısı ileticiliğinin az olması tercih edilir. Bundan dolayı, yapıda daha çok iğne yapraklı ağaçlar kullanılır. Bunlardan çam sınıfı, çırallılar, dış etkenler etkisi altındaki yapı kısımlarında; köknar, ladin gibileri ise, iç kısımlarda kullanılır. Yapraklı ağaçlardan elde edilen ahşap malzemesi ise, daha mukavim olmakla beraber, sert ve pahalıdır. Bu sınıf ağaçtan inşaat

sahasına girenler: meşe ve kayındır. Türkiye de yetişen ağaçlardan yapı malzemesi olarak en çok kullanılan ağaç türleri şunlardır;

- 1) Çam sınıfı ağaçlar: Sarıçam, Karaçam ve Kızılçam.
- 2) Köknar: Karadeniz ve Batı Anadolu'nun kuzey bölgelerinde yetişenleri.
- 3) Ladin
- 4) Sedir
- 5) Meşe: Esas menşei Anadolu olup, hemen hemen her tür inşaatta kullanılır.
- 6) Kayın: Genellikle Karadeniz ve Batı Anadolu'da yetişen türü[1].

Türkiye de yetişen ağaç türlerinin dağılış yüzdeleri aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Çizelge 2.1. Türkiye'de yetişen ağaç türleri ve yüzdeler dağılımları

İğne Yapraklı Ağaçlar		Yapraklı Ağaçlar	
Cinsi	Dağılışı %	Cinsi	Dağılışı %
Çam Sınıfı	38,5	Meşe	25,9
Köknar	6,8	Kayın	8,5
Ardıç	3,5	Gürgen	2,7
Ladin	2,0	Kestane	1,4
Sedir	1,5	Kızılağaç	0,9
Diğerleri	1,7	Kavak	0,8
		Diğerleri	5,8

Türkiye'de ve Avrupa'da yapı malzemesi olarak kullanılan ahşabın sınıflandırılması ve ahşabın sınıflandırılmasına ilişkin esaslar aşağıda açıklanmıştır.

2.4.1. TS647'ye göre ahşabın sınıflandırması

Türkiye’de, TS 647 “Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları” yönetmeliğine göre ahşap malzeme, bünyedeki kusurlarına göre 3 sınıfa ayrılır. Sınıf numarası büyüdükçe hataların fazlaştığı ve emniyet gerilmelerinin düştüğü kabul edilir[15].

TS 647'ye göre ahşabın sınıflandırılması aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Çizelge 2.2. TS647'ye göre ahşabın sınıflandırılması

		Emniyet Gerilmeleri (kg/cm ²)			
Gerilme Türü	Notasyon	İğne Yapraklılar			Meşe Kayın
		I	II	III	
Eğilme	σ_{eem}	130	100	70	110
Liflere Paralel Çekme	$\sigma_{çem}$	105	85	0	110
Liflere Paralel Basınç	$\sigma_{bem=}$	110	85	60	100
Liflere Dik Basınç	σ_{bem}^{\perp}	20	20	20	30
Makaslama	τ_{em}	9	9	9	10

Ahşap malzeme de elastisite ve kayma modülleri, ahşap türüne göre değişmelerine karşın, kalite sınıflarından etkilenmez. Bunlara ilişkin değerler de aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Çizelge 2.3. TS647'ye göre ahşabın elastisite modülü

Ahşap Malzeme Türü	Elastisite Modülü (kg/cm ²)		Kayma Modülü
	Liflere paralel	Liflere Dik	
İğne Yapraklı	100.000	3.000	5.000
Meşe, Kayın	125.000	6.000	10.000

2.4.2. Eurocode5'e göre ahşabın sınıflandırması

Avrupa'da kullanılan Ahşap Yapı Dizayn Standardı Eurocode5'e göre ahşap malzeme, mekanik değerlerine göre üç grup, 26 sınıfa ayrılır.

Ahşap mekanik özelliklerine göre sınıflandırılırken ölçülen kriterler: eğilme, liflere paralel çekme, liflere dik çekme, liflere paralel basınç, liflere dik basınç, makaslama, liflere paralel elastisite modülü, liflere dik elastisite modülü, makaslama modülü, yoğunluktur. Bu kriterler ahşabın elastisite modülüne(MOE), kopma modülüne(MOR) ve özgül ağırlığına bağlıdır. Bunların ölçümleri ise ahşabın Akustik-Ultrasonik Fenomeni, lokal yoğunluk ölçümü, nem ölçümüyle yapılabilir. Sınıflandırmada ahşaba fiziksel zarar vermeyen teknolojilerin gelişimi ahşap sınıflandırılmasındaki hassasiyeti arttırmıştır.

C grubu, sıkça kullanılan çam, köknar, ladin, sedir gibi ağaçların bulunduğu yumuşak ağaç grubudur. "C"den sonra gelen rakam , ahşabın karakteristik eğilme gerilimini ifade eder[16].

D grubu, içerisinde Merbau, Balau, Teak gibi sert ağaçları içeren uzakdoğu da yetişen tropikal ağaçları barındırır.

GL grubu ise laminasyon tekniğiyle tutkalanıp preslenerek üretilen ahşabı belirtir.

Ahşabın sınıflandırılması ve C, D grubu ağaç türleri aşağıda gösterilmiştir [14].

Çizelge 2.4.. Eurocode5'e göre ahşabın sınıflandırılması

AHŞAP GÜÇ SINIFI													
TÜR	NO	SINIF	Fmk Kg/ Cm2 Eğilme	Ft0k Kg/ Cm2 Liflere Paralel çekme	Ft90k Kg/ Cm2 Liflere Dik çekme	Fc0k Kg/ Cm2 Liflere Paralel basınç	Fc90k Kg/ Cm2 Liflere Dik basınç	Fvk Kg/ Cm2 Makas lama	E0m Kg/ Cm2 Liflere Paralel Elast. modül	E05 Kg/ Cm2 Liflere %5 P. Elast. modül	E90m Kg/ Cm2 Liflere Dik Elast. modül	Gm Kg/ Cm2 Makas Lama modülü	p0 Kg/ m3 yoğ.
POPOULAR YUMUŞAK AĞAÇ.	1	C14	142,8	81,6	4,08	163,2	20,4	17,34	71400	47940	2346	4488	290
	2	C16	163,2	102	5,1	173,4	22,44	18,36	81600	55080	2754	5100	310
	3	C18	183,6	112,2	5,1	183,6	22,44	20,4	91800	61200	3060	5712	320
	4	C20	204	122,4	5,1	193,8	23,46	22,44	96900	65280	3264	6018	330
	5	C22	224,4	132,6	5,1	204	24,48	24,48	102000	68340	3366	6426	340
	6	C24	244,8	142,8	5,1	214,2	25,5	25,5	112200	75480	3774	7038	350
	7	C27	275,4	163,2	6,12	224,4	26,52	28,56	117300	78540	3876	7344	370
	8	C30	306	183,6	6,12	234,6	27,54	30,6	122400	81600	4080	7650	380
	9	C35	357	214,2	6,12	255	28,56	34,68	132600	88740	4386	8262	400
	10	C40	408	244,8	6,12	265,2	29,58	38,76	142800	95880	4794	8976	420
	11	C45	459	275,4	6,12	275,4	31,62	38,76	153000	102000	5100	9588	440
	12	C50	510	306	6,12	295,8	32,64	38,76	163200	109140	5406	10200	460

Çizelge 2.4. (Devam) Eurocode5'e göre ahşabın sınıflandırılması

AHŞAP GÜÇ SINIFI													
TÜR	NO	SINIF	Fmk Kg/ Cm2 Eğilme	Ft0k Kg/ Cm2 Liflere Paralel çekme	Ft90k Kg/ Cm2 Liflere Dik çekme	Fc0k Kg/ Cm2 Liflere Paralel basınç	Fc90k Kg/ Cm2 Liflere Dik basınç	Fvk Kg/ Cm2 Makas lama	E0m Kg/ Cm2 Liflere Paralel Elast. modül	E05 Kg/ Cm2 Liflere %5 P. Elast. modül	E90m Kg/ Cm2 Liflere Dik Elast. modül	Gm Kg/ Cm2 Makas Lama modülü	p0 Kg/ m3 yoğ.
TROPİKA AĞAÇLAR	13	D30	306	183,6	6,12	234,6	81,6	30,6	102000	81600	6528	6120	530
	14	D35	357	214,2	6,12	255	85,68	34,68	102000	88740	7038	6630	560
	15	D40	408	244,8	6,12	265,2	89,76	38,76	112200	95880	7650	7140	590
	16	D50	510	306	6,12	295,8	98,94	46,92	142800	120360	9486	8976	650
	17	D60	612	367,2	6,12	326,4	107,1	54,06	173400	145860	11526	10812	700
	18	D70	714	428,4	6,12	346,8	137,7	61,2	204000	171360	13566	12750	900
LAMİNE AĞAÇLAR	19	GL24h	244,8	168,3	4,08	244,8	27,54	27,54	118320	95880	3978	7344	380
	20	GL28h	285,6	198,9	4,59	270,3	30,6	32,64	128520	104040	4284	7956	410
	21	GL32h	326,4	229,5	5,1	295,8	33,66	38,76	139740	113220	4692	8670	430
	22	GL36h	367,2	265,2	6,12	316,2	36,72	43,86	149940	121380	4998	9282	450
	23	GL24c	244,8	142,8	3,57	214,2	24,48	22,44	118320	95880	3264	6018	350
	24	GL28c	285,6	168,3	4,08	244,8	27,54	27,54	128520	104040	3978	7344	380
	25	GL32c	326,4	198,9	4,59	270,3	30,6	30,6	139740	113220	4284	8670	410
	26	GL36c	367,2	229,5	5,1	295,8	33,66	33,66	149940	121380	4692	8670	430

Çizelge 2.5. Eurocode5'e göre C sınıfı Ağaç Türleri

TİP	TÜR	KAYNAK	DERECELENDİRME	GÜÇ SINIFI
İthal yumuşak ağaçlar	Çam	Avrupa	SS	C24
			GS	C16
			Makineyle	C14 den C30 a
	Kök nar	Avrupa	SS	C24
			GS	C16
			Makineyle	C14 den C30 a
	Hem-Fir SPF,DFL (melez ağaç)	Kanada, ABD	SS	C24
			GS	C16
			Makineyle	C14 den C30 a
			JP Sel	C24
			JP No1	C16
			JP No2	C16
	Sitka Ladin	Kanada	SS	C18
			GS	C14
			JP Sel	C18
			JP No1	C14
			JP No2	C14
			SS	C24
	G. Çam	ABD	GS	C18
			Makineyle	C14 den C30 a
			JP Sel	C30
JP No1			C22	
JP No2			C22	
JP No3			C16	
SS			C18	
GS			C14	
JP Sel			C18	
JP No1			C14	
B. Köknar	ABD	JP No2	C14	
		SS	C18	
B. Sedir	İthal	SS	C18	
		JP No2	C14	
Parana Çam	İthal	GS	C14	
		SS	C24	
Pitch Çam	Karayıpler	GS	C16	
Radiata Çam	Yeni Zellanda	SS	C27	
Radiata Çam	Şili	GS	C18	

Çizelge 2.5. (Devam) Eurocode5'e göre C sınıfı Ağaç Türleri

TİP	TÜR	KAYNAK	DERECELENDİRME	GÜÇ SINIFI
İngiltere de yetişen Yumuşak Ağaçlar	G.Afrika	G.Afrika	Makineyle	C14 den C30 a
	Çamı	Zimbabwi	Makineyle	C14 den C30 a
	Zimbabwian	İngiltere ve	Makineyle	C14 den C30 a
	Çamı	İrlanda	Makineyle	C14 den C30 a
	Ladin		SS	C18
			Makineyle	C14 den C24 e
	Çam		SS	C22
			GS	C14
	Larch Çamı		Makineyle	C14 den C27 ye
			SS	C24
			GS	C16
Douglas		Makineyle	C14 den C27 ye	
Köknarı		SS	C18	
		GS	C14	
		Makineyle	C14 den C24 e	

- Derecelendirmenin alındığı kaynaklar: SS ve GS, BS 4978'den ; JP, Standart Grading Rules for Canadian Lumber and The National Grading Rules for Dimensioned Lumber.'dan; Makineyle derecelendirme, EN519 'dan.

- JP No.3 çekme elemanı olarak kullanılmamalıdır.

Çizelge 2.6. Eurocode5'e göre D sınıfı Ağaç Türleri

TİP	TÜR	MENŞEİ	DERECELENDİRME*	GÜÇ SINIFI
Tropikal	Kapur	G.D. Asya	HS	D60
Sertağaçlar	Kempas	G.D. Asya	HS	D60
	Keruing	G.D. Asya	HS	D50
	Ekki	B. Afrika	HS	D60
	Balau	G.D. Asya	HS	D70
	Greenheart	G.D. Asya	HS	D70
	Iroko	Afrika	HS	D40
	Jarrah	Avustralya	HS	D40
	Karri	Avustralya	HS	D50
	Merbau	G.D. Asya	HS	D60
	Opepe	Afrika	HS	D50
	Teak	G.D. Asya	HS	D40
		Ve Afrika		

* Derecelendirmeler BS 5750'den alınmıştır.

Eurocode5'e Göre Ahşabın Sınıflandırılmasında Kullanılan Yöntemler

Ahşap güç sınıflandırılmasıyla ilgili son Avrupa Standartlarında çok çeşitli mekanik direnç faktörleri vardır. Bunlar, ahşabın elastisite modülüne(MOE), kopma modülüne(MOR) ve özgül ağırlığına bağlıdır.

Gözlem, yeni normlara göre ahşabı doğru olarak sınıflandırmak için yeterli değildir. Bu normları ölçüp, sınıflandırmayı sağlamak için ahşaba fiziksel olarak zarar vermeyen yeni teknolojiler geliştirilmiştir.

Ahşabın; X ışınlarıyla taranması, frekans ölçümü, akustik-ultrasonik ölçümü, gamma ışınlarıyla ölçümü, mikrodalga ölçümü bu yöntemlerden bazılarıdır[16].

CBS-CBT Group ahşap mühendisliği ve ahşaba fiziksel zarar vermeden ahşabın sınıflandırılmasıyla ilgili uzman kurumlardan biridir.

1985'te Lausanne'de Swiss Federal Institute of Technology tarafından ahşaba fiziksel zarar vermeden ahşabın sınıflandırılmasıyla ilgili Sylvatest isimli ultrasonik teknoloji, patentli taşınabilir bir araç oluşturulur.

1988'de Sylvatest Duo isimli yeni bir taşınabilir araç geliştirilir. Bu araç, ölçümlerin doğruluğunu arttırabilmek için ultrasonik ölçümlerle beraber akustik ölçümü de yapar.

CBS-CBT, Sylvamatic'le güvenilir endüstriyel teknoloji oluşumunu kabul eder. Bunlara paralel olarak Avrupa Standartları, yeni direnç sınıfları, özellikle yüksek performanslı C40 sınıfı ahşabın kabulüyle gelişir.

Ahşaba fiziksel olarak zarar vermeden sınıflandırma teknolojilerinin yeni standartlara cevap vermesi gerekir. Ahşap endüstrisi, 2007 yılı sonunda her bir strüktürel ahşap elemanın, normlarda tanımlanan direnç sınıflarını sağlamasını kabul eder.

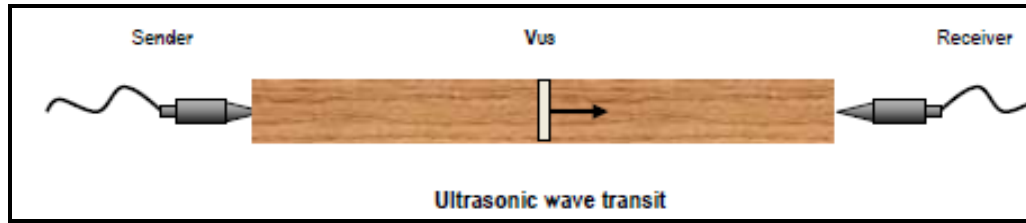
Bugün, ahşaba fiziksel zarar vermeden sınıflandırma endüstrisi, Avrupa daki belli başlı konulardan biridir. CBS-CBT, Sylvamatic'in kesin sonuçlar vermesiyle beraber mevcut ölçümlere, yoğunluk ölçümünü de ekleyerek Triomatic adlı araç geliştirmişlerdir.

Triomatic tarafından kullanılan, ahşaba fiziksel zarar vermeden derecelendirme teknolojisi aşağıdaki parametrelere dayanır:

- 1) Akustik-Ultrasonik Ölçüm
- 2) Lokal yoğunluk ölçümü
- 3) Nem ölçümü

Ultrasonik Ölçüm:

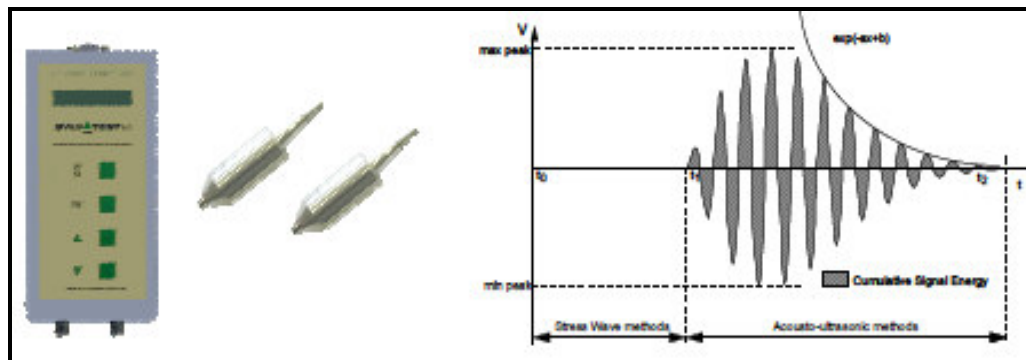
1985 ten beri ahşabın mekanik performanslarından elastisite modülünü (MOE) ve eğilme direncini ölçmek için ultrasonik ölçüm kullanılır. 1980'lerin sonunda bir tez çalışmasının sonucunda Sylvatest aracıyla bir teknoloji transferi gerçekleştirilir. Bu araçla ölçüm, ahşaba doğrusal yönde düşük frekanslı dalgaların iletim hızına dayanır.



Şekil 2.3. Ahşabın boyuna ultrasonik ölçümü

1988 de, Lausanne de, Swiss Federal Institute of Technology Laboratuvarlarında ahşap konstrüksiyonla ilgili ultrasonik teknoloji geliştirilir. Sylvatest Duo isimli yeni cihaz ahşabın akustik ultrasonik sinyal analiziyle ilgilidir.

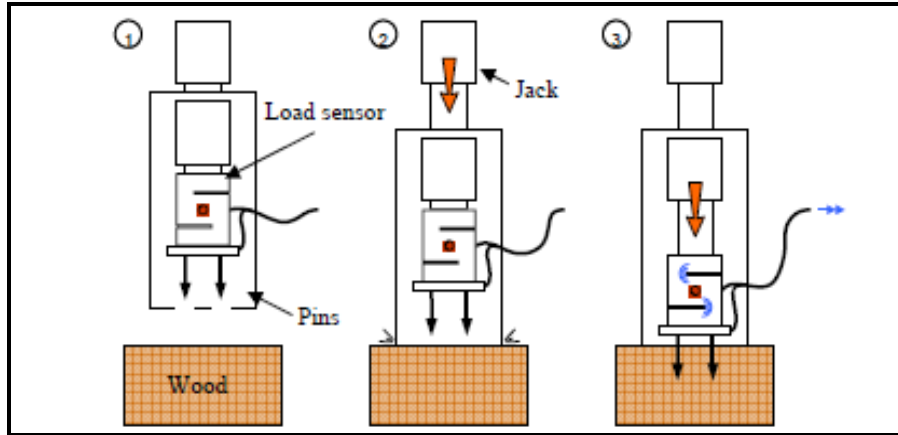
Sistem düşük frekanslı(22khz) dalgaların hızını ve bu dalgaların yarattığı enerji uç değerlerini ölçer. Hızın yayılımı Elastisite Modülüyle, enerji ise lif doğrultusu, ahşabın deformasyonu gibi lokal durumla ilgilidir. Bu yeni nesil araç, ahşabın boyuna ve çizgisel enlemesine iki akusto-ultrasonik değeri ölçer ve yönetir.



Şekil 2.4. Sylvatest –Duo ve dönüştürücüleri ve sağda dalgaların yarattığı hız ve enerjinin uç değer ölçümlerinin akustik-ultrasonik sinyal analizleri

Yoğunluk ölçümü

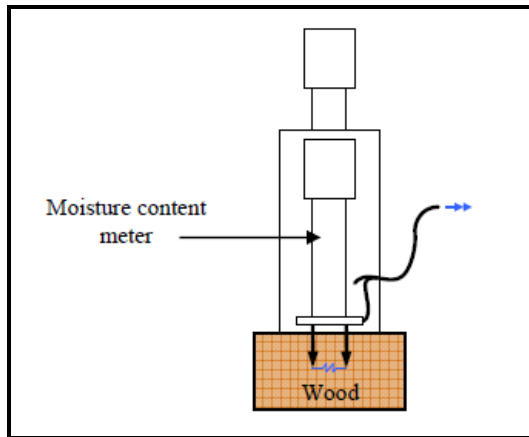
Ahşap yoğunluğunun ölçümü için ekstra bir alete ihtiyaç vardır. Bu modül, yük sensörüne vidalanmış iki iğnenin lokal yoğunluk ölçümüne dayanır. Bir kriko sistemi ahşabın içine iter ve basınç yükü şekil de gösterildiği gibi ölçülür.



Şekil 2.5. Ahşap yoğunluğunun ölçülmesi

Nem Ölçümü

Nem ölçümü şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Ahşabın nem ölçümü

Süreci arttırmak için makine üzerinde birçok dönüştürücü mevcuttur. Aynı modül içinde yoğunluk ölçümü yanı sıra ahşabın altından ve üstünden olmak üzere nem ölçümü de yapılır. Ultrasonik ölçüm, yoğunluk ve nem'e dayalı triomatic metod normlardaki Elastisite Modülü, Kopma Modülü ve yoğunluğa dayalı tüm parametrelerin her bir ahşap için yerine getirilmesini sağlar.



Resim 2.3. İki çift dönüştürücülü ultrasonik modül resimde görülmektedir. Süreci arttırmak için yeni dönüştürücüler eklenebilir.



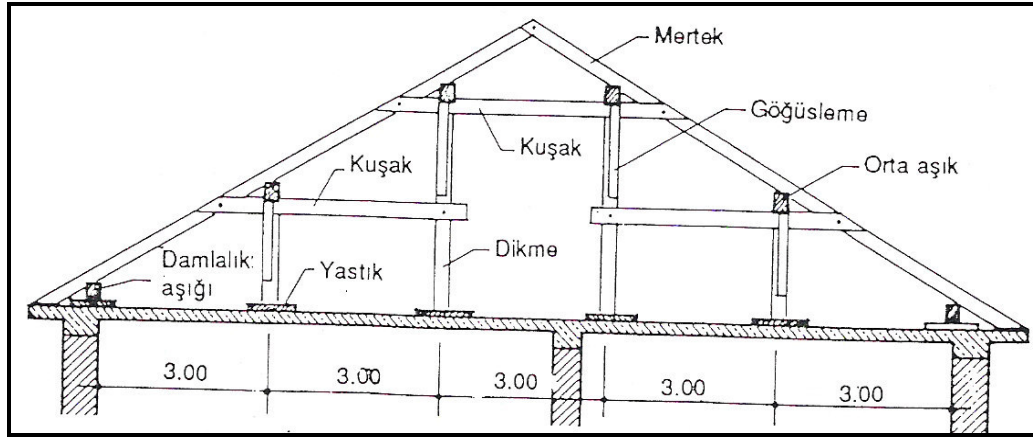
Resim 2.4. Yoğunluk ve nem ölçüm modülü resimde görülmektedir.

Triomatic, ahşap güç sınıflandırma pazarında mevcuttur. Sonuçlarındaki doğruluk ve maliyeti, kesim ve laminasyon tekniğiyle ahşap eleman üreten fabrikalar için olumlu faktörlerdendir[4].

3. AHŞAP ÇATIYI OLUŞTURAN ELEMANLAR, BİRLEŞİM ŞEKİLLERİ VE KULLANILAN ARAÇLAR

3.1. Türkiye’de Uygulanan Ahşap Çatıyı Oluşturan Elemanlar, Çatı Birleşim Şekilleri ve Kullanılan Araçlar

3.1.1. Türkiye’de uygulanan oturtma ve geleneksel asma çatıyı oluşturan elemanlar



Şekil 3.1. Oturtma çatıyı oluşturan elemanlar şekilde görülmektedir.

Ahşap çatılar, çatı elemanlarının birbirine geçmeli olarak, kama çivi ve bulonlarla bağlanmasıyla oluşur. Bu elemanları şöyle sıralayabiliriz:

Bırakma Kirişleri :

Asma çatılarda, makasların açılmaya karşı olan gerilemelerini karşılar. Betonarme bir döşeme üzerine oturmayıp duvar, kiriş, vb. iki mesnet üzerine oturan oturtma çatılardaki kirişlere de aynı isim verilir. Tek ya da çift parça halinde yapılabilir. Kesitleri 8x14, 8x16, 10x16, 14x20cm gibi olur.

Yastık Kirişleri :

Bırakma kirişleri kanalıyla makaslardan aldığı çatı yükünü, üzerine oturduğu duvar, kiriş ya da döşemeye aktarır. Kesitleri, 5x10, 8x16, 10x16, 14x20 cm gibi olup geniş

yüzeyleri üzerine oturtulur. Duvar, kiriş ya da döşemeye, bulonlarla veya bağlantı demirleriyle bağlanır.

Dikmeler:

Aşıklardan aldıkları yükü duvar, kiriş ya da döşemeye aktarır. Kesitleri, genellikle 8x8, 10x10, 12x12 cm gibi kare olur.

Aşıklar:

Merteklerin yükünü taşıyan kirişlerdir. Saçak üzerine oturana damlalık aşığı, saçakla mahya arasında olana orta aşıq, mahyadakine ise mahya aşığı denir. Aşıklar yüklerini, bulunduğu yere göre duvar, kiriş, döşeme, dikme ya da askılara verir. Kesitleri 10x14, 12x16, 14x18 cm gibi olup, genellikle 200-250 cm aralıklarla yerleştirilir.

Göğüslemeler:

Dikmelerden, aşıkların altına vurulan ve genellikle 45 derece eğimli desteklerdir. Dikmelerin arasındaki açıklığın azaltılması ve ayrıca, çatının boyu yönündeki yatay hareketleri önleme görevi yaparlar. Kesitleri, dikme kesitlerine de uygun olarak 8x8, 8x10, 5x10, 6x12 cm gibi olur.

Payandalar:

Asma çatılarda, dikmelerden aldığı yükleri, bırakma kirişindeki düğüm noktalarına ileten, eğimli çubuklardır. Kesitleri, 8x14, 10x18 cm gibi olur.

Yanlamalar:

Asma çatılarda, aşıklardan dikmeler gelen yükleri, duvarlara ileten çubuklardır. Kesitleri, payandalardaki gibi olur.

Kuşaklar :

Bir çatı makası üzerinde bulunan dikme, aşık, yanlama ve mertekleri, her iki yüzeyden birbirine bağlayan çubuklardır. Bağlandıkları parçalara kertme ile geçerek, birleşme noktalarını kuvvetlendirirler. Kesitleri 5x10, 5x20 cm gibi olur.

Rüzgar Kirişleri:

Çatı makaslarının, rüzgar etkisiyle devrilmelerini önlemek için, çatının her iki başındaki ilk iki ve son iki makasın arasına, çaprazlamasına çakılan kirişlerdir. Yalnız merteklerle oluşturulan küçük çatılarda, mertek altlarına çakılan bağlantı kirişleri de aynı görevi yapar. Bu rüzgar bağlantıları bazı durumlarda, gergili demir çubuklarla da sağlanabilmektedir.

Mertekler:

Aşıklar üzerine otururlar ve örtü altı kaplamasının yükünü taşırlar. Kesitleri 5x8, 5x10, 6x10, 6x12 cm gibi olup, 40-60 cm aralıklarla yerleştirilir.

Yardımcı Elemanlar:

Çatı elemanlarının birbirleriyle bağlantılarını sağlamak amacıyla kullanılan bağ ve askı demirleri, bulonlar ve özellikle saçak kısmında çatı eğimini azaltmak amaçlı, çelik denilen parçalardır. Çelikler ahşaptan hazırlanıp, saçak kısmında mertekin önüne çakılarak burada, çatı eğimi azaltılır. Böylece, çatı üzerinde bulunan karın, erime esnasında birden bire aşağıya kayıp, yağmur oluğuna zarar vermesi önlenmiş olur.

Örtü Altı Kaplaması:

Üzerine, çatı örtüsünün döşendiği yüzeydir. İki şekilde yapılır:

a) Örtü altı kaplaması, merteklerin üzerine ve örtü gereçlerinin boyutlarına uygun aralıklarla çakılan 2,5x5, 3x5 cm gibi kesitli çیتالardan oluşur. Çیتالara özellikle kiremit kaplamada, kiremidin altındaki tırnaklar ve üzerlerindeki tel bağlama deliklerin aralıklarına uygun aralıklarla döşenir. Kiremitler de bu çیتالara yumuşak telle bağlanır.

b) Yüzey, merteklerin üzerine çakılan 2-2,5 cm kalınlığında ve 10-20 cm genişliğindeki tahtalarla kaplanır. Örtü gereçleri de bu tahtalara, örtü gerecinin türüne göre tel, çivi, vida veya civatayla bağlanır. Tahta kaplamanın üzerine, rüberoit vb. su ve nem yalıtım gerecinin serilmesi uygun olur.

Çatı Örtüsü:

Rüzgar, sıcak, soğuk gibi dış etkileri karşılayarak kar ve yağmur sularını da alta geçirmeden, düzenli bir şekilde dere ve oluklara akıtan gereçlerdir. Kiremit, eternit, alüminyum, bakır ve galvanizli sac, arduaz, PVC plaka gibi su geçirmeyen örtü gereçlerinden oluşur. Gereçlerin özelliğine ve çatı eğimine uygun olarak, altındaki örtü altı kaplamasına, yukarıda belirtilen bağ gereçleriyle bağlanır[17].

3.1.2. Türkiye’de uygulanan oturtma ve geleneksel asma ahşap çatı sistemlerinde birleşim şekilleri ve kullanılan araçlar

Ahşap yapıda, elemanlar arasındaki kuvvet aktarımı iki türlü gerçekleştirilebilir:

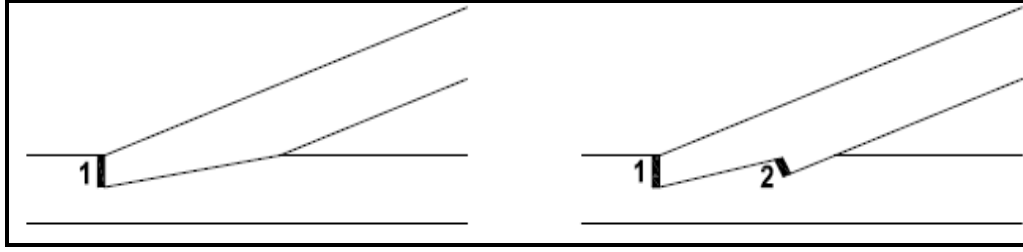
1) Kuvvet, elemanların temas halindeki yüzeylerinden basınç gerilmeleri yoluyla aktarılır. Bunun gerçekleştirilebilmesi için temas yüzeylerinin, iyi bir marangoz işçiliği sonucu uygun bir şekilde hazırlanmaları gerekir. Bu nedenle, bu birleşimlere “Marangoz Birleşimleri” de denilmektedir. Genelinde “Dişli Birleşimler” şeklinde anılmaktadır.

2) Kuvvetin aktarılmasında bir birleşim aracından yararlanılır. Geleneksel yapı sisteminde söz konusu olan birleşim araçları, çivi, bulon, kama, tutkaldır.

Oturtma ve geleneksel asma ahşap çatılarda birleşim şekilleri

Dişli birleşimler

Aralarında belli bir açı olan iki elemandan birindeki kuvveti diğerine aktarabilmek amacıyla yapılan bir birleşim tarzıdır. Temas yüzeylerinin tertip şekline göre “Tek dişli” veya “Çift Dişli” birleşim söz konusu olabilir. Birleşimin ilk önce tek dişli olarak denenmesi, kuvveti aktarmada yetersiz kaldığında çift dişli birleşime geçilmesi gerekir[1].



Şekil 3.2. Dişli birleşim şekilleri

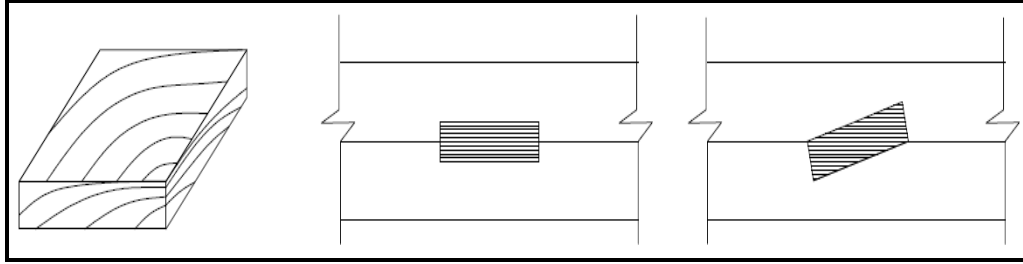
Oturtma ve geleneksel asma ahşap çatılarda birleşim araçları

Çivi: Daire kesitli, bir ucu gömme başlı, bir ucu sivri, çelikten yapılmış birleşim aracıdır. Çivilerin karakteristik boyutları “çap” ve “boy” dur. Bir çiviye gösterebilmek için onun çapını ve boyunu belirtmek gerekir.

Bulonlar: Çelikten yapılmış bir birleşim aracıdır. Baş ve somunu altı köşelidir. Ahşap yapılarda kullanılan bulonlar, dişli, kamalı gibi birleşimlerde ahşap elemanların bağlantısını sağlayan “yardımcı veya konstrüktif” ve ahşapların birleşim yüzeylerine dik olarak yerleştirilerek “kuvvet aktaran” olmak üzere ikiye ayrılır.

Kamalar: Birleşim derzlerinde, basınca ve makaslamaya çalışarak büyük kayma kuvveti aktaran birleşim aracıdır.

Birleşiminde, yük aktarma sırasında, kamaya etkiyen bir kuvvet çifti doğar. Bu kuvvet çifti kamada devirme momenti oluşturur. Bu aşamada elemanların birbirlerinden ayrılmamasını sağlamak amacıyla yardımcı bulonlardan yararlanır. Her kamaya bir bulonun isabet etmesine özen gösterilmelidir. Türkiye’de, en çok kullanılan kama, ahşap prizmatik kamadır.

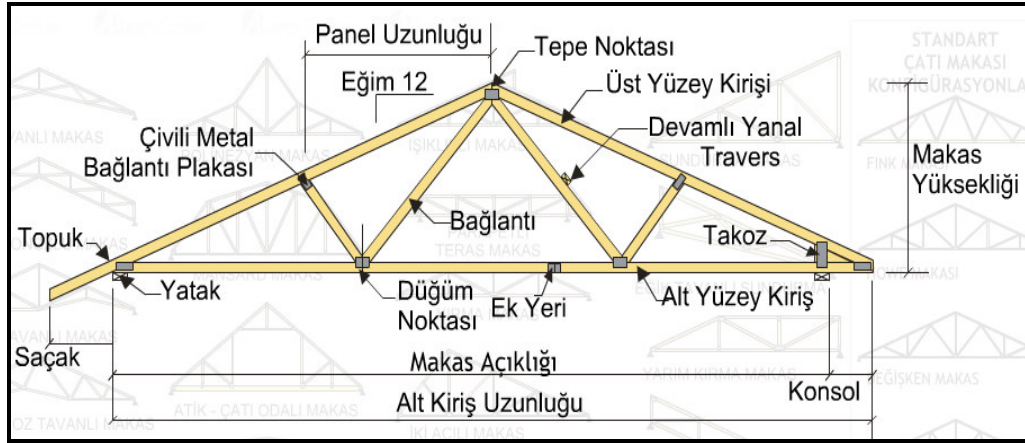


Şekil 3.3. Kama ve birleşim şekilleri

Ahşap prizmatik kamalar, meşe gibi sert ağaçlardan yapılırlar. Ahşap kamalar, birleştirdikleri elemanın lifleri doğrultusuna göre iki türlü oluşturulabilir. Kama ile eleman liflerinin birbirine paralel olduğu “boyuna kama” ve kama liflerinin elemana dik olduğu “enine kama”. Birleşimlerde enine kama kullanılmasına izin verilmemelidir.

3.2. Avrupa’da Uygulanan Ahşap Çatıyı Oluşturan Elemanlar, Çatı Birleşim Şekilleri ve Kullanılan Araçlar

3.2.1. Avrupa’da uygulanan sık ve geniş aralıklı kafes sistem çatıyı oluşturan elemanlar



Şekil 3.4. Kafes sistem çatıyı oluşturan elemanlar şekilde görülmektedir

Çatı örtüsü olarak geleneksel çatı sistem malzemeleri yanı sıra shingle, membran, kompakt laminant gibi malzemeler, örtü altı kaplaması için OSB, plywood gibi plakalar, çatı altı kaplaması için alçıpan kullanılabilir. Ahşap çatı kafesini oluşturan ana elemanlar aşağıda açıklanmıştır.

Alt yüzey kirişi:

Çatının alt yüzeyini oluşturan ve taşıyıcı olan eğimli ya da düz konstrüktif bağlama kirişidir.

Üst yüzey kirişi:

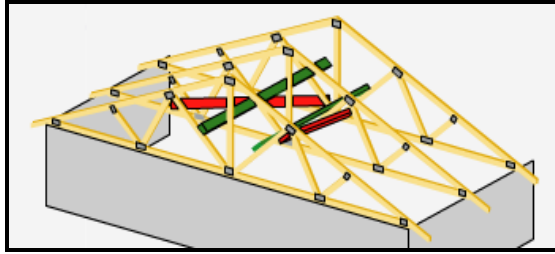
Üst yüzeyi oluşturan, makasın eğimli veya düz devam eden üst bağlama kirişidir.

Makas bağlantıları:

Üst yüzey kirişi ile alt yüzey kirişini, üçgen iç alanlar oluşturacak şekilde birleştiren makas bağlantılarıdır.

Devamlı yatay travers:

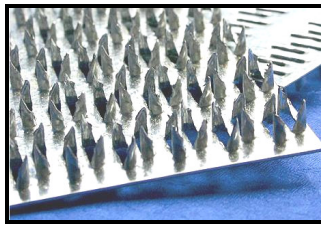
Makas içinden devam eden, çatı karkası boyunca devam eden ve makas yüzey kirişlerine veya bağlantılarına uygulanan yatay bağlantı elemanlarıdır. Çatı karkasının, bir bütün olarak sabit durması için kullanılırlar. Gereken yerlerde makas bağlantı elemanlarını ve üst yüzey kirişini birleştiren çapraz bağlantı elemanları da kullanılır.



Şekil 3.5. Devamlı yatay travers

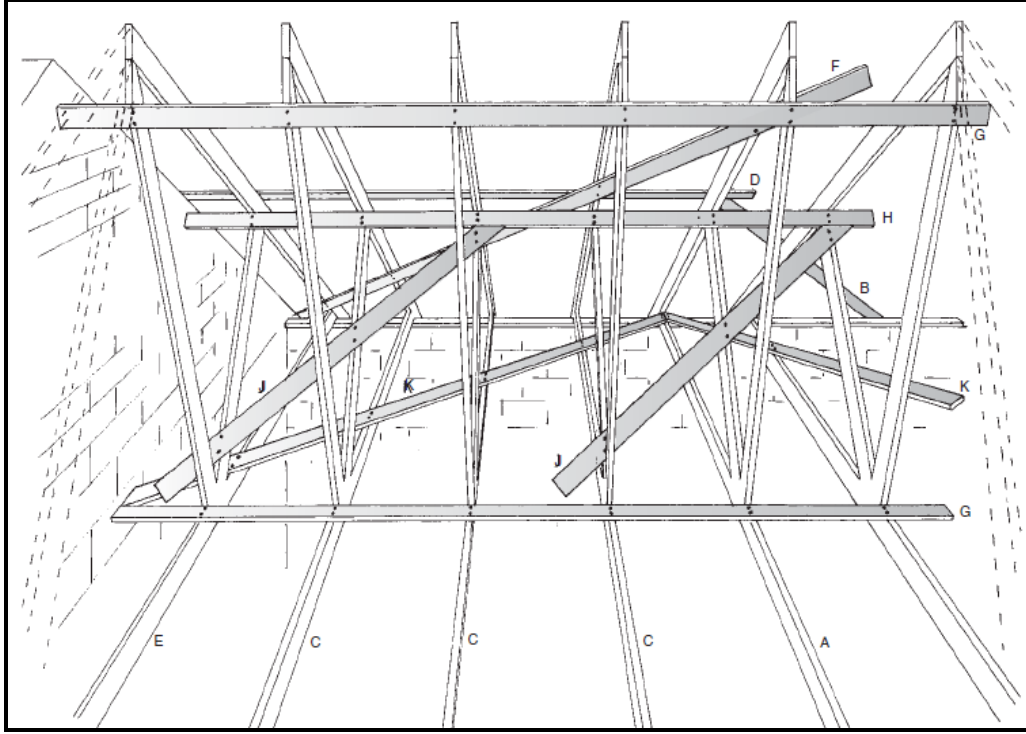
Bağlantı plakaları:

Kafesi oluşturan plakalar her düğüm noktasında ve ek yerlerinde uygulanır. Yapılan mühendislik hesaplarına göre kullanılacak plakanın yeri ve boyutu belirlenir. Metal, kendinden çivili metal, plywood malzeme kullanılabilir.



Resim 3.1. Kendinden çivili bağlantı plakaları

Avrupa'da kullanılan ahşap kafes çatı yapım sistemine göre çatıyı oluşturan elemanların birbiriyle ilişkisi



Şekil 3.6. Kafes sistem çatıyı oluşturan elemanların birbiriyle ilişkisi

Şekilde mühendislik hesabı yapılmış, A(başlangıç makası), C(ara makaslar), E(bitiş makası) konstrüktif ahşap makaslarının bağlantı elemanlarıyla ilişkisi gösterilmiştir. B ve D elemanları başlangıç makasının stabilitesini sağlayıp, kurulumdan sonra kaldırılırlar. G, K ve H elemanları makas içinden, çatı karkası boyunca devam eden ve makas yüzey kirişlerine ve bağlantı elemanlarına uygulanan yardımcı yatay bağlantı gergilerini(devamlı yatay travers) ifade eder. J, bağlantı elemanlarını birbiriyle ilişkilendiren çapraz gergilerdir, F çapraz elemanı ise üst yüzey kirişlerini birbirine bağlar.

F çapraz bağlantı elemanları, çatının her iki yüzeyiyle yaklaşık 45 derecelik açı yapacak şekilde bağlanmalıdır. Her bir çatıda en az dört "F" diyagonali bulunmalıdır.

G doğrusal bağlantı elemanları, makasların tepe noktalarına ve makas bağlantı elemanlarının alt yüzey kirişlerinin kesiştiği yere uygulanır. Tespitinin yapılmasından önce çatı makasları arasındaki alt ve üst yüzey mesafeleri kontrol edilmelidir.

H doğrusal bağlantı elemanları, makas bağlantı elemanlarının üst yüzey kirişinin kesiştiği yere uygulanır.

J çapraz bağlantı elemanları, 8m'den fazla makas açıklıklarında kullanılırlar. Kısa mesafelerle bir ağ oluştururlar, eğimleri genelde aşağıdan yukarı doğrudur.

K çapraz bağlantı elemanları, alt yüzey kirişleri üzerinde makasları birbirine bağlarlar. Yaklaşık 45 derecelik açıyla, “W” şekli oluşturacak şekilde yerleştirilirler.

Bugüne kadarki İngiltere Standartlarına göre bağlantı elemanlarıyla ilgili kesit alanı dışında herhangi bir kural yoktur. Son Standartlarda ise bağlantı elemanlarının, ahşap türlerinden herhangi biri kullanılarak, minimum en ebadı 22mm, boy ebadı 89 mm, kesit alanı ise 2134 mm² olarak belirtilmiştir. Buna göre minimum bağlantı eleman ebatları 22mm x 97mm, 24mm x 89mm olabilir.

Bağlantı elemanlarının, konstrüktif ahşap makaslarıyla birleşimlerinde 2 x 3.5 mm galvanizli çivilerin kullanılması gerekir. Minimum çivi boyu ise bağlantı elemanı en ebadı artı 32 mm şeklinde olmalıdır. Örneğin, 22mm kalınlığındaki bağlantı elemanı için 54 mm uzunluğunda çivi, 24 mm kalınlığındaki bağlantı elemanı için ise 56 mm uzunluğunda çivi kullanılmalıdır[6].

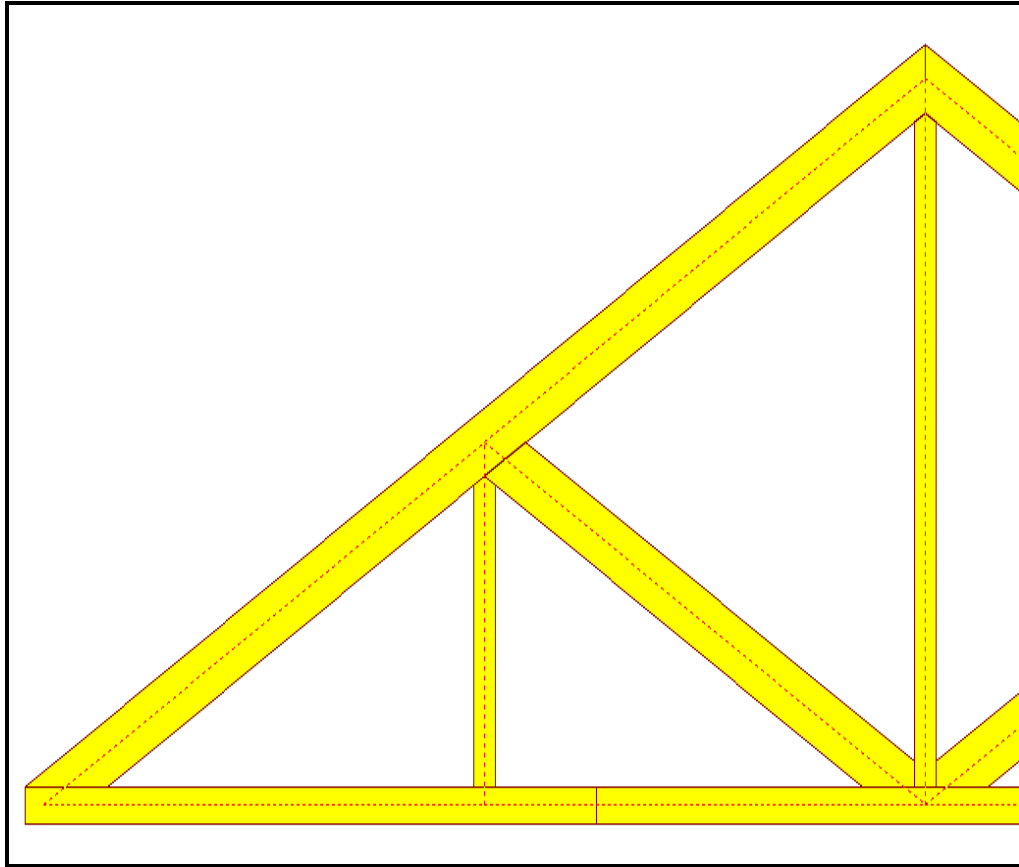
3.2.2. Avrupa’da kullanılan sık ve geniş aralıklı ahşap kafes çatılarda birleşim şekilleri ve kullanılan araçlar

Avrupa’da kullanılan ahşap kafes çatı sistemlerinde çatıyı oluşturan makasların statik hesabı; kar yükü, rüzgar yükü, çatı ve tavan yükleri göz önüne alınarak hesaplanır. Makas kesitleri ve birleşim araçlarının biçimlenmesinde, kafesin geçtiği açıklık ve

kafesin şekli de önemli rol oynar. Makas üreticileri ve imalathaneler makas dizaynıyla ilgili destek sağlarlar[18].

Kafes sistem ahşap çatılarda birleşim şekilleri

Kafes sistemi oluşturan birleşimler düzlemseldir. Kullanılan ahşabın boy kesimi makinelerle yapılır, ustalık ve işgücüne dayalı marangoz tipi dişli birleşimler yoktur.



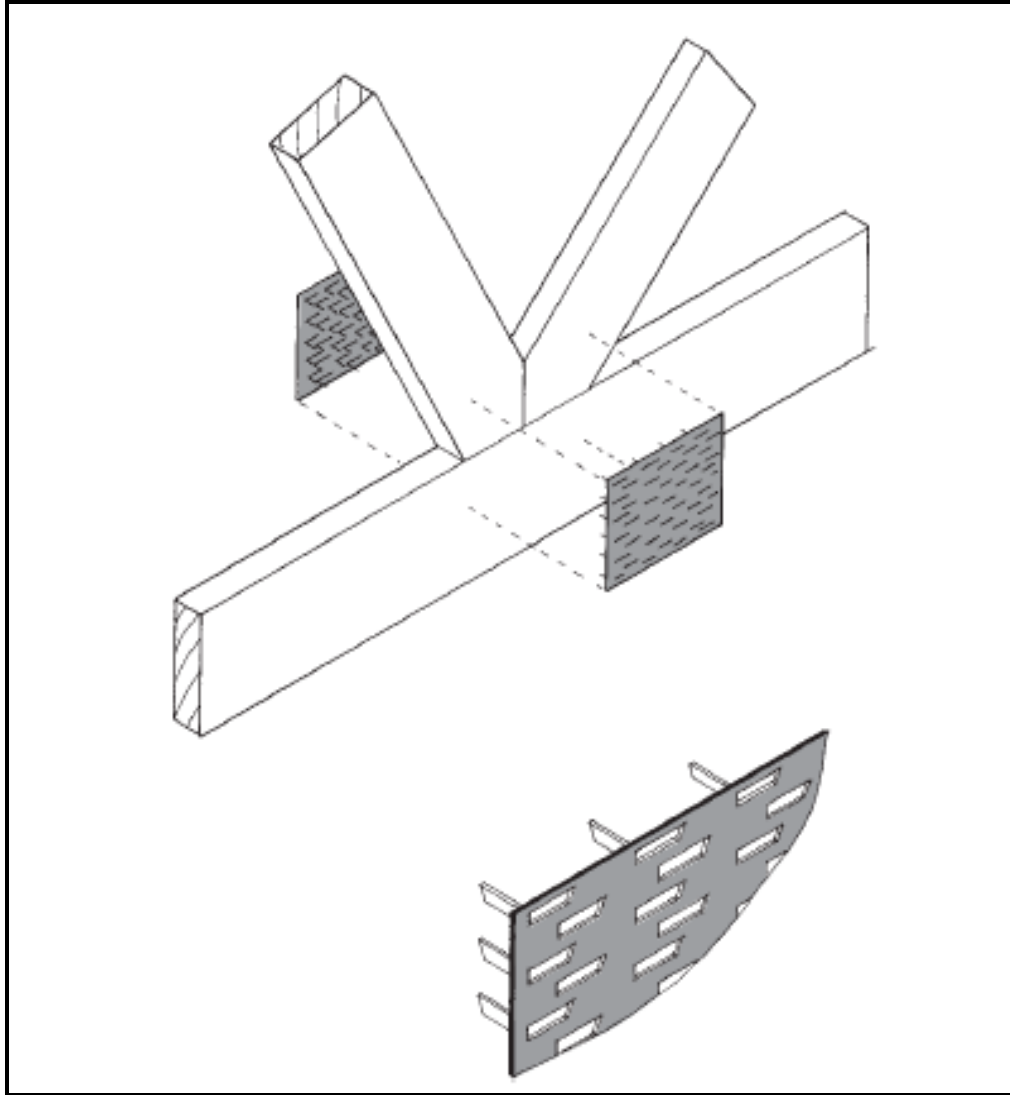
Şekil 3.7. Düzlemsel kafes birleşimi

Kafes sistem ahşap çatılarda birleşim araçları

Hesapları yapılan ve ahşap kafesi oluşturan birleşim araçları üçe ayrılır[6]:

1. Kendinden çivili metal birleşim araçları

Ahşap kafesler; kendinden çivili metal bağlantı elemanlarının, ahşabın her iki tarafına preslenerek fabrika ortamında tezgahlarda hazırlanmasıyla oluşturulur. Bu tip birleşimlerin çatının kurulacağı alanda yapılması mümkün değildir, makine, alet ve ekipmanın fabrika veya atölye ortamında sağlanması gerekir.



Şekil 3.8. Kendinden çivili metal birleşim araçları

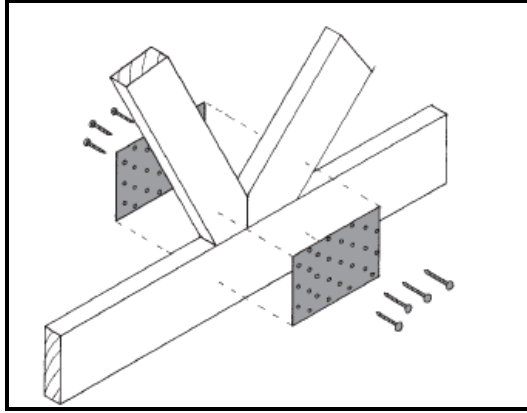
Yaklaşık 4 dakikada tamamlanan örnek kafes imalatı Resim 3.2. de verilmiştir.



Resim 3.2. Kafes elemanlarının tezgahlarda çivili metal elemanlarla preslenmesi

2. Delikli metal birleşim araçları

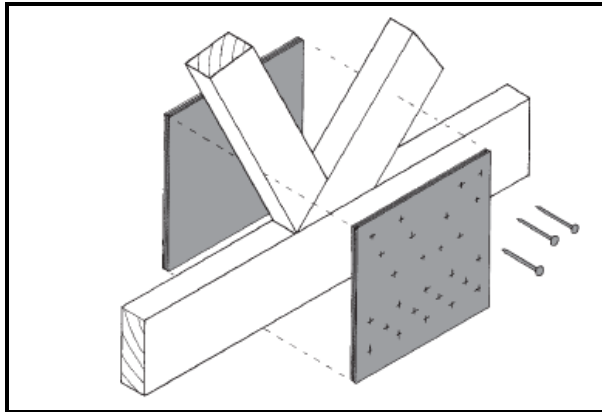
Ahşap kafesler, metal plakaların iki tarafına galvanizli çiviler uygulanarak hazırlanır. Birleşimler çatının kurulacağı alanda, yerinde yapılabilir.



Şekil 3.9. Delikli metal birleşim araçları

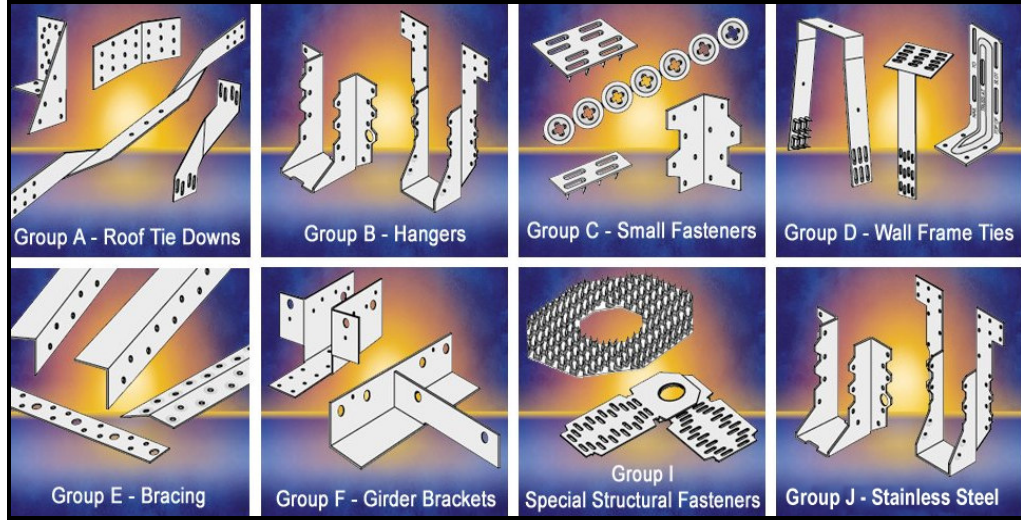
3. Plywood birleşim araçları

Ahşap kafesler, plywood malzemenin fabrika ortamında tutkalanıp, iki tarafa preslenmesiyle veya tutkalsız iki taraftan çivilenmesiyle oluşturulur. Çivi kullanılan plywood malzemenin çatının kurulacağı alanda yani yerinde uygulanması mümkündür[6].



Şekil 3.10. Plywood birleşim araçları

Ahşap kafes çatı sistemini oluşturan birleşimler dışında kullanılan diğer araçlar



Şekil 3.11. Diğer birleşim araçları

Avrupa’da kullanılan kafes sistem çatıda kullanılan diğer birleşim araçları aşağıda açıklanmıştır.

1. Çatı altı birleşim araçları

Makas, yastık kirişi bağlantısıyla ilgili birleşim araçları bu gruba girer.

2. Askılar

Ahşap kafesleri kirişlere bağlar.

3. Küçük bağlantı elemanları

4. Duvar -çerçeve bağlantıları

Ahşap yapıda duvarı oluşturan panellerin bağlantısında kullanılan ve duvar, zemin ilişkisini sağlayan birleşim araçları bu gruba girer.

5. Destek bağlantıları

Yastık kirişi-duvar bağlantı şeritleri, makas aralığının ölçülmesi, yardımcı şeritler gibi birleşim araçları bu gruba girer.

6. Kiriş destekleri

Makasları ahşap kirişlere bağlamak için kullanılan birleşim araçları bu gruba girer.

7. Özel bağlantı elemanları

8. Düğüm bağlantı elemanları

Tavan, panel birleşimlerinde kullanılan düğüm noktası profilleri bu gruba girer.

3.3. Çatıların Taşıyıcı Sistemine Göre Sınıflandırılması

Çatıya gelen yükleri alt yapıya aktaran ana taşıyıcı sistemlerdir. Ahşap çatılar taşıyıcı sistemlerine göre üçe ayrılır. Bu sınıflandırmada ilk sınıf, çatının düşey yüklerinin doğrudan bir taşıyıcı döşemeye yada duvarlara oturtulmasına göre; ikinci grup çatının düşey yüklerinin taşıyıcı mesnetlere (ya da duvarlara) bir asma makas sistemi ile oturtulmasıdır. Üçüncü grup, ilk iki sistemin karma olarak kullanılması halidir[19].

Buna göre çatılar;

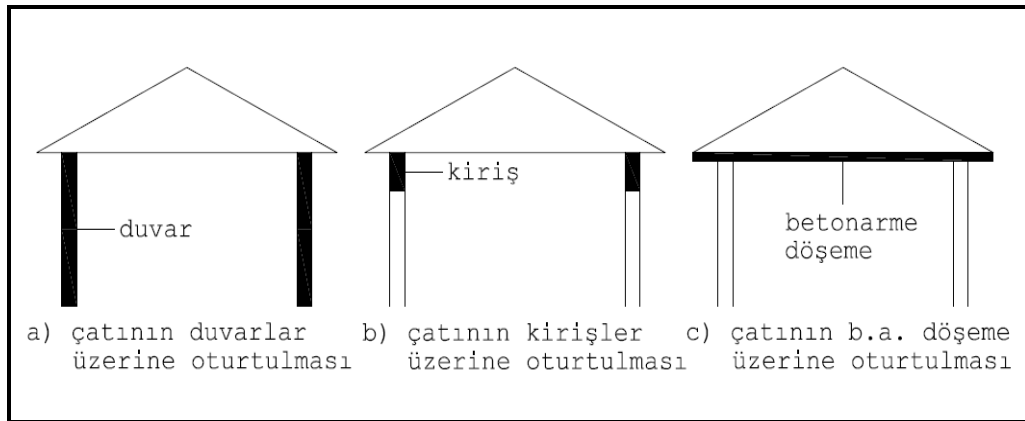
1. Oturtma çatılar
2. Asma çatılar
 - 2.1. Geleneksel Asma Çatılar
 - 2.2. Avrupa'da Kullanılan Sık Aralıklı Kafes Sistem Çatılar
 - 2.3. Geniş Aralıklı Kafes Sistem Çatılar
3. Karma çatılar şeklinde sınıflandırılmıştır.

Bu sınıflandırmadaki ana hareket noktası çatıya ait düşey yüklerin bir taşıyıcı sisteme (duvar/döşeme) doğrudan oturtulması ya da makas gibi eğilmeye çalışan ve kendisine gelen yükleri mesnetlere ileten rijit bir elemanla oturtulup oturtulmamasıdır. Bu bağlamda, düşey yükleri doğrudan taşıyıcıya ileten sistemlere oturtma çatı, dolaylı olarak ileten sistemlere asma çatı, her iki sistemin bir arada bulunduğu sistemlere karma çatı adı verilir[20].

Karşılaştırmaya konu olan Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes sistem ahşap çatılar ve yine Eurocode5'e göre hesabı yapılan geniş aralıklı kafes sistem, yüklerin mesnetlere doğrudan iletilmesi prensibine göre geleneksel asma çatılarla beraber asma çatılar grubuna dahil edilmiştir.

3.3.1. Oturtma çatılar

Merteklerden aşıkların üzerine gelen çatı yüklerini, çok sayıda dikmeler aracılığı ile alıp hemen altında bulunan plak, kiriş gibi taşıyıcılara aktaran çatılara oturtma çatılar denilmektedir. Oturtma çatıların betonarme plaklara yük aktarması en sık rastlanan uygulamadır. Plan düzeni olarak büyük açıklıkları olmayan binalarda uygulanan çatı sistemidir. Bu sistemde, bütün çatı ağırlığı ile kar ve rüzgar yükleri taşıyıcı elemanlara aktarılır [21].



Şekil 3.12. Oturtma çatının kurulum şekilleri

Çatıya etkiyen yüklerin statik taşınma ilkesi düşünülduğünde, yüklerin eğilmeye çalışan mertekler tarafından alınarak yine eğilmeye çalışan asıklara, bunlardan basınç etkili dikmelere, dikmelerden de yukarıda belirtilmiş olan betonarme, çelik konstrüksiyonlu taşıyıcı elemanlara iletildiği görülmektedir [21].

Bu sistemde, bütün çatı ağırlığı ile kar ve rüzgâr yükleri, doğrudan veya önemli sayılmayacak sapsmalara rağmen taşıyıcı elemanlara aktarılır. Kullanılan ahşap kesitleri ve boyları kereste piyasasında bulunabilecek türdendir. Bazı yapılarda beton kalıbından çıkan kereste çatıda kullanım yeri bulur. Aynı düzlem üzerinde bulunan bırakma kirişi, dikmeler aşıklar, kuşaklar, göğüslemeler ve merteklerden oluşan üçgen sisteme çatı makası denir.

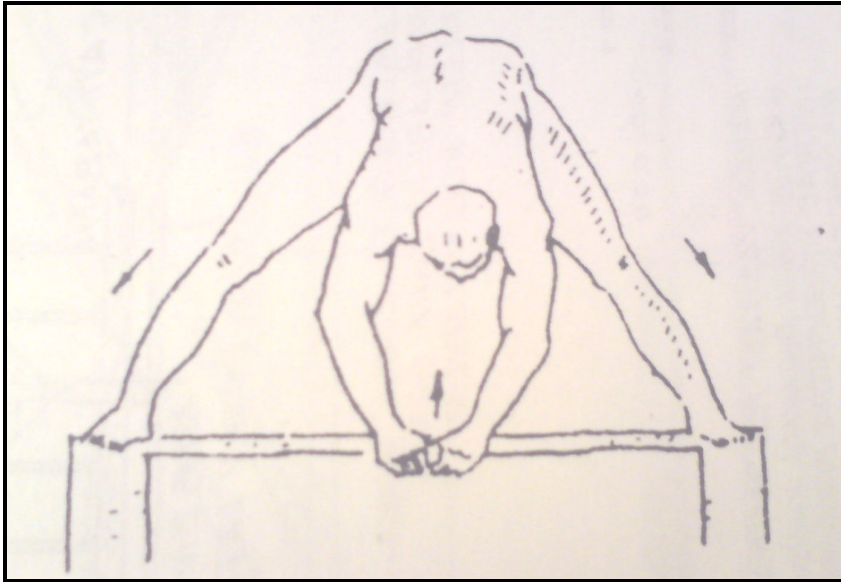
Mahyaya en yakın asık ile, mahya arasındaki uzaklık 2,00 m den fazla değilse, mahya aşığı konmayabilir. Bu takdirde, karşılıklı gelen iki mertek mahyada, zıvana geçme ile birleştirilir. Aynı düzlem üzerinde bulunan bırakma kirişi, dikmeler, asıklar, kuşaklar, göğüslemeler ve merteklerden oluşan üçgen sisteme çatı makası denir. Her makas arası ya da çatı boyuna gelen her dikme arası, 2,00-2,50 m olur. Aradaki açıklık, kaplama tahtasının kalınlığı, asık aralığı ve merteklik olarak elde mevcut kerestenin kesitine uygun ve genelde 40-60 cm aralıklarla atılan merteklerle azaltılır.

Betonarme döşeme üzerine dikilen dikmelerin altına, boyuna atılan yastık kirişleri yerine, dikme kesitinden daha geniş boyutlu kalas parçaları da konulabilir. Duvar, kiriş yada döşeme üzerine oturtulan yastık kirişi, yada kalas parçalarının altına, neme karşı yalıtım amacıyla rüberoit vb. yalıtım gereçleri döşenebilir[21].

3.3.2. Asma çatılar

Geleneksel asma çatı tanımı ve genel özellikleri

Çatı yüklerinin ahşap elemanlarla oluşturulan bir makas tarafından kenarlardaki taşıyıcılara aktarıldığı çatılara “asma çatı” denilmektedir. Asma çatılar, altında düşey taşıyıcıların istenmediği serbest mekânların üzerine uygulanırlar.



Şekil 3.13. Asma çatı kurulum prensibi

Makaslar ve aşıklar arasındaki mesafeler ile kullanılan parçaların, boyutları ve kurulum şekli oturma çatıların aynısıdır. Farklı olarak çatının yükünü yanlardaki mesnetlere nakleden yanlama ve payandalar kullanılır.

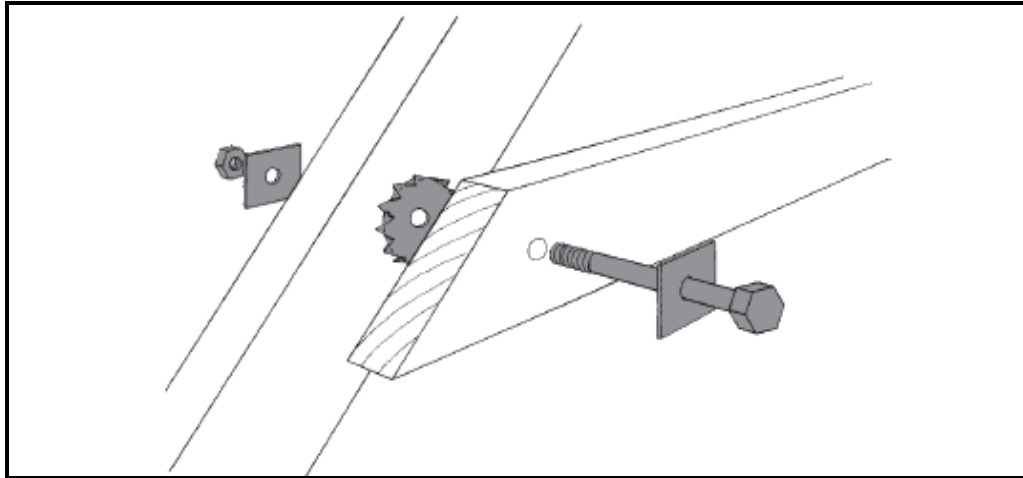
Oturma çatılardaki dikmeler, asma çatılarda baba olarak adlandırılır ve bunların sayısına bağlı olarak bir babalı, iki babalı vb. gibi asma çatılardan söz edilir. Makas elemanlarının birleşim şekilleri geleneksel marangozluk tekniği ve araçlarıyla yapılır. Asma çatılarda taşıyıcı çubukların birleştiği yerlerde (düğüm noktalarında) çubuk eksenlerinin, makasın duvarlar üzerine oturduğu yerlerde de yine duvar eksenleriyle, çubuk eksenlerinin bir noktada kesişmeleri esastır. Çubuklar, aldıkları çekme yada

basınç kuvvetlerini birbirlerine bu noktada aktarırlar. Çubuklar, eksenlerinin birleştiği düğüm noktalarında birbirlerine geçme yaparak ve ayrıca kanca, bulon, lama demiri veya 8 - 10 mm kalınlığında sac levhalarla bağlanırlar[21].

Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes sistem ahşap çatılar

Genel özellikler

1934 yılında, günümüzde TRADA (Timber Research and Development Association) olarak bilinen TDA (Timber Development Association) kurulur. Kurum, Royal Aircraft Establishment tarafından Forest Product Research Laboratories'te gerçekleştirilen ahşapla ilgili çalışmaları devralır. . Royal Aircraft Establishment ismi ahşapla ilgili çalışmalar için yabancı gelse de uçak gövdesi, ve kanatlarının imalatı için yüksek mukavemetli ahşap konstrüksiyona ihtiyaç vardır. Bazı uçak hangarları ahşap konstrüksiyon imal eder ve geniş açıklıkları küçük ahşap kesitlerle geçmek için araştırmalar yapar.

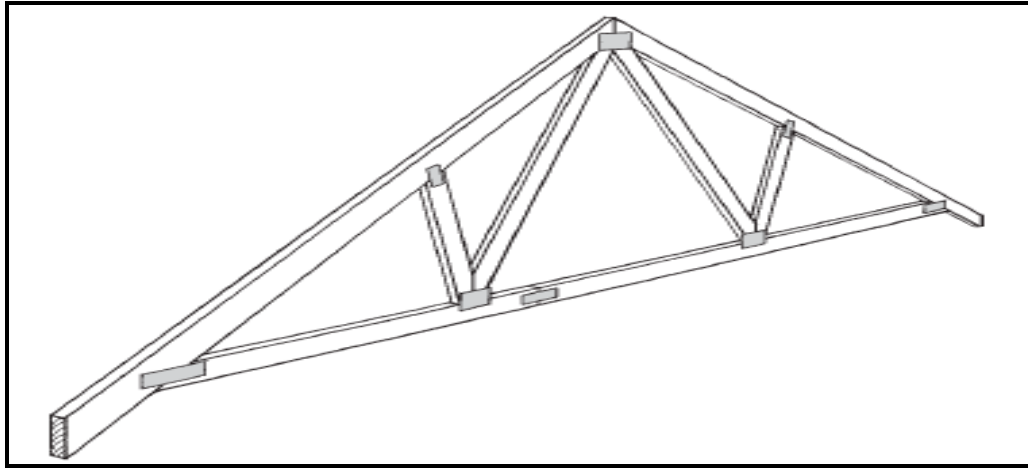


Şekil 3.14. Bulon ve metal plakalarının kafes elemanı birleşimlerinde kullanılması

İkinci Dünya Savaşından sonra yeni binaların inşası için malzemede yaşanan kıtlık, malzemenin ekonomik açıdan etkin kullanımını tetikler. Ahşabın etkin kullanımıyla ilgili çeşitli yollar bulmayı TDA görev edinir. TDA, binaların ahşap

konstrüksiyonunda ve çatılarda büyük miktarlarda kullanılan ahşabı, birleşim yerlerinde geleneksel bağlantılar yerine bulon ve metal bağlantı plakaları kullanarak küçük kesitlerle, daha az miktarda kullanılabileceğini saptar. Böylelikle geleneksel çatı makasları “TDA” makaslarına dönüşür ve küçük modifikasyonlarla günümüzde de kullanılır. Bu tasarımların hayata geçmesi her ne kadar ikinci dünya savaşından hemen sonra gibi görünse de 1950’leri bulmuştur.

1960’ların başında İngiltere, Amerika’da kullanılan kendinden çivili metal konektörlerle tanışır ve makas çatı konstrüksiyonu “TDA” makas sisteminden farklılaşarak yenilenir. Bugün İngiltere’de dört ana plaka üreticisi vardır. Bunlardan ilki 1967’de kurulan ve ismi Hoover’ın vakumlu temizleyiciyi ifade etmesi gibi punç metal plakayla özdeşleşen Gang-Nail’dir.



Şekil 3.15. Tipik Fink kafes tipi

Punç Metal Çivili Plakalar fabrikada ahşabın her iki tarafına preslenerek uygulanır. Üretilen makaslar birbirine 600 mm arayla yerleştirilir ve “Makas Çatı Kirişi” olarak nitelendirilir.

Yeni nesil makaslar fabrikada üretilir ve kurulacağı alana taşınır. Bazı makas tipleri için üretim, kurulacak alanda da gerçekleşebilir. Tasarlanan çatı tipine göre değişik

boyutlarda plakalar kullanılır ve makas imalatında mukavemetine göre sınıflandırılmış ahşap kullanılır[6].

Birleşim yerlerinde metal plakaların yanı sıra çivili veya tutkallı plywood'da kullanılabilir. Tutkal kullanımı metal kullanımı kadar popüler değildir ancak birleşimi için özel ekipman gerektirmemesi avantajlarından. Çivi uygulanan delikli galvanizli çelik plakalar da makas oluşumunda kullanılabilir. Makasın uygulanacağı yerde imalatına imkan vermesi avantajlarından[6].

Prefabrike yapı elemanı olarak ahşap kafes sistemler

Endüstri ve prefabrikasyon tanımı

Endüstri, devamlı veya belli zamanlarda, makine ve benzeri araçlar kullanarak bir madde veya gücün niteliğini veya biçimini değiştirerek toplu üretimde bulunan faaliyet dalıdır.

Standartlaşma, makineleşme, işbölümü, işlemlerde tekrar ve uzmanlaşma, işlemlerin sıralanması, seri üretim ve rasyonelleşme endüstrileşmiş üretimin temel ilkelerini oluşturmaktadır [22].

Yapım sektöründeki endüstrileşmenin bir sonucu olarak gelişen teknolojilerden biri de prefabrike sistemlerdir. Yapıyı oluşturan elemanların özel bir yerde endüstriyel üretim teknikleri kullanılarak üretilmesine “prefabrikasyon” denir.

Prefabrikasyon, ikinci dünya savaşı sonrasındaki yıkım sonrasında hızlı yapılaşma ihtiyacından dolayı yaygınlık kazanmış, hızla artan nüfusla birlikte artan ihtiyaçlar paralelinde gelişmiş, bugünkü düzeyine ulaşmıştır [23].

Prefabrikasyonun avantajları, dezavantajları

Prefabrikasyonun avantajları ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

Prefabrikasyonun avantajları:

- 1) Yapım hataları en aza indirilebilir.
- 2) Kalite ve uzun ömür birlikte sağlanır.
- 3) Malzemelerde zayıf en aza iner.
- 4) Üretimde süreklilik ve tekrar sayesinde uzmanlaşma sağlanır.
- 5) Her mevsim üretim yapılabilir.
- 6) Seri üretim sayesinde birim ürün başına düşen maliyet azalır.
- 7) Ürünün yapım süresi kısalmır.
- 8) Kısa sürede daha fazla üretim yapılabilir.
- 9) Prefabrike eleman üretiminde öngörülen maliyet ile gerçek maliyet arasında çok büyük farklar ortaya çıkmaz ve belirlenen bütçe dahilinde kalınır.
- 10) Bakım, onarım, tadilat ihtiyacı azalır.

Prefabrikasyonun dezavantajları:

- 1) Prefabrikasyon için yüksek bütçeli ön yatırıma ihtiyaç vardır.
- 2) Prefabrike elemanların inşaat yerine taşınması ek bütçe gerektirmektedir.
- 3) Prefabrike yapıların montajı özel itina, araç, kalifiye işçilik gerektirir.
- 4) Özellikle deprem bölgelerinde prefabrik elemanların ek yerlerinde özel birleşim detaylarına ihtiyaç vardır.
- 5) Prefabrike yapıların ek yerlerinin su ve nem etkisinden korunması gerekir[24].

Bilgisayar destekli tasarım ve makas üretimi

İngiltere de, kafes kiriş endüstrisi, bilgisayar destekli tasarım; çizim ve imalat bilgisi açısından ahşap yapı komponentlerinin en uzman üreticileridir. Panel ev imalatında, tüm sistemlerde tescilli metal plakalar ahşap duvar tasarımları için de kullanılmaktadır. Bu durum, üreticilere sadece çatının değil, aynı zamanda tüm yapının dizayn kabiliyetini sağlar. Tüm plaka üreticileri, kendi imalatçalarına network üzerinden PC'lerde kullanmak üzere komplike programlar sağlarlar. E-mail

ve verinin etkin kullanımı, bilginin sistem tasarımcısından çatı tasarımcısına ve son kullanıcıya ulaşmasını sağlar.

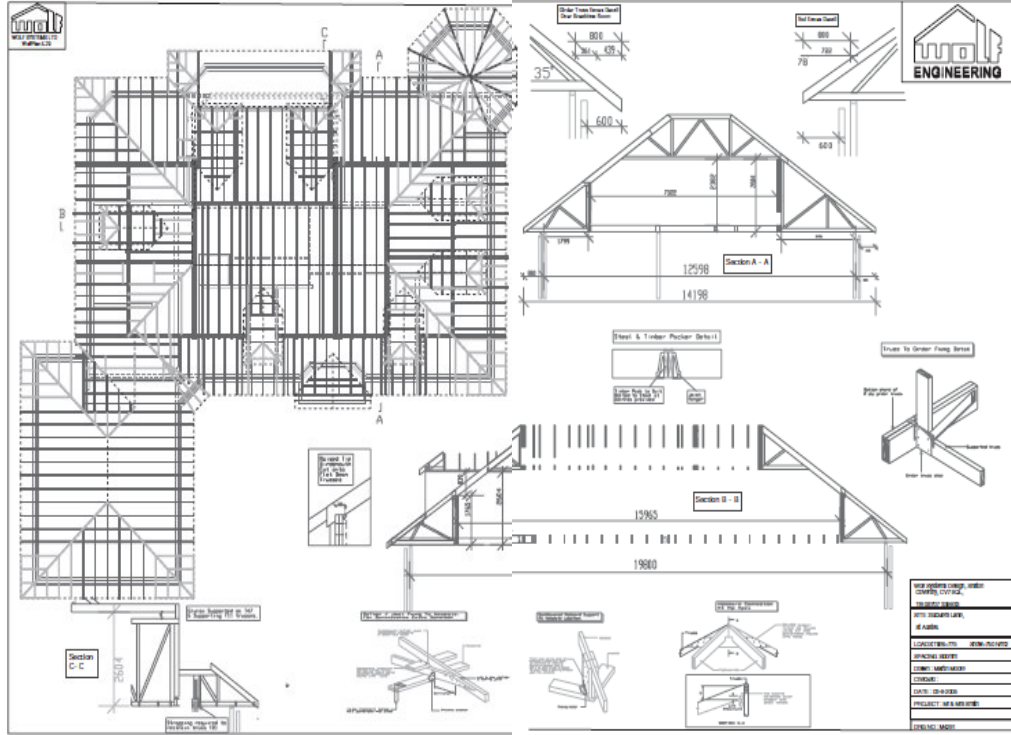
Programların sağladıkları:

- 1) Kafes kirişlerin şekline göre strüktürel hesap yapar. Hızlı alternatif üretir.
- 2) Seçilen tasarıma ait maliyet hesabı yapar.
- 3) Maliyeti, müşteri için bir belge şekline dönüştürür.
- 4) Yönetmeliğe uygunluğunun denetlenmesi amacıyla tüm mühendislik hesaplarını üretir.
- 5) Çatı tipini, bağlantı detaylarını gösteren bilgisayar destekli çıktı üretir. Yapısal birçok detay bilgisayarın veri bankasında mevcuttur. Wolf'e ait çıktının bir bölümü şekilde görülmektedir.

Üretim verilerinin içeriği ise:

- 1) Kereste boyu, sınıfı, adeti, ebadı ve plaka şartnameleri
- 2) Kesim verileri; içerisinde her bir kerestenin milimetrik açısı, boyu ve kereste sınıfının olduğu.
- 3) Plaka verileri; içerisinde plaka ölçüleri ve plaka pozisyonlarının bulunduğu.
- 4) Testere ayarları
- 5) Üretim tarihine göre fabrika yönetimi, stok kontrolü, otomatik sipariş şeklinde sıralanabilir.

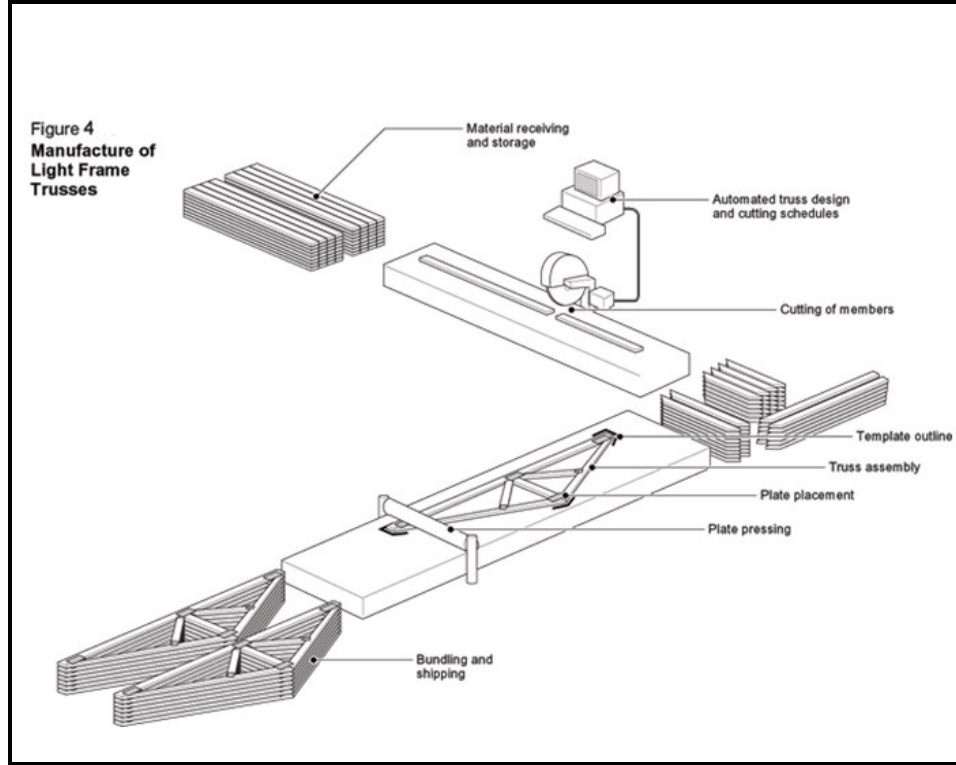
Bugün, birçok plaka üreticisi ve imalatçı veri transferi için e-mail kullanmaktadır. Fabrikalardaki CNC kesiciler, bilgisayar tarafından oluşturulan kesim verilerini merkezi tasarım ofislerinden edinmektedir. Bu durum, kağıtsız üretim sürecini oluşturur ve nümerik testereleere yanlış veri yazma olasılığını ortadan kaldırır.



Şekil 3.16. Çatı şekli ve elemanlarının bilgisayar çıktısı

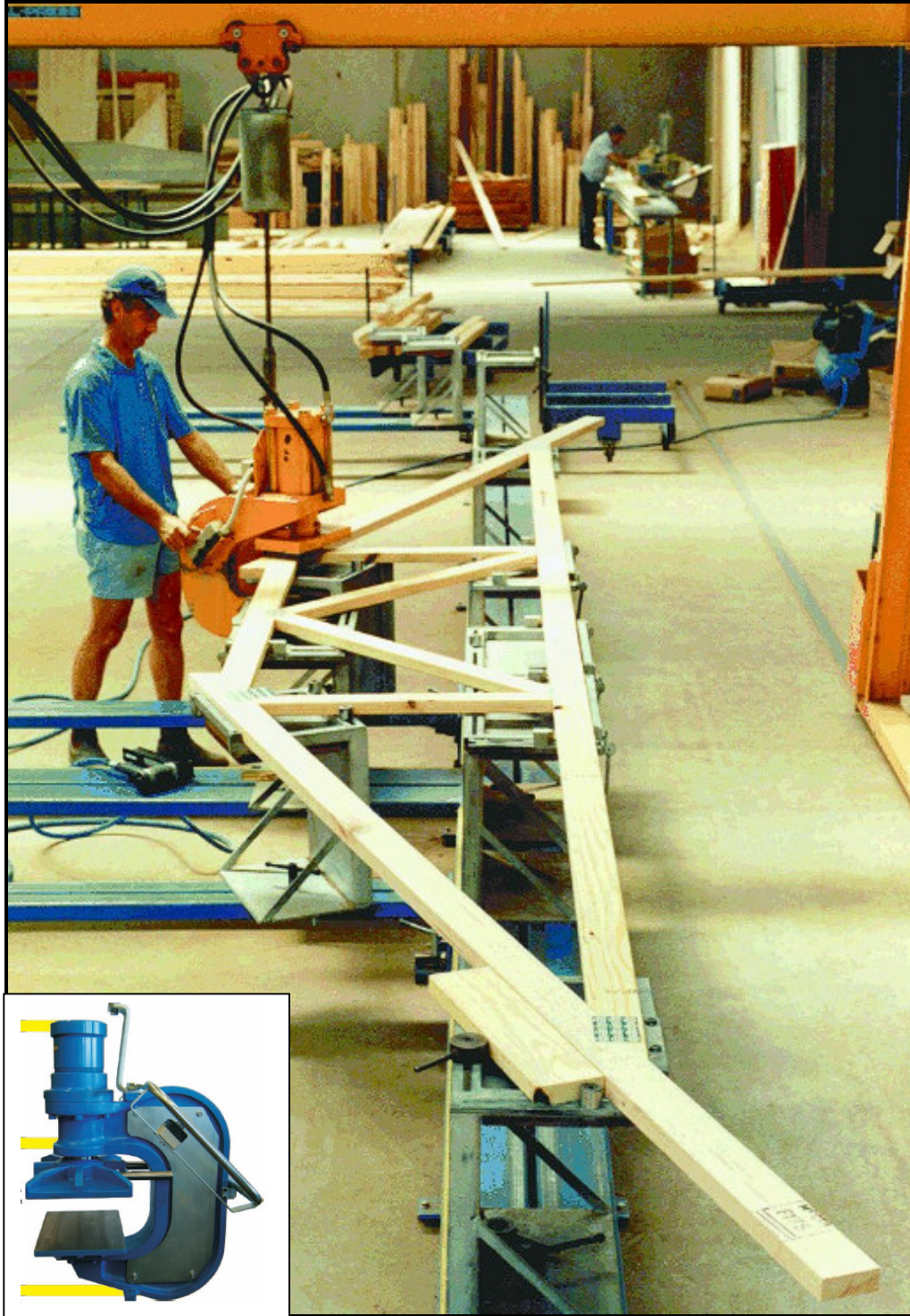
Kendinden çivili metal plakaların uygulandığı ahşap kafes çatılar üretim aşamasında bir takım seri işlemde geçmektedir. Bu işlemler sırasıyla; kafesi oluşturan ahşabın fabrikaya getirilip depolanması, ahşap elemanların ve birleşim araçlarının ilgili yöneltmelik doğrultusunda hesaplanması, hesap sonucu ahşapların boy kesimi, boy kesimi yapılan ahşabın metal birleşim araçlarıyla tezgahlarda preslenmesi. Üretilen ahşap kafeslerin depolanması, nakliye ve montajı.

Günümüzde İngiltere de, kendinden çivili metal bağlantı plakaları kullanılarak, yılda iki milyonu aşkın üretim yapılır. Fabrikaların kapasitesine, makine-ekipman sayısına ve modeline bağlı olarak üretilen kafes adeti haftada 200 ile 5000 arasında değişir[6].



Şekil 3.17. Çatı kafesi üretim süreci

Şekilde, ahşap çatı kafes kirişinin üretim aşamaları gösterilmiştir. Statik hesabı yapılmış ahşap kafes kirişe ait kerestelerin boy kesimi yapıldıktan sonra pres tezgahında metal plakalarla birleştirilir. Oluşan makaslar düz bir zemin üzerinde birbiri üstüne istiflenerek depolanır.



Resim 3.3. Kendinden çivili metal plakaların, ahşaba iki yönlü sıkıştırılmasını sağlayan pres makinesi.

Ahşap kafes çatı - yapı birleşimi

Prefabrike yapıları bir döküm (monolitik) yapılardan ayıran en önemli fark, birleşim bölgeleridir. Yakın bir geçmişe kadar prefabrike yapılarda oluşturulan birleşim bölgelerinin deprem dayanımı açısından bir zayıflık oluşturduğuna inanılıyor ve bu nedenle deprem riski yüksek ileri batı ülkelerinde prefabrike yapılardan kuşku duyuluyordu. Ancak son yıllarda yapılan yoğun araştırmalar sonunda, deprem türü yüklemeler altında bir döküm kadar sağlıklı davranabilen birleşim detaylarının geliştirilmesinin mümkün olduğu anlaşılmıştır. Bugün en önemli sorun, bu tür birleşim detaylarını kolayca uygulanabilir, ekonomik bir duruma getirebilmektir.

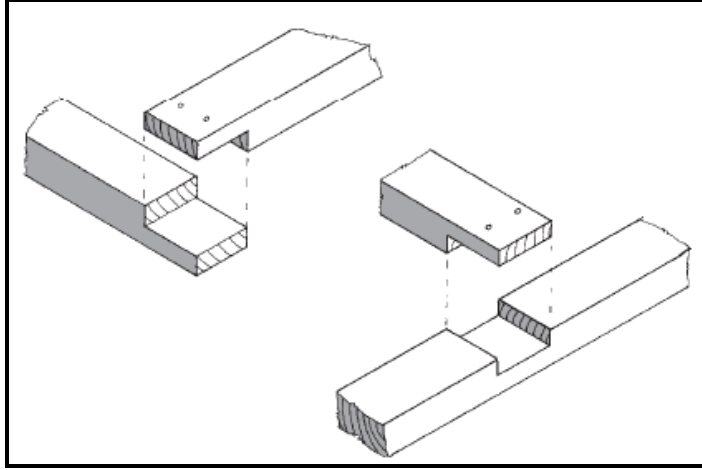
Uygulanabilirlik ve ekonomik olma, büyük oranda yapımın gerçekleştirileceği ülkenin koşullarına bağlıdır. Geçmişte özellikle batı ülkelerinden aktarılan prefabrik sistem ve birleşimlerin birçoğunun, deprem riski yüksek olan ülkemize uygun olmadığı anlaşılmıştır. Bu nedenle, bugün birçok kurum yerel koşullara uygun ve depreme dayanıklı birleşim detayları geliştirme çabası içindedir[25].

Birleşim yerlerine ait plaka boyutları ve diğer birleşim araçlarına ait özellikler ilgili yönetmelikler doğrultusunda hesaplandıktan sonra kullanılmalıdır[6].

Çatıyı; ahşap panel, çelik konstrüksiyon veya duvarla ilişkilendiren duvar yatağı, çatının temelidir. Duvar yatağı çatı kurulumunu kolaylaştıracağı gibi çatı konstrüksiyonunu da sağlamlaştırır[6].

İngiltere Ulusal Ev-Yapı Konseyi NHBC'ye göre duvar yatakları yükü temas ettiği yüzeye dağıtmak için çatı kafeslerinin yerleşeceği tüm duvar boyunca uygulanmalıdır.

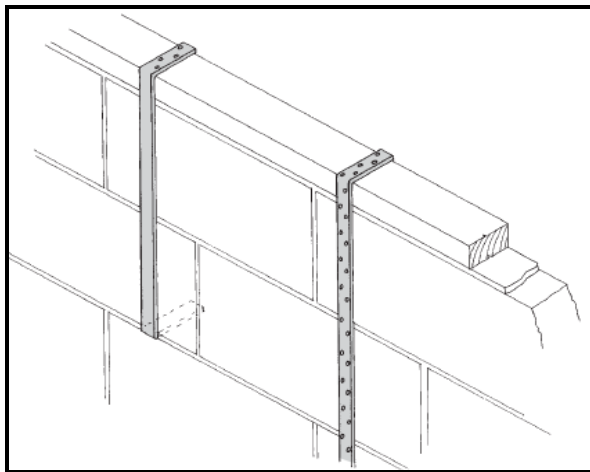
Yatak boyu 3m'den az olmamalıdır. Yatak kesiti ise İskoçya'da minimum 100mmx25mm, Kuzey İrlanda da 100mm x 38mm, İngiltere'de ise 75mm x 50mm olmalıdır. Duvar yatakları birleşimi şekilde görüldüğü gibi olabilir[18].



Şekil 3.18. Duvar yatakları birleşimi

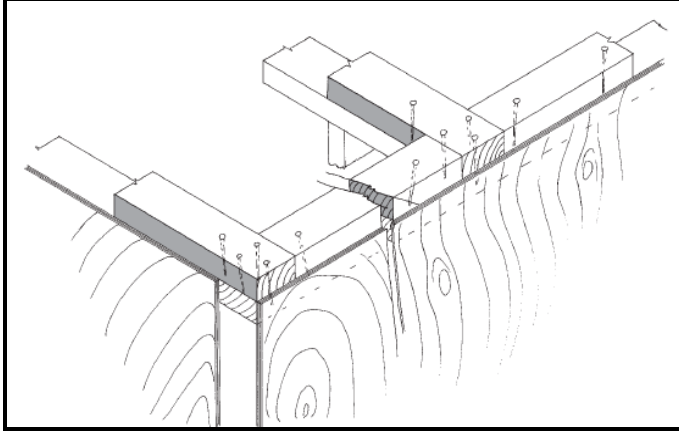
Çatı tasarımcısı, çatının savunmasız bir lokasyonda olduğu durumda veya kiremit ya da çatı örtüsünün çok hafif olduğu durumlarda, duvar yataklarının, alttaki konstrüksiyonla bağlantısını düşünmek zorundadır. Yapı pazarında, bu durumla ilgili şeritler mevcuttur.

İki ana tip şerit vardır: Bunlardan birincisi, blok içine monte edilen, ikincisi ise bloğa vidalanan. Her ikisi de yatakla genelde çivilenerek ilişkilendirilirler[6].



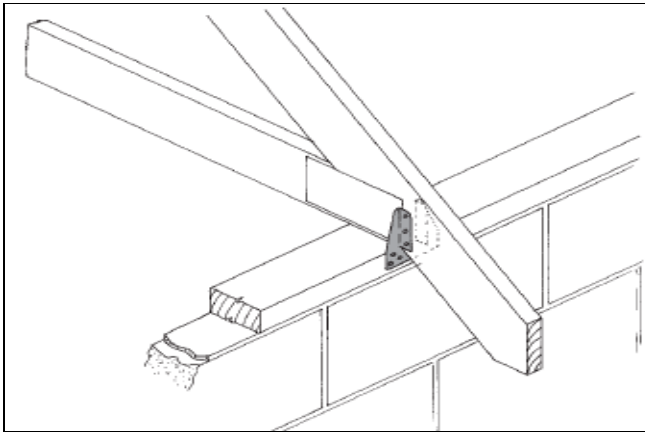
Şekil 3.19. Duvar yatağı, taşıyıcı tuğla duvar birleşimi

Ahşap panel evlerde ise duvar yatağının duvar panellerine merkezden çivilenmesi yeterince güvenlidir.



Şekil 3.20. Duvar yatağı, ahşap panel duvar birleşimi

Duvar yatağının duvara montajı gibi çatı makaslarının veya kafes kirişlerin yatağa bağlantısı da önemlidir. Bu, tüm çatı biçimlerinde vidalanarak yapılabilir ama makaslarda veya kafes kirişlerde vidalama bağlantıya zarar verebilir. Bu da etkili olmayan bir bağlantıyla sonuçlanır. Yapı pazarında bu bağlantıyla ilgili kafes klipsleri ve çerçeve demirler mevcuttur. Bulonlu kafes çatılar ise direk olarak duvarla ilişkilendirilebilirler[6].



Şekil 3.21. Kafes, duvar yatağı birleşimi

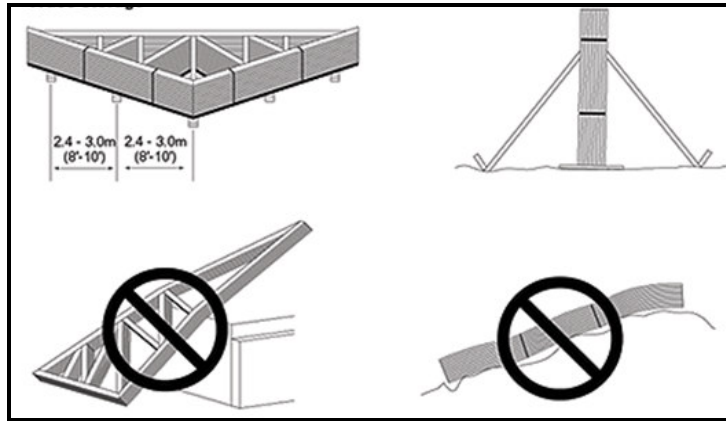
Ahşap kafes çatı sistemlerin nakliyesi ve şantiyede depolanması

Ahşap kafeslerin şantiyeye taşınması kafese zarar vermeyecek şekilde yapılır. Geniş açıklıklı kafesler için modifiye edilmiş tır kullanılabilir.



Resim 3.4. Ahşap kafeslerin şantiyeye nakliyesi

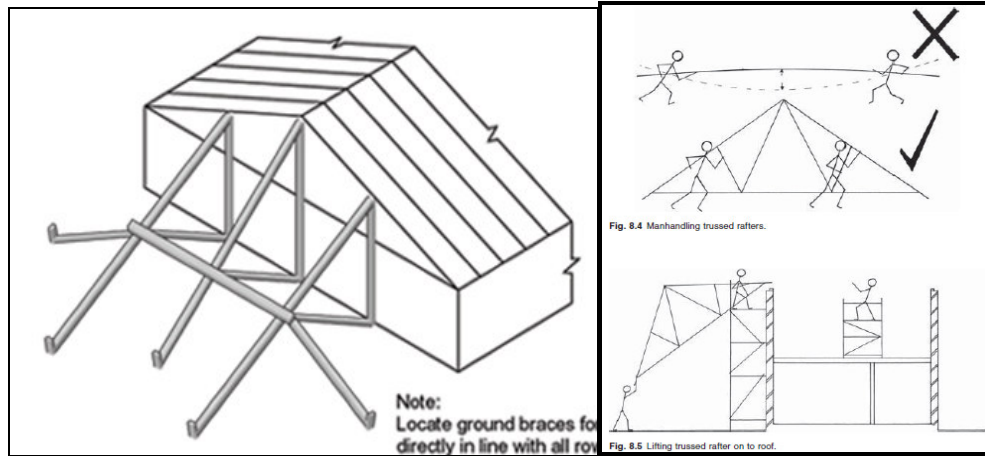
Nakliyesi yapılan kafesler şantiyede depolandırılırken şekilde görüldüğü gibi düz bir alana dik yerleştirilmeli veya ahşap kadranlar üzerine yatırılmalıdır. Kırılgan kafesler, düz olmayan, eğrisel yüzeylere yaslanmamalıdır.



Şekil 3.22. Ahşap kafeslerin şantiyede depolanması

Ahşap kafes çatı sistem kurulumu

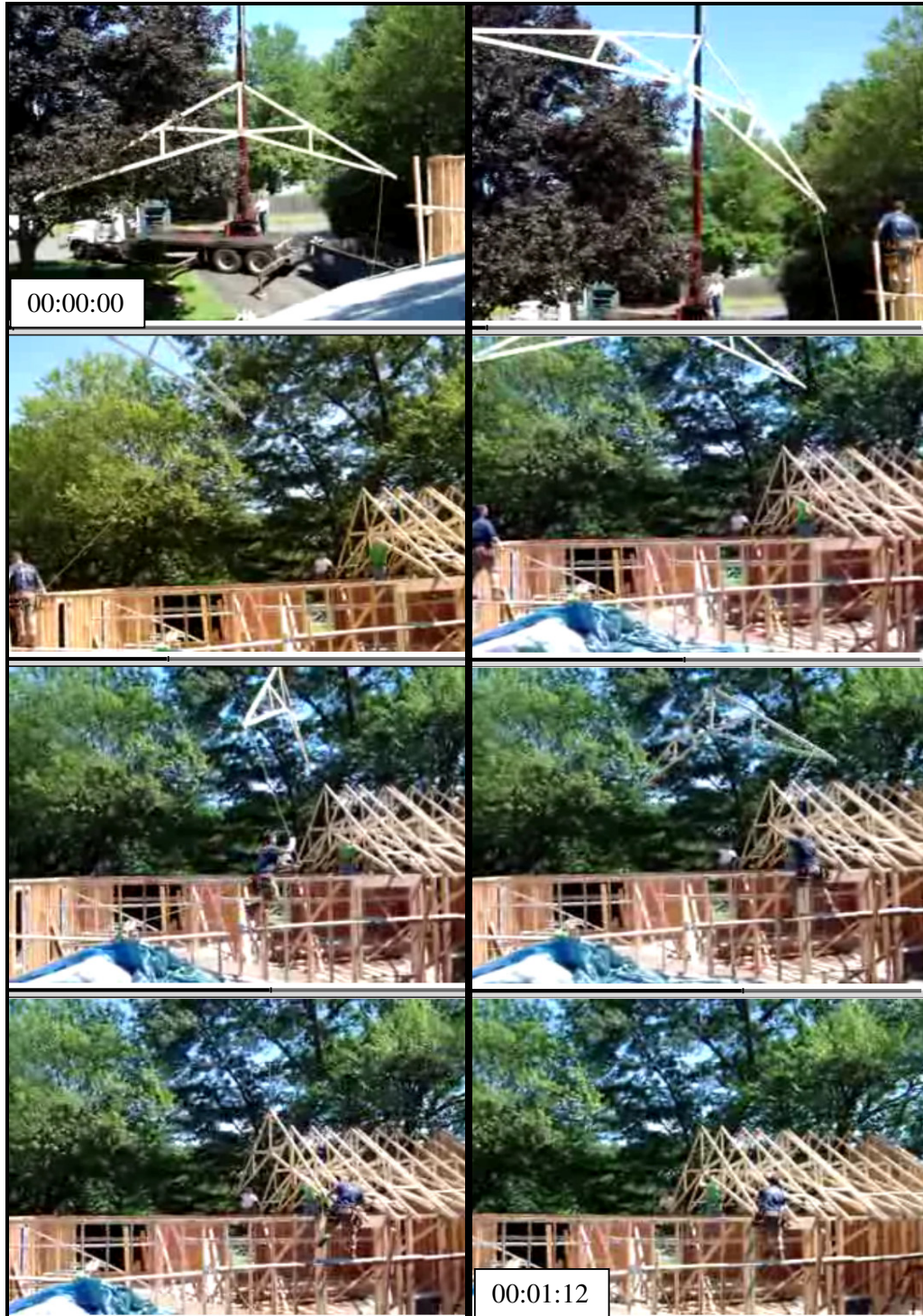
Fabrikada veya kurulacağı alanda hazırlanmış olan makaslar vinç yardımıyla, ya da insan gücüyle; ilk çatı makası stabilitesi sağlandıktan sonra, çatı platformunda birleştirilirler.



Şekil 3.23. Ahşap kafes çatı kurulumu

Çatı kafesleri çoğu kez iki kişinin rahatlıkla taşıyabileceği kadar hafiftir. Yardımcı araç ihtiyacı olmayan durumlarda makaslar, genellikle iki kişi tarafından taşınır. Çatı açıklığı 9m' den veya çatı eğimi 35° den fazla olan makasların birleşiminde vinç, mobil vinç gibi yardımcı ekipmanlara ihtiyaç duyulur[6].

Çatı makasları aşağıdaki resimde görüldüğü gibi bir tanesi bir dakika on iki saniyede taşınmak üzere, vinç yardımıyla tek tek veya demetler halinde taşındıkları gibi, şantiye alanında birleştirildikten sonra iskelet olarak ve kimi zaman da üst örtü ile birleştirildikten sonra bir bütün halinde çatı platformuna taşınabilirler.



Resim 3.5. Ahşap kafeslerin tek tek vinçle kurulumu



Resim 3.6. Ahşap kafeslerin bir bütün halinde vinçle kurulumu

Ahşap kafes çatılar, ahşap yapılarda uygulandığı gibi betonarme, çelik ve yığma konstrüksiyonlu yapılarda da uygulanmaktadır.



Resim 3.7. Ahşap kafes çatı sisteminin çelik yapıda kullanılması



(a)



(b)

Resim 3.8. Ahşap kafes çatı sisteminin betonarme yapıda kullanılması

Sık aralıklı ahşap çatı kafes sistem güncel malzeme uyumu

Çatı yaptırmak isteyen kişi; açıklığı, çatı eğimini, merkezleri arası genelde 60 cm olan ahşap kafes aralığını, şeklini, shingle, ply-wood, alçıpan dışında oluşacak özel yükleri belirtir. Bir ev için gerekli, merkezleri arası 60 cm olan kafes sayısı, evin uzunluğunun ikiye bölünüp, üst sayıya yuvarlandıktan sonra bir eksilmesiyle bulunur. Buna ilave olarak iki uç kafeste eklenmelidir. Örneğin, 51 feet uzunluğundaki bir ev için 25 kafes ve 2 uç kafese ihtiyaç vardır[18].



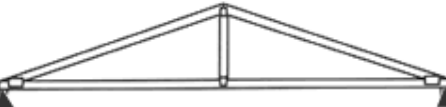
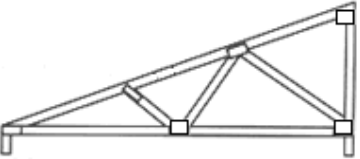
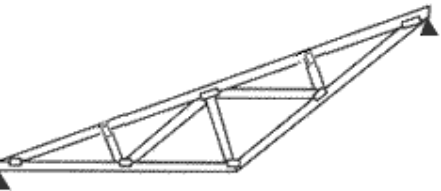
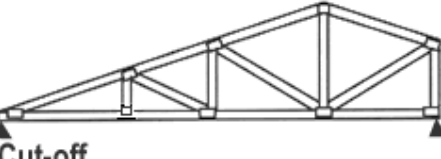
Avrupa da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatılarda genelde çatıyı tamamlayıcı olarak OSB üzerine membran ve shingle, tavan da ise alçıpan kullanılır. Isı yalıtımı alçıpan üzerine döşenir. Çatıyı oluşturan OSB ve alçıpan boyutları 60 cm aralıklı kafes sistemle uyumludur. 60 cm aralıklı kafesler OSB ve alçıpan için bir taşıyıcı konstrüksiyon oluşturur, işçilik azalır, maliyet düşer. Çatı bir bütün olarak incelendiğinde malzemeler arası ölçüsel bir ilişki söz konusudur. 120x240 cm'lik OSB ve alçıpan ölçüleri TRADA tarafından optimize edilen 60 cm'lik aralıkla uyumludur.



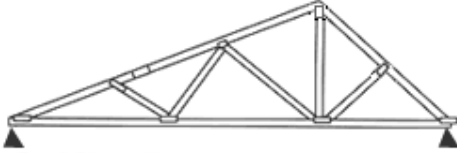
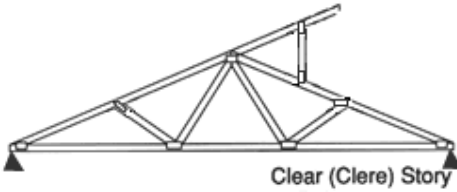
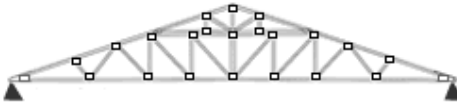
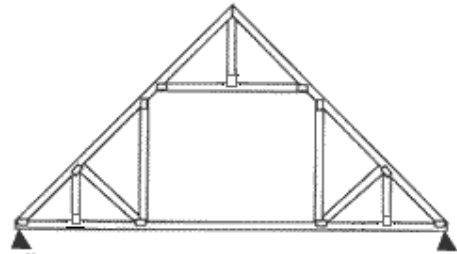
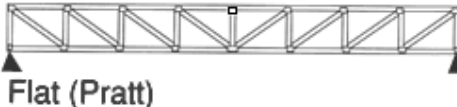
Resim 3.9. 60 cm lik ahşap kafes aralığı ve üst örtü ölçüsel ilişkisi.

Çeşitli açıklıklarda ahşap kafes çatı tipleri

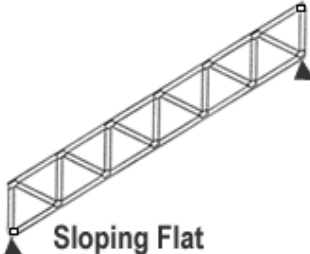
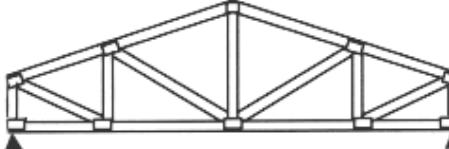
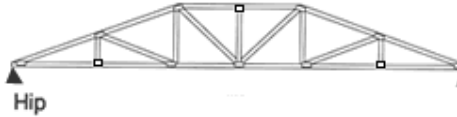
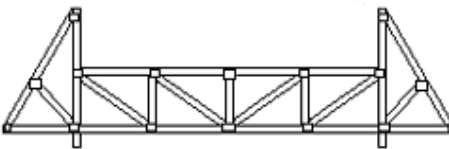
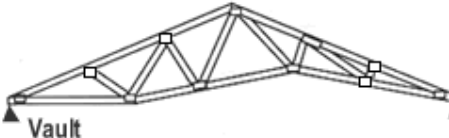
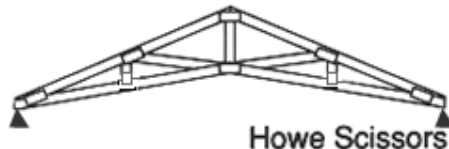
Sık kullanılan çatı tipleri endüstriyel terminolojisi kullanılarak özetlenmiştir.

Çatı Şekli	İsmi	Açıklama
 <p>Howe</p>	Howe	<p>Bu tip kafesler tekil açıklıklarda, ikiden çok mesnetli uygulamalarda ve konsol olarak kullanılabilirler.</p> <p>8-9 m açıklıklar için genelde Fink makas tipi tercih edilir.” W” türevleri ise 14m’ye kadar kullanılabilir.</p>
 <p>Fink (W)</p>	Fink	
 <p>Kingpost</p>	Kingpost	
 <p>Mono</p>	Mono	<p>Mono tip kafesler tekil açıklıklarda, ikiden çok mesnetli uygulamalarda ve konsol olarak kullanılabilirler.</p>
 <p>Inverted</p>	Inverted	<p>Açıklığın bir kısmı boyunca tonozlu tavan oluşturmak için kullanılır</p>
 <p>Cut-off</p>	Cut-off	<p>Üçgen kafes uygulamanın elverişsiz olduğu durumlarda kullanılır.</p>

Şekil 3.24. Sık kullanılan kafes tipleri

Çatı Şekli	İsmi	Açıklama
 <p>Dual Slope (Double Pitch)</p>	Dual Slope	Asimetrik eğim istendiği durumlarda kullanılır.
 <p>Clear (Clere) Story</p>	Ridge Truss	Kademeli çatı görünümü istendiğinde uygulanır.
 <p>Three Piece Long Span or High Pitch (field connected)</p>	Piggyback (Three piece)	Kafeslerin nakliye için çok geniş olduğu durumlarda kullanılır.Hip makası üzerine gable end makas kombinasyonu şeklinde dizayn edilir ve üç parça halinde taşınır.
 <p>Room-In-Attic</p>	Attic	Makas içinde çatı arası, depo vb. kullanım alanı sağlar. Alt kısım zemin görevi görür.
 <p>Flat (Pratt)</p>	Flat or Parallel Chord	Çatı veya döşeme olarak kullanılır. Tek açıklıklı veya birden çok mesnedi olan yerlerde üst veya alt kiriş olarak dizayn edilir.Bir taraftan veya iki yönlü çıkma olarak da kullanılabilir. Eğimli olarak da üretilir.

Şekil 3.24. (Devam) Sık kullanılan kafes tipleri

Çatı Şekli	İsmi	Açıklama
 <p>Sloping Flat</p>	Sloping Fla	Tonoz tavan şekli oluşturmak için kullanılır.
 <p>Slopina Chord Flat</p>	Double Sloping Chord Flat	Binada İki yönlü drenaj sağlamak için kullanılır.
 <p>Hip</p>	Hip	Hip çatılar oluşturmak için bu şekil kullanılır
 <p>Double Cantilever with Parapets</p>	Mansard with Parapets	Mansard Çatı profili oluşturmak için kullanılır.
 <p>Vault</p>	Cathedral	Açıklık boyunca tonozlu tavan sağlamak için kullanılır.
 <p>Howe Scissors</p>	Scissor	Açıklık boyunca simetrik tonozlu bir tavan oluşturmak için kullanılır. Alt yüzey çatı eğimi üsttekinin yarısı kadardır.Genellikler iki parça halinde taşınır.

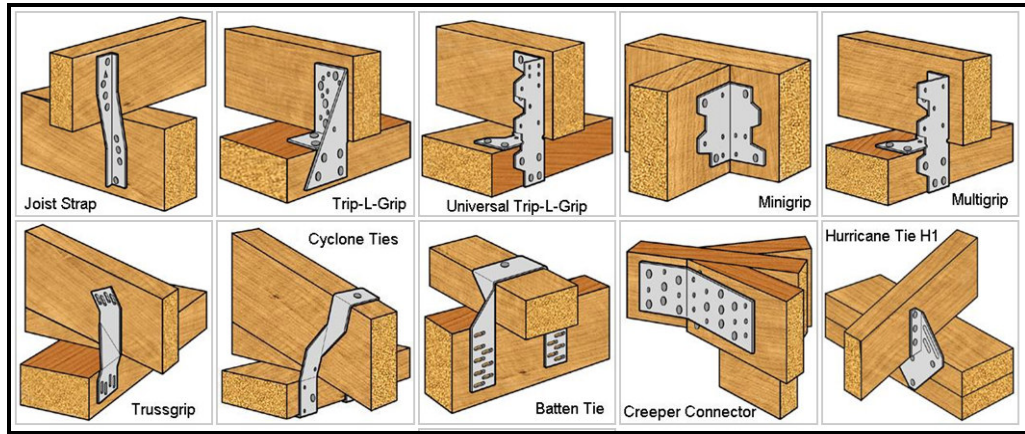
Şekil 3.24. (Devam) Sık kullanılan kafes tipleri

Ahşap kafes sistem çatılara ilişkin karakteristik detaylar

Ahşap kafes çatı sistemine ait birleşim araçlarının kullanıldığı birleşim detayları:

a. Çatı altı birleşim detayları

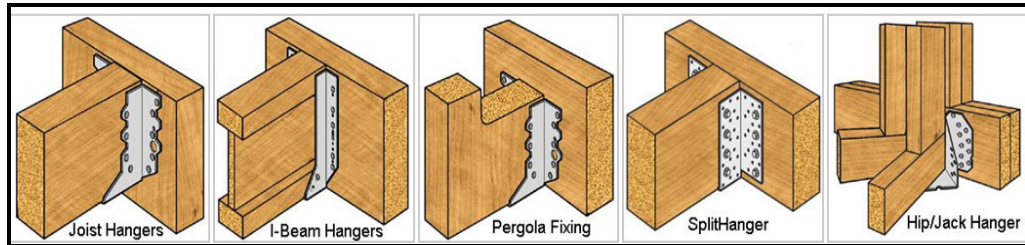
Makas, ahşap kiriş, yastık kirişi bağlantısıyla ilgili birleşim detayları bu gruba girer.



Şekil 3.25. Çatı altı birleşim detayları

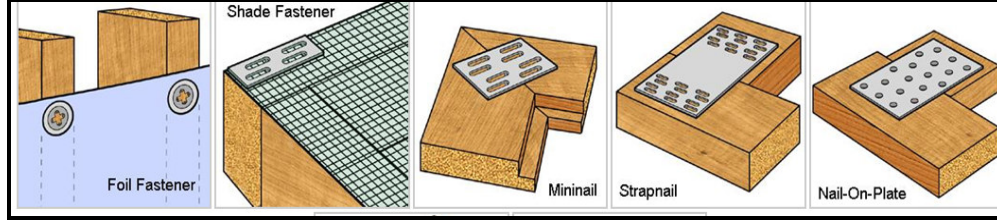
b. Askı detayları

Ahşap makasları kirişlere ve kirişleri birbirine bağlayan detaylardır.



Şekil 3.26. Askı detayları

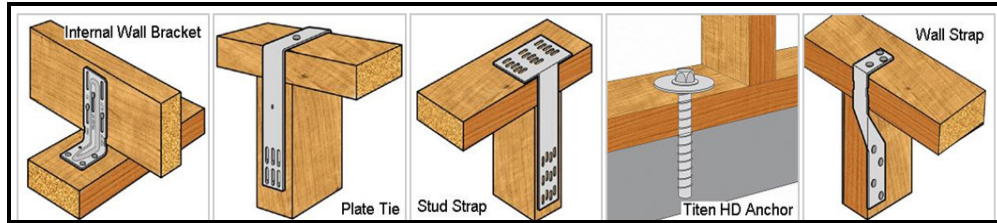
c. Bağlantı detayları



Şekil 3.27. Bağlantı detayları

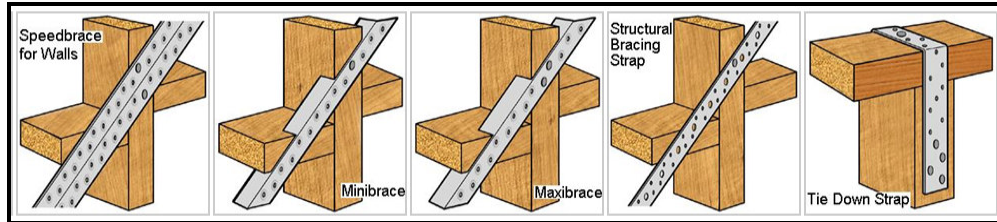
d. Duvar -çerçeve bağlantıları

Ahşap yapıda duvar panellerinin çatı makası, çatı kirişi ve zeminle ilişkisini gösteren detaylar bu gruba girer.



Şekil 3.28. Duvar panellerinin bağlantı detayları

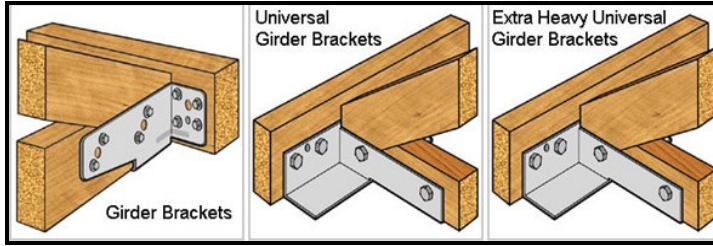
e. Destek detayları



Şekil 3.29. Destek detayları

f. Kiriş detayları

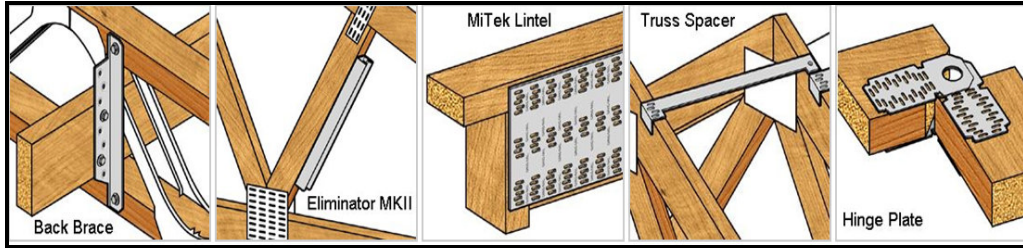
Makasları ahşap kirişlere bağlamak için kullanılan birleşim detayları bu gruba girer.



Şekil 3.30. Kiriş detayları

g. Özel bağlantı detayları

Makas aralığı ayarlama , kafes-ahşap kiriş bağlantısı gibi detaylar bu gruba girer.



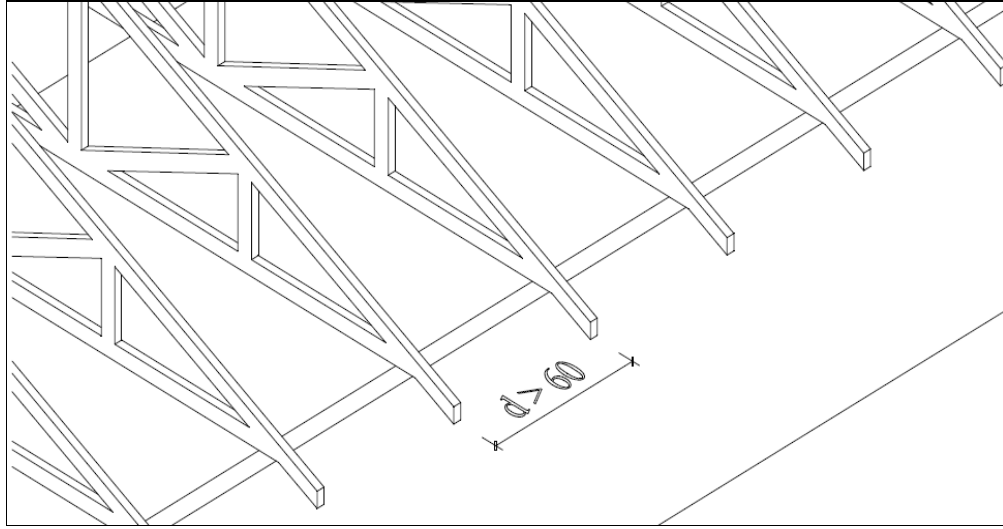
Şekil 3.31. Özel bağlantı detayları

h. Düğüm bağlantı detayları

Tavan, panel birleşimlerinde kullanılan düğüm noktası profilleri bu gruba girer.

Avrupa'da kullanılan geniş aralıklı kafes sistem ahşap çatılar

Çatı kafes aralıklarınının 60'cm den fazla olduğu sistemlere geniş aralıklı kafes sistem çatılar denir.



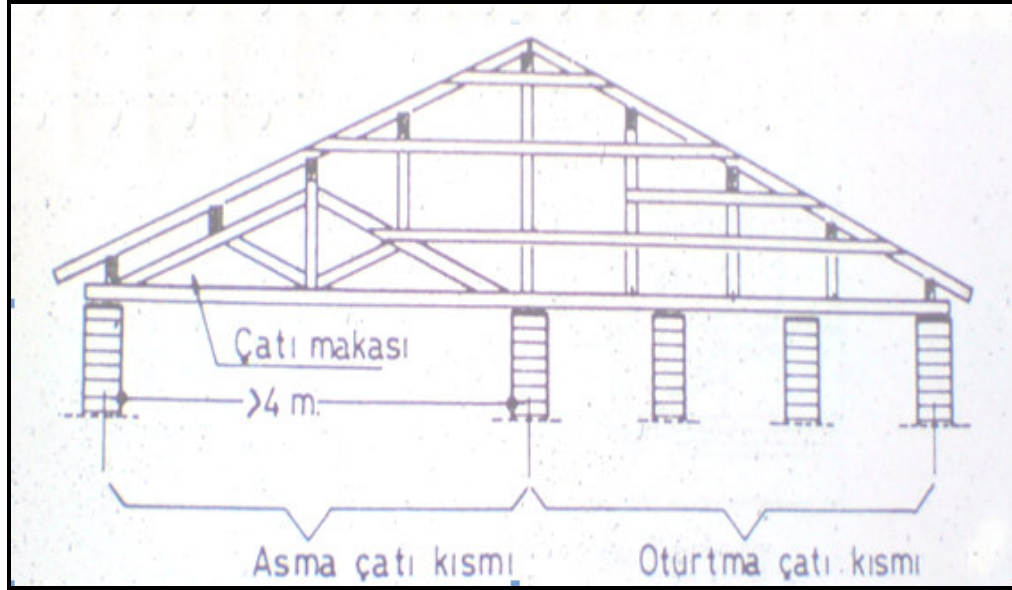
Şekil 3.32. Geniş aralıklı kafes sistem ahşap çatı

Geniş aralıklı kafes sisteme ait çatı elemanları, birleşim şekilleri, birleşim araçları, imalat şekli, çatı şekilleri, birleşim detayları, hesabı, kurulumu sık kafes çatı sistemler gibidir. Hesap sonucu ortaya çıkan aynı sınıf ahşaptan oluşan geniş aralıklı kafes sistem en kesitleri, sık kafes sistemlerde kullanılan ahşap en kesitinden daha fazladır.

Geniş aralıklı kafes sistem çatılarda çatıyı tamamlayıcı malzemeyle ölçüsel bir uyum yoktur. Alçıpan tavan imalatı için yeni bir konstrüksiyona ihtiyaç vardır. OSB, plywood gibi çatıyı üstten tamamlayan elemanların ölçüsü de sık aralıklı kafes sistem çatılar gibi uyumlu değildir. Çatı aralığının artması kullanılan ahşap malzeme miktarı ve maliyetini artırır.

3.3.3. Karma sistem çatılar

Bazı durumlarda çatı, kagir taşıyıcıların konumu nedeniyle, bir kısmı asma, bir kısmı oturtma biçiminde teşkil edilir. Bu tür sistemlere “Karma Sistem Çatılar” denir[3].



Şekil 3.33. Karma sistem çatı

Kagir taşıyıcılar arasındaki mesafenin 4m'yi aşması halinde, bu açıklık için bir kafes kiriş, yani çatı makası kullanılması zorunluluğu ortaya çıkar. Böylece, çatı sisteminin bir kısmında ana taşıyıcı çatı makasıdır ve “asma çatı” söz konusudur, diğer kısmında ise “oturtma çatı” düzeni uygulanır.

4.AHŞAP ÇATI SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

4.1. Örnek Model Oluşturulması

Tanımlı yapılan Türkiye’de kullanılan oturtma çatı sistemi, geleneksel asma çatı sistemi ve Avrupa’da kullanılan geniş aralıklı kafes sistem ve sık aralıklı kafes sistemlerin kullanılan ahşap miktarı ve maliyet yönünden karşılaştırılması için örnek bir plan oluşturulmuş, karşılaştırılacak çatı tipleri bu plana uygulanmıştır.

Aynı fiziksel koşullar tanımlı verilen dört çatı sistemine uygulanmış, uygulanan çatı sistemlerinin bitişinde, içten bakıldığında tavanda düz bir görünüme ulaşılması öngörülmüştür. Bunun için asma sistem kullanılan çatılarda iç kolon, kiriş ve döşeme uygulanmamış, oturtma çatı uygulanacak döşeme ise asmolen olarak dizayn edilmiştir.

Üç katlı örnek modelde, çatıya etkiyen kar yükü, rüzgar yükü, çatı örtüsü ağırlığı Türkiye’deki ilgili standartlardan alınmıştır. Geniş aralıklı kafes sistem ve Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes sistemde kullanılan ahşap eleman kesitleri ve birleşim araçları Eurocode 5’ e göre Woodexpress programıyla hesaplanmıştır. Oturtma çatı ve geleneksel asma çatı sisteminde kullanılan ahşap eleman kesitleri ve birleşim araçları ise genel kabullere göre seçilmiştir.

Karşılaştırmada kullanılacak üç katlı yapı, 4.bölgede, denizden 900m yüksekliktedir ve çatı örtüsü olarak marsilya kiremidi kullanılacaktır.

Yapının yüksekliğine göre rüzgarın hızı,şiddeti ve TS 498’e göre yapının denizden yüksekliğine göre Po değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiştir[28].

Rüzgar, kar yükü ve çatı örtüsü türüne göre öz ağırlık çizelgelerinden sonra örnek modelin kat planları, çatı tipleri ve 2008 bayındırlık birim fiyatlarına göre maliyet hesapları sıralanmıştır.

Çizelge 4.1. Bina yüksekliğine göre rüzgarın hızı ve şiddeti

Bina Yüksekliği (H) M	Rüzgarın	
	Hızı (km/saat)	Şiddeti(kg/m ²)
0-8	100,8	50
9-20	129,6	80
21-100	151,2	110
>100	165,6	130

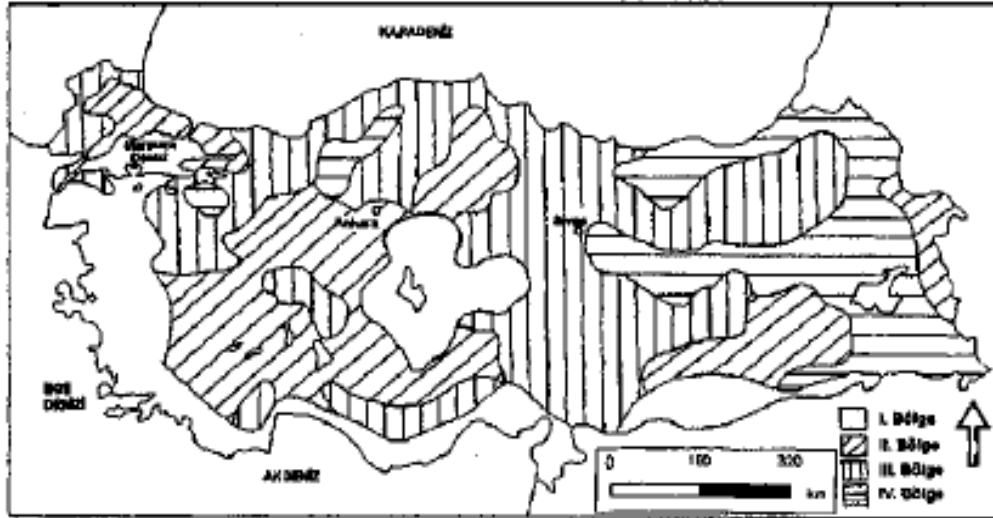
Çizelge 4.2. Binanın denizden yüksekliğine göre kar yükü(Po) değerleri

Denizden yükseklik m	Po Değerleri (kg/m ²)			
	Bölgeler			
	I	II	III	IV
<=200	75	75	75	75
300	75	75	75	80
400	75	75	75	80
500	75	75	75	85
600	75	75	80	90
700	75	75	85	95
800	80	85	125	140
900	80	95	130	150
1000	80	105	135	160
>1000	1000m için verilen değerler 1500 m. ye kadar %10; ondan sonrasında %15 arttırılır.			

Çizelge 4.3. Çatı örtüsü türüne göre çatı eğimi ve öz ağırlık çizelgesi

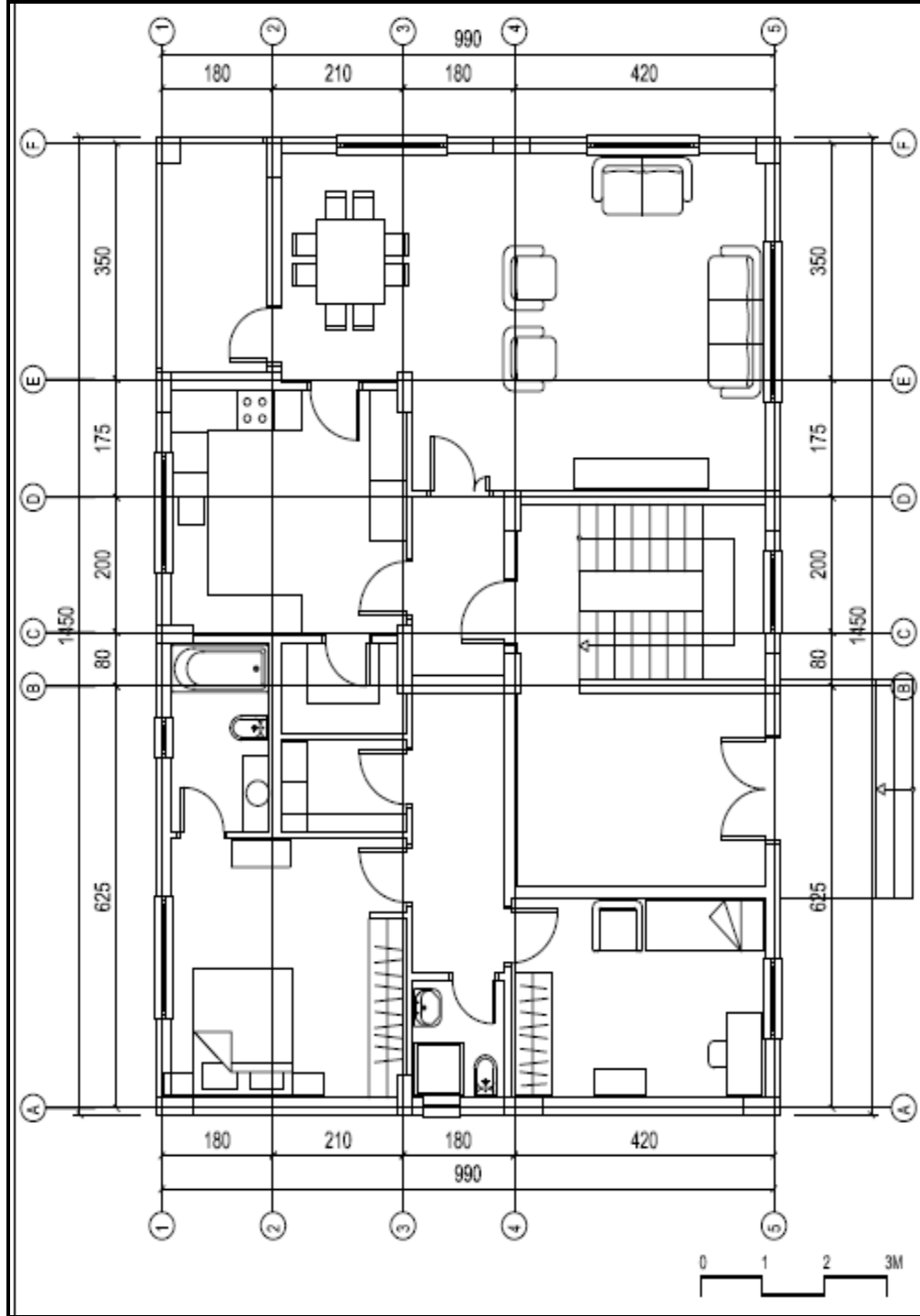
Çatı Örtüsü Türü	Çatı Eğimi (%)	Öz Ağırlık Kg/m ² -ÇD*
Alaturka Kiremit	20-30	120**
Marsilya Kiremidi	25-65	50**
Düz Eternit	33	16
Oluklu Eternit	15	20
Çinko	10	30**
Oluklu Saç	15	25
Bitümlü Karton	5	15**

*) Çatı düzleminin 1 m² si için
 **) Örtü altı kaplama tahtası ağırlığı dahildir.



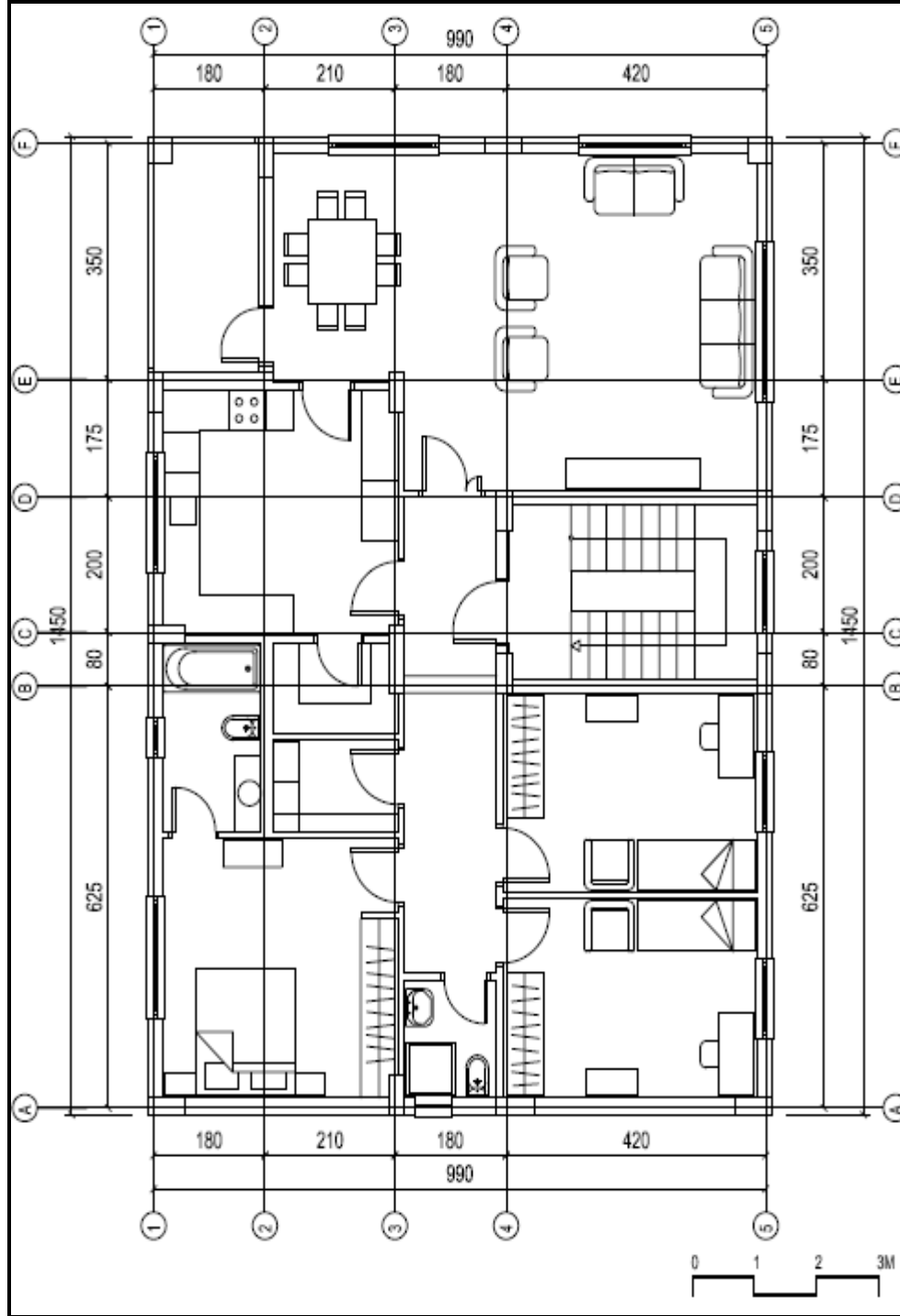
Şekil. 4.1. Kar yağış yüksekliği haritası[26].

Örnek modele ait zemin kat planı aşağıda gösterilmiştir.



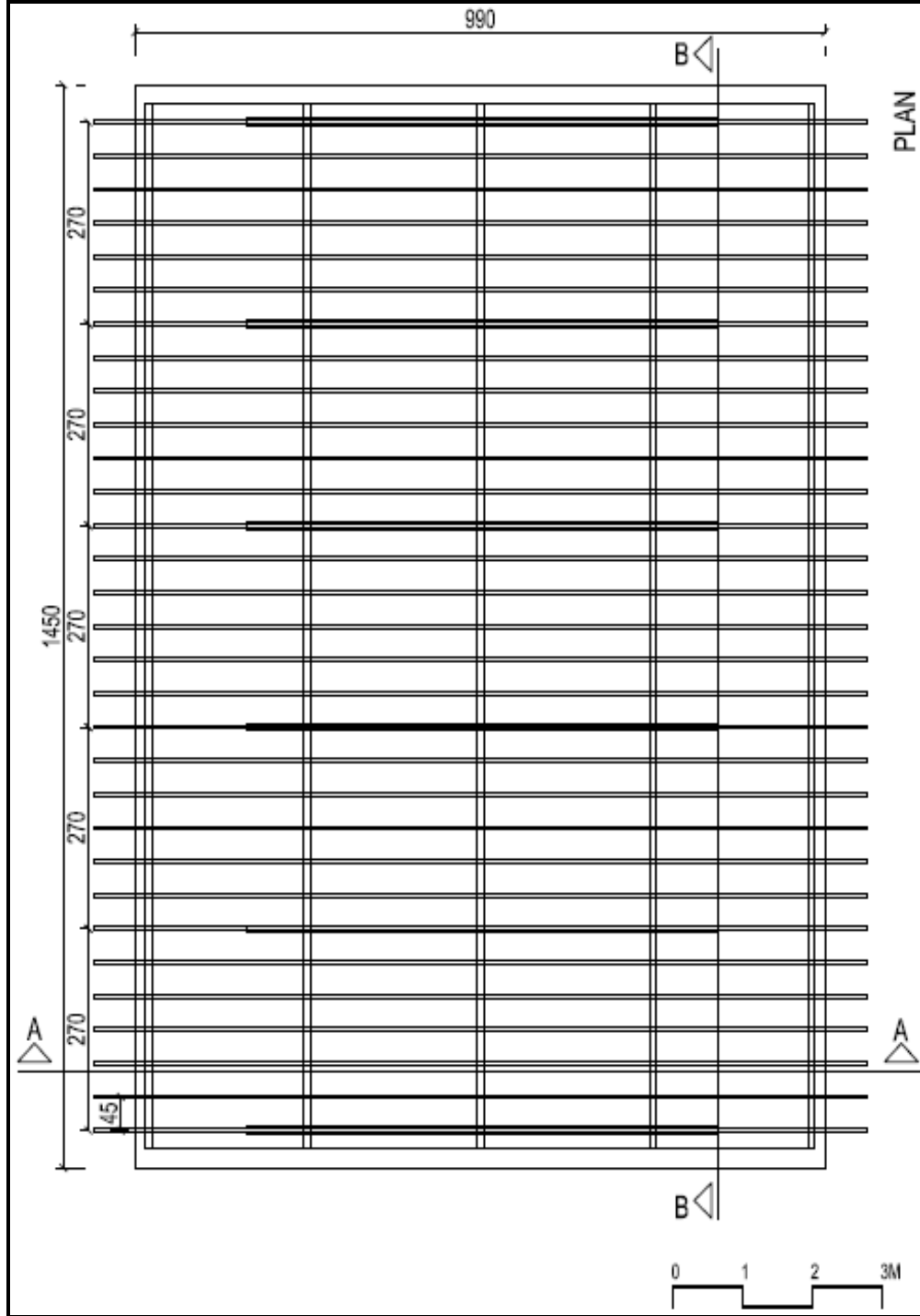
Şekil 4.2. Zemin kat planı

Örnek modele ait 1. ve 2. kat planları aşağıda gösterilmiştir.

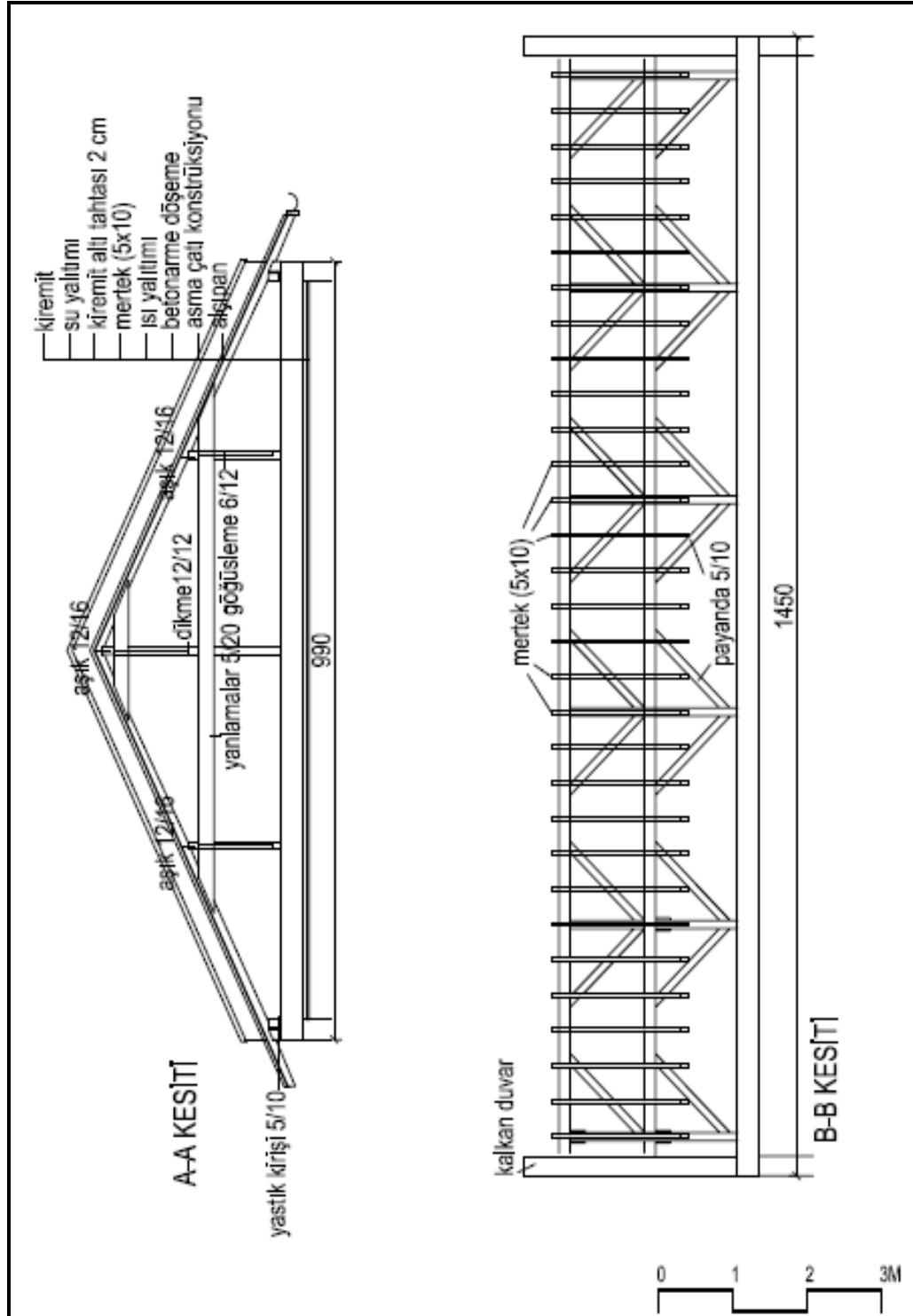


Şekil 4.3. Birinci ve ikinci kat planı

4.1.1. Oturtma çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı



Şekil 4.4. Oturtma çatı planı



Şekil 4.5. Oturtma çatı kesitleri

Çizelge 4.4. Oturtma çatı maliyet hesabı

POZ NO	TANIMI	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR(TL)
16.058/1A	Satın alınan ve beton pompasıyla basılan, basınç dayanım sınıfı C 20/25 (BS 20) olan hazır beton dökülmesi	30	m ³	103,79	3113,70
23.015	14-28 mm'lik kalın nervürlü çeliğin bükülmesi ve yerine konulması	2,5	ton	1479,06	3697,65
21.011	Düz yüzeyli beton ve betonarme kalıbı	210	m ²	14,5	3045,00
04.750/1	Gazbeton asmolen blokları (G2)	26,84	m ³	102,5	2751,10
18.321	20 cm yüksekliğinde boşluklu hafif beton blok (asmolen) ile döşeme yapılması	125	m ²	11,83	1478,75
4.151	Çam kerestesi 1.sınıf	10,16556	m ³	577	5865,53
21.210	Rendesiz ve çatı örtüsünün altı tahta kaplamalı ahşap oturma çatı yapılması	143,55	m ²	43,44	6235,81
4.270	Çiviler (TS 155)	100	kg	1,2	120,00
19.046/5	4,3 mm kalınlıkta bir yüzü mineral kaplı polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü ile tek kat su yalıtımı yapılması	180,32	m ²	19,7	3552,30
V.1863	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Örtüsü Yapılması İşçiliği	180,32	m ²	2,41	434,57
V.1864	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Mahyası Yapılması İşçiliği	14	m	2,29	32,06
V.0237	Çatı Kaplamasında Marsilya Tipi Kiremit Bedeli	180,32	m ²	9,56	1723,86
V.0240	Marsilya Tipi Mahya Kiremit Bedeli	14	m	2,25	31,50
24.017	14 no.lu çinko levhadan oluk halinde yatay çatı deresi yapılması	28	m	55,13	1543,64
19.048/6	3 cm kalınlıkta taş yünü ile ısı yalıtımı yapılması ve üstüne bir kat serbest bitümlü karton serilmesi	143,55	m ²	16,84	2417,38

Çizelge 4.4. (Devam) Oturtma çatı maliyet hesabı

POZ NO	TANIMI	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR(TL)
18.140/A1	Alçı duvar levhaları ile çift iskeletli askı sistemli asma tavan yapılması	143,55	M2	27,25	3911,74
MSB.603/2	Plastik Boya Yapılması	143,55	M2	5,71	819,67
04.524/1	Plastik duvar boyası (PVA esaslı)	10	kg	4,35	43,50
	TOPLAM				40817,77

Türkiye’de sıkça uygulanan oturtma çatı tipine ait maliyet hesabı tüm çatı tipleri için öngörülen koşullar doğrultusunda yapılmıştır.

Çatı konstrüksiyonuna ilişkin kesit ve bağlantı elemanları hesapları genel kabullere göre alınmıştır[27].

Oturtma çatının kurulabilmesi için ortadaki kolonlar, kirişler ve döşeme oluşturulmuştur.

Asmolen döşeme üzerine kurulan oturtma çatıya alttan bakıldığında düz bir görünüm sağlanması için asma panel tavan taşıyıcı konstrüksiyon oluşturulmuş, maliyet hesabına ilave edilmiştir.

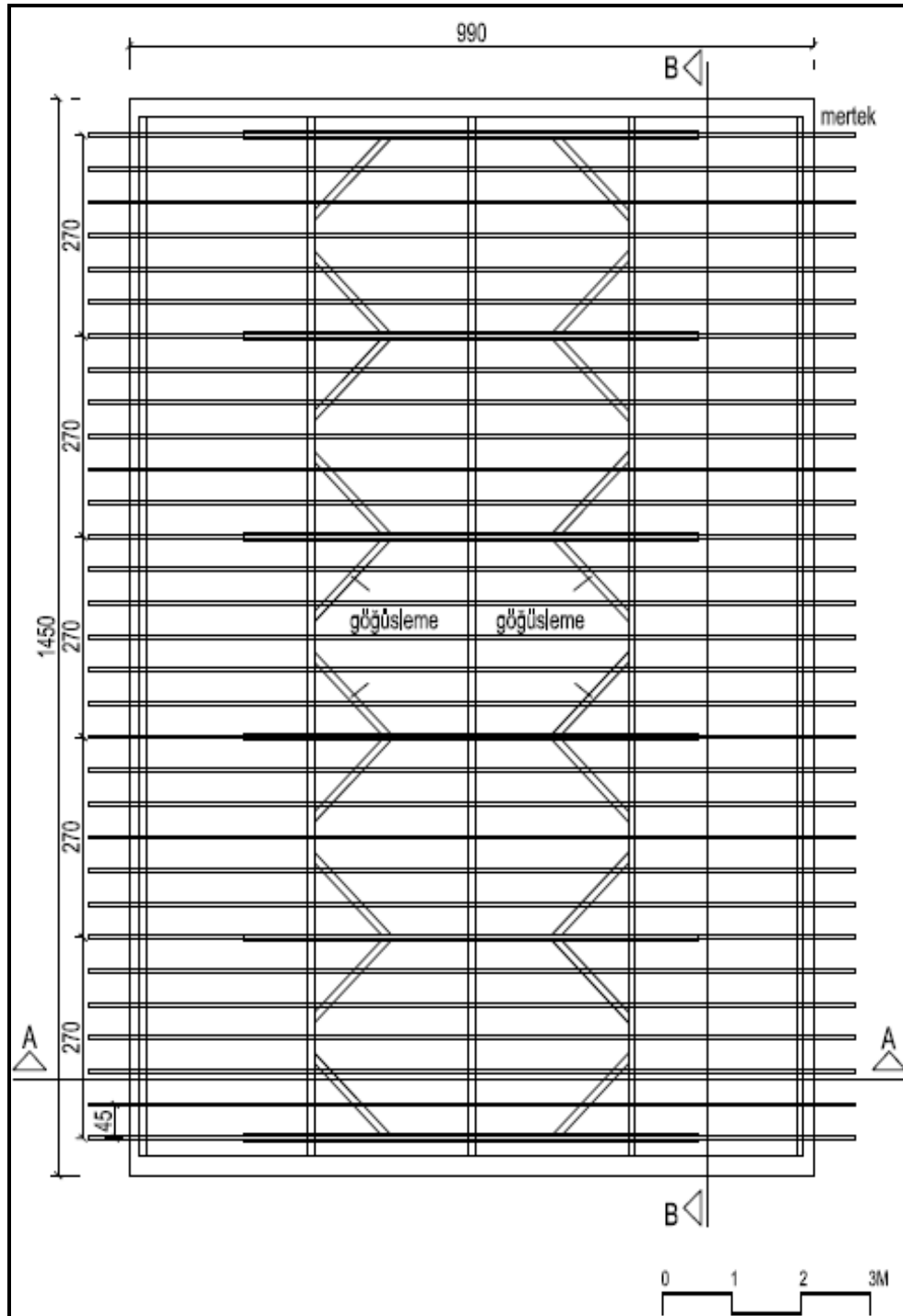
Ortakdaki kolonların, kiriş ve döşeme bağlantısının yapılabilmesi için tavana kadar çıkması mekan serbestliğini azaltmıştır. Ara kolonların durumundan dolayı iç mekanda; ara duvarların yeri farklılaştırılarak ya da tamamen kaldırılarak, farklı bir düzenleme yapılması güçtür.

İç kolon-kiriş ve döşeme yapıya 84 tonluk ağırlık katmıştır. Yapının ağırlığının artması, rüzgar, deprem vb. yatay yüklerin karşılanması açısından olumsuzdur

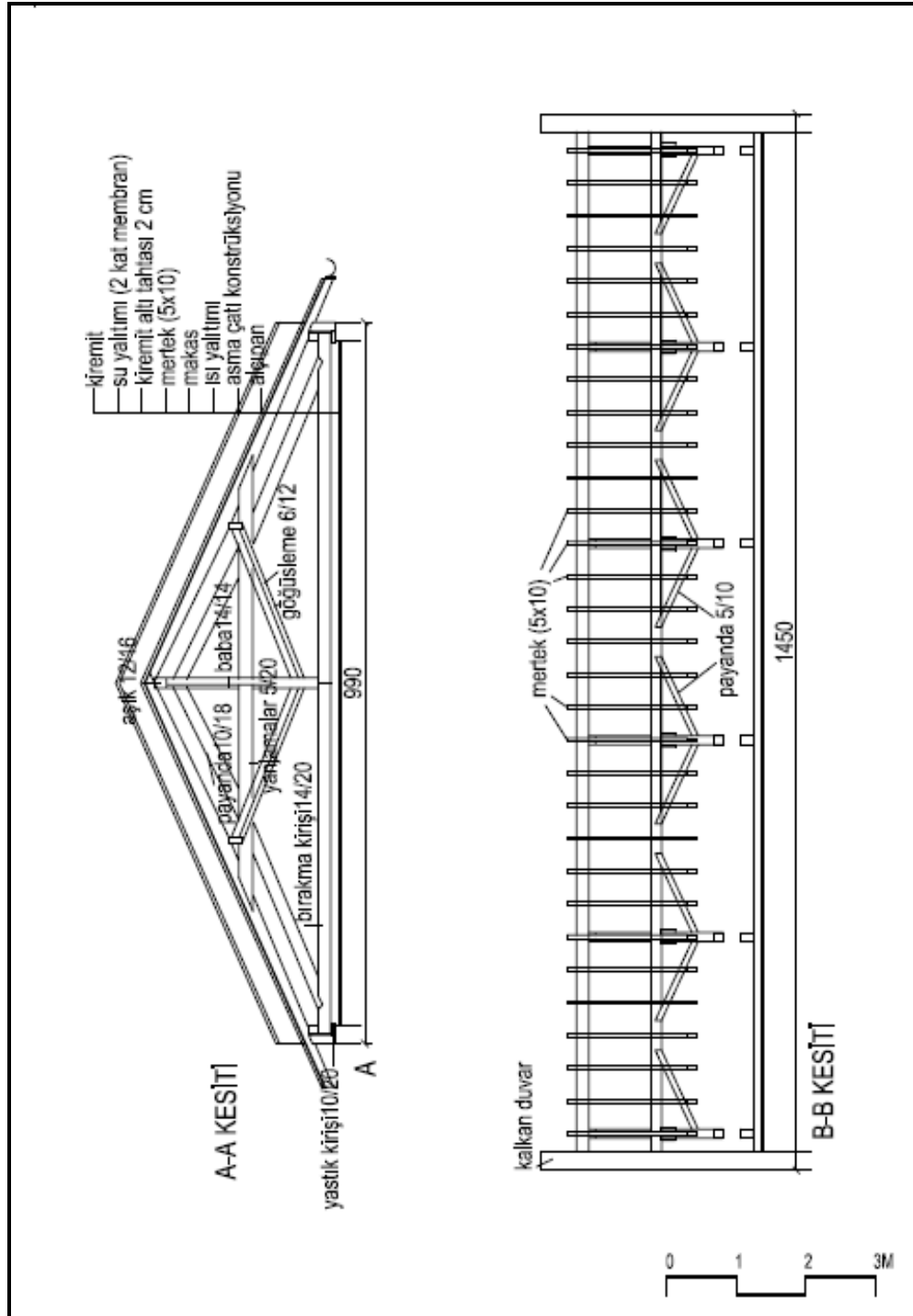
Çatının oluşturulması ve kurulum ustalığa dayandığından çatının imalatı ve kurulumu için geçen süre belirsizdir. Çatının kurulumu için geçen sürenin uzaması maliyeti arttırdığı gibi işçi kaza riskini de artırır.

TS 647'ye göre yapı malzemesi olarak kullanılan ahşaba ilişkin koruma şartı olmadığından koruma maliyeti hesaba katılmamıştır. İşlenmemiş ahşabın servis ömrü işlenmiş ahşabın en fazla beşte biri kadardır. Yani aynı süre içinde işlenmiş ahşaptan oluşturulan bir ahşap çatı yerine en az beş işlenmemiş ahşaptan oluşturulan çatı yapılır.

4.1.2. Geleneksel asma çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı



Şekil 4.6. Geleneksel asma çatı planı



Şekil 4.7. Geleneksel asma çatı kesitleri

Çizelge 4.5. Geleneksel asma çatı sistemi için maliyet hesabı

POZ NO	TANIMI	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR(TL)
4.151	Çam kerestesi 1.sınıf	11,53156	M3	577	6653,712428
21.205	Rendeli ahşap makaslı çatı yapılması	7,925164	M3	1018,38	8070,828514
21.220	Çatı örtüsü altına rendesiz tahta kaplama yapılması (mevcut mertekler üzerine)	180,32	M2	19,83	3575,7456
4.270	Çiviler (TS 155)	50	KG	1,2	60,00
04.275/2	Bulon galvanizli	50	KG	1,95	97,50
4.261	Düz siyah sac 2.00 mm	50	KG	0,9	45,00
TŞ-D10	2 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan dörtgen levha yapılması	5	m ²	69,01	345,05
4.279	İşlenmiş küçük demirler muhtelif	100	kg	1	100,00
19.046/5	4,3 mm kalınlıkta bir yüzü mineral kaplı polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü ile tek kat su yalıtımı yapılması (%5 eğimden fazla betonarme veya prefabrike elemanlarla yapılmış çatılar ve benzeri yerlerde) (plastomer esaslı - 10C soğukta bükülme	180,32	m ²	19,7	3552,30
V.1863	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Örtüsü Yapılması İşçiliği	180,32	m ²	2,41	434,57
V.1864	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Mahyası Yapılması İşçiliği	14	m	2,29	32,06
V.0237	Çatı Kaplamasında Marsilya Tipi Kiremit Bedeli	180,32	m ²	9,56	1723,86
V.0240	Marsilya Tipi Mahya Kiremit Bedeli	14	m	2,25	31,50
24.017	14 no.lu çinko levhadan oluk halinde yatay çatı deresi yapılması	28	m	55,13	1543,64
19.048/6	3 cm kalınlıkta taş yünü ile ısı yalıtımı yapılması	143,55	M2	16,84	2417,38

Çizelge 4.5. (Devam) Geleneksel asma çatı sistemi için maliyet hesabı

POZ NO	MALZEME CİNSİ	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR(TL)
18.140/A1	Alçı duvar levhaları ile çift iskeletli askı sistemli asma tavan yapılması (12,5 mm tek kat alçı duvar levhası ile)	143,55	M2	27,25	3911,74
MSB.603/2	Mevcut Alçı Perdah Üzerine Plastik Boya Yapılması	143,55	M2	5,71	819,67
04.524/1	Plastik duvar boyası (PVA esaslı)	10	kg	4,35	43,50
	TOPLAM				33458,06094

Türkiye’de uygulanan geleneksel asma çatı tipine ait maliyet hesabı tüm çatı tipleri için öngörülen koşullar doğrultusunda yapılmıştır.

Çatı konstrüksiyonuna ilişkin kesit ve bağlantı elemanları hesapları genel kabullere göre alınmıştır[27].

Çatı iki mesnede oturacağından dolayı ara kolonlar-kirişler ve döşeme oluşturulmamıştır.

İki mesnet üzerine kurulan geleneksel asma çatıya alttan bakıldığında düz bir görünüm sağlanması için asma panel tavan taşıyıcı konstrüksiyon oluşturulmuş, maliyet hesabına ilave edilmiştir.

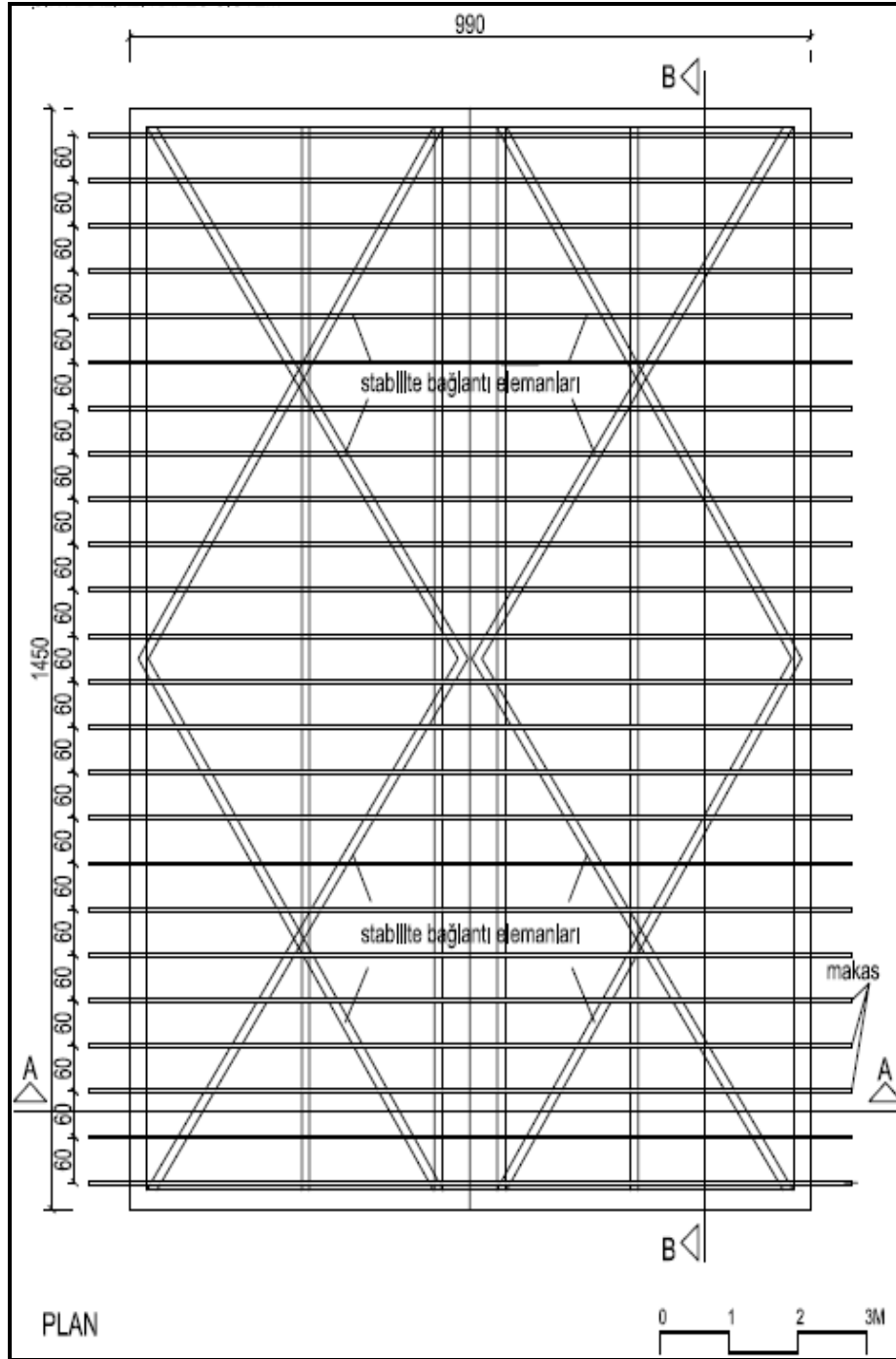
Çatının kurulacağı platformda döşeme olmadığından dolayı mekan serbestliği vardır. Ara kolonların çatı katında kesilmesinden dolayı çatı katında farklı bir iç düzenleme yapılabilir.

Yapı; iç kolonların-kirişlerin, döşemenin olmamasından dolayı 84 tonluk ağırlıktan muaftır. Asma çatı kurulumu için döşemeye ihtiyaç olmaması bu durumu sağlar.

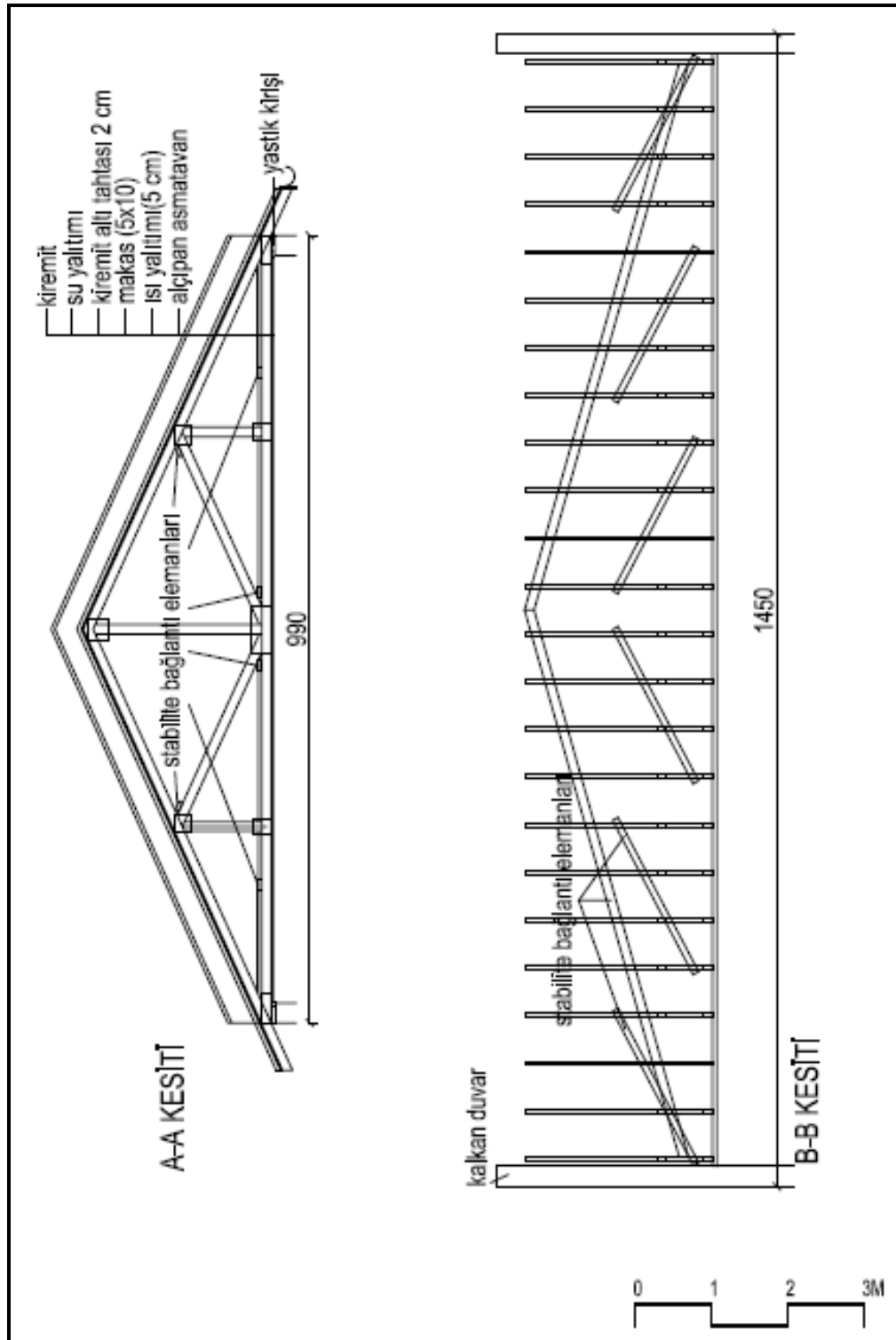
Çatının oluşturulması ve kurulum ustalığa dayandığından çatının imalatı ve kurulumu için geçen süre belirsizdir. Çatının kurulumu için geçen sürenin uzaması maliyeti arttırdığı gibi işçi kaza riskini de artırır.

TS 647' ye göre yapı malzemesi olarak kullanılan ahşaba ilişkin koruma şartı olmadığından koruma maliyeti hesaba katılmamıştır. İşlenmemiş ahşabın servis ömrü işlenmiş ahşabın en fazla beşte biri kadardır. Yani aynı süre içinde işlenmiş ahşaptan oluşturulan bir ahşap çatı yerine en az beş işlenmemiş ahşaptan oluşturulan çatı yapılır.

4.1.3. Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı



Şekil 4.8. Sık aralıklı kafes sistem çatı planı



Şekil 4.9. Sık aralıklı kafes sistem çatı kesitleri

Çizelge 4.6. Sık aralıklı kafes sistem çatı maliyet hesabı

POZ NO	MALZEME CİNSİ	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR(TL)
4.151	Çam kerestesi 1.sınıf	7,49032	M3	577	4321,915
V.2109	Ahşabın Daldırma Yöntemi İle Emprenye Edilmesi	7,49032	m ³	124,5	932,5448
01.009	İmalat işçilik	24	saat	4,4	105,6
21.220	Çatı örtüsü altına rendesiz tahta kaplama yapılması (mevcut mertekler üzerine)	180,32	M2	19,83	3575,746
TŞ-D10/A	1,5 mm kalınlığındaki galvanizli sacdan dörtgen levha yapılması	24,04161	m ²	58,39	1403,789
4.279	İşlenmiş küçük demirler muhtelif	100	kg	1	100,00
4.270	Çiviler (TS 155)	50	KG	1,2	60,00
19.046/5	4,3 mm kalınlıkta bir yüzü mineral kaplı polyester keçe taşıyıcı polimer bitümlü örtü ile tek kat su yalıtımı yapılması	180,32	m ²	19,7	3552,30
V.1863	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Örtüsü Yapılması İşçiliği	180,32	m ²	2,41	434,57
V.1864	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Mahyası Yapılması İşçiliği	14	m	2,29	32,06
V.0237	Çatı Kaplamasında Marsilya Tipi Kiremit Bedeli	180,32	m ²	9,56	1723,86
V.0240	Marsilya Tipi Mahya Kiremit Bedeli	14	m	2,25	31,50
04.457/1A	Alçı levha, 12,5 mm, suya dayanıklı	143,55	m ²	4,75	681,86
	Alçı levha montaj işçilik	24	saat	4,4	105,60
24.017	14 no.lu çinko levhadan oluk halinde yatay çatı deresi yapılması	28	m	55,13	1543,64
19.048/6	3 cm kalınlıkta taş yünü ile ısı yalıtımı yapılması	143,55	M2	16,84	2417,38
MSB.603/2	Mevcut Alçı Perdah Üzerine Plastik Boya Yapılması	143,55	M2	5,71	819,67
04.524/1	Plastik duvar boyası (PVA esaslı)	10	kg	4,35	43,50
N-107	500000 m mesafeye nakliye fiyatı	7,49032	Ton	74,35	556,91

Çizelge 4.6. (Devam) Sık aralıklı kafes sistem çatı maliyet hesabı

POZ NO	MALZEME CİNSİ	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR(TL)
03.638/1	60 Ton kapasiteli mobil vinç'in 1 Saatlik ücreti	3	Saat	134,63	403,89
01.009	Çatı makas montaj işçilik	24	Saat	4,4	105,60
	TOPLAM				22951,94

Avrupa'da uygulanan sık aralıklı kafes çatı tipine ait maliyet hesabı tüm çatı tipleri için öngörülen koşullar doğrultusunda yapılmıştır.

Çatı konstrüksiyonuna ilişkin kesit ve bağlantı elemanları, Ek-1'de gösterildiği gibi Eurocode5'e göre Woodexpress programıyla hesaplanmıştır.

Programa, 4.bölgede, denizden 900m yükseklikte, çatı örtüsü olarak marsilya kiremidi kullanılan üç katlı yapıda kafes kesiti ve birleşim elemanlarının hesabı için gerekli parametreler girilmiştir. Listedeki uygun kesit ebadı ve birleşim elemanı seçilmiştir.

Kesit ve bağlantı elemanlarının hesabı için girilen parametreler;

1. Kafes açıklığı: 9,90 m.,
2. Kafes yüksekliği: 2,20 m.,
3. Saçak uzunluğu: 0,60 m.,
4. Kullanılan ahşap sınıfı: 1.sınıf çam,
5. Kar yükü: 150 kg/m²,
6. Rüzgar basıncı: 80 kg/m²,
7. Çatı örtüsü ağırlığı: 50 kg/m²,
8. Kafes aralığı: 0,6m.,
9. Kiremit altı tahtası kalınlığı: 0,02 m.,
10. Bağlantı elemanı türü: kendinden delikli metal plaka,

11. Kalınlığı: 1,5 mm,

12. Cinsi:çivili.

Ahşap ve metal için malzeme değerleri ve genel amaçlı binalar için yük dağılım değerleri Eurocode5'ten alınmıştır.

Parametreler doğrultusunda seçilen kafes eleman kesitleri 5/10 ve 5/12'dir. Belirtilen yük koşulları ve listeden seçilen eleman kesitleri program tarafından otomatik hesaplanır, seçilen kesitlerin ve birleşim elemanlarının uygunluğu program tarafından onaylanır.

Çatı iki mesnede oturduğundan dolayı ara kolonlar-kirişler ve döşeme oluşturulmamıştır.

Çatı konstrüksiyonu, aynı zamanda asma tavan montajı için de uygun bir açıklık bıraktığından ayrı bir asma tavan konstrüksiyonu oluşturulmamış ve maliyet hesabına dahil edilmemiştir.

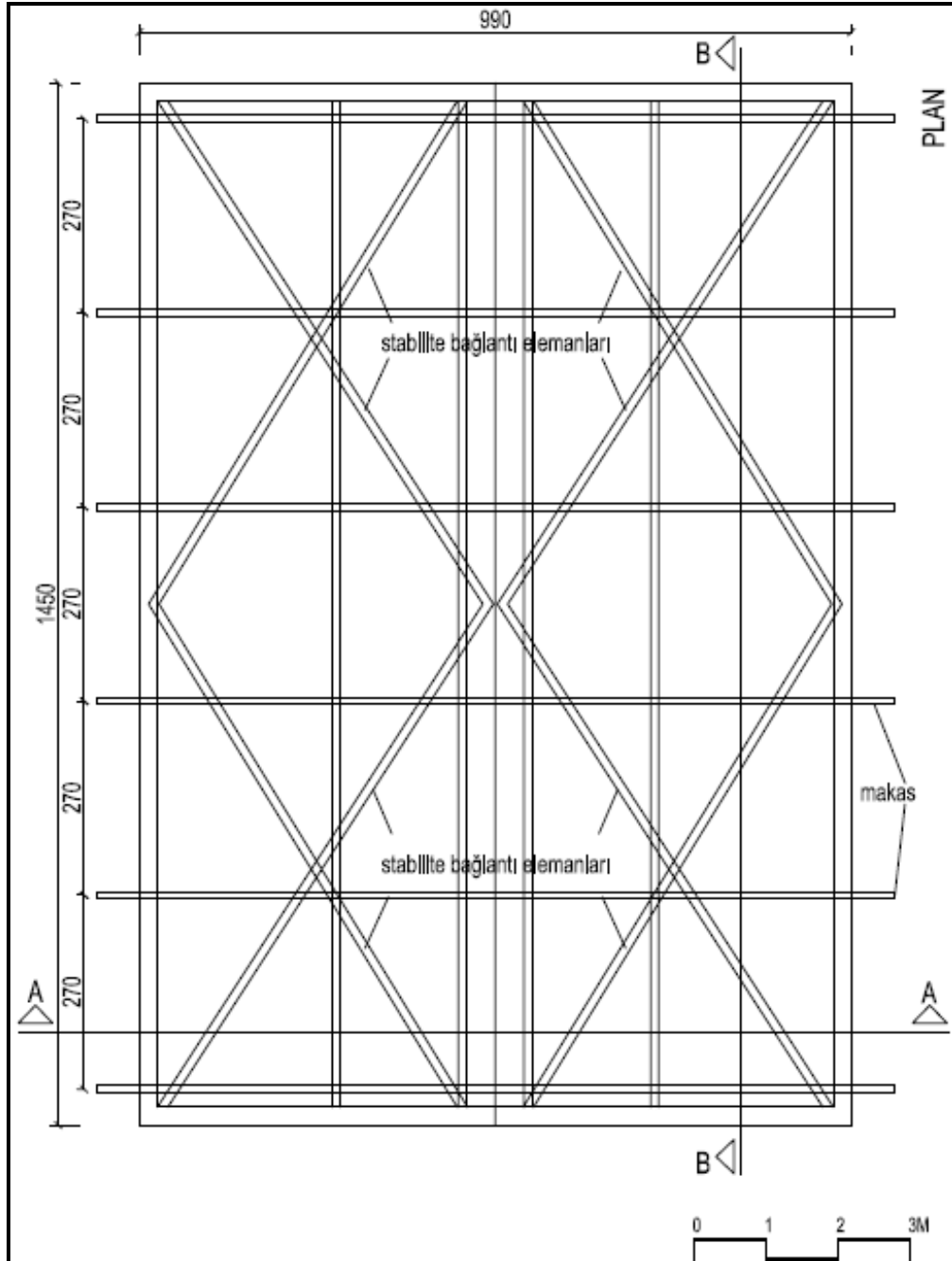
Çatının kurulacağı platformda döşeme olmadığından mekan serbestliği vardır. Ara kolonların çatı katında kesilmesinden dolayı çatı katında farklı bir iç düzenleme yapılabilir.

Yapı; iç kolonların-kirişlerin, döşemenin olmamasından dolayı 84 tonluk ağırlıktan muaftır. Asma çatı kurulumu için döşemeye ihtiyaç olmaması bu durumu sağlar.

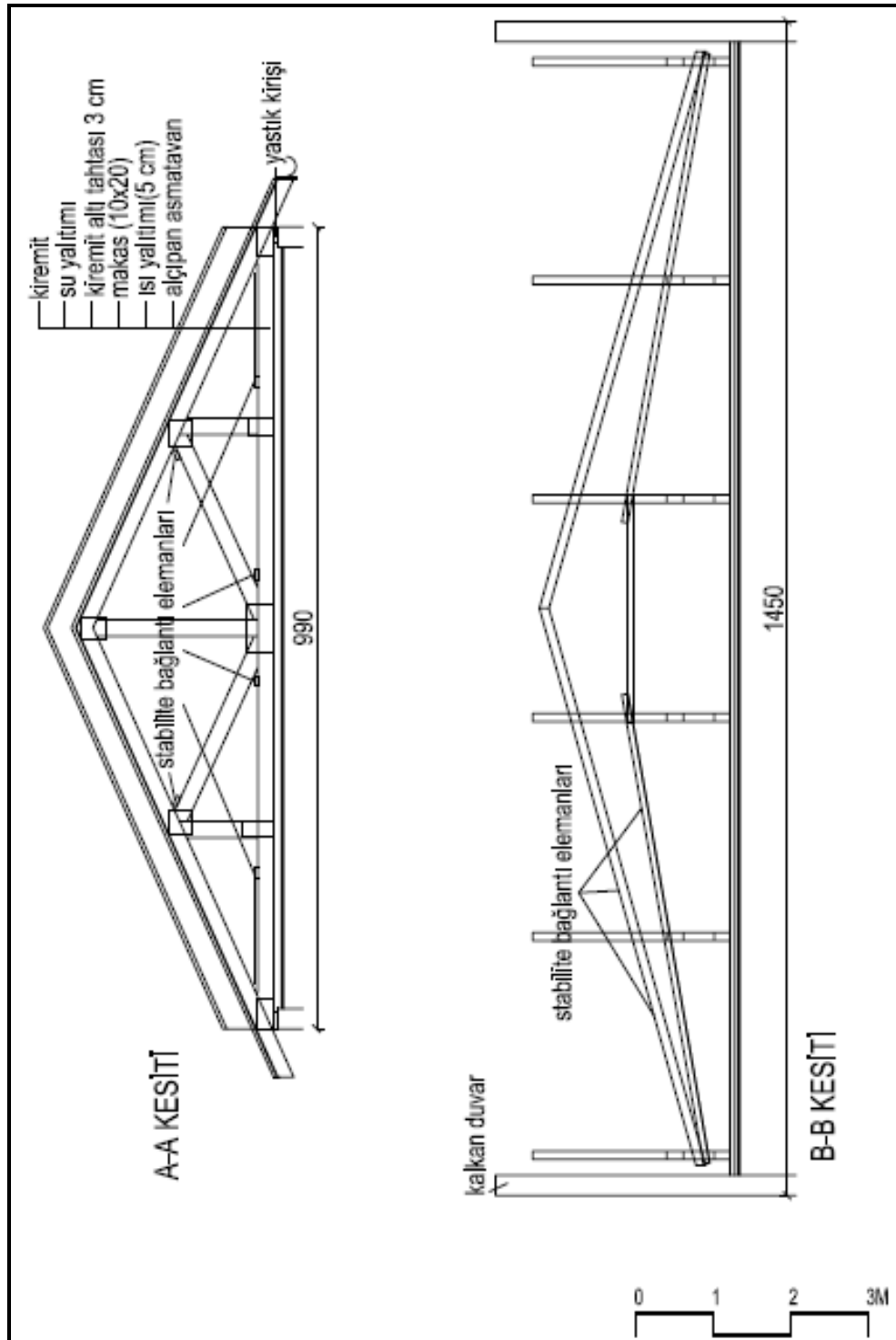
Çatının oluşturulması ve kurulum, makine ve prefabrikasyona dayandığından çatının imalatı ve kurulumu için geçen süre tahmin edilen sınırlar içinde kalır. Çatının üretimi için geçen süre bir gün, kurulumu için geçen süre bir gündür. Çatının kısa sürede üretimi ve kurulumu iş kazaları riskini de azaltır.

Avrupa'da kullanılan Ahşap Yapı Dizayn Standardı, Eurocode5'de, yapı malzemesi olarak kullanılan ahşabın koruma işleminden geçirilmesi şartı vardır. Çatıyı oluşturan ahşap elemanlar işlenmiştir ve emprenye işlemi maliyete dahil edilmiştir. Uzun vadede işlenmiş ahşaptan oluşan çatı konstrüksiyonu işlenmemiş ahşaptan oluşan çatı konstrüksiyonuna göre en az beş kat fazla servis ömrüne sahiptir.

4.1.4. Avrupa'da kullanılan geniş aralıklı kafes sistem çatının örnek modele uygulanması ve maliyet hesabı



Şekil 4.10. Geniş aralıklı kafes sistem çatı planı



Şekil 4.11. Geniş aralıklı kafes sistem çatı kesitleri

Çizelge 4.7. Geniş aralıklı kafes sistem çatı maliyet hesabı

POZ NO	MALZEME CİNSİ	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR (TL)
4.151	Çam kerestesi 1.sınıf	10,184	M3	577	5876,353
V.2109	Ahşabın Daldırma Yöntemi İle Emprenye Edilmesi	10,184	m ³	124,5	1267,948
01.009	İmalat işçilik	24	saat	4,4	105,6
21.220	Çatı örtüsü altına rendesiz tahta kaplama yapılması	180,32	M2	19,83	3575,746
4.262	Düz siyah sac 2,5 mm kalınlık ve yukarısı (1200x2400 HRU ve diğerleri)	100	kg	0,89	89
TŞ-D4	3 mm kalınlığındaki alüminyum malzemeden dörtgen levha yapılması	13,233	m ²	114,68	1517,595
4.279	İşlenmiş küçük demirler muhtelif	100	kg	1	100,00
4.270	Çiviler (TS 155)	50	KG	1,2	60,00
19.046/5	4,3 mm kalınlıkta bir yüzü mineral kaplı polyester keçe taşıyıcılı polimer bitümlü örtü ile tek kat su yalıtımı	180,32	m ²	19,7	3552,30
V.1863	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Örtüsü Yapılması İşçiliği	180,32	m ²	2,41	434,57
V.1864	Marsilya Tip Kiremitle Çatı Mahyası Yapılması İşçiliği	14	m	2,29	32,06
V.0237	Çatı Kaplamasında Marsilya Tipi Kiremit Bedeli	180,32	m ²	9,56	1723,86
V.0240	Marsilya Tipi Mahya Kiremit Bedeli	14	m	2,25	31,50
24.017	14 no.lu çinko levhadan oluk halinde yatay çatı deresi yapılması	28	m	55,13	1543,64
19.048/6	3 cm kalınlıkta taş yünü ile ısı yalıtımı yapılması ve üstüne bir kat serbest bitümlü karton serilmesi	143,55	M2	16,84	2417,38
18.140/A1	Alçı duvar levhaları ile çift iskeletli askı sistemli asma tavan yapılması (12,5 mm tek kat alçı duvar levhası ile)	143,55	M2	27,25	3911,74

Çizelge 4.7. (Devam) Geniş aralıklı kafes sistem çatı maliyet hesabı

POZ NO	MALZEME CİNSİ	MİKTAR	BİRİM	BİRİM FİYAT	TUTAR (TL)
MSB.603/2	Mevcut Alçı Perdah Üzerine Plastik Boya Yapılması	143,55	M2	5,71	819,67
04.524/1	Plastik duvar boyası (PVA esaslı)	10	kg	4,35	43,50
N-107	500000 m mesafeye nakliye fiyatı	3,7681	Ton	74,35	280,17
03.638/1	60 Ton kapasiteli mobil vinç'in 1 Saatlik ücreti	2	Saat	134,63	269,26
01.009	Çatı makas montaj işçilik	24	Saat	4,4	105,60
	TOPLAM				27757,49

Avrupa'da uygulanan geniş aralıklı kafes çatı tipine ait maliyet hesabı tüm çatı tipleri için öngörülen koşullar doğrultusunda yapılmıştır.

Çatı konstrüksiyonuna ilişkin kesit ve bağlantı elemanları, Ek-2'de gösterildiği gibi Eurocode5'e göre Woodexpress programıyla hesaplanmıştır.

Programda, 4.bölgede, denizden 900m yükseklikte, çatı örtüsü olarak marsilya kiremidi kullanılan üç katlı yapıda kafes kesiti ve birleşim elemanlarının hesabı için gerekli parametreler girilmiştir. Listedeki uygun kesit ebadı ve birleşim elemanı seçilmiştir.

Kesit ve bağlantı elemanlarının hesabı için girilen parametreler;

1. Kafes açıklığı: 9,90m.,
2. Kafes yüksekliği: 2,20m.,
3. Saçak uzunluğu: 0,60m.,
4. Kullanılan ahşap sınıfı: 1.sınıf çam,
5. Kar yükü: 150 kg/m²,
6. Rüzgar basıncı: 80 kg/m²,
7. Çatı örtüsü ağırlığı: 50 kg/m²,

8. Kafes aralığı: 2,7m,
9. Kiremit altı tahtası kalınlığı: 0,03m,
10. Bağlantı elemanı türü: metal plaka,
11. Kalınlığı: 1,5mm,
12. Cinsi: çivili

Ahşap ve metal için malzeme değerleri ve genel amaçlı binalar için yük dağılım değerleri Eurocode5'ten alınmıştır.

Parametreler doğrultusunda seçilen kafes eleman kesitleri 12/18'dir. Belirtilen yük koşulları ve listeden seçilen eleman kesitleri program tarafından otomatik hesaplanır, seçilen kesitlerin ve birleşim elemanlarının uygunluğu program tarafından onaylanır.

Çatı iki mesnede oturduğundan dolayı ara kolonlar-kirişler ve döşeme oluşturulmamıştır.

İki mesnet üzerine kurulan geleneksel asma çatıya alttan bakıldığında düz bir görünüm sağlanması için asma panel tavan taşıyıcı konstrüksiyon oluşturulmuş, maliyet hesabına ilave edilmiştir.

Çatının kurulacağı platformda döşeme olmadığından dolayı mekan serbestliği vardır. Ara kolonların çatı katında kesilmesinden dolayı çatı katında farklı bir iç düzenleme yapılabilir.

Yapı; iç kolonların-kirişlerin, döşemenin olmamasından dolayı 84 tonluk ağırlıktan muafır. Asma çatı kurulumu için döşemeye ihtiyaç olmaması bu durumu sağlar.

Çatının oluşturulması ve kurulumu, makine ve prefabrikasyona dayandığından çatının imalatı ve kurulumu için geçen süre tahmin edilen sınırlar içinde kalır. Çatının üretimi için geçen süre bir gün, kurulumu için geçen süre bir gündür. Çatının kısa sürede üretimi ve kurulumu iş kazaları riskini de azaltır.

Avrupa’da kullanılan Ahşap Yapı Dizayn Standardı, Eurocode5’de, yapı malzemesi olarak kullanılan ahşabın koruma işleminden geçirilmesi şartı vardır. Çatıyı oluşturan ahşap elemanlar işlenmiştir ve emprenye işlemi maliyete dahil edilmiştir. Uzun vadede işlenmiş ahşaptan oluşan çatı konstrüksiyonu işlenmemiş ahşaptan oluşan çatı konstrüksiyonuna göre en az beş kat fazla servis ömrüne sahiptir.

4.2. Ahşap Çatı Sistemlerinin Karşılaştırılması

4.2.1. Kullanılan ahşabın sınıflandırılması yönünden karşılaştırılması

Karşılaştırmaya konu olan çatı sistemlerinden Avrupa’da uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatı ve geniş aralıklı kafes sistem çatılarda kullanılan ahşap, Ahşap Yapı Dizayn Standardı Eurocode5’e göre toplam üç grup, 26 sınıfa ayrılmıştır. Ahşabın sınıflandırılması makineyle, ahşaba zarar vermeyecek şekilde yapılmıştır.

Türkiye de sıkça uygulanan oturtma çatı sistemi ve geleneksel asma çatı sistemi çatılarda kullanılan ahşap ise TS647’ye göre 3 sınıfa ayrılmıştır. Ahşabın sınıflandırılması bünyedeki kusurlarına göre yapılmıştır.

Karşılaştırması yapılan çatı sistemlerinin uygulanmasında kullanılan ve Türkiye’de yetişen aynı tür çam, TS647’de 3 sınıfa ayrılırken, Eurocode5’te C grubu içinde 8 sınıfa ayrılmaktadır.

Ahşap sınıflandırılmasındaki hassasiyet ahşabın etkin kullanımını tetikler, ahşabın yeterli miktarda kullanımını sağlar.

4.2.2. Ahşabın korunma işleminden geçirilme zorunluluğu yönünden karşılaştırılması

Karşılaştırmaya konu olan Avrupa’da uygulanan ahşap çatı sistemlerinde, Ahşap Yapı Dizayn Standardı Eurocode5 doğrultusunda kurutma ve koruma işlemine tabii

tutulan ahşap kullanılmıştır. Eurocode5, ahşabın ömrünü en az beş kat arttıran ahşabın korunması şartını getirir.

TS 647'de, ahşabın korunması şartı yoktur. Bunun için Türkiye'de uygulanan ahşap çatı sistemlerini oluşturan ahşap elemanlar kurutma ve koruma işlemine tabii tutulmamıştır.

Ahşabın korunması şartı ahşabın ömrünü en az beş kat arttırır. Avrupa'da uygulanan çatı sistemlerinde kullanılan ahşabın ve çatı konstrüksiyonunun ömrü Türkiye'de kullanılan ahşabın ve çatı konstrüksiyonunu ömründen en az beş kat daha fazladır

Uygulamada, ahşabın korunması işlemi Avrupa'da uygulanan çatı sistemleri maliyetine ilave edilmiştir.

4.2.3. Birleşim şekilleri yönünden karşılaştırılması

Avrupa'da uygulanan çatı sistemlerinde, çatı sistemini oluşturan kafeslerin ve kafeslerin birbiriyle ilişkisini sağlayan yardımcı elemanların birleşimleri düzlemseldir. Düzlemsel birleşim şekilleri malzeme zayıatını en aza indirdiği gibi fabrikasyon üretimi de destekler.

Türkiye'de uygulanan çatı sistemlerinde dişli birleşimler uygulanır. Marangoz tipi olarak adlandırılan bu birleşimler için ustalık gerekir, birleşimler işçiliğe dayandığından malzeme zayıatı artar, işin bitirilmesi için geçen süre uzar, iş kazaları riski fazlalaşır.

Düzlemsel birleşim şekilleri işçilik hatalarını azaltır, kafeslerin üretiminde ve uygulanmasında hız ve süreklilik sağlar.

4.2.4. Birleşimde kullanılan araçlar yönünden karşılaştırılması

Kafes sistem çatıları, geleneksel çatılardan ayıran önemli özelliklerden biri de çatıların imalatında kullanılan birleşim araçlarıdır. Çatı elemanlarının birleşim şekilleri, birleşim araçlarının gelişimi ile paralel bir gelişme göstermiştir.

Avrupa'da uygulanan çatı sistemlerinde, kafes üretiminde kullanılan birleşim araçları düzlemsel plakalardır. Düzlemsel birleşim şekillerinin birleşiminde kullanılan bu plakalar kendinden çivili olabileceği gibi yerinde kafes imalatı sağlayan delikli metal plaka veya plywood plaka şeklinde de olabilir. Kafeslerin birbiriyle ve yapıyla ilişkisini sağlayan çok çeşitli birleşim araçları da yapı pazarında mevcuttur. Çatının imalatında kullanılan birleşim araçları yapılan hesap doğrultusunda temin edilir ve uygulanır.

Karşılaştırmaya konu olan Avrupa'da uygulanan kafes birleşiminde kullanılan plakalar, Woodexpress programıyla hesaplanmıştır.

Türkiye'de uygulanan geleneksel çatı sistemlerinde kullanılan çatı birleşim araçları: çivi, bulon ve kamalardır. Yerinde çatı imalatına paralel olarak kullanılan birleşim araçlarının temini kolaydır. Birleşim araçları Birleşim araçlarının uygulanması işçilik ve ustalığa dayanır.

Kafes sistemlerde kullanılan modern birleşim araçları malzemenin yeterli miktarda, etkin kullanımını sağlar. Düzlemsel birleşim şekillerine imkan sağlayan metal plakalar ahşap endüstrisinin lokomotifidir.

4.2.5. Ahşabın boyutlandırılması yönünden karşılaştırılması

Avrupa'da uygulanan sık aralıklı ve geniş aralıklı kafes sistem çatı ahşap kesitleri ve kullanılan ahşap miktarı, Eurocode5 doğrultusunda Woodexpress programıyla hesaplanmıştır. Programa, geçilecek açıklığa göre kullanılacak çatı tipi girişi yapılmıştır. Ahşap ve metal için malzeme değerleri ve genel amaçlı binalar için yük

dağılım değerleri Eurocode5'ten alınmıştır. Programa girişi yapılan diğer parametreler ise:

1. Kafes açıklığı,
2. Kafes yüksekliği ,
3. Saçak uzunluğu,
4. Kullanılan ahşap sınıfı,
5. Kar yükü,
6. Rüzgar basıncı,
7. Çatı örtüsü ağırlığı,
8. Kafes aralığı,
9. Kiremit altı tahtası kalınlığı,
10. Bağlantı elemanı türü,
11. Bağlantı elemanı kalınlığı,
12. Bağlantı elemanı cinsi şeklinde sıralanabilir.

Program, girişi yapılan bu değerler doğrultusunda işlem yapar ve sistem için seçilen en uygun ahşap kesit değerini onaylar.

Türkiye’de uygulanan çatı tiplerinde kullanılan ahşap boyutları genel kabullere göre alınmıştır.

Ahşap çatı kurulumunda kullanılacak malzemenin hesap edilmesi sistemin güvenilirliğini artırır, eksik veya fazla malzeme kullanılmasını önler.

4.2.6. Prefabrike yapı elemanı olarak karşılaştırılması

Yapıyı oluşturan elemanların özel bir yerde endüstriyel üretim teknikleri kullanılarak üretilmesine “prefabrikasyon” denir.

Avrupa’da uygulanan ahşap kafesler, çatının kurulacağı alanda imal edilebileceği gibi fabrikalarda da üretilir. Ahşap kafeslerin fabrikada üretilmesiyle; kafes

çatıların imalat hataları en aza indirilebilir, kalite ve uzun ömür birlikte sağlanır, kullanılan malzemelerde zayıflık en aza iner, üretimde süreklilik ve tekrar sayesinde uzmanlaşma sağlanır, her mevsim üretim yapılabilir, seri üretim sayesinde birim ürün başına düşen maliyet azalır, ürünün yapım süresi kısalmır, kısa sürede daha fazla üretim yapılabilir, prefabrike eleman üretiminde öngörülen maliyet ile gerçek maliyet arasında çok büyük farklar ortaya çıkmaz, belirlenen bütçe dahilinde kalınır ve bakım, onarım, tadilat ihtiyacı azalır.

Üretimde sağlanan hız, kalite, malzemenin etkin kullanımı, işçilik hatalarının en aza indirilmesi ve mekanizasyon prefabrikasyonun önemli avantajlarından.

Türkiye’de çatı kurulumu genelde yerinde yapılmaktadır. Bu durum çatıyı oluşturan elemanların ön üretimini gerektirmez. Yatırım maliyeti gerektirmeyen bu sistem özellikle hız, kalite, malzeme zayıflığı yönünden olumsuz sonuçlar doğurur.

4.2.7. Nakliyesi, depolanması ve kurulumu yönünden karşılaştırılması

Avrupa’da uygulanan ahşap çatı sistemlerinde fabrikada üretilen kafeslerin şantiyeye nakliyesi gerekmektedir. Ahşap kafeslerin şantiyeye taşınması kafese zarar vermeyecek şekilde yapılır. Geniş açıklıklı kafesler için modifiye edilmiş tır kullanılabilir veya kafes parçalara bölünerek şantiyede birleştirilecek şekilde taşınır.

Nakliyesi yapılan kafeslerin şantiyede depolanması için düz yüzeyli bir alan gerekmektedir. Kafesler düz alana dik yerleştirilmeli veya ahşap kadranlar üzerine yatırılmalıdır.

Karşılaştırılması yapılan çatı sistemlerinde kafes çatıların nakliyesi ve kurulumu için vinç kirası Avrupa’da uygulanan çatı sistemlerine eklenmiştir.

Türkiye’de uygulanan çatı sistemleri yerinde kurulduğu için nakliye ve vinç giderlerinden muafır. Türkiye’de uygulanan çatı sistemlerine kafes nakliyesi ve vinç giderleri eklenmemiştir.

4.2.8. Güncel malzemeyle uyumu yönünden karşılaştırılması

Avrupa'da uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatılar güncel malzemeyle ölçüsel uyum içindedir. 60 cm arayla yerleştirilen kafesler, çatıyı alttan ve üstten tamamlayan 120x240 cm ebatlarındaki OSB ve alçıpanın montajı için iskelet işlevi görür.

Diğer çatı sistemlerinde, çatıyı tamamlayan elemanlarla ölçüsel bir ilişki söz konusu değildir.

Karşılaştırmada, tüm çatı tiplerine eşit yük şartları sağlandığından ve geleneksel ahşap çatı sistemlerinde kiremit altı tahtası kullanıldığından OSB plakaları kullanılmamıştır.

4.2.9. Mekan serbestliği ve ağırlık yönünden karşılaştırılması

Türkiye'de sıkça uygulanan oturtma çatı sistem, çatının kurulması için binanın üst kat bitişinde döşeme oluşumunu gerekli kılar. Üst kat döşemesinin oluşması için kolon-kiriş sistemi döşeme kotuna kadar devam eder ve oturtma çatının kurulacağı platform oluşturulur. En üst katta oluşturulan ve oturtma çatının kurulacağı bu alan yapıya ek bir yük getirir ve ara kolon-kiriş oluşumundan dolayı kullanımı kısıtlar, mekan serbestliğini ortadan kaldırır.

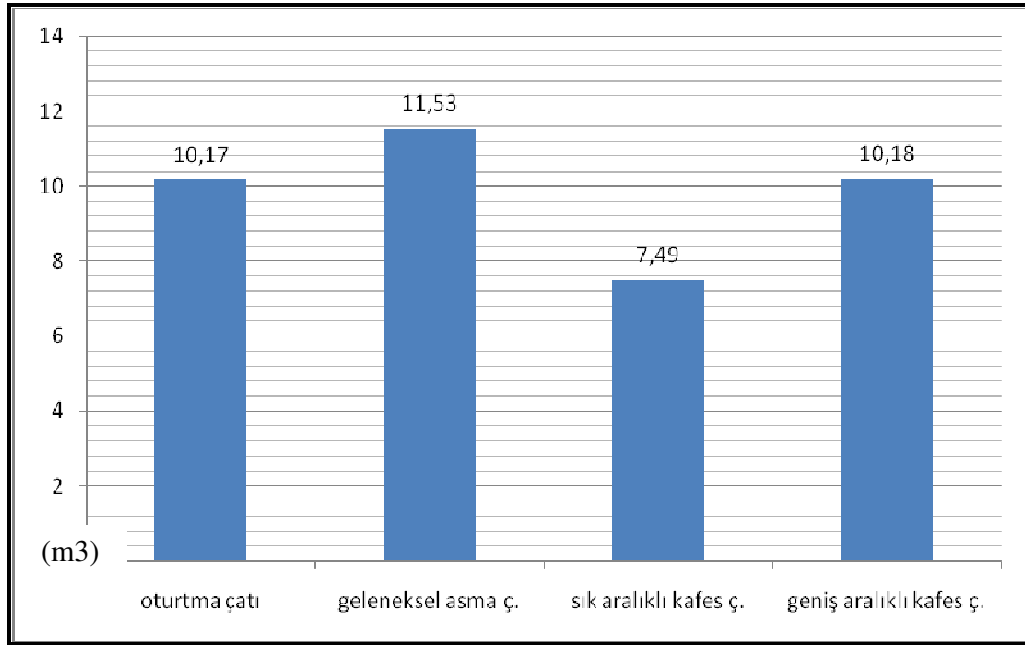
Avrupa'da sıkça uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı ve Türkiye'de uygulanan geleneksel asma çatı sistemlerinde çatılar mesnetlere oturduğundan dolayı ara kolon-kiriş bağlantılarına ve döşemeye gerek kalmaz.

Karşılaştırılması yapılan çatı tiplerinde asma sistem çatılar ara kolon-kiriş ve döşemeden kaynaklı 84 tonluk ağırlıktan muafır. Ara kolon-kiriş bağlantılarının olmamasından dolayı en üst kat diğer katlardan bağımsız olarak istenildiği gibi düzenlenebilir, üst katlarda farklı tasarımlar oluşturulabilir. Yapının hafiflemesi yatay yüklerin karşılanması açısından da olumludur.

En üst katta döşeme yapılmayan ve ara kolon-kiriş bağlantıları oluşturulmayan asma çatı tiplerinde inşaat süresi azalır, kalıp, işçilik, amortisman gideri düşer.

Türkiye’de sıkça uygulanan oturtma çatı sistemine ait çatı hesabına ara kolon-kiriş ve döşeme maliyeti eklenmiştir.

4.2.10. Kullanılan ahşap miktarı yönünden karşılaştırılması

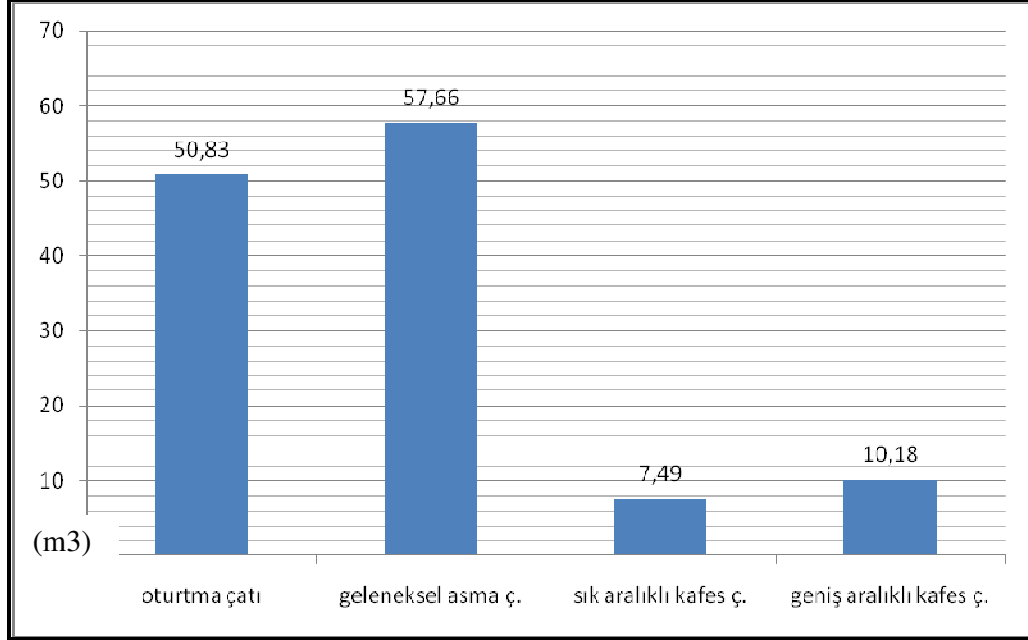


Şekil 4.12. Kullanılan ahşap miktarına göre çatıların karşılaştırılması

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi örnek plan üzerinde uygulanan çatı tiplerine göre kullanılan ahşap miktarı azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı ve geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

Avrupa’da sıkça kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatıda Türkiye’de sıkça kullanılan oturtma çatı sisteme oranla %26.3 daha az ahşap kullanılmıştır.

4.2.11. Uzun vadede kullanılan ahşap miktarı yönünden karşılaştırılması



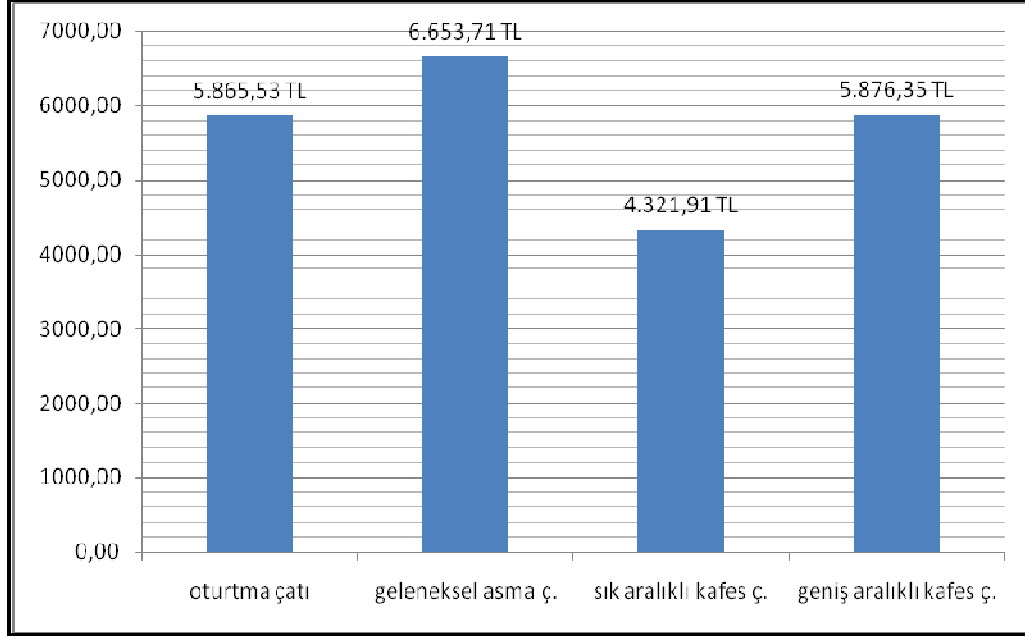
Şekil 4.13. Uzun vadede kullanılan ahşap miktarına göre çatıların karşılaştırılması

Avrupa’da, yapıda işlenmiş ahşap yapı elemanı kullanımı zorunludur. Emprenye işlemi ahşabın servis ömrünü en az beş kat artırır. Yani aynı süre içinde Avrupa’da bir ahşap konstrüksiyon kullanılırken Türkiye’de en az beş ahşap konstrüksiyon kullanılır.

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi örnek plan üzerinde uygulanan çatı tiplerine göre kullanılan ahşap miktarı uzun vadede azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı ve geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

Aynı süre içinde Türkiye’de sıkça kullanılan oturtma çatı sistem çatıda , Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatıdan 6,78 kat daha fazla ahşap kullanılmıştır.

4.2.12. Ahşap maliyeti yönünden karşılaştırılması

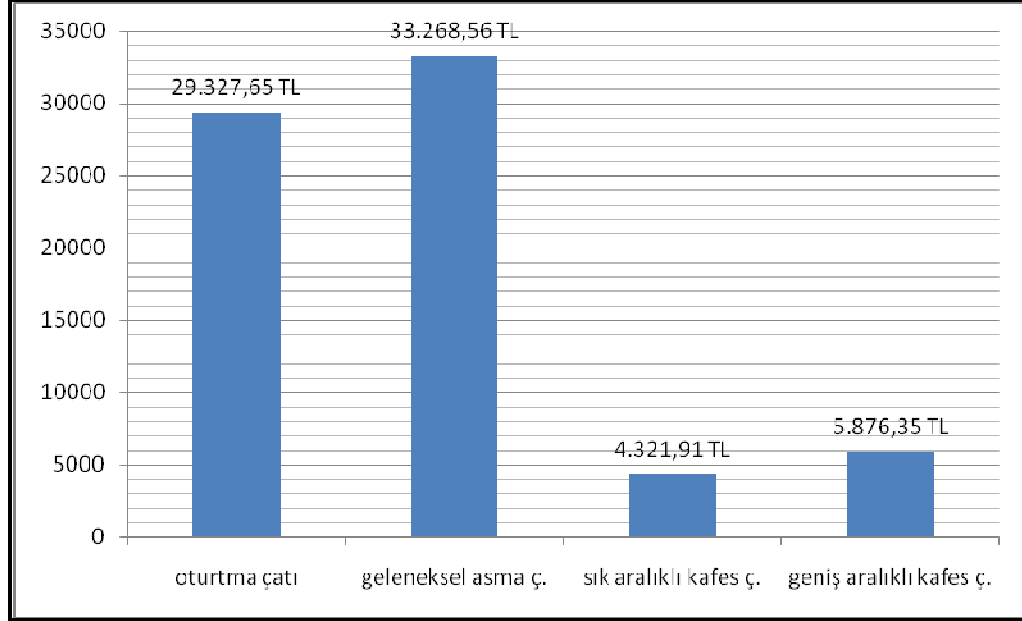


Şekil 4.14. Kullanılan ahşap maliyetine göre çatıların karşılaştırılması

Yukarıdaki tablodan görüleceği gibi ahşap miktarına paralel olarak ahşap maliyeti de aynı oranda dağılım gösterir.

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi örnek plan üzerinde uygulanan çatı tiplerine göre kullanılan ahşap maliyeti azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı ve geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

4.2.13. Uzun vadede ahşap maliyeti yönünden karşılaştırılması



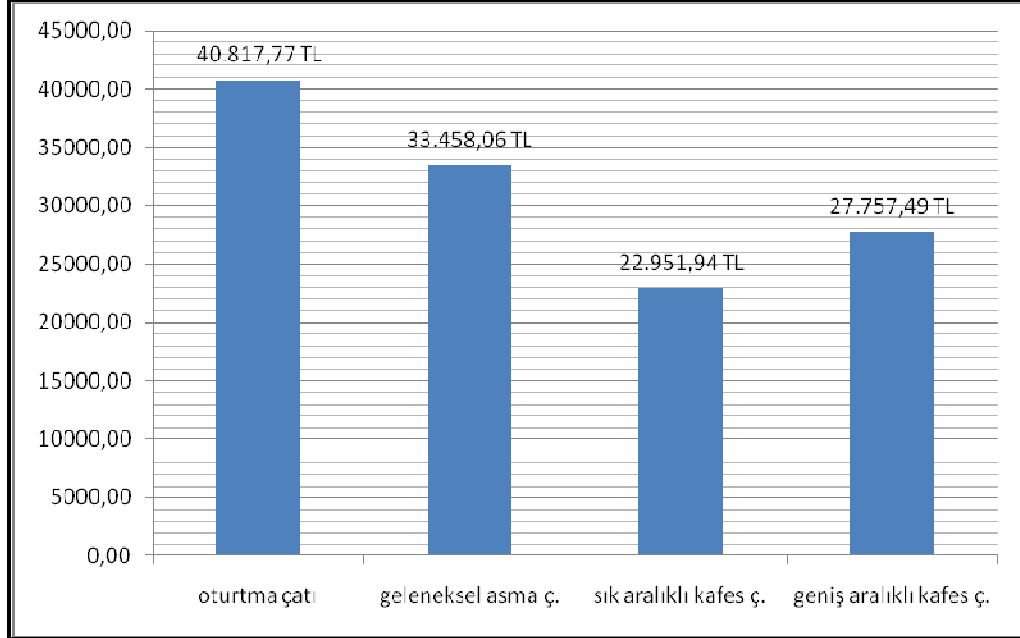
Şekil 4.15. Uzun vadede kullanılan ahşap maliyetine göre çatıların karşılaştırılması

Avrupa’da kullanılan sık aralıklı ve geniş aralıklı çatı tiplerinde empenye uygulanması ahşabın servis ömrünü en az beş kat artırır.

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi örnek plan üzerinde uygulanan çatı tiplerine göre kullanılan ahşap maliyeti uzun vadede azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı ve geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

Türkiyede kullanılan oturtma ahşap çatı ahşap maliyeti Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatının 6,78 katıdır. Bir başka deyişle aynı süre içinde sık aralıklı kafes sistem çatı maliyeti, oturtma çatının %14,7 dür.

4.2.14. Çatı maliyeti yönünden karşılaştırılması

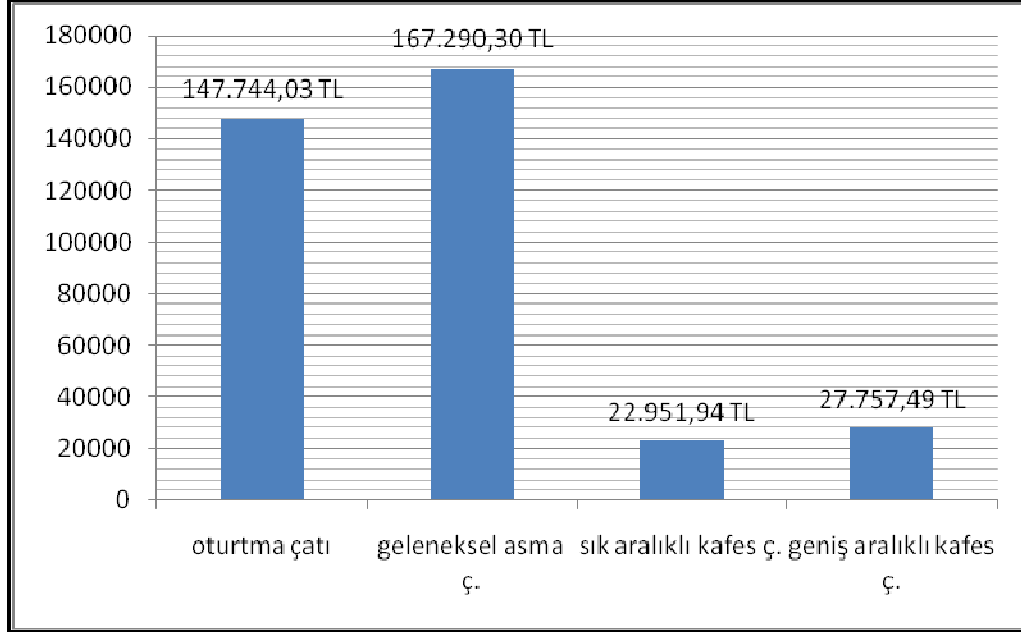


Şekil 4.16. Toplam çatı maliyetine göre çatıların karşılaştırılması

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi örnek plan üzerinde uygulanan çatı tiplerine göre maliyet azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, geleneksel asma çatı ve oturtma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

Türkiye’de sıkça uygulanan oturtma çatı maliyeti Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes çatı maliyetinin 1,77 katıdır, sık aralıklı kafes sistem çatıda maliyette %43 tasarruf sağlanmıştır.

4.2.15. Uzun vadede çatı maliyeti yönünden karşılaştırılması



Şekil 4.17. Uzun vadede toplam çatı maliyetine göre çatıların karşılaştırılması

Avrupa'da kullanılan sık aralıklı ve geniş aralıklı çatı tiplerinde empenye uygulanması ahşabın servis ömrünü en az beş kat arttırır.

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi örnek plan üzerinde uygulanan çatı tiplerine göre maliyet azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı, geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

Uzun vadede Türkiye'de sıkça uygulanan oturtma çatı maliyeti Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes çatı maliyetinin 6,43 katıdır, sık aralıklı kafes sistem çatıda maliyette %84.46 tasarruf sağlanmıştır.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de sıkça uygulanan ahşap oturtma çatı sistemleri ve geleneksel asma makas çatılarla, Avrupa’da sıkça uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatılar ve geniş aralıklı çatı sistemleri arasında, Türkiye ve Avrupa da; ahşapla ilgili kullanılan yönetmelikler, ahşabın sınıflandırılması ve sınıflandırma teknikleri, çatı birleşim teknikleri, kullanılan araçlar ve kullanılan çatı tipleri arasındaki farklılıklardan dolayı birtakım farklar olduğu saptanmıştır.

Bu farklar:

- 1) Türkiye ve Avrupa’da çatı sistemlerinde kullanılan ahşabın mekanik özelliklerine göre sınıflandırılması,
- 2) Türkiye ve Avrupa’da çatı sistemlerinde kullanılan ahşabın koruma işlemine tabii tutulması şartı,
- 3) Çatı sistemlerinde kullanılan birleşim şekilleri,
- 4) Çatı sistemlerinde kullanılan birleşim araçları,
- 5) Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap malzeme kesitlerinin ve boyutlarının saptanması,
- 6) Çatı sistemlerinin süre, kalite, işçilik yönünden karşılaştırılmasını sağlayan prefabrike yapı elemanı olarak değerlendirilmesi,
- 7) Çatı sistemlerinin depolanması, nakliyesi ve kurulumu,
- 8) Çatı sistemlerinin güncel malzemeyle uyumu,
- 9) Çatı sistemlerinin sağladığı mekan serbestliği ve çatıların ağırlığı,
- 10) Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap miktarı,
- 11) Çatı sistemlerinde uzun vadede kullanılan ahşap miktarı,
- 12) Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap maliyeti,
- 13) Çatı sistemlerinde uzun vadede kullanılan ahşap maliyeti,
- 14) Çatı sistemlerinin maliyeti,
- 15) Çatı sistemlerinin uzun vadede maliyeti arasındaki farklar şeklinde sıralanabilir.

Çalışmanın sonucunda, ortaya çıkan bu farklar çizelgeler yardımıyla açıklanmış, sistemlerin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

Çizelge 5.1. Çatı sistemlerinde kullanılan ahşapı sınıflandırma tekniği ve koruma şartı

	TÜRKİYE'DE UYGULANAN		AVRUPA'DA UYGULANAN	
	OTURTMA ÇATI	GELENEKSEL ASMA Ç.	SIK ARALIK KAFES Ç.	GENİŞ AR. KAFES Ç.
KURUTMA	-	-	+	+
KORUMA	-	-	+	+
GÖRSEL SINIFLAN.	+	+	-	-
MAKİNE SINIFLAN.	-	-	+	+

Avrupa' da kullanılan Ahşap Yapı Dizayn Standardı Eurocode 5, yapı malzemesi ahşabın dayanımını güçlendirmek ve ömrünü uzatmak için biyolojik organizmalara karşı koruyucu tedbirlerin alınması şartını getirmiştir. Avrupa'da kullanılan ahşap, kurutma ve koruma işlemlerinden geçirildikten sonra yapı malzemesi olarak kullanılır. Koruyucu tedbirlerin alınmasının ahşap kalitesini iyileştirdiği gibi servis ömrünü en az beş kat arttırdığı tespit edilmiştir.

Türkiye'de kullanılan, Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları TS 647 de, yapı malzemesi olarak ahşabın kullanımında koruyucu tedbirlerin alınması şartı yoktur.

Bunun sonucunda, Avrupa'da kullanılan aynı tür ahşap yapı malzemesi, servis kalitesi ve ömrü bakımından Türkiye'de kullanılan ahşap malzemedan fazladır. Avrupa'da uygulanan ahşap çatı konstrüksiyonu bir kereye mahsus oluşturulurken, aynı süre içinde Türkiye'de uygulanan bir ahşap çatı konstrüksiyonu, koruyucu

tedbirlerin alınmamasından dolayı en az beş kere değiştirilir.

TS 647'ye ahşap ömrünü en az beş kat arttıran ahşabın korunması şartı getirilmesi kaynak israfının önlenmesinde faydalı olabilir.

Eurocode 5, ahşabı, mekanik özelliklerine göre 26 sınıfa ayırır. Sınıflandırma, ahşabın elastisite modülüne(MOE), kopma modülüne(MOR) ve özgül ağırlığına bağlıdır. Bunların ölçümleri ise ahşabın Akustik-Ultrasonik Fenomeni, lokal yoğunluk ölçümü, nem ölçümüyle yapılmaktadır. Sınıflandırmada ahşaba fiziksel olarak zarar vermeyen teknolojilerin gelişimi ahşap sınıflandırılmasındaki hassasiyeti arttırmıştır. Ölçümler sonucunda ahşap, sahip olduğu değerler bakımından sınıflandırmadaki yerini bulur. Örneğin, çam, Eurocode5'e göre, makineyle yapılan ölçümler neticesinde C14-C30 arası 8 farklı sınıfa ayrılmıştır.

TS 647'ye göre ahşap, mekanik özellikleri bakımından, bünyedeki kusurlarına göre 3 sınıfa ayrılır. Sınıf numarası büyüdükçe hataların fazlalaştığı ve emniyet gerilmelerinin düştüğü kabul edilir. TS 647'ye göre iğne yapraklı ağaçlardan çam, yapılan gözlemler neticesinde 3 farklı sınıfa ayrılmıştır.

Ahşap sınıflandırılmasındaki hassasiyet ahşabın etkin kullanımını tetikler, ahşabın yeterli miktarda kullanımına yardımcı olur.

Ahşabı, bünyedeki kusurlarına göre 3 sınıfa ayıran TS647'de, güncel sınıflandırma teknikleri doğrultusunda gerekli değişikliklerin yapılması, ahşabın yeteri kadar kullanılarak israfının önlenmesine katkı sağlayabilir.

Çizelge 5.2. Çatı sistemlerinde kullanılan birleşim şekli ve birleşim araçları

	TÜRKİYE'DE UYGULANAN		AVRUPA'DA UYGULANAN	
	OTURTMA ÇATI	GELENEKS EL ASMA Ç.	SIK ARALIK KAFES Ç.	GENİŞ AR. KAFES Ç.
YERİNDE İMALAT	+	+	+	+
FABRİKADA İMALAT	-	-	+	+
MARANGOZ TİP BİRLEŞİM	+	+	-	-
MAKİNEYLE BİRLEŞİM	-	-	+	+
DİŞLİ BİRLEŞİM	+	+	-	-
DÜZLEMSEL BİRLEŞİM	-	-	+	+
KAMA, ÇİVİ, BULON KULLANIMI	+	+	-	-
KENDİNDEN ÇİVİLİ PLAKA KULLANIMI	-	-	+	+
TUTKALLI PLYWOOD KULLANIMI	-	-	+	+
ÇİVİLİ PLAKA KULLANIMI	-	-	+	+

Avrupa'da uygulanan kafes sistem çatı imalatı fabrika da gerçekleştirilebileceği gibi çatının kurulacağı alanda da gerçekleştirilebilir. Delikli metal plakalı ve çivili plywood birleşim şekilleri, imalatın çatının kurulacağı alanda yapılmasına imkan verir. Kendinden çivili metal plakalı birleşim şekillerinde ise imalat bu birleşimin gerçekleştirileceği fabrika veya atölyede yapılır.

Haftalık üretim kapasitesi 200-5000 kafes olan fabrikalarda 150 m²'lik çatı alanı için kafes imalatı, bir günden kısa bir sürede gerçekleştirilir. Hazırlanan kafesler kurulumun yapılacağı alana taşınır. 150 m²'lik çatı alanı için ahşap kafes konstrüksiyonun oluşturulması bir günden kısa bir sürede gerçekleştirilir.

Türkiye'de uygulanan oturtma çatı ve geleneksel asma çatı sistemlerinin imalatı ve kurulumu çatının kurulacağı alanda gerçekleştirilir. Çatı imalatı ve kurulumu için geçen süre ortam koşullarına ve işi yapan kişilerin ustalığına bağlıdır.

Geleneksel imalat şartları göz önüne alındığında, Türkiye'de ihale şartnamelerinde 150 m²'lik bir oturtma çatının yapım işi 60 günü bulabilmektedir.

İmalatın ustalığa dayandığı Türkiye'de uygulanan oturtma çatı ve geleneksel ahşap çatı sistemleri işçilik hatalarını, malzeme zayıflığını ve süreden dolayı iş kaza riskinin artmasını da beraberinde getirir.

Avrupa'da uygulanan çatı sistemlerinde, çatı sistemini oluşturan kafeslerin ve kafeslerin birbiriyle ilişkisini sağlayan yardımcı elemanların birleşimleri düzlemseldir. Düzlemsel birleşim şekilleri malzeme zayıflığını en aza indirdiği gibi fabrikasyon üretimi de destekler.

Türkiye'de uygulanan çatı sistemlerinde dişli birleşimler uygulanır. Marangoz tipi olarak adlandırılan bu birleşimler için ustalık gerekir, birleşimler işçiliğe dayandığından malzeme zayıflığı artar, işin bitirilmesi için geçen süre uzar, iş kazaları riski fazlalaşır.

Düzlemsel birleşim şekilleri işçilik hatalarını azaltır, kafeslerin üretiminde ve uygulanmasında hız ve süreklilik sağlar.

Avrupa'da uygulanan sık aralıklı ve geniş aralıklı kafes sistem çatı ahşap kesitleri ve kullanılan ahşap miktarı, Eurocode5 doğrultusunda bilgisayar programları yardımıyla hesaplanır. Program, gerekli parametrelerin girişi doğrultusunda yeterli kesit değerlerini hesaplar.

Türkiye'de uygulanan çatı tiplerinde kullanılan ahşap boyutları genellikle, genel kabullere göredir.

Ahşap çatı kurulumunda kullanılacak malzemenin hesap edilmesi sistemin güvenilirliğini artırır, eksik veya fazla malzeme kullanılmasını önler.

Avrupa'da uygulanan ahşap kafesler, çatının kurulacağı alanda imal edilebileceği gibi fabrikalarda da üretilebilir. Ahşap kafeslerin fabrikada üretilmesiyle; kafes çatıların imalat hataları en aza indirilebilir, kalite ve uzun ömür birlikte sağlanır, kullanılan malzemelerde zayıf en aza iner, üretimde süreklilik ve tekrar sayesinde uzmanlaşma sağlanır, her mevsim üretim yapılabilir, seri üretim sayesinde birim ürün başına düşen maliyet azalır, ürünün yapım süresi kısalmış, kısa sürede daha fazla üretim yapılabilir, prefabrike eleman üretiminde öngörülen maliyet ile gerçek maliyet arasında çok büyük farklar ortaya çıkmaz, belirlenen bütçe dahilinde kalınır ve bakım, onarım, tadilat ihtiyacı azalır.

Türkiye'de çatı kurulumu genelde yerinde yapılmaktadır. Bu durum çatıyı oluşturan elemanların ön üretimini gerektirmez. Yatırım maliyeti gerektirmeyen bu sistem özellikle hız, kalite, malzeme zayıf yönünden olumsuz sonuçlar doğurur.

Üretimde sağlanan hız, kalite, malzemenin etkin kullanımı, işçilik hatalarının en aza indirilmesi ve mekanizasyon prefabrikasyonun önemli avantajlarıdır.

Çizelge 5.3. Çatı sistemlerinin güncel malzeme uyumu, sağladığı mekan serbestliği, kurulum şekilleri

	TÜRKİYE'DE UYGULANAN		AVRUPA'DA UYGULANAN	
	OTURTMA ÇATI	GELENEKSEL ASMA Ç.	SIK ARALIK KAFES Ç.	GENİŞ AR. KAFES Ç.
GÜNCEL MALZEME UYUMU	-	-	+	-
MEKAN SERBESTLİĞİ	-	+	+	+
VİNÇLE KURULUM	-	-	+	+
YERİNDE KURULUM	+	+	+	+

Avrupa'da uygulanan ahşap çatı sistemlerinde fabrikada üretilen kafeslerin şantiyeye nakliyesi gerekmektedir. Ahşap kafeslerin şantiyeye taşınması kafese zarar vermeyecek şekilde yapılır. Geniş açıklıklı kafesler için modifiye edilmiş tır kullanılabilir veya kafes parçalara bölünerek şantiyede birleştirilecek şekilde taşınır.

Nakliyesi yapılan kafeslerin şantiyede depolanması için düz yüzeyli bir alan gerekmektedir. Kafesler düz alana dik yerleştirilmeli veya ahşap kadranlar üzerine yatırılmalıdır.

Türkiye'de uygulanan çatı sistemleri yerinde kurulduğu için çatı Avrupa'da uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatılar güncel malzemeye ölçüsel uyum içindedir. 60 cm arayla yerleştirilen kafesler, çatıyı alttan ve üstten tamamlayan 120x240 cm ebatlarındaki OSB ve alçıpanın montajı için iskelet işlevi görür.

Diğer çatı sistemlerinde, çatıyı tamamlayan elemanlarla ölçüsel bir ilişki söz konusu değildir.

Çatının güncel malzemeye ölçüsel uyum içinde olması uygulamada hız sağlar. Çatıyı alttan tamamlayan alçı panel tavan uygulamalarında ve çatıyı üstten tamamlayan OSB için ayrı bir konstrüksiyon yapılmasına gerek kalmaz,

Avrupa'da sıkça uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı ve Türkiye'de uygulanan geleneksel asma çatı sistemlerinde çatılar mesnetlere oturduğundan dolayı ara kolon-kiriş bağlantılarına ve döşemeye gerek kalmaz.

Türkiye'de sıkça uygulanan oturtma sistem çatı, çatının kurulması için binanın üst kat bitişinde döşeme oluşumunu gerekli kılar. Üst kat döşemesinin oluşması için kolon-kiriş sistemi döşeme kotuna kadar devam eder ve oturtma çatının kurulacağı platform oluşturulur. En üst katta oluşturulan ve oturtma çatının kurulacağı bu alan yapıya ek bir yük getirir ve ara kolon-kiriş oluşumundan dolayı kullanımı kısıtlar, mekan serbestliğini ortadan kaldırır.

Karşılaştırılmada asma sistem çatılar ara kolon-kiriş ve döşemeden kaynaklı 84 tonluk ağırlıktan muafır. Ara kolon-kiriş bağlantılarının olmamasından dolayı en üst kat diğer katlardan bağımsız olarak istenildiği gibi düzenlenebilir, üst katlarda farklı tasarımlar oluşturulabilir. Yapının hafiflemesi yatay yüklerin karşılanması açısından da olumludur.

En üst katta döşeme yapılmayan ve ara kolon-kiriş bağlantıları oluşturulmayan asma çatı tiplerinde inşaat süresi azalır, kalıp, işçilik, amortisman gideri düşer

Çizelge 5.4. Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap miktarı ve maliyeti

	TÜRKİYE'DE UYGULANAN		AVRUPA'DA UYGULANAN	
	OTURTMA ÇATI	GELENEKSEL ASMA Ç.	SIK ARALIK KAFES Ç.	GENİŞ AR. KAFES Ç.
KULLANILAN AHŞAP MİKTARI (M3)	10,17	11,53	7,49	10,18
UZUN VADEDE KULLANILAN AHŞAP M. (M3)	50,83	57,66	7,49	10,18
AHŞAP MALİYETİ(TL)	5.865,53	6.653,71	4.321,91	5.876,35
UZUN VADEDE AHŞAP MALİYETİ(TL)	29.327,65	33.268,56	4.321,91	5.876,35
TOPLAM ÇATI MALİYETİ(TL)	40.817,77	33.458,06	22.951,94	27.757,49
UZUN VADEDE TOPLAM ÇATI MALİYETİ(TL)	147.744,03	167.290,30	22.951,94	27.757,49

Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap miktarı azdan çoğa göre sırasıyla: sık aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı ve geleneksel asma çatı sistemi şeklindedir.

Avrupa'da sıkça kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatıda Türkiye'de sıkça kullanılan oturtma çatı sisteme oranla %26.3, geleneksel asma sisteme oranla ise %35 daha az ahşap kullanılmıştır.

Avrupa'da, yapıda işlenmiş ahşap yapı elemanı kullanımı zorunludur. Ahşabın korunması işlemi servis ömrünü en az beş kat arttırır. Aynı süre içinde Avrupa'da bir birim ahşap kullanılırken Türkiye'de en az beş birim ahşap kullanılır.

Çatı sistemlerinde kullanılan ahşap miktarı uzun vadede azdan çoğa göre sırasıyla; sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı ve geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmaktadır.

Aynı süre içinde Türkiye'de sıkça kullanılan oturtma çatı sistem çatıda , Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes sistem çatıdan 6,78 kat daha fazla ahşap kullanılmıştır. Bir başka deyişle sık aralıklı kafes sistem çatıda, oturtma sistem çatıdan uzun vadede kullanılan ahşaptan %84,6 tasarruf sağlanmıştır.

Çatı sistemleri için hesaplanan ahşap maliyeti, kullanılan ahşap miktarıyla paralellik gösterir. Çatı sistemleri için kullanılan ahşap miktarındaki oranlar ahşap maliyeti için de geçerlidir.

Çalışmada karşılaştırmaya konu olan çatı sistemlerinin toplam maliyeti azdan çoğa göre sırasıyla: sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, geleneksel asma çatı ve oturtma çatı sistemi şeklinde sıralanmıştır.

Türkiye'de sıkça uygulanan oturtma çatı maliyeti Avrupa'da kullanılan sık aralıklı kafes çatı maliyetinin 1,77 katıdır, sık aralıklı kafes sistem çatıda maliyette %43 tasarruf sağlanmıştır.

Çatı sistemlerinde uzun vadede çatı maliyeti azdan çoğa göre sırasıyla: sık aralıklı kafes sistem çatı, geniş aralıklı kafes sistem çatı, oturtma çatı,geleneksel asma çatı sistemi şeklinde sıralanmıştır.

Uzun vadede Türkiye’de sıkça uygulanan oturtma çatı maliyeti Avrupa’da kullanılan sık aralıklı kafes çatı maliyetinin 6,43 katıdır. Bir başka deyişle, sık aralıklı kafes sistem çatıda oturtma çatıya oranla maliyette %84.4 tasarruf sağlanmıştır.

Karşılaştırılan çatı tiplerinde kısa ve uzun vadede ahşap ve çatı maliyetlerinde önemli farklar olduğu saptanmıştır. Özellikle Avrupa’da sıkça uygulanan sık aralıklı kafes sistem çatılarda ahşap ve maliyette sağlanan tasarruf Türkiye’de sıkça uygulanan oturtma sistem çatılardan oldukça yüksektir. Ahşap israfının önlenmesi, mevcut ahşaptan etkin bir şekilde faydalanılması için Türkiye’de çağdaş ahşap yapı ve çatı üretimi için güncel bilgi ve teknikler uygulanmalı, ahşapla ilgili yönetmelikler güncellenmeli, gerekli ön yatırım yapılmalı, ahşaba hak ettiği değer verilmeli, ağaç endüstrisinin sürekliliğini sağlayan, yapıcı politika izlenmelidir.

KAYNAKLAR

1. Odabaşı Y. , “Ahşap ve Çelik Yapı Elemanları, 3. Baskı”, **Beta Basım A.Ş.**, İstanbul, 1 (2000).
2. Usta H. ,”Ahşap Çatı Makaslarının Düğüm Noktalarında Ön Ahşap Uzunluğunun Deneysel Yöntemle Tayini ”, Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1, 8-9 (2007).
3. Lebow, S.,Makel W. “Selection And Use Of Preservative Treated Wood In Forest Service Recreational Structuress “, USA, 1 (1995).
4. Jean S., Yann B., “Timber grading machine using multivariate parameters based on ultrasonic and density measurement”, **Conference - Quality Control for Wood and Wood Products**, Poland, 167-173 (2007)
5. Odabaşı Y. , “Ahşap Çatıların Hesap ve Detayları”, **Teknik Kitaplar Yayınevi**, İstanbul, 1, 6-7, 10 (1981)
6. Mindham, C.N., “Roof Construction And Loft Conversion”, 4th Edition, **Blackwell Publishing**, UK, 9-12, 82-102, 125, 156-157 (2006)
7. Ertaştan E. , ““ Orta ve geniş açıklıklı ahşap çatıların performansı: Ahşap ve çeliğin karşılaştırması”, Yüksek Lisans Tezi, **ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, V (2005).
8. Hıraoğlu E. E. , “Ahşap ve çelik makas sistemlerin malzeme ve sistem özelliklerinin incelenmesi, bir örnek yapı üzerinde değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, V (2007).
9. Sezer R. , “Çelik çatılarda kafes giriş ve aşık aralıklarının optimum tesbiti “,Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, IV (1987)
10. Akgül T. , “Ahşapların ve Birleşim Noktalarının Fiber Takviyeli Polimerlerle (FRP) Güçlendirilmesi“, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, 7 (2007)
11. Avlar E. , Limoncu S. , “Yapı Malzemesi Olarak Ahşap ve Ahşap Yapı Sistemleri”, Aralık, **Yapı**, 87-88 (2001)
12. Berkel A. , “Ağaç Malzeme Teknolojisi, İkinci Cilt”, **Sermet Matbaası**, İstanbul, 1-60, 107-131 (1972)
13. Örs Y., Keskin H.,”Ağaç Malzeme Bilgisi, 1. Baskı”, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul, 103 (2001)
14. Eurocode 5: Design of Timber Structures, **BSI**, UK, xiii, xv, 1-25 (2000).

15. TS 647, Ahsap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-31 (1979).
16. Hanhijarvi A., Maunus A., Turk G., "Potential of strength grading of timber with combined measurement techniques", Finland, 7 (2005)
17. Özdemir, İ., "Yapı Elemanları Ders Notları", *T. C. Osmangazi Üniversitesi*, Eskişehir, 93-98, (1997)
18. Sherwood G.E., Stroh R.C., "Wood Frame House Construction", 2nd Edition, *Delmar Publishing*, USA, 87(1992).
19. Binan M., "Ahşap Çatılar", 1.baskı, *Birsen yayınevi*, İstanbul, 2 (1990).
20. Toydemir, N., Bulut, Ü., "Çatılar" , 2.baskı, *Yapı yayınları*, İstanbul, 15, 27 (2004).
21. Türkçü, Ç., "Yapım", 2. Baskı, *Birsen yayınevi*, İstanbul, 215-270 (2000).
22. Üsküdar, H., "Prefabrike Beton Panel Sistemlerde Tasarım Kısıtları", Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, v (2004).
23. Gürer Cahit, "Yapı Teknolojileri-II", Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 9-14, (2008)
24. Tuna, M. Emin, "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", *Tuna Eğitim ve Kültür Vakfı*, Ankara, 178-179, 202-203 (2000).
25. Ersoy,U., Tankut T., "Depreme Dayanıklı Prefabrik Yapılar Temel İlkeler", *VIII. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı*, Ankara, 89-103 (1988).
26. Gürer İ., Koç L., *İmo Teknik Dergi*, yazı166, İstanbul, 2435-2463, (2001)
27. Eldem, S. Hakkı, "Yapı", *Birsen yayınevi*, İstanbul, i4-i5, (1992).
28. TS 498, "Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri", *TSE*, Ankara, (1987).

EKLER

EK-1. Sık Aralıklı Kafes Sistem Hesabı

WOODexpress [Trussed rafter roof type N]

Design OK

44.44% $\alpha = 23.96^\circ$

dimensions at nodes
 dimensions at element ends

Node supports: 1, 3; 1, 4, 3; 1, 7, 8, 3; 1, 7, 4, 8, 3; 1, 7, 4, 8; 1, 7, 4; 7, 8; 7, 4, 8

Elements	B [mm]	H [mm]
1, 2, 3, 4	50	120
5, 6, 7, 8	50	100
9	50	100
10, 11	50	100
12, 13	50	120

Name of design object: ROOF-004

Timber class: C27, $f_{mk}=27.0N/mm^2$, $f_{ok}=16.0N/mm^2$

Service classes (EN1995-1-1, §3.1.5): Class 1, moisture content $k=12\%$

Material factors: γ_M Timber 1.30 Steel 1.10

Load combination factors: $\psi_0=0.70$, $\psi_1=0.50$

Snowguards at left
 Snowguards at right

Tiles from clay
 Tiles from clay

Snow load on the ground $S_k=1.500$ kN/m²
 Wind pressure on vertical surface $q_w=0.800$ kN/m²
 Load of roof covering 0.500 kN/m²
 Self weight of purlins and finishing 0.080 kN/m²
 Self weight of ceiling under the roof 0.100 kN/m²

Type of roof secondary structure: roof finishing, buss spacing

Spacing of trusses: 0.600 m
 Spacing of purlins: 0.600 m
 Cross section BxH of purlins: B=50 mm, H=50 mm
 Timber class of purlins: C27
 Thickness of roof finishing (rafter): h=20 mm
 Timber class of roof finishing (rafter): C27

Nails
 Bolts
 Screws

round nails
 square nails

Nail diameter: 4.0 mm

Steel plate thickness: BMF 1.5mm

Yielding stress: $f_y=240.0$ N/mm²

Tensile strength $f_u=600.0$ N/mm²

Design of connections: Stiffness of connections (min to max), Multiple or single plate

EK-2. Geniş Aralıklı Kafes Sistem Hesabı

WOODexpress [Trussed rafter roof type N]

Design OK

44.44% $\alpha = 23.96^\circ$

dimensions at nodes
 dimensions at element ends

Node supports: 1, 3; 1, 4, 3; 1, 7, 8, 3; 1, 7, 4, 8, 3; 1, 7, 4, 8; 1, 7, 4; 7, 8; 7, 4, 8

Elements	B [mm]	H [mm]
1, 2, 3, 4	120	180
5, 6, 7, 8	120	180
9	120	180
10, 11	120	180
12, 13	120	180

Name of design object: ROOF-005

Timber class: C27, $f_{mk}=27.0N/mm^2$, $f_{tk}=16.0N/mm^2$

Service classes (EN1995-1-1, §3.1.5): Class 1, moisture content $\leq 12\%$

Material factors γ_M : Timber 1.30, Steel 1.10

Load combination factors: $\psi_0=0.70$, $\psi_1=0.50$

Snow load on the ground: $S_k = 1.500$ KN/m²
 Wind pressure on vertical surface: $q_w = 0.800$ KN/m²
 Load of roof covering: 0.500 KN/m²
 Self weight of purlins and finishing: 0.120 KN/m²
 Self weight of ceiling under the roof: 0.200 KN/m²

Snowguards at left:
 Snowguards at right:

Tiles from clay
 Tiles from clay
 Tiles from clay
 roof finishing
 truss spacing

Spacing of trusses: 2.700 m
 Spacing of purlins: 0.300 m
 Cross section BxH of purlins: B=60, H=80
 Timber class of purlins: C27
 Thickness of roof finishing (rafter): h=30
 Timber class of roof finishing (rafter): C27

Connection plates:
 Steel plate thickness: plate 3.0mm
 Yielding stress: $f_y = 250.0$ N/mm²
 Nails: Bolts: Screws:
 Nail diameter: 4.0 mm
 round nails:
 square nails:
 Tensile strength $f_u = 240.0$ N/mm²
 Stiffness of connections: min max
 Multiple or single plate:

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı. Adı : Okay ESEN
 Uyuşu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.02.1973, Ankara
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0(312)4358493
 e-mail : okayesen@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Mimar Sinan Ü./ Mimarlık	1999
Lise	Özel Yükseliş Koleji	1991

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2008-2009	Ankara/Godion Grup	Mimar
2007-2008	Ankara/MNG Targem	Mimar
2005-2008	Ankara/Konkur Ahşap Ev	Mimar
1999-2005	Ankara	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Squash, resim, müzik