Sürdürülebilirlik Bağlamında Glulam ve CLT Malzemesinin Çağdaş Yapılar Üzerinden İncelenmesi

Zeynep Dumangöz

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Aralık 2022

An Investigation of Glulam and CLT Material in Contemporary Constructions in the Context of Sustainability

Zeynep Dumangöz

MASTER OF SCIENCE THESIS

Departman of Architecture

December 2022

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK BAĞLAMINDA GLULAM VE CLT MALZEMESİNİN ÇAĞDAŞ YAPILAR ÜZERİNDEN İNCELENMESİ

Zeynep Dumangöz

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Mimarlık Anabilim Dalı
Mimarlık Tarihi Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Terane Mehemmedova Burnak

Aralık 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Dr. Öğr. Üyesi Terane Mehemmedova Burnak danışmanlığında hazırlamış olduğum "19.Yy'ın İstanbul Ahşap Konut Mimarisi Üzerine Etkisi" başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı: tezimde verdiğim bilgileri, verilen akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 30/12/2022

Zeynep Dumangöz

İmza

ÖZET

Ahşap insanoğlunun en kolay erişebileceği malzemelerden biri olması bakımından temel barınma ihtiyacına cevap olarak yüzyıllardır kullanılan bir malzemedir. Yapı ihtiyaçlarının farklılaşması ve keşfedilen özellikleriyle ahşap zamanla bir takım değişiklikler yaşamıştır. Bir değişim olarak yığma sistemin ağırlığından iskelet sistemin hafifliğine geçilmiş, sistemin hafiflemesiyle cephede motifler, bezemeler, çıkma ve cumbalar, çeşitli C-S formlarla yumuşak hatlar kullanılmış, iskelet sistemin aralarını dolduran yapı malzemeleriyle sivil mimari oluşmuştur. Uzun yıllar 4-5 metreye kadar geçilebilen açıklıklar ve 3-4 kata kadar çıkılabilen yükseklikler gibi kısıtlılıkları sebebiyle varlığını bu doğrultuda sürdürmüştür. Her şeyin etkilenmekten nasibini aldığı Endüstrileşme çağıyla birlikte ahşap yapılar da bir dönem bu etkileşimden payını almıştır. Göçler, savaşlar, prefabrikasyon ile üretim, çelik ve betonarme yapıların popülerleşmesi, yangınlar ve bu sebeple yeni politikalar da yapılarda kullanımını sekteye uğratan sebepler arasındadır. Buna rağmen özellikle Amerika'da balon ve çerçeve sistemlerin prefabrikasyon üretimine öncülük eden (balon ve çerçeve) sistemi uygulamayı sürdürülmesi, endüstriyel ahşap ürünlerin imkânları ile bir araya gelmesiyle yerinde üretim, yerinde montaj ve prefabrik ahşap yapılar yeniden artmaya başlamıştır. Yeni lamine ahşap malzemeler ahşabın kısıtlılıklarının yeniden tartışılmasına, kullanımının canlanmasına sebep olmuştur. Günümüzde özellikle son 20 yıldır dünyada çeşitli lamine ahşap ürünlerle geçmişe kıyasla oldukça farklı ahşap yapı inşası söz konusudur. Lamine ahşap ürünlerin sunduğu geniş açıklık, yüksek kat, ince form kabuk, esnek form ve strüktür gibi imkânlar ile yeni yaklaşımlardan bahsedilebilmektedir. Buna rağmen ülkemizde halen ahşap yapılarla ilgili ön yargıların olması, disiplinler arası işbirliği, tedarikçi, bilgi ve üretim örneği eksikliği ahşap yapı üretimini engellemektedir. Bu tez çalışmasında ahşabın tarihsel sürecinde gelinen nokta genel hatlarıyla incelenirken –yığma iskelet sistemlerden, çerçeve-platform sistemlere ve ahşap esaslı panellere-, ağırlıklı olarak son 10 yıllık örneklere yer verilmiştir. 28 adet farklı yapı türü örneği ile çalışılmış, olası sorunlar ve çözüm önerileri ile detaylandırılmıştır. Örneklerin ve çözüm önerilerinin literatüre katkısı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap, Endüstriyel ahşap ürünler, Ahşap esaslı paneller, Lamine ahşap yapı örnekleri, CLT, Glulam

SUMMARY

Since wood is one of the most easily accessible materials for human beings, it is a material that is used in response to basic housing needs. With the differentiation of building needs and the discovered features, wood has experienced some changes over time. It was passed from the weight of the masonry system to the alleviation of the skeleton system, and with the alleviation of the system, motifs, decorations, projections and bay windows, soft lines with various C-S forms were used. Thus civil architecture was formed with the building materials that fill the gaps of the skeleton system. For many years, it has continued its existence in this direction due to its limitations such as openings that can be passed up to 4-5 meters and heights that can be reached up to 3-4 floors. Along with the Industrialization era wooden onstruction production has decreased. Migration, wars, production with prefabrication, popularization of steel and reinforced concrete structures, fires and new policies for this reason are among the other reasons that hinder their use in buildings. Despite this, the continuation of the application of the (balloon and frame) system, which pioneered the prefabrication production of balloon and frame systems, especially in the USA, combined with the possibilities of industrial wooden products, on-site assembly. Then prefabricated wooden structures started to increase again. The new laminated wood materials have led to the re-discussion of the limitations of wood and the revival of its use. Today, especially in the last 20 years, there has been a quite different wooden structure construction with various laminated wood products in the world compared to the past. New approaches can be mentioned with the possibilities such as wide span, high storey, thin form shell, flexible form offered by laminated wood products. Despite this, there are still prejudices about wooden structures in our country, interdisciplinary cooperation, lack of suppliers, information and production examples prevent the production of wooden structures. In this thesis, while the point reached in the historical process of wood is examined in general terms -from masonry skeleton systems to frame-platform systems and wood-based panels-, examples from the last 10 years are mainly included. It has been studied with 28 different building type examples and detailed with possible problems and solution suggestions. It is thought that examples and solution suggestions will contribute to the literature.

Keywords: Wood, Industrial wood products, Wood based panels, Laminated wood construction examples, CLT, Glulam

İÇİNDEKİLER

Sayfalar

ÖZET ..... **v**
SUMMARY ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xiv**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xv**
1. GİRİŞ VE AMAÇ **1**
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **3**
3. YÖNTEM **8**
4. TEORİK BİLGİ **9**
4.1. Yapı Malzemesi Olarak Ahşap Ve Tarihçesi 9
4.2. Ahşabın Yeniden Gündeme Gelmesi 13
4.3. Sürdürülebilirlik Bağlamında Ahşap 15
4.4. Dünya'da ve Ülkemizde Orman Rezervleri ve Endüstriyel Ahşap Üretim Verileri 18
4.5. Üretimin Önündeki Engeller 21
4.6. Çağdaş Bir Yapım Sistemi Olarak Ahşabın Yapılarda Kullanımı 22
4.7. Doğal Ahşap 23
4.7.1. Ahşap yığma sistemler 23
4.7.2. Ahşap iskelet sistemler 26
4.8. Yapay Ahşap 29
4.8.1. Ahşap çerçeve sistemler 30
4.8.2. Ahşap esaslı paneller 37
4.8.3. Lamine ahşap sistemler 47
4.8.3.1. Yapıştırılmış lamine ahşap/ GLT/glulam 49
4.8.3.2. Çapraz lamine Ahşap/CLT 58

4.8.3.3. Yapısal kompozit ahşap/ SCL 85

4.8.3.4. Ahşap beton kompozit / TCC 95

4.8.3.5. Çivili Lamine Ahşap/NLT 98

4.8.3.6. Dübel lamine ahşap /DLT 103

5. BULGULAR VE TARTIŞMA 109

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 112

KAYNAKLAR DİZİNİ 117

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Ahşap yığma tekniği 10
Şekil 4.2. Eldem'in ahşap iskelet sistemi kesit, görünüş ve perspektifi 10
Şekil 4.3. Dünya orman varlığı haritası 19
Şekil 4.4 Türkiye orman varlığı yüzölçümü oranı 19
Şekil 4.5. Ahşap yığma sistemi 24
Şekil 4.6. Ahşap yığma sistemi 24
Şekil 4.7. Ahşap iskelet sistemi konstrüksiyonu 26
Şekil 4.8. Ahşap iskelet ve ara dolgu 27
Şekil 4.9. Ahşap iskelet hımış dolgu 27
Şekil 4.10. Karadeniz evleri ahşap iskelet sistemde ara dolgu malzemesi taş dolgu 28
Şekil 4.11. C formlu bir ahşap yapı örneği 29
Şekil 4.12. Balon çerçeve sistemi 32
Şekil 4.13. Balon çerçevenin esnekliği 33
Şekil 4.14. Balon çerçeve çiftlik evi 1850-70 33
Şekil 4.15. Balon çerçeve sistem 34
Şekil 4.16. Platform çerçeve sistem 36
Şekil 4.17. Platform çerçevenin kaldırılması 36
Şekil 4.18. Odunun içyapısı 39
Şekil 4.19. OSB iç mekân uygulamaları 41
Şekil 4.20. OSB-4'ten yapılmış Highway Kilisesi'nin 7 metre yüksekliğindeki çatısı 41
Şekil 4.21. Büyük OSB panellerin vinç yardımıyla yerleştirilmesi 42
Şekil 4.22. Sunta 42
Şekil 4.23. MDF 43
Şekil 4.24. Banq Restoran ve Bar 44
Şekil 4.25. Banq Restoran ve bar kesiti 45
Şekil 4.26. Banq Restoran ve Bar iniş yükselişler 45
Şekil 4.27. House K. kontrplak kaplama 46
Şekil 4.28. Endüstriyel ahşap üretimi aşamaları 46
Şekil 4.29. Lamine işlem basamakları 48

ŞEKİLLER DİZİNİ(devamı)

Sayfa

Şekil 4.30. Glulam 49
Şekil 4.31. Tujia Pan Kompleksi 50
Şekil 4.32. Tujia Pan Kompleks Müzesi İç Mekân Örtüsü 50
Şekil 4.33. Tujia Pan Kompleksi dış örtü 51
Şekil 4.34. Tujia Pan yapı birimleri farklı formları 51
Şekil 4.35. Samuel Beckett Kent Kampüsü cephesi 52
Şekil 4.36. Samuel Beckett Kent Kampüsü cephesi 52
Şekil 4.37. Samuel Beckett Kent Kampüsü cephe detayları 53
Şekil 4.38. Samuel Beckett Kent Kampüsü kolon ve kirişler 53
Şekil 4.39. Richmond Olympic Oval spor salonu glulam-çelik kompozit kemerler 54
Şekil 4.40. Richmond Olympic Oval çelik kompozit kesit ve plan 54
Şekil 4.41. Richmond Olympic Oval spor salonu iç mekân 54
Şekil 4.42. Richmond Olimpic Oval glulam detayları 55
Şekil 4.43. San Crescente Topluluğu 55
Şekil 4.44. San Crescente topluluğu plan ve kesitler 56
Şekil 4.45. Centre Pompidou-Metz 56
Şekil 4.46. Centre Pompidou-Metz saçak ve detayları 57
Şekil 4.47. Centre Pompidou-Metz çatı planı 57
Şekil 4.48. Centre Pompidou-Metz kesit 58
Şekil 4.49. CLT-Çapraz Lamine kereste uygulaması 58
Şekil 4.50. CNC makina ve tezgâhı 59
Şekil 4.51. Kanada Vancouvuer Yurt Binası 61
Şekil 4.52. Kanada Vancouvuer Yurt Binası glulam çelik bağlantı 62
Şekil 4.53. Vancouver öğrenci yurdu binası glulam kolonlar ve çelik bağlantı 62
Şekil 4.54. Kanada Vancouvuer Öğrenci Binası Betonarme Şaft 63
Şekil 4.55. King ofis binası 64
Şekil 4.56. 25 King betonarme zemin kat 64
Şekil 4.57. 25 King iç mekân V kolonlar 65
Şekil 4.58. Mjøstårnet Kulesi ve kompleksi 66

ŞEKİLLER DİZİNİ(devamı)

Sayfa

Şekil 4.59. Mjøstårnet Kulesi iç mekân kolon ve köşegenleri 66
Şekil 4.60. Mjøstårnet Kulesi kolon -kirişler ve çelik bağlantı elemanları 67
Şekil 4.61. Prefabrik cephe elemanları 67
Şekil 4.62. Mjøstårnet Kulesi Cephesi 68
Şekil 4.63. Hoho Viyana Kulesi cephe 69
Şekil 4.64. Hoho Kulesi iç mekân 69
Şekil 4.65. Hoho prefabrikasyon, iç ve dış mekân 70
Şekil 4.66. Vélizy Morane Saulnier apartmanı 70
Şekil 4.67.Vélizy Morane Saulnier Apartmanı balkonlar 71
Şekil 4.68.Pitaya Evi cephesi 71
Şekil 4.69. Pitaya evi esnek mekânlar 72
Şekil 4.70.The Tree/Treet 73
Şekil 4.71.The Tree (Treet) iç mekân 73
Şekil 4.72. The Tree çapraz köşegenler 74
Şekil 4.73. The Tree kaplamalar ve taşıyıcılar 75
Şekil 4.74. Forte apartman binası 75
Şekil 4.75. Forte iç mekân ve plan 76
Şekil 4.76. Bellevue Birinci Cemaat Kilisesi 77
Şekil 4.77. Bellevue ilk cemaat kilisesi kesit-düzlem ve cephe 77
Şekil 4.78. Fremen’s Okulu yüzme havuzu 78
Şekil 4.79. Yüzme havuzu dikme ve çatı panelleri 78
Şekil 4.80. Fremen’s Okulu yüzme havuzu planı 79
Şekil 4.81. Fremen’s Okulu yüzme havuzu kesiti 79
Şekil 4.82. Diamond Domes iki kapalı bir açık tenis kortu 80
Şekil 4.83. İsviçre’de Diamond Domes tenis kortu 80
Şekil 4.84. Diamond Domes tenis kortu kesiti 81
Şekil 4.85. SCL 85
Şekil 4.86. LVL 85
Şekil 4.87. LSL 86

ŞEKİLLER DİZİNİ(devamı)

Sayfa

Şekil 4.88. PSL 86
Şekil 4.89. OSL 86
Şekil 4.90. Expo Dach sergi için çatı 88
Şekil 4.91. Expo Dach detayları 88
Şekil 4.92. Motat havacılık ve sergi salonu 89
Şekil 4.93. Motat Havaalanı iç mekân 90
Şekil 4.94. Motat kesit ve iç mekân 90
Şekil 4.95. Hyogo evi kemerleri 91
Şekil 4.96. Hyogo ev çapraz tonozları 91
Şekil 4.97. Hyogo ev planı 92
Şekil 4.98 Hyogo ev cephe ve üstten görünüm 92
Şekil 4.99. Vitsoe fabrika binası 93
Şekil 4.100. Vitsoe iç mekân 93
Şekil 4.101. Vitsoe cam-çelik çatı 94
Şekil 4.102. Vitsoe çatı 94
Şekil 4.103. TCC ahşap-beton birleşim detayları 95
Şekil 4.104. Agger nehri köprüsü 96
Şekil 4.105. Agger köprüsü 96
Şekil 4.106. Life Cycle Kulesi cephe ve iç mekân 97
Şekil 4.107. Life Cycle Kule şantiyesi 97
Şekil 4.108. NLT 98
Şekil 4.109. T3 Ofis Binası 98
Şekil 4.110. T3 Ofis binası cepheleri 99
Şekil 4.111. T3 İç mekân 99
Şekil 4.112. Brentwood şehir merkezi istasyonu 100
Şekil 4.113. Brentwood şehir merkezi istasyonu kıvrımlı örtüsü 100
Şekil 4.114. Brentwood şehir merkezi istasyonu kesit detayı 101
Şekil 4.115. Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi 101
Şekil 4.116. Tsingtao yapı strüktürünü oluşturan elemanlar 102

ŞEKİLLER DİZİNİ(devamı)

Sayfa

Şekil 4.117. Tsingtao glulam direkleri ve kıvrımlı NLT çatısı 102
Şekil 4.118. Chilliwack ortaokulu 103
Şekil 4.119. DLT 103
Şekil 4.120. East Grand Ofis binası..... 104
Şekil 4.121. East Grand Ofis şantiye..... 105
Şekil 4.122. T3 Atlanta ofis binası 105
Şekil 4.123. T3 Atlanta ofis binası iç mekân DLT kullanımı..... 106

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Literatür Taraması Kapsamında İncelenen Kaynaklar 5
Çizelge 4.1 Dünyada orman varlığında ilk 10 ülke sıralaması 18
Çizelge 4.2. Ahşap esaslı panel üretimi değerlendirmesi 39
Çizelge 4.3. GLT ve CLT projelerin değerlendirilmesi 83
Çizelge 4.4. LVL, SCL, TCC, NLT ve DLT projelerin değerlendirilmesi 108
Çizelge 5.1. Yangına Dayanım için Çözümler 110
Çizelge 5.2. Suya Dayanım için Çözümler 110
Çizelge 5.3. Rüzgâr Salınımı için Çözümler 111
Çizelge 5.4. Esneklik ve Modüler Üretim için Çözümler 111

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
CLT	Çapraz Lamine Ahşap
CNC	Bilgisayar Sayısal Kontrol
CTBUH	Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi
DLT	Dübel Lamine Ahşap
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GLT	Yapıştırılmış Lamine Ahşap
LVL	Lamine Kaplama Ahşap
LSL	Lamine Yonga Ahşap
MDF	Orta Yoğunluklu Levha
NLT	Çivili Lamine Ahşap
OSB	Yönlendirilmiş Şerit Levha
OSL	Yönlendirilmiş Yonga Ahşap
PSL	Paralel Yonga Ahşap
SCL	Yapısal Kompozit Ahşap
SOY	Sürdürülebilir Orman Yönetimi
TCC	Ahşap Beton Kompozit
WBP	Ahşap Esaslı Panel

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ahşap geçmişten günümüze ortama kattığı sıcaklığıyla bilinen, doğal olduğu için insanla kolay bağ kurabilen bir malzeme olması bakımından popülerliğini hep korumuştur. Endüstri devrimiyle birlikte değişmeye başlayan dünyada, savaşlar, yangınlar, toplu konut ihtiyaçlarına cevap arayışları, prefabrik üretimin doğuşuyla hızlı üretim, betonarme ve çelik yapıların yaygın olarak kullanılmaya başlaması gibi sebeplerle 20. yüzyılda ahşap yapı üretimi giderek azalmıştır. Dünyada bazı ülkelerde ahşap yapı üretimi kat sınırlamalarıyla kısıtlanırken, Türkiye'de Osmanlı Devleti'nin batı şehirciliği anlayışıyla hareket edilmesi, alınan kararlar ve imar yönetmeliklerinin getirdiği kısıtlamalar ile ahşap yapı üretimi azalmaya başlamıştır. Temelde amaç yangınları önlemek olsa da tek katlı yapıların yerine birkaç kat inşa edilebilmesi gibi imar yönetmelikleri sebebiyle betonarme yapı, ahşap yapı üretiminin nerdeyse tamamen önüne geçmiştir. Giderek azalan usta çıkar ilişkisi, yapım tekniklerinin giderek unutulması ve ustaların da azalması ile de üretim iyice azalmıştır. Toplumun yangındaki dayanıksızlık performansı inanışı da talepleri azaltmıştır. Bununla beraber 1906 yılında bir marangoz ustabaşısı olan Otto Hetzer'in icat ettiği kabul edilen glulam ile ahşabın fiziksel performansının iyileştirilmesi dünyada ahşap yapı üretiminin artmasını sağlamıştır. Özellikle 21. yy sürdürülebilirlik teması doğrultusunda kaynakların giderek azalması ile doğal kaynakların daha verimli kullanılması üzerine yoğunlaşılmıştır. Buna bağlı olarak yapı malzemelerinin lamine ahşap ürünler olan Glulam (GLT), CLT, SCL, TCC, NLT ve DLT gibi çeşitlenmesi, geçmişteki kısıtlılıkların kısmen ortadan kalkması ve her birinin kendine özel avantajlarıyla birlikte dünyada giderek artan bir ahşap yapı üretimi söz konusu olmuştur. Literatür taraması kapsamında incelenen tez, makale ve kitaplarda oldukça fazla çalışma olmasına rağmen, ahşap yapıların geçmişten günümüze geldiği noktayı özetleyen, genişleyen lamine ahşap yapı türleri ve yapı örnekleriyle ilişkilerini kuran çalışmalar konusunda eksiklikler olduğu gözlenmiştir. Çalışmalar daha çok zamansal sınırlarla çizildiği için bütünsel olarak geçmiş ve günümüz arasında bağlantıda eksiklikler fark edilmiştir. Ayrıca giderek artan yapı malzemeleri ve örnekliği ile ilgili ilişkisel eksiklikler fark edilmiştir. Tez çalışması kapsamında ahşabın yapı malzemesi olarak geldiği nokta genel hatlarıyla özetlenirken, özellikle son 10 yılda lamine ahşap malzeme ile üretilen ahşap yapı örneklerine yer verilmiştir. Bu örneklerin, ahşap yapıların imkânlarını, kullanım

biçimlerini, sorunlarını ve çözümlerini bunlarla birlikte mekâna etkisini göstermesi amaçlanmıştır. Ayrıca seçilen örnekler herkes tarafından bilinen “en”lerle beraber çok bilinmeyen fakat mimariye hem tasarım anlamında hem sorun çözüm ilişkisi anlamında katkıları olan örneklerdir. Bu bakımından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Toplamda 28 lamine ahşap yapı örneği sunulmuş ve dünyanın ahşap yapılar ile geldiği noktanın iyi okunabilmesi için güncel olarak son 10 yıl içerisinden ahşap yapı örnekleri seçilmiştir. Oldukça geniş bir yapı türü çeşidinden seçilen örnekler ile karşılaşılan zorluklar ve ilgili çözümler gösterilmiştir. Türkiye’de halen devam etmekte olan ahşap yapı korkusu dünyanın geldiği noktayı bilmemekten kaynaklanmaktadır. Bu bakımdan ahşap yapı inşası konusunda da cesaret olması beklenmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Tez kapsamında incelenen ahşap yapılarla ilgili literatür taraması ve incelemeleri aşağıdaki gibidir;

Şentürk'ün (2019) yayınlanan *"21. Yüzyılda Üretilen Çok Katlı Ahşap Yapıların Yapım Sürecinin Değerlendirilmesi"* başlıklı yüksek lisans tezi çok katlı ahşap yapılarda kullanılan farklı yapım sistemleriyle bu sistemleri oluşturan yapı elemanlarının kullanımlarının farklılaşmaların ayrıca taşıyıcı ve malzeme seçimi, bunların yapım süresine etkisi ele alınmıştır. Zamansal ve fiziksel kısıtlamalarıyla belli bir yapı türünü kapsamaktadır.

Yılmaz'ın (2011) yayınlanan *"Ahşap Kompozit Elemanlarla Oluşturulmuş Geniş Açıklıklı Sistemlerin İncelenmesi"* başlıklı yüksek lisans tezi yapısal ahşap kompozitler ve bu elemanlarla oluşturulan geniş açıklık sistemlerinin nitelikleri incelenmiştir. Belli bir yapısal ahşap türü ve sistemi olması ile kapsadığı alan kısıtlıdır.

Balkan'ın (2019) yayınlanan *"Assessment of wood laminated material for housing production - Ahşap Lamine Malzemenin Konut Üretimi için Değerlendirilmesi"* başlıklı yüksek lisans tezi lamine ahşap teknolojisinin özelliklerinin geleneksel yapı teknolojilerine alternatif olup olmayacağı incelenirken ahşap ve lamine ahşap malzemenin özellikleri detaylandırılmıştır. Lamine ahşap olarak yer verilen bilgiler örnek bakımından eksik kalmaktadır. Detay bilgiler örneklerle ilişkilendirilmemiştir.

Demirtaş'ın (2019) yayınlanan *"Büyük Açıklıklı Yapıların Tarihsel Gelişim Süreci ve Ahşap Kabuk Sistemlerin Yapısal Özellikleri"* başlıklı yüksek lisans tezi uzay kafes sistemleri, tasarım modelleri, davranış ve birleşim teknikleri kıyaslanarak incelenmiştir. Beton, çelik ve ahşap kabuk sistemler üzerinden incelenmiş olup ahşap malzemenin gelişiminin bir örtü sistemi olan kısmı incelenmiştir.

Şenkal'ın (1996) yayınlanan *"Konutlarda Dünden Bugüne Ahşap Kullanımı"* başlıklı yüksek lisans tezi bir konutun bölümleri üzerinden hangi tür ve özelliklere sahip ahşabın kullanılacağı üzerine çalışılmış ve malzeme olarak olumlu ve olumsuz özellikleri ele alınmıştır.

Adalı'nın (2019) yayınlanan *"Erken 20. Yüzyılda Ahşap Prefabrikasyon ve Katalog Konutlar"* başlıklı yüksek lisans tezinde ahşap prefabrik yapıları tarihsel süreç içerisinde kataloglar ve katalogların tanıtılması üzerinden incelenmiştir. Belli bir dönem ve belli bir yapı türü olarak ele alınmıştır.

Sönmezer'in (1999) yayınlanan *"Geleneksel Türk Evinde Ahşap ve Mekân İlişkisi"* başlıklı yüksek lisans tezinde geleneksel ahşap yapıların ilişki kurduğu tüm alanlar (sokak, bahçe, dış hayat ve taşlık, sofalar, direkler, merdivenler vb.) ile arasındaki bağlantı irdelenmiştir.

Batur'un (2004) yayınlanan *"Gelişmiş Ahşap Yapım Sistemleri ve Türkiye Koşulları Yönünden Değerlendirilmesi"* başlıklı yüksek lisans tezinde ahşap çerçeve yapılar ele alınmış ve Türkiye açısından uygulanabilirliği değerlendirilmiştir.

Coştur'un (2021) yayınlanan *"Günümüz Mimarisinde Kullanılan Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları ve Yapı Örneklerinin İncelenmesi* "başlıklı yüksek lisans tezinde ahşap malzemelerin çok katlı yapı üretiminde kullanımı araştırılmıştır. Yapı özellikleri incelenen örnekler yüksek katlı ahşap yapılarla sınırlandırılmıştır.

Altunkaya'nın (2007) yayınlanan *"Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Strüktür Sistemlerinin Mimaride Kullanım Olanakları"* başlıklı tezinde tutkallı tabakalanmış ahşap malzeme ve strüktür sistemlerin kullanım olanakları tanıtılmıştır. Ahşap strüktür elemanları ve bu elemanların yapısal özelliklerinin tanıtılmasına ağırlık verilmiştir.

Kartal'ın (2015) yayınlanan *"Yapılarda Ahşap Kullanımı ve Çağdaş Yapı Teknolojisinde Ahşap Kullanımı"* başlıklı tezinde ahşap yapı malzemelerinin kullanım

alanlarından bahsedilmiştir. Ahşap türlerinin yapılarda kullanımına yoğunlaşılan tezde teknik bilgiler ağırlıklıdır.

Candar'ın (1998) yayınlanan *"Tutkallı Ahşabın Mimari Mekân Strüktürüne Etkisi"* başlıklı tezinde tutkal türleri, sistem türleri, konstrüksiyon türlerine yer verilmiştir. Tez tarihi olarak günümüzde gelinen örnekler konusunda eksik kalacaktır.

Literatür taraması bahsi geçen çalışmalardan ibaret değildir. Çizelge 2.1'de incelenen diğer kaynaklar başlıklarıyla liste halinde yer verilmiştir.

Çizelge 2.1 Literatür Taraması Kapsamında İncelenen Kaynaklar

Yazar	**Kaynağın Adı**	**Yayın Yılı-Türü**
Mete Turan	Reconstructing The Balloon Frame: A Study in The History Of Architectonics.	2009-Makale
Yalçın Örs- Abdullah Togay	Ahşap Yap Endüstrisinin Tanımı, Sınıflandırılması, Türkiye'de Uygulanan Üretim Teknikleri	2003-Makale
Guido Wimmers	Wood: A Construction Material For Tall Buildings	2017-Makale
Massimo Fragiacomo-Amedeo Gregori-Junqing Xue-Cristoforo Demartino-Matteo Toso	Timber Concrete Composite Bridges: Three Case Studies	2018-Makale
Jim Hart-Francesco Pomponi	More Timber in Construction: Unanswered Questions and Future Challenges	2020-Makale
Xavier Cadorel-Robert Crawford	Life Cycle Analysis of Cross Laminated Timber in Building: a Review	2018-Makale
Simon Aicher, Gordian Stapf	Block Glued Glulam - Bridges, Beams and Arches	2014_Makale
R. Brandner G. Flatscher A. Ringhofer G. SchickhoferA. Thiel	Cross Laminated Timber(CLT): Overview and Development	2016-Makale

Babak Bahrani, Christina Saunders, and Milad Shabanian	High-Rise Residential Building Using Cross-Laminated Timber (CLT) Charlotte 9th Street Tower- United States Case Study	2018-Makale
Zhiqiang Wang - Tianxiao Yin	Cross Laminated Timber: A Review on Its Characteristics and An Introduction to Chinese Practices	2021-Kitap Makalesi
Sinan Kayakıran- Emre Kishalı	Dünden Bugüne Tutkallı Tabakalı Ahşap Yapı Elemanların İncelenmesi ve Yapılarda Taşıyıcı Olarak Kullanılması Üzerine Öneriler	2019-Makale
Hana Svatoš-Ražnjevi´c-Luis Orozco-Achim Menges	Advanced Timber Construction Industry: A Review of 350 Multi-Storey Timber Projects from 2000–2021	2022-Makale
Kerstin Hemström-Krushna Mahapatra-Leif Gustavsson	Perceptions, attitudes and interest of Swedish architects towards the use of wood frames in multi-storey buildings	2011-Makale
Doris Ehrbar	New Residential Wood Building Systems In Switzerland	2005- Master Tezi
Uğur Özcan- İbrahim Erol	Mimari Tasarımda Endüstriyel Ahşap Yapı Elemanları	2018- Sempozyum Bildirisi
Michael Ramage-Robert Foster- Simon Smith- Kevin Flanagan- Ron Bakker	RIBA President's Awards for Research 2016: Winner, Design and Technical Category Super Tall Timber: design research for the next generation of natural structure	2017-Makale
William Leggate	Improving the Durability Performance of Engineered Wood Products: A Study Tour of Europe and North America	2018- Kitap
Cansu Güner-Fulya Gökşen-Ahmet Koçhan	Sürdürülebilir Kalkınma Modeli için Çevre Duyarlı Yapılarda Malzeme Seçiminin İncelenmesi	2017- Makale
Horst Schulz	The Development Of Wood Utilization İn The 19th, 20th And 21st Centuries	1993-Makale
Aurimas Bukauskas-Paul Mayencourt-Paul Shepherd-Bhavna Sharma-Caitlin Mueller- Pete Walker-Julie Bregulla	Whole Timber Construction: A State Of The Art Review	2019-Makale

Robert Foster-T. Reynolds-Michael Ramage	What İs Tall Timber? Towards The Formal Classification Of Timber As A Material Of Tall Building Design.	2018-Kongre Bildirisi

3. YÖNTEM

Bu tez çalışmasında ahşabın tarihsel gelişim süreci incelenirken literatür taraması ile ahşabın konu olduğu pek çok akademik çalışmadan (tez, makale, bildiri, sempozyum vb.) yararlanılmıştır. Ahşabın tarihsel süreci ele alınırken özellikle son 10 yıl içerisinde ahşap lamine teknolojisi ile üretilen ahşap yapılar farklı yapı türleri olarak incelenmiştir. Hangi yapıların inceleneceğine karar verilirken pek çok çalışmaya konu olmuş, öne çıkan yapılarla beraber, tasarımıyla ve tasarım fikriyle farkını ortaya koyan veya mimariye ahşap malzemenin imkânlarını kullanarak katkı sağlayacak sıradan yapılar seçilmiştir. Tez çalışması kapsamında 28 yapı incelenmiş olup, bunların hemen hemen hepsi yapı çeşidi olarak birbirinden farklıdır.

İncelenen yapılarla ilgili bilgilere yapı tasarımının ait olduğu mimarlık ofislerinin internet sayfalarından erişildiği gibi, yapı incelemelerine yer veren www.archdaily.com, www.structurecraft.com, www.archilovers.com, www.designbuilding_network.com, www.naturallywood.com, www.thinkwood.com, www.woodsolutions.com internet sitelerinden de erişilmiştir. Bu sayfalar arasındaki bilgiler karşılaştırmalı olarak doğrulanmış, derleme yöntemi kullanılmıştır.

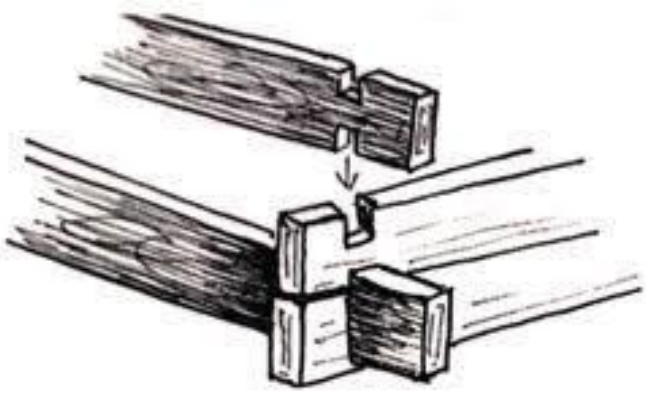
4. TEORİK BİLGİ

4.1.Yapı Malzemesi Olarak Ahşap Ve Tarihçesi

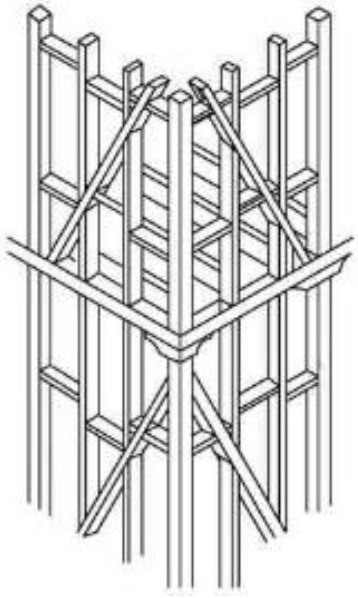
İnsanların yapı yapma ihtiyacı, insanlığın ilk tarihlerinde kendilerini tehlikelerden koruyabilmek amacıyla barınak inşasıyla başlamıştır. İlk önceleri, insanın kendini koruma ve barınma ihtiyacını karşılama amacı taşıyan barınaklar daha sonraki dönemlerde giderek büyüyen toplumların içinde birey olan insanın farklı ihtiyaçlarının ortaya çıkmasıyla değişebilmiştir. Birlikte yaşamanın getirisi olarak toplumların inşası gerçekleşmiş, topluluklar bir kültür oluşturmuş ve dolayısıyla insanın bulunduğu çevre ve kültür, yaşadığı toplumun bir parçası olarak malzemenin işleyişine katılmış, ihtiyaçlara cevap olarak değişimler yaşamıştır. İnsanların temel olarak en kolay erişebileceği malzemelerden olan ahşap, insanlık tarihinin yapı inşa etmede kullandığı en eski malzemelerden biridir. İnsanlık tarihi boyunca her çağda çadırdan çatıya, duvardan temele kadar bazen yapıların taşıyıcı kısımlarında mimariyi belirleyen bir malzeme olarak, bazen taş, kerpiç ve tuğla duvarların içinde takviye olarak önemli bir yapı malzemesi olmuştur. Ahşabın çeşitli ağaçlardan hasat edilmesi, dolayısıyla elde edildiği ağacının özelliklerini taşıması sebebiyle kendine özgü mimari ve tekniklerin gelişmesini sağlamıştır.

> "Ahşap tarih içinde en yaygın olarak, açıklıkların geçilmesinde, döşeme ve tavan kirişi, döşeme ve tavan kaplaması olarak kullanılmıştır. Sulak ve soğuk iklimlerde yetişen yumuşak ve gevşek dokulu ahşap türlerinin kullanıldığı ortamlarda kiriş, dikme ve hatıllar daha büyük kesitlerde uygulanmıştır. Sert ağaçların üretildiği ve kullanıldığı çevrelerde ise, ağaç daha dayanıklı ve sağlam olduğu için, ahşap kesitler daha küçük tutulmuştur." (Cansever, 1995)

İlk dönem kültürlerinde iri ahşap elemanlar üst üste yığılmak ve köşelerde birbirine geçmelerle bağlanmak suretiyle bugün ahşap yığma yapım tekniği (Şekil 4.1.) adını verdiğimiz teknikle inşa edilirken, daha sonraki dönemlerde yapının iskeletini oluşturan ve bugün ahşap iskelet sistem (Şekil 4.2.) diye adlandırdığımız teknikle inşa edilmiştir. Yapının iskeletini oluşturan malzeme ahşap iken, duvarı oluşturan elemanlar taş, kerpiç, hımış vb. malzemelerle çeşitlenmiştir.



Şekil 4. 1. Ahşap yığma tekniği (Gürbüz, 2020)



Şekil 4.2. Eldem'in ahşap iskelet sistemi kesit, görünüş ve perspektifi (Kudeb, 2009)

Ahşabın yapılarda yüzyıllar boyunca böylesine yaygın kullanılmasının kökeninde kendine has özelliklerinin varlığı vardır. İyi bir yalıtım özelliğine sahip olması, Isıyı tutma kapasitesinin yüksek olması, yüksek mukavemet gücüne sahip olması, oldukça hafif olması, basınç kuvvetine, çekme, eğilme ve kesme kuvvetlerine karşı emniyetle çalışması, elastik olması artı yönlerindendir. Ayrıca montaj ve nakliyesi de hafif olması nedeniyle kolaydır. Kolay işlenmesi, yerel olması sebebiyle ucuz elde edilmesi, ses ve ısıyı az iletmesi, gerektiğinde tekrar kullanılabilmesi, onarım ve yeniden ilavelerin yapılabilmesi için elverişli olması da çağlar boyunca ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmasında önemli yer tutar. (Sönmezer, 1999)

Ahşap, ağaçtan elde edildiği için fazla çaba harcamadan hasat edilebilir. Doğal ve rahat bir konut inşa edebilmek için bir inşaat işçisinin ihtiyacı olan her şey onda vardır. Coğrafyanın sunduğu bir doğal kaynak ve malzeme olarak yapının doğal belirleyicileridir.

> "Yapılan araştırmalar, ağacın hasat edilerek kullanılmaya başlanmasının, Anadolu'da ve Avrupa'da aynı yıllara rastladığını göstermiştir. Avrupa'da da, ortaçağ boyunca ahşap iskeletli, kâgir dolgulu yapılar çok sık kullanılmıştır." (Önel, 1975)

Ahşap, Endüstri Devrimi'ne kadar yapı üretmede temel hammaddelerden biri olarak kullanılmıştır. Ancak Endüstri Devrimi sonrası malzeme teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak mimari anlayışta bir takım değişiklikler olmuştur. Endüstri Devrimiyle tarımsal yaşamdan sanayileşmiş yaşama geçilmesi, insanların köy yaşamından kent yaşamına geçmesi, dünya savaşları, kıtlıklar, ekonomik sıkıntılar da bu değişikliği etkileyen sebeplerdendir. Yeni teknolojilerle çelik yapıların ortaya çıkması, çimentonun uygun bağlayıcı ve demirlerle kullanılmaya başlanmasıyla betonarme yapıların ortaya çıkması da değişimi etkileyen önemli etmenlerdendir.

Tarihin hiçbir döneminde herhangi bir değişim birden bire olmamıştır. Ne bir gelenek ne de toplumsal ve kültürel farklılaşmalar keskin bir geçişle olmaz. Çok eski tarihlere dayanan ahşabın da yapılarda kullanımı giderek azalmış, yerini betonarme ve çeliğe bırakarak seyrekleşmiştir. Bu durum ülkeler arası değişim gösterse de kitle iletişim araçları vasıtasıyla dünyanın giderek küreselleşmesi toplumların birbirinden etkilenmesine zaman zaman da bazı mimari yapı malzemelerinin popülerleşmesine bazılarının azalmasına sebep olabilmiştir. Ahşap yapı inşa edebilmek için, kurutma, hasat sezonunun beklenmesi gibi zorluklar insanların savaş sonrası dönemlerde en acil şekilde barınma ihtiyaçları için pratik olamayacağından toplumların endüstriyel ve maliyeti düşük prefabrik konut arayışına yönelmesine sebep olmuştur. 1891 yılında Edmond Coignet tarafından Fransa'nın Biarritz şehrinde, ilk prefabrik betonarme yapı da mimaride prefabrik betonarme yönelimini doğurmuştur.

1913 yılında Mimar Max Berg ve Mühendis Will Gehler tarafından 65 metre açıklık ve 42 m yükseklikle Almanya'nın Breslau kentinde dünyanın ilk büyük açıklığı sayılan

betonarme kongre merkezi mimariye yaklaşımları etkileyen bir başka buluş olmuştur. Mimaride yeni ihtiyaçlara cevap olarak Jahrhunderthalle Kongre Binası'nın inşasıyla büyük açıklık geçmek kavramının öne çıkması, ahşabın büyük formlarda kullanımının kısıtlı olması sebebiyle yapı malzemesi olarak kullanımını geri plana çeken etmenler arasındadır.

Yeni teknolojilerle çelik yapıların inşası, artan nüfusun yeni yapı türleri için geniş açıklık geçebilme imkânı sunması ve o dönemlerde çıkan ahşap yangınlar sonucu ahşap yapı üretimine yasakların getirilmesi yapılarda ahşap kullanımını geriletmiştir. Bazı ülkelerde ahşap yapı üretimi kat sayısıyla sınırlandırılırken, Türkiye'de Osmanlı Devleti'nin batının şehircilik hareketlerinden etkilenerek aldığı kararlar ve imar yönetmelikleriyle getirdiği kısıtlamalar ahşap yapı üretiminin azalmasına sebep olmuştur. Temelde yangınları önlemek amacıyla uygulanan bu yönetmelikler, giderek yaygınlaşan betonarmeyle yer değiştirmesine sebep olmuştur. 1950'li yıllardan itibaren köyden kente yaşanan göçlerle birlikte kentte çok katlı yapılaşmaya imkân sağlayan imar haklarıyla ahşap konutlar üzerindeki baskılar artmıştır. 1970 sonrası yaşanan hızlı kentleşme ile konut üretimindeki betonarme kullanımını artmış ve Anadolu'da usta çırak ilişkisi ile oluşmuş geleneksel ahşap yapım tekniklerinin unutulmasına ve ustaların da giderek azalmasına sebep olmuştur. O dönemden günümüze kadar ahşap yapım teknikleri uygulanmamış ve öğretilmemiştir. Dolayısıyla ahşap yapı üretme bilgisi ve uzmanlaşma zaman içerisinde neredeyse tükenme noktasına gelmiştir.

Bunlara rağmen U.S. Census Bureau (ABD Nüfus Sayım Bürosu, U.S. Department of Commerce (ABD Ticaret Bakanlığı) altında görev yapan bir kurumdur.) 2017'de hazırlanan rapora göre 2010 yılında Amerika'da inşa edilen konutların % 88,9'u ahşap iskeletle inşa edilmiştir. ABD'de inşa edilmiş 651.000 konutun 580.000'i ahşap taşıyıcılı veya ahşap malzemeyle inşa edilmiş konuttur. Türkiye'de ise 363.053 konutun yalnızca 166 tanesi ahşap taşıyıcılı veya ahşap malzemeyle inşa edilmiş konuttur. Bu oran %0.05 e denk gelmektedir.

Ahşap malzemenin yapılarda taşıyıcı iskelet olarak kullanılmasındaki önemli aşamalardan biri 20.yy başlarında gerçekleşmiştir. 1. Dünya Savaşıyla birlikte, savaş

malzemeleri için önemli bir hammadde olan çeliğin yapı alanından çekilmesiyle, yapılarda ahşap kullanıma yönelim artmıştır.

Teknolojinin gelişmesiyle, insanlığın ihtiyaçları da değişim göstermiştir. Artan nüfus sebebiyle hammadde yetersizliği ortaya çıkmaya başlamış, dolayısıyla demir ve çelik biraz daha yapı alanından uzaklaşmaya başlamıştır. Bu da yapılarda ahşap kullanımını yeniden gündeme taşımıştır. Bu dönemde ahşap, daha çok sayıda ve değişik fonksiyonlu yapılarda kullanılabilmiştir. Ahşapla ilgili bilimsel çalışma ve araştırmalar artmaya başlamış ve başarılı sonuçların elde edilmesi konusunda yararlı adımlar atılmıştır. Ahşabın olumsuz sayılabilen çeşitli dış etkilere karşı korunması ile ilgili çalışmalar ile bu dönemde büyük bir aşama kaydedilmiştir. (Şenkal, 1997)

> "Ahşabın gelişmesindeki diğer bir büyük aşama, II. Dünya Savaşı sırasında sıcak, soğuk ve her türlü iklim koşuluna dayanıklı olan yapay reçine tutkalının bulunması, yapılarda ahşap kullanımına etki etmiştir." (Eriç, 1972)

Ahşabın 20. Yüzyılda öne çıkmasının nedenlerinden biri de, mimarlık tarihinde önemli yer tutan ünlü mimarların geleneksel bir malzeme olan ahşabı, ileri yapım teknikleriyle çalışmalarıdır. Özellikle F.L. Wright, Richard Neutra gibi ünlü mimarların ahşabı ileri yapım teknikleri kullanarak çağına örnekler sunması yapılarda ahşap kullanımına ilişkin bakış açısını değiştirmiştir. (Eriç, 1994)

Ülkemizde ise 1927'lerde ahşap yapı yapma yasağı konulmasıyla, günümüze kadar ahşap yapım teknikleri uygulanmamış ve öğretilmemiştir. (Cansever, 1995) Dolayısıyla elimizdeki ahşap yapı stokunun korunması, yapılarda ahşap kullanımında uzmanlaşma ve çağdaş ahşap yapım tekniklerinin öğrenilmesi, geliştirilmesi ve endüstriyle ilişkisi Türkiye'nin çözmesi gereken sorunlardır. Bu süreç sekteye uğrayınca ahşabın dünyadaki gelişimlerinden oldukça geri kalınmıştır.

4.2.Ahşabın Yeniden Gündeme Gelmesi

Ahşap hem yapı malzemesi olarak hem de çeşitli aksesuarlar, mobilyalar için çağlar boyunca estetik kabul edilen malzemelerden biridir. İşlenmesi kolay olduğu için çeşitli

formların üretilmesine olanak sağlar. Ancak bir taraftan dayanıklı olmayışıyla da bilinmektedir. Tarih boyunca günümüze ulaşan herhangi bir ahşap yapı, çok fazla yenileme, yenileme veyahut tamamen yenilenme geçirmiştir. Sürekli bakım isteyen yapısı malzemenin korunma ve bakım ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Ahşap malzeme nemli ortamda şişer ve kuruyunca büzülmesiyle boyutları değişebilir. Eğer uygun olarak kurutulmamış ya da korunmamış ise ahşabın çalışmasını bozar. Güneş, rutubet, sıcak, soğuk, iklim değişikliklerinden etkilenir. Fazla suyu bünyesine aldığında zaman içerisinde çürüyebilir. Rutubete fazla maruz kalması mantar, böcek gibi zararlılar tarafından ahşabı zamanla tahrip edebilmektedir. Dolayısıyla ahşap malzeme için koruma ve bakım çok önemlidir. Tüm bu olumsuz özelliklerinin yanında, geri dönüştürülebilir olması, tekrar tekrar kullanılabilir olması, doğada kolayca çözünebilmesi ve çevreye zarar vermemesi, ekolojik olması, binanın nefes almasına olanak sağlaması ahşap malzemeyi kıymetli yapmaktadır. Birçok malzemeyle uyum sağlayabilmesi bakımından ve insana sıcak hissettirmesi bakımından da yapı tasarımlarında önemli yer tutar.

1970'lerden itibaren dünyanın giderek tüketim toplumu haline dönüşmesi, çevre kirliliği, iklim değişikliği ve çevreye verilen hasar büyüklüğüyle paralel olarak bazı canlıların zarar görmesi ve hatta bazı hayvanların neslinin tükenme noktasına gelmesi gibi sebeplerle yeni bir kavram ortaya konulmuştur. Sürdürülebilirlik. Artık üretimin olduğu çoğu yerde karşımıza çıkmaya başlayan sürdürülebilirlik kavramı, bilinçli tüketme, sürekliliği sağlayabilme, doğal ve ekolojik olma, doğaya zarar vermeden doğanın içinde çözünerek yok olma gibi bir bilinç gerektirmektedir. Bu bilinç mimariye yaklaşımları da doğrudan etkilemektedir. Çünkü yapı üretimi doğrudan doğal kaynakların kullanılması anlamına gelir. Çelik, demir, taş, ahşap gibi her biri bir inşaat malzemesi olarak kullanılan elemanlar sonsuz olmadığından bilinçsizce tüketimden korunmalıdır. Dolayısıyla mimaride sürdürülebilir tasarım canlı cansız tüm varlıkların güvenli bir şekilde devamlılığı için hayati bir gerekliliktir.

4.3.Sürdürülebilirlik Bağlamında Ahşap

Mimarlıkta sürdürülebilirlik kavramı, yapının strüktürel sisteminden malzeme seçimine, çevrenin kaynaklarının elde edilme sürecinden, inşa sürecinin tamamlanmasına ve hatta yıkım ve yok edilmeye kadar geçen süreci kapsar.

Sürdürülebilirlik sürecinde strüktür sistemi ve malzemelerin seçilmesi oldukça önemlidir. Çünkü seçim yaptığımız malzemelerde gömülü enerji dediğimiz bir enerji vardır. Dostoğlu ve Güleryüz'e (2011) göre gömülü enerji, bir ürünün üretilmesinde kullanılan enerji olarak ifade edilebilir. Bu miktar malzemeden malzemeye çeşitlilik gösterir.

Ahşap kereste tedarik zinciri, diğer birçok malzemeye kıyasla daha az enerji tüketimini gerektirir. Diğer tüm inşaat malzemeleri kayaların kırılması, toprağın kazılması veya yıkımını gerektirirken, ahşap malzemenin elde edilmesinden sonraki süreç toprağın bozulmadan devamlılığına, fidelerin çimlenebilmesine ve hasat edildikten sonra ormanların büyümeye devam edebilmesine olanak sağlar.

> "Ahşap, negatif CO_2 içeren tek yapı malzemesidir. Yani CO_2 depolar. Her metreküp kereste ortalama 0,8 – 0,9 ton CO_2 tutar." (Kuilen vd , 2011)

Ahşap malzemenin karbon tutması iklim değişikliğine sebep olan sera etkisini azaltır. Üretim ve işleme aşaması için enerji gereksinimi Beton ve Çeliğe göre en az olan malzemedir. Ferguson'a göre üretimdeki gerekli enerji miktarları; Ahşap için 5 kwh/ml Beton için 45 kwh/ml Çelik için 550 kwh/ml olarak hesaplanmıştır. (Bilgin, 2009)

Ramage vd.'e (2017) göre yapı elemanı olarak ahşabın kendine has bir mukavemet ve sertliğe sahip olduğu, bu yönüyle diğer malzemelerle kıyaslandığında; kerestenin çelik ile benzer şekilde ve betondan daha iyi performans gösterdiği söylenmektedir. (Gül ve Mayuk, 2019)

Sürdürülebilirlik bağlamında mimari tasarımda kullanılan malzemenin yenilenebilir kaynaklardan olması oldukça önemlidir. Dünya kaynaklarına bakıldığında (kayalar,

topraklar vb) yenilenmesi için geçecek zaman öngörülemez iken, ahşabın elde edilmesi ve tüketilenin yerine yenisinin konulabilmesi daha öngörülebilir niteliktedir. Bu bağlamda ahşap malzeme yenilenebilir olarak kabul edilebilen nadir malzemelerden biridir. Buradaki en hassas konu, ormanlardan hasat edilerek elde edilen kereste için orman yönetimi uygulamalarına ihtiyacın olmasıdır.

Ahşap tek kullanımlık bir malzeme değildir. Tekrar tekrar kullanılabilme imkânı sunar. Ayrıca hurda olarak kabul edilebilecek bir durumda dahi herhangi bir işleme gerek kalmadan doğada kendiliğinden yok olur ve doğaya zarar vermez.

Dünyada ormanların yönetimiyle ilgili olarak sürdürülebilir orman yönetimi (SOY) modern ormancılığın başını çeken önemli bir kavramdır. Bu kavram son yıllarda uluslararası anlaşmaların ve politikaların önemli bir parçasıdır. Türkiye de Birleşmiş Milletler çerçevesinde yürütülen ormancılık alanındaki uluslararası uygulamaların aktif üyelerinden biridir.

> "Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2015 yılı Ormanların Durumu Raporuna göre 1990-2015 yılları arasında toplam orman alanının % 3,1'ne karşılık gelen 129 milyon hektar orman yok olmuştur…. Ülkemizde ise Cumhuriyetin kurulmasının ardından, 1937 yılında ormancılık yasal ve kurumsal olarak önemli yol kat edilmiş, 1961 yılında Anayasa koruması altına alınarak, orman kaybı büyük ölçüde durdurulmuş ve bu yıldan itibaren planlı işletmeciliğe geçilmiştir. Ülkemiz ormanlarına ilişkin ilk düzenli bilgi 1972 yılında bitirilmiş olup, Orman Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre Türkiye orman alanı 2019 yılında, küresel eğimin tersine, son yarım yüzyılda 2,5 milyon hektarın üzerinde net bir artış sağlamıştır." (Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2020)

Dünyada orman yönetimiyle ilgili bir takım uygulamalar vardır. Bazı ülkeler sürdürülebilir, uzun vadeli kereste tedariki sağlamada oldukça iyiyken, bazı ülkeler diğerlerine göre daha az etkindir ve bu durum ormanların tükenmesine ve önemli çevresel bozulmalara sebep olabilir.

Sürdürülebilir bir orman yönetiminin unsurları UNFF (United Nations Forum on Forests -Birleşmiş Millet Orman Forumu), 2007'e göre şunlardır:

- Orman kaynaklarının kapsamı
- Orman biyolojik çeşitliliği
- Orman sağlığı ve canlılığı
- Orman kaynaklarının verimli-üretken fonksiyonları
- Orman kaynaklarının koruyucu fonksiyonları
- Ormanların sosyo-ekonomik fonksiyonları
- Hukuki, politik ve kurumsal çerçeveler (Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2020).

İyi bir orman yönetimi uygulamalarıyla doğal, sürdürülebilir, çevreci, şık, rahat ve konforlu, imkânları nispetince istenilen formda şekillenebilmesiyle estetik ve oldukça yaratıcı kentsel bir deneyim sunma potansiyeli olduğu düşünülen ahşabın çağdaş yapım teknikleriyle yanmaya ve suya dayanımının artırılması, çürümesinin önlenmesi, ekolojik değerinin artması mümkündür.

Ahşabın endüstrileşmeyle birlikte kullanımının azalmasının temel sebeplerinden biri büyük boyutlu kerestenin ormanlardan doğal olarak elde edilmesinin güç olmasıdır. 20. yüzyılda büyük boyutlu kereste imalatı için yapılan çalışmalar neticesinde yapay reçine tutkalı ile güçlendirilmiş ahşap ve modern ahşap teknolojisi yeni bir çığır olmuştur. Son 20 yıldır da tasarımı özgürleştiren serbest form kabuklar, yüksek katlı ahşap strüktürlü yapı denemeleri ve prefabrikasyon ile yapılarda ahşap kullanımı giderek yaygınlaşmaya başlamış, tasarımın sınırlarını zorlayan ürünler ortaya çıkmıştır.

Dünyada endüstriyel ahşap üretimiyle endüstriyel yapım tekniklerinin kullanımı son 20 -25 yılda giderek yaygınlaşmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (2020) verilerine göre dünyadaki yıllık uluslararası endüstriyel kereste ticareti 123 milyon m^3 civarında gerçekleşmektedir. Endüstriyel kereste üretiminde başı çeken ülkeler sırasıyla ABD, Kanada, Rusya Federasyonu, Brezilya ve Çin Halk Cumhuriyeti'dir.

4.4.Dünya'da ve Ülkemizde Orman Rezervleri ve Endüstriyel Ahşap Üretim Verileri

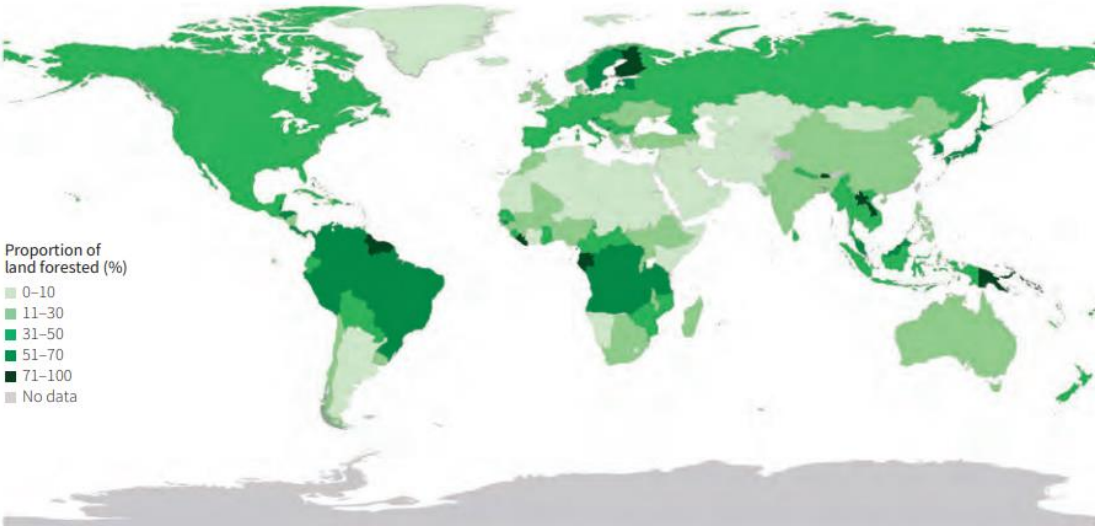
Ormanlar, küresel kara alanının % 31'ini kaplamaktadır. Orman alanlarının yaklaşık %50'si sağlamdır ve üçte birinden fazlası birincil ormandır (yani, insan faaliyetlerine dair hiçbir görünür belirti bulunmayan ve ekolojik süreçlerin önemli ölçüde bozulmadığı, yerli türlerin doğal olarak yenilendiği ormanlardır). Dünya ormanlarının yarısından fazlası sadece beş ülkede (Rusya Federasyonu, Brezilya, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin) ve üçte ikisi de (yüzde 66) on ülkede bulunmaktadır (FAO and UNEP, 2020)

FAO (Food And Agriculture Organization of the United Nations) 2020 verilerine göre dünyada 815.312 hektar ormanlık alanıyla dünyanın orman alanının %20 sini oluşturarak en çok ahşap rezerv potansiyeli Rusya'da yer almaktadır. Bu rakamı sırasıyla Brezilya, Kanada, Amerika ve Çin takip etmektedir. Orman varlığı en fazla olan 10 ülke Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Dünyada orman varlığında ilk 10 ülke sıralaması (Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2020; FAO verilerine göre)

Sıra No	Ülke Adı	Orman Alanı (Bin Ha.)	Dünya Orman Alanına Oranı (%)	Kümülatif (%)
1	Rusya Federasyonu	815.312	20	20
2	Brezilya	496.620	12	32
3	Kanada	346.928	9	41
4	Amerika Birleşik Devletleri	309.795	8	49
5	Çin	219.978	5	54
6	Avustralya	134.005	3	57
7	Demokratik Kongo Cumhuriyeti	126.155	3	60
8	Endonezya	92.133	2	63
9	Peru	72.330	2	64
10	Hindistan	72.160	2	66

Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü (2020) verilerine göre tüm orman alanlarının %30 u üretim için kullanılmaktadır. Dünya yuvarlak odun üretimi yıllık 3.4 milyar m^3 olup yaklaşık yarısı yakacak odun, yarısı endüstriyel odundur. Endüstriyel odun üretiminde başı çeken ülkeler sırasıyla ABD, Kanada, Rusya Federasyonu, Brezilya ve Çin Halk Cumhuriyeti'dir. Bunlardan ihracatta ilk sırada Rusya onu takiben ABD, Yeni Zelanda, Malezya ve Almanya yer alır. Dünya orman haritası Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Dünya orman varlığı haritası(FAO, 2020 verilerine göre)

Dünyada orman rezervleri böyle iken ülkemizde orman varlığı ülke yüzölçümünün yaklaşık %29,2'sini kaplamaktadır (Şekil 4.4.). Tüm dünyada giderek azalan orman alanlarına rağmen - yaklaşık 178 milyon hektar (Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2020)- ülkemizde 1973-2019 yılları arasında 744 milyon m^3 artış olmuştur.



Şekil 4. 4 Türkiye orman varlığı yüzölçümü oranı (https://www.ogm.gov.tr/tr/ormanlarimiz-sitesi/TurkiyeOrmanVarligi/Haritalar/2020%20T%C3%BCrkiye%20Orman%20Varl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20Haritas%C4%B1.jpg erişim: 25.12.2022)

Ormanların mevcut durumunda bazen doğal bazen de bilinçsiz tüketim gibi yapay yollarla değişimler olmaktadır. Bu bağlamda biyoçeşitliliğin korunması ve sürekliliğin sağlanması gerekir. FAO'nun ormanların biyoçeşitlililiğinin ve sürdürülebilir kullanımı için önerileri vardır. Bunlardan en sık benimsenen, korunan orman alanlarının oluşturulmasıdır. Ormansızlaşmanın ilerlemesini önlemek için korunan alanlar sağlanmalıdır. Bunlardan ikincisi yerel ihtiyaçlar doğrultusunda gerçekçi taleplerle denge kurulmasıdır. Bu, etkili bir yönetişim, birbiriyle ilişkili politikalar, biyoçeşitliliğin sonuçlarının izlenmesi için gelişmiş bir kapasite, yenilikçi finansman yöntemleri gerektirir. Üçüncü ve diğer önemli madde ise değişim için birlikte çalışmak, toplumsal farkındalıkların çoğaltılması ve doğayla yeni bir ilişki geliştirmektir.

Bilinçli bir üretim-tüketim dengesi için ahşabın, sürekliliği sağlanan ve ormancılık uygulamalarıyla yönetilen bir ormandan edinilmesi gerekir. Bu da bir ağacı kesmeden önce, ağacın yaşını ve büyüme şeklini dikkatlice tayin etmekle gerçekleştirilebilir. Eğer koşullar uygun ise ve ağacı kesme kararı verilirse, bir sonraki adımda kesiciler bu işlemi çevredeki ağaçlara ve bölgenin vahşi yaşamına herhangi bir zarar vermeksizin nasıl yapacaklarını düşünmeleri gerekir.

Ahşap, ormanların iyi korunması durumunda sürekliliği en kesin doğal kaynaktır. Yeterli olgunluğa ulaşmış ve yaşam süresi azalmaya başlamış ağaçların kesilmesi aynı zamanda tüm ormanın verimliliğini de sağlayacaktır. Yaşlı ağaçların bilinçli ve dikkatli kesimi yenilerinin büyüme potansiyelini de olumlu yönde etkileyecektir.

Zannedilenin aksine verimli bir üretim tüketim dengesiyle çevreye hiçbir zararı olmayan, sökülüp takılabilen, prefabrikasyona müsait bir yapı üretimi ile geleceği koruyan ve aslında uzun ömürlü yapı üretebilmek mümkündür. Ayrıca gelişen teknolojiler ile geleneksel üretimlerle karşılaştırıldığında endüstriyel ahşap ile istenilen her form ve özellikte yapı üretebilmek mümkündür. Beton ve çelik ile yapılan yapılarla da karşılaştırıldığında ahşap yapıların oldukça fazla avantajları vardır.

4.5.Üretimin Önündeki Engeller

İnşaatlarda endüstriyel ahşap ürün kullanımına ilişkin algılar, tutumları ve ilgileri doğru okuyabilmek önemlidir. Bu bakımdan endüstriyel ahşap ürünlerin kullanımına yönelik fayda ve engelleri iyi belirlemek gerekmektedir.

Genel olarak, dünyada mimarların çoğu endüstriyel ahşap ürünlerin kullanımına ilişkin zaten olumlu bir bakış açısına sahiptir. Estetik olması, çevresel performansı, enerji verimliliği, sürdürülebilirliği ve hızlı montajı olumlu tutumu güçlendirmektedir. Son yıllarda zaten sık sık duymaya başladığımız sürdürülebilirlik kavramı incelenen örneklerde de görüldüğü üzere ahşap yapıların temel çıkış noktalarından olmuştur. Mukavemeti, yüksek boyutsal kararlılığı, değişen nem durumlarına karşı direncinin masif ahşaba göre çok fazla olması, hafif olması, iş kazalarında riskin düşük olması, prefabrik ve modüler çalışabilmesi, yüksek oranlarda karbon depolayabilmesi ve çevreye yayılımı önlemesi, yüksek görsel kalitesi, temiz derz ve bağlantı noktaları sağlaması, beton, çelik, cam ve diğer hibrit ahşaplar ile uyumu, endüstriyel lamine ahşabı olumlu bir noktaya taşımaktadır. Bunlarla birlikte ülkemizde maalesef ki maliyet rekabeti yetersizliği, bilgi eksikliği, yangına karşı dayanımıyla ilgili düşünce ve yanlış algılar, uzmanlık ve geliştirici eksikliği, ahşap yapı üretiminin önündeki en büyük engellerdendir.

Bu anlamda, aşağıdaki tavsiyeler, inşaat için endüstriyel ahşap yapılara yönelik genel tutumları geliştirerek belirlenen engellerin üstesinden gelinmesine yardımcı olabilir:

- Üniversitelerde mimarlık öğrencilerine daha fazla eğitim verilmesi, ahşap ürünler hakkında daha fazla bilgi, daha iyi tasarım yardımcıları ve daha fazla tasarım örneği sağlamak

- Kullanımı artırmak için daha destekleyici düzenlemeler ve yönergeler yayınlayarak hükümet, müşteri, tasarımcı, yüklenici ve tedarikçi gibi farklı paydaşların işbirliğini geliştirmek (Gong, Perceptions, Attitudes, and Interests of Architects in the Use of Engineered Wood Products for Construction: A Review, 2021)

- Meslek üyeleriyle bir paylaşım ortamı oluşturarak mimarları ahşap inşaatta desteklemek

- Ahşap tedarikçileri, ahşap yapı endüstrisi ve mimari topluluk arasında endüstriyel ahşap tabanlı problem çözme ve daha iyi disiplinler arası iletişim stratejilerine daha aktif katılım geliştirmek

- İnşaatta risk faktörünü azaltmak için etkili ahşap prefabrikasyon yöntemleri geliştirmek

4.6.Çağdaş Bir Yapım Sistemi Olarak Ahşabın Yapılarda Kullanımı

Modern dünyada yaşam konforu geleneksel anlayıştan kısmen farklılaşmaya başlamıştır. Švajlenkaa ve Kozlovska'a (2019) göre yaşam konforu kullanıcılarının ihtiyaçlarına en uygun bir mekânsal, operasyonel ve estetik tasarım çözümünü ayrıca iç ortamın sağlıklı niteliklerini, yani termal konfor, temizlik, hava, akustik konfor ve doğal ışık bununla birlikte yapay aydınlatma kalitesini içerir. Doğal ahşap ise yapısı gereği izotrop bir dokuya sahiptir. Lifli heterojen bir dokudadır. Bulunduğu ortama göre bünyesinde su tutar. Ortamın nem dengesine erişememiş bir ahşap eğilme, bükülme ve form değiştirmeye, çürüme ve bozulmaya müsaittir. Ayrıca kerestenin ormanlardan büyük boyutlarda doğal olarak elde edilmesi hayli zordur. Dolayısıyla ahşabın büyük boyutlu, yangına ve suya dayanımı yüksek, çürümeye dirençli hale getirilmesi gerekmektedir.

Modern dünyada yaşam konforundan beklentilerin yeni yapım yöntemleriyle aranan düzeye daha uygun olması sebebiyle de ahşabın kullanımı azalmıştır. Bununla birlikte hammaddelerin kontrolsüzce kullanılması ile dünyanın yenilenebilir kaynaklara dönmesi ahşabın yapılarda kullanımını yeniden gündeme getirmiştir. Ahşabın eğilme, burkulma, şekil değiştirme, çürümeye karşı daha kontrollü ve yangına karşı daha dirençli hale getirilmesinin gerekliliği yeni arayışlara kapı aralamıştır. Süreci ve günümüzü iyi okuyabilmek için doğal ve yapay ahşap başlıkları altında incelenecek olan ahşap yapılar özellikle son 15-20 yılda çok ileri bir seviyeye gelmiştir. Örnekler son 10 yıl üzerinden devam edecektir.

4.7.Doğal Ahşap

Doğal/ masif ahşap herhangi bir işlem görmemiş, farklı bir malzemeyle birleştirilmemiş ya da kaplanmamış, kendi başına yalın olarak kullanılan malzemedir. Doğal olduğu için rutubete müsait ortamlarda boyutlarda değişme, çürüme ve renk değişimine açık olması, mantar, bakteri, böcek türlerinin zararına açık olması ve stabilitesini etkilemesi bakımından dezavantajları vardır. Bunun yanı sıra yılların birikimiyle kendi içinde sistemli bir şekilde gelişmiş ve deneyimlenmiş, yörenin iklim koşullarına uygunluğu keşfedilmiş ve uygulanmıştır. Kültürel değerleri yansıtması, el işçiliği ile kendine has formun elde edilmesi, kullanıldığı coğrafyada kendi özel tarzıyla sivil mimariyi oluşturması ve kullanıcıya özel tasarım sunması avantajları vardır.

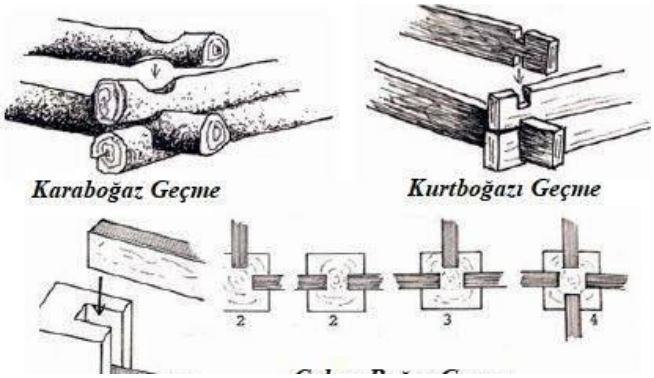
Doğal ahşabın yapılarda geleneksel olarak kullanımı iki yapım sistemi olarak ele alınabilir:

- Ahşap Yığma sistemler
- Ahşap İskelet Sistemler

4.7.1. Ahşap yığma sistemler

Ahşap yığma sisteminde yapı tamamen ahşaptan yapılmaktadır. Ahşap gövdelerin üst üste oturtulmasıyla oluşturulmuş duvarlar taşıyıcı sistemi oluşturur. Yatay konumda üst üste yerleştirilen elemanlar çantı diye tabir edilen bir sistemle köşelerden birbirine geçerek yükselir. Ahşap elemanlar birbirlerine bağlanırken çivi ve metal elemanlar en az düzeyde kullanılır.

Kerestenin bol bulunduğu yerlerde kullanılan ahşap yığma sistem en ilkel kullanım biçimlerindendir. Yuvarlak veya köşeli ahşap tercih edilerek inşa edilebilir (Şekil 4.5.). Yuvarlak kesitli ahşap elemanlarda çap 10-25 cm iken dikdörtgen kesitli ahşap elemanlarda çap 8-20 cm olur. 10 cm'lik bir ahşap duvarın sağladığı ısı yalıtımı 38cm kalınlığında bir tuğla duvarın sağladığı ısı yalıtımına denktir.



Şekil 4.5. Ahşap yığma sistemi (https://sinopbilke.com/tag/ahsap-ev-teknik/ erişim: 24.04.2022)

Bu yapı tekniği ile ahşap malzemeler üst üste yığılırken, köşelerde de çentikler oluşturulur. Böylece birbirine geçen ahşap elemanlar kendi içinde bir mukavemet oluşturur (Şekil 4.6.).



Şekil 4.6. Ahşap yığma sistemi (https://sinopbilke.com/tag/ahsap-ev-teknik/ erişim: 24.04.2022)

Ahşap yığma sistemlerde yapı ağırlığı fazla olduğu için çok katlı yapı üretimine uygun değildir. Bu yapım sistemi ahşabın çok olduğu yerlerde genellikle tek ya da iki katlı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ahşap yapılarda kullanılan ahşabın elde edildiği ağaç türleri iğne yapraklı ve geniş yapraklı olmak üzere iki sınıfta toplanır. Geniş yapraklı ağaçlar yapısı gereği daha sert ve yoğundur. İğne yapraklı ağaçlar ise daha yumuşaktır. Bu sebeple iğne yapraklı ağaçların

geniş yapraklı ağaçlara göre işlenmesi daha kolaydır. Kullanılan ağacın özelliklerine göre her iki tür de yapının ana elemanı olarak veya yapı bölümlerinde kullanılabilir. İğne yapraklı ağaçlar çam, köknar, sedir, porsuk, ardıç, servi, ladin olarak örneklendirilebilir. Bunlardan çam ve köknar en çok kullanılanlardandır. Geniş yapraklı ağaçlar ise kestane, meşe, ceviz, kayın, kavak, akasya, kızılağaç, çınar, dişbudak, akçaağaç, gürgen, karaağaç, ıhlamurdur. Çoğu nadiren kullanılsa da kavak sık kullanılmaktadır. (Şenkal, 1997) Bazı ağaç türlerinin doğal ömürleri ise şöyledir: Akçaağaç, kavak, kayın; 5 yıldan az. Çam, köknar, ladin; 5-10 yıl. Kestane, sedir, meşe; 15-25 yıl. (Bilgin, 2009)

Eski dönemlerde ahşap yapıların mantar, termit, bakteri, böcek türlerine karşı ve yangına karşı dayanımının arttırılması için doğal koruma yöntemlerinin kullanıldığı bilinmektedir. Bunlardan ilki ağacın kesilmesi için içerisindeki en az besi öz suyunun olduğu dönemin tercih edilmesidir. Bu dönem sonbahar ve kış aylarıdır. Türkiye için tercih edilen zaman eylül, ekimdir. Ağacın doğru zamanda kesilmesi oldukça önemlidir. Çünkü içindeki nem oranının değişimi boyut değişimine ve zararlı haşerelerin içerisine nüfuz etmesine sebep olmaktadır. Ahşap yapıların ömrünü uzatmak için başvurulan diğer geleneksel yöntem ise taşıyıcı olarak kullanılacak malzemenin meşe, kestane gibi doğal dayanıklı türlerden seçilerek bağışıklığı ve dayanımı daha çok olan özodununu yani iç kısmını kullanmaktır.

Doğru zamanda kesilmiş bir ağacın nemi yaklaşık % 60'dır. Bu süreç içerisinde ahşabın %30 lif doyma noktasına kadar hacminde bir değişiklik olmaz. Ancak %30 nem oranının altına düşmeye başlamasıyla hacimde küçülmeler başlar. Ahşabın kuru kabul edilebilmesi için bünyesindeki nemin %20 nin altında olması gerekir. Isıtılan iç mekânlar için bu oran %9-12 oranındadır. Ancak daha düşük nem oranına sahip ahşapta çatlaklar ve yarıklar oluşabilir. Geleneksel yöntemlerde ahşaptaki deformasyonu önlemek için ahşap türüne göre 5 yıldan 25 yıla kadar kurutma işlemi uygulanır. Ahşabın kullanılacağı yerin nem oranı boyutlarındaki değişimi önlemek için önemlidir. Hasat edilen kerestenin kullanılacağı bölgede kurutularak ortamın nem dengesini yakalaması ile de boyut değişiminin kısmen önüne geçilmektedir.

> “Ahşap açık havada 30-120 yıl, su altında havayla temas etmeden 500 yıl, rutubetsiz ortamda ve koruma altında ise 500-1000 yıl dayanım gösterebilen malzemedir. “ (Şenkal, 1997)

Doğal ahşabın bir diğer korunma yöntemi yangına karşı direncini arttırmaktır. Bunun için de bazı ahşap yüzeyler kısmen yakılarak kömürleştirilir. Böylece yangına karşı koruma sağlamak hedeflenir. Bu uygulama her ahşap türü için uygun değildir. Özellikle kozalaklı ağaçlardan elde edilen ahşapların yakılması tercih edilir; sedir, karaçam, ladin, çam gibi. Yakarak koruma yönteminin bir diğer avantajı da güneşin zararlı ışınlarına karşı yansıtıcı özellik kazandırılmasıyla ahşabın bağışıklığının artırılmasıdır. Bu yöntemler tam koruma değil önlem amacıyla ön koruma olarak uygulanan yöntemlerdendir. Ayrıca zeytinyağı ve sedir ağacı yağı da ahşabı zararlı haşerelere karşı korumak için kullanılan metotlardandır. Eski ahşap binalarda bazen çürüyen kısmın kesilip atılması ve oluşan boşluğun doldurulması da diğer çözümlerden biridir. Ayrıca ahşabın yağmura ve dolayısıyla suya dayanımının artırılması için geniş çatı saçakların tercih edilmesi zemin katın kâgir olarak tercih edilerek suyla temasının kesilmesi de koruma amaçlı çözümlerdendir.

4.7.2. Ahşap iskelet sistemler

Çoğunlukla taş zemin veya kâgir duvar üzerine oturan sistemde düşeyde ahşap dikme yatayda kiriş ve payandalarla bir çerçeve oluşturulur. Bu teknikle yükler düşeyde dikmelere, yatayda kirişlere aktarılır. (Şekil 4.7.)

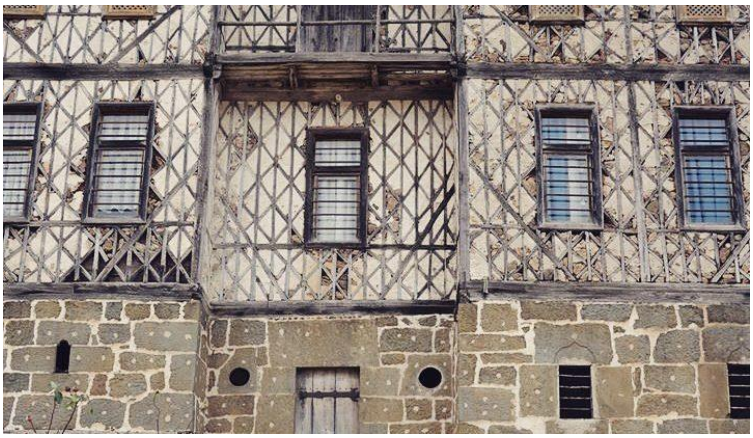


Şekil 4.7. Ahşap iskelet sistemi konstrüksiyonu (Perker, 2012)

Bu yöntemde sistem oluşturulduktan sonra mekânların cidarını sınırlayan iskelet taşıyıcılarının iç ve dış yüzeyleri düzlem haline getirilir. Bu düzlemler iki ayrı yöntemle oluşturulur. Bunlardan ilki taşıyıcıların iki yüzeyinin 3- 5 cm enindeki ahşap çıtalarla 3 cm aralıklarla yatay olarak çakılmasıyla oluşan yüzeyin sıvanması veya kaplanmasıdır. Diğeri ise ahşap iskeletin öğelerinin arasının kerpiç, tuğla, taş, ahşap ve ahşaptan elde edilen farklı malzemelerle doldurulmasıdır. Bu malzemeler bulunduğu yöreye göre tuğla, kerpiç, taş, hımış, ahşap olarak çeşitlenirken bazen de dışa bakan yüzeyleri bağdadi çıta denilen latalarla kaplanarak iskelet sistem strüktürel olarak güçlendirilir. Ahşap iskelet elemanlar arasına yapılan dolgular ile yapı cephesinde farklılıklar oluşurken bölgenin kendi sivil mimarisi ortaya çıkar (Şekil 4.8. ; Şekil 4.9.).



Şekil 4.8. Ahşap iskelet ve ara dolgu (https://sworld.co.uk/2/133767/photoalbum/ortaca%C4%9F-%C5%9Fehri-troyes erişim: 07.06.2022)



Şekil 4.9. Ahşap iskelet hımış dolgu (https://insapedia.com/himis-nedir-himis-yapi-nedir/) erişim: 07.06.2022

Geleneksel ahşap iskelet yapılarda kısıtlayıcı bazı etkenlerden birisi de taşıyıcı doğal ahşap malzemenin sınırlayıcı boyutlarıdır. Taşıyıcı elemanlarla 5m'den fazla açıklık geçilmesi sorun olmaktadır.

Ahşap karkas sistemin taşıyıcı sistemi ile bina yükü yığma sisteme göre hafifler, kesitler küçülür ve mimari çözümler konusunda daha esnek olabilmeye imkân sağlayabilir. Ayrıca sistemin hem kendisinin hem de kurulumunun hafif olması nedeniyle çok katlı yapı üretimi konusunda farklı üretimleri deneyimleme şansı sunar. Yapıda ahşabın yapı malzemesi olarak daha az var olması sebebiyle de yığma yapım tekniğine göre daha ekonomiktir. Ayrıca ahşap malzemenin temin edilebilir boyutlarının da plan tipolojisi üzerinde etkisi olduğu söylenebilir. Ara dolgu malzemesinin farklılaşması, bölgenin ekonomik refah seviyesindeki farklılaşmalara ve bölgede yoğun olarak var olan veya tercih edilen malzemelere bağlı olarak çeşitlenmiştir. (Şekil 4.10.)



Şekil 4.10. Karadeniz evleri ahşap iskelet sistemde ara dolgu malzemesi taş dolgu (https://www.ensonhaber.com/galeri/geleneksel-karadeniz-evleri#3 erişim: 25.04.2022)

Ahşap iskelet sistemde motifler, çıkma ve cumbaların, yumuşak hatların (C-S formlar) kullanılması ile cephede farklılaşmalar görülür. Kullanım olanaklarını ileriye taşıyan bir başka boyutudur. (Şekil 4.11.)



Şekil 4.11. C formlu bir ahşap yapı örneği
(https://i.pinimg.com/originals/7e/32/1f/7e321f5fa3005164b564708dfc7f0c1a.jpg erişim: 25.04.2022)

Ahşap iskelet sistemde iskelet bir bütün olarak çalışmaktadır ve yükün temele eşit aktarılmasını sağlamak hedeflenmektedir. Bağlantı noktaları olan kiriş, dikme ve döşeme birleşim yerleri depremin yükünü absorbe ederken sistemin bütün olarak çalışmasıyla da enerji dağılımı en aza indirerek temele iletir. Böylece depremden en az etkilenme sağlanmış olur. Ahşap doğal haliyle yapı üretiminde Endüstri devrimine kadar 4-5 metre açıklık ve 3-4 kat yükseklik ile sınırlı kalmıştır. Üretim farklılıklarını, birlikte kullanıldığı malzemeler, bir araya geliş biçimleri, cephedeki çıkmalar, cumbalar, motifler ve çeşitli cephe hareketleri belirlemiştir.

4.8.Yapay Ahşap

Endüstriyel müdahale ile ahşaptan azami ölçüde yararlanılan ve doğal ahşaba göre daha üstün strüktürel ve statik özellikler kazandırılan nitelikli ahşaptır. Endüstriyel ahşapta doğal olan masif ahşaba göre teknolojik gelişmelere paralel olarak yapılarda istenmeyen özellikleri iyileştirilir ve geliştirilir. Eğilme, burkulma, form değiştirme, suya ve yangına mukavemeti yapay ahşapla maximuma çıkarılır. Belli stabilite altında endüstriyel

yapıştırıcılarla farklı form ve şekillerde üretim imkânı sağlar. Avantaj sağladığı özelliklerini şöyle sıralayabiliriz;

- Üretim esnasında kullanılacak kerestenin en uygun boyutlarda üretilmesi,
- İşçiliğinin kusurlarının en aza indirilmesi,
- Büyük açıklıklara uygun boyutların üretilmesiyle doğal ahşap malzemenin mimari ve statik kısıtlamalarının ortadan kaldırılmasını sağlaması,
- Doğru malzemenin doğru yerlerde kullanımıyla daha büyük açıklıklar geçilmesine ve yüksek katlı yapı üretilmesine imkân sağlaması,
- Prefabrikasyon ile zaman ve yöntemde pratiklik sağlaması,
- Sistemin bilgisayar destekli yazılımlar, teknolojik olanaklar ile minimum kusur maximum kusursuzluk ilkesiyle çalışması ve üretim aşamasında oluşabilecek kusurları en aza indirmesi,
- Etkin ve verimli kullanımı artırması,
- Montaj, nakliye ve işçilik kolaylığı sağlaması sebebiyle enerji verimliliği sağlaması,
- Ahşabın hizmet ömrünün uzatılmasıyla maximum verim sağlarken ormanlardaki baskının azalmasını sağlaması,
- Daha temiz ve kusursuz yüzeyler elde etme olanağı sunmasıdır.

Yapay ahşabı 3 başlık altında ele alabiliriz;

- ✓ Ahşap çerçeve sistemler
- ✓ Ahşap esaslı paneller
- ✓ Lamine ahşap sistemler

4.8.1. Ahşap çerçeve sistemler

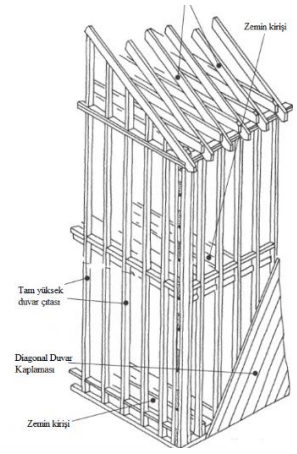
Tek boyutlu ahşap elemanların yapıda taşıyıcılığı üstlendiği, dikme ve kirişin noktasal bağlantılarla bağlandığı sistemlerdir. Bu sistemde dikme ve kirişler ana elemanları oluştururken, bu grupla birlikte kullanılan taban ve başlık kirişleri, ara dikmeler, döşemeler ve çatı da yardımcı elemanlardır. Taşıyıcı sistem yatay ve düşey elemanların düğüm

noktasında birleştirilmesiyle oluşur. Taşıyıcı sistem oluştuktan sonra aralarda kalan boşluklar yalıtım, bölme ve dolgu işlevi üstlenerek duvar yüzeyini oluşturur. Bu yüzey oluşurken ısı ve ses yalıtımı düşünülür. Modern sistemlerde bu dolgu taş yünü ya da cam yünü olabilirken oluşturulmak istenen düz yüzey panel kaplamalarla da sağlanabilir. Ahşap çerçeve sistemleri temelde geleneksel iskelet sistemle üretilse de bir takım farklılıklar vardır Bu farklılıklar yük taşıyan elemanların ve bağlantılarının düzenlenmesiyle birbirinden ayrılır. Çerçeve sistemi geleneksel iskelet sistemden ayıran bir diğer özelliği de kerestenin hasat edilmesinden, kurutulmasına ve korunmasına kadar geçen sürecin istikrarlı bir ortamda sağlanıyor olmasıdır. Uygulama standartları oluşturulmuş kerestenin cinsinin bu standartlara göre kurutma, istifleme ve montajının yapılmasıdır.

Çerçeveli ahşap sistemlerin gelişiminde "Balloon Frame" (balon çerçeve) önemli bir yer tutar. Balloon Frame adıyla geliştirilen sistem ABD'de savaşlar ve göçler sonucu çok sayıda ve hızlı konut gereksinimine bir cevap olarak ortaya çıkmıştır. Bu yoğun ev talebinin karşılanması için balloon frame evler kataloglar vasıtasıyla tanıtılmış, satılmış, bu oran artarak yaygınlaşmış ve bugün ABD'nin en yüksek ahşap ev oranına sahip ülkeler arasına girmesine sebep olmuştur. Aslında zamanın endüstrileşme ile ortaya çıkan üret, tanıt ve tüket felsefesi ABD'de erken dönemde ahşap konutta kullanmıştır.

Balon çerçeve temelde ahşap iskelet sistemin yükünün hafifletilmesidir. Daha önce ağır elemanlardan oluşan geniş kesitli noktasal dikmeler yerine, dikmeler duvarları destekleyerek döşemenin taşıma kapasitesi artırır. Hafif ahşap elemanlar basit demir çiviler ve bulonlar kullanılarak tutturulur. Karmaşık öğelerin kaldırılması ve diğer öğelerin birden fazla işlevini yerine getirmesiyle, tüm yapı daha verimli ve inşa edilmesi daha kolay hale gelir. Geleneksel çerçeve sistemler özellikle herhangi bir inşaat makinesinin olmadığı durumlarda yoğun bir emekle inşa edilir, kerestelerin ağırlığı sebebiyle yerine oturtulması işçiyi çok zorlar ve zıvana bağlantılarını oluşturmak daha çok zaman ve beceri gerektirirdi. Balloon Frame sistemlerin ise hafif elemanlarla elle kolayca inşa edilebilmesi, nispeten basit çivili bağlantıların kullanılması ve ağır ahşap çerçeveyi hafifletmesi sebebiyle iş yükünü azaltması daha hızlı üretim imkânını sağlamıştır.

Balon çerçeve sisteminde, 5/10 cm gibi ince kesitlerin sık aralıklarla kullanılıp köşegenlerle desteklenerek daha az malzeme ile ağır bir ahşap karkas yapının sağladığı stabilite elde edilmesi amaçlanmakta, birleşimler çivi ve zıvanalarla sağlanmaktadır. Bu şekilde montaj hızlanırken, malzeme ve işçilik giderleri de azalmaktadır (Bostancıoğlu ve Birer, 2004) (Şekil 4.12.).



Şekil 4.12. Balon çerçeve sistemi (https://www.hometips.com/diy-how-to/house-framing.html erişim: 20.06.2022)

Balon çerçeve sistemde dış duvar kaplaması yapıya sağlamlık katar ve dış cephe kaplaması için sıva ve diğer kaplamalar için düz bir yüzey sağlar. Daha eski evlerde diyagonal tahta kaplamalar ince tahtalarla kaplanırken daha yeni evlerde kontrplak veya benzeri kompozit panel kaplamaları tercih edilir.

Balon Çerçeve sistemin avantajlarından birisi de makine yardımı ya da becerisi olmadan yapımda, ön plana çıkmak için yeterli değere sahip bir yapım ilkesi geliştirmiş olmasıdır. Bu ilke herhangi bir ahşap yapı sınıfını ucuz ve sağlam bir şekilde dikmek isteyen herkes tarafından kullanılabilir olmaktır (Field, 1942).

Hafiflik ve basitliğin yanı sıra çabukluk kolaylığı sağlayan bu sistem çekiç ve çivinin kullanılması ile küçük inşaat işleri için artık yetenekli tamircilere ihtiyaç kalmamasıyla çekiciliğini arttırmış ve popülerleşmiştir.

Her ne kadar balon çerçeve sistemin yapısal olarak güçlü olmadığı varsayılsa da bu konuda aynı düşünmeyen mimarların sayısı da yadsınmayacak kadar çoktur. Zira Chicago'nun eteklerinde yer alan ve açık kırlar üzerinde yapılmış olan binaların sarsılmadan varlığını sürdürmesi (Field, 1942) örnek olarak gösterilir. Tobriner'de bunu "yıkılan binanın duvarları bile katlar arasında kıvrılıyor ancak ayrılmıyor" diyerek belirtir. Balon çerçevelemenin zayıf temeller üzerinde esnek olduğunu ancak yine de toplam başarısızlığa direndiğini söyler (Şekil 4.13.). Çünkü sistem çerçeve olarak çalıştığı için bir arada tutulmaktadır (Şekil 4.14.).



Şekil 4. 13. Balon çerçevenin esnekliği (akt: Tobriner, 2006)

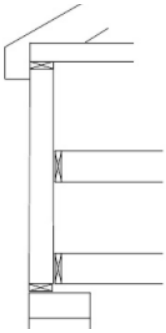


Şekil 4.14. Balon çerçeve çiftlik evi 1850-70 (akt: Peterson, 2000)

Bu örnekler balon çerçeve yapımı için uzun boylu yüksek kaliteli ahşabın artan kıtlığı göz önüne alındığında uygun şekilde çivileme ve metal bağlarla dikey olarak bağlanma sağlanırsa daha verimli, daha ucuz, daha pratik ve iyi performans gösterecek şekilde yapı inşa edilebileceğini gösterir. Ayrıca Field (1942) makalesinde aşınmış parçaların

değiştirilmesinin pratik olduğunu ve belli bir standardizasyona oturtulan elemanların kolayca değiştirilebileceğini savunur. Üstelik bir evin yıkılıp yeniden inşa edilebilmesi için de kerestelerin kolayca ve temiz bir şekilde yığılıp yeniden kullanılabileceğini belirtir.

Bu ahşap sistemin dezavantajlarından biri dış duvar dikmelerin çatıya kadar uzanması (Şekil 4.15.) sebebiyle yangının ilerlemesine kesintisiz bir yol sağlamasıdır. Ayrıca bu sistem ahşap dikme ebatları sebebiyle yüksek katlı yapılar için uygun değildir.



Şekil 4.15. Balon çerçeve sistem (https://substackcdn.com/image/fetch/f_auto,q_auto:good,fl_progressive:steep/https%3A%2F%2Fbucketeer-e05bbc84-baa3-437e-9518-adb32be77984.s3.amazonaws.com%2Fpublic%2Fimages%2F09a8cd31-95b3-430f-8da9-84774de1a8e7_506x380.png erişim: 15.06.2022

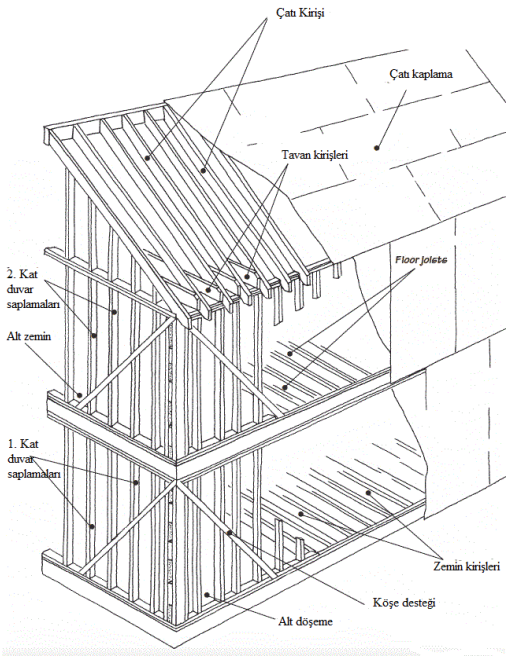
Balon Çerçevenin ortaya çıkışında endüstriyel kesme çivinin maliyetinin düşmesi ve kereste fabrikalarında buhar gücüyle çalışan makinaların kullanımı da önemli bir yer tutar. Endüstrileşme öncesi elle üretilen ve maliyeti hayli yüksek olan çivinin gemi imalatında kullanıldığı bilinirken, makineleşme ve seri üretimle demir çivinin fiyatının düşmesi ev yapımında bolca kullanımına olanak sağlamıştır.

Balon çerçeve yapısının kökeni hakkında yorum yapan yirminci yüzyıl tarihçilerinin çoğu balon çerçeve adlandırması için çeşitli yorumlamalar yaparlar. Örneğin 1962'te Sigfried Giedion "balon çerçeve bu yeni yapı türünün hafifliğine şakacı bir göndermedir" der. Daniel Boorstin "Bu büyük yeniliğin hala alaycı bir adla anılması, ilk başta çürüklüğünü geleneksel evin zanaatkâr ağırlığıyla karşılaştırmak içindi" diye ifade eder. 1992'de ise Fred Peterson 1830'larda Amerika'da bu sistemin yeni ve hafifliğinden dolayı tehlikeli kabul edildiğini belirtir.

Field ve Giedion'a göre bu sistem geleneksel yapı uygulamalarında ilerlemeci yaklaşımın özel bir örneğidir. Çünkü zanaat işçiliği azalacak, endüstriyel olarak bileşenler üretilecek, montaj yöntemi gözden geçirilecek, eklemi basitleştirilecek veya tanımlanabilir bir bağlayıcı geliştirilecek, hafif malzemeler kullanılacak ve yapısal verimliliği artırılacaktır (Cavanagh, 1997). Cavanagh'a göre bu Field ve Giedion'un çelik-iskelet gökdeleni öngören bir varsayımıdır.

Balon Çerçevenin sunduğu çeşitli avantajların yanı sıra hızlı ve yaygın kabulü mimarlık tarihinde önemli bir basamak olmasını sağlar. Chicago'da balon çerçevesinin icadıyla ilgili farklı iddialar vardır. Bu iddialardan biri balon çerçevenin kökeninin George Washington Snow'a, başka bir makalede ise Augustine Deodat Taylor'a atfedilmesidir. Ayrıca balon çerçevenin kökenleri ve gelişimi Peterson (1992), Sprague (1983) ve daha yakın zamanda Cavanaugh (1997) gibi önde gelen araştırmacılar tarafından da geniş çapta tartışılmıştır. Ancak ilk ortaya çıkışı kaynakların yetersizliği ve zayıflığı sebebiyle kesinlik arz etmemektedir. Bununla beraber balon çerçevenin platform çerçeveyi ve prefabrikasyon üretiminin doğuşunu hazırladığı ileri sürülür. Zira denk geldiği dönem itibariyle nüfus çoğalmış, göçler artmış, savaş sonrası acil yapı ihtiyacı doğmuş ve bir taraftan da endüstriyel gelişmeler gerçekleşmiştir. Pratiklik, ehil usta eksiğinin seri üretim ve kolaylıkla giderilmesi, bileşim elemanlarının küçülmesiyle üretim kolaylığı sağlaması bu verileri doğrular.

Platform Çerçevesi ise balon çerçevesinin iyileştirilmesidir. 1930'larda balon çerçevenin modifikasyonu olarak ortaya çıkmıştır. Platform çerçevede ana yenilik duvar dikmelerinin uzunluğudur. Platform çerçeveleme, her kat seviyesini kendi birimi olarak çerçevelemek için daha kısa saplamalar mantığını kullanır. Bir sonraki kat önceki platforma eklenir. Kirişler ve alt zemin tarafından oluşturulan platformlar, yangının temelden çatıya kesintisiz hareket etmesine izin veren balon çerçevenin aksine, her kat arasında bir yangın molası görevi görür. Duvarlar, alt döşemenin üstüne oturur. Her kat bir sonraki duvar serisini inşa etmek için bir platform sağlayacak şekilde inşa edilirken en üst seviyedeki tavan ise son bir platform görevi görür ve genellikle çatı çerçevesi monte edilirken üzerinde durmak için kullanılır (Şekil 4.16.).



Şekil 4.16. Platform çerçeve sistem (https://www.hometips.com/diy-how-to/house-framing.html) erişim: 21.06.2022

Platform çerçeve kirişler, duvar ve bölmelerin kolayca dikilebildiği bir platform sağladığı için duvarların yerinden kaldırılması balon çerçevelemeye göre daha az çaba gerektirir (Şekil 4.17.).



Şekil 4.17. Platform çerçevenin kaldırılması (https://archive.org/details/Prefab_Architecture_A_Guide_to_Modular_Design_and_Construction_R._Smith_Wiley_20/page/n60/mode/1up erişim 04.07.2022)

Ahşap çerçeve tekniği üretim esnekliği, daha düşük üretim ve montaj süreleri, pratiklik, el ile daha düşük maliyetler, işçilik, üretim aşamalarının basitleştirilmesi gibi avantajlarını içeren bir tür olarak ortaya koyar. Bu ve diğer nedenlerle, ahşap çerçeve Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Almanya, Avustralya, İskandinavya, Birleşik Krallık vb. ülkelerde en popüler teknik haline gelmiştir.

Balon ve platform çerçeveler literatürde hafif çerçeveler olarak da adlandırılır. Hafif çerçeveler cephe yüzeyinin kaplanması için çeşitli hafif kompozit elemanların ortaya çıkmasıyla daha da çok parlamıştır. Çünkü OSB (oriented strand board-yönlendirilmiş şerit levha), kontrplak gibi yapısal elemanlar düşük yapısal yüklere sahip taşıyıcı olmayan duvar elemanları iken hafif çerçevelere giydirilerek hem taşıyıcı hem de yüksek mukavemetli prefabrikasyon ürün niteliğine erişebilecektir.

Ekili ormanlardan elde edilen ahşabın kullanılması ve bu doğal malzemelerin inşaatta daha iyi rasyonalize edilmesi arayışında, en gelişmiş ülkelerin çoğu daha pratik, karlı ve sürdürülebilir ahşap ev örnekleri aramıştır. Bu bağlamda kontrplak, OSB gibi yapısal elemanlar üretilmiştir.

4.8.2. Ahşap esaslı paneller

Geleneksel ahşap yapım tekniklerinden endüstriyel yapıma geçişte, doğal malzeme olan ahşap özel yapısı gereği sahip olduğu kısıtlar ve yetersizlikler sebebiyle yapı üretiminde beklenen strüktürel performans ihtiyaçlarına cevap verememiş ve dolayısıyla kullanım alanları daralmıştır. Strüktürel malzeme olarak kısıtların en temeli doğal ahşabın temin edilebilir boyutlarının zamanın teknik ve işlevsel gerekliliklerinden olan açıklık geçme sorunudur. Ayrıca malzemenin sahip olduğu fiziksel özellikleri gereği sağlıklı bir şekilde işlev görebilmesi için yapım elemanlarının periyodik olarak çeşitli bakım işlemlerden geçmesinin gerekliliğidir.

Giderek ahşaba erişimin maddi anlamda zorlaşması, ahşap atık malzemesinin geleneksel yöntemlerde fazla israfa yol açması, işçiliğinin zor olması da yeni arayışların temel sebeplerindendir. Ayrıca doğal ahşabın bitirmeler sisteminde bir yüzey kaplama

elemanı olarak kullanılması da oldukça maliyetlidir. Üstelik dış hava şartlarına açık olan yüzeylerde zamanla formlarında bozulmalara yol açarak çeşitli birleşim sorunlarına sebep olmuştur.

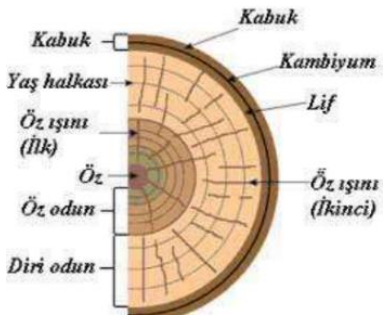
Dönemin şartlarına bakıldığında hızla çoğalan demiryollarının uzak bölgelere kadar genişlemesi, ulaşım ve taşımacılığın kolay hale gelmesiyle, büyüyen tartışmalar ve arayışları küreselleştirmiştir. Ayrıca iletişim araçlarından telefon ve telgrafın icadı da bu büyümede büyük bir paya sahiptir.

Dünyada standardizasyon uygulamaların basit çapta uygulanmaya başlandığı, prefabrikasyon tartışmalarının olduğu bu dönem yeni sistemlerin de oluşmaya başladığı dönemdir. Bütün bu süreç iç içedir. Zira dönemin şartları gereği hâlihazırda yeni arayışlar vardır. Ahşabın pahalılaşması, doğal ahşap üretimde çok fazla atıkların oluşması ve bunun için endüstriyel üretimle minimum atık için üretim stratejileri, standartlaşma, prefabrikasyon ile yeni üretimlerin doğuşuna zemin oluşmuştur.

Döneminde kurulan kereste fabrikalarında en verimli çalışılan kütüğün bile % 30 civarında atığının oluştuğu bilinmektedir. Ahşap esaslı panel (WBP-Wood Based Panel) ürünlerinin imalatı kütük ve kereste maliyeti ile sağlanmaktadır. Bu durumun dünya orman kaynaklarının yöneticilerinin ahşapları daha etkin kullanma yollarını ve araçlarını araştırmasına neden olduğu söylenmektedir. Bu doğrudur, çünkü birçok ahşap esaslı panel, ince, eğri ve bükülmüş kütük gibi düşük dereceli kütükleri kullanabilir. Ayrıca ahşap yan ürünleri ve geri dönüştürülmüş malzemeleri de kullanabilir. (Irle vd., 2010)

Ahşap esaslı panel (WBP-Wood Based Panel) ürünleri ahşap parçacıkların sentetik bir yapıştırıcıyla yüksek basınç ve sıcaklık altında sıkıştırılmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu panellerin üretiminde malzemenin yaklaşık %95 ‘i ahşaptır. Üç şekilde elde edilebilir; yuvarlak odundan [genellikle dalları çıkarılmış ve gövdeleri nakliye için boydan boya kesilmiş, devrilmiş ağaçlar (Ramage vd., 2017)] ahşap artıklarından ve geri dönüştürülmüş ahşaptan. Yuvarlak ahşaptan üretilenin kalitesi üzerinde daha fazla kontrole sahip olunabildiği için en iyisi olabilir. Ancak odunu parçalamak, onu kurutmak maliyeti arttırabileceği için oldukça maliyetlidir. Ahşap artıklarından elde edilenlerin ise maliyeti

diğerine göre daha düşüktür. Ancak farklı ağaç türlerini barındırdığı için nitelik homojen olmayabilir ve ikincil doğramaya ihtiyaç oluşabilir. Ayrıca odunun dış halkasını (Şekil 4.18.) oluşturan kabuktan ayrılması işlemini gerektirir.



Şekil 4.18. Odunun içyapısı (https://arac.kastamonu.edu.tr/images/2018/bolumler/ormancilik-ve-orman-urunleri/Duyurular/ORU110_odun_anatomisi_ders_notu.pdf erişim: 09.08.2022)

Geri dönüştürülmüş ahşaptan elde edilen ürün ise çoğu üretimcinin tercihidir. Her ne kadar çevre dostu ve ekonomik gibi görünse de kendi içinde olumsuzlukları vardır. Bunlardan biri tüketim sonrası çıkarılması gereken kirletici maddelerin (plastik, boya, kaucuk, kumaş, demir, alüminyum) varlığıdır. Bunlardan arındırılması emek ve maliyettir. Ahşap esaslı panel ürünlerinin üretildikleri hammaddeler ile ilgili değerlendirme Çizelge 4.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Ahşap esaslı panel üretimi değerlendirmesi

Ahşap Esaslı Panel (WBS) Üretimi		
Hammadde	***Avantajları***	***Dezavantajları***
Yuvarlak Odun	Kalite için kontrolü kolaydır.	Parçalamak ve kurutmak maliyetlidir.
Ahşap Artıklar	Maliyeti düşüktür.	Farklı ağaç türlerini içerdiği için homojen nitelik elde etmesi zordur ve ikincil doğrama gerekebilir. Her türlü ağaç barındırdığı için odunun dış halkasını oluşturan kabuktan ayrılması gerekir.
Geri Dönüştürülmüş Malzemeler	Çevre dostu ve ekonomiktir.	Tüketim sonrası kirletici maddelerden ayırması zordur ve maliyet gerektirebilir.

Ahşap esaslı panellerde yumuşak ağaçlar sert ağaçlara tercih edilir. Çünkü sert ağaçlarla pürüzsüz bir yüzey elde etmek için istenilen küçük parçacık kontrolü zordur. Ayrıca küçük parçalara ayrılması sert ağaçlara göre daha kolaydır ve daha az yapıştırıcı emerek maliyeti düşürecektir. (Irle vd., 2010)

Ahşap esaslı panel bir yapı malzemesi olarak düşük ısı iletkenliği, yangına dayanıklılık, daha iyi biyo-direnç gibi özelliklere sahiptir. Ayrıca dekoratif amaçlar için yüzeylerin iyileştirilmesi amacıyla da üretilir. Bunun yanında homojenlik bakımından daha tutarlı olmasına rağmen masif ahşaba kıyasla mukavemet özellikleri daha düşüktür.

Herhangi bir elemanın panel kabul edilebilmesi için panelin eninin ve boyunun üçüncü boyut olan et kalınlığından önemli ölçüde büyük olması gerekir. Ahşap esaslı panellere dâhil olan ürünler şunlardır: Yonga levhalar; yönlendirilmiş şerit levhalar (OSB); lif levhalar, özellikle suntalar ve orta yoğunluklu levhalar (MDF); ve kontrplaktır. Lamine ahşap keresteler de panel olarak değerlendirilebilir. Ancak kullanımlarına göre farklı türleri olduğu için daha kapsamlı olarak lamine ahşap sistemler altında incelenecektir.

OSB levhalar önceden belirlenmiş bir şekle sahip olan (tipik olarak 15-25 mm genişliğinde, 75- 150 mm uzunluğunda ve 0,3 0,7 mm kalınlığında) ahşap şeritlerin bir bağlayıcıyla -ki bu genellikle suya dayanıklıdır- yüksek bir basınç ve ısı altında yapıştırılmasıyla elde edilir. (Irle vd., 2010).

OSB uzun ahşap şeritleri belirli yönlerde yerleştirilmesiyle “yönelimli” olduğu için adını buradan -yönlendirilmiş yonga levha- alır. İlk olarak ABD’de geliştirilmiştir. Çok kısa bir sürede pazar kabulünü sağlamıştır. ABD ve Kanada günümüzde açık ara en büyük OSB üreticisi olmuştur. OSB’nin yaklaşık %75’i inşaatta, %20 si ambalajda ve geri kalanı dekoratif ve çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Irle vd., 2010).

OSB özel tesislerde, elektronik nem kontrollü ortamlarda ve kendinden kontrollü makinelerin boyutlarına uyumlu olarak üretilir. OSB paneller yapıştırma, kesme ve çivileme için oldukça uygun bir malzemedir (Balkan, 2019). OSB iç ve dış mekânlarda duvar, kaplama olarak, çatıda döşeme olarak kullanılan bir malzemedir (Şekil 4.19.). Ahşap alternatif malzemelerle karşılaştırıldığında OSB bükülmeye, katmanlara ayrılmaya dirençli,

güçlü, boyutsal olarak kararlı bir panel oluşturur. Ayrıca zorlu rüzgâr ve sismik koşullara maruz kaldığında şekil bozulmasına karşı direnç gösterir. OSB panelleri hafiftir ve kullanımı kurulumu kolaydır.



Şekil 4. 19. OSB iç mekân uygulamaları (https://www.archdaily.com/3763/triangle-house-jva/500ee91228ba0d0cc7000cea-triangle-house-jva-image?next_project=no erişim: 05.07.2022)

OSB levhalar OSB-1, OSB-2, OSB-3, OSB-4 olarak kullanım yerlerine göre çeşitlenirler. OSB-4 suya en dayanıklı malzemedir. Bu ürün cephe kaplaması veya beton kalıp malzemesi olarak kullanılabilir.

OSB konut ve ticari inşaatlarda çatı, duvar, zemin kaplamalarında, çatı örtüsü ve I-kirişlerin imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca sadece yapısal özellikleri için değil, aynı zamanda estetik değeri için de kullanılmaktadır. İyi bir strüktürel tasarımla çatı örtüsü olabilir (Şekil 4.20.).



Şekil 4.20. OSB-4'ten yapılmış Highway Kilisesi'nin 7 metre yüksekliğindeki çatısı (https://www.egger.com/shop/en_MU/inspiration/highway-church erişim: 16.07.2022)

Oldukça büyük ebatlarda üretimi yapılmaktadır (Şekil 4.21.).



Şekil 4.21. Büyük OSB panellerin vinç yardımıyla yerleştirilmesi (https://www.archdaily.com/catalog/us/products/11974/multi-layer-board-osb-4-top-egger/112485?ad_source=neufert&ad_medium=gallery&ad_name=next_image erişim: 30.07.2022)

OSB imalatında bağlayıcı olarak fenol formaldehit (PF) ve difenilmetan diizosiyanat (MDI) yaygın kullanılan iki tip suya dayanıklı reçinedir. Bu reçineler panelin mat görünümünü sağlar. Üreticileri OSB'nin mümkün olduğu kadar nemden korunmasını önerirler. Bu yüzden kullanıcılar dış cephede özellikle neme devamlı maruz kalan yerlerde kullanmayı tercih etmezler.

Ahşap esaslı panellere dâhil olan ürünlerden bir diğeri suntadır (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Sunta (https://malzeme.sermimar.net/osb-levha-fiyatlarimiz erişim: 31.07.2022)

Sunta talaş ve toz gibi ahşap döküntülerin reçine ve yapıştırıcı ile sıkıştırılmasıyla oluşturulur. Yüzeyi pürüzlü ve düzgün olmadığı için yapışmaya elverişli değildir. Avantajı düşük maliyetli olmasıdır. Kullanımı MDF'ye (orta yoğunluklu levha) benzer ancak

yeterince tatmin edici bağlantılara imkân tanımadığı ve mukavemeti düşük olduğu için zamanla yerini MDF'ye bırakmıştır. Yapılarda geçici olarak kullanılabilmektedir.

MDF ise ilk olarak ABD'de suntadan geliştirilmiştir. MDF, suntanın direnç bakımından daha güçlü hale getirilmesiyle elde edilir. İnce lingo-selülozik liflerden oluşan, sentetik bir reçine ile ısı ve basınç altında paneller oluşturmak üzere birleştirilen bir çeşit ahşap üründür. En yaygın kullanılan lingo-selülozik lifler ahşaptır ancak diğer bitki lifleri küspe ve tahıl kamışları da kullanılabilir (Irle vd., 2010).

MDF'nin ortaya çıkışı suntayı takiben olmuştur. Sunta kâğıt imalatına benzeyen bir işlemden geçer ve bu yüzden atılmadan önce arıtma gerektiren çok fazla kirli su üretir. 1950'lerde yarı kuru işlemlerin geliştirilmesiyle kuru işlemlerin doğuşuna zemin hazırlanmış olur ve onu takiben 1965-1975 yılları arasında ABD'de ilk MDF fabrikasıyla MDF üretimi başlar.

MDF 2 ila 100 mm kalınlık aralığında ve çok çeşitli panel boyutlarında mevcuttur. Bu panellerin yoğunluğu yaklaşık 500 ila 900 kg/m^3 arasında değişmektedir; panel kalınlığı azaldıkça panel yoğunluğu artma eğilimindedir. Paneller pürüzsüz, yüksek yoğunluklu yüzeylere sahiptir ve üretim sırasında bir boya eklenmedikçe pembe-kahverengi ila koyu kahverengi renktedir (Irle vd., 2010).

MDF son derece düzgün ve homojen bir yüzeye sahiptir. Levhaların her yerinde aynı özellikler görülmektedir. Yoğunluk bakımından suntaya kıyasla daha yoğun olması sebebiyle daha ağırdır (Şekil 4.23.).



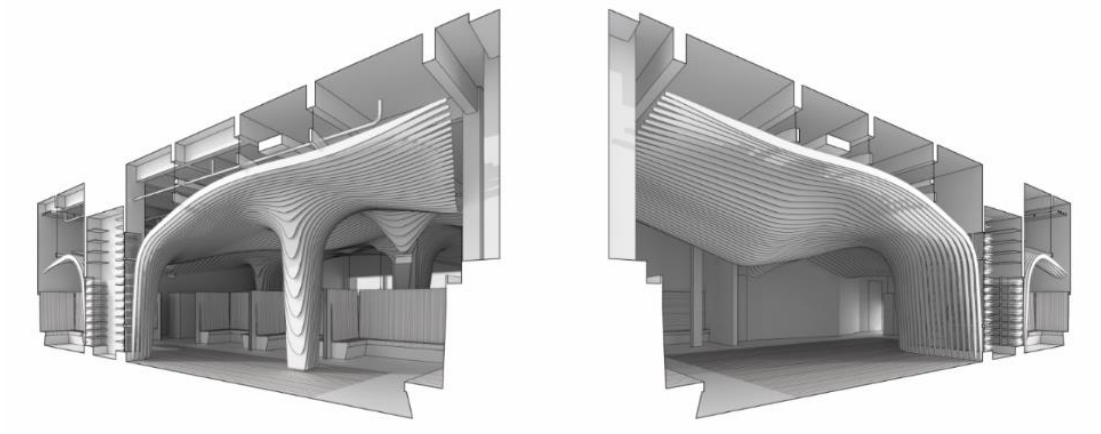
Şekil 4.23. MDF (https://blog.woodvizyon.com/mdf-ve-mdf-lam-nedir/ erişim: 31.07.2022)

Ahşap esaslı panel ürünlerinden bir diğeri de kontrplaktır. En az üç, beş ve yedi katlı kaplamadan oluşan liflerin üst üste tutkallanmasıyla oluşan ince, esnek ve dayanıklı ahşaptır. Tek sayıda kaplamanın sebebi ahşabın anizotrop yapıya yani boyuna, radyal ve teğet olmak üzere üç ana yönde farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklanır. Bunu biraz açacak olursak anizotrop davranış gösteren ahşap damara paralel olarak mukavemeti yüksektir. Ayrıca üç yönü arasında boyutsal kararlılıkta farklar vardır. Irle vd.'deki (2010) verilere göre normalde kuru bir tahta parçası suya batırılırsa şişer. En çok şişme teğet yönde ve en az şişme uzunlamasına olur. Üç yön arasındaki şişme farkları nedeniyle aralarında 20:12:1 oranı genel bir kabuldür. Kontroplaktaki tek sayıdaki her kaplama damarı komşusuna dik açılarla olacak şekilde serilerek kaplamanın uzunlamasına damarı kaplamayı güçlendirir.

Kontroplak iç ve dış mekânlarda kullanılabilir. NADAAA Mimarlık ofisine ait iki bölüme ayrılmış bar ve restoran tasarımı (Şekil 4.24.) kontrplağın iç mekânda kullanımı bakımından oldukça farklı bir yorumdur. 2008 yılında tamamlanan Banq restoran-bar Amerika'da Boston'da yer alır. Mekân ilişkisi tavanın zeminle kavramsal ilişkisi üzerinden kurulmuştur (Şekil 4.25.). Tavanın belirli alanları, çıkış işaretlerinin yerleştirileceği yeri, aydınlatma özelliklerini ve diğer ayrıntıları kabul ederek "iner" (Şekil 4.26.). Yapı, drenaj, mekanik ekipman, sprinkler sistemi, aydınlatma ve diğer akustik sistemler tavan içerisinde kontrplağın içine gizlenmiştir. Zemin ve tavan arası kurulan ilişki mekânda yemek yiyen insanlara farklı bir deneyim sunar (Anonim, 2022a).



Şekil 4.24. Banq Restoran ve Bar (https://www.nadaaa.com/portfolio/banq/ erişim: 03.11.2022)

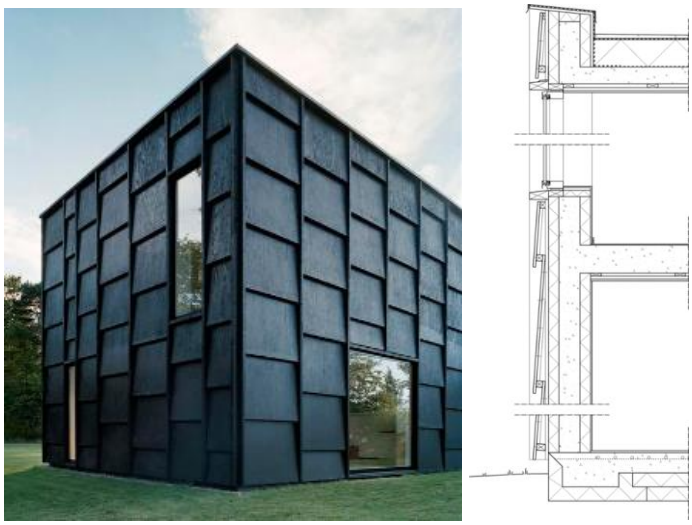


Şekil 4.25. Banq Restoran ve bar kesiti (https://www.nadaaa.com/portfolio/banq/ erişim: 03.11.2022)



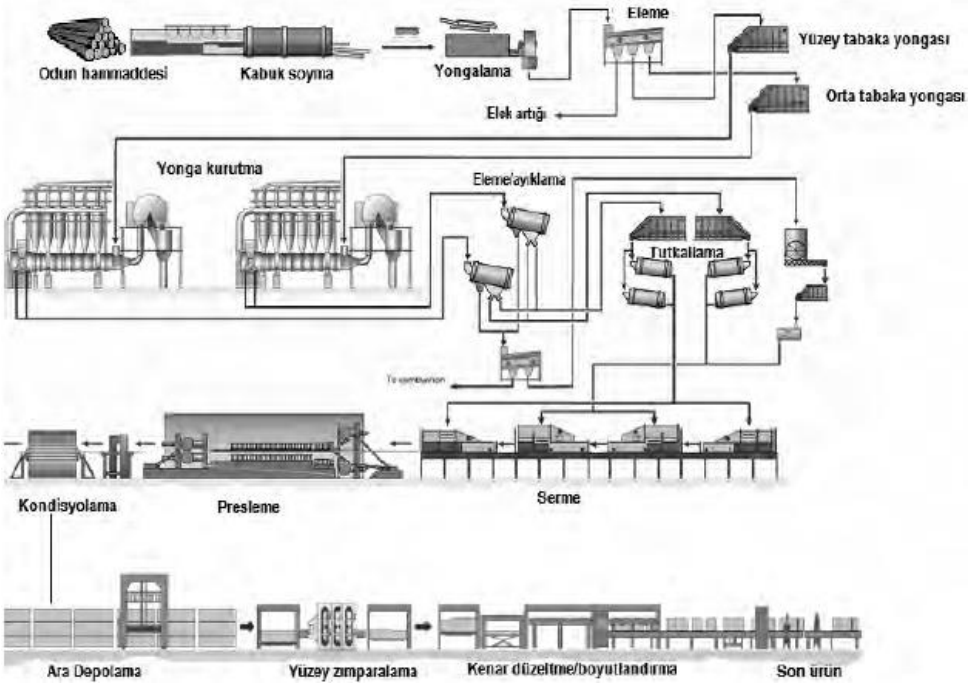
Şekil 4.26. Banq Restoran ve Bar iniş yükselişler (https://www.nadaaa.com/portfolio/banq/ erişim: 03.11.2022)

Kontrplağın dış cephede kullanımına en iyi örneklerden birisi de Tham ve Videgård Mimarlık Ofisi tarafından İsveç Stockholm'da çam çerçeve evin (Şekil 4.27.) tamamının çeşitli genişliklerde siyah lekeli kontrplak panellerle kaplandığı evdir. Yavaş büyüyen bir çam iskeleti üzerine (50*150mm) katmanlar halinde 18mm kontrplak paneller ile monte edilmiştir (Anonim, 2019b).



Şekil 4.27. House K. kontrplak kaplama (https://www.archdaily.com/27537/house-k-tham-videgard-hansson-arkitekter erişim: 07.08.2022)

Aslında OSB, MDF, sunta ve kontrplağın elde edilme süreci birbirine benzer. Kullanılan tutkalın farklı olması, kullanılan kereste talaş parçalarının büyüklükleri ve çeşitleri yani yongalama süreci, sıkıştırma işlemlerinin çeşitliği veya sayısı aralarındaki farkı belirler. Bu aşamalar aşağıda şekil 4.28.'te detaylı gösterilmiştir.



Şekil 4.28. Endüstriyel ahşap üretimi aşamaları (aktarım; Thoemen vd, 2010)

4.8.3. Lamine ahşap sistemler

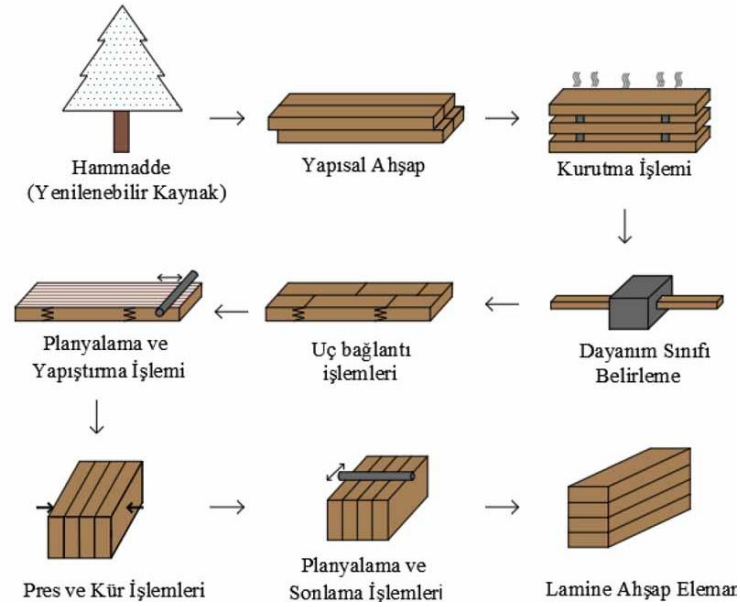
Yapıştırılmış ahşap yapı elemanları diyebileceğimiz lamine ahşap ürünler ağaç malzemelerinin yapıştırıcı ve bağlayıcı maddelerle çeşitli biçimlerde fabrikasyon ile bir araya getirilmesiyle elde edilir. Bu ürünleri üstün yapan özellikleri, ağaçtan tek parça elde edilen ahşabın boyutundan daha büyük boyutta, istenilen formda yapı üretilmesine olanak tanımasıdır. Böylece bir taraftan israfın önlenmesi, bir taraftan da mikro organizmalara ve ateşe de yüksek dayanım sağlanır.

> Bu konu üzerine ilk esasları koyan Wolf'a (1977) göre 16. yüzyılda Colonel Emy ve Phillber Delorm olmuştur. İlk uygulama 1893'te İsviçre Basel'de bir konferans salonunun kemer kirişlerinin yapıştırılmış tabakalı ahşap malzemeden yapılması ile meydana gelmiştir. Almanya'da Welmar'lı marangoz ustabaşısı Otto Hetzer ile tabakalı taşıyıcıyı yapmış ve 1905 yılında da Hetzer sistemi adı verilen kazein tutkalıyla yapıştırılmış ahşap malzeme kirişlerin yapımı için patent almıştır. (Bozkurt ve Kurtoğlu, 1979)

İkinci Dünya Savaşından sonra yapıştırılmış ahşap endüstrisinin büyük bir hızla gelişim göstermesiyle üretim miktarı yıllara göre ciddi artış gerçekleştirmiştir. Bozkurt ve Kurtoğlu'na (1979) göre 1955- 1972 yılları arasında ahşap yapı elemanlarına gereksinim 35 kat artmıştır. Bu artış günümüzde de artarak devam etmektedir. Bu artışın arkasında üretimde insan gücünün azalarak makine yardımlarının artmasıyla maliyetlerin azalması vardır. Yine Bozkurt ve Kurtoğlu'na (1979) göre 1960 yılında $1m^3$ yapıştırılmış ahşap malzemenin üretimi 20-30 saat sürüyorken bugün modern makineler ve üretim metodlarının gelişmesi ile bu süre 10-15 saate hatta 6-8 saate kadar düşmektedir. Ayrıca lamine ahşap sistemlerin hafif olması ile taşıma ve montaj daha kısa sürede ve daha ucuz olabilmektedir.

Lamine ahşap ile dünyanın pek çok ülkesinde, toplu konutlar, çok katlı yapılar (multi – storey house), köprüler ve geniş açıklıklı kabuk strüktür yapılar yapılabilmektedir.

Lamine ahşap elemanlar tabaka halinde denetimli endüstriyel koşullarda birbirleri ile özel bağlayıcılarla yapıştırılmasıyla liflerin birbirine dik ya da paralel olarak düzenlenmesiyle elde edilir (Şekil 4.29.). Ahşap lamine elemanlar kendi içinde kat kalınlıklarına göre farklı şekillerde adlandırılır.



Şekil 4.29. Lamine işlem basamakları (https://insapedia.com/lamine-ahsap-nedir-laminasyon-islemi-neden-ve-nasil-yapilir/, erişim tarihi: 11.04.2022)

Yapısal kerestenin Avrupa standartları tanımlanmış bir mukavemet derecelendirmesi alabilmesi için 'kuru dereceli' kerestenin %20 nem içeriği üst sınırı belirtilir. Daha da kuru kereste özellikle yapıştırma için daha alıcı bir alt tabaka sağlar. (Ramage vd.,2017)

Lamine elemanın üretiminde kullanılacak olan kerestenin rutubet miktarı, son ürünün kullanılacağı ortama göre belirlenmektedir. Eğer lamine eleman açık ortamda kullanılacak ise ahşap malzeme rutubeti % 16-19, kuru ortamda kullanılacak ise %16’ yı aşmamalıdır.

Lamine ahşap ürünler;

- Yapıştırılmış Lamine Ahşap / Glued Laminated Timber (GLULAM/GLT),
- Çapraz Lamine Ahşap / Cross Laminated Timber (CLT),
- Yapısal Kompozit Ahşap / Structural Composite Lumber (SCL),
    - Lamine Kaplama Ahşap / Laminated Veneer Lumber (LVL),
    - Paralel Yonga Ahşap / Parallel Strand Lumber (PSL)
    - Yönlendirilmiş Yonga Ahşap / Oriented Strand Lumber (OSL)
    - Lamine Yonga Ahşap / Laminated Strand Lumber (LSL)

- Ahşap Beton Kompozit / Timber Concrete Composite (TCC)
- Çivili Lamine Ahşap /Nail Laminated Timber (NLT)
- Dübel Lamine Ahşap/ Dowel Laminated Timber (DLT)‘dir.

4.8.3.1.Yapıştırılmış lamine ahşap/ GLT/glulam

Yapıştırılmış lamine ahşap olarak da bilinen glulam (Şekil 4.30.) genellikle kereste lifleri birbirine paralel olacak şekilde yapıştırılan bir mühendislik ürünüdür. Daha iyi mukavemet ve rijitlik, çeşitli kesit imkanları, boyuna şekil alma gibi nitelikleriyle masif ahşaptan daha yüksek mekanik özelliğe sahiptir. İnce ahşap tabakalar nem, sıcaklık ve mikro organizma etkenlerine karşı dayanıklı su geçirmez tutkallarla yapıştırılmaktadır. Üstün özellikleri sebebiyle büyük açıklıklı yapıların formunu oluşturmak için veya özel kiriş ve kolonların üretiminde kullanılmaktadır. (Avlar ve Ustaoğlu, 2017)



Şekil 4.30. Glulam (https://www.archdaily.com/928387/what-is-glued-laminated-wood-glulam erişim: 23.12.2022)

Genel olarak tüm ağaç türleri glulam için tercih edilse de uygulamada tercih edilen yumuşak ağaçlar özellikle çam, ladin ve köknardır. Çünkü yumuşak ağaçların sert ağaçlara göre işlenmesi ve tutkal tutma kapasitesi daha fazladır. Glulamın ahşabın 20.yy’ın ikinci yarısından itibaren yaygınlaşmasıyla ahşap kesim teknolojilerinin ve modern ahşap işleme makinelerinin gelişmesiyle farklı tip ahşap kompozit elemanlar üretilebilmesine olanak sağlamıştır.

Tujia Pan Kompleks Müzesi: Professor Li Baofeng's Studio of HUST Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan Tujia Pan Kompleks Müzesi (Şekil 4.31.) 2020 yılında Çin’in Hubei Eyaleti’ne bağlı Xuanen İlçesi’nde elverişsiz ulaşım nedeniyle birçok geleneksel binanın ve üretim yöntemlerinin korunduğu bir bölgede inşa edilmiştir. Planlama ve peyzaj tasarımı ile doğal topoğrafta korunurken binanın malzemeleri de yerel geleneksel yapılarla

aynıdır. Mimari tasarımda binanın ana malzemesi olarak büyüyen ahşap, yerinde montaj ve inşaat için glulam kullanılır. Ahşap kullanımıyla düşük karbon ve çevreyi korumak hedeflenir (Anonim, 2022b).

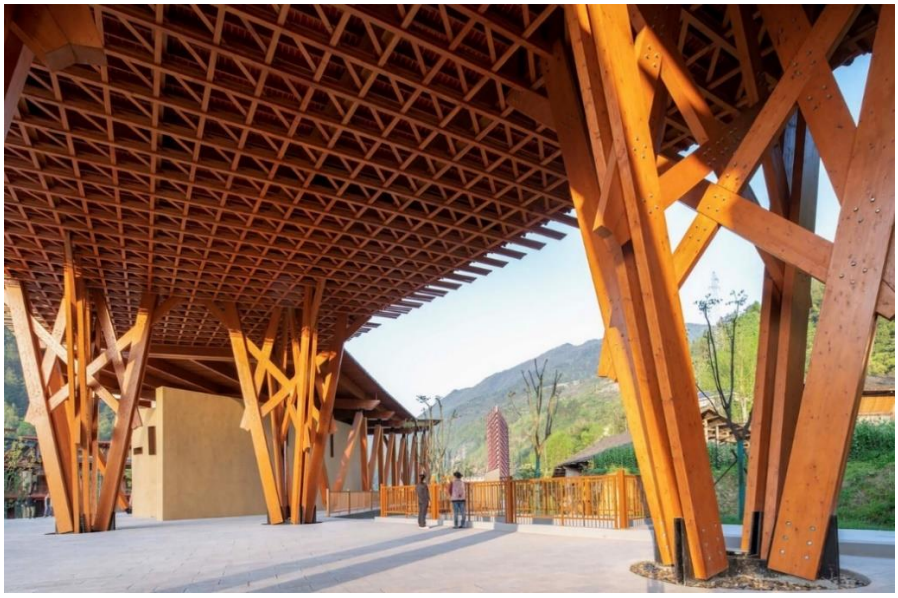


Şekil 4.31. Tujia Pan Kompleksi (https://www.archdaily.com/987596/chinese-tujia-pan-museum-complex-professor-li-baofengs-studio-of-hust erişim: 31.08.2022)

Mimarlık ofisinin amaçlarına göre pahalı iç mekân tadilatlarından tasarruf sağlarken iç mekânda temiz çözümler sunar (Şekil 4.32.). Yaklaşık 30.000 m^2 alana yayılan komplekste birkaç köprü, turizm merkezi, araştırma yurtları ve derslikler bulunmaktadır. Karmaşık mimari yapı birimlerinin formları (Şekil 4.33.; Şekil 4.34.) nedeniyle malzeme işlerinde ve montajında zorluklarla karşılaşılmış, bileşenleri işlerken robotlar ve tasarım ekibi birlikte çalışmıştır (Anonim, 2022b).



Şekil 4.32. Tujia Pan Kompleks Müzesi İç Mekân Örtüsü (https://www.archdaily.com/987596/chinese-tujia-pan-museum-complex-professor-li-baofengs-studio-of-hust erişim: 30.08. 2022)



Şekil 4.33. Tujia Pan Kompleksi dış örtü (https://www.archdaily.com/987596/chinese-tujia-pan-museum-complex-professor-li-baofengs-studio-of-hust erişim: 03.10.2022)



Şekil 4.34. Tujia Pan yapı birimleri farklı formları (https://www.archdaily.com/987596/chinese-tujia-pan-museum-complex-professor-li-baofengs-studio-of-hust erişim: 03.10.2022)

Samuel Beckett Kent Kampüsü: Bucholz Mcevoy Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan Samuel Beckett Kent Kampüsü (Şekil 4.35.) 2016 yılında tamamlanmıştır. İrlanda'nın başkenti Dublin'de yer alan kampüs kreş, kütüphane ve çok kullanımlı oyun sahaları ve spor salonlarından oluşan birçok birimi kapsar. 18 dönümlük bir sivil spor kampüsü olarak ortaya çıkan yapı 1. kata kadar beton olup ana malzemesi ahşaptır. Birincil bina yapısı, inşaatı tamamlamak için ahşap kirişler ve kolonlar ve prekast beton levhalar ile 1. kata kadar betondan oluşan hibrit sistemdir. Cepheler ve üst katlarda özenle detaylandırılmış ahşap kullanılmıştır (Şekil 4.36.; Şekil 4.37.). Binanın kabuğu ve cephe, her biri kendi malzeme özelliklerine uygun yerlerde kullanılan karaçam, sedir, iroko ve huş ağacının birleşiminden yapılmıştır. Binanın kabuğu 3.5m ile 7 m arası değişen yüksekliklerde ve 1.2m genişliğinde panellerden oluşmaktadır. Panelleri glulam kirişler (Şekil 4.38.) taşır. Temel çıkış noktası sürdürülebilirlik olan bu yapıda da doğal havalandırma, doğal ışık, minimum enerji talebi için pasif tasarım gibi çözümler sunar (Anonim, 2022c). Proje 2016 yılında Wood Design & Building dergisinin yıllık düzenlenen Ahşap Tasarım Ödülleri listesinde yer almıştır.



Şekil 4.35. Samuel Beckett Kent Kampüsü cephesi (https://www.bmcea.com/samuel-beckett-civic-campus/b3to9bfqdqjkfsnnydsus54zrag292 erişim: 25.10.2022)



Şekil 4.36. Samuel Beckett Kent Kampüsü cephesi (https://www.bmcea.com/samuel-beckett-civic-campus/b3to9bfqdqjkfsnnydsus54zrag292 erişim: 25.10.2022)



Şekil 4.37. Samuel Beckett Kent Kampüsü cephe detayları (https://www.bmcea.com/samuel-beckett-civic-campus/b3to9bfqdqjkfsnnydsus54zrag292 erişim: 25.10.2022)

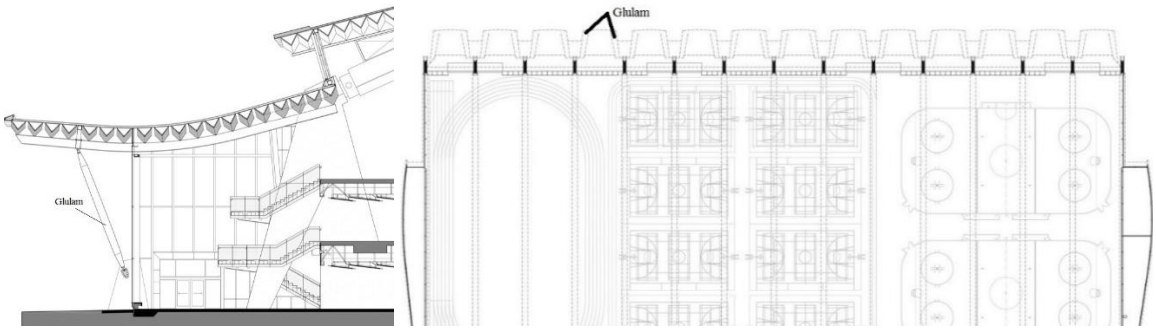


Şekil 4.38. Samuel Beckett Kent Kampüsü kolon ve kirişler (https://www.bmcea.com/samuel-beckett-civic-campus/b3to9bfqdqjkfsnnydsus54zrag292 erişim: 25.10.2022)

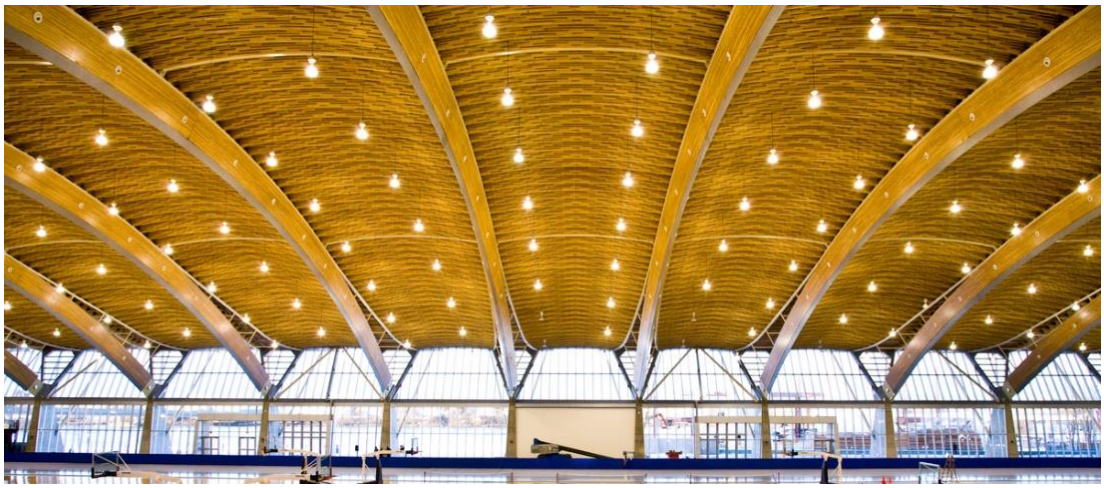
Richmond Olimpic Oval Spor Salonu: Cannon Design Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan ve 2010 yılında tamamlanan Kanada'daki Richmond Olympic Oval spor salonu 33.750 m^2 büyüklüğünde 15 kompozit glulam ve çelik kemerden (Şekil 4.39.) oluşmaktadır. Glulam-çelik kemerler 100 metre uzunluğundadır. Bu kemerler arasında geometrik dalga deseninde düzenlenmiş ahşap dalga panelleri bulunur (Şekil 4.40.). 452 Ahşap dalga paneliyle dünyanın en büyük ahşap çatı açıklıklarından birine sahiptir (Şekil 4.41.). Glulam ve çeliğin birlikte kullanıldığı 8000 seyirciye yetecek büyüklükteki örtü altı dönümlük bir alanı kaplamaktadır (Anonim, 2022d).



Şekil 4.39. Richmond Olympic Oval spor salonu glulam-çelik kompozit kemerler (https://www.architectural-review.com/places/canada/richmond-olympic-oval-by-fast-epp-richmond-british-columbia-canada erişim: 04.11.2022)

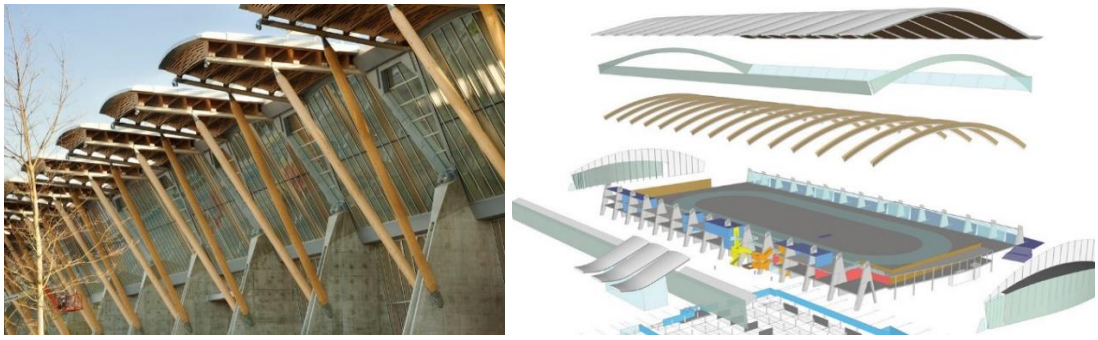


Şekil 4.40. Richmond Olympic Oval çelik kompozit kesit ve plan(https://www.archdaily.com/49705/winter-olympics-2010-vancouver-skating-richmond-olympic-oval-cannon-design erişim: 04.11.2022)



Şekil 4.41. Richmond Olympic Oval spor salonu iç mekân (https://www.naturallywood.com/project/richmond-olympic-oval/ erişim: 03.11.2022)

Richmond Olympic Oval detayları, glulam sütunlar şekil 4.42.'de gösterilmiştir.

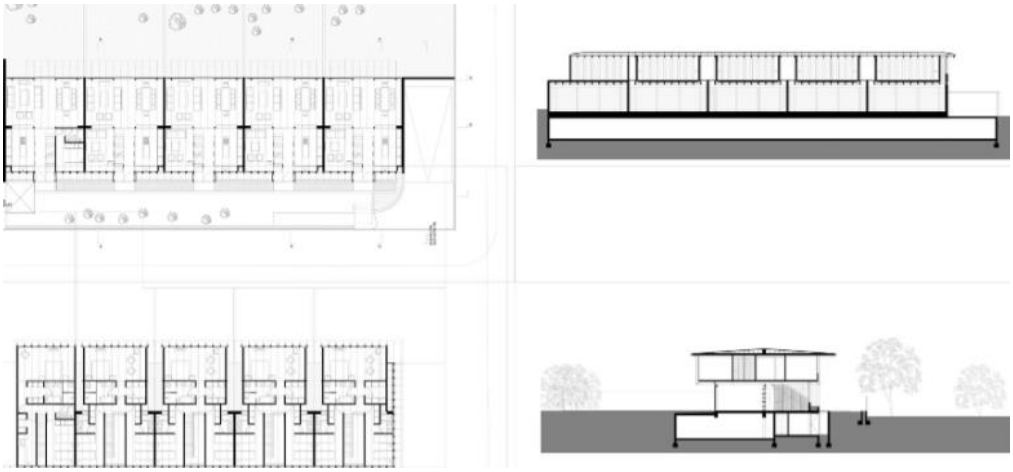


Şekil 4.42. Richmond Olimpic Oval glulam detayları (https://www.archdaily.com/49705/winter-olympics-2010-vancouver-skating-richmond-olympic-oval-cannon-design erişim: 03.11.2022)

San Crescente Konut Topluluğu: Izquierdo Lehmann Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan San Crescente konut topluluğu Şili'deki tipik bloklardan farklı bir konut formatı geliştirmek isteyen bir grup arkadaş tarafından satın alınmış, yeniden yorumlanmıştır. San Crescente topluluğu betonarme duvarlarla ayrılan 5 evin glulam kullanılarak tek bir çatı ve taşıyıcı ile birleştirilmesidir (Şekil 4.43.). Bu 5 evin her birinin yapısı glulamdan oluşmuştur. Beş ayrı birim tek bir hacim izlenimi vermektedir. Uzun yapı, tutkalla lamine edilmiş ahşaptan (glulam) yapılmıştır. Kiriş ve kolonlar 76 cm'lik bir modülasyonda düzenlenmiştir (Şekil 4.44.) (Brillon, 2021).



Şekil 4.43. San Crescente Topluluğu (https://www.izquierdolehmann.com/en/projects/cristian-izquierdo-l-en/san-crescente-grouped-house/) erişim: 02.10.2022



Şekil 4.44. San Crescente topluluğu plan ve kesitler (https://www.izquierdolehmann.com/en/projects/cristian-izquierdo-l-en/san-crescente-grouped-house/) erişim: 02.10.2022

Centre Pompidou Metz Sergi Binası: Shigeru Ban mimarlık ofisi tarafından 2010 yılında tamamlanan Centre Pompidou-Metz (Şekil. 4.45.) binası daha fazla sergi alanı sağlamak amacıyla ortaya çıkmıştır.



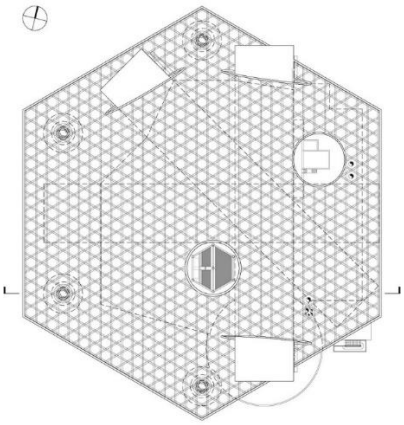
Şekil 4.45. Centre Pompidou-Metz (https://www.dezeen.com/2010/02/17/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/ erişim: 12.11.2022)

77 metrelik metal bir kuleyi çevreleyen dalgalı ahşap lamine (glulam) çatı yapısıyla 11.000m^2'lik bir alanı örtmektedir. Yapının 20 metrelik saçağı binanın dışına taşmaktadır (Şekil 4.46.). Canlı performanslar için bir stüdyo, bir oditoryum, bir kaynak merkezi, resepsiyon alanları, bir dükkân/kitapçı, bir restoran ve bir kafe içeren programdan oluşmaktadır. Centre Pompidou-Metz'in mimarları bu yapı için 2000 yılından 2004 yılına kadar çalışmışlardır (Etherington, 2010). En yüksek noktası 18 m olan ve sanat eserlerinin yerleştirilmesine olanak tanıyan yapı, altıgen çatısının esnek formuyla ahşap mimariye yeni bir yorum getirir. Glulam ile geçtiği açıklık ve çıktığı yükseklikle ilham vericidir.

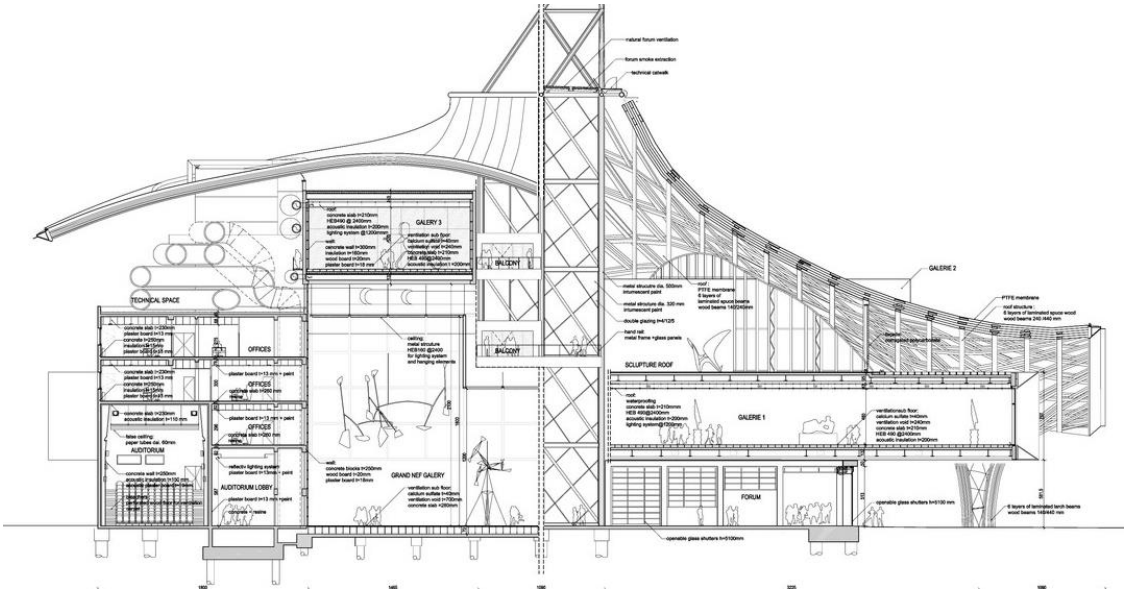


Şekil 4.46. Centre Pompidou-Metz saçak ve detayları (https://www.dezeen.com/2010/02/17/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/ erişim: 12.11.2022

Centre Pompidou-Metz çatı plan, kesitleri Şekil 4.47. ve Şekil 4.48.'de gösterilmiştir.



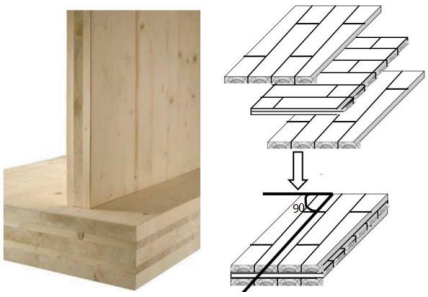
Şekil 4.47. Centre Pompidou-Metz çatı planı (https://www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects erişim: 12.11.2022)



Şekil 4.48. Centre Pompidou-Metz kesit (https://www.archdaily.com/490141/centre-pompidou-metz-shigeru-ban-architects erişim: 12.11.2022)

4.8.3.2. Çapraz lamine Ahşap/CLT

Çapraz Lamine Ahşap olarak bilinen CLT genellikle 3, 5, 7 ve daha fazla tabakadan oluşan, ahşap elemanların lif yönlerinin birbirine zıt olacak biçimde (genellikle 90°) tutkalla ve basınçla yapıştırılmasıyla oluşan, mukavemeti ve boyutsal kararlılığı oldukça yüksek bir mühendislik ürünüdür (Şekil 4.49). Çapraz lamine ahşabı farklı kılan tabakaların yönlerinin birbirine zıt olacak şekilde yerleştirilmesidir.



Şekil 4.49. CLT-Çapraz Lamine kereste uygulaması (Kuilen vd, 2011)

CLT ürünleri genellikle 0,6 m, 1,2 m, 2,4 m ve 3 m genişlikte olup uzunluğu 18 m'ye ve kalınlığı 508 mm'ye kadardır. CLT ile taşıyıcı ve geniş açıklık imkânı sunan büyük

paneller elde edilebilir. Dikey ve yanal yüklere dayanımı fazladır. Hafiftir, genellikle yüksek katlı binalarda tercih edilir. Isı yalıtımı kalınlığıyla ilişkilidir. Ayrıca çelik, beton ve masif ahşapla uyumludur, birlikte kullanılabilir. CLT paneller ile yapılan yapılar bilgisayar destekli uygulamalarda çizilip CNC (computer numerical control bir bilgisayar tarafından kontrol edilen oldukça hassas ayarlara sahip birden çok motoru olabilir bir platform, makinedir) teknolojisiyle panellerin kesme birleştirme planlarına tamamen bağlı kalınarak şantiyede kısa bir sürede inşa edilir (Şekil 4.50.).



Şekil 4. 50 CNC makina ve tezgâhı (https://erlas.com.tr/fiberglass-endustriyel-urun-imalati/cnc-nedir erişim: 09.09.2022)

İlk olarak 1990'larda Avrupa'da geliştirilen CLT, mukavemeti ve rijitliği sebebiyle çok katlı binalarda ahşap kullanımına hız katmıştır. Mevcut piyasada çoğu sabit olan genişlik ve 16-20 metreye kadar uzunlukları ile çok çeşitli CLT elemanları bulunmaktadır. Japonya'da (Ceccotti vd., 2008) bir çalışmaya göre 7 katlı ahşap bir binada depreme dayanıklılık testi yapılmış, paneller arasındaki özel bağlantılarda yapılan deprem testleri ile CLT'nin çok katlı binalarda verimli olduğu görülmüştür. 2010 yılında kat sınırının 10 kar civarı olduğu düşünülen CLT için bugün dünyada 18 kata kadar yüksek CLT ahşap yapı inşa edilebilmiştir.

Özellikle Orta Avrupa'da Almanya, Avusturya ve İsviçre'de üretim tesisleriyle yükselen CLT için standartlaşma faaliyetleri 2008 yılında başlamıştır. CLT, Avrupa dışında uluslararası üretimde giderek büyüyen küresel bir ilgi ürünü haline gelmiştir. Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Çin ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde araştırma

geliştirme, üretim, kullanım ve standardizasyon konularında çok sayıda küresel faaliyet gerçekleşmiştir.

CLT, yüksek derecede prefabrikasyona izin verir. Duvar düzenekleri, inşaat, yalıtım, kurulum ve kaplama için katmanlarda net bir ayrım mümkündür. Bu, fabrikada prefabrikasyon, yerinde adım adım bitirme ve cephede, yalıtımda ve kurulumda onarım ve tadilat işlerinin daha kolay yürütülmesini sağlar. CLT ile yapılar büyük boyutlu elemanların ön imalat ve montajı nedeniyle hızlılık sağlar (Brandner vd , 2016).

CLT çapraz lamine sağladığı 'takviye' etkisi (90'lık açı) birçok avantaj sunar ve belirli bağlantı sistem türlerinde ayrılmaya karşı dayanıklıdır. Mevcut hafif çerçeve ve ağır ahşap seçeneklerini tamamlayarak birlikte çalışabilen ve beton, duvar ve çelik sistemleri ile de kullanılan bazı uygulamalar için uygun bir aday olarak yerini alır. Nüfusun artarak büyük şehirlere göç ettiği dünyanın birçok bölgesinde şu anda ince ve yüksek binalara ihtiyaç duyulmaktadır.

CLT için temel malzeme genellikle %12 ± 2 nem içeriğine göre belirlenir ve mekanik olarak mukavemeti derecelendirilir. Ayrıca lamine edilecek katmanlar arası da nem farklı % 4'ü geçmemelidir.

Dünyada ürün, test, tasarım, detaylandırma, birleştirme, uygulama ve son kullanım ile CLT ahşap yapı sisteminin düzenlemelerini içeren gerekli standardizasyon süreçlerinin geliştirilmesi devam etmektedir. "üretim ve kalite güvencesi", "test ve değerlendirme", "tasarım ve doğrulama", "inşaat ve montaj" ve "birleştirme tekniği" olmak üzere beş alanın tümünü kapsayan standartlar şeklindeki uluslararası düzenlemeler esastır. Avrupa'da belli teknik onaylar ve standardizasyonlar ulusal olarak uygulansa da, son ürünün üretim ve karakteristik özellikleri arasındaki ilişkiyi göz önünde bulundurarak, CLT ürünlerinin standardizasyonu için dünya çapında daha fazla düzenlemeye ihtiyaç vardır. Bu durum CLT'nin uluslararası olarak kurulmuş bir bina sistemini daha da geliştirilmesi için bir ön koşul oluşturan özelliklerin yeterli, güvenilir ve tekrarlanabilir olmasını sağlayacaktır (Brandner vd., 2016).

CLT'nin avantajları;

- Yükleri iki boyutlu olarak aktarma yeteneğine sahiptir,
- Olağanüstü yüklere (örneğin depremler) karşı koymak için idealdir.
- Hafif ahşap yapıların (örneğin çerçeveleme, direk ve kiriş sistemi) aksine, yük taşıyıcının yalıtım ve kurulum katmanlarından ayrılmasının avantajları ile düşük hava geçirgenliği, nem ve sıcaklık için özel depolama kapasitesi sağlar.
- Modüler yapıdan bağımsız olması sebebiyle pencere ve kapı açıklıklarının düzenlenmesinde kolaylık sağlar. Düşük kütlesi, rijitliği ve düzlem içi ve düzlem dışı gerilmelere karşı taşıma kapasitesi onu çok katlı konut ve ofis binalarında, okullarda, müstakil evlerde, salonlarda, köprü ve geniş açıklıklı yapılarda ve mevcut bina ve yapıların dönüştürülmesi ve iyileştirilmesinde ideal kılar.

Vancouver Öğrenci Yurdu Binası: Kanadalı şirket Acton Ostry Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan Vancouver Öğrenci Yurdu binası 2017 yılında tamamlanarak 404 öğrenciye ev sahipliği yapmaktadır (Şekil 4.51.).



Şekil 4.51. Kanada Vancouvuer Yurt Binası (https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building erişim: 17.09.2022)

Tek yatak odalı ve stüdyo birimleri, çalışma ve sosyal alanlar ile en üst katta bir öğrenci salonundan oluşan bina 18 katlı olup 53 metre yüksekliğe uzanmaktadır. Prefabrikasyon sürecinin iyi yönetilmesi, titiz planlama ve verimli uyum ile prefabrik bileşenlerin montaja hazır hale gelmesinden sonra yapı 70 gün içinde tamamlanmıştır. Aynı boyutta bir betonarme bina ile karşılaştırıldığında çok daha kısa bir süreyi temsil etmektedir. Yapı kabul edilen yangın güvenliği kurallarına uymak ve bina yetkililerinin onayını hızlandırmak için alçıpan ve beton kaplamanın arkasına gizlenmiştir. Bu özel yönü nedeniyle eleştirilere maruz kalmıştır (Hasan, 2017).

Bina, beton çekirdekler ve masif ahşap çerçeveye yardımcı olan prefabrik çelik elemanlar ile hibritleştirilmiş bir yapı modeli kullanmaktadır. Kanada'nın 2015 Ulusal Bina Yönetmeliği'nin yeni sismik tasarım gerekliliklerini karşılamak için kolonlar ve çapraz lamine ahşap CLT paneller arasında doğrudan yük aktarımı sağlamak adına glulam kolonlara çelik bağlantı elemanları takılmıştır (Şekil 4.52.- Şekil 4.53.) (Crockett, 2016).



Şekil 4.52. Kanada Vancouvuer Yurt Binası glulam çelik bağlantı (https://www.archdaily.com/787673/construction-of-the-worlds-tallest-timber-tower-is-underway-in-vancouver erişim: 06.11.2022)



Şekil 4.53. Vancouver öğrenci yurdu binası glulam kolonlar ve çelik bağlantı (https://www.archdaily.com/794170/worlds-tallest-timber-tower-tops-out-in-vancouver erişim:27.09.2022)

Binanın montajı bir legonun öğeleri gibi hepsi tek tek tasarlanmış ve yerinde çok dikkatli bir şekilde kolayca yerleştirilmiştir. CNC makineleri ve son derece iyileştirilmiş 3D bilgileri montajın hassasiyetine müsaade etmiştir. Kulenin montajında 4 zanaatkâr çalışmış ve yaklaşık 8 hafta süren imalat ahşap binaların tamamlanması için geçen süreyi oldukça aşağı çekmiştir (Crockett, 2016).

Vancouver Öğrenci Binası strüktürünün hafif olması sebebiyle depremler sırasında hasara daha az eğilimlidir ve içerdiği prefabrik elemanlar sayesinde, saha trafiğine, kirliliğe ve gürültüye neredeyse hiç sebep olmayan hızlı, sorunsuz bir inşaat süreci sağlamıştır.

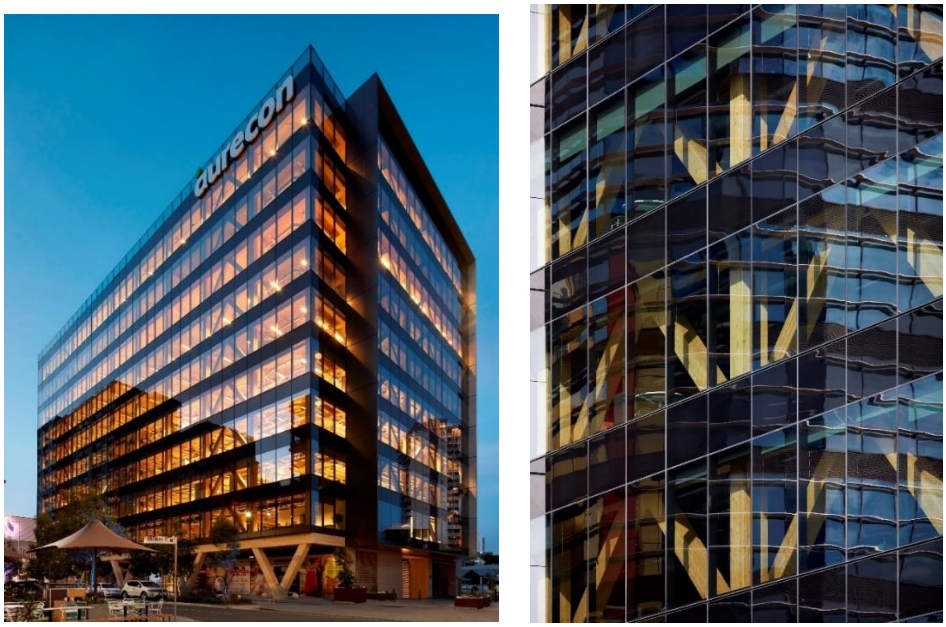
Tüm bina ikinci seviye zemin plakasına ulaşana dek beton bir temel, rüzgârdan yanal yükleri alan iki tane beton asansör şaftı (Şekil 4.54) ile esas olarak glulam ve beş katmanlı CLT'den üretilmiştir (Anonim, 2022e). Bu, beton asansör şaftı tarafından sağlanan rüzgâr yüküne karşı yapısal istikrarı gelecekteki benzer uygulamalarda bunun yerine bir ahşap panel çözümü ile sağlanıp sağlanamayacağı sorusunu gündeme getirmiş ve ahşapla yapı üretiminde yeni bir hedef olmuştur.



Şekil 4.54. Kanada Vancouvuer Öğrenci Binası Betonarme Şaft (https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building erişim: 17.09.2022)

25 King Ofis Binası: Bates Smart Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan Avustralya Brisbane'deki 25 King (Şekil 4.55.) 14.965 m^2 büyüklüğünde 10 katlı bir ofis binasıdır.

Brisbane'deki ilk ahşap ticari bina olan yapı yaklaşık 47 metre yüksekliğinde olup 2018 yılında tamamlanmıştır. Şehir için yeni bir emsal teşkil eder (Anonim, 2022h).



Şekil 4.55. King ofis binası (https://www.archilovers.com/projects/240415/25-king-gallery?2289512 erişim: 20.09.2022)

25 King bodrum ve zemin kat yapısı rutubet potansiyeli sebebiyle betondur (Şekil 4.56.). Kolonları ve kirişleri yapmak için Glulam kullanılırken, döşeme tahtaları ve çekirdek duvarlar çapraz lamine ahşaptan CLT yapılmıştır. Binanın şeffaf kabuğu camdan oluşmaktadır (Anonim, 2022f).



Şekil 4.56. 25 King betonarme zemin kat (https://brisbanedevelopment.com/lendlease-unveils-australias-tallest-timber-tower-25-king/ erişim: 20.09.2022)

Ahşap v-kolonlar üzerinde yükselen (Şekil 4.57.) binada tüm döşeme ve duvarların prefabrik olması ve gerekli tüm açıklıkların üretimden önce ayarlanması nedeniyle yerinde fire azdır. Bina –her seviye 8 günde- toplamda 15 ayda inşa edilmiştir. İnşaat öncesi tasarım süreci ile minimum atık ve daha temiz bir saha içi sağlanmıştır. Sökme ve yeniden takmaya uygundur. Yapımında %100 sorumlu bir şekilde 6.270 m^3 kereste kullanılmıştır (Anonim, 2022g).

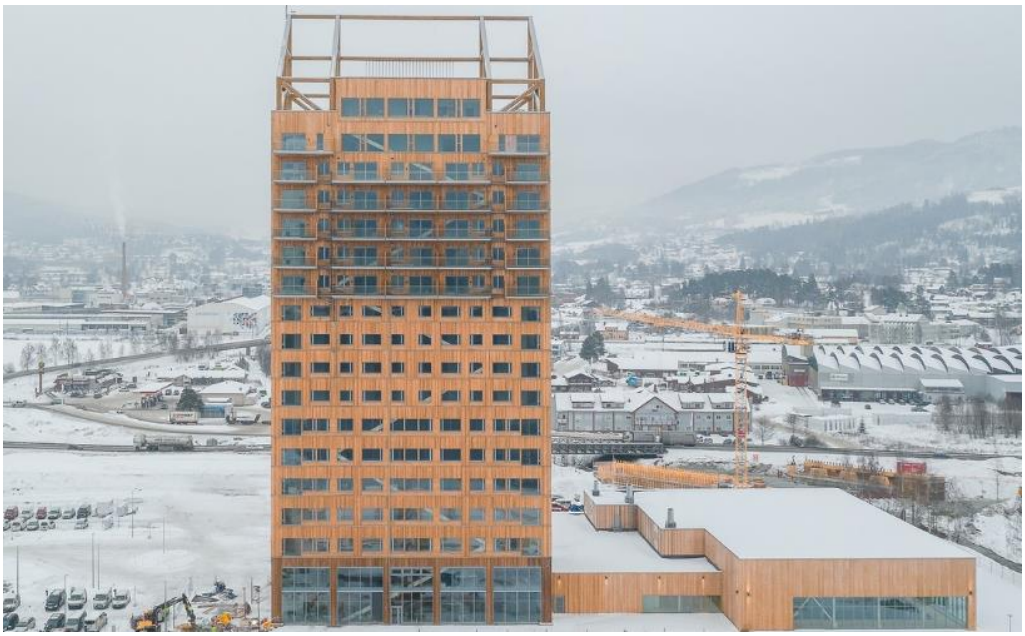


Şekil 4.57. 25 King iç mekân V kolonlar (https://brisbanedevelopment.com/lendlease-unveils-australias-tallest-timber-tower-25-king/ erişim: 20.09.2022)

25 King güneye bakan cephesi aracılığıyla zemin plakalarına doğal gün ışığını en üst düzeye çıkarırken, ısı birikimini azaltmak için de diğer cephelerde katlanmış alüminyum güneşlikler kullanmaktadır. Diğer sürdürülebilir özellikleri arasında yağmur suyu toplama, enerji açısından verimli aydınlatma, optimize edilmiş klima ve giriş lobisinde yeşil bir duvar yer almaktadır (Anonim, 2018a).

Mjøstårnet Kulesi: Voll mimarlık ofisinin tasarladığı Norveç'in Brumunddal kentindeki Mjøstårnet kulesi 2019'da tamamen yerel malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir. Bugüne kadar yapılmış en yüksek katlı ahşap yapıdır. Resmi olarak tayin edilen yüksekliği 85.4 metredir. Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi (CTBUH) tarafından dünyanın en yüksek ahşap kulesi kabul edilmiştir. Büyüklükleri 50m² ile 180m² arasında değişen 33 daire, 72 otel odası, ofisler, restoran, çatı terası, konferans merkezi ve ortak alanlardan oluşan karma kullanımlı bir yapı kompleksidir (Şekil 4.58.). Farklı programlara sahip 18 katlı Mjøstårnet kulesinin her katı 640m^2, toplam programı 10.500 $m^{2'}$dir ve ilave

4.500 m^2 hamam vardır. İmalatında 3.500m^3 kereste veya 14.000 ağaç kullanılmıştır (Pintos, 2020). Binanın iç kolonları, kirişleri ve köşegenleri yangına dayanıklı büyük glulam ile oluşturulmuştur (Şekil 4.59.).

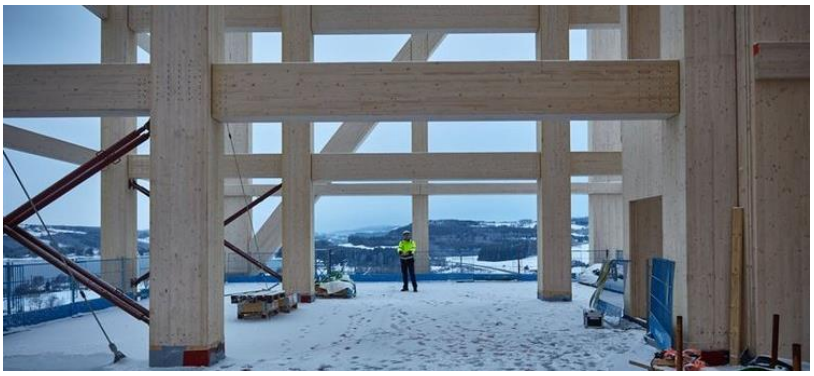


Şekil 4. 58. Mjøstårnet Kulesi ve kompleksi (https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 10.09.2022)



Şekil 4.59. Mjøstårnet Kulesi iç mekân kolon ve köşegenleri (https://mobile.twitter.com/JasonThorne_RPP/status/1130201390947684359/photo/4 erişim: 28.09.2022)

Yüklere dayanmak için cephelerde büyük ölçekli glulam kafes kirişler düzenlenmiştir. Kulenin tüm glulam elemanlarını bağlamak için çelik plakalar ve dübeller kullanılmıştır (Şekil 4.60.) (Anonim, 2019c).



Şekil 4.60. Mjøstårnet Kulesi kolon -kirişler ve çelik bağlantı elemanları (https://www.archdaily.com/888818/mjostarnet-in-norway-is-to-become-the-worlds-tallest-timber-tower-after-new-rules-are-set-for-timber-high-rises?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 08.11.2022)

İç duvarlar, asansör boşlukları, balkonlar ve merdivenler için ise çapraz lamine ahşap (CLT) malzeme tercih edilmiştir. Binanın kabuğu, büyük prefabrik cephe elemanlarının birleştirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil 4.61.) (Anonim, 2019c).



Şekil 4.61. Prefabrik cephe elemanları (https://tr.pinterest.com/pin/845339792568650619/ erişim: 28.09.2022)

Tüm katlar arasındaki ara döşeme, hafif, çevre dostu Kerto-Q LVL (lamine kaplama kereste) kaplama panelleri kullanılarak inşa edilmiştir ve böylece gelişmiş yük taşıma kapasitesi sağlanmış olur (Anonim, 2019c).

Binadaki yangın güvenliğini artırmak için normalden daha fazla su tutabilen özel sprinkler sistemi kurulmuş, yangının yatay ve dikey olarak yayılmasını kontrol etmek için kuledeki tüm tesisler için ayrı yangın güvenlik sistemleriyle donatılmıştır. Dış duvar elemanları yangının cepheden yayılmasını engelleyecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.62.) (Anonim, 2019c).



Şekil 4. 62. Mjøstårnet Kulesi Cephesi (https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 10.09.2022)

Proje ofisinin temel hedefi sürdürülebilir odaklı yerel malzemenin kullanımıyla dünyaya yüksek katlı ahşap yapıların yapılabildiğini göstermektir. Bu yüzden Mjøstårnet kulesi ile ahşap yapı üretiminde yeni bir çığır açıldığı düşünülmektedir. "Yüksek katlı ahşap yapı yapılamaz ve çok katlı ahşabın yangına dayanımı çok zor" inançlarını yıkması bakımından ve en yüksek katlı ahşap yapı olması bakımından önemli bir yere sahiptir. Bu açıdan ilham vericidir.

Hoho Viyana Binası: RLP Rüdiger Lainer ve Partner Mimarlık Ofisi işbirliğiyle Avusturya Viyana'da tasarlanmış Hoho Viyana Binası 84 metre yüksekliğinde olup toplamda 24 kattan oluşmaktadır. Yapımında yaklaşık 465m^3 Glulam ve 1.600m^3 çapraz lamine ahşap (CLT) üretilerek prefabrike edilmiş ve 2020 yılında tamamlanmıştır (Şekil 4.63.). Binanın %75'i ahşaptır (Anonim, 2022i).



Şekil 4.63. Hoho Viyana Kulesi cephe (https://www.lindner-group.com/en/references/detail/hoho-vienna-32712/ erişim: 11.09.2022)

Bu tür yüksek bina projeleri için bazen glulamın yük taşıma kapasitesi yeterli gelmez. Glulam ham kerestenin sınırlı genişliği nedeniyle sınırlı olanaklar sunar. Bu özel durum için özel olarak geliştirilen bir sıkıştırma(pres) teknolojisi ile " block-glued" olarak adlandırılan bileşenler üretilerek, daha yüksek yapısal gereksinimleri karşılamak için güçlendirilmiştir (Anonim, 2022i).

Prefabrikasyonun tüm potansiyelinin kullanıldığı yapıda CLT ile oldukça kusursuz yüzeyler elde edilerek en yüksek gövde kalitesi sağlanmıştır (Şekil 4.64).



Şekil 4.64. Hoho Kulesi iç mekân (https://www.lindner-group.com/en/references/detail/hoho-vienna-32712/ erişim: 29.09.2022)

Prefabrik CLT duvarlar ile görsel kalitesi çok yüksek iç mekânlar elde edilmiştir. Mekân içi derz ve bağlantı birleşim yerleri için de pürüzsüz yüzeyler elde edilmiştir (Şekil 4.65.).



Şekil 4.65. Hoho prefabrikasyon, iç ve dış mekân (https://www.archdaily.com/catalog/us/products/29352/the-potential-of-prefabrication-hoho-vienna-hasslacher-group?ad_source=neufert&ad_medium=gallery&ad_name=close-gallery erişim 11.09.2022)

Vélizy Morane Saulnier Apartmanı: Dream Mimarlık Ofisinin Fransa'da tasarladığı Vélizy Morane Saulnier Apartmanı (Şekil 4.66.) programı 5680m^2 olan 2021 yılında tamamlanmış bir projedir. Fransa'nın Meudon ormanına oldukça yakın olan bu apartman BBCA (Düşük karbonlu bina) etiketi ile ödüllendirilmiştir (Pintos, 2022).



Şekil 4.66. Vélizy Morane Saulnier apartmanı (https://www.archdaily.com/988399/velizy-morane-saulnier-apartments-dream?ad_medium=gallery erişim: 10.09.2022)

Birinci kattan itibaren zemin, cephe ve duvarlar CLT'den yapılmış ve yapıda 2.000 m^3'ten fazla masif ahşap kullanılmıştır. Biyoiklimsel tasarım, kontrollü enerji kullanımı ve karbon depolama hedeflenmiştir. Bunu sağlayabilmek için çatıya güneş panelleri kurulmuş

doğal kaynakların verimli kullanılması sağlanmıştır. Balkonların zeminleri CLT pencere kesiklerinin geri kazanılmasıyla yeniden üretilerek yapılmıştır (Şekil 4.67.). Morane Saulnier Apartmanı 2022 yılında "Birlikte Yaşamak" kategorisinde French Award of Timber Construction (Fransız Kereste Yapı) ödülü kazanmıştır (Anonim, 2022j).



Şekil 4.67.Vélizy Morane Saulnier Apartmanı balkonlar (https://www.archdaily.com/988399/velizy-morane-saulnier-apartments-dream?ad_medium=gallery erişim: 29.09.2022)

Pitaya Evi Jose María Sáez ve Taller General Mimarlık Ofislerinin işbirliğiyle tasarladıkları Pitaya Evi (Şekil 4.68.) Ekvator'un And Dağları'nın nemli ormanındaki bir kasaba olan Mindo'da tatil evi (2020) olarak yapılmıştır. Doğal ve yapay arasında bir ilişki kurmayı amaçlayan bir konteyner olarak tasarlanmıştır. Doğal olarak düşünülen Mindo'nun bitki örtüsü ve çeşitli hayvanlara sahip olması iken, yapay olarak düşünülen kullanıcıların günlük ihtiyaçlarının (teknoloji, bağlantı, eğlence, konfor) çözülmeye çalışılmasıdır (Coulleri, 2022).



Şekil 4.68.Pitaya Evi cephesi (https://www.archdaily.com/979271/pitaya-house-taller-general-plus-jose-maria-saez?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 17.09.2022)

Yapı CLT çam ağacı parçalarıyla elde edilmiştir. Parçaların boyutu sahaya erişim karmaşıklığı sebebiyle ağırlığa bağlıdır. Bu yüzden montajı 6 kişilik bir ekip tarafından taşınarak yapılmış ve en uzun parçanın 145 kg ağırlığında olması kararlaştırılmıştır. Temeli

arazinin farklı seviyelerinde iki platform oluşturacak şekilde oyulmuştur. Tasarımın programı kullanıma göre değişebilecek şekilde eklemlenmiş birçok ara boşluk ile oluşturulmuştur (Şekil 4.69.). Bu boşluklar ihtiyaçlara göre etkinleştirilebilecektir. Evdeki herhangi bir oda, gerektiğinde bu ara boşlukları kullanarak büyüyebilecektir (Coulleri, 2022).



Şekil 4.69. Pitaya evi esnek mekânlar (https://www.archdaily.com/979271/pitaya-house-taller-general-plus-jose-maria-saez?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 17.09.2022)

Treet Binası: The Tree veya Treet (Şekil 4.70.) olarak bilinen proje Bergen ve Meng Building Society (BOB) tarafından düşünülmüş, Artec Mimarlık ofisi tarafından geliştirilmiş ahşap yüksek katlı yapılardandır. Norveç Bergen'deki yapı 2015 yılında tamamlanmış olup 14 katlıdır ve 49 metre yüksekliğindedir (Abrahamsen ve Malo, 2014).

Odak noktası enerji tüketimi, sürdürülebilir kalkınma ve toplumsal açık alanlar üzerindir. Binanın tamamına yakını ahşap olmasına rağmen bunu dışarıdan okumak güçtür. Mimarları yapının içindeyken de nerdeyse tamamının ahşaptan olduğunu anlamanın zor olduğunu belirtir. Ancak bina kirişleri yapı içinde çıplak olduğu için taşıyıcılar okunabilir (Şekil 4.71.) (Anonim, 2017).



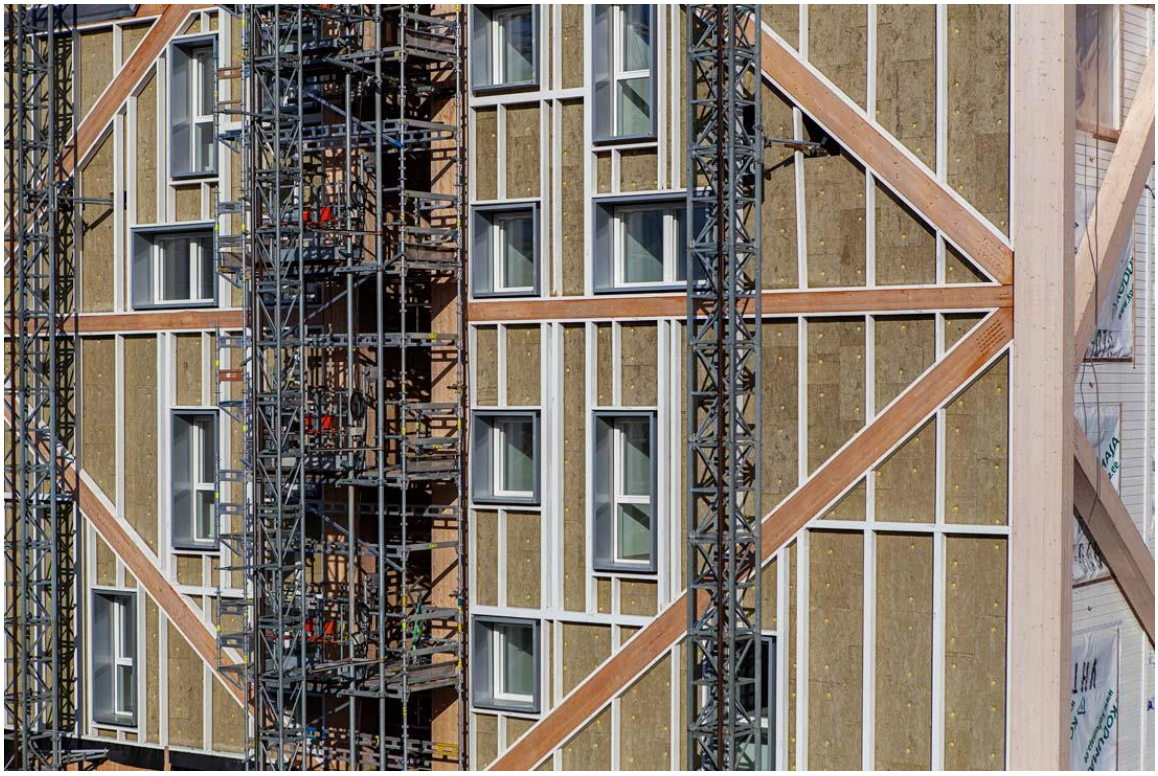
Şekil 4.70.The Tree/Treet (https://urbannext.net/treet/ erişim: 26.09.2022)



Şekil 4. 71.The Tree (Treet) iç mekân (https://urbannext.net/treet/ erişim: 26.09.2022)

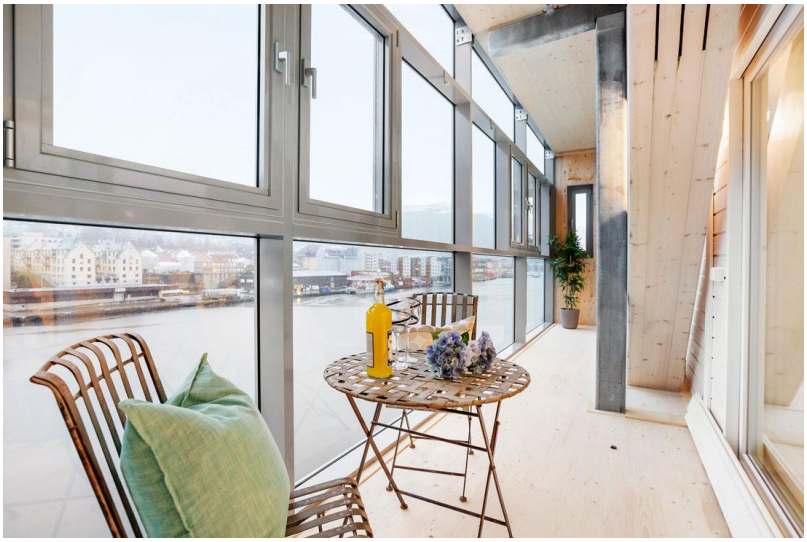
Zemin katı betonarme olan binada yüksek katlı ahşap yapı üretebilmek için çeşitli sistemler üzerine çalışılmış olup glulam ve CLT karışımı tercih edilmiştir. 14 katlı ahşap yapının rüzgâr salınımını azaltmak yüksek katlı ahşap yapı üretiminin en büyük zorluğu

olarak görülmüştür. Bunu engellemek için 5 ve 10. katların üst kısmında ve çatı üstünde beton elemanlar kullanılırken glulam çerçeve köşegenlerle de desteklenmiştir (Şekil 4.72.). Beton elamanlar yapısal sistemin bir parçası olarak görülmemiş, yalnızca bina yükünü ağırlaştırarak rüzgâr salınımını azaltmak amaçlanmıştır (Anonim, 2017).



Şekil 4.72. The Tree çapraz köşegenler (https://urbannext.net/treet/ erişim: 26.09.2022)

Balkonlar ve merdivenler CLT'den oluşurken çerçeveyi glulam oluşturur. Keresteyi Bergen'deki yağışlı hava koşullarından korumak için doğu ve batıda Corten çeliği, kuzey ve güneyde camla kaplanmıştır (Şekil 4.73.). 4+ güç katı+ 4+ güç katı+ 4 şeklinde tasarlanan yapı modüler olarak istiflenip monte edilmiştir. Böylece bir sonraki modüle bir platform oluşurken temiz bir saha da sağlanmış olur. Bu modüller çerçeve ve kaplama arasındaki hava boşlukları, yangının yalıtımını önlemek ve gürültüyü azaltmak için yalıtımla doldurulmuştur (Abrahamsen ve Malo, 2014).



Şekil 4.73. The Tree kaplamalar ve taşıyıcılar (https://urbannext.net/treet/ erişim: 26.09.2022)

Forte Apartmanı: Lend Lease Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan ve CLT'den elde edilmiş ilk Avustralya binası olan Forte (Şekil 4.74.) 2013 yılında tamamlanmıştır (Vic, 2014).



Şekil 4.74. Forte apartman binası (http://www.ancr.com.au/forte_apartments.pdf erişim: 29.09.2022)

Toplamda 10 kattan oluşan apartman 32 metredir. Ahşabı zeminden izole etmek ve suyla temasını kesmek için zemin ve 1. Kat betonarme imal edilmiş olup diğer katlar CLT'den inşa edilmiştir. 11 ayda inşaatı tamamlanan Forte apartmanı Avustralya'da ilk yüksek katlı ahşap yapı olması bakımından kilit bir öneme sahiptir. Forte 759 CLT panelden oluşmaktadır. Programı konuttur (Anonim, 2022k).

Forte Apartman binası (Şekil 4.75.) 700 ton karbon depolamaktadır ve ayrıca 700 ton karbonun da çevreye yayılmasını önlemektedir. Prefabrike yapısı sebebiyle hızlı inşaat ve azaltılmış sera gazı emisyonları ve azaltılmış gürültü ile de iyi bir termal performansa sahiptir (Vic, 2014).

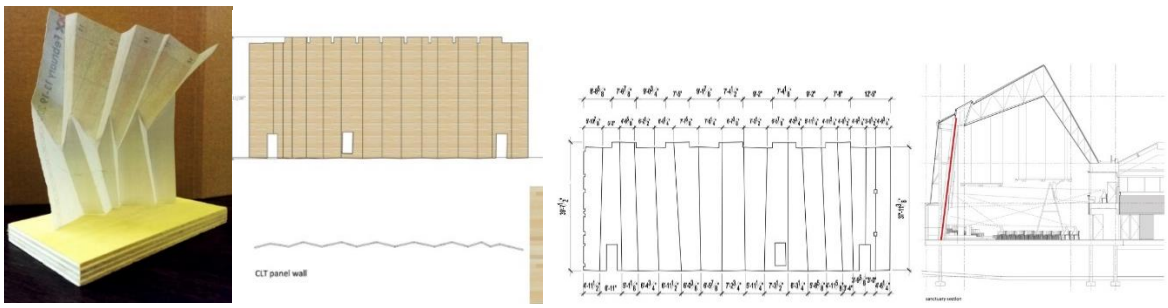


Şekil 4.75. Forte iç mekân ve plan (https://www.architectureanddesign.com.au/projects/multi-residential/forte-by-lend-lease erişim:29.09.2022)

Bellevue Birinci Cemaat Kilisesi: Atelierjones Mimarlık Ofisi tarafından Amerika'da Bellevue'daki Birinci Cemaat Kilisesi (Şekil 4.76.) (2016) tipik çok kiracılı bir yerde huşuyu arttıracak bir alana dönüştürülmesinin istenmesiyle yeniden yorumlanmış bir yapıdır. Bunu yapabilmek için içeri ışığın girmesine izin vermeleri ve ışıkla belirli bir alanı vurgulamaları gerekmiştir. Mevcut duvar ve çatılar dışarı itilerek yeni aydınlık bir bölüm elde edilmiştir. CLT ile hedeflenen ışık alma amacı için CLT'nin özellikleri kullanılmıştır. Bir kâğıdın düzensiz katlanmasından ilham alan iç mekân duvarı katlanmış bir plaka yapısı olarak düzenlenmiştir (Şekil 4.77.) (Anonim, 2016a).



Şekil 4.76. Bellevue Birinci Cemaat Kilisesi (https://www.archdaily.com/795120/bellevue-first-congregational-church-atelierjones erişim:30.09.2022)



Şekil 4.77. Bellevue ilk cemaat kilisesi kesit-düzlem ve cephe (https://www.archdaily.com/795120/bellevue-first-congregational-church-atelierjones erişim: 30.09.2022)

<u>Fremen's Okulu Yüzme Havuzu:</u> Hawkins\Brown Mimarlık Ofisi tarafından tasarlanan Fremen's Okulu yüzme havuzu 2017 yılında Birleşik Krallık'ta tamamlanmıştır. Okulun 2014 yılında yangında yıkılan havuzu sürdürülebilir bir bina oluşturmak için son teknoloji ahşap ile yeniden yorumlanmıştır. Projenin yoğun neme maruz kalacak olması mimarları ahşap kullanımından alıkoymamış, görsel olarak dinamik bir ortam oluşturan çatı ile yüzmek için özel bir ortam yaratılmıştır (Şekil 4.78.). 25 metre bir havuzu örten yapıda Glulam çerçeveyi oluştururken, CLT panellerle de desteklenmiştir (Şekil 4.79.) (Anonim, 2022l).

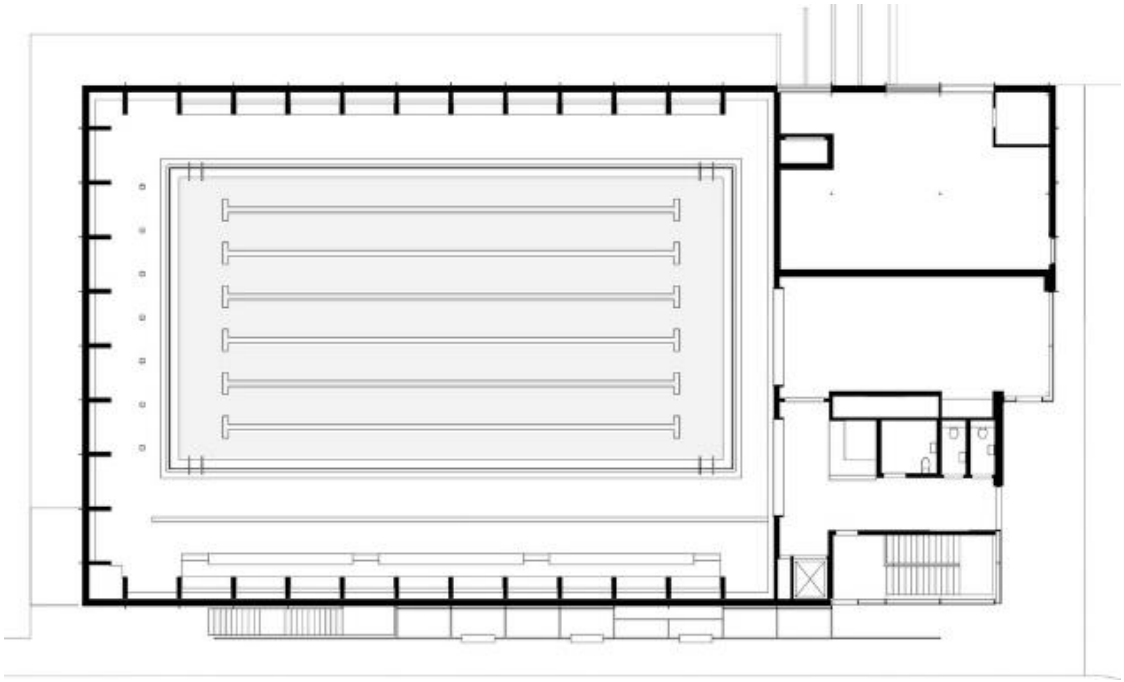


Şekil 4.78. Fremen’s Okulu yüzme havuzu (https://www.archdaily.com/885514/freemens-school-swimming-pool-hawkins-brown erişim: 30.09.2022)

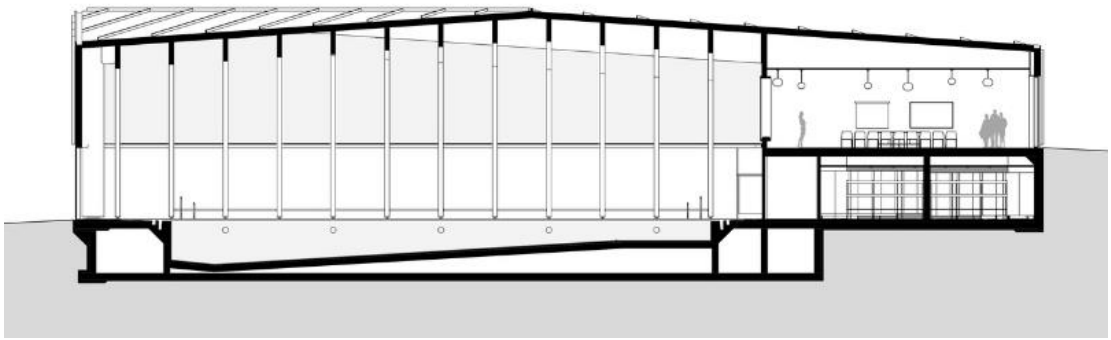


Şekil 4.79. Yüzme havuzu dikme ve çatı panelleri (https://www.archdaily.com/885514/freemens-school-swimming-pool-hawkins-brown/5a33337fb22e3853e200004f-freemens-school-swimming-pool-hawkins-brown-photo?next_project=no erişim: 30.09.2022)

Fremen’s Okulu yüzme havuzu plan ve kesitleri şekil 4.80. ve şekil 4.81’de gösterilmiştir.



Şekil 4.80. Fremen’s Okulu yüzme havuzu planı (https://www.archdaily.com/885514/freemens-school-swimming-pool-hawkins-brown erişim: 11.11.2022)



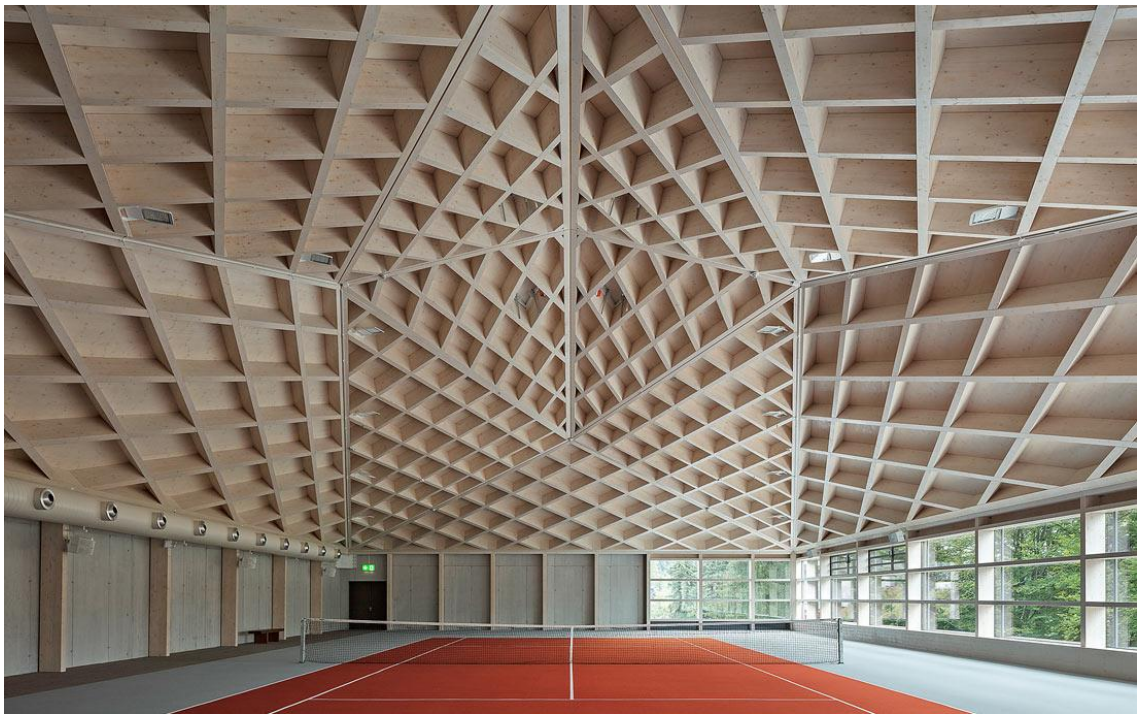
Şekil 4. 81. Fremen’s Okulu yüzme havuzu kesiti (https://www.archdaily.com/885514/freemens-school-swimming-pool-hawkins-brown erişim: 11.11.2022)

Diamond Domes Tenis Evi: Rüssli Mimarlık Ofisinin 2017 yılında tamamladığı Diamond Domes adı verilen tenis evi (Şekil 4.82.) 1650m^2 alana yayılır. Daha önce var olan tenis kortunun 2017’de yenilenmesiyle iki kapalı tenis kortu için bir çift geometrik CLT (çapraz lamine ahşap) çatı oluşturulmuştur. İsviçre Obbürgen’da yer alan tenis kortu için İsviçre’ye özgün ladin ağacı bazı destek kirişleri için ise sert dişbudak ağacı kullanılmıştır.

Diamond Domes'un çatı plakaları (Şekil 4.83.) için güçlü ve hafif bir yapı malzemesi olması CLT tercihinin temel sebeplerindendir (Anonim, 2022m).

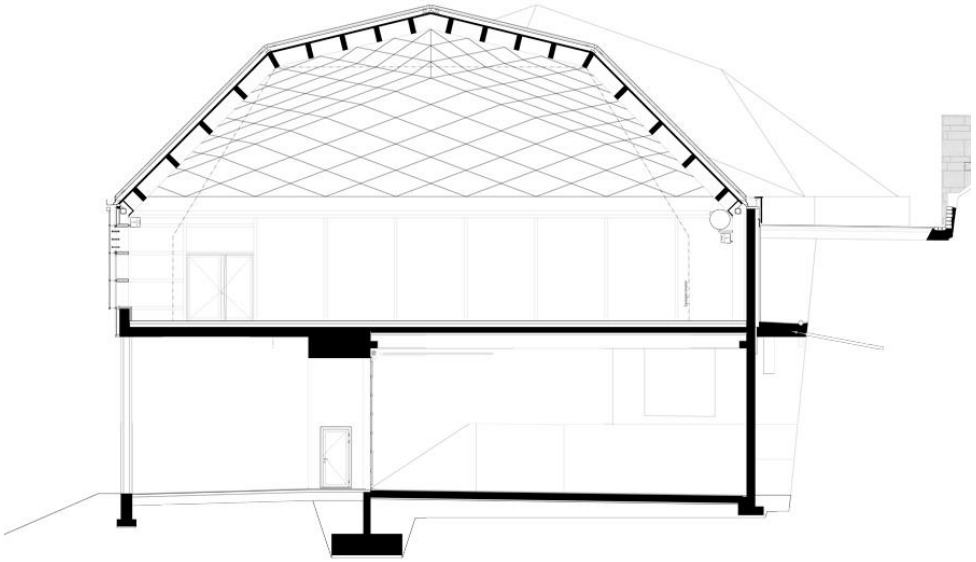


Şekil 4.82. Diamond Domes iki kapalı bir açık tenis kortu
(https://archello.com/story/55810/attachments/photos-videos/3 erişim:05.11.2022)



Şekil 4. 83. İsviçre'de Diamond Domes tenis kortu (https://burgenstockresort.com/en/activities-and-experiences/tennis-diamond-domes erişim: 05.11.2022)

Diamond Domes tenis kortunun CLT çatı detayı Şekil 4.84'da gösterilmiştir.



Şekil 4.84. Diamond Domes tenis kortu kesiti (https://burgenstockresort.com/en/activities-and-experiences/tennis-diamond-domes) erişim: 05.11.2022

Örnek Projelerin Değerlendirilmesi: Örneklerde görüldüğü gibi lamine ahşap(glulam) ve çapraz lamine ahşap ile üretim yapmanın en güzel ve tercih edilir yanlarından birinin, müşterilerin en cesur mimari fikirlerini gerçekleştirebilmesine olanak sağlamasıdır. CLT ve Glulam gibi malzemeler yüksek katlı ve geniş açıklık geçebilen ahşap yapımı konusunda ahşabın kısıtlılıkları düşüncesini ortadan kaldırması bakımından ilham vericidir. Geleneksel masif ahşaba göre geniş açıklık geçebilme (Bkz. Richmond Olympic Oval spor salonu ve Fremen's Okulu yüzme havuzu) ve yüksek katlı ahşap yapı yapabilme imkânı sunması bakımından kısıtlılıklarını oldukça zorlamış, ahşapla yapı üretimi konusunda yeni ufuklar açmıştır. Geniş açıklık veya yüksek kat için glulam ve CLT tercih edilmektedir. Esnek form kapasitesi konusunda da oldukça başarılı örnekler ortaya çıkmıştır. (Bkz. Richmond Olympic Oval- Centre Pompidou-Metz Binası) CLT ve glulamın imkânları hala denenmektedir. Şu ana kadar yapılmış örneklerin içinde en yüksek katlı ahşap yapı Mjøstårnet Kulesi olsa da henüz uygulaması tamamlanmamış daha yüksek yapı proje tasarımları da vardır.

Dünyada özellikle son 10-15 yılda hızla büyüyen bir ahşap yapı üretimi söz konusudur. Üretim öyle pratikleşmiştir ki bir inşaat 70 gün gibi kısa bir sürede tamamlanabilmektedir. (Bkz. Vancouver Öğrenci Yurdu binası) Tasarım birçok mühendislik

dallarının bir araya gelmesiyle organize bir şekilde ortaya konulmaktadır. Tasarımlar, bilgisayar destekli CAD benzeri uygulamalarda çizilip birleşim elemanları hassasiyeti oldukça yüksek makinelerle (CNC) hazırlanmaktadır. Dolayısıyla hazır halde gelen ürünlerin montajı için yerinde çalışan işçi sayısı oldukça azdır. Prefabrik ve modüler üretim sebebiyle işçi sayısı azalırken iş yükü de hafiflemektedir. Yapının inşa edileceği coğrafi şartlar ve ulaşım sebebiyle çalışacak işçi sayısının taşıyabileceği ağırlığa kadar hesaplama yapılabilmekte ve maximum ağırlığa karar verilebilmektedir. (Bkz. Pitaya house) Hata oranı çok düşüktür. Yapıyı oluşturan sistemin hafif olması sebebiyle iş kazalarında yaralanma riski azdır.

Yüksek boyutsal kararlılık özelliği sayesinde değişen nem durumlarına karşı direnci masif ahşaba göre çok fazladır. Islak zemin olarak nitelendirilen mekânlarda ahşap kullanımı imkânsız değildir. (Bkz. Fremen's Okulu yüzme salonu) CLT glulam ile birlikte kullanıldığında mukavemeti oldukça yüksek dirençli bir malzeme olmaktadır.

Son yılların en çok konuşulan kavramlarından biri olan sürdürülebilirlik, ahşap malzemeyle bize birçok avantaj sunar. Prefabrik ve modüler çalışması sebebiyle sökülüp yeniden kullanılmaya uygun olması, lamine ahşaptan arta kalan ahşap parçalarının atık olmaktan çıkıp yeni bir ürüne dönüşebilmesi bunlardan bazılarıdır. (Bkz. Vélizy Morane Saulnier Apartmanı) Bu sayılan avantajların yanı sıra en önemlilerinden bir tanesi de yapı ömrü bittikten sonra doğaya hiçbir zarar vermeden yok olmasıdır. İnsan ve çevre dostudur. Ayrıca yüksek oranlarda karbon depolayabilmekte ve çevreye yayılımını da engellemektedir. Bu özellikleri bakımdan değerlendirildiğinde oldukça sürdürülebilir bir malzemedir.

Temiz bir saha için imkân sunar. Görsel kalitesi yüksek, derz ve bağlantı noktaları temiz yüzeyler elde etmeye müsaittir. Bir yapının inşa edilme kararı alındıktan ve tasarımı yapıldıktan sonra, kullanılacak ağaç sayısı daha önce yapılmış örnek binalar üzerinden hesaplanabilir. Bu bakımdan iyi bir üretim tüketim dengesi ve iyi yönetilen orman politikalarıyla daha kontrollü kaynak kullanımı sağlanabilir. Kullanım yerlerine göre cam, alüminyum, beton ve çelik ile uyumu oldukça iyidir. Dezavantaj gibi görülen yangın güvenliği için daha fazla sprinkler kullanılabilir, dış duvardan yayılımını önlemek için

cephede özel tasarımlar yapılabilir. (Bkz. Mjøstårnet Kulesi) Yangının dağılmasını önlemek için çok yüksek katlı binalarda çekirdekler (merdiven ve asansör) betonarme olarak çözümlenebilir. (Bkz. Vancouver Öğrenci Binası) Ayrıca CLT panellerden yapılan binalar ses yalıtımına karakterize edilir.

Binaların ahşap konstrüksiyonla hafiflemesi avantajlarla birlikte rüzgâr salınımından dolayı dezavantajlar da sunabilir. Fakat Treet örneğinde görüldüğü gibi yapı sisteminden bağımsız olarak ara katlar ve çatı katında beton ağırlıklar kullanılarak veya şaftlar betonarme tercih edilerek yapılarda rüzgâr salınımı önlenebilmektedir. Çerçeve köşegenler kullanılarak da çözüm bulunabilir. (Bkz. Treet) Projelerin değerlendirilmesi Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. GLT ve CLT projelerin değerlendirilmesi

Projenin ADI	Mimarlık Ofisi	Kullanılan Malzeme	Kat Sayısı	Genişlik	Yükseklik	Ülke	Bitiş yılı	Mimariye kattıkları	iş bitirme süresi
Tujia Pan Kompleks Müzesi	Professor Li Baofeng's Studio of HUST	Glulam	çeşitli katlar			Çin	2020	Planlamada doğal topoğrafya korunmuş ve bileşenler robotlar ve tasarım ekibiyle çalışılmıştır.	
Samuel Beckett Kent Kampüsü	Bucholz Mcevoy	Glulam, beton				İrlanda,Du	2016	Çeşitli ahşap biçimleri cephede, taşıyıcılarda, çatı ve duvarlarda kendini gösterir. Wood Design & Building dergisinde ahşap tasarım ödülleri listesinde yer alır.	
Richmond Olympic Oval Spor Salonu	Cannon Design	Glulam, çelik	1	100 m hibrit kemer		Kanada	2010	100 m genişliğinde glulam-çelik ve ahşap dalga panelleriyle dünyanın en büyük ahşap çatı açıklıklarından biridir.	
San Crescente Konut topluluğu	Izquierdo Lehman	Glulam	2			Şili	2019	5 ev projesi tek bir çatı ve taşıyıcı-76 cm'lik bir modülasyon- ile düzenlenmiştir.	
Centre Pompidou-Metz	Shigeru Ban	Glulam,		11000m2	18 m	Fransa, Metz	2010	11000 m2lik bir alan esnek form bir çatıyla örtülür. Hem ahşabın kullanım biçimi hem genişliğiyle önemlidir. 20 metrelik saçak dışarıya taşmaktadır.	
Vancouver Öğrenci Yurt Binası	Acton Ostry	CLT, Glulam, beton ve çelik	18		53 m	Kanada	2017	İnşa sürecinde sadece 4 zanaatkar çalışmıştır. 70 gün gibi kısa bir sürede inşa süreci tamamlanmıştır.	70 gün
25 King	Bates Smart	Glulam, CLT	10		47 m	Avustralya	2018	Avustralya'da ilk ahşap ticari binadır.	15 ay
Mjøstårnet Kulesi	Voll	Glulam+CLT+ LVL 3.500m^3 kereste-14.000 ağaç	18		85.4 m	Norveç	2019	Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi (CTBUH) tarafından dünyanın en yüksek ahşap kulesi kabul edilmiştir.(85.4m)	
Hoho Vienna Kulesi	RLP Rüdiger Lainer & Partner	Glulam+CLT	24		84 m	Avustralya	2020	Yüksek katlı ahşap yapı üretiminde bir basamak olmuştur.İyi bir prefabrikasyon örneği olup kusursuz yüzeyler elde edilmiştir.	

Çizelge 4.3. GLT ve CLT projelerin değerlendirilmesi (devamı)

Projenin ADI	Mimarlık Ofisi	Kullanılan Malzeme	Kat Sayısı	Genişlik	Yükseklik	Ülke	Bitiş yılı	Mimariye kattıkları	iş bitirme süresi
Vélizy Morane Saulnier Apartmanı	Dream	CLT(2.000 m3'ten fazla masif ahşap)	5			Fransa	2021	2022 yılındaFrench Award of Timber Construction (Fransız Kereste Yapı) ödülü almıştır. CLT artıklarının değerlendirilip yeniden kullanılması bakımından önemlidir.	
Pitaya Evi	Jose Maria Sáez & Taller General	CLT	2 ve 3			Ekvator	2020	En uzun parça 145 kg ağırlığındadır. Ağırlık kontrolü vardır. 6kişilik bir ekibe göre ağırlık ayarlaması yapılmıştır.	
Treet (The Tree)	Artec	CLT+Glulam	14		49 m	Norveç, Bergen	2015	Rüzgar salınımını azaltmak için 5 ve 10. katlarda ve çatıda beton elemanlar ve glulam köşegenler kullanılmıştır.	
Forte Apartmanı	Lend Lease	CLT panel (759)	10		32 m	Avustralya	2013	Asya-Pasifik'teki ilk büyük CLT projesidir.	
Bellevue Birinci Cemaat Kilisesi	Atelierjones	17 CLT paneli	1		40 inç	ABD	2016	Hedeflenen ışık alma amacı için CLT'nin katlanarak bir plaka yapısı gibi kullanılması sağlanmıştır.	
Fremen's Okulu yüzme havuzu	Hawkins\Brown	Glulam+CLT	1			Birleşik Kr	2017	Islak hacim sayılan bir mekanda taşıyıcı ve çatı ahşap tercih edilmiştir. (25 metre genişliğindeki havuzun örtmektedir)	
Diamond Domes Tenis Kortu	Rüssli	CLT				İsviçre	2017	Geometrik bir CLT çatı tasarımıyla büyük bir açıklık geçilmiştir.	

4.8.3.3.Yapısal kompozit ahşap/ SCL

SCL (Structural Composite Lumber), yapısal kompozit ahşap olarak da adlandırılmaktadır (Şekil 4.85.). Yapısal kompozit ahşaplar; Paralel Yonga Ahşap - PSL (Paralel Strand Lumber), Yönlendirilmiş Yonga Ahşap - OSL (Oriented Strand Lumber), Lamine Yonga Ahşap- LSL (Laminated Strand Lumber), Lamine Kaplama Kereste - LVL (Laminated Veneer Lumber) olarak sınıflandırılan kurutulmuş katmanlar halinde oluşturulan bir mühendislik ahşap ürünüdür. Bunlardan en çok bilinen ve kullanılan LVL'dir. SCL her bir kaplama tabakasının tanecikleri esas olarak aynı yönde ilerler. SCL için küçük, hızlı büyüyen ve az kullanılan ağaçlar tercih edilir.



Şekil 4.85. SCL(https://www.apawood.org/structural-composite-lumber erişim: 14.10.2022)

***LVL*:** Lamine kaplama kereste LVL(Laminated Veneer Lumber) yaygın olarak kullanılan bir yapısal kompozit kereste ürünüdür (Şekil 4.86.). Tüm kaplamaların damarı uzun yöne paralel olur. Bu sebeple masif ahşaptan daha güçlü, daha düz ve düzgündür. Mukavemeti azaltan bazı doğal sınırlamalarının üstesinden gelir. Bükülmeye daha az eğilimlidir. Ağır yükleri destekleyebilir. Yüksek mukavemetiyle masif ahşap, beton ve çelikle karşılaştırılabilir. Geleneksel kereste uzunluklarının çok ötesinde uzunluklarda mevcuttur. Çoğunlukla görünümün önemli olmadığı gizli alanlarda, yapısal bir eleman olarak kullanılır.



Şekil 4. 86. LVL(https://www.apawood.org/structural-composite-lumber erişim: 14.10.2022)

LSL: Lamine yonga ahşap/LSL (Laminated Strand Lumber) (Şekil 4.87.) kaplamalar yerine ahşap şeritlerden üretilir. Çerçeveleme uygulamaları için tercih edilir. LVL'den daha düşük mukavemet ve sertlik özelliklerine sahiptir.



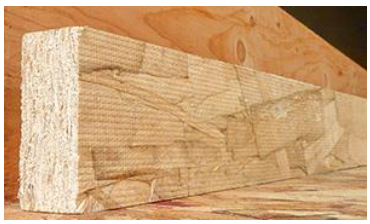
Şekil 4. 87. LSL (https://www.apawood.org/structural-composite-lumber erişim: 14.10.2022)

PSL: Paralel yonga ahşap/ PSL (Paralel Strand Lumber) kaplamalardan üretilir. LVL ve glulam gibi yüksek eğilme mukavemetine sahiptir. Bunu gerektiren direk, kiriş, lento ve başlık uygulamalarında kullanılır. Yük taşıyıcı kolon olarak da PSL (Şekil 4.88.) sıklıkla kullanılır.



Şekil 4.88. PSL/(https://www.apawood.org/structural-composite-lumber erişim: 14.10.2022)

OSL: Yönlendirilmiş yonga ahşap/ OSL (Oriented Strand Lumber) (Şekil 4.89.) daha kısa kaplama şeritleri kullanılması dışında LSL'ye benzer. Genellikle OSL, LVL veya PSL'den daha düşük mukavemet ve sertlik özelliklerine sahiptir. Kiriş ve diğer çerçeveleme uygulamalarında kullanılır.



Şekil 4.89. OSL(https://www.apawood.org/structural-composite-lumber erişim: 14.10.2022)

SCL ürün gücü, güvenilirliği, bulunabilirliği ve tutarlılığı gibi nedenlerle tercih edilir. Düşük nem içeriğinde üretilerek kurulumdan sonra büzülmeyi azaltmak hedeflenir. SCL'deki düşük nem içeriği, servis sırasında ayrılma veya bükülme sorunlarını da önler. SCL ürünleri üreticiye özel olarak üretildiği için ortak standart ve tasarım kriterleri yoktur.

SCL avantajları:

- Normal keresteden üç kat güçlüdür.
- Boyutsal olarak kararlı olup, daralmaya yatkınlığı çok azdır.
- Geleneksel keresteye kıyasla daha sağlam, benzer boyuttaki geleneksel keresteye göre göre daha fazla yük taşıyabilir.
- İstenilen ebatta kesilebilir.
- %100 yeniden kullanılabilir.
- Kirişler, başlıklar, kafes kirişler, kolonlar, I-kiriş flanşları, duvar dikmeleri ve kalıplar gibi çeşitli uygulamalar için kullanılır.

Expo Dach Çatısı: Herzog ve Partner Mimarlık ofislerinin işbirliğiyle inşa edilen Expo-Dach çatısı Almanya'nın Hannover kentinde 2000 yılında müzisyenler ve sanatçılar için bir sahne alanı, merkezi bir meydanı koruyan dev ahşap yapısal "şemsiye" çatı olarak tamamlanmıştır (Şekil 4.90.) (Rogers, 2022).

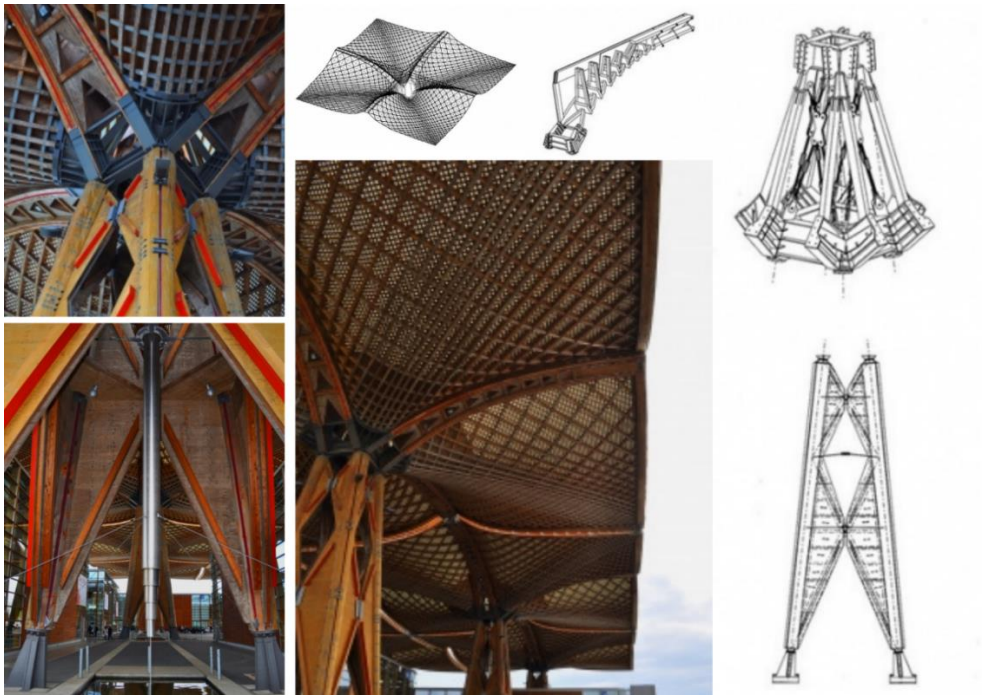
Boyutları yapı ve tasarım bakımından yenilikçi olması sebebiyle önemlidir. Toplamda 1600 m^2 alana yayılan geniş çatı her biri yirmi altı metreden daha yüksek bir yükseklikte 40 x 40 metrelik bir alanı kaplayan on iki ayrı kanopiden oluşmaktadır. Her bir şemsiye birkaç öğeden oluşur: kule benzeri bir yapı, merkezi bir çelik bağlantı elemanı, dört konsol kiriş ve dört kabuk yüzeyli çift kavisli ızgara. İncelen kule yapısı köknar gövdesinden ve glulam panellerinden meydana gelir. 4 kolon ve LVL'den oluşan üçgen ahşap çerçeve ile planlanmış kule konstrüksiyonu ve direğin alt ucundaki çelik elemanlar (Şekil 4.91.) tüm yükleri temele aktarır (Rogers, 2022).

Ahşap yapı ile arasında 5cm boşluk olacak şekilde tüm çatı sentetik bir deri ile kaplanmıştır. Bu mesafe sayesinde yapısal elemanlar sürekli olarak havalandırılır. Düz üst

kirişler glulamdan oluşur. Kavisli alt kirişler de glulamdan yapılmıştır ve yırtık kabuğun kenarına göre kavislidir. Merkezi çelik yapıya doğru üst ve alt kirişler LVL ile bağlanır (Rogers, 2022).



Şekil 4. 90. Expo Dach sergi için çatı (https://www.solaripedia.com/images/large/6108.jpg erişim: 07.10.2022)



Şekil 4.91. Expo Dach detayları
(https://www.solaripedia.com/13/402/6133/hannover_pavilion_trees2.html erişim: 11.10.2022)

Motat Havacılık ve Sergi Salonu: Studio Pacific Mimarlık ofisinin tasarladığı Havacılık Sergi Salonu 'Ulaştırma ve Teknoloji Müzesi'nin (Motat) tarihi uçak koleksiyonu olarak yorumlandığı yeni bir müzesidir (Şekil 4.92.). Yeni Zelanda, Aukland'da 2011 yılında tamamlanan yapı, boyutu konusunda daha önce görülmemiş bir şekilde neredeyse tamamen (Şekil 4.93.) LVL'den üretilmiştir. Uçağın geniş kanatlarını kapsamak amacıyla LVL'nin tüm eşsiz kapasitesi kullanılır. 42 metre iç genişliği, Yeni Zelanda'da yapılmış LVL ahşap uygulamalarının en geniş açıklığıdır (Anonim, 2012).



Şekil 4.92. Motat havacılık ve sergi salonu (https://www.archdaily.com/230234/motat-aviation-display-hall-studio-pacific-architecture?ad_medium=gallery erişim: 08.10.2022)

Tüm ahşap yapılarda olduğu gibi Motat Havaalanı Sergi Salonu da sürdürülebilir temasıyla ortaya çıkmıştır. Motat Havaalanı Sergi Salonu tamamlanmasından bu yana birçok "Sürdürülebilirlik" -ahşap kereste, Auckland mimarlık gibi- ödülü almıştır. Sürdürülebilirlik bakımından bir yağmur suyu toplama sistemi kullanılarak tuvalet tesislerine hizmet sağlanmaktadır. Binanın kuzeyindeki bir 'ısı bacası' ile de doğal havalandırma desteklenirken yalnızca düşük bir mekanik ısıtma sağlanması gerekir. Belirli alanlarda kullanılan cam ile doğal ışık en üst düzeye çıkarılmıştır (Anonim, 2012) (Bkz. Şekil 4.92.). Yapının ahşap detayları Şekil 4.94.'te verilmiştir.



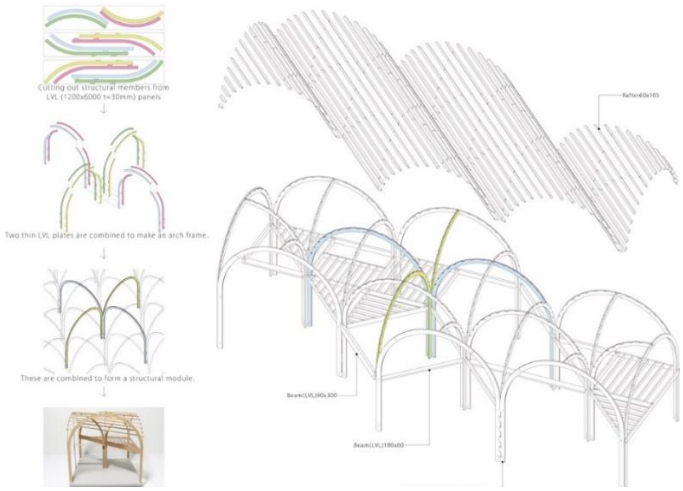
Şekil 4.93. Motat Havaalanı iç mekân (https://www.archdaily.com/230234/motat-aviation-display-hall-studio-pacific-architecture?ad_medium=gallery 08.10.2022)



Şekil 4.94. Motat kesit ve iç mekân (https://www.archdaily.com/230234/motat-aviation-display-hall-studio-pacific-architecture?ad_medium=gallery 08.10.2022

Hyogo Evi: Tomohiro Hata Mimarlık ofısı tarafından tasarlanan Japonya'da Hyogo Eyaletindeki ev 2021 yılında tamamlanmıştır. 125m^2 ev sökülerek küçük, hafif parçalar halinde taşınan ve monte edilebilen 30 mm kalınlığında 6 adet LVL parçasından kemer ile oluşturulmuştur (Şekil 4.95.) (Abdel, 2022)

Ahşap kemerler birbirine sırt sırta tutunur ve haç biçiminde birleştirilir. Haç biçimli kemerler çapraz olarak 45 derecelik (şekil 4.96.) bir dizi tonoz ile çatıyı oluşturur. Bunu yaparak çok eksenli bir akış oluşturulurken birden çok yöne doğru evin açıklığı genişletilir. Esnek ve tekrarlayan bir yapı ortaya çıkmıştır (Abdel, 2022).

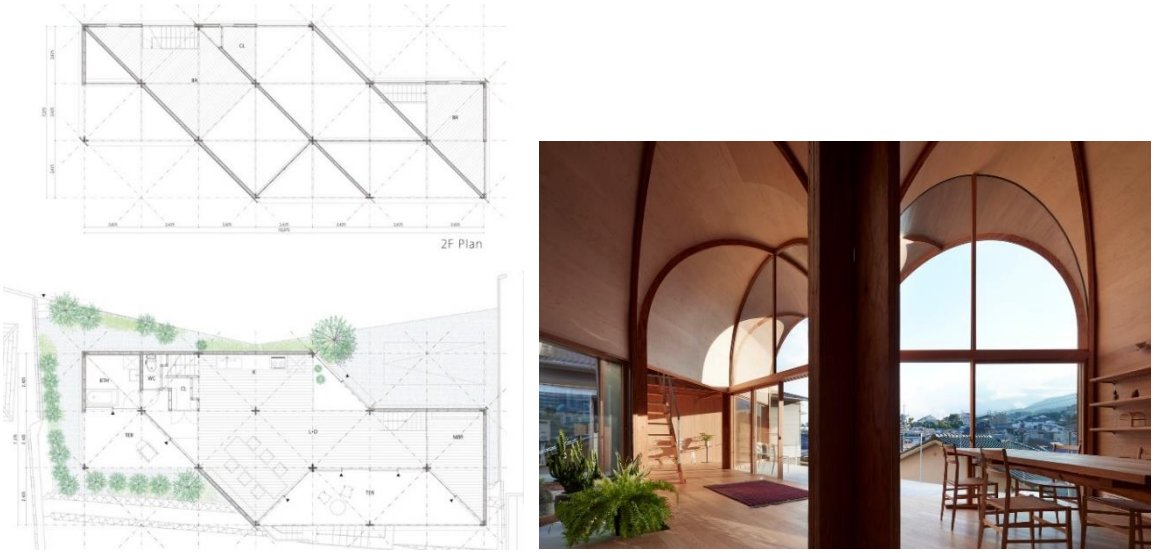


Şekil 4.95. Hyogo evi kemerleri (https://www.archdaily.com/984711/house-in-koyoen-tomohiro-hata-architect-and-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim:15.10.2022)



Şekil 4.96. Hyogo ev çapraz tonozları (https://www.archdaily.com/984711/house-in-koyoen-tomohiro-hata-architect-and-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim:15.10.2022)

Oldukça ince bir ahşap malzemeden esnek bir ev projesi tipolojisi çıkması bakımından ilham vericidir (Şekil 4.97.). Ahşabın tonoz üretimi için yeniden yorumlanması da farklı bir üslup ortaya koymaktadır (Şekil 4.95.).



Şekil 4.97. Hyogo ev planı (https://www.archdaily.com/984711/house-in-koyoen-tomohiro-hata-architect-and-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 15.10.2022)



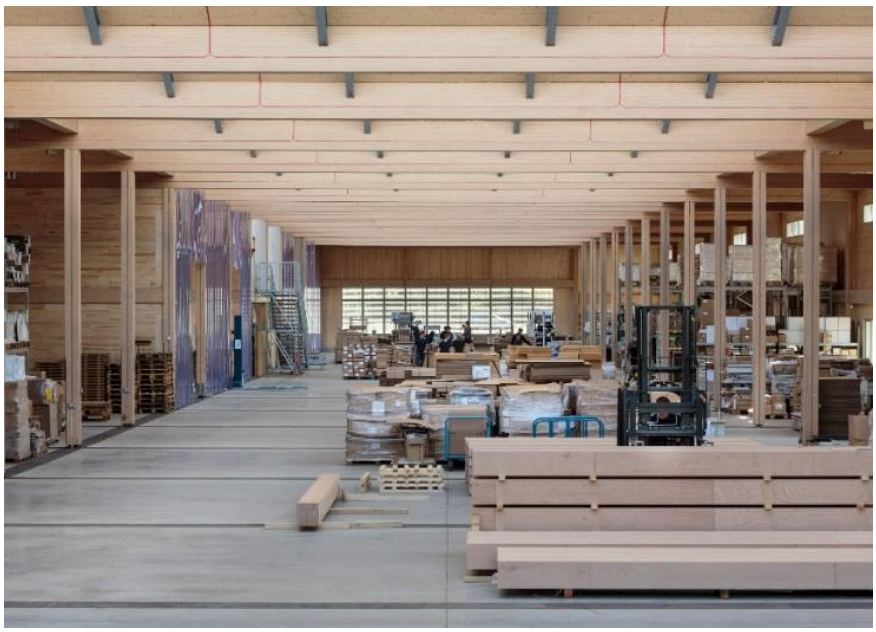
Şekil 4.98 Hyogo ev cephe ve üstten görünüm (https://www.archdaily.com/984711/house-in-koyoen-tomohiro-hata-architect-and-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab erişim: 15.10. 2022)

Vitsoe Fabrika Binası: İngiliz mobilya markası Vitsœ tarafından tasarlanan ve Waugh Thistleton Mimarlık Ofisi tarafından tamamlanan İngiltere Royal Leamington Spa kasabasında güncellenebilen bir genel merkez ve tesis olarak ortaya çıkan Vitsoe Ltd (HQ& production building) (Şekil 4.99.) binası 2017 yılında tamamlanmıştır (Griffiths, 2017).



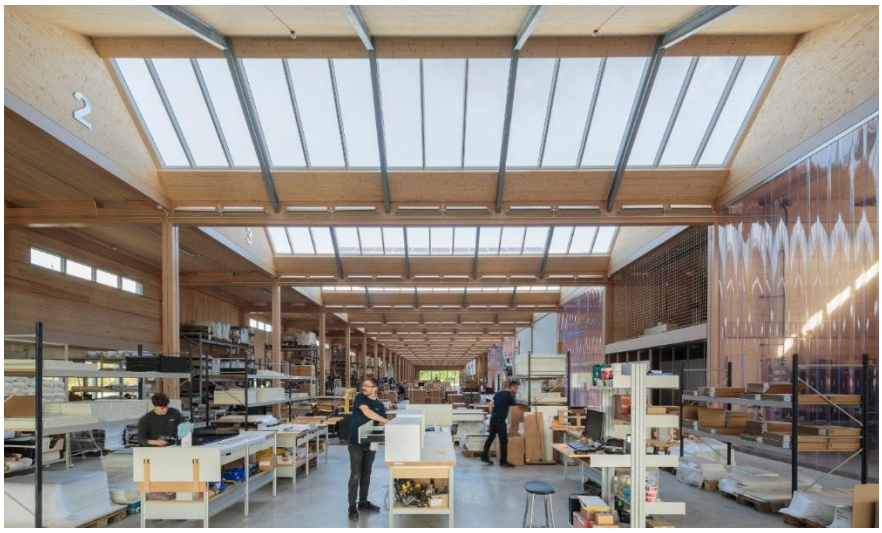
Şekil 4.99. Vitsoe fabrika binası (https://www.dezeen.com/2017/11/12/vitsoe-intentionally-unfinished-cross-laminated-timber-headquarters-england-uk-architecture/ erişim: 24.10.2022)

Firma, yeni binayı esnek, modüler ve daha büyük sistemler oluşturabilen, bitmemiş ve devamlı değişebilen bir bina olarak ele almıştır. İngiltere'de kayın LVL ile yapılmış ilk tesis olduğu düşünülmektedir. Çerçeveyi LVL oluşturur (Şekil 4.100.) (Griffiths, 2017).

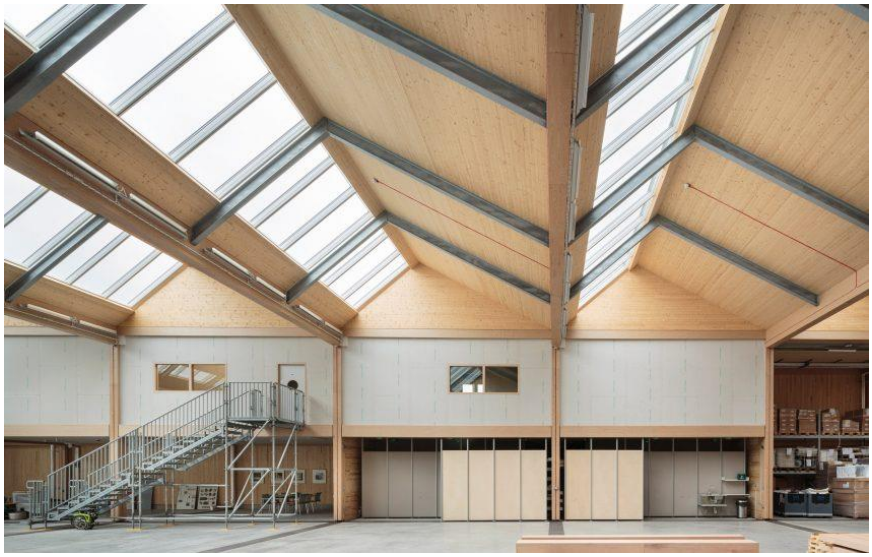


Şekil 4.100. Vitsoe iç mekân (https://www.dezeen.com/2017/11/12/vitsoe-intentionally-unfinished-cross-laminated-timber-headquarters-england-uk-architecture/ erişim: 24.10.2022)

Bu lamine yapısal kereste ile daha küçük kesitli kirişlerde ve kolonlarda daha fazla mukavemet elde etmek için standart yumuşak ahşap yerine yüksek performanslı sert ağaç kullanılmıştır. Malzemenin ahşap tercih edilmesinde sadece çevre dostu olması yoktur, aynı zamanda binanın kolayca modifiye edilebilmesi vardır. Duvar ve çatıda daha iyi termal performans için CLT tercih edilirken (Şekil 4.101.; Şekil 4.102.), camlı çatı yapısı için çelik, uygun endüstriyel hissi için seçilmiştir (Griffiths, 2017).



Şekil 4.101. Vitsoe cam-çelik çatı (https://www.dezeen.com/2017/11/12/vitsoe-intentionally-unfinished-cross-laminated-timber-headquarters-england-uk-architecture/ erişim: 24.10.2022)

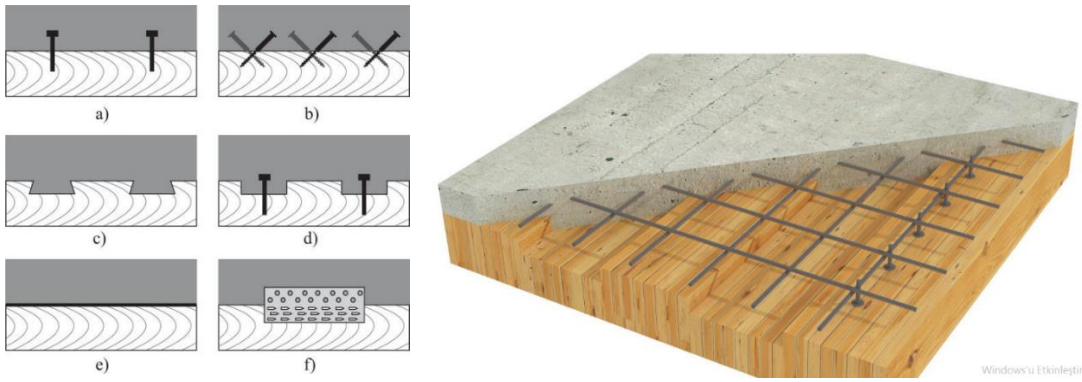


Şekil 4.102. Vitsoe çatı (https://www.dezeen.com/2017/11/12/vitsoe-intentionally-unfinished-cross-laminated-timber-headquarters-england-uk-architecture/ erişim: 24.10.2022)

4.8.3.4.Ahşap beton kompozit / TCC

Ahşap-beton kompozit sistem özellikle köprü ve yeni binalarda, eski ahşap karkas ve taş yığma binaların yenilenmesinde kullanılan bir yapım tekniğidir. Ahşap kiriş ve beton plak ile oluşturulan sistem duvar, döşeme ve çatı gibi yapı elemanlarında kullanılır. Ahşabın çekme kuvveti betonun basınca dayanımı ile her iki malzemenin de en iyi özelliklerinden faydalanılmaktadır. Ahşap ve betonun birlikte çalışabilecek kompozit davranışın sağlanması için mekanik bağlantılar vidalar, çiviler, ahşaba gömülü veya ahşapta çentikli ya da her ikisinin de olduğu metal plakalar ile sağlanmaktadır. Bu sistem ile üretilen yapı elemanlarından en fazla kullanımı olan ahşap-beton kompozit döşemeler daha rijit olması ve betonarme döşemelere göre ağırlığın azalması nedeniyle tercih edilmektedir. (Halıcıoğlu & Yürekli , 2016)

TCC yapı elemanlarının farklı davranışlar gösteren pek çok bağlantı türü vardır. Şekil 4.103'de bazı TCC bağlantı türleri verilmiştir. Bunlardan TCC döşemelerin en tercih edilen geometri tipi kiriş ve döşeme tipidir. Köprülerde ve tarihi yapıların restorasyonunda kullanılır. Tamamen beton ve tamamen ahşap sistemlerle kıyaslandığında gelişmiş estetik görünüm, azaltılmış öz ağırlık ve darbe gürültüsüne karşı iyileştirilmiş ses yalıtımı, artan yük taşıma kapasitesi sağlar.



Şekil 4.103. TCC ahşap-beton birleşim detayları (Ogrin ve Hojzan, 2022) ve örnek görsel (https://structurecraft.com/materials/mass-timber/timber-concrete-composite erişim: 23.11.2022)

TCC yapı elemanları oluşturulurken kereste kısmı masif ahşap, LVL, CLT veya Glulam ile üretilebilir. TCC yapı elemanlarının birçok farklı ve karmaşık davranışları nedeniyle

deneysel araştırmalar ve daha doğru tasarım yöntemlerinin geliştirilmesi hala devam etmektedir (Ogrinve Hojzan, 2022).

Agger Nehri Köprüsü: 2014 yılında yapılan Lohmar Schiffarth'ta Agger Nehri'ni Geçen Ağır Yük Köprüsü (Şekil 4.104.) 40m uzunluğunda 4.75m genişliğinde olup lamine ladin glulam ve beton TCC yapı elemanlarından oluşmaktadır. Alman HOAI tarafından tasarlanan ve uygulanan köprü (Şekil 4.105.) sel hasarı nedeniyle mevcut köprünün değiştirilmesi için yenilikçi bir tasarımla yorumlanmasıyla ortaya çıkmıştır (Anonim, 2022n).



Şekil 4.104. Agger nehri köprüsü (https://www.ib-miebach.de/en/projects/timber-bridges/timber-concrete-composite-bridges/timber-concrete-composite-bridge-schiffarth-de.html erişim: 15.11.2022)



Şekil 4.105 Agger köprüsü (https://www.ib-miebach.de/en/projects/timber-bridges/timber-concrete-composite-bridges/timber-concrete-composite-bridge-schiffarth-de.html erişim: 15.11.2022)

Life Cycle Kulesi: Hermann Kaufmann tarafından Avusturya Dornbirn'de tasarlanan Life Cycle kulesi (Şekil 4.106.) 8 katlı TCC yapısıdır. 5 kişilik bir şantiye ekibiyle 9 ayda inşa edilen yapı 2012 yılında tamamlanmıştır. Proje grubunda mimarlar, inşaat mühendisleri, iki üniversite araştırma tesisi, büyük bir ahşap inşaat firması, geleneksel bir inşaat firması, bir risk yönetimi danışmanlığı ve Avusturya'nın önde gelen inşaat ticareti sigortacısı yer almıştır. Oldukça gelişmiş kriterlere göre verimli bir bina prototipi inşa etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Sahada kolay montaj için özel hızlı sertleşen bir reçine harcı kullanılmıştır (Anonim, 2022o).



Şekil 4.106. Life Cycle Kulesi cephe ve iç mekân (https://www.hkarchitekten.at/en/project/lct-one/ erişim: 15.11.2022)

Prefabrik çalışılan yapının detayları şekil 4.107'te gösterilmiştir.



Şekil 4.107. Life Cycle Kule şantiyesi (https://www.hkarchitekten.at/en/project/lct-one/ erişim: 15.11.2022)

4.8.3.5.Çivili Lamine Ahşap/NLT

Nail-lam olarak da adlandırılan çivili lamine ahşap (NLT), ahşap plakaların yan yana dizilerek birbirine çivilenerek veya vidalanarak panel oluşturması ile üretilir (Şekil 4.108.). Yapısal performansı ve tasarım estetiğinin bir araya gelmesi sebebiyle tercih edilmektedir. Zemin ve duvar yapımında kullanılmaktadır. Döşeme, zemin kaplama, çatı ve duvarların yanı sıra asansör ve merdiven boşluklarının üretiminde kullanılır. Bu panelleri için özel üretim tesisine ihtiyaç yoktur. Bu durum üreticilerin yerel kaynaklı malzemeleri kullanmasına olanak tanır. 19.yüzyılın başından beri Kuzey Doğu Amerika'da kullanıldığı bilinmektedir. (Gong, 2019)



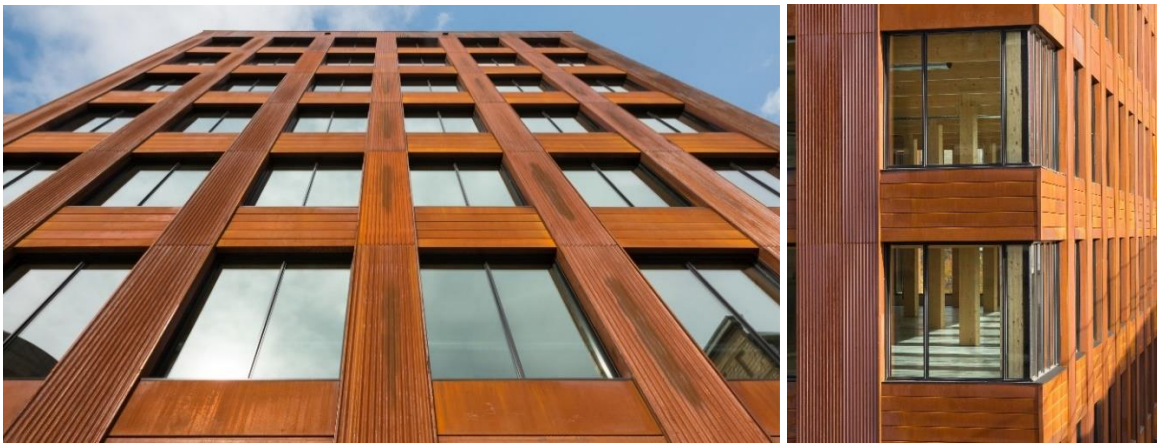
Şekil 4.108. NLT (Gong, 2019 erişim: 02.12.2022)

T3 Ofis Binası: Michael Green Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan ABD'de Minneapolis'teki T3 ofis binası (Şekil 4.109.) 2016 yılında 7 katlı bina olarak tamamlanmıştır. Amerika'da masif ahşap inşaat için bir kilometre taşıdır. ABD'deki 100 yıldan fazla süredir tamamlanmış ilk modern ahşap binadır. T3'ün üretiminde esas olarak glulam ve NLT kullanılmıştır. Yapımında kullanılan 3600m^3 ahşabın 1100'den fazlası (8İnç*20inç) NLT paneldir (Anonim, 2016b).



Şekil 4.109. T3 Ofis Binası (https://mg-architecture.ca/project/t3-minneapolis/ erişim: 18.11.2022)

2016 yılında Wood Design & Building'te atıf ödülü, 2017 yılında WoodWorks Wood Design Award BC'de uluslararası ahşap tasarım ödülü ve US Woodworks Wood Design'da özel başarı ödülü almıştır (Anonim, 2022o). Şekil 4.110'da cephe ve Şekil 4.111'de iç mekân görselleri verilmiştir.



Şekil 4.110. T3 Ofis binası cepheleri (https://www.dezeen.com/2016/12/02/michael-green-architecture-t3-largest-mass-timber-building-usa-minneapolis-minnesota/ erişim: 18.11.2022)

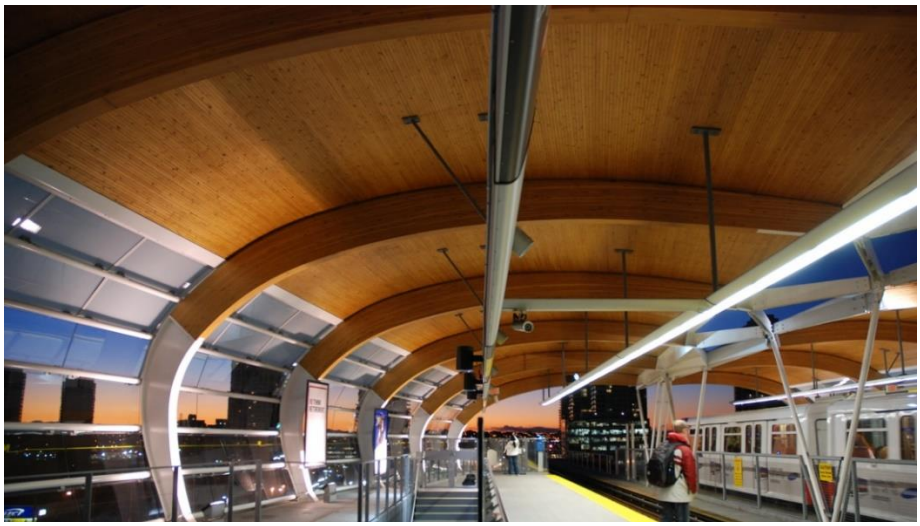


Şekil 4.111. T3 İç mekân (https://www.dezeen.com/2016/12/02/michael-green-architecture-t3-largest-mass-timber-building-usa-minneapolis-minnesota/ erişim: 18.11.2022)

Brentwood Şehir Merkezi İstasyonu: Perkins and Will Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan Brentwood şehir merkezi istasyonu (Şekil 4.112.) 2045 m^2 büyüklüğüyle Kanada Burnaby, BC'de 2002 yılında tamamlanmıştır. Yapımında Glulam ve NLT kullanılmıştır. Yapının hibrit ahşap tasarımı için, glulam nervürlerle desteklenen iki kavisli NLT kanopi, yapısal bir oluk aracılığıyla çelik çapraz desteklere ve V-şekilli çelik dikmelere bağlanarak camın bağlı olduğu ana yapıyı oluşturmaktadır (Şekil 4.113.) (Anonim, 2022ö). Konum itibariyle her yerden görünen ve çift kıvrımlı formdaki istasyon binası 3D bilgisayar yazılımı kullanılarak tasarlanmıştır (Anonim, 2022p).

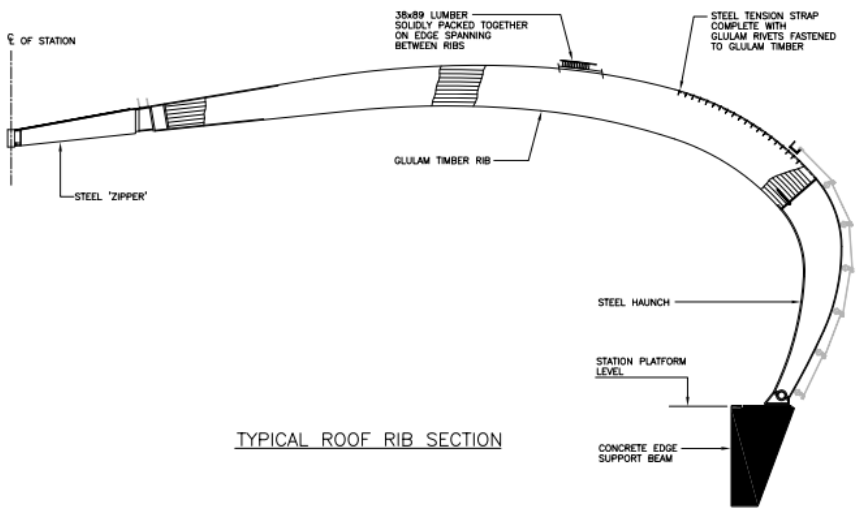


Şekil 4.112. Brentwood şehir merkezi istasyonu
(https://www.naturallywood.com/project/brentwood-town-centre-station/ erişim: 21.11.2022)



Şekil 4.113. Brentwood şehir merkezi istasyonu kıvrımlı örtüsü
(https://www.naturallywood.com/project/brentwood-town-centre-station/ erişim: 21.11.2022)

Şekil 4.114'de Brentwood şehir merkezi istasyonu kesit detayı verilmiştir.



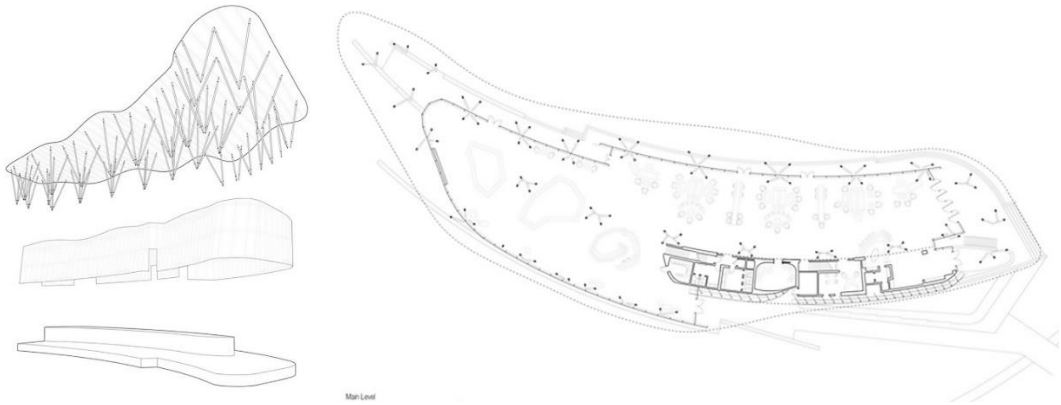
Şekil 4.114. Brentwood şehir merkezi istasyonu kesit detayı (https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/wood-in-transportation_case-study_naturallywood.pdf erişim: 21.11.2022)

Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi: Bohlin Cywinski Jackson Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan (2012) Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi (Şekil 4.115.) Çin'in Qingdao'da NLT ve Glulam kullanılarak üretilmiştir. Serbest biçimli NLT çatı, 1,8 metre genişliğindeki panellerle üretilmiştir. Glulam kolonlar, çatıda hem yanal hem de burulma yönlerinde net bir kuvvet dengesi elde etmek için kullanılmıştır (Anonim, 2016c).



Şekil 4.115. Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi (https://www.archdaily.com/876934/vance-tsing-tao-pearl-hill-visitor-center-bohlin-cywinski-jackson erişim: 22.11.2022)

Şekil 4.116'de katmanlar ve planı ve Şekil 4.117'de Glulam direkler ve NLT çatı detayları gösterilmiştir.



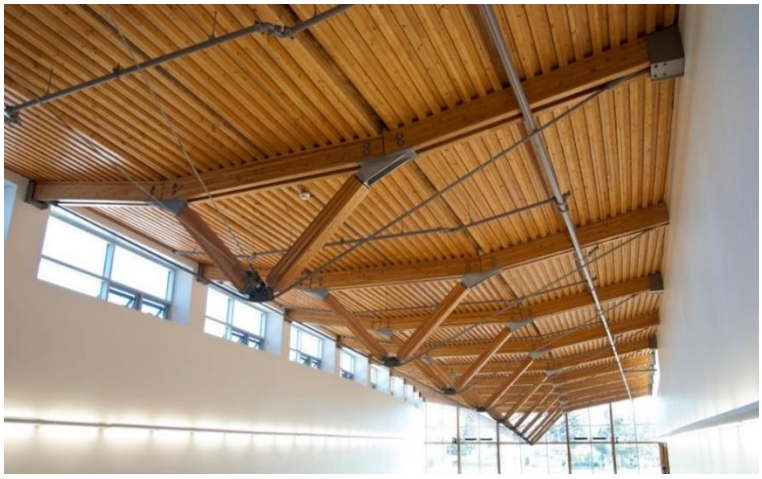
Şekil 4.116. Tsingtao yapı strüktürünü oluşturan elemanlar (https://www.archdaily.com/876934/vance-tsing-tao-pearl-hill-visitor-center-bohlin-cywinski-jackson erişim: 27.11.2022)



Şekil 4.117. Tsingtao glulam direkleri ve kıvrımlı NLT çatısı (https://archinect.com/features/article/150022106/bohlin-cywinski-jackson-s-tsingtao-pearl-visitor-center-reintroduces-wood-construction-in-china?utm_content=buffercbd22&utm_medium=social&utm_source=pinterest.com&utm_campaign=buffer erişim: 27.11.2022)

Chilliwack Ortaokulu: Dialog Mimarlık Ofisinin tasarladığı Kanada Chilliwack, BC'de yer alan Chilliwack Ortaokulu (Şekil 4. 118.) binası 2013 yılında tamamlanmıştır. Bu 3 katlı okulun ortak alanlarının - atriyum, kütüphane, spor salonu ve giriş kanopileri -

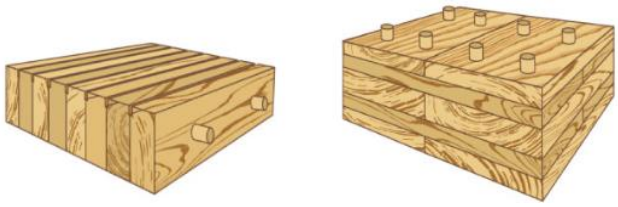
hepsinde çok çeşitli mimari açık ahşap yapılar bulunur. Yivli NLT, CLT, hibrit ahşap-çelik köprü kirişleri ve ahşap kolonlardan oluşan yapı 34000m^2 büyüklüğündedir. Proje tasarım aşamasında 3D modeliyle disiplinler arası koordinasyon ile oluşturulmuştur. Sistem prefabrike bir şekilde çalışılmıştır (Anonim, 2020).



Şekil 4.118. Chilliwack ortaokulu (https://structurecraft.com/projects/chilliwack-secondary-school erişim: 22.11.2022)

4.8.3.6.Dübel lamine ahşap /DLT

DowelLam veya DLT olarak bilinen dübel lamine ahşap (Şekil 4.119.) elemanları oluşturmak için ahşap kereste paneller istiflenir ve sert ahşap dübellerle birlikte sürtünmeye uygun hale getirilir. Dübeller tahtaları bir arada tutar.



Şekil 4. 119. DLT (https://www.naturallywood.com/products/dowel-laminated-timber/ erişim: 22.11.2022)

Dübeller ek direnç için çapraz olarak da yerleştirilebilir. Önemli mimari esneklik sağlayan ve yatay açıklık için oldukça uygun olan DLT yeni nesil masif kereste ürünüdür.

Döşeme ve çatı kaplamaları için çok uygundur. 1990'ların başında İsviçre'de üretilmiştir (Gong, 2019).

DLT ve NLT gibi ürünlerde dübel ve çivi kullanılarak yapıştırıcı kullanımını azaltmak ve çevresel etkileri iyileştirmek hedeflenir. Son yıllarda DLT ve NLT ürünleri, yapıştırılarak elde edilen lamine ürünleriyle kıyaslanarak mukavemeti ve sertliğini etkileyen parametrelerle ilgili çalışmalar yapılmakta ve geliştirilmeye çalışılmaktadır.

111 East Grand Ofis: Neumann Monson mimarlık ofisi tarafından tasarlanan Amerika Des Moines'te yer alan 111 East Grand Ofis (Şekil 4.120.) binası 2019 yılında tamamlanmış Kuzey Amerika'daki ilk dübel lamine ahşap ofis binasıdır (Anonim, 2014).



Şekil 4. 120. East Grand Ofis binası (https://www.woodworks.org/award-gallery/111-east-grand/ erişim: 22.11.2022)

Yapısal sistemi, Glulam direkler ve kiriş alt yapısı üzerindeki DLT panellerden ve yanal sistem, prekast beton duvarlar ve çekirdekten oluşmaktadır (Şekil 4.121.). Ladin DLT paneller ve glulam kolonlar ve kirişler, tamamen önceden monte edilmiş bağlantılar ile imal edilmiştir. Bu da masif ahşap elemanların bitmiş malzemeler olarak kurulmasına olanak sağlamıştır. Yapı 2022 yılında Ticari Mid-Rise ahşap tasarım ödülü almıştır (Anonim, 2014).



Şekil 4.121. East Grand Ofis şantiye (https://www.woodworks.org/award-gallery/111-east-grand/ erişim: 23.11.2022)

T3 Atlanta Ofisi: DLR Group HPA mimarlık ofisi tarafından tasarlanan T3 Atlanta ofis binası (Şekil 4.122.) Amerika Atlanta'da 2019 yılında tamamlanmıştır. (Anonim, 2019d)



Şekil 4. 122. T3 Atlanta ofis binası (https://structurecraft.com/projects/t3-atlanta erişim: 24.11.2022)

7 katlı ofis binası 205000m^2 büyüklüğündedir. DLT zemin, Glulam direk ve çatı panellerinden oluşmaktadır. Yanal sistemde iç çelik çapraz çerçeveler vardır. Yapı Atlanta

Bölge Komisyonu (ARC) tarafından mükemmellik geliştirme ödülleri programının bir parçası olarak Sürdürülebilir Tasarım için Olağanüstü Liyakat Ödülü ile onurlandırılmıştır (Anonim, 2019d). Şekil 4.123'de T3 Atlanta ofis binası iç mekânda kullanılan DLT'ler gösterilmiştir.



Şekil 4.123. T3 Atlanta ofis binası iç mekân DLT kullanımı (https://structurecraft.com/projects/t3-atlanta erişim: 24.11.2022)

Örnek Projelerin Değerlendirilmesi: Örneklerde de görüldüğü üzere SCL (PSL, LVL, LSL, OSL), TCC, NLT ve DLT ahşap lamine ürünleri yapı üretiminde farklı formlarda, farklı konstrüksiyon birimlerinde karşımıza çıkmaktadır. LVL yapılarda taşıyıcı olarak tercih edilebilse de diğer TCC, NLT ve DLT lamine ürünleri çeşitli lamine ahşaplarla birlikte tercih edilmiştir. Glulamın tanıdığı yüksek mukavemet onu taşıyıcı olarak yapılarda görmemizi sağlarken, betonla bir araya gelen TCC, betonun basınç dayanımı ve ahşabın çekme kuvvetinden yararlanılarak eski ahşap veya taş binaların yenilenmesinde, daha hafif konstrüksiyon gereken, gelişmiş estetik görünüm aranan ve daha iyi ses yalıtımı istenen yerlerde tercih edilmiştir. Büyük bir proje ekibiyle üniversite destekli çalışmalarla sınırları keşfedilmeye çalışılan TCC ile düşeyde 8 kata kadar yapı inşa edilebilmiş (Bkz. Life Cycle Kulesi), yatayda 40 metreye kadar bir açıklık (Bkz. Agger Köprüsü) geçilebilmiştir. İnşaat için gerekli işçi sayısı oldukça azdır. Sınırları, inşaası tamamlanmış yapılar kadar bilinse de

üzerinde çalışmalar halen devam etmektedir. Prefabrikasyon ile üretimi gerçekleştirilmemektedir. Hızlı üretim ve kolay montaj için tercih edilir. Daha verimli bir prefabrikasyon için sahada hızlı sertleşen reçine ile kolay montaj sağlanabilir. (Bkz. LifeCycle Kulesi) Gelişen dünyada farklılaşan ihtiyaçlara cevap olarak daha hafif konstrüksiyon gerektiren alanlarda TCC ile betonun ahşapla hafifletilmesi, daha az karbon izi ve sürdürülebilir bakımından daha fazla olanaklar sağlar. Ayrıca prefabrike edilmesi sebebiyle kaynakların daha kontrollü kullanılmasına ve daha az miktarda atık çıkmasına katkı sunar.

NLT ve DLT ise yapılarda en çok zemin ve tavanlarda tercih edilen malzemeler olarak karşımıza çıkar. Doğal bir ahşap görünümü için çoğunlukla açıkta bırakılır. Hafif ahşap çerçeveli, 6 kat civarı binalarda asansör ve merdiven boşluklarında paneller biçiminde kullanılabilir. NLT kavisli form üretimine müsaittir. (Bkz. Brentwood şehir merkezi istasyonu- Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi) Çelik, glulam, CLT, hibrit ahşap ile uyumlu çalışır. NLT panellerde özel üretim tesisine ihtiyacı olmadığı için yerinde imalata uygun bir malzeme olması tercih sebebidir. Ayrıca çivileme yöntemiyle üretiminin titreşimi sönümleme ve emme enerjisi de NLT'nin tercih edilme sebepleri arasında kabul edilir.

NLT ve DLT ürünleri lamine işleminde kullanılan yapıştırıcıların çevresel etkilerini azaltmak amacıyla yapıştırıcıların yerine rijitliğin çivi ve dübellerle sağlandığı malzemelerdir. DLT çok sınırlı bir yapıştırıcı içeren üretimi sebebiyle NLT'den daha verimli kabul edilir ve nerdeyse %100 ahşaptan elde edildiği için hem Avrupa'da hem Kuzey Amerika'da oldukça ilgi görür (Gong, 2019). Bu bakımdan değerlendirildiğinde NLT ve DLT sürdürülebilir ve daha ekolojik bir malzeme olarak varlığını ortaya koyar. Henüz 6-7 kata kadar müsaade eden NLT ve DLT'nin yapısal kısıtlıları üzerine çalışmalar ve rijitliğini etkileyen parametreler üzerinde araştırmalar devam etmektedir. DLT'ler CNC makineler kullanılarak kolaylıkla üretilebildiği için kolay montaj ve imalat sağlar.

Üretimlerde daha fazla verim, daha az hata payı için 3D yazılımlar kullanılmıştır. Örneklerde de görüldüğü üzere malzemeye göre yapı anlayışı yerini, yapıya göre malzemeye bırakmıştır. Bunun için 3D yazılımlar önemli bir yer tutar. Tasarıma özel malzeme üretimi söz konusu olduğundan ahşap lamine malzeme çeşitliliği giderek artmaktadır. Üniversite

destekli TCC, NLT ve DLT çalışmaları halen devam etmektedir. Projelerin mimariye kattıkları bakımından genel değerlendirilmesi Çizelge 4.4.'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. LVL, SCL, TCC, NLT ve DLT projelerin değerlendirilmesi

Projenin ADI	Mimarlık Ofisi	Kullanılan Malzeme	Genişlik	Kat	Bulunduğu Ülke	Bitiş yılı	Mimariye kattıkları
Expo Dach çatısı	Herzog & Partner	LVL, Glulam	40*40 m 12 kanopi		Almanya	2000	Boyutları yapı ve tasarım bakımından yenilikçidir.
Motat Ulaştırma ve Teknoloji Müzesi	Studio Pasific	LVL	42m iç genişlik		Yeni Zelanda, Aukland	2011	Yeni Zelanda'da yapılmış LVL uygulamalarından en geniş ahşap açıklığa sahip yapısıdır.
Japonya Hyogo Evi	Tomohiro Hata	LVL	125m2		Japonya	2021	30 mm kalınlığında 6 adet LVL parçasıyla kemer oluşturulur. Prefabrikasyonun pratikliğini gösterir. Ahşapla tonozun yeniden yorumlanması bakımından özgündür.
Vitsoe Ltd & HQ	Waugh Thistleton	LVL,CLT çelik			İngiltere	2017	Fabrika binasında geniş açıklık geçen ahşap kullanımına iyi bir örnek teşkil eder.
Agger Nehri Köprüsü	HOAI	TCC, Glulam			Almanya	2014	40 metre uzunluk ve 4.75 metre genişliğinde inşa edilmiştir.
LifeCycle kulesi	Herman Kaufman	TCC		8 katlı	Kanada	2012	Beton ahşap birlikte çalışan TCC panellerle 8 katlı bir yapı üretilmesi ve verimli bir prototip hedeflenerek çalışılması ilham vericidir. (inşaası 9 ayda tamamlanmıştır.)
T3 Ofis binası	Michael Green	NLT		7 katlı	Amerika	2016	ABD'de 100 yıldan fazla süredir tamamlanmış ilk ahşap binadır. Uluslararası çapta ahşap tasarım ödülleri ile ahşap ile üretime öncülük eder.
Brentwood ŞeihrMerkezi İstasyonu	Perkin & Will	NLT			Kanada, Burnaby	2002	Kavisli bir NLT yapısı olması bakımından önemlidir.
Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi	Bohlin Cywinski Jackson	NLT, Glulam			Çin	2012	Serbest biçimli bir çatı olarak örnektir.
Chilliwack Ortaokulu	Dialog	NLT, CLT, hibrit ahşap, çelik		3 katlı	Kanada, Chilliwack	2013	NLT'nin çatıda kullanımına bir örnektir.
111 East Grand Ofis Binası	Neumann Monson	DLT, Glulam, beton			Amerika	2019	Kuzey Amerika'da ilk dübel lamine ahşap ofisidir.
T3 Atlanta Ofis Binası	HPA	DLT, Glulam, çelik		7 katlı	Amerika, Atlanta	2019	Sürdürülebilir tasarım ödülü ile öncü bir projedir. DLT ve glulamın birlikte kullanılmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Ahşap insanlığın temel ihtiyacı olarak başta barınak inşasında olmak üzere yüzyıllardır yapı üretiminde kullanılan bir malzemedir. Kolay erişilebilmesi, kolay işlenmesi ve doğadan kolay elde edilmesi onu sürekli ve vazgeçilmez kılmıştır. Zaman içerisinde özellikle Endüstri Devrimiyle birlikte yaşam tarzlarının değişmesi, yapıdan beklentilerin farklılaşması, ihtiyaçlara cevap veremez oluşu gibi sebeplerle ahşap yapı üretimi dünyada giderek azalmaya başlamıştır. Bunlarla birlikte balon ve platform çerçeve sistemlerin keşfedilmesi, tanıtılması ve üretimiyle ABD, Kanada, Almanya, Avustralya, İskandinavya ve Birleşik Krallık gibi ülkelerde bu sistemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Hızlı üretim, hızlı montaj, daha az işçilik gibi avantajlar sunan çerçeve sistemler prefabrikasyon sürecinin oluşumuna katkı sağlamıştır. İlerleyen teknolojiyle birlikte ahşabın küçük parçalar halinde sıkıştırılması ile yeni ürünler ve onu takiben lamine ahşap glulam keşfedilmiş, doğal masif ahşabın düşük yangın dayanımı, haşerelerin zararına açık olması, suya dayanımının az olması ve sürekli bakıma ihtiyacının olması gibi dezavantajlarından sayılan özellikleri iyileştirilmiştir. Yapay reçine tutkalının icadı ve glulam ile üretilen lamine ahşap, doğal masif ahşaptan çok daha büyük, mukavemeti güçlü, daha rijit, statik performansı iyileştirilmiş ahşap elemanların elde edilmesine imkân sunmuştur. Dünyadaki kaynakların giderek tükenmesi sorununun gündeme gelmesiyle de ortaya çıkan sürdürülebilirlik kavramı ve doğal malzemelerin bilinçli üretim tüketim dengesi ve yapı ile çevreye zarar vermeme anlayışı hâkim olmaya başlamıştır. Tüm bunlar olurken bir taraftan yeni lamine ahşap türleri ile yapı birimlerinin farklı bölümlerinde çok daha iyi performans gösterecek lamine ahşap çeşitliliği artmıştır. Amerika, Japonya, Çin, Almanya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde özellikle CLT araştırma, geliştirme ve üretim, kullanım standardizasyonu gibi konularda çalışmalar sürdürülerek ahşap yapılarla ilgili yeni çözüm arayışlarına çalışılmıştır. Özellikle son 20 yıldır tüm dünyada giderek yaygınlaşan ahşap yapı üretimi en yüksek katlı yapı rekabeti üzerinden devam etse de lamine ahşap teknolojisinin imkânları sayesinde çok çeşitli ahşap yapı üretimlerine olanak sağlamıştır. Bu bağlamda tez kapsamında 28 farklı yapı türü incelenmiş, yapı bilgilerine tasarımı veya üretimi üstlenen mimarlık ofislerinden erişilmiştir. Ayrıca yapı hakkında yapı incelemesi yapan www.archdaily.com, www.structurecraft.com,

www.archilovers.com, www.designbuilding_network.com, www.naturallywood.com, www.thinkwood.com, www.woodsolutions.com gibi sitelerden erişilmiştir. Tez kapsamında incelenen yapı örnekleri özellikle yapı çeşitliliği üzerinden seçilmiş, farklı yapı türleriyle de gözden kaçabilen detayları yakalamak için fırsat sunulmuştur. Her bir yapı kendi içinde sorunları ve çözümleriyle bir bütünlük teşkil ederken yeni bakış açıları ve yeni yorumlar konusunda fikir verecektir. Çözümlerle ilgili çizelgeler Çizelge 5.1., Çizelge 5.2., Çizelge 5.3. ve Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

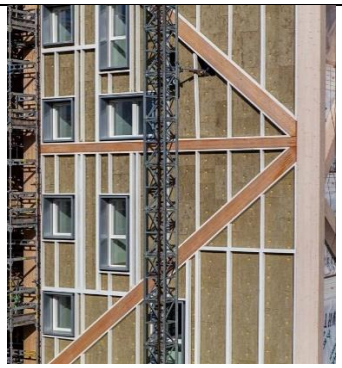
Çizelge 5.1. Yangına Dayanım için Çözümler

Yangın Dayanım için Çözümler	***Vancouver Öğrenci Yurdu (betonarme şaft)***	***Mjosternet Kulesi (cephe)***
Normalden fazla sprinkler kullanımı, Yangının yatay ve dikey olarak yayılmasını kontrol etmek için tüm tesislere ayrı yangın güvenlik sistemleri, Cephede dikeyden yayılmayı engellemek üzere tasarım, Şaftların betonarme tercih edilmesi.		

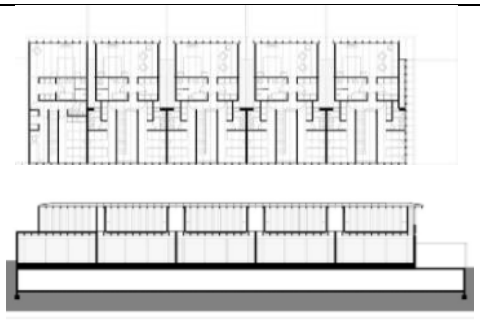
Çizelge 5.2. Suya Dayanım için Çözümler

Suya Dayanım için Çözümler	***25 King Ofis Binası (beton zemin)***	***Mjostarnet Kulesi (Beton pabuç)***
Ahşap binalarda suyla teması kesmek için zemin katın beton tercih edilmesi, Zemine uzanan ahşap kolonların pabuçlarının beton tercih edilmesi,		

Çizelge 5.3. Rüzgâr Salınımı için Çözümler

Rüzgâr Salınımı için Çözümler	***The Tree*** ***(Diyagonal köşe çerçeve)***	***Vancouver Öğrenci Yurdu Binası*** ***Betonarme Şaft***
Betonarme şaft, Katlar arası ve çatıda sistemden bağımsız beton elemanlar kullanılması, Glulam diyagonal çerçeve ile sistemin desteklenmesi.		

Çizelge 5.4. Esneklik ve Modüler Üretim için Çözümler

Esneklik için Çözümler	***San Crescente Konut Topluluğu (Modülasyon ile üretim-76cm lik)***	***Vitsoe Fabrika Binası (Devamlılık için esnek, sürekli tasarım)***
Modülasyon ile üretim, Esnek, bitmemiş ve devamlı değişebilen bir tasarım anlayışı.		

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ahşap neredeyse her kıtada ve hemen her kültürde binlerce yıldır barınak yapımında kullanılmıştır. Geçmişte ihtiyaçlara binaen çeşitli türdeki yapıların inşasında da yaygın olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte bir dönem dünyanın pek çok yerinde geleneksel anlamda ahşabın kullanımı kesintiye uğramıştır. Bu durumun oluşmasında İkinci Dünya savaşı, yangınlar, savaş sonrası hızlı konut ihtiyacı, prefabrikasyonla üretim, ahşabın geniş açıklık ve yüksek kat kısıtlılıkları, kitle iletişim araçları, beton ve çeliğin yaygınlaşması gibi pek çok etken vardır. Çeliğin daha hızlı bir şekilde bozulması ve genleşmeyle daha hızlı çökmesi ahşabın yerine kullanılmasına engel olamamıştır. Aranan geniş açıklık ihtiyacına çeliğin cevap vermesi bu duruma en büyük etkendir. Beton prefabrikasyon yapılar da ahşabın kullanımını olumsuz etkileyen sebeplerdendir. Zamanla yapı hammaddelerinin tükenmeye başlamasının fark edilmesi, daha çevreci yaklaşımların benimsenmesi, sürdürülebilir kavramının ortaya çıkışı yapı üretimine bakış açılarını değiştirmiştir. 1906 yılında Otto Hetzer'in (marangoz ustabaşısı) Almanya'da tutkallı tabakalı taşıyıcıyı üreterek patentini almasıyla ahşabın yapı üretimindeki konumu değişmeye başlamıştır. Yaklaşık 100 yıllık bir geçmişi olan lamine ahşabın özellikle 1990'ların sonlarından itibaren büyük yapılar için bir inşaat malzemesi olarak kullanılması ve 2000'li yıllarla birlikte birkaç kilometre taşı binanın inşasında kullanılması ahşaba bakış açısını yeniden canlandırmıştır. Şaşırtıcı bir biçimde 20. yy yüksek ahşap binalar, gökdelenler gibi rekordan rekora koşmuştur. Ayrıca dikeyde değil yatayda da, çelik desteğiyle 100 metreye kadar geçilen ahşap açıklıklar da (Bkz. Richmond Olimpic Oval) üretime yeni bir yön vermiştir. Günümüzde gelinen noktada ahşap binalar tüm dünyaya dağılmıştır. Çapraz lamine ahşap CLT'nin geleceğin betonu olarak anılması da ahşaba bakış açısını değiştiren etmenlerden biridir. Lamine ahşap ürünlerinin son derece esnek forma dönüşebilmesi bugün mimariyi ve tasarımı nasıl anladığımızı da yeniden şekillendirmektedir. Yüksek derecedeki esnekliği ile betonun aksine kırılmak ve çökmek için büyük deformasyonlara uğramak zorunda olması bir başka avantajlarındandır. Deprem bölgelerinde esnekliği, bağlantı detaylarının sünekliği ve hafifliğiyle iyi performans göstermesi, yanıcı olarak bilinmesine karşın ısıya karşı belli bir süre kendini yalıtma özelliği, temiz derz detayları gibi daha pek çok avantajı vardır. Tüm bunlarla beraber plan şemaları, cephe ve kesitler konusunda oldukça esnek ve sınırlarını en

az diğer malzemeler kadar korkusuzca kullanabilen bir düzeye gelmesi ahşabı çok özel bir konuma taşır. Fakat ön yargılar, yeterli ahşap endüstrisi ve tedarikçisinin olmaması, birçok paydaşın eksikliği, disiplinler arası etkileşim ve işbirliğinin yetersizliği, bilgi ve tasarım örneği eksikliği ve bunlara bağlı maliyetler ülkemizde ahşap yapı üretimini engelleyen en büyük sebepler arasındadır. Bu bağlamda dünyada uygulanan ahşap yapı örneklerini yapı türü çeşitliliği üzerinden farklı tasarım modelleri ile görmek yol göstericidir. Ahşabın tarihsel serüveninin bir parçası olarak geldiği noktayı iyi okuyabilmek de örnekler üzerinden daha anlaşılır olmasını sağlar.

Tez kapsamında ahşabın tarihsel sürecinde gelinen noktanın iyi anlaşılabilmesi için Türkiye'de ve dünyada uygulanan örnekler üzerinden ilerletilmiştir. Sistemin yığma sistemden iskelet sisteme geçerek hafiflemesi ve ardından prefabrikasyonun temelini oluşturan balon ve çerçeve sistemlerin oluşumu incelenmiştir. Akabinde ahşap endüstrisinin OSB, MDF, Kontrplak ve sunta ürünlerine değinilmiş, mimari tasarım bağlamında farklı örnekleri sunulmuş mekâna etkileri görseller ile desteklenmiştir. Daha sonra ise özellikle son 10 yıl üzerinden ahşap lamine yapı örneklerine yer verilmiştir. Örnekliğin yol göstericiliğine inanarak hemen hemen her yapı türünden örneklerin seçimi esas alınmıştır. Bu bağlamda seçilen örnekler dünyada en yüksek katlı ve en geniş açıklıklı ahşap yapıların da dâhil olduğu mimari gelişime katkı sağlayan örneklerdir. Yapı türü örnekleri bakımından ofis, kent kampüsü, spor salonu, konut topluluğu, öğrenci yurdu, sergi binası ve sergi alanı çatısı, ev, apartman, yüzme havuzu, kilise, tenis kortu, müze, şehir merkezi istasyonu, fabrika ve köprü olmak üzere toplamda 28 yapı incelenmiştir.

Yapı türü örnekleri ve mimari gelişime katkıları şu şekilde sıralanabilir;

- *Mjøstårnet kulesi- LifeCycle kulesi-Hoho Viyana kulesi*: Yüksek katlı ahşap yapılar için rekabet oluşturmuştur. Rüzgâr salınımı, yangının düşeyde yayılmasının önlenmesi gibi teknik detaylara çözümler bakımından önem teşkil eder.

- *Tujia Pan kule ve kompleks binası:* Birçok işlevsel binanın ahşapla üretimi, ortaya çıkan sorunlara çözüm yolları bulunması bakımından yol göstericidir. Gelişen

teknolojiyle 3D yazılımlarla ve robotlarla çalışmanın, disiplinler arası işbirliğinin önemini göstermesi bakımından ilham vericidir.

- *Samuel Beckett kent kampüsü:* Yapıyı oluşturan cephe, taşıyıcılar ve ara elemanların çeşitli ahşap malzemelerin (karaçam, sedir, iroko ve huş ağacı) çeşitli yerlerde kullanımına ilişkin bir örnek olması ve bir araya gelişinin örnek yorumu olması bakımından önemlidir.

- *Richmond Olimpik Spor Salon:* Geniş açıklık, çatı örtüsü tasarımı ve açıklık ilişkisi bakımından yol göstericidir.

- *Vancouver öğrenci yurdu binası:* Yüksek katlı olması ve 70 gün gibi kısa bir sürede tamamlanması bakımından şaşırtıcı bir örneklik teşkil eder. Kule örneklerinde olduğu gibi yüksekliğinde rüzgâr yüküne karşı çözüm önerileri bakımından ilham vericidir.

- *Vélizy Morane Saulnier Apartmanı- Forte Apartmanı:* Biyoiklimsel tasarım, kontrollü enerji kullanımı ve karbon depolama gibi hedeflerle yola çıkılan projede bina için kullanılan ahşap artıklarının yine bina içinde yeniden üretilerek kullanılması sürdürülebilir yapı tasarımı örnekliği sunar. Depolanan karbon miktarının bilinmesi, üretilen CLT panellerin sayısının bilinmesi ve bununla ilgili gelecekte üretilecek bir yapı için ortalama tahminlere imkân tanıması bakımından önemlidir. Ayrıca yükseklik ile ilgili problemlere çözüm önerileri de iyi bir örneklik sunar.

- *San Crescente Konut Topluluğu:* Bu proje tipik blokların tek bir çatı altında yeniden yorumlanması fikriyle glulamın işbirliğine dayanır. Farklı bir mimari yorumun lamine ahşabın imkânlarını kullanarak bir modülasyon fikriyle inşa olmuştur. Bu bakımdan farklı ve özeldir.

- *Pitaya Evi ve Hyogo evi:* Proje tasarımında arazi şartlarına göre işçilerin taşıyacağı yük hesabına ve arazide yer alacak ahşabın büyüklüğüne kadar ince hesaplar yapılmış ve tüm bu şartlara göre üretim yapılmıştır. Ayrıca ahşabın kemer olarak oldukça ince elemanlar olarak yeniden yorumu da mimariye yeni bakış açıları sunar.

- *25 King Ofis -T3 Atlanta Ofis Binası-111 East Grand Ofis:* Yükseklik, sökme takma ve yerinde imalat, temiz saha içi gibi konularda yeni bakış açıları sunar. Seviye seviye inşa süreci, prefabrik olması ve birleşimlerin önceden ayarlanması yerinde fire olasılıklarını düşürür.

- *Bellevue Birinci Cemaat Kilise:* Işığın kırık bir duvar yüzeyinden elde edilmek istenmesi üzerine malzemenin adeta bir kâğıdın kıvrılması olarak yorumlanması lamine ahşabın imkânlarını istenilen ölçüde kullanabilmesi bakımından önemlidir.

- *Centre Pompeduo sergi binası ve Motat havacılık müzesi:* Ahşabın oldukça esnek bir formda çatı strüktürünü oluşturması, özgürce kıvrılması yeni bir çığır açmıştır.

- *Fremen's Okulu Yüzme Havuzu*: Islak hacimlerde ahşapla ilgili ön yargıları kırması bakımından önemlidir.

- *Diamond Domes Tenis Korku:* Çatı strüktürünü oluştururken formun rijitliğinin tasarıma katılması ile farklı bir yorum gösterilmiştir. Çatı tasarımı ve strüktürünün birlikte çalışılması ile yeni bir örtü tasarımı bakımından ilham vericidir.

- *Expo Dach Sergi çatısı:* Birkaç ahşap yapı malzemesinin bir araya gelişi ve istenilen çatı örtüsünün oluşturulması için imkânların kullanılması bakımından örnek teşkil eder. Dönemi için büyük bir örtü olması, örtünün özgün tasarımları bakımından ilham vericidir.

- *Vitsoe Ltd&Hq Fabrikası:* Esnek ve büyüyebilen modüler sistemle oluşturulmasıyla kendine hastır. İngiltere'de LVL ile üretilmiş ilk tesis olduğu düşünülmektedir. Ayrıca birçok malzeme ile bir arada kullanımı bakımından örnektir.

- *Agger Nehri Köprüsü:* TCC ahşap ile geçilen açıklık bakımından ve bir yük taşıyan strüktür olması bakımından önemlidir.

- *Brentwood Şehir Merkezi İstasyonu:* 3D tasarım, çelik, glulam ve NLT'nin bir araya gelişiyle çift kıvrımlı bir çatı formu oluşturulmuştur. Ahşabın çeşitli malzemelerle bir araya gelişi ve üretilen çatı strüktürü bakımından özeldir.

- *Tsingtao İnci Ziyareti Merkezi:* Glulamın kolon olarak farklı kullanımı, NLT serbest biçimli çatısıyla özeldir.

- *Chilliwack Ortaokulu:* Çeşitli ahşap ürünlerin bir arada kullanımı ve kendine has örtü tasarımıyla özel ve örnektir.

İncelenen bu örnekler üzerinden dünyada özellikle ahşabın geldiği lamine türleri ve lamine ürünleri ile neler yapıldığının örneklikleri yapı çeşitleri üzerinden gösterilmiştir. Bu kadar çok yapı türü seçilmesindeki amaç yapı türleri ile ortaya çıkan ihtiyaçlara üretilen cevapları sunmaktır. Bu cevaplar bazı yapılardaki detaylar olabilirken, bazen yeniden tartışmaya açılacak sorunlar da olabilir.

Bu çalışmada incelenen örneklerin Türkiye açısından yol gösterici olması umulmaktadır. Üretimin sağlanabilmesi için bir proje grubu oluşturularak mimarlar, mühendislik grupları, yükleniciler, risk yönetim danışmanları ve sigorta şirketleri ile birlikte çalışılabilir. Yönetmelikler ile ilgili bir kurul oluşturularak, gerekli görülen durumlar için yönetmeliklerde esneklik sağlanabilir. Ahşap yapı üretimi için atılan adımlar kapsamında sadece yapılarda kullanılmak üzere orman üretimi sağlanabilir. Bu bağlamda üretici, yüklenici, tasarımcıya ve çeşitli disiplinler arası meslek grubuna ulaşılması ile örnek bir çalışma olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Abdel, H., 2022, https://www.archdaily.com/984711/house-in-koyoen-tomohiro-hata-architect-and-associates?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, erişim: 27.11.2022.

Abrahamsen, R. B. ve Malo, K. A., 2014, Structural Design And Assembly Of "Treet"-A 14-Storey Timber Residental Building İn Norway. New Zealand Timber Design, 22(22), 3-10.

Anonim, 2012, https://www.archdaily.com/230234/motat-aviation-display-hall-studio-pacific-architecture?ad_medium=gallery, erişim: 27.11.2022.

Anonim, 2014, https://structurecraft.com/projects/east-grand-office erişim: 23.11.2022.

Anonim, 2016a, https://www.archdaily.com/795120/bellevue-first-congregational-church-atelierjones, erişim: 11.11.2022.

Anonim, 2016b, https://mg-architecture.ca/project/t3-minneapolis/, erişim:18.11.2022

Anonim, 2016c, https://elementfive.co/the-timber-evolution-mass-timber-is-a-global-movement/, erişim: 22.11.2022.

Anonim, 2017, https://www.orsiad.com.tr/treet-dunyanin-en-uzun-ahsap-binasi.html, erişim: 11.09.2022.

Anonim, 2018a, https://www.archilovers.com/projects/240415/25-king.html#info, 20.09.2022.

Anonim, 2019a, https://www.apawood.org/structural-composite-lumber, erişim: 20.11.2022.

Anonim, 2019b, https://www.archdaily.com/27537/house-k-tham-videgard-hansson-arkitekter, erişim: 06.11.2022.

Anonim, 2019c, https://www.designbuild-network.com/projects/mjosa-tower-mjostarnet/, erişim: 08.11.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devamı)

Anonim, 2019d, https://www.architectmagazine.com/project-gallery/t3-atlanta_o, erişim: 24.11.2022.

Anonim, 2020, https://structurecraft.com/projects/chilliwack-secondary-school, erişim: 22.11.2022.

Anonim, 2022a, https://www.nadaaa.com/portfolio/banq/, erişim: 03.11.2022

Anonim, 2022b, https://www.archdaily.com/987596/chinese-tujia-pan-museum-complex-professor-li-baofengs-studio-of-hust, erişim: 30.08.2022.

Anonim, 2022c, https://www.theplan.it/eng/award-2017-sportleisure/samuel-beckett-civic-campus-1, erişim: 25.10.2022.

Anonim, 2022d, https://www.naturallywood.com/project/richmond-olympic-oval/, erişim: 04.11.2022.

Anonim, 2022e, https://www.thinkwood.com/construction-projects/brock-commons-tallwood-house, erişim: 06.11.2022.

Anonim, 2022f, https://www.woodsolutions.com.au/case-studies/25-king-st, erişim: 07.11.2022.

Anonim, 2022g, https://forum-holzbau.com/nl_pdf/nl177_mikado.pdf, erişim: 07.11.2022.

Anonim, 2022h, https://www.aurecongroup.com/projects/property/25-king, erişim: 07.11.2022.

Anonim,2022i, https://www.archdaily.com/catalog/us/products/29352/the-potential-of-prefabrication-hoho-vienna-hasslacher-group, erişim: 08.11.2022

Anonim, 2022j, https://archello.com/project/velizy-morane-saulnier?dp-2-per-page=10, erişim: 08.11.2022.

Anonim, 2022k, https://www.hsbcad.com/news/mass-timber-constructions, erişim: 10.11.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devamı)

Anonim, 2022l, https://www.archdaily.com/885514/freemens-school-swimming-pool-hawkins-brown, erişim: 11.11.2022.

Anonim, 2022m, https://urbannext.net/diamond-domes/, erişim: 05.11.2022

Anonim, 2022n, https://www.ib-miebach.de/en/projects/timber-bridges/timber-concrete-composite-bridges/timber-concrete-composite-bridge-schiffarth-de.html, erişim: 15.11.2022

Anonim, 2022o, https://www.hkarchitekten.at/en/project/lct-one/, erişim: 15.11.2022

Anonim, 2022ö, https://www.naturallywood.com/project/brentwood-town-centre-station/, erişim: 21.11.2022.

Anonim, 2022p, https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/wood-in-transportation_case-study_naturallywood.pdf, erişim: 21.11.2022

Avlar, E. ve Limoncu, S., 2001, Yapı Malzemesi Olarak Ahşap ve Ahşap Yapı Sistemleri. Yapı 241(12), s. 87-90.

Avlar, E. ve Ustaoğlu, S. S., 2017, Yapı Teknolojisi ve Malzeme, Mimarlık (1-2), s. 393.

Balkan, S., 2019, Assesment OfWood Laminated Material For Housing Producting, Yüksek Lisans Tezi, İzmir Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 117 s.

Bilgin, H., 2009, Ahşap Yapıların Tarihsel Süreç İçindeki Gelişimi ve Günümüzde Ahşap Yapı Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 144s.

Bostancıoğlu, E. ve Birer, E. D., 2004, Ekoloji ve Ahşap- Türkiye'de Ahşap Malzemenin Geleceği, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi (9), s. 37-44.

Bozkurt, Y. ve Kurtoğlu, A., 1979, Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Yapı Elemanları, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 29B(2).

KAYNAKLAR DİZİNİ(devamı)

Brandner, R., Flatscher, G., Ringhofer, A., Schickhofer, G., Thiel, A., 2016, Cross laminated timber (CLT): overview and development. European Journal of Wood and Wood Products volume, s. 331–351.

Brillon, J., 2021,https://www.dezeen.com/2021/12/09/san-crescente-housing-block-santiago-glue-laminated-timber-structure/, erişim: 02.10.2022.

Cansever, T., 1995, Kültürler ve Coğrafi Şartların Ahşap Mimarideki Yansımaları: Kültürler ve Mimariler, Sekron A.Ş. ICOMOS, İstanbul, Uluslarası Ahşap Sempozyumu.

Cavanagh, T., 1997, Balloon Houses: The Original Aspects of Conventional Wood-Frame Construction Re-examined, Journal of Architectural Education, 51(1), s. 5-15.

Ceccotti, A., 2008, New technologies for construction of Medium-Rise Buildings in Seismic Regions:The XLAM Case, Structural Engineering International, 18(2), 156-165.

Coulleri, A., 2022,https://www.archdaily.com/979271/pitaya-house-taller-general-plus-jose-maria-saez?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, erişim: 08.11.2022.

Crockett, L., 2016, https://www.archdaily.com/794170/worlds-tallest-timber-tower-tops-out-in-vancouver, erişim: 17.09.2022.

Dostoğlu, N. ve Güleryüz, M., 2011, Yapıların Strüktürel Sisteminde Malzeme Seçiminin Sürdürülebilir Tasarım Bağlamında Değerlendirilmesi, Mimarlıkta Taşıyıcı Sistemler Sempozyumu, İstanbul.

Eriç, M.,1972, Yapı Malzemesi,2, Kazmaz Matbaası, İstanbul.

Eriç, M., 1994, Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul.

Etherington, R., 2010, https://www.dezeen.com/2010/02/17/centre-pompidou-metz-by-shigeru-ban/ erişim: 12.11.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devamı)

FAO and UNEP,2020, The State of the World's Forests (SOFO), The State of the World's Forests 2020, İtalya, s. 214.

Field, W.,1942, A Reexamination into the Invention of the Balloon Frame, Journal of the American Society of Architectural Historians, 2(4), s. 3-29.

Gong, M.,2019, Lumber-Based Mass Timber Products in Construction. M. Gong, Timber Buildings and Sustainability,Goivanna Concu,s. 1-20.

Gong, M., 2021, Perceptions, Attitudes, and Interests of Architects in the Use of Engineered Wood Products for Construction: A Review, Engineered Wood Products for Construction, H. E. Ilgın ve M. Karjalainen, s. 379-382.

Griffiths, A., 2017, https://www.dezeen.com/2017/11/12/vitsoe-intentionally-unfinished-cross-laminated-timber-headquarters-england-uk-architecture/, erişim: 27.11.2022

Gül, N. ve Mayuk, S. G., 2019, Çağdaş Ahşap Yapım Sistemlerinin Çok Katlı Yapılarda Kullanımının İncelenmesi: The Tree., Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi, s. 588.

Güner, C., Gökşen, F., Koçhan, A., 2017, Sürdürülebilir Kalkınma Modeli için Çevre Duyarlı Yapılarda Malzeme Seçiminin İncelenmesi, Akademia, 3(2), 1-14.

Gürbüz, K.,2020, Çivisiz Cami, 8 Asırdır Ayakta. Sanal Şantiye: https://www.sanalsantiye.com/civisiz-cami-8-asirdir-ayakta/ erişim: 09.11.2022

Halıcıoğlu, F. H. ve Yürekli , B. ,2016, Ahşap-Beton Kompozit Döşemelerin Binalarda ve Köprülerde kullanımı üzerine bir inceleme, dergipark, 109-124.

Hasan, Z.,2017, https://www.archdaily.com/879625/inside-vancouvers-brock-commons-the-worlds-tallest-timber-structured-building, erişim:17.09.2022

Irle, M., Barbu, M. C., Carvalho, L. H., Niemz, P.,2010, Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists, Brunel University Press, England.

Karayılmazlar, S., Tümen, İ., Çabuk, Y., Atmaca, A., 2008, Laminasyonlu Ahşap Kirişlerin Çeşitli Yapılarda Kullanımı, Bartın Orman Fakültesi Dergisi,10(14),s. 13.

KAYNAKLAR DİZİNİ(devamı)

Kudeb, 2009, KUDEB Ahşap Eğitim Atölyesi Geleneksel Ahşap Yapı Uygulamaları. docplayer.biz.tr: https://docplayer.biz.tr/108605899-Kudeb-ahsap-egitim-atolyesi-geleneksel-ahsap-yapi-uygulamalari.html adresinden alınmıştır, erişim: 07.06.2022

Kuilen, J.D., Cecotti, A., C.,Xia, Z., He, M., 2011, Very Tall Buildings with Cross Laminated Timber, ScienceDirect,14,s. 1621-1628.

Ogrin, A. ve Hojzan, T., 2022, Timber-Concrete Composite Structural Elements, Engineered Wood Products for Construction, 14(s. 512-541. DOI: 10.5772/intechopen.99624

Önel, H., 1975, Ahşap ve Yurdumuzda Yöresel Uygulamaları, İstanbul.

Perker, Z. S., 2012,Sistem Yaklaşımı Bağlamında Bir girdi Ve Sistem Olarak Geleneksel Anadolu Konutu, e-Journal of New World Sciences Academy NWSA-Engineering Sciences, 7(2), 554-571. doi:ISSN:1306-3111

Peterson, F.,2000, Anglo-American Wooden Frame Farmhouse in the Midwest, 1830-1900: Origins of Balloon Frame Construction, Perspectives in Vernacular Architecture, 8, s. 3-16.

Pintos, P.,2020, https://www.archdaily.com/934374/mjostarnet-the-tower-of-lake-mjosa-voll-arkitekter?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, erişim: 08.11.2022

Pintos, P., 2022, https://www.archdaily.com/988399/velizy-morane-saulnier-apartments-dream?ad_source=search&ad_medium=projects_tab, erişim: 08.11.2022

Ramage, M., 2017, The wood from the trees: The use of timber in construction, Renewable and Sustainable Energy Reviews, s. 333-359.

Ramage, M. H., Burridge, H., Wichen, M. B. vd., 2017, The Wood From The Trees: The Use Of Timber In Construction, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 68(1),s. 333-359.

Rogers R.,2022, http://www.solaripedia.com/13/402/hannover_pavilion_soars_in_wood_(germany).html erişim: 29.11.2022

KAYNAKLAR DİZİNİ(devamı)

Švajlenkaa, J. ve Kozlovska, M., 2019, Effect of accumulation elements on the energy consumption of wood constructions, Elsevier, 198, s.160-169.

Şenkal, F. ,1997, Konutlarda Dünden Bugüne Ahşap Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi,Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Edirne, 242 s.

Şişman, M. E., 2018, Amerika Birleşik Devletleri'nde Ahşap Evin Gelişimi ve Prefabrik Ev Katalogları, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü,2020, Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2019 Türkiye Raporu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Tobriner, S.,2006, An EERI Reconnaissance Report: Damage to San Francisco in the 1906 Earthquake—A Centennial Perspective. Earthquake Spectra,22(2), s. 11-41.

Vic, M., 2014, https://www.architectureanddesign.com.au/projects/multi-residential/forte-by-lend-lease#, erişim: 10.11.2022