

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

ÇOK KATLI AHŞAP YAPILARDA STRÜKTÜREL KURGUNUN ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Hakan AYDIN

HAZİRAN 2019
TRABZON



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mimarlık Anabilim Dalında
Hakan AYDIN Tarafından Hazırlanan**

ÇOK KATLI AHŞAP YAPILARDA STRÜKTÜREL KURGUNUN ANALİZİ




başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28 / 05 / 2019 gün ve 1806 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Doç. Dr. Nilhan VURAL

Üye : Doç. Dr. Mustafa KAVRAZ

Üye : Doç. Dr. Neslihan GÜZEL


.....

.....

.....

Prof. Dr. Asim KADIOĞLU
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

“Çok Katlı Ahşap Yapılarda Strüktürel Kurgunun Analizi” adlı bu çalışma KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Bilgisi Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın başlangıcından bu yana her aşamada yardımını, özverisini ve bilgi birikimini esirgemeyen; tecrübesiyle bana doğru yolu gösteren saygıdeğer danışman hocam Doç.Dr. Nilhan VURAL’a; yüksek lisans eğitimimde bana kattığı değerli bilgiler için KTÜ Mimarlık Bölümünde aktif görev yapan veya daha önce yolumuzun kesiştiği değerli hocalarıma teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimimde birlikte olduğumuz ve benden yardımlarını esirgemeyen değerli ağabeyim İnşaat Mühendisi Kayserşah ERDEM’e teşekkürü borç bilirim.

Çalışma sürecinde desteğini, şefkatini ve anlayışını fazlasıyla gördüğüm sevgili eşim Kübra AYDIN’a; dünyaya yeni gelen oğlum Mustafa Hamza’ya; beni her zaman destekleyen babam Hasan AYDIN’a; her zaman benim iyiliğimi düşünen annem Ayşe AYDIN’a , desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen ablam Dilek AYDIN ve Ailesine; her zaman yanımda olan kardeşlerim Büşra Betül ve Murat Faruk’a tüm içtenliğimle saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hakan AYDIN

Trabzon 2019

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Çok Katlı Ahşap Yapılarda Strüktürel Kurgunun Analizi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Nilhan VURAL’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/06/2019

Hakan AYDIN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLO DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Amaç ve Kapsam.....	2
1.3. Ahşap Yapı Malzemesi.....	3
1.3.1. Ahşap.....	3
1.3.2. Ahşabın Tarihsel Gelişimi.....	3
1.3.3. Ahşabın Strüktürel Kullanımı.....	4
1.3.4. Endüstriyel Ahşap Yapı Malzemesi.....	5
1.3.5. Endüstriyel Ahşap ile Yapı Üretimi.....	5
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Literatür Çalışması.....	7
2.1.1. Çok Katlı Ahşap Yapılar.....	7
2.1.1.1. Çok Katlı Ahşap Yapıların Tarihi.....	7
2.1.1.2. Çok Katlı Ahşap Yapılarda Kullanılan Malzemeler.....	14
2.1.1.2.1. Yapısal Ahşap Ürünler ve İlgili Standartlar.....	15
2.1.1.2.2. Çapraz Lamine Ahşap (Cross Laminated Timber - CLT)	16
2.1.1.2.2.1. Tanım.....	16
2.1.1.2.2.2. Panel Üretimi.....	17
2.1.1.2.2.3. Nem Miktarı.....	18
2.1.1.2.2.4. Tabakalanma Boyutları.....	18
2.1.1.2.2.5. Tutkallar ve Tutkal Uygulama.....	18

2.1.1.2.2.6.	Presleme.....	19
2.1.1.2.2.7.	Standartlar.....	19
2.1.1.2.2.8.	Avrupalı Üreticiler.....	20
2.1.1.2.3.	Tutkallı Tabakalı Ahşap (Glulam).....	20
2.1.1.2.3.1.	Glulam Üretimi.....	21
2.1.1.2.3.2.	Ahşap Seçimi.....	22
2.1.1.2.3.3.	Nem Miktarı.....	22
2.1.1.2.3.4.	Tabakalanma Boyutları.....	23
2.1.1.2.3.5.	Tutkallar ve Tutkal Uygulama.....	23
2.1.1.2.3.6.	Presleme.....	23
2.1.1.2.3.7.	Kesim.....	24
2.1.1.2.3.8.	Paketleme ve Sevkiyat.....	24
2.1.1.2.4.	Çivili Lamine Ahşap (Nail Laminated Timber - NLT).....	24
2.1.1.2.5.	Ağaç Çivili Lamine Ahşap (Dowel Laminated Timber - DLT).....	26
2.1.1.2.6.	Lamine Kaplama Ahşap (Laminated Veneer Lumber - LVL)	27
2.1.1.3.	Çok Katlı Ahşap Yapılarda Strüktürel Kurgu.....	28
2.1.1.3.1.	Panel Sistem.....	28
2.1.1.3.2.	Dikme-Kiriş Sistemi.....	30
2.1.1.3.3.	Dikme -Panel Sistemi.....	31
2.1.1.3.4.	Geliştirilmiş Platform Sistem.....	31
2.1.1.3.5.	Karma Sistem.....	32
2.1.1.4.	Çok Katlı Ahşap Yapıların Yangın Dayanımı.....	32
2.1.1.5.	Çok Katlı Ahşap Yapıların Deprem Dayanımı.....	33
2.1.1.6.	Çok Katlı Ahşap Yapıların Fiziksel Performansı.....	35
2.1.1.6.1.	Su ve Rutubet Yalıtımı.....	35
2.1.1.6.2.	Isı Yalıtımı.....	36
2.1.1.6.3.	Ses Yalıtımı.....	37
2.2.	Analiz Çalışmaları.....	38
2.2.1.	Veri Toplama ve Örneklerin Seçimi.....	38
2.2.2.	Yapıların Analiz Tablolarının Oluşturulması.....	38
2.2.2.1.	Yapıya Ait Bilgiler.....	39
2.2.2.2.	Strüktür Sistemi Bilgileri.....	39

2.2.2.2.1.	Ahşap Strüktür Eleman Bilgileri.....	39
2.2.2.2.2.	Ahşap Döşeme Bilgileri.....	39
2.2.2.2.3.	Ahşap Elemanların Birleşimi.....	39
2.2.2.2.4.	Yangın Dayanım Özellikleri.....	39
2.2.3.	Yapı Analiz Tabloları.....	40
3.	BULGULAR VE İRDELEME.....	96
3.1.	Strüktür ve Yapı Yüksekliği İlişkisi.....	98
3.2.	Strüktür ve Yapı Kullanım Amacı İlişkisi.....	99
3.3.	Strüktür - Ahşap Malzeme İlişkisi.....	100
3.4.	Düşey Sirkülasyon- Yapı Kullanım Amacı İlişkisi.....	102
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	103
4.1.	Ahşap Malzeme ile İlgili Sonuçlar.....	103
4.2.	Strüktür Sistemi ile İlgili Sonuçlar.....	104
4.3.	Yangın Dayanımı ile İlgili Sonuçlar.....	105
4.4.	Öneriler.....	106
5.	KAYNAKLAR.....	107

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

ÇOK KATLI AHŞAP YAPILARDA STRÜKTÜREL KURGUNUN ANALİZİ

Hakan AYDIN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Nilhan VURAL
2019, 115 Sayfa

Yenilenebilir bir kaynak olan ahşap malzeme daha az karbon ayak izine sahip olması, üretiminde daha az enerji gerektirmesi ve daha az su kirliliğine neden olmasından dolayı tercih edilmektedir. Ahşap yapılar giderek artan değerinde karbonu bünyelerinde depolayarak, diğer inşaat malzemeleri ve inşaat faaliyetlerinin saldığı sera gazlarını dengelerler. Bu nedenle yapılarda ahşabın kullanılması önemlidir. Ahşap malzeme, özellikle ahşabın endüstriyel olarak kullanımına bağlı olarak strüktürel anlamda pek çok avantaja sahiptir ve geniş açıklıklı yapılarda ve çok katlı yapılarda kullanımı son zamanlarda giderek yaygınlaşmıştır.

Beş ve daha fazla kata sahip olan ahşap yapılar, çok katlı ahşap yapı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, çok katlı ahşap yapıların strüktür kurgusunu ve bu kurguda yer alan yapı malzemelerini ve elemanları analiz etmek, yapısal ahşabın ülkemizde kullanımına yönelik farkındalık yaratmak ve ahşabın çok katlı yapılarda kullanımına yönelik bir kaynak oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda 18 adet çok katlı ahşap yapı incelenmiş, bu inceleme sonunda farklı ahşap malzemelerden farklı strüktürel kurguların oluşturulabileceği, strüktür kurgusunu özellikle kat sayısının ve yüksekliğinin belirlediği, 10 kata kadar olan yapılarda strüktürel kurguda tümüyle ahşap CLT panel sistem kullanılırken, genellikle 10 kattan fazla inşa edilen yapılarda daha çok dikme-kiriş sistemlerinin uygulandığı, yapıların strüktürlerinde en çok tutkallı tabakalı ahşap (glulam) ve çapraz lamine ahşap (CLT) yapı malzemelerinin kullanıldığı, betonarmenin ve çeliğin ahşap malzeme ile birlikte kullanıldığı hibrit strüktürlerin de yangın ve buna bağlı yönetmeliklere bağlı olarak tercih edildiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Ahşap çok katlı yapı, Ahşap strüktür, Çapraz lamine ahşap, Tutkallı tabakalı ahşap*

Master Thesis

SUMMARY

ANALYSIS OF STRUCTURAL SYSTEM IN MULTI-STOREY WOOD
STRUCTURES

Hakan AYDIN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Architecture Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Nilhan VURAL
2019, 115 Pages

Wood, a renewable source, is preferred because it has less carbon footprint, requires less energy in its production and causes less water pollution. Wooden structures store increasingly carbon in their bodies, balancing the greenhouse gases released by other construction materials and construction activities. Therefore, the use of wood in buildings is important. The wood material has many structural advantages, especially due to the industrial use of wood, and its use in large-span structures and multi-storey buildings has become increasingly widespread.

Buildings with five or more floors are defined as multi-storey wooden structure. The aim of this study is to analyze the structure system of multi-layered wooden structures and the building materials and elements in this fiction, to create awareness for the use of structural wood in our country and to create a resource for the use of wood in multi-storey buildings. For this purpose, 18 multi-storey wooden structures were investigated. In wooden multi-storey buildings, the structural construction determines the number of storeys and height. In the structure of buildings up to 10 floors, completely wooden cross laminated panel system is used. The most glued laminated timber (Glulam) construction materials are used in the structures. Hybrid structures in which concrete and steel are used together with wood are also preferred depending on the fire and related regulations.

Key Words: *Wood multi-storey construction, Wood structure, Cross laminated timber, Glued laminated timber*

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Ağacın gövde kesiti.....	3
Şekil 2.1. Horyu-Ji Pagodası.....	8
Şekil 2.2. Kelly Douglas Binası.....	8
Şekil. 2.3. Büyükada Rum Yetimhanesi.....	9
Şekil 2.4. Ahmet Afif Paşa Yalısı.....	9
Şekil 2.5. Çok katlı ahşap yapılar.....	11
Şekil 2.6. Stadthaus ve Mjostarnet yapıları.....	12
Şekil 2.7. Son 5 yılda yapımı tamamlanan yapılar.....	13
Şekil 2.8. Yapımı tamamlanan ve proje halindeki yapılar.....	14
Şekil 2.9. Çok katlı ahşap yapılarda kullanılan malzemeler.....	15
Şekil 2.9. Kereste tabakalanması.....	17
Şekil 2.10. Panel üretim aşamaları.....	17
Şekil 2.11. Glulam üretim şeması.....	21
Şekil 2.12. Çivili lamine ahşap elemanlar.....	25
Şekil 2.13. NLT ile inşa edilen Tsingtao Pearl Ziyaretçi Merkezi Yapısı tavanı.....	25
Şekil 2.14. Ağaç çivili lamine ahşap elemanlar.....	26
Şekil 2.15. T3 Atlanta yapısı DLT panel kullanımı.....	27
Şekil 2.16. Lamine kaplama ahşap ürünler.....	27
Şekil2.17. Panel Sistem	29
Şekil 2.18. Çapraz Gergi Elemanı İle Desteklenen Dikme Kiriş Sistem	30
Şekil 2.19. Asma Döşemeli Platform Sistem	31
Şekil 2.20. CLT Panel test yangını ve kömürleşme koruması.....	32
Şekil 2.21. Ahşap Kömürleşme Koruması.....	33
Şekil 2.22. 7 katlı yapı sismik testi.....	34
Şekil 2.23.NEES-Wood Capstone projesi sismik testi.....	34
Şekil 2.24. Ahşap yapı için difüzyon ve konveksiyonun gösterimi.....	36
Şekil 2.25. Birleşim detaylarının ses yalıtımına etkisi.....	37

TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Yapı Analiz Tablosu Örneği.....	40
Tablo 2.2. Woodcube Yapısı.....	42
Tablo 2.3. 3Xgrün Yapısı.....	45
Tablo 2.4. Illwerke Zentrum Montafon Yapısı.....	48
Tablo 2.5. E3 Yapısı.....	51
Tablo 2.6. H8 Yapısı.....	54
Tablo 2.7. Carbon 12 Yapısı.....	57
Tablo 2.8. T3 Minneapolis Yapısı.....	60
Tablo 2.9. Puukuokka Yapısı.....	63
Tablo 2.10. Life Cycle Tower One Yapısı.....	65
Tablo 2.11. Cenni di Cambiamento Yapısı.....	68
Tablo 2.12. Wood Inovation Design Centre Yapısı.....	72
Tablo 2.13. Stadthaus Yapısı.....	75
Tablo 2.14. Forte Yapısı.....	78
Tablo 2.15. Tamedia Yapısı.....	81
Tablo 2.16. Treet Yapısı.....	84
Tablo 2.17. UBC Brock Commons Yapısı.....	87
Tablo 2.18. Hoho Wien Yapısı.....	90
Tablo 2.19. Mjostarnet Yapısı.....	93
Tablo 3.1. İncelenen Yapılar.....	97
Tablo 3.2. Strüktür – Yapı Yüksekliği İlişkisi.....	98
Tablo 3.3. Strüktür – Yapı Kullanım Amacı İlişkisi.....	99
Tablo 3.4. Strüktür – Ahşap Malzeme İlişkisi.....	100
Tablo 3.5. Strüktür – Döşeme Elemanı İlişkisi.....	101
Tablo 3.6. Düşey Sirkülasyon - Yapı Kullanım Amacı İlişkisi.....	102

SEMBOLLER DİZİNİ

CLT	: Cross Laminated Timber - Çapraz Lamine Ahşap
Glulam	: Glued Laminated Timber - Tutkallı Tabakalı Ahşap
LVL	: Laminated Veneer Lumber – Lamine Kaplama Kereste
NLT	: Nail Laminated Timber – Çivili Lamine Ahşap
DLT	: Dowel Laminated Timber – Ağaç Çivili Lamine Ahşap
DIN	: Deutsches Institut für Normung
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
m	: metre
m ²	: metrekare
cm	: santimetre
cm ²	: santimetrekare
mm	: milimetre
mm ²	: milimetrekare
m ³	: metreküp
N	: Newton
gr	: gram
kg	: kilogram
MPa	: megapascal
C	: celcius
dk	: dakika

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Sürdürülebilirlik, mimari için son yıllarda en çok konuşulan kavramların başında gelmektedir. Yapı sektörü, hem yapı elemanlarının imal edilmesinde hem de yapıların inşa aşamasında harcanan enerji ve sonrasında oluşan olumsuz etkiler açısından değerlendirmeler yapmakta; bu etkilerin ve kullanılan enerjinin en düşük seviyelere çekilmesi hedeflenmektedir. Bu bağlamda yapılar proje aşamasında çevre etki değerlendirmeleri yapılarak ve teknolojinin son imkanlarından yararlanılarak üretilmektedir.

Günümüzde inşaat sektörü kullandığı teknolojinin sonucu olarak yüksek oranda doğal kaynak ve enerji tüketimi gerektiren, bunun yanında birçok zararlı madde içeren büyük miktarda malzemeyi kullanıp yapıların bünyesine depolayarak çeşitli çevre sorunlarına yol açmaktadır [1].

20. yüzyılın başlarında ahşabın büyük oranda terkedilerek beton ve çelik sistemlerin kullanılması, dayanıklı yapılar elde etmek ve yangına karşı önlem olarak getirilmiş bir çözümdü. Ancak sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kaynakları, sera gazları, küresel ısınma gibi çevresel kavramların yapı üretimindeki etkileri nedeniyle günümüze kadar kullanılagelen yapı malzemeleri üzerine yeniden düşünölmeye başlanmıştır [2].

Sürdürülebilirlik kavramına ilişkin ekolojik anlamdaki tartışmalar ve çözüm arayışları, çevre ve özellikle yapısal çevrenin oluşturulmasında temel faktör olan malzeme kavramları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sağlıklı ekolojik bir çevre, sürdürülebilir bir yaşam elde edebilmek ve sera gazlarındaki artışa bağlı olarak gelişen küresel ısınma gibi olumsuz gelişmeleri engellemek için alınabilecek önlemlerin en başında, yapımda teknolojinin sağladığı olanaklar doğrultusunda yapı malzemelerinin seçimi ve geliştirilmesi gelmektedir. Çünkü yapı endüstrisi dünyanın toplam enerjisinin kabaca % 40'ını kullanmaktadır [2].

Gelecekte daha da fazla insanın kentlerde yaşayacağı gerçeği bu olumsuz gelişmeyi önlemek üzere, “sürdürülebilir ve ekolojik inşaat” kavramını gündeme getirmiştir. Ekolojik inşaat konusunda çoğunluğu gelişmiş ölkelerde olmak üzere çözüm üretmeye yönelik birçok araştırma yürütölmekte ve doğal bir yapı malzemesi olarak ahşabın konut alanında

kullanımını yaygınlaştırmayı amaçlayan yeni yaklaşımlar geliştirilerek destekler sağlanmaktadır. Bunun sonucu olarak son yıllarda Avrupa inşaat teknolojisinde ham maddesi ahşaba dayalı yapı malzemelerinin yeniden önem kazanmakta olduğu gözlenmektedir [3].

Ahşabın yenilenebilir bir kaynak olması, yapısal kompozit ahşap malzemenin üretiminde diğer strüktürel malzemelere göre daha az enerji harcanması ahşap malzemenin yapı üretiminde kullanılması için en büyük tercih sebebi olmaktadır.

Köklü geleneği ile ahşap, ülkemizin sosyo-ekonomik yapısına uygun bir ham maddedir. Endüstriyel ön üretime, depolanmaya, hızlı kurulmaya uygundur. En az atık ve minimum yenilenemez kaynak tüketimi ile gerçekleştirilebilen ön üretimli elemanlarla oluşturulan mekânların değiştirilebilmesi, düzenlemede esneklik sağlanması ve elemanların yeniden kullanılabilmesi mümkündür. Bu elemanlar başka sistemlerle birlikte kullanılabilir, kademeli inşaata, kendin-yapı metotlarına uygun üretilebilir. Ülkemiz için gerekli basit eleman bağlantıları, nakliyeğe uygun eleman boyutları, hızlı ve kolay montaj ihtiyacı ve deprem dayanıklılığına cevap verebilir [3].

Sürdürülebilirlik kapsamında ahşaba göre yetersiz kalan betonarme ve çelik strüktürlü yapılar yerine, sadece ahşap veya diğer malzemeler ile beraber hibrit olarak kullanılan ahşap yapılar üretilmeye başlanmıştır. Geleneksel ahşabın fiziksel özellikleri iyileştirilerek üretilen yapısal kompozit ahşap ile birlikte çok katlı ahşap yapı üretimi mümkün hale gelmiştir.

1.2. Amaç ve Kapsam

18 adet çok katlı ahşap yapının incelendiği bu çalışmanın amaçları;

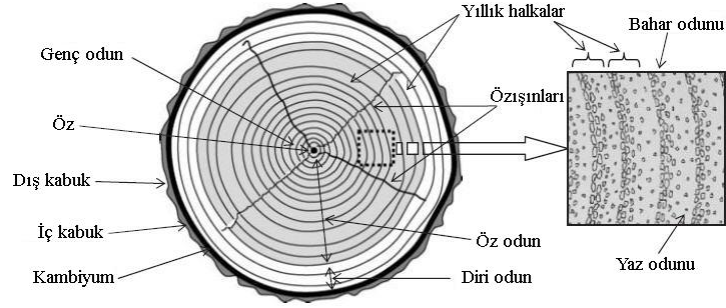
1. Çok katlı ahşap yapıların strüktür kurgusunu ve bu kurguda yer alan yapı malzemelerini ve elemanlarını analiz etmek; bu yapıların yangın, deprem ve fiziksel performanslarını ortaya koymak,
2. Yapısal ahşabın ülkemizde kullanımına yönelik farkındalık yaratmak,
3. Ahşabın çok katlı yapılarda kullanımına yönelik bir kaynak oluşturmaktır.

Bu çalışma kapsamında 2008 – 2019 yılları arasında inşa edilen 18 adet çok katlı ahşap yapı incelenmiştir. Halen inşası devam eden yapılar kapsam dışı bırakılmıştır.

1.3. Ahşap Yapı Malzemesi

1.3.1. Ahşap

Ağaç gövdesinin çap kesiti incelendiğinde, ağacın fiziki yapısı merkezden dışa doğru; öz ve öz ışınları, odun ve yıl halkaları, kambiyum, iç kabuk ve dış kabuktan oluşmaktadır (Şekil1.1). Ağaç hücreleri ince, uzun ve içleri boş borucuklar şeklinde olup bunlara lif denir. Ağaç kimyasal olarak, % 40-50 oranında selüloz, % 20-30 oranında hemiselüloz, % 20-30 oranında lignin ve az oranlarda albümin, eteri yağlar, karbonhidrat, mineral tuz, mum, reçine, tanen ve renk veren maddelerden oluşmaktadır. Bu kimyasal maddelerden ağacın büyük bir bölümünü oluşturan selüloz ve lignin, ağaca mukavemetini veren ana maddelerdir [4].



Şekil 1.1. Ağacın gövde kesiti [4]

Canlı bir organizma olan ağaçtan elde edilen lifli, heterojen ve anizotrop yapı malzemesine ahşap denir. Yenilenebilir özelliğine sahip ahşap, kendi ağırlığına oranla çok daha fazla miktarlardaki yükleri taşıyabilmektedir. Ayrıca ahşap, geniş bir renk, desen ve görünüm yelpazesine sahip olup hem taşıyıcı olarak hem de kaplama elemanı olarak, hatta her ikisini birden kullanıcılara sunan bir malzemedir [5].

1.3.2. Ahşabın Tarihsel Gelişimi

Ahşap, insanoğlunun barınma gereksinimini karşılamak için kullandığı ilk yapı malzemelerinden biridir. Önceleri yapıda ahşap yığma sistem kullanılırken daha sonraları

ahşap karkas sisteme geçilmiştir. Geçmişin zamana bağlı ve geleneksel bir gelişme gösteren malzeme seçimi ve detaylandırılması arasında çok az farklılıklar görülmektedir. 1830'lu yıllarda Kuzey Amerika Chicago'da "Baloon Frame" ahşap yapım tekniği ortaya çıkmıştır. Kurulan atölyeler ile sistemde kullanmak için gerekli küçük boyutlu ahşap elemanlar ekonomik olarak üretilmiştir. Bu dönemde duvar döşeme kaplamasında kullanılacak olan kontraplak üretimidir. Kontraplak ile başlayan diğer ahşap plakaların üretimi, yapıda kullanılmayacak kadar küçük parça ahşabın ekonomiye kazandırılmasını ve yapıda kullanılmasını sağlamıştır [5, 6].

Endüstri devrimi tüm malzemelerde olduğu gibi ahşapta da büyük değişiklikler gündeme getirmiş, malzeme ve işlemede seri ve temiz işçilik sağlanmıştır. Yeni üretimle, ahşabın organik yapısına yer yer yapılan müdahaleler bazen de katkı maddelerinin ilavesi ile ahşabın dayanıklılığı ve fiziksel özellikleri geliştirilmiştir. İlk talaş levha 1908'de Avusturya'da Heraklith adı altında ilk lif levha 1915'te Amerika'da ve ilk yonga levha 1941'de Torfit-Werke firması tarafından üretilmiştir. Yoğunlaştırılmış ve emprenye edilmiş masif ahşap ise II. Dünya Savaşı sonrası çelik endüstrisinde başlayan sıkıntı sonucu ve plastik esaslı tutkalların geliştirilmesi ile yapıya girmiştir [5, 6].

Günümüzde dünyanın çeşitli yerlerinde ahşap malzeme geleneksel yöntemlerle uygulanmaya devam etmektedir. Diğer yandan özellikle son elli yıldır ahşap üretiminde ve yapım teknolojisinde radikal değişiklikler olmakta, minimum ahşap malzeme ve bileşen kullanımı ile minimum strüktür ağırlığı olan yapılar tasarlanmakta ve üretilmektedir [5].

1.3.3. Ahşabın Strüktürel Kullanımı

20. yüzyılın başlangıcıyla birlikte batı ülkelerinde inşaat sahasına giren çelik ve betonarme yapım sistemleri karşısında kısa bir duraklama dönemi geçiren ahşap, daha sonra yeni koruma ve kullanma teknikleriyle söz konusu malzemelere oranla ilk tesis ve bakım masraflarının düşük olması sebebiyle tercih edilen ve kullanılmaya tekrar başlanan bir yapı malzemesi olmuştur. Tutkallı tabakalı ahşap teknolojisiyle imal edilen konstrüksiyonlar, mantar ve böcek tahribatına, şekil - boy değişikliklerine ve yangına karşı korunarak büyük açıklıkların geçilebilmesi; ahşabın başta strüktürel malzeme olarak kullanım alanının yaygınlaşmasını sağlamıştır. [5, 7].

1.3.4. Endüstriyel Ahşap Yapı Malzemesi

Genel olarak ahşap parça, tabaka, kereste, yonga ve ahşap liflerin bağlayıcı maddeleri ile çeşitli şekillerde fabrika ortamında bir araya gelmesiyle oluşan, homojen ve izotrop malzemeye endüstriyel ahşap denir. Ağaçlardan azami ölçüde yararlanmayı sağlayan endüstriyel ahşap doğal ahşaba göre daha üstün strüktürel ve statik özelliklere sahiptir. Endüstriyel ahşap teknolojisi, dünyada azalmakta olan orman kaynaklarının ahşap endüstrisinde daha akılcı bir şekilde kullanılmasını sağlamanın yanı sıra, tüketiciyi memnun edecek ve ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte ürünler elde edilmesine imkan vermektedir. İşlenmiş ahşap ürünleri; kullanım ve işlenebilme kolaylıkları, ucuz oluşları, atık ahşapların değerlendirilebilmesi ve geri dönüştürülebilir özellikleri bakımından çevreye olumlu katkıları nedeniyle giderek artan bir öneme sahiptir [5, 7].

Endüstriyel ahşap ürünleri; kaplamalık levhalar, kontraplak, kontratabla, yonga levhalar, lif levhalar, talaş levhalar, lamine ahşap kaplama (laminated veneer lumber - LVL), tabakalı yonga ahşap (laminated strand lumber - LSL), paralel yonga ahşap (parallel strand lumber - PSL), yönlendirilmiş yonga ahşap (oriented strand lumber - OSL), tutkallı tabakalı ahşap ya da tutkallı lamine ahşap (glued laminated timber - Glulam), çapraz lamine ahşap (cross laminated timber - CLT), çivili lamine ahşap (nail laminated timber - NLT), ağaç çivili lamine ahşap (dowel laminated timber - DLT), olarak sıralanabilir.

Endüstriyel ahşap ürünleri bir çok amaçla tercih edilmektedir. Bir kısmı dekorasyon, mobilya ve iç tasarımlarda kullanılırken, bir kısmı taşıyıcı olmayan ancak bölücü nitelikte olarak yapının birçok bölümünde yer almaktadır. Yapılarda taşıyıcı eleman olarak en yaygın tutkallı tabakalı ahşap (Glulam) ve çapraz lamine ahşap (CLT) kullanılmaktadır [7].

1.3.5. Endüstriyel Ahşap ile Yapı Üretimi

Endüstriyel ahşap yapılar, II. Dünya Savaşı sonrasında büyüyen konut açığının kapatılmasında ve doğal afetler sonucu evsiz kalan bireylerin hızlı konut ihtiyacının karşılanmasında büyük ölçüde kullanılan bir sistem olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri'nin II. Dünya Savaşına aktif olarak katılmasından sonra Fransa'da geliştirilen önyapımlı sistem, Amerika'da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kendi kendini

taşıyabilen bu sistemde çatı ve tavan önyapım panellerden oluşmuştur. Tasarımda ise istenilen büyüklükte paneller kullanılmasıyla standart konut tasarımındaki sınırlamalar ortadan kaldırılmıştır. Dikdörtgen panellerden oluşan sistem tek katlıdır [5].

Çok katlı yapı üretiminde ahşap sistemlerin sınırlı olanaklar sunması, yangına karşı direncinin düşüklüğü, biyolojik bozulmalara açık olması, ahşap kullanımının ormanları yok etmesi gibi ortaya çıkan yargılar Türkiye’de ahşap sistemlerin yapı üretiminde kullanımını engellemiştir. 1970 sonrası yaşanan hızlı kentleşmeye paralel betonarme sistemler tek seçenek olarak görülmüştür. Bu süreçte usta-çırak ilişkisi ile oluşmuş olan geleneksel ahşap yapım tekniği unutulmuş ve ahşap yapı ustaları yok olmuştur [5].



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Literatür Çalışması

2.1.1. Çok Katlı Ahşap Yapılar

Beş ve daha fazla kata sahip olan ahşap yapılar çok katlı ahşap yapı olarak adlandırılmaktadır.

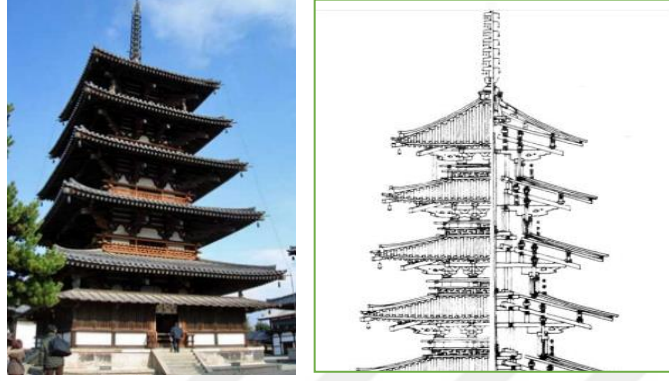
Çok katlı ahşap yapıların strüktür kurgusundaki nerdeyse elemanların genellikle tümü prefabrik olarak üretilip, şantiyede monte edilmektedir. Prefabrike bölümler şantiyeden önce üretilmekte, şantiyeye gönderilip ve şantiyede monte edilmektedir, bu proje süresini önemli ölçüde kısaltmıştır. İş güvenliği açısından üretim prefabrike olması daha güvenli bir inşaat sürecinin gerçekleşmesini, şantiyedeki üretimden kaynaklı hataların en aza indirilerek daha kaliteli ürünler ortaya çıkmasını sağlamıştır. Ahşabın doğal ısı yalıtımı özelliği sayesinde, çok katlı ahşap yapılar, yüksek binalar için kritik olan ısı yalıtım performansı sunmaktadır. Yapısal ahşap malzemeler dıştan kömürleşerek yanıp taşıyıcı iç kısmını koruduğu için yangın performansları iyidir. Ahşap diğer strüktür malzemelerine göre hafif olduğu için sismik kuvvetlere daha az maruz kalmakta bu da yapının deprem performansını arttırmaktadır. Sürdürülebilir ve enerji verimliliği yüksek olan yapılara ilginin artması ile çok katlı ahşap binalara yönelik potansiyelin artması beklenmektedir [8].

2.1.1.1 Çok Katlı Ahşap Yapıların Tarihçesi

Ahşap; yüksek dayanım-ağırlık oranı, montaj kolaylığı ve bulunabilirliği nedeniyle uzun yıllardır tercih edilen, doğal bir yapı malzemesidir.

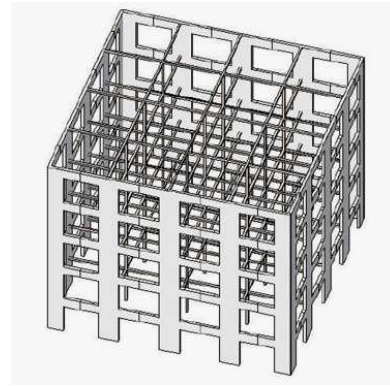
Çok katlı ahşap binalar, yüzyıllardır vardır. 1400 yıl önce Japonya'da inşa edilen çok katlı pagodalar; ağır depremlere, güçlü rüzgarlara ve nemli iklime rağmen bugün hala ayakta. Yingxian Pagodası'nın Çin'de yaşayan en eski büyük ahşap bina olduğuna inanılmaktadır. Bina, M.S. 1056 civarında inşa edilmiştir ve 67 metre yüksekliğe sahiptir. Japonya'nın Nara kentinde bulunan 5 katlı ahşap Horyu-Ji Pagodası 32,5 metre yüksekliğe

sahiptir. Bu tapınak, M.S. 711 civarında inşa edilmiştir ve günümüzde ayakta duran en eski pagoda kabul edilmektedir (Şekil 2.1) [9].



Şekil 2.1. Horyu-Ji Pagodası [6, 7]

1900'lerin başlarında çok katlı ahşap yapılar, “tuğla ve kiriş” strüktür sistemi ile inşa edilmiştir. O dönemde yaygın olduğu şekliyle dış duvarlarda tuğla ya da taş; iç kısımda ise ahşap dikme ve kirişten oluşan strüktürler kullanılmıştır. 20. yüzyılın başlarında bugün hala hizmette olan birçok yüksek ahşap bina örneği bulunmaktadır. Şekil 2.2’de Vancouver / Kanada’da 1905’te inşa edilen ve 1988 yılında yenilenen Kelly Douglas Binası yer almaktadır. Yapı, ahşap çerçeve sistemle inşa edilmiştir ve 30 m yüksekliğe sahiptir.



Şekil 2.2. Kelly Douglas Binası [12]

Ülkemizde de 1898-1899 yıllarında mimar Alexandre Vallaury tarafından tasarlanan Büyükaada Rum Yetimhanesi Fransız şirket tarafından otel ve kumarhane olarak yaptırılmış olup, II. Abdülhamit zamanında işletme izni verilmeyen yapı Fener Rum Patrikhanesine hibe

edilmiştir. 1960 yıllarında kapatılan bina günümüze kadar atıl durumda kalmıştır (Şekil 2.3). Zemin katla birlikte beş katlı olarak inşa edilen yapı yan bölümlerinde kat sayısı altıya çıkan yapı, 102 metre uzunluğuyla tamamen ahşaptan inşa edilmiştir [5].



Şekil. 2.3. Büyükada Rum Yetimhanesi [13, 14]

1901 yılların başında mimar Alexandre Vallaury tarafından tasarlanan Ahmet Afif Paşa Yalısı, ülkemizdeki en eski çok katlı ahşap yapılarıdandır (Şekil 2.4). Zemin kat yığma taş olup, iki normal ve bir çatı katı ahşap karkas olarak inşa edilmiştir.

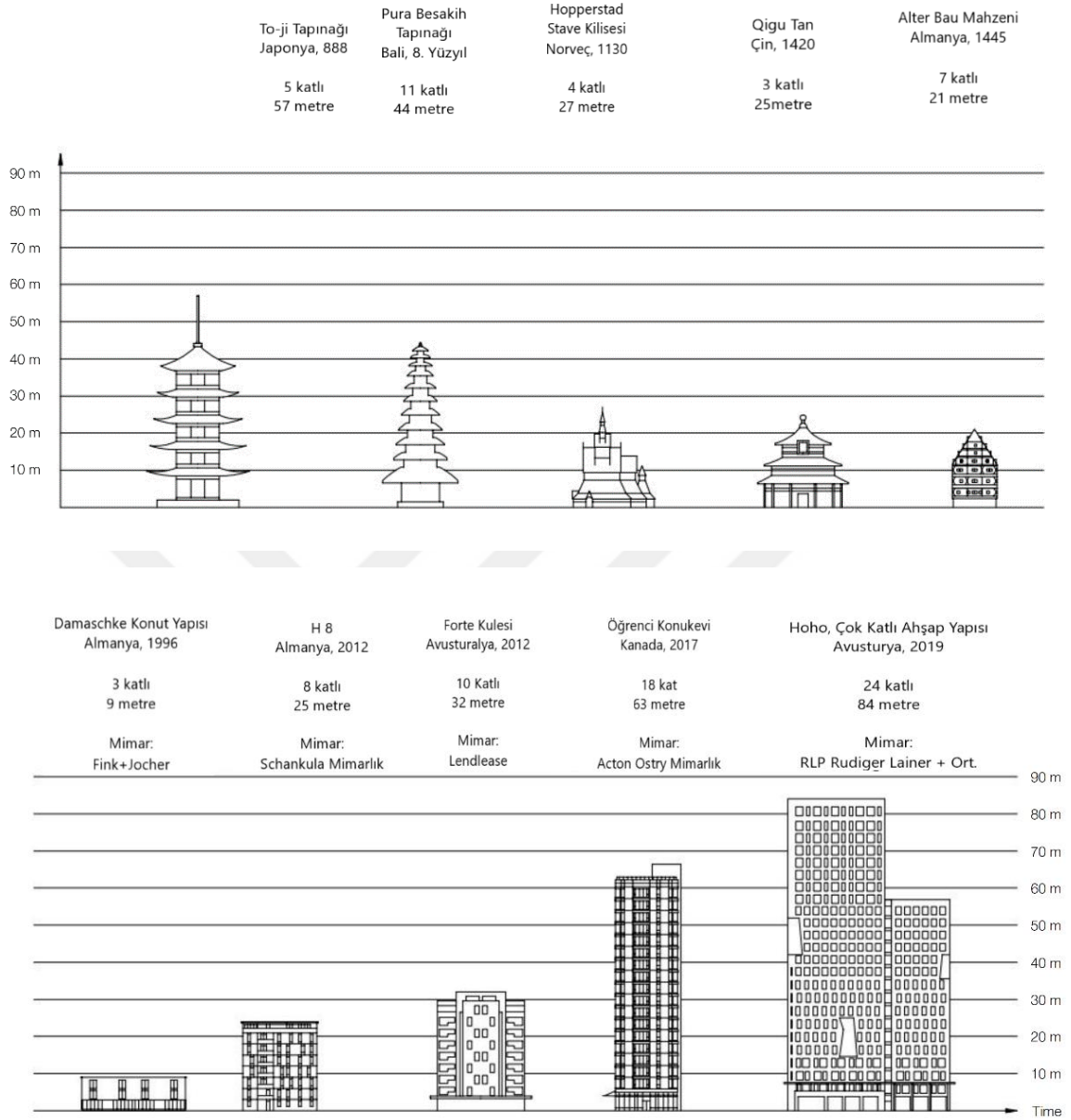


Şekil 2.4. Ahmet Afif Paşa Yalısı [15]

20. yüzyılın başlarında ahşabın büyük oranda terkedilerek beton ve çelik sistemlerin kullanılması, dayanıklı yapılar elde etmek ve yangına karşı önlem olarak getirilmiş bir

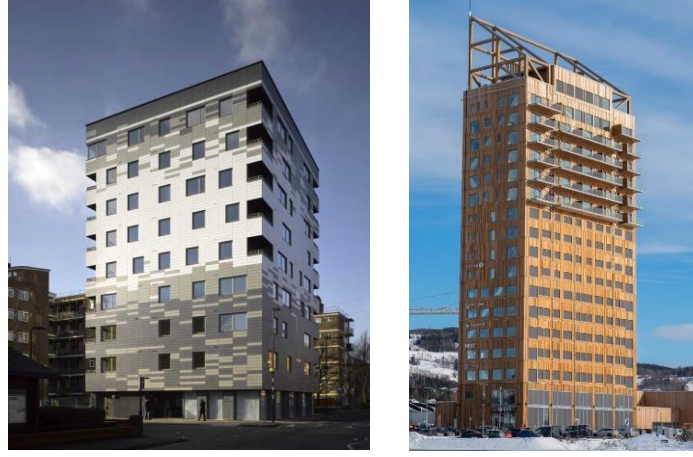
özüm olmuş; ancak sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kaynakları, sera gazları, küresel ısınma gibi çevresel kavramların yapı üretimindeki etkileri nedeniyle günümüze kadar kullanılagelen yapı malzemeleri üzerine yeniden düşünölmeye başlanmıştır [2].

Yenilikçi endüstriyel ahşap malzemeler ve ströktür sistemlerindeki gelişmeler, son yıllarda çok katlı ahşap yapıların tercih edilmesine önemli katkılar sunmuştur. Yeni nesil ahşap esaslı ürünlerden olan çapraz lamine ahşap (CLT) ve yapısal kompozit kereste (SCL), tasarımcılara ve mühendislere, gelişmiş çevresel özelliklerle karşılaştırılabilir performansta alternatif seçenekler sunmaktadır. Yangın, bina bilimi ve ströktürel mühendislik analizleri konusundaki gelişmeler de ahşabın çok katlı yapılarda kullanımına katkı yapmıştır. Özellikle betonarme ve çelik gibi malzemelerin endüstriyel ahşap malzeme ile birlikte kullanıldığı hibrit ströktürler mühendislik hesaplarına, yangına, ölkelerin ahşap yapı inşa etme yönetmeliklerine de bağlı olarak, çok katlı ahşap yapılarda kat sayısının artmasını sağlamıştır [9].



Şekil 2.5. Çok katlı ahşap yapılar [16]

Şekil 2.6’da 2009’da tümüyle ahşap olarak inşa edilen Stadthaus ve 2019’da inşası tamamlanan hibrit strüktüre sahip Mjostarnet yapıları görülmektedir. Londra, İngiltere’deki Stadthaus yapısı 8 katı tamamen ahşap, zemin katı betonarme olarak 9 katlı inşa edilmiştir. Mjostarnet yapısı 18 katlı ahşap betonarme hibrit bir yapı olarak Brumundal, Norveç’te yapımı 2019’un Mart ayında tamamlanmıştır.



Şekil 2.6. Stadthaus ve Mjostarnet yapıları [17,18]

Son beş yılda yapımına başlanan ve projesi yapılan çok katlı yapıların büyük bir kısmı Şekil 2.7’de verilmiştir. Çok katlı ahşap yapıların kat adetleri son yıllarda yapım tekniklerinin gelişmesi ile yirmi kat civarına ulaşmış ve bu rakamı aşmıştır. Şekil 2.8’de görüldüğü gibi yapı yükseklikleri (kat adetleri) günümüze kadar doğrusal oranda artış göstermiştir. Tasarım ve araştırma aşamasında olan ahşap yapı projeleri ile yakın gelecekte yapı yüksekliklerinin 100 metreleri aşması hedeflenmektedir.



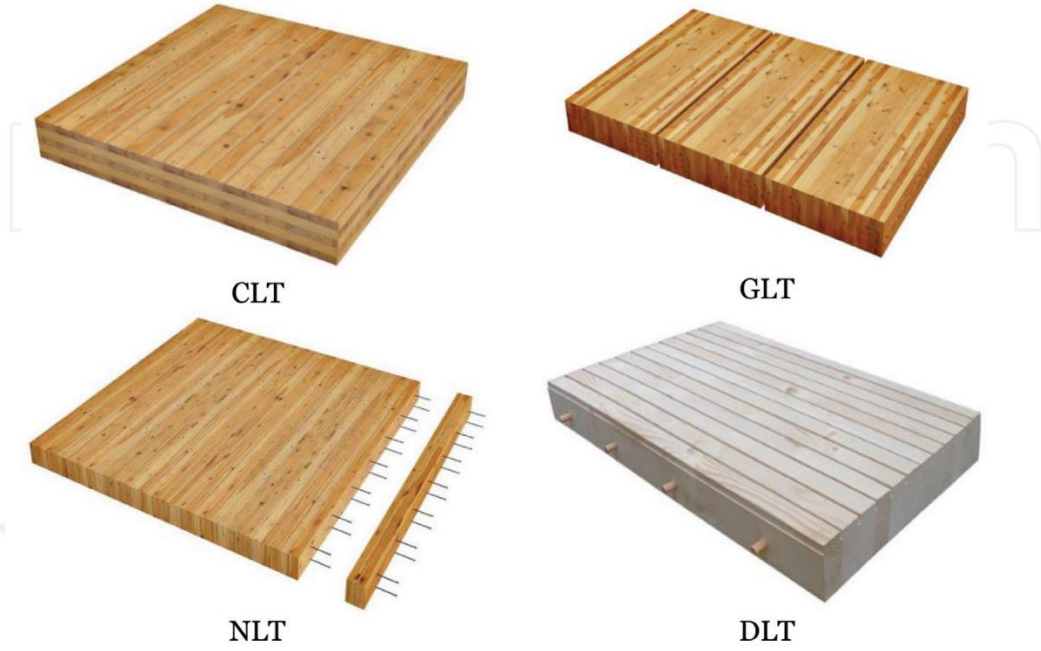
Şekil 2.7. Son 5 yılda yapımı tamamlanan yapılar [8]



Şekil 2.8. Yapımı tamamlanan ve proje halindeki yapılar [19]

2.1.1.2. Çok Katlı Ahşap Yapılarda Kullanılan Malzemeler

Çok katlı ahşap yapıların taşıyıcı sisteminde çeşitli yapı elemanlarının üretiminde yoğun olarak kullanılan lamine ahşap kaplama, tabakalı yongalı ahşap, yönlendirilmiş yonga ahşap, paralel yonga ahşap, ağaç çivili lamine ahşap, çivili lamine ahşap, tutkallı lamine ahşap ve çapraz lamine ahşap gibi işlenmiş malzemelere tabakalı olmaları ve bir bağlayıcıyla bütünleştirmeleri nedeniyle strüktürel kompozit malzeme demek mümkündür. Çok katlı ahşap yapıların strüktür kurgusunun oluşturulmasında taşıyıcı eleman olarak genellikle tutkallı tabakalı ahşap (glulam - GLT) ve çapraz lamine ahşap (CLT) kullanılmaktadır. Günümüze kadar yapılan çok katlı ahşap yapıların çok az kısmının taşıyıcı duvarlarında veya döşeme plaklarında ağaç çivili lamine ahşap (DLT) ve çivili lamine ahşap (NLT) kullanılmış olup döşeme plakları lamine kaplama ahşap (LVL) ile çözülmüş olan yapıları görmek mümkündür (Şekil 2.9) [20].



Şekil 2.9. Çok katlı ahşap yapılarında kullanılan malzemeler [21]

2.1.1.2.1. Yapısal Ahşap Ürünler ve İlgili Standartlar

Masif ve lamine kompozit (tutkallı ahşap) yapısal ahşabın dünyada üretiminde uluslararası standartlar bazında kalite ve hesap esasları konusunda ilkeler mevcuttur. Avrupa uyum yasaları gereği ülkemizde yürürlükte olan bazı standartlar şunlardır:

- Euro Code 5: Ahşap Yapıların Projelendirilmesi (TS EN 1995)
- Yapı Kerestesi Olarak Dörtgen Prizma Şeklinde Kesilmiş Masif Ahşap (TS EN 14081-1+A1)
- Tutkallı Kolon ve Kiriş Olarak Kullanılan Yapısal Ahşaplar (TS EN 14080)
- Ahşap Yapılar-Yapı Kerestesi ve Tutkallanmış Lamine Kereste- Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin
- Tayini (TS EN 408)
- Tutkallanmış Lamine Kereste-Performans Özellikleri ve Asgari İmalat Şartları (TS EN 386)
- Yapıştırıcılar-Fenolik ve Aminoplastik- Yük Taşıyıcı Ahşap Yapılar İçin-Sınıflandırma ve Performans Özellikleri (TS EN 301)
- Soyma Ahşap Tutkallı Yapısal Levhalar (LVL TS EN 14374)

- Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemenin Dayanıklılığı-Masif Ahşabın Doğal Dayanıklılığı-Tehlike Sınıfları İçerisinde Kullanılacak Ahşap İçin Dayanıklılık Kuralları (TS EN 460)
- Ahşap ve Ahşap Esaslı Mamullerin Dayanıklılığı - Kullanım Sınıfları: Masif Ahşap ve Ahşap Esaslı Ürünlere İlişkin Tanım ve Uygulamalar (TS EN 335)

2.1.1.2.2. Çapraz Lamine Ahşap (CLT - Cross Laminated Timber)

Çapraz lamine ahşap yeni nesil prefabrik sistem malzemesidir. Diğer prefabrik sistemlere göre en önemli özelliği ağırlıkça hafif olmasıdır. CLT, nem oranları %12'ye kadar düşürmüş endüstriyel ahşap şeritlerin lif boyunca uzunlamasına kesilip, şeritlerin birbirine dik olarak tutkalla veya perçinlenerek (ahşap, metal) oluşturduğu panellerdir. Panel kalınlıkları 50 milimetre ile 600 milimetre arasında, enleri 0,6 metre ile 4 metre arasında değişmekte, boyu ise 24 metreye kadar (sevkiyat olanaklarına bağlı olarak) üretilebilmektedir. CLT panellerin birbirleriyle birleşimleri dübel tipi gizli birleşim ve lamalarla yapılan birleşimler olarak ikiye ayrılmaktadır. CLT ile oluşturulan duvar panelleri rüzgar ve sismik yüklere karşı betonarme sisteme yakın değerlerde statik sonuçlar ortaya koymaktadır [22,23].

CLT paneller, prefabrike olarak üretilip şantiyede çok kısa sürede birleştirilip yapının hızlı bir biçimde tamamlanmasına olanak sağlar. Yapının bir katı, yapının türüne göre değişmekle birlikte 2 veya 3 nitelikli ustayla birlikte 3-4 gün içerisinde tamamlanabilmektedir.

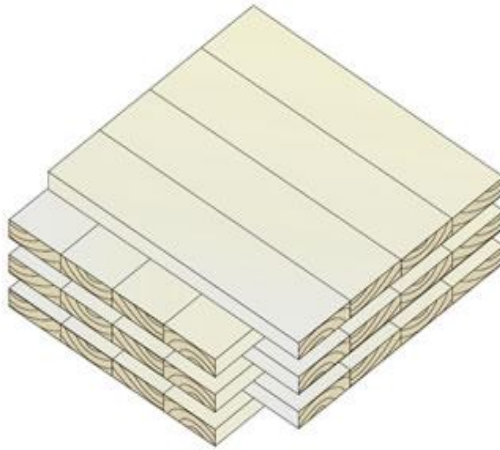
CLT kullanılan yapılar üç farklı biçimde tasarlanmaktadır. Sadece CLT kullanılarak yapılan yapılar, CLT ile birlikte diğer ahşap ürünlerinin kullanıldığı yapılar ve CLT ile ahşap olmayan (beton, çelik vs.) malzeme ile yapılan hibrit yapılar olarak tasarlanıp üretilmektedir.

2.1.1.2.1.1. Tanım

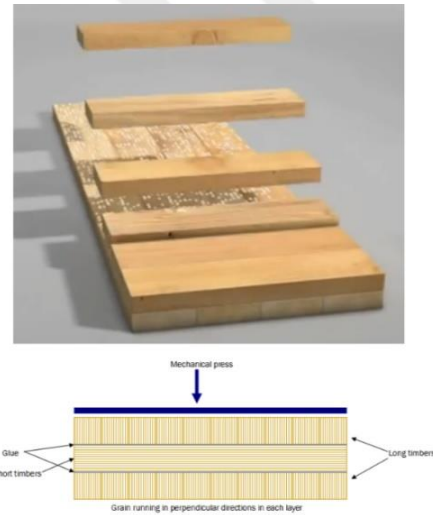
Çapraz lamine ahşap, (CLT) ülkemizde çapraz lamine ahşap malzeme veya çapraz lamine kereste (ÇLK) olarak bilinmektedir. CLT'nin üretilmesi 1990'ların ilk yıllarında

Zürih ve Lozan'da (İsviçre) gerçekleşmiştir. Birçok ticari firma kendilerine özel yaklaşımlar kullanarak CLT üretim denemeleri yapmıştır. 1990'ların ortalarında Avusturya'da CLT'nin geliştirilmesi için akademi ve endüstri ortak girişimiyle çalışmalar yapılmıştır. Bir kaç yıl sonra yavaş yavaş, 2000'li yılların başından itibaren yeşil bina akımının da etkisi, verimlilik ve ürün onaylarıyla birlikte CLT kullanılan binaların sayılarında artışlar meydana gelmiştir [22, 23].

CLT elemanları genellikle yük taşıma bileşenleri olarak kullanılır. Yük taşıma miktarları, bu ürünü oluşturan ahşap materyallerin direnç özelliklerine ve 80 mm ile 240 mm arasında değişen kalınlıklarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bireysel tabakalar 3-5-7-9 tabakadan oluşur ve yük taşımaya önemli katkı sağlayan yoğun bir tutkal tabakası kullanılır. Tabakalar bir birine 90°'lik açıyla yapıştırılır. Üreticilerin üretim alanlarına ve taşıma şartlarına bağlı olarak boyutlar değişiklik göstermektedir. Ticari firmalar, 40 cm ve 300 cm genişlikte, 12 m den 20 m'ye kadar uzunluklarda standart ölçüler sunmaktadır [24, 25].



Şekil 2.9. Kereste tabakalanması [26]



Şekil 2.10. Panel üretim aşamaları [27]

2.1.1.2.2.2. Panel Üretimi

Panel boyutları üreticiye göre farklılıklar göstermektedir. Montaj işlemi ekipmana ve tutkala bağlı olarak 15 ile 60 dakika arasında sürebilmektedir. Tutkal CLT'yi oluşturan ikincil malzemedir. Kuzey Amerika'da tutkal tipleri tabakalı ahşap üretiminde kullanılan

tutkalların gereksinimlerini sağlamakla birlikte poliüretan, melamin fenolik bazlı tutkallardır. Hem yüzey hem de kenarların yapıştırılması için kullanılır. Ahşap parçalara tutkal sürülmesinin ardından hidrolik (daha yaygın) veya vakum pres panel kalınlığı ve tutkalın çeşidine göre preslenir. Birleştirilmiş panolar pürüzsüz bir yüzey için rendelenir ya da kumlanır. Paneller boyutlarına ve pencere, kapı, tesisat boşlukları ve birleşimleri için CNC (Bilgisayar Sayısal Kontrollü) yüksek hassasiyetli matkaplarla kesilir [22, 23].

2.1.1.2.2.3. Nem Miktarı

Yapıştırma boyutlarına küçültülen ahşap levhalar %12 (\pm %3) nem içeriğine kadar fırınlarda kurur. Uygun nem içeriği boyutsal değişimleri ve yüzey çatlaklarını önler. Ahşap malzeme belirli miktara kadar doğal ortamda kurutulup, hedef nem oranına ulaşıncaya kadar fabrika fırınlarında kurutulmaktadır.

2.1.1.2.2.4. Tabakalanma Boyutları

CLT'yi oluşturan tekil kereste parçalarının kalınlığı 16 mm ile 51 mm arasında, eni de 60 mm ile 240 mm arasında değişim göstermektedir. Kereste parçaları uzunluğuna birbirine kurtağzı birleştirme yöntemiyle tutkalanır. Panel boyutları ise üreticilere göre fazlaca değişkenlik göstermektedir. Kalınlık toleransları, dikkat edilecek hususların başında gelmektedir. Tutkalın yüzey bağlanma performansı için kalınlığı boyunca en fazla 0,2 mm'den daha az, enine de 0,3 mm'den daha az yüzey farklılıklarının sağlanması gerekmektedir [23].

2.1.1.2.2.5. Tutkallar ve Tutkal Uygulama

CLT'nin en önemli diğer bileşeni de tutkallardır. Tutkallar yönetmeliklerdeki özellikleri sağlamakla birlikte ısıt işleme karşı dayanıklı olmak zorundadır. Ayrıca ahşap malzemenin yangın dayanımı arttırmak için üreticiler tutkalların ısıt işlemlerini sürekli geliştirmektedirler [23].

Sık kullanılan tutkal cinsleri:

- Fenol-formaldehit resornisol (PRF) fenolik tip,
- Emülsiyon polimer izosiyanat (EPI),
- Tek bileşenli poliüretan (PUR)

PRF, Kuzey Amerika’da yapısal kullanım için üretilen glulam için yaygın olarak kullanılan bir tutkaldır. EPI tutkallar I kirişler ve laminasyon için kullanılır. PUR tutkallar Avrupa’da CLT üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. İmalat ihtiyacına göre tutkallar, çalışma özelliklerine ve imalat ihtiyacına göre tüm tutkal formülasyonları tedarikçi firma ile ele alınmalıdır [20].

PUR ve PRF tutkalları için yapışkan uygulaması tipik bir sistem olup hava almayan hareketli başlıklarla birbirine paralel çizgiler halinde direkt olarak uygulanır. PUR yapıştırıcıların, kürlenmeye yardımcı olması amacı ile ahşap yüzeylere su buharı uygulaması nemlendirme yapılabilmektedir. Tutkal uygulama hızı 18-60 m/dk arasında değişmektedir.

2.1.1.2.2.6. Presleme

Çapraz lamine ahşap kalitesi açısından presleme en önemli adımdır. Üreticiler iki ana tür preslemeyi kullanmaktadırlar; bunlar vakum presleme (esnek membran) ve hidrolik preslemedir (rijit baskı levhası).

2.1.1.2.2.7. Standartlar

Türk Standartları Enstitüsü, [26]

TS EN 386 Tutkallanmış lâmine kereste- Performans özellikleri ve asgarî imalat şartları

TS EN 387 Tutkallı lamine ahşap- Geniş kama dişli birleştirmeler- Performans ve asgari üretim özellikleri

TS EN 390 Yapıştırılmış lamine kereste- Boyutlar- Kabul edilebilir sapmalar

TS EN 391 Tutkallanmış lâmine kereste – Tutkal hatlarından tabakaların ayrılması deneyi

TS EN 392 Yapıştırılmış lamine kereste- Yapıştırılmış tabakaların makaslama deneyi

TS EN 1194 Yapı keresteleri- Yapıştırılmış lamine kereste- Mukavemet sınıfları ve karakteristik değerlerin tayini

TS EN 14080 Ahşap Yapılar -Tutkallı lamine kereste ve tutkallı masif ahşap- Özellikler

TS 5497 EN 408 Ahşap yapılar - Yapı kerestesi ve tutkallanmış lamine kereste - Bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini

Avrupa: Eurocode5

Almanya : Alman DIN standartları

Kanada: Kanada Ahşap Konseyi

Amerika: Amerikan Ahşap Standartları Enstitüsü

2.1.1.2.2.8. Avrupalı Üreticiler

Avrupalı üreticiler Avusturya başta olmak üzere diğer ülkelerde üretim yapmaktadırlar. Aşağıda bu üreticiler ve yaklaşık yıllık üretim miktarları verilmiştir.

KLH (Avusturya, İngiltere, İsveç): 71.000 m³

Stora Enso (Avusturya): 60.000 m³

Binderholz (Avusturya): 25.000 m³

Thoma Holz GmbH (Avusturya)

Martinsons (Sweden): 5.000 m³

FinnForest Merk (Almanya, İngiltere)

Moelven (Norveç): 4.000 m³

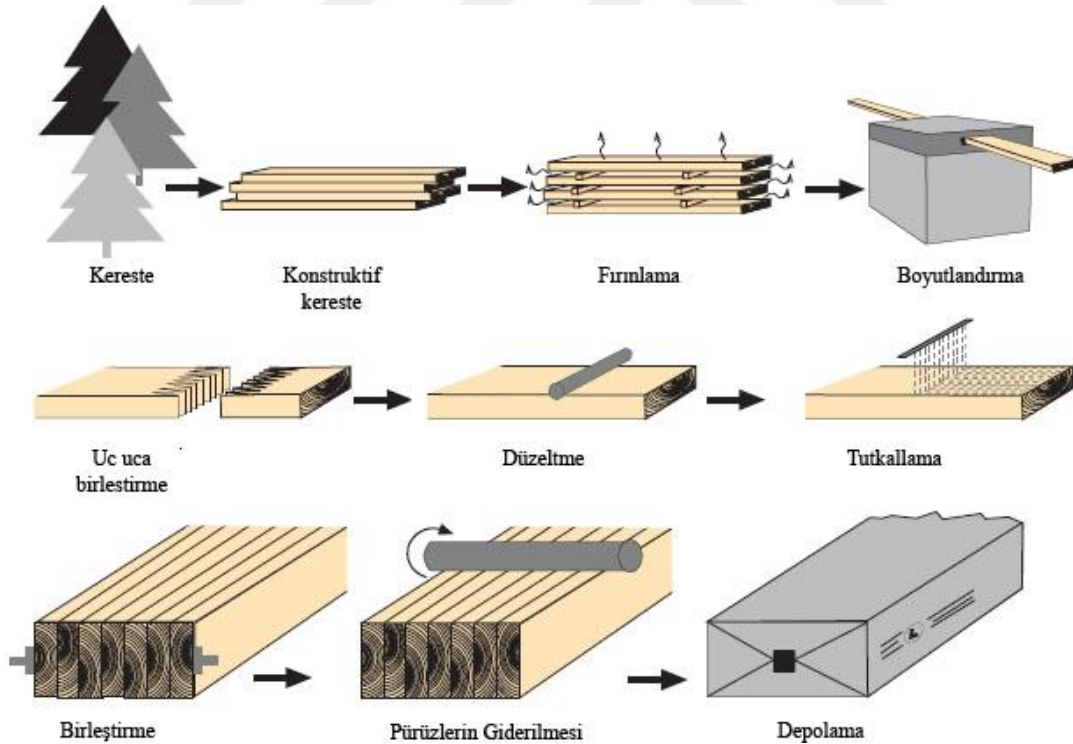
2.1.1.2.3. Tutkallı Tabakalı Ahşap (Glued Laminated Timber - Glulam)

Glulam ülkemizde Tutkallı Tabakalı Ahşap (TTA) olarak bilinmektedir. Glulam masif kerestelerin büyük boyut oluşturmak için, uç uca, yan yana ve üst üste eklenmesiyle üretilen bir yapı elemanıdır. Keresteler uçtan uca, kenardan kenara ve yüz yüze birleştirildiği için, glulamın büyüklüğü üretim tesisinin ve nakliye sisteminin kapasitesiyle sınırlıdır. Kavisli elemanlarda ortalama 2.50 cm (1 inç) kalınlıktaki keresteler kullanılırken, az kavisli ya da düz elemanlar için genellikle 5 cm (2 inç) kalınlıktaki keresteler kullanılmaktadır. Glulam;

yatay, dikey ve eğimli elemanlar olarak tasarlanarak, konutlarda ve diğer yapılarda yüksek yük taşıyıcı yapısal elemanlar olarak kullanılır. Glulamı oluşturan katlardaki elemanların lif yönlerinin birbirine paralel olarak düzenlenmesi daha yaygındır. Eğimli elemanlarda ise lif yönlerinin paralel olarak düzenlenmesi bir zorunluluktur. Bu konuyla ilgili son gelişmelerden biri de liflerin plastikle takviye edilmesidir. Bu yenilikle glulam elemanlarda enine kesitte daha fazla miktarda düşük kalitede ahşap eleman kullanılarak yüksek dirençli ve sert bir eleman elde etmek mümkün olmuştur [29, 30].

2.1.1.2.3.1. Glulam Üretimi

Tutkallı tabakalı ahşap ürünlerin üretimleri, ham maddenin sınıflandırılması ve strüktürel işlevine göre seçilmesiyle başlar. Ürünler tabakaların hazırlanması, uç uca birleştirilmesi ve tutkallanarak preslenmesi sonrasında bitiş işlemlerine tabii tutularak stoklanırlar. Glulam'ın üretim şeması Şekil 2.11'de gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Glulam üretim şeması [31]

2.1.1.2.3.2. Ahşap Seçimi

Tutkallı tabakalı ahşap eleman üretiminde ilk işlem ham madde seçimi ve sınıflandırılmasıdır. Eleman üretiminde kullanılacak ağaç türlerinin seçiminde birtakım özellikler aranmaktadır. Bunların başında, ağaç gövdesini oluşturan çubuk hücrelerle bunların arasını dolduran selüloz maddesinin oluşturduğu lif sisteminin, bu lifler doğrultusundaki gerilme mukavemetinin belirli bir değerin altında olmaması gelmektedir. Bu değerin 10 N/mm^2 ile 100 N/mm^2 değerleri arasında olması istenmektedir [32, 33].

Glulam üretiminde, görsel sınıflandırma ve elastisite modülleri (E) olmak üzere iki tip kereste sınıflandırılması kullanılmaktadır.

Görsel sınıflandırmanın kurallarıyla kerestenin karakteristiği çok net bir biçimde kolaylıkla belirlenmektedir. Kerestenin derecesini; budakların büyüklüğü, damarların eğimi, solukluğu ve benzeri diğer karakteristik özellikler ortaya çıkarmaktadır. Örnek olarak budak büyüklüğüne göre görsel sınıflandırması L1 sınıfı: kereste genişliğinin maksimum 1/4'ü kadar budak büyüklüğü, L2 sınıfı: kereste genişliğinin maksimum 1/3'ü kadar budak büyüklüğü, L3 sınıfı: kereste genişliğinin maksimum 1/2'si kadar budak büyüklüğüne sahip keresteler olarak belirlenmektedir. Türkiye'de dış görünüşe göre ticareti yapılan kerestelerin sınıflandırması; ekstra mal: budaksız, 1. sınıf kereste: kuş gözü budaklı, 2. sınıf kereste: orta budaklı ve 3. sınıf kereste: inşaat iskele kullanımı için lekeli keresteler olarak belirtilmiştir [29, 31]. Üreticiler genellikle derecelendirilmiş keresteyi, tekrar görsel olarak inceleyerek ve gerekirse de bir parçasına elastisite modülü testi yaparak satın alırlar.

2.1.1.2.3.3. Nem Miktarı

İmalat sonrası boyutsal değişiklikleri en aza indirmek için kereste, glulam imalatından önce düzgün şekilde kurutulmalıdır. Bu genellikle fırın kurutma şeklinde yapılmaktadır. Çoğu uygulama için, ANSI standardında izin verilen maksimum nem içeriği % 16'dır (ANSI 1992). Ayrıca, imalattan sonra boyut farkı değişimlerini en aza indirmek için laminasyonlar arasındaki nem içeriği farkı maksimum % 5 olmalıdır. Glulam kerestesinin nem içeriğinin üretimin her anında sürekli izlenmesi, büzülme ve şişmeyi en aza indirmektedir. Çoğu üretici, her bir kereste parçasının üretim sürecine girerken nem içeriğini kontrol etmek için

sürekli bir bant içi nem ölçer kullanır. Nem seviyesi yüksek olan parçalar banttandır çıkarılmakta ve yeniden kurutulmaktadır [30, 32].

2.1.1.2.3.4.Tabakalanma Boyutları

Tabakaların maksimum kalınlığı ahşap türüne ve servis sınıfına bağlıdır. Servis sınıfı 1 ve 2 olan çam kerestesi için maksimum kalınlık 45 mm'dir. Kavisli elemanlardaki maksimum tabaka kalınlığı, eğri yarıçapına ve ahşabın karakteristik eğilme dayanımına bağlıdır. Tabakaların net genişliği 20 cm'yi geçmemeli ve brüt genişlik 21 cm veya daha az olmalıdır. Elemanların genişliği maksimum 30 cm'ye kadar arttırılabilir. Bu genişlikte iki tabaka bir sıra oluşturur. Enine ve yatay tabakalanmanın yanı sıra, kenarların yapıştırılması da gereklidir [34].

Elemanların en ince noktasına kadar laminasyonun uygulanması imalatta bir başka kritik aşamadır. Temiz, paralel ve yapıştırılabilir yüzeyler elde etmek için, laminasyonların katı toleranslara göre planlanması gerekmektedir. En iyi uygulama, yapıştırma işleminden hemen önce laminasyonların iki geniş yüzünü düzlemektir. Bu, son montajın dikdörtgen olmasını ve basıncın eşit şekilde uygulanmasını sağlar [33].

2.1.1.2.3.5. Tutkallar ve Tutkal Uygulama

Ön kalifiye edilmiş yapıştırıcılar daha sonra genellikle bir tutkal ekstruder ile yayılır. Fenol rezorsinol, yüzey yapıştırma işleminde en sık kullanılan yapıştırıcıdır, ancak üre formaldehit reçineleri, melaminüre formaldehit reçineleri, kazein, epoksi veya poliüretan bileşikleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Performans ve dayanıklılık gereksinimlerini karşıladığı doğru bir şekilde değerlendirilmiş ve kanıtlanmış diğer yapıştırıcılar da kullanılabilir [32, 33].

2.1.1.2.3.6. Presleme

Laminasyonlar istenen düzene sokulur; yapıştırıcıya uygun montaj süresi verildikten sonra basınç uygulanır. Basınç uygulamanın en yaygın yöntemi sıkıştırma yataklarıdır; basınç mekanik veya hidrolik bir sistemle uygulanır. Bu, toplu tipte bir işleme sonuçlanır

ve yapıştırıcının oda sıcaklığında 6 ile 24 saat boyunca sertleşmesine izin verilir. Bazı yeni otomatik sıkıştırma sistemleri yüze yapıştırma işlemini saatlerden dakikalara kısaltmak için sürekli hidrolik presler ve radyo frekansı kürlenmesi içerir. Yüz bağlama işleminin tamamlanmasından sonra, yapışkanın yapışma mukavemetinin % 90 veya daha fazlasına ulaşması beklenir. Devam eden birkaç gün boyunca, kürlenme devam eder [32, 33].

2.1.1.2.3.7. Kesim

Glulam, presleme sisteminden çıkarıldıktan sonra, geniş yüzler bitişik laminasyonlar arasında sıkılan yapıştırıcıyı çıkarmak ve bitişik laminasyonların kenarları arasındaki hafif düzensizlikleri gidermek için planyalanır. Elemanın geri kalan iki yüzü taşınabilir ekipman kullanılarak zımparalanabilir.

Üretim sürecindeki bir sonraki adım, nihai kesimlerin yapıldığı, deliklerin açıldığı, konektörlerin eklendiği ve belirtildiği takdirde bir kaplamanın veya kaplamanın uygulandığı işlemlerdir. Sistem elemanlarının birbirleriyle bağlantılarının sağlanması için gerekli delik ve pahların dekopaj cihazları ile açılması gerekmektedir. Makaslar kısmen veya tamamen monte edilebilir. Moment ek yerleri tamamen imal edilebilir, daha sonra nakliye ve montaj için bağlantı kesilebilir [32].

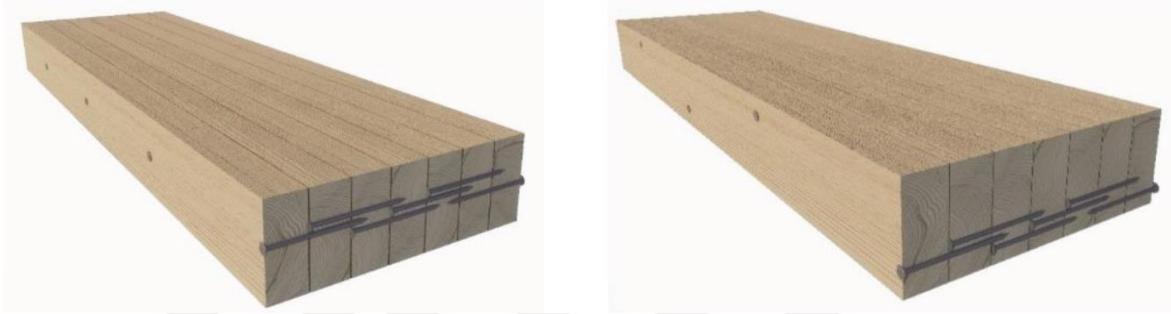
2.1.1.2.3.8. Paketleme ve Sevkiyat

Uç mühürleyiciler, yüzey mühürleyiciler, astar katlar ve su geçirmez kaplama veya membran ile sarılmanın hepsi, glulam nem içeriğinin üretildiği ve kurulduğu zaman arasında dengelenmesine yardımcı olur. Gerekli korumanın kapsamı son kullanıcının isteklerine bağlıdır [32].

2.1.1.2.4. Çivili Lamine Ahşap (Nail Laminated Timber - NLT)

Çivili lamine ahşap, kerestelerin boyuna, geniş yüzleri birbirine gelecek şekilde tabakalanıp, çivilenerek ya da vidalanarak, geniş düz paneller oluşturacak şekilde birbirine tutturularak oluşturulan yapı elemanıdır. Kanada Standardı olan O86 “Engineering Design in Wood”, Çivili lamine ahşabı üretmek için bağlantı gereksinimlerini belirtir, bu çivilerin

iki bitişik laminasyondan geçmesi için yeterince uzun olmasını ve en azından üçüncünün yarısına kadar olmasını gerektirir (Şekil 2.12). Örneğin, 38 mm kalınlığında laminasyonları sabitlemek için 102 mm uzunluğunda çiviler ve 64 mm kalınlığında laminasyonları için 152 mm uzunluğunda çiviler kullanılmalıdır. Çivili lamine ahşabın dezavantajları, yavaş imalat işlemi ve çivilerin varlığından dolayı imalat sonrası tekrar işleme problemi [21].



Şekil 2.12. Çivili lamine ahşap elemanlar [21]

Kuzey Amerika'da, 1920'lerden 1960'ların ortasına kadar inşa edilen birçok kırsal köprü döşemesi NLT'den yapılmıştır. Yerinde üretim için çok uygundur; geçici veya sürekli dinamik kuvvetin (örneğin köprü tekerlek yükleri ve pistonlu endüstriyel makineler) neden olduğu titreşimleri çiviler yardımıyla sönmüleyebilmiştir. İyi yangın performansına sahiptir [21].

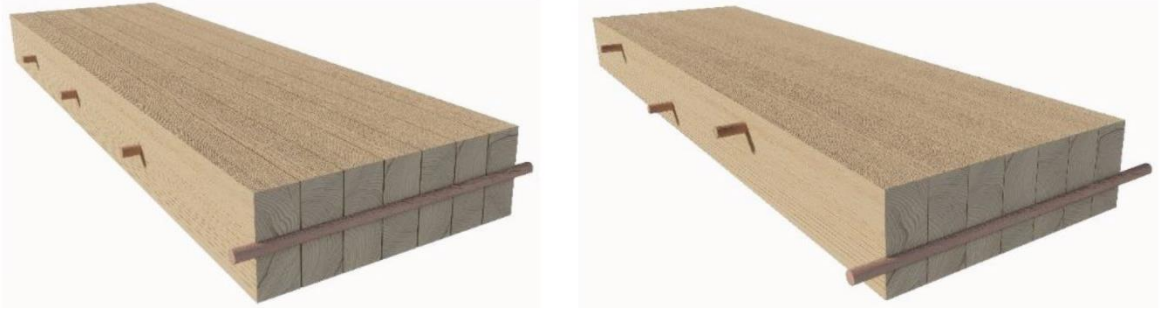
Son zamanlarda yapılardaki modern ahşap kullanımının artmasıyla çivili lamine ahşap kullanımı da artış göstermiştir. Karmaşık mimari formların ahşap malzeme ile çözülmesinde NLT ürünlerinin esnek çözümlere olanak vermesinden dolayı tercih sebebi olmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. NLT ile inşa edilen Tsingtao Pearl Ziyaretçi Merkezi Yapısı tavanı [35]

2.1.1.2.5. Ağaç Çivili Lamine Ahşap (Dowel Laminated Timber - DLT)

Ağaç çivili lamine ahşabın yapımı, çivili lamine ahşabın (NLT) yapımıyla benzeşmektedir. DLT ile NLT'nin laminasyon yöntemi aynı olup birleştirme elemanı NLT de çelik çivilerle sağlanırken DLT'de sert ağaç çivilerle yapılmaktadır (Şekil 2.14). Ağaç çivili lamine ahşap 1990'ların başında İsviçre'de geliştirilmiştir. DLT 38 mm kalınlıkta ve 89, 140, veya 184 mm genişlikteki, %19 nem içeriğine sahip kerestenin ahşap dübellerle yüz yüze tespit edilmesiyle oluşur. Genellikle yüksek yoğunluklu sert ağaç türlerinden (meşe gibi) yapılan, %6-8 nem içeriğine sahip ahşap çiviler tipik olarak 19 mm çapta yapılmaktadır. Ahşap çivilerle aynı çapa yakın laminasyonlarda açılan deliklere çiviler hidrolik pres yardımıyla yerleştirilir. Açılan delikler genellikle 300 mm derinlikte olup 7 ile 10 adet laminasyonu birleştirebilir, bu işlem DLT'nin NLT'ye göre üretiminde daha verimli ve avantajlı olmasını sağlar. DLT'de kullanılan her iki malzemenin nem içeriği, üretimden sonra dengeye gelince, dübeller şişer ve kereste büzülür, bu da kereste ve dübeller arasında kuvvetli bir sürtünme sağlayan bağlantı oluşturur, bu da tutkal veya çivi gerektirmeyen bir panel oluşturur [21].



Şekil 2.14. Ağaç çivili lamine ahşap elemanlar [21]

DLT, laminasyonların boyuna kurtağzı birleşiminde kullanılan az miktarda tutkal hariç, neredeyse %100 ahşaptan yapıldığından, hem Avrupa hem de Kuzey Amerika'da ilgi görmektedir (Şekil 2.15). DLT paneller tipik olarak 18 m'ye kadar bir uzunluğa, 4.3 m'ye kadar bir genişliğe ve 76 ile 349 mm arasında değişen kalınlığa sahiptir; Bununla birlikte, panel boyutu genellikle nakliye kısıtlamaları ile sınırlıdır [21].



Şekil 2.15. T3 Atlanta yapısı DLT panel kullanımı [36]

2.1.1.2.6. Lamine Kaplama Ahşap (Laminated Veneer Lumber - LVL)

Lamine kaplama ahşap genel olarak endüstriyel olarak üretilmiş masif ahşap malzemedir. Doğal masif ahşapta meydana gelen burulma, yarıma, çatlaklar ve çarpılmalar, lamine kaplama ahşapta büyük ölçüde azaltılarak malzemeye daha fazla yük taşıma kapasitesi kazandırılmıştır. Lamine kaplama ahşap 1970lerde geliştirilmiş olup, kesilmiş ve soyulmuş ince ahşap kaplamaların (en fazla kalınlık 3 mm) kurutularak, kaplamalar lif yönleri aynı olacak şekilde düzenlenir, ısı ve basınç altında birleştirilmesi ile üretilir. Üniform özellikleri ve farklı boyutlarda imalatı nedeniyle, özellikle geniş açıklıklı yapılarda kullanım alanı bulmuştur. Lamine kaplama ahşabın temel avantajlarından biri hemen hemen her boyutta üretilebilmekte, eleman boyutları taşıma-nakliye ebatlarına göre belirlenmektedir [5, 37, 38, 39].



Şekil 2.16. Lamine kaplama ahşap ürünler [40, 41]

Lamine kaplama ahşap yapılarda kerestenin kullanıldığı her yerde kullanılabilmekte olup ana giriş olarak yapılarda ve geniş açıklıklı çatı strüktür kurgularında kullanımı yaygındır. I giriş başlıklarında kullanılır. Panel olarak yapılarda döşeme elemanı üretiminde kullanılmaktadır. Tabakalı kaplama ahşap elemanlar ile 24 m'ye varan açıklıklar geçilebilmektedir [5, 38].

2.1.1.3. Çok Katlı Ahşap Yapılarda Strüktürel Kurgu

Çok katlı ahşap yapıların strüktür kurgusu tasarlanırken farklı sistemler kullanılmaktadır. Tez kapsamında analiz edilen strüktür sistemleri, bu sistemlerin uygulama alanı bulanları arasından belirlenmiştir; uygulanmayan ancak literatürde var olan diğer sistemler konu kapsamında analiz edilmemiştir.

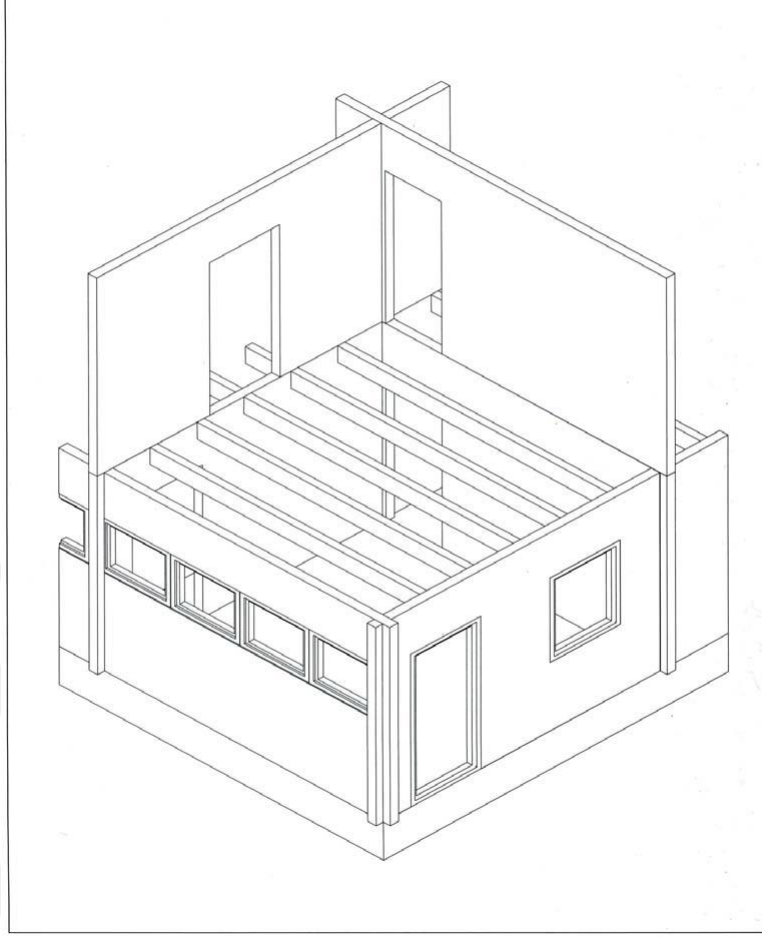
Çok katlı ahşap yapıların strüktüründe ahşap malzemenin yanında betonarme ve çelik malzeme de kullanılabilir. Bu durumda strüktür, hibrit strüktür olarak adlandırılabilir.

Ahşap çok katlı yapılarda strüktürel kurgu yapılan çalışmada kullanılan malzemeye ve kat yüksekliğine bağlı olarak beş başlık altında sınıflandırılmıştır:

1. Panel Sistem
2. Dikme-Kiriş Sistem
3. Dikme-Panel Sistem
4. Geliştirilmiş Platform Sistem
5. Karma Sistem

2.1.1.3.1. Panel Sistem

Panel sistem, tümüyle ahşaptan, genellikle çapraz lamine ahşap (CLT) panellerden oluşan sistemlerdir. Hızlı inşa edilirler ve basit bağlantı detaylarına ve bitişine sahiptirler (Şekil 2.17). Taşıyıcı duvar ve döşeme tabliyesi olarak üretilen CLT panellerin belirli yöntem ve elemanlarla birbirine bağlanması ile deprem, yangın, akustik ve titreşim performansı çok yüksek yapılar inşa edilebilmektedir [42].



Şekil2.17. Panel Sistem [4]

Panel sistemlerin inşa yönteminde istenen büyüklük ve yükseklikteki yapılar malzemelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak tasarlanır. Duvar ve döşemelerin kalınlık, yükseklik ve uzunluk boyutu belirlenir ve üretilir. Bu boyutlar 5 cm den 45 cm ye kadar kalınlıkta, 4 m ye kadar yükseklikte ve nakliye koşullarının izin verdiği (yaklaşık 20 m) uzunlukta olabilmektedir [42].

Ahşap yapı sistemlerindeki alternatif yöntem arayışları ve gelişen orman ürünleri sanayisi, yeni yapı malzemeleri üretmektedir. CLT ve diğer lamine yapı malzemeleri (glulam ve yapısal kompozit elemanlar) bunun tipik örnekleridir. Bu ürünlerle birlikte 10 kat ve üzeri ahşap yapılar yapılmaya başlanmıştır [42].

Panel sistem inşa yönteminde inşa süreleri çok kısadır ve pek çok uygulama kolaylığı vardır; tüm ıslak zemin ve mekanik imalat süreçleri çözülmüştür [42].

2.1.1.3.2. Dikme-Kiriş Sistem

Dikme-kiriş sistem, dikme ve kirişlerin belirli açıklıklarda konumlandırılarak, ızgara biçiminde düzenlenmesiyle oluşturulmaktadır. Sistemin strüktürel kurgusu, dikme (kolon) ve kiriş (taban) ile dikmelerde oluşacak burkulmayı önleyen kuşak ve/veya diyagonal elemanlardan oluşur. Bu sistemde, modüler açıklık mesafeleri, planın ve katların oluşumuna güçlü bir tasarım ritmi ve disiplini katmaktadır. Sistem kurgusu açıkça sergilenebilmekte ve vurgulanabilmektedir [5, 42].

Dikme ve kirişler meşe, kızıl çam, köknar gibi doğal ahşap, tutkallı tabakalı ahşap (glulam), lamine kaplama ahşap (LVL) ve paralel şerit ahşap (PSL) gibi malzemeler kullanılarak oluşturulur. Ana dikmeler ve dikmeleri birbirine bağlayan ana kirişler yapının iskeletini oluşturur. Dikme ve kirişlerde masif ahşap kullanılıyorsa birleşimlerinde genellikle kırılmaç kuyruğu, lamba zıvana gibi geleneksel bağlantılar; diğer ahşap malzemelerin kullanıldığı uygulamalarda ise metal bağlantı elemanları kullanılır. Dikme aralarına rüzgâr ve depremin neden olduğu yatay kuvvetlere karşı gergi-diyagonal elemanları bağlanır (şekil 2.18). Bu elemanlar ahşap veya çelik malzemeden olabilir [5]



Şekil 2.18. Çapraz Gergi Elemanı ile Desteklenen Sistem [43]

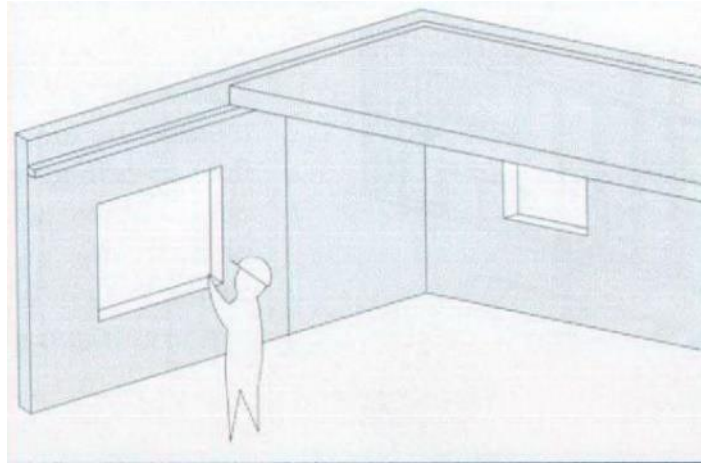
2.1.1.3.3. Dikme-Panel Sistem

Ahşap dikme ve panellerden oluşan sistemlerdir. Dikmelerin üzerine gelen döşeme panelleri, özel imal edilmiş çelik başlıklar ile monte edilmektedir. Yapı malzemesi olarak çapraz lamine ahşap (CLT), tutkallı tabakalı ahşap (glulam), lamine kaplama ahşap (LVL) ve paralel şerit ahşap (PSL) kullanılmaktadır.

2.1.1.3.4. Geliştirilmiş Platform Sistem

Platform sistemler, dünyada özellikle çok katlı yapılarda kullanılan en yaygın sistemler olup duvar ve döşeme iskeletlerinin fabrikada prefabrike olarak hazırlanıp yerinde montajının süratle yapıldığı sistemdir. Duvar ve döşeme elemanları birbirinden bağımsız kurulup yapıdaki yerlerine yerleştirilir [5].

Geleneksel platform sistemde duvarlar 30-60 cm ara ile yerleştirilen en az 5x10 cm en kesitli dikmelerden ve yine aynı ebatlı alt ve üst tabanlardan oluşturulmaktadır. Geliştirilmiş sistemde ise dikme en kesitleri büyütülerek dikme aks araları arttırılmıştır. Duvar ve panel elemanlarının şantiye montajları vinç yardımıyla yapılacağı için eleman ağırlıklarının belli sınırlar içinde kalmasına gerek kalmamıştır. Özellikle döşeme panellerinin duvar panellerinin iç kısmına oturduğu asma döşemeli sistemde dış cephe duvarlarının dış kısımlarının birbiri üzerine oturması ısı ve nem yalıtımının sürekliliğine yol açarak yalıtımların çözümü açısından avantaj sağlamaktadır (şekil 2.19).



Şekil 2.19. Asma Döşemeli Platform Sistem [44]

2.1.1.3.5. Karma Sistem

Çok katlı yapıların strüktürel kurgusu, farklı ahşap sistemlerin bir arada kullanıldığı karma sistemlerden oluşturulabilmektedir. Sistemin oluşumunda genellikle dikme-kiriş sistemi ile hücresele (hacimsel) sistemler bir arada kullanılmaktadır. Hücresele sistemler taşıyıcı sisteme ihtiyaç duymadan en fazla dört kata kadar üst üste konumlanabilmektedir ve bu sistemler dikme-kiriş sistemi ile desteklenerek 14 katı geçen ahşap yapılar üretilmektedir.

2.1.1.4. Çok Katlı Ahşap Yapıların Yangın Dayanımı

Ahşap yapılar, yapı standartlarına uygun olarak tasarlandığında ve inşa edildiğinde yangına karşı son derece güvenlidir. Genellikle merak edilen, ahşabın yanıcı özelliği ve çok çabuk yanıp kül olması karşısında, ahşap yapıların nasıl direnç gösterebildiğidir. Ahşap malzemenin yangın açısından özelliği yanarak kömürleşmiş kısımların, yangın için gerekli oksijeni engellemesi ve bunda yangının büyümesini önlemesidir (Şekil 2.20, Şekil 2.21). Kömürleşmiş tabaka sağlam tabakaya doğal bir yalıtım tabakası oluşturarak yangın ısısının alt tabakaya geçme hızını düşürmektedir. Ahşabın ısıya ve yangına maruz kalmayan kısımları strüktür dayanımını sürdürdüğü için binanın tahliye edilmesine olanak sağlamaktadır. Ahşap malzemenin; tutuşmasının geç olması, yangın esnasında strüktür elemanlarının en kesitlerinin dış katmanları kömürleşip orta kısımda taşıyıcı katmanların kalması ve bu nedenle binanın çökme tehlikesi gibi bir durumun örneğinin çeliğe göre çok daha az olması gibi avantajlara sahiptir. [45, 46].



Şekil 2.20. CLT Panel test yangını ve kömürleşme koruması [47]

Ahşap Kömürleşme Koruması



Şekil 2.21. Ahşap Kömürleşme Koruması [48]

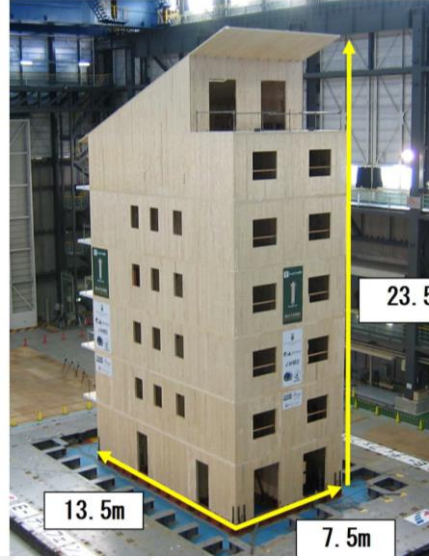
Araştırma ve analizler ahşabın sadece kurallara uygun yangın güvenliği ve koruma kodlarına uymadığını, aynı zamanda çoğu zaman bunların da ötesine geçtiğini göstermektedir. Bir yangın testinde, 15,8 mm X tipi alçı plaka ile çapraz lamine ahşaptan (CLT) oluşan 178mm kalınlığında duvar elemanının yanması 3 saat ve 6 dakika sürmüştür. Bu kod gerekliliklerinden bir saat daha uzun süre olmuştur [49, 50].

2.1.1.5. Çok Katlı Ahşap Yapıların Deprem Dayanımı

Ahşap yapılar sağlıklı, hafiflik ve esneklik özellikleri ile deprem bölgeleri için en uygun kalıcı çözümdür. Ahşap yapıların depreme dayanıklılığı uygulanan ahşap yapı sistemi özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ahşap binada yapısal panoların çok sayıdaki ahşap kiriş ve dikmelere birleşmesi depremin meydana getirdiği kuvvetlerin dağılarak emilmesini sağlar. Ahşap binalarda çok sayıda esnek birleşme noktası vardır. Bir birleşme yeri aşırı yüklendiğinde komşu birleşme yerleri fazla yükleri alarak yükün dağılmasını sağlar. Ahşabın mukavemet/ağırlık oranı yüksek olduğu için ahşap yapılar diğer bina tiplerine göre daha hafiftirler. Hafiflik depremde büyük avantajdır. Ahşap yapılarda usulüne uygun kullanılan çivi ve vidalar binaya esneklik sağlar ve deprem sırasında enerjiyi emer ve dağıtır. Modern ahşap yapılarda kullanılan CLT taşıyıcı ve dış duvar ve döşeme yapı elemanları ile inşa edilen binaların deprem yüklerine karşı çok dayanıklı olduğu birebir boyutlarda deneylerle test edilmiş olup, bu şekilde inşa edilmiş yapılar depremde adeta kapalı kutu özelliği göstermektedirler. CLT ile bugün 9 katın üstünde depreme dayanıklı binalar yapılabilmektedir [51].

Japonya Ulusal Enstitüsü Hyogo Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezinde 2005 yılında, Yer Bilimleri ve Afete Dayanıklılık Ulusal Araştırma Enstitüsünün katkılarıyla E-

Defense adında dünyanın en büyük deprem simülatörü tablası yapılmıştır. 2007 yılında bu simülatörde 7 katlı CLT panellerden oluşturulan yapının (Şekil 2.22) sismik testleri yapılmıştır. Yapıya daha önce yaşanan Japonya'da Kobe Depremi (1995), Türkiye'de Kocaeli Depremi (1999) ve Niigataken-Chuetu Depremlerinin (2004) sismik kuvvetleri uygulanmıştır. Test sonucunda yapı Eurocode 8 normlarını sağlamıştır [52, 53, 54].



Şekil 2.22. 7 katlı yapı sismik testi [52]

2009 yılında Hyogo Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezinde Simpson Strong-Tie firması ile Colorado Eyalet Üniversitesi araştırmacıları NEES-Wood Capstone projesinde işbirliği yapmıştır (Şekil 2.23). NEES-Wood Capstone projesi tam ölçekli, yedi katlı ahşap çerçeveli bir yapı olarak inşa edilmiştir [54, 55].



Şekil 2.23. NEES-Wood Capstone projesi sismik testi [55]

2.1.1.6. Çok Katlı Ahşap Yapıların Fiziksel Performansı

Yapılarda su, rutubet, ısı ve ses yalıtımı doğru detaylandırmaları önem taşıyan yapı fiziği konularıdır.

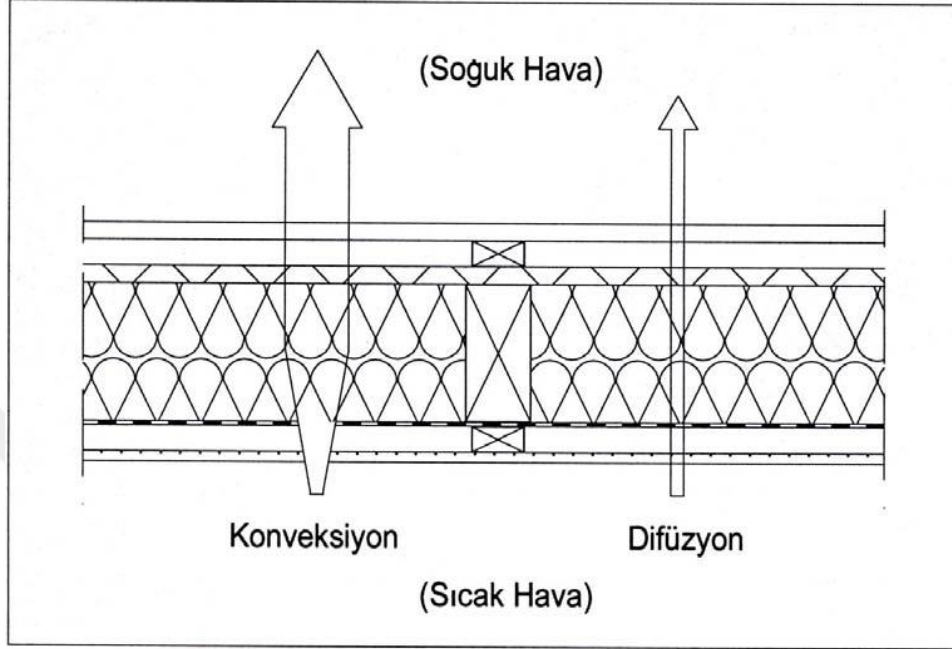
2.1.1.6.1. Su ve Rutubet Yalıtımı

Ahşap yapıların temel ve bodrum katları su ve rutubet yalıtımı için betonarmeden imal edilip, su ve nem yalıtımı malzemeleriyle uygulama yapılmaktadır. Ahşap yapılar günümüz modern mimarisinde su kullanılmadan tamamıyla kuru doğal ya da yapay elemanlar kullanılarak üretilmektedir. Temel, çatı ve duvarlarda yalıtım ve kaplama malzemelerinin kullanılmasıyla ahşap yapılar dış etkilerden korunmakta ve ahşabın strüktürel dayanımı ile yeterli bir nem yalıtımı yapılabilmektedir.

Ahşap yapıların yalıtım ve kaplama malzemeleriyle kaplanıp tamamıyla kapalı cephelerin oluşturulması, ahşap yapıların nefes alıp alamamasını yani ahşap yapıların hava geçirimsizliğini gündeme getirmektedir. Bütün kapalı yapılarda cephe elemanlarının iç ve dış yüzeyleri farklı sıcaklık dereceleri gösterirler. Özellikle kışın ısıtma periyodunda iç yüzeyler sıcak, dış yüzeyler ise soğuktur. Kışın ısıtılan iç mekânlarda oluşan su buharı, yoğunluk farkından dolayı sıcak taraftan soğuk tarafa geçme eğilimi gösterir. İç mekândaki nemli sıcak hava cephe elemanlarının içinden geçmeye çalışır, bu sırada soğur ve yoğunlaşır. Böylelikle yapı elemanları nemlenebilir. Su buharının bu şekilde yoğunluk farkından dolayı kapalı yüzeylerden geçişine difüzyon denir. Difüzyon kapalı yüzeylerde ve az miktarlarda olur. Su buharının yüzeylerdeki delik ya da boşluklardan engelsiz olarak geçişine ise konveksiyon denir. Konveksiyon ile su buharı geçişi difüzyona göre çok fazladır (şekil 2.24) [56, 57].

Ahşap yapılarda böyle bir nemlenmeye karşı çözüm olarak hava geçirimsiz yapı sistemi ve difüzyona açık yapı sistemi geliştirilmiştir. Hava geçirimsiz yapı sisteminde cepheler buhar kesicilerle yalıtılmakta, özellikle de iç yüzeyler daha çok yalıtılarak difüzyon engellenmektedir. Yapının hava geçirimsizliği ne kadar iyi ise nem tehlikesi o oranda azalmakta, yangın dayanımı, ısı ve ses yalıtımının verimliliği de artmaktadır [1, 2]. Difüzyona açık yapı sisteminde ise yapı elemanlarını dış cepheden kapatan buhar kesiciler azaltılmakta ve dış cephe elemanlarının arkasında boşluk bırakılarak hava sirkülasyonu

sağlanmaktadır. Böylelikle bir nemlenme durumunda yapı elemanları korunmaktadır [56, 58].



Şekil 2.24. Ahşap yapı için difüzyon ve konveksiyonun gösterimi [57]

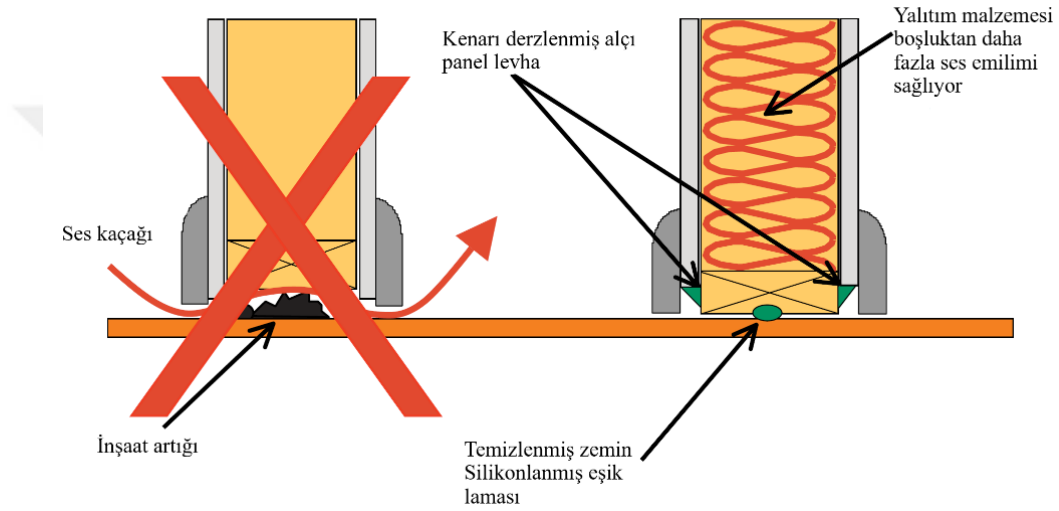
Yapıların ortak alanları koridorlarda, merdivenlerde ve nemin fazla olduğu mutfak gibi alanlarda, birikecek nemin yapının strüktürel elemanların verecek olduğu zararları en aza indirmek için doğal havalandırma yöntemleri ile çözümlenmeler yapılmaktadır.

2.1.1.6.2. Isı Yalıtımı

Ahşap malzeme, gözenekli yapısı ve hafifliğiyle ısı depolama yeteneğine sahiptir; diğer yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında iyi bir ısı yalıtım malzemesidir. Isı yalıtımlı ahşap konutlar ise ısı geçirgenlik değeri noktasında yasal sınır değerlerden daha üstün değerler vermektedirler. Ahşap konutlarda yapı elemanları aynı ısı geçirgenlik değerlerinde diğer yapı sistemlerine göre daha ince kesitte olmaktadır.

2.1.1.6.3. Ses Yalıtımı

Sesin yapı içerisinde yayılması darbe ve hava etkili olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir. Ses yalıtımı açısından bitişik nizam konutlar, tavanlar, ortak duvarlar, koridorlar ve merdivenler önlem alınması gereken noktalardır. Bölücü duvarların özellikle ek yerlerinde ses köprüleri oluştuğu için bu yerlerdeki düğüm noktalarının çözümüne dikkat edilmektedir (şekil 2.25) [5, 23].



Şekil 2.25. Birleşim detaylarının ses yalıtımına etkisi [23]

Ahşap malzeme ısı yalıtım özelliğine paralel olarak ses yalıtım özelliğine de sahiptir. Nitekim modern ahşap konutlar diğer konutlarla karşılaştırıldığında ses yalıtımı noktasında iyi sonuçlar elde edilmektedir. Ses yalıtımı, yapı üretiminde kullanılan bütün malzemelerin özellikleri ve birleşimleriyle yakından ilgilidir. Ahşap yapıda ses yalıtımı büyük miktarlarda ses yalıtım malzemeleriyle değil, kullanılan malzemelerin isabetli seçimi ve doğru sıralanmasıyla olur. Yüksek ısı yalıtımlı ve hava geçirimsiz ahşap konutlar aynı zamanda iyi ses yalıtımlı konutlardır. Bundan dolayı ses yalıtımı için ek yüksek masraflar gerekmemektedir [58].

2.2. Analiz Çalışmaları

Ahşap malzeme ile inşa edilen 5 ve daha fazla katlı yapılar çok katlı ahşap yapılar olarak literatürde yer almaktadır. Yapılan çalışmada 5 kattan, 24 kata kadar inşa edilen 18 adet ahşap yapı strüktürel kurgularına göre gruplandırılarak analiz edilmiştir.

Analiz çalışmasında sırasıyla aşağıdaki aşamalar takip edilmiştir. Bunlar;

1. Veri toplama ve örneklerin seçimi
2. Yapı analiz tablolarının oluşturulması, aşamalarıdır.

2.2.1. Veri Toplama ve Örneklerin Seçimi

Çok katlı ahşap yapıları araştırmak için kitaplardan, tezlerden, makalelerden, dergilerden, çeşitli internet kaynaklarından, mimarlık ve inşaat firmalarının bilgilerinden faydalanılmıştır. Ulaşılan kaynaklardan derlenen bilgiler doğrultusunda çok katlı ahşap yapı kavramına uyan beş ve daha fazla katlı yapı seçilmiş ve bu yapılar strüktürlerine göre gruplandırılmıştır.

Analiz edilen yapıların ahşap strüktür sisteminin oluşturulmasında CLT ve Glulam kullanımlarına göre örneklenerek seçimi yapılmış olup ayrıca iki yapısal ahşap malzemenin bir arada kullanıldığı yapılarda seçilmiştir. İncelenen yapıların strüktürlerinin oluşturulmasında ahşabın yanında hibrit olarak betonarme veya çelik malzemedenden yararlanılan yapılarda incelenmiştir.

2.2.2 Yapı Analiz Tablolarının Oluşturulması

Bu çalışma kapsamında ele alınan örnek yapılar “Yapı Analiz Tabloları” başlığında verilen yapı analiz tablolarında incelenmiştir. Yapı analiz tablolarının oluşturulmasında literatür çalışmalarından elde edilen bilgilerden yararlanılmıştır. Analiz tabloları iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde yapıya ait genel bilgiler verilmiş, görseller yer almış; ikinci bölümde ahşap strüktür sistemi tanıtılmıştır.

2.2.2.1. Yapıya Ait Bilgiler

Yapı analiz tablolarının bulunduğu tablolarda incelenen çok katlı ahşap yapılarla ilgili örneğe ait yapının adı, kullanım amacı, konumu, yapım yılı, mimari tasarımı, mimari tasarım danışmanı, strüktür tasarımı, ana yüklenicisi, ahşap tedarikçisi, yangın dayanım tasarımı, kat adedi, yüksekliği, toplam alanı, yapım süresi ve yapının sahip olduğu yeşil sertifika bilgileri yer almaktadır. Aynı zamanda yapıya ait genel tanıtıcı fotoğraflar da bu bölümde verilmiştir.

2.2.2.2. Strüktür Sistemi Bilgileri

İncelenen çok katlı ahşap yapının strüktür kurgusunun özelliklerine, strüktürün ahşap kısmının özelliklerine ve malzeme cinsine yer verilmiştir. Strüktür kurgusunu gösteren fotoğraflarla bu bölüm desteklenmiştir.

2.2.2.2.1. Ahşap Strüktür Eleman Bilgileri

İncelenen yapının, ahşap strüktür eleman özelliklerine, cinsine, malzemesine, sağlayıcısına ve boyutlarına, elemanların detaylarını gösteren fotoğraflara yer verilmiştir.

2.2.2.2.2. Ahşap Döşeme Bilgileri

İncelenen yapının, ahşap döşeme cinsine, malzemesine, sağlayıcısına, boyutlarına, özelliklerine ve yatay elemanların detaylarını gösterir fotoğraflara yer verilmiştir.

2.2.2.2.3. Ahşap Elemanların Birleşimi

İncelenen yapının, ahşap strüktür düşey ve yatay elemanların birleşiminde kullanılan birleşim elemanının malzemesine, sistemine ve birleşim yöntemine yer verilmiştir. Birleşim elemanının detaylarını gösterir fotoğraflarla bölüm desteklenmiştir.

2.2.3. Yapı Analiz Tabloları


Tablo 2.1. Yapı Analiz Tablosu Örneği

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	
	Kullanım Amacı	
	Konumu	
	Yapım Yılı	
	Mimari Tasarımı	
	Strüktür Tasarımı	
	Yangın Dayanım Tasarımı	
	Ana Yüklenici	
	Ahşap Tedarikçisi	
	Kat Adedi	
	Yüksekliği	
	Toplam Alanı	
	Yapım Süresi	
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	
	Ahşap Kısım Malzemesi	







Tablo 2.1'in devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	
	Malzemesi ve Tedarikçisi	
	Boyutları ve Özellikleri	
Ahşap Döşeme	Cinsi	
	Malzemesi ve Tedarikçisi	
	Boyutları ve Özellikleri	
AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	
	Sistemi	
	Birleşim Yöntemi	
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	
	Tasarımları	

Tablo 2.2. Woodcube Yapısı [59, 60, 61, 62]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Woodcube
	Kullanım Amacı	Konut
	Konumu	Hamburg, Almanya
	Yapım Yılı	2013
	Mimari Tasarımı	Architekturagentur, Stuttgart
	Mimari Tasarım Danışman	DeepGreen Development GmbH
	Strüktür Tasarımı	Isenmann Ingenieure, Haslach
	Ana Yüklenici	Woodcube Hamburg GmbH
	Ahşap Tedarikçisi	Ing. Erwin Thoma Holz GmbH
	Yangın Dayanım Tasarımı	TSB Ingenieure, Darmstadt
	Kat Adedi	5 Kat Ahşap
	Yüksekliği	15,1 metre
	Toplam Alanı	1479 m ²
	Yapım Süresi	Başlangıç, Mayıs 2013. Bitiş, Ekim 2013
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Panel Sistem, Ahşap Kiriş, Asansör ve Merdiven Evi Betonarme, Temel ve Bodrum Kat Betonarme, Çelik Bağlantı Kirişleri
	Ahşap Kısım	Panel ve Döşeme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Panel Sistemi, Ağaç çivili Çapraz Lamine Ahşap (Tutkalsız)
		


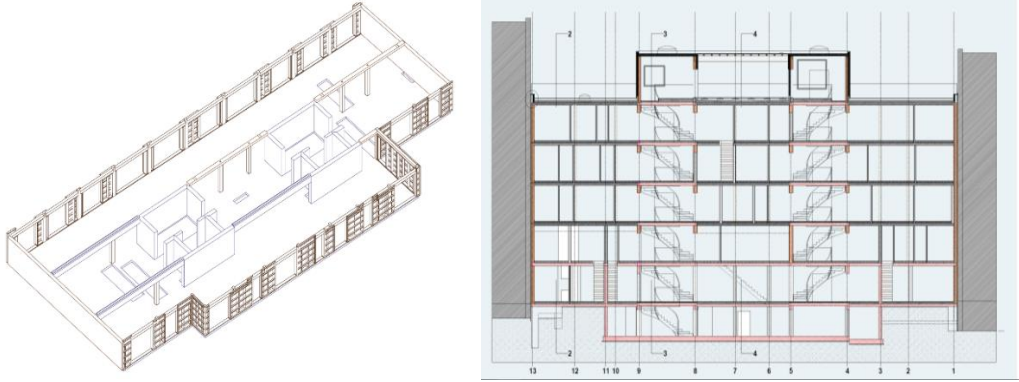
Tablo 2.2'nin devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ	
Cinsi	Panel Sistem
Malzemesi ve Tedarikçisi	Ahşap Panel, DLT, Tahoma
Boyutları ve Özellikleri	31cm dış cephe perde elemanı 23,5 cm kalınlıkta döşeme paneli Çapraz çelik destek elemanlarıyla desteklenmiştir
Ahşap Strüktür Elemanın	 
	 
Cinsi	Panel
Malzemesi ve Tedarikçisi	Ahşap Panel, NLT, Tahoma
Boyutları ve Özellikleri	23,5 cm kalınlıkta döşeme paneli
Ahşap Döşeme	 

Tablo 2.2'nin devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	L Plaka
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	ISO-fire for 90 minutes
	Tasarımları	Profesör Karsten Tichelmann başkanlığındaki ve DeepGreen tarafından görevlendirilen Darmstadt Teknik Üniversitesi, IV. Sınıf binada 1000 derece sürekli alevde gerekli olan F 90 yangına dayanıklılık süresi (= 90 dakika) kolayca elde edilmiş, masif ahşap prototipin özel konstrüksiyonu rekor kıran F 180'e dahi ulaşmıştır.
		

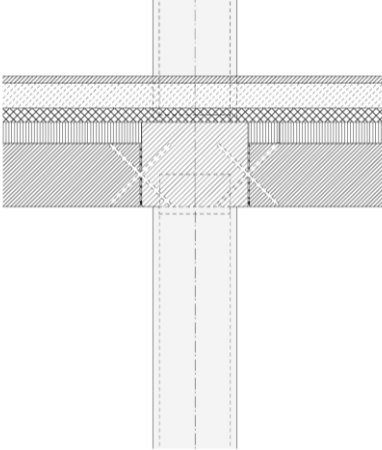

Tablo 2.3. 3Xgrün Yapısı [63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	3Xgrün
	Kullanım Amacı	Konut
	Konumu	Pankow, Berlin, Almanya
	Yapım Yılı	2012
	Mimari Tasarımı	Atelier Pk, Roedig_Schop, Rozynski_Sturm
	Strüktür Tasarımı	Ifb Frohloff Staffa Kühl Ecker
	Yangın Dayanım Tasarımı	Dehne – Kruse, Braunschweig
	Ana Yüklenici	A-Z Holzbau Zimmerei GmbH
	Ahşap Tedarikçisi	LENO-Metsawood, Furnierschichtholz
	Kat Adedi	4 Kat Ahşap, Zemin ve Bodrum Kat Betonarme
	Yüksekliği	16,5 m
	Toplam Alanı	1.870 m ²
Yapım Süresi	Ahşap Kısım 3 Hafta	
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Dikme Kiriş Sistemi, Merdiven Evi ve Asansör Şaftı Yarı Prefabrik Betonarme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Ahşap Dikme Kiriş LVL, Döşeme CLT
		


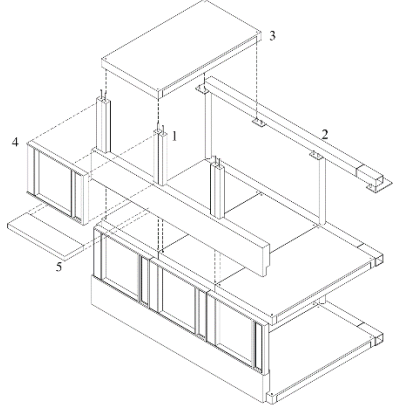
Tablo 2.3'ün devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, kiriş
	Malzemesi ve Tedarikçisi	LVL, Kerto S (Metsawood)
	Boyutları ve Özellikleri	240x300 mm LVL kiriş
		.
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Leno (Metsawood)
	Boyutları ve Özellikleri	Tavan elemanları 189 mm kalınlığında Leno masif tavandan imal edilmiştir. Ortalama 3 m x 6 m ebatlarında inşa edilmiştir
		

Tablo 2.3'ün devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Vidalı Birleşim (Plakasız)
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	
	Tasarımları	Betonarme merdiven evi ve asansör kovası CLT panellerin yüzeyi B1 sınıfı saydam malzemeyle kaplanmıştır. Cephe panellerinde 240 mm taş yünü kullanılmıştır.
		



Tablo 2.4. Illwerke Zentrum Montafon Yapısı [72, 73, 74, 75]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Illwerke Zentrum Montafon
	Kullanım Amacı	Ticari
	Konumu	Vandans, Avusturya
	Yapım Yılı	2012-2013
	Mimari Tasarımı	Architekten Hermann Kaufmann ZT GmbH
	Mimari Tasarım Danışman	Prof. Dr. Hermann Kaufmann
	Strüktür Tasarımı	Merz Kley Partner
	Ana Yüklenici	Vorarlberger Illwerke AG
	Ahşap Tedarikçisi	Cree GmbH
	Kat Adedi	5 Kat Ahşap 1 Bodrum Kat Betonarme
	Yüksekliği	21m (genişlik 16 m, uzunluk 120 m)
	Toplam Alanı	11.497 m ²
Yapım Süresi	1 Yıl	
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Geliştirilmiş Platform Sistem, Betonarme Döşeme, Temel ve Bodrum Kat Betonarme, Çelik Dikme Kiriş, Merdiven Evi ve Asansör Perdeleri Betonarme
	Ahşap Kısım	Dikme ve Kiriş
	Ahşap Kısım Malzemesi	Glulam
	1 Çift Glulam Dikmeli Parapetli Cephe Elemanı	
	2 Çelik Dikme ve Kiriş Sistemi	
3 Glulam Kirişli 8cm Betonarme Döşeme		
4 Dış Cephe Pencere Modülü		
5 Gölgeleme Elemanı		



Tablo 2.4'ün devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, Kiriş
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam, Cree
	Boyutları ve Özellikleri	
		
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Ahşap Betonarme Hibrit Döşeme
	Boyutları ve Özellikleri	Cree, Ahşap Betonarme
		

Tablo 2.4'ün devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	
	Tasarımları	Sprinkler ve yangın alarm sistemi kullanılmıştır.
		

Tablo 2.5. E3 Yapısı [43, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Adı	E3	
Kullanım Amacı	Konut	
Konumu	Berlin, Almanya	
Yapım Yılı	8/2007–5/2008	
Mimari Tasarımı	Kaden Klingbeil Arch.	
Strüktür Tasarımı	Bois Consult Natterer	
Yangın Dayanım Tasarımı	E3 Bau Gbr.	
Ana Yüklenici	Merkle	
Ahşap Tedarikçisi	Dehne, Kruse & Partners	
Kat Adedi	7 Kat Ahşap	
Yüksekliği	22 m	
Toplam Alanı	987 m ²	
Yapım Süresi	9 Ay	
Yapının		
	STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ	
	Özellikleri	Ahşap Dikme Kiriş Sistemi, Ahşap – Betonarme Hibrit Döşeme, Çelik Çapraz Gergi Elemanları, Temel ve Zemin Kat Dikme betonarme
Ahşap Kısım Malzemesi	Dikme-Kiriş: Glulam, Döşeme ve Duvar: CLT	
Strüktür Sistemi		

Tablo 2.5'in devamı

AĞŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
AĞşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme Kiriş
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam, Merkle
	Boyutları ve Özellikleri	320x360 mm
		
AĞşap Döşeme	Cinsi	AĞşap Panel – Betonarme (Hibrit)
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Merkle – Yerde döküm betonarme
	Boyutları ve Özellikleri	160 mm CLT panel – 100 mm betonarme
		
AĞŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Bulonlu ve Çivili birleşim
		



Tablo 2.5'in devamı

YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ	
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik
	Tasarımları
	<p>İç mekan duvar yüzeylerinde iki kat alçı plaka kullanımı</p> <p>100 mm kalınlığında yoğun taş yünü plaka kullanımı</p> <p>Merdiven evi ve asansör kovanının yapıdan ayrı olarak dış mekanda betonarme çözülmesi</p>
	

Tablo 2.6. H8 Yapısı [83, 84, 85, 86]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	H8 Achtgeschossiges Holzhaus
	Kullanım Amacı	Konut, ticari
	Konumu	Bad Aibling, Almanya
	Yapım Yılı	2011
	Mimari Tasarımı	SCHANKULA Architekten
	Strüktür Tasarımı	Ift Schallschutzzentrum Rosenheim
	Yangın Dayanım Tasarımı	Bauart Konstruktions GmbH & Co. KG, Münih
	Ana Yüklenici	Bauart Konstruktions GmbH & Co. KG Münih
	Ahşap Tedarikçisi	Huber & Sohn GmbH & Co. KG Bachmehring
	Kat Adedi	8 Kat Ahşap
	Yüksekliği	25 m
	Toplam Alanı	1741 m ²
	Yapım Süresi	Ahşap kısım-3 hafta
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Panel Sistemi, Betonarme (Temel, daire giriş koridoru, asansör ve merdiven)
	Ahşap Kısım Malzemesi	Masif Ahşap ve CLT Panel (570 m ³)
		

Tablo 2.6'nın devamı

AĞŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
AĞşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Masif ağşap (1.-7. katlar), CLT (8. Kat)
	Boyutları ve Özellikleri	Huber & Sohn GmbH & Co. KG
		
AĞşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT
	Boyutları ve Özellikleri	Huber & Sohn GmbH & Co. KG
		


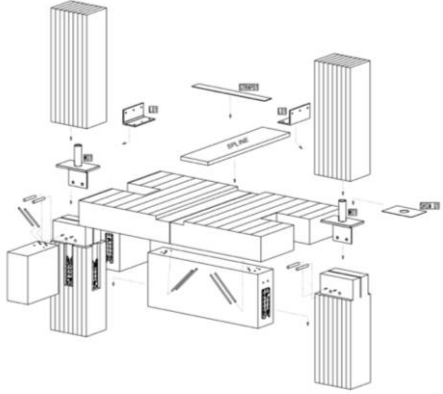


Tablo 2.6'nın devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Çelik L plaka
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	REI 90 M – K ₂ 60
	Tasarımları	Duvarlarda 240 mm kalınlığında mineral yün kullanılmış ve 2 kat alçı panel ile kaplanmıştır. Plan çözümünde daire girişleri betonarme verilmiştir.
		
		



Tablo 2.7. Carbon 12 Yapısı [87, 88, 89, 90]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Carbon12
	Kullanım Amacı	Rezidans, Konut, Zemin Kat Ticari Kullanım
	Konumu	Portland, Oregon, ABD
	Yapım Yılı	2018
	Mimari Tasarımı	Kaiser Group and Path Architecture
	Strüktür Tasarımı	Michael Munzing, Munzing Structural Engineering
	Ana Yüklenici	Kaiser Group Inc.
	Ahşap Tedarikçisi	Structurlam
	Kat Adedi	8 Ahşap Çelik Hibrit Kat, 2 Bodrum kat Betonarme,
	Yüksekliği	25,9 m
	Toplam Alanı	3,902 m2
	Yapım Süresi	14 Ay
	Yeşil Sertifika	Leed Platinum
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Çelik Hibrit Dikme – Kiriş Sistemi, Ahşap Döşeme, Çelik Kazıklı Betonarme Temel
	Ahşap Kısım	Dikme – Kiriş Sistemi , Döşeme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Dikme Kiriş: Glulam, Döşeme: CLT
		


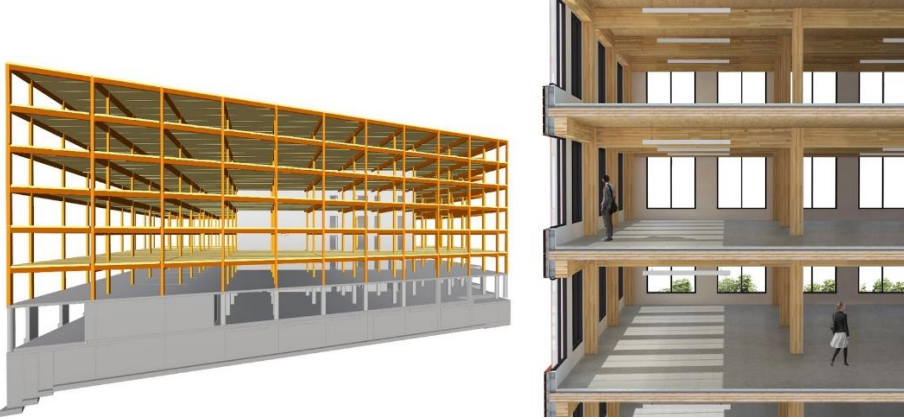
Tablo 2.7'nin devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, Kiriş
	Malzemesi	Glulam
	Tedarikçisi	Structurlam
	Boyutları ve Özellikleri	
	 	
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Structurlam
	Boyutları	3x7m Panel Boyutları
	Özellikleri	
		



Tablo 2.7'nin devamı

DÜŞEY YATAY ELEMAN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Bulonlu Birleşim
		
DİĞER STRÜKTÜR ÖZELLİKLERİ		
Diğer Strüktür	Sistemi	Çelik Dikme Kiriş ve diyagonal elemanlar
	Boyutları ve Özellikleri	Merdiven Evi ve asansör kulesi sismik kuvvetleri karşılamak için tasarlandı.
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	
	Tasarımları	Yapısal çerçeve, döşeme ve çatı konstrüksiyonu 1 saat yangına dayanıklılık derecesine (Fire Resistance Rating- FRR) sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Çelik çekirdek, ek koruma sağlamak için alçı panel ile kaplanmıştır.

Tablo 2.8. T3 Minneapolis Yapısı [91, 92, 93, 94, 95, 96]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	T3 Minneapolis (Timber, Technology, Transit)
	Kullanım Amacı	Ticari, Büro
	Konumu	Washington Ave, Minneapolis, Amerika
	Yapım Yılı	2016
	Mimari Tasarımı	DLR Group, Michael Green Architecture
	Strüktür Tasarımı	Loucks Associates
	Ana Yüklenici	Kraus-Anderson, Minneapolis
	Ahşap Tedarikçisi	StructureCraft, Delta
	Kat Adedi	6 Kat Ahşap, 1 Kat Betonarme
	Yüksekliği	26 mt
	Toplam Alanı	22.000m ²
	Yapım Süresi	Ahşap Kısım 9,5 Hafta
	Yeşil Sertifika	Leed Gold
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Dikme - Kiriş Sistemi, Ahşap Döşeme, Temel Bodrum Zemin Kat Betonarme, Merdiven Evi ve Asansör Kovası Betonarme
	Ahşap Kısım	Dikme - Kiriş Sistemi, Döşeme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Dikme - Kiriş: Glulam, Döşeme: NLT
		

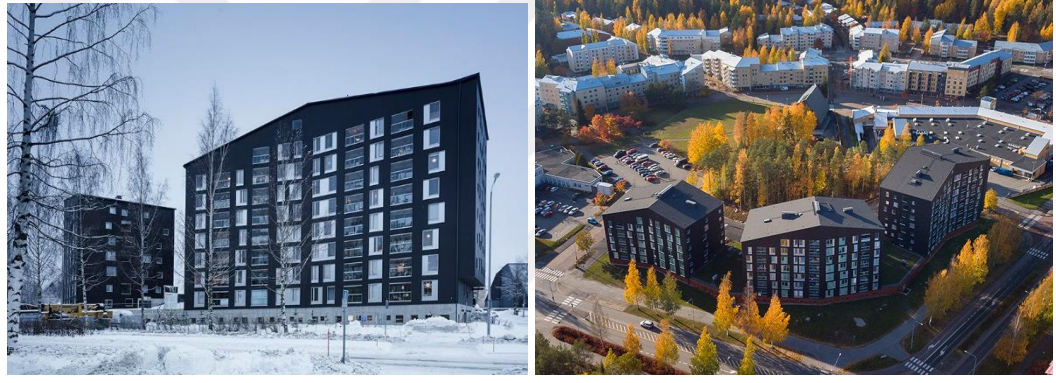

Tablo 2.8'in devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, Kiriş
	Malzemesi	Glulam
	Tedarikçisi	StructureCraft
	Boyutları ve Özellikleri	En kesitleri 250 x 300 mm'den 250 x 480 mm'ye kadar 610/730 cm aks aralığında Dikme yerleşimi 3.600 m ³ Glulam
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	NLT, StructureCraft
	Boyutları	610 x 2.44 m panel boyutları
	Özellikleri	610 aks aralıkları panellerle geçilmiştir 1100 adet NLT panel (Ladin) Döşeme yüzeyi nemden korumak için OSB ile kaplanmıştır
		

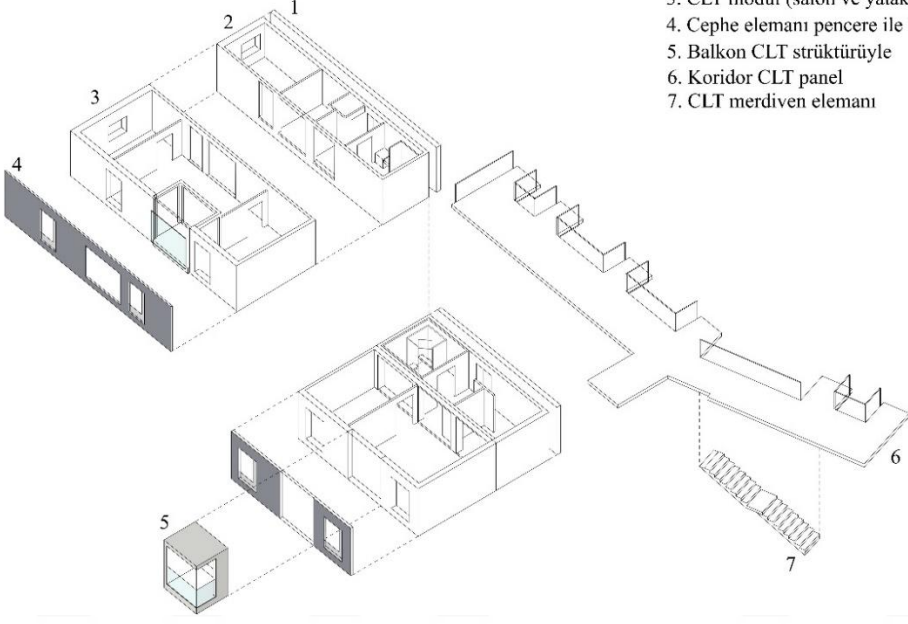
Tablo 2.8'in devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ	
Malzemesi	Çelik
Birleşim Yöntemi	Vidalı - Çivili - Bulonlu Birleşim
Birleşim Eleman	



Tablo 2.9. Puukuokka Yapısı [97, 98, 99, 100, 101, 102]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Puukuokka
	Kullanım Amacı	Konut
	Konumu	Kuokkala , Jyvaskyla, Finland
	Yapım Yılı	2014 (1. Bloğun tamamlanması) - 2015
	Mimari Tasarımı	OOPEA-Anssi Lassila
	Strüktür Tasarımı	SWECO
	Ana Yüklenici	JVR-Rakenne Ltd.
	Ahşap Tedarikçisi	Stora Enso - Janne Manninen
	Yangın Dayanım Tasarımı	KK-palokonsultti oy
	Kat Adedi	8 Kat Ahşap (Diğer Bloklar 7-6 kat ahşap)
	Yüksekliği	26,5 m
	Toplam Alanı	18.650 m ²
	Yapım Süresi	1. etap 14 ay
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Panel (Hücre) Sistemi, Temel ve Bodrum Kat Betonarme
	Ahşap Kısım	Panel ve Döşeme CLT
		



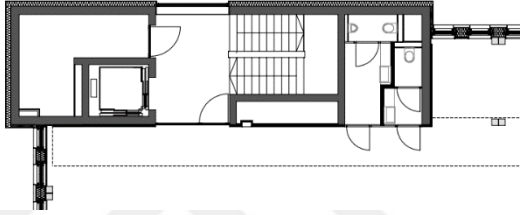




Tablo 2.9'un devamı

AHŞAP STRÜKTÜR DÜŞEY YATAY ELEMAN BİLGİLERİ	
Cinsi	Ahşap Panel (Hücre) Sistem
Malzemesi	CLT
Tedarikçisi	Stora Enso
Ahşap Strüktür	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tesisat montajı için CLT duvar 2. CLT modül (mutfak ve banyo) 3. CLT modül (salon ve yatak odası) 4. Cephe elemanı pencere ile birlikte 5. Balkon CLT strüktürüyle 6. Koridor CLT panel 7. CLT merdiven elemanı

Tablo 2.10. Life Cycle Tower One Yapısı [103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Life Cycle Tower One
	Kullanım Amacı	Ticari, Büro
	Konumu	Dornbirn, Avusturya
	Yapım Yılı	Haziran 2011 - Kasım 2012
	Mimari Tasarımı	Hermann Kaufmann ZT GmbH
	Mimari Tasarım Danışmanı	Cree GmbH
	Strüktür Tasarımı	Bernd Weithas, A-Hard
	Ana Yüklenici	Rhomberg Bau GesmbH, Bregenz
	Ahşap Tedarikçisi	Cree
	Kat Adedi	8 Kat Ahşap
	Yükseklği	27 m
	Toplam Alanı	2319 m ²
	Yapım Süresi	15 Ay
	Yeşil Sertifika	Passive House A+ (9kWh/m ² a)
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Geliştirilmiş Platform Sistem, Ahşap Betonarme Hibrit Döşeme, Merdiven Evi ve Asansör Kovası Betonarme, Temel Betonarme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Glulam
		



Tablo 2.10'un devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, Kiriş
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam, Cree
	Boyutları ve Özellikleri	Dikme: 240x240mm; Kiriş: 240x280mm
	  	
Ahşap Döşeme	Cinsi	Ahşap Beton Hibrit Döşeme
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam - Betonarme
	Boyutları ve Özellikleri	Glulam: 240x280 mm; Betonarme: 80 mm 2680 mm (genişlik), 9000mm uzunluk
	   	


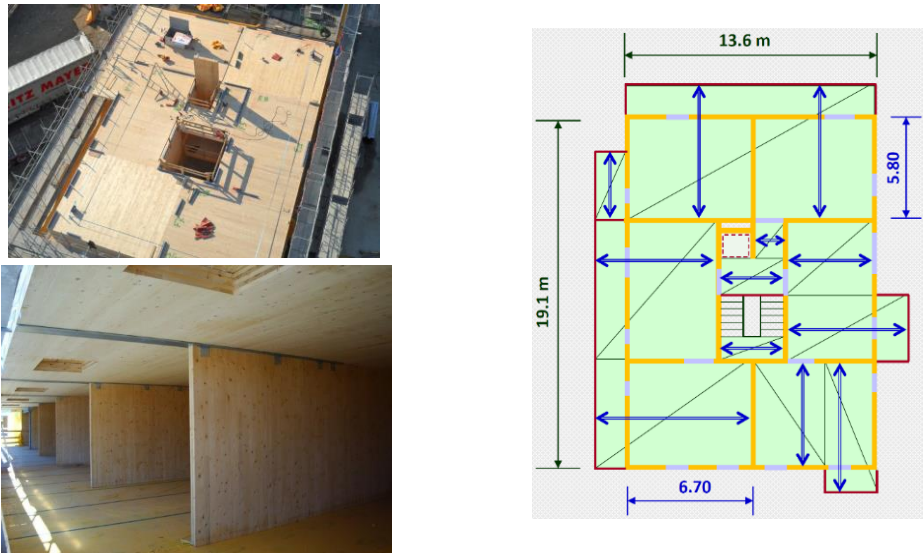
Tablo 2.10'un devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Bulonlu Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	LCT ONE, hibrit döşeme için REI 90 yangın dayanım sertifikasına (DIN EN 13501'e göre) sahiptir. Bu sertifikayı alabilmek için pek çok ahşap bağlantı elemanı yangın testine tabi tutulmuştur.
	Tasarımları	Otomatik yangın söndürme ve yangın alarm sistemi tasarlanmıştır.

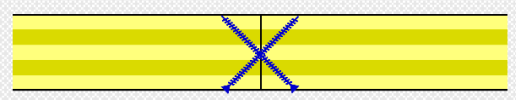




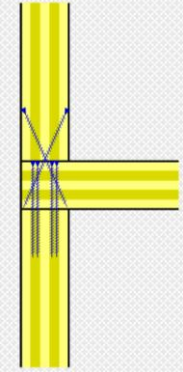
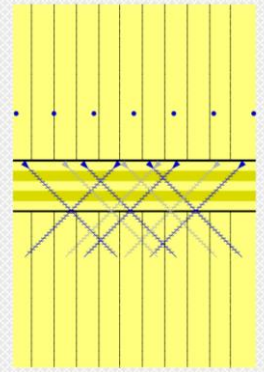

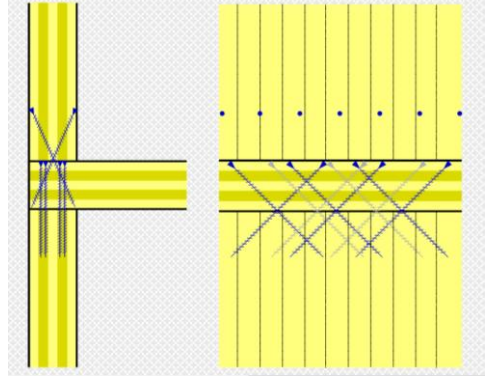
Tablo 2.11. Cenni di Cambiamento Yapısı [112,113,114,115,116,117,118,119,120,121,122]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Cenni di Cambiamento
	Kullanım Amacı	Konut
	Konumu	Milano, İtalya
	Yapım Yılı	Nisan 2012 - Kasım 2013
	Mimari Tasarımı	Rossi Prodi Associati srl
	Strüktür Tasarımı	Borlini & Zanini SA
	Ana Yüklenici	Carron S.p.A.
	Ahşap Tedarikçisi	Stora Enso
	Kat Adedi	9 Kat Ahşap
	Yüksekliği	28,16 m
	Toplam Alanı	30.284 m ²
	Yapım Süresi	18 ay
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Panel Sistem, Temel ve Bodrum kat betonarme
	Ahşap Kısım Malzemesi	CLT (6.100m ³ , Stora Enso)
		

Tablo 2.11'in devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Stora Enso
	Boyutları ve Özellikleri	5 tabakalı CLT 1.kat: 200 mm kalınlık, 2.-4. Katlar: 180 mm kalınlık, 5. Ve 6. Katlar: 160mm kalınlık, 7. Ve 8. Katlar:140 mm kalınlık, 9. Kat: 120mm kalınlık
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Stora Enso
	Boyutları ve Özellikleri	Açıklık 5,8 m küçükse 5 tabaka 200 mm kalınlık Açıklık 6,8 m küçükse 7 tabaka 230 mm kalınlık
		

Tablo 2.11'in devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Malzemesi	Çelik Vida	
Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim, Döşeme paneli birleşimi 45° Panel – döşeme birleşimi 30 °	
Birleşim Eleman		
		
		
		
		

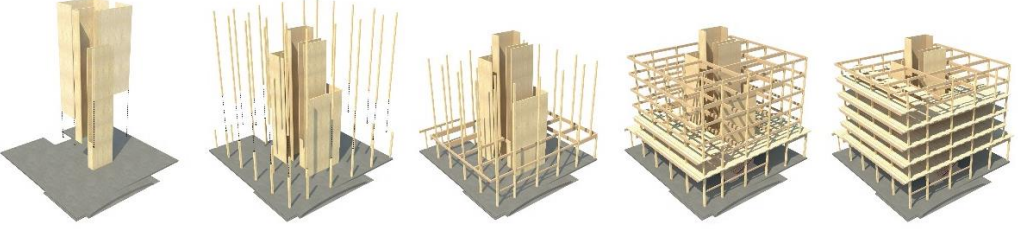





Tablo 2.11'in devamı

YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ	
Kullanılan Yönetmelik	REI 60,
Tasarımları	Tüm ahşap yüzeyler yangın geçirmez özel levha ve üzerine alçı levhayla kaplanmıştır (Gyproc Fireline 20 + Rigidur H15).
Yangın Dayanımı	<p>Principle</p> <p>Installations inside of fire-protected space</p> <p>Installations outside of fire-protected space</p> <p>60' 60'</p> <p>60' 60'</p> <p>protected area</p> <p>60' 60'</p> <p>protected area</p> <p>"free" area</p> <p>protected area</p> <p>Safer solution</p> <ul style="list-style-type: none"> - timber directly protected - installations not relevant for fire protection <p>Special solution required</p> <ul style="list-style-type: none"> - protection of sheeting perforations - later interventions by residents not under control

Tablo 2.12. Wood Inovation Design Centre Yapısı [123, 124, 125, 126, 127, 128, 129]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Wood Inovation Design Centre
	Kullanım Amacı	Eğitim, Akademik Program
	Konumu	Prince George, BC, Kanada
	Yapım Yılı	2014
	Mimari Tasarımı	Michael Green Architecture
	Strüktür Tasarımı	Equilibrium Consulting Inc.
	Yangın Dayanım Tasarımı	CHM Fire Consultants Ltd.
	Ana Yüklenici	PCL Constructors Westcoast Inc.; Ahşap Kısım: Nicola Logworks Ltd.
	Ahşap Tedarikçisi	Structurlam Mass Timber Corporation (Glulam & CLT); Brisco Manufacturing Ltd. (LVL)
	Kat Adedi	6 Kat Ahşap (Zemin Çekme Kat+Çatı Katı)
	Yüksekliği	29,5 m
	Toplam Alanı	4,820 m ²
	Yeşil Sertifika	Leed Gold
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Dikme - Kiriş Sistemi, Ahşap Döşeme, Merdiven Evi ve Asansör Kovası Ahşap, Temel Betonarme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Dikme- Kiriş: Glulam; Merdiven Evi, Asansör Kovası, Döşeme: CLT
		<ol style="list-style-type: none"> 1. Glulam Dikme 2. Glulam Kiriş 3. CLT Panel (169 mm) 4. CLT Panel (99 mm) 5. İç Mekan Tesisat Kanalı 6. Sökülebilir Tesisat Kanalı Kapağı 7. Alz Zemin Kaplaması 8. Zemin Kaplama Malzemesi 9. Askı Aydınlatma 10. Sprinkler ve Sistemler 11. Ahşap Tavan Paneli


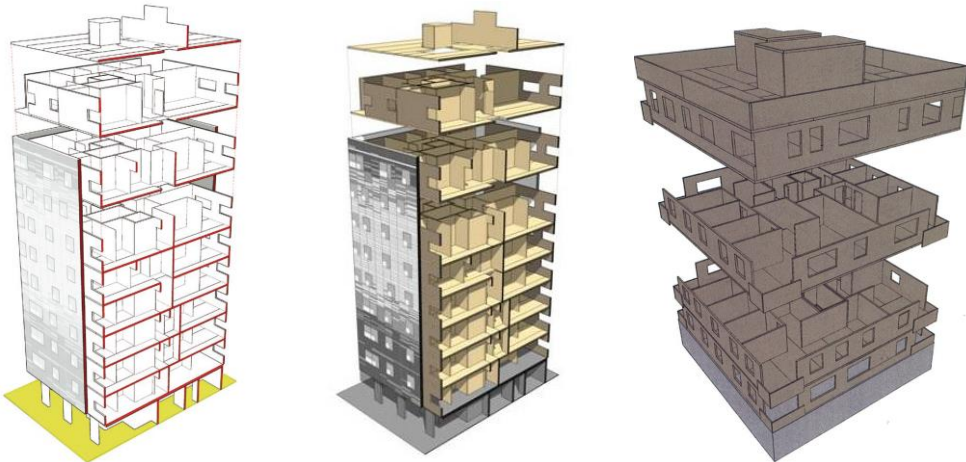
Tablo 2.12'nin devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, Kiriş, Perde ve Döşeme
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Dikme, Kiriş: Glulam, Structurlam Perde, Döşeme: CLT, Structurlam
	Boyutları ve Özellikleri	Zemin kat glulam Dikme en kesiti 368x356 mm Üst katlar glulam Dikme en kesiti 305x292 mm Asansör ve Merdiven duvarları 3,5 m uzunluğunda, 3, 5 ve 7 katmanlı, 102mm, 165 mm, 241 mm kalınlıkları olan CLT panellerle oluşturulmuştur
   		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Structurlam
	Boyutları ve Özellikleri	5 Tabakalı 169mm CLT Panel üzerine, 3 Tabakalı 99 mm CLT Paneller (5,8 m uzunluk) oluşturulan tesisat boşluklu döşeme kurgusu
 		




Tablo 2.12'nin devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
	Malzemesi	Çelik
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim Çivili Birleşim
Birleşim Eleman	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p>Yatak Plakası 15,9mm çaplı glulam kolon içine yerleştirilmiş rotlar</p> <p>Kolon birleşim vidalarını sıkmak için bırakılan boşluğu kapatmak için ahşap eleman</p> <p>Kolon - Kiriş birleşim plakaları</p> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div>	
	<p>CLT Döşeme Plakaları Birleşim Detayları</p>	
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	BC Building Code
	Tasarımları	Yanmaz kumaş kaplama Sprinkler sistem kullanımı, duman dedektörleri


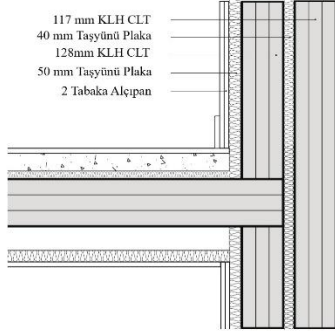
Tablo 2.13. Stadthaus Yapısı [130, 131, 132, 133]

YAPIYA AİT BİLGİLER	
Adı	Stadthaus
Kullanım Amacı	Konut, Zemin Kat Ticari Kullanım
Konumu	Hackney, Londra, İngiltere
Yapım Yılı	2009
Mimari Tasarımı	Waugh & Thistleton Architects
Strüktür Tasarımı	Techniker Limited Engineers
Yangın Dayanım Tasarımı	Telford Homes
Ana Yüklenici	KLH UK Ltd.
Ahşap Tedarikçisi	KLH
Kat Adedi	9 Kat (8 Kat Ahşap, 1 Kat Betonarme)
Yüksekliği	29,75 m
Toplam Alanı	2890 m ²
Yapım Süresi	49 Hafta, Ahşap Kısım 27 Gün
Yapının	
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ	
Özellikleri	Ahşap Panel Sistem, Zemin kat ve temel betonarme
Ahşap Kısım Malzemesi	Panel: CLT (900m ³ CLT)
Strüktür Sistemi	

Tablo 2.13'ün devamı

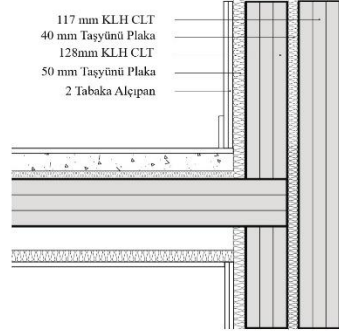
AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Panel Sistem
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, KLH UK
	Boyutları ve Özellikleri	Düşey eleman: 128mm kalınlık Asansör perdelerinde çift CLT panel kullanılmıştır 128mm+117mm CLT
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	CLT Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, KLH UK
	Boyutları ve Özellikleri	146 mm kalınlık
		
AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	L Plaka, Vida
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim
		

Tablo 2.13'ün devamı



YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	60 dk ve 90 dakika yangın dayanımı
	Tasarımları	İç duvar ve tavanlarda Alçı panel kullanımı Asansör perdelerinin arasında taş yünü kullanımı Asansör perdelerinin etrafında iki kat alçı panel kullanımı
		

Asansör Perdesi Detayı

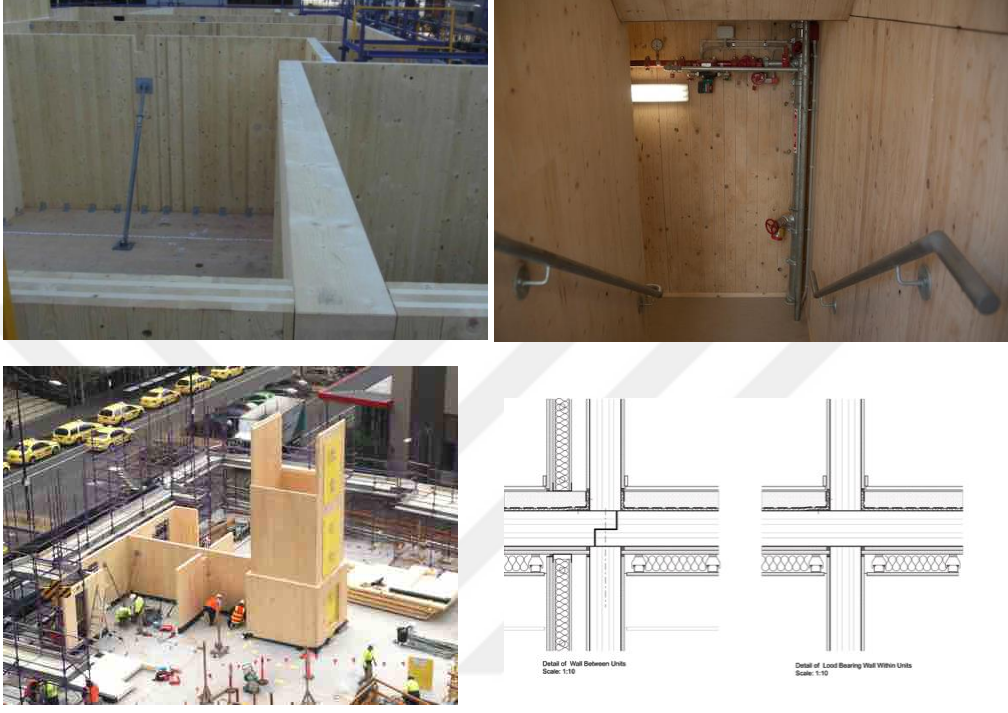

- 117 mm KLH CLT
- 40 mm Taşyünü Plaka
- 128mm KLH CLT
- 50 mm Taşyünü Plaka
- 2 Tabaka Alçıpan



Tablo 2.14. Forte Yapısı [134, 135, 136, 137, 138, 139, 140]

YAPIYA AİT BİLGİLER					
Adı	Forte				
Kullanım Amacı	Konut				
Konumu	Melbourne, Avusturalya				
Yapım Yılı	2012				
Mimari Tasarımı	Lend Lease				
Strüktür Tasarımı	Lend Lease				
Ana Yüklenici	Lend Lease				
Ahşap Tedarikçisi	KLH Avusturalya				
Kat Adedi	10 kat (Zemin Kat Betonarme, 9 Kat Ahşap)				
Yüksekliği	32,17 m				
Toplam Alanı	2550 m ²				
Yapım Süresi	10 Ay (Ahşap Kısım Montajı: 3 Ay)				
Yeşil Sertifika	5 star green star residential				
Yapının					
	STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ				
Strüktür Sistemi	<table border="1"> <tr> <td>Özellikleri</td> <td>Ahşap Panel Sistem, Temel ve zemin kat betonarme; Islak hacimler hafif çelik hücre sistem</td> </tr> <tr> <td>Ahşap Kısım Malzemesi</td> <td>CLT (759 CLT Panel), KLH Avusturalya</td> </tr> </table>	Özellikleri	Ahşap Panel Sistem, Temel ve zemin kat betonarme; Islak hacimler hafif çelik hücre sistem	Ahşap Kısım Malzemesi	CLT (759 CLT Panel), KLH Avusturalya
	Özellikleri	Ahşap Panel Sistem, Temel ve zemin kat betonarme; Islak hacimler hafif çelik hücre sistem			
Ahşap Kısım Malzemesi	CLT (759 CLT Panel), KLH Avusturalya				
					



Tablo 2.14'ün devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanının	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, KLH
	Boyutları ve Özellikleri	Perde: 128mm kalınlık, 5 tabaka, PU resin tutkal
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	CLT Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, KLH
	Boyutları ve Özellikleri	146mm kalınlık, 5 tabakalı, PU resin tutkal
		




Tablo 2.14'ün devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	L Profil, L Plaka
	Birleşim Yöntemi	Vidalı birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	EN 1363 ve EN 1365
	Tasarımları	Kömürleşme tabakası 0.7mm / min. altında Eleman genişlikleri arttırılması Alçı plaka kullanımı.
		

Tablo 2.15. Tamedia Yapısı [141, 142, 143, 144]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Tamedia
	Kullanım Amacı	Ticari, Büro
	Konumu	Zürih, İsviçre
	Yapım Yılı	2011 - 2013
	Mimari Tasarımı	Shigeru Ban Architects, Paris, Fransa
	Mimari Tasarım Danışman	SJB Kempter Fitze AG
	Strüktür Tasarımı	Urech Bärtschi Maurer Bauingenieure
	Ana Yüklenici	HRS Real Estate AG
	Ahşap Tedarikçisi	Blumer-Lehmann AG, Gossau
	Kat Adedi	7 Kat Ahşap, 2 Bodrum Kat Betonarme
	Yüksekliği	38,15 mt
Toplam Alanı	10.223 m ²	
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Dikme Kiriş Sistemi (Geçmeli Sistem) Betonarme Merdiven Evi ve Asansör Kovanı, Çelik Merdiven
	Ahşap Kısım	Dikme Kiriş: Glulam
		

Tablo 2.15'in devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme Kiriş
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam, Blumer-Lehmann
	Boyutları ve Özellikleri	Dikme: 440/440 mm, 21mt uzunluk 5,45 mt aks arası Kiriş: 2 adet 120mm Genişlik, 560mm yükseklik kiriş ortası, 860 mm Dikme bağlantı noktası yüksekliği, Enine Oval Glulam kiriş 240/350 mm
		
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Yükseltilmiş Ahşap Döşeme
	Boyutları ve Özellikleri	45mm 3 kat Ahşap kontraplak tabaka
		


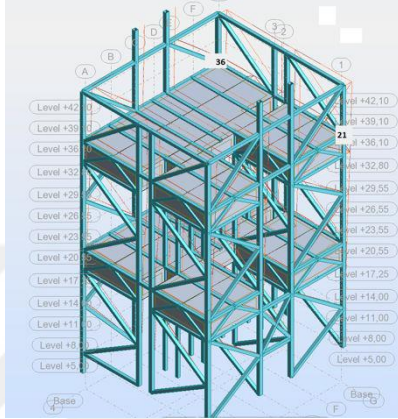

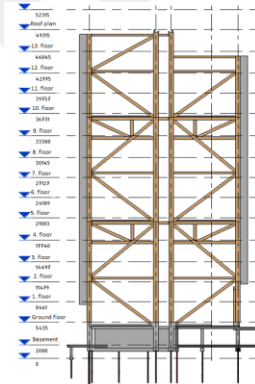

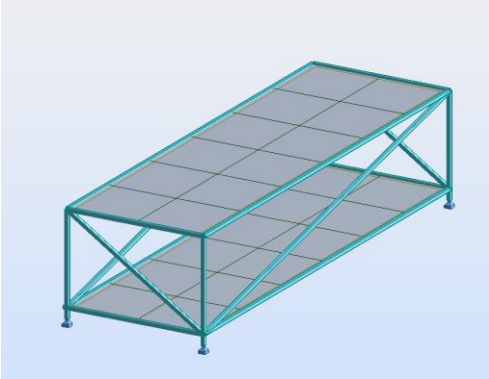
Tablo 2.15'in devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Ahşap Geçmeli Sistem
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Kayın Playwood Dübel ve Kayın Playwood Plaka 40 mm
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	REI 60 - EI30
	Tasarımları	Elemanların kalınlığı yangın dayanımı için 40mm arttırılmıştır. Sprinkler Sistemi, Yangın alarmı, İç camlarda EI30 Standardı uygulanmıştır.
		

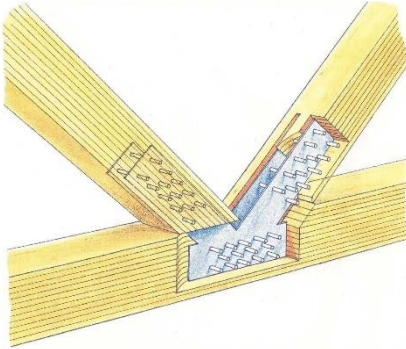
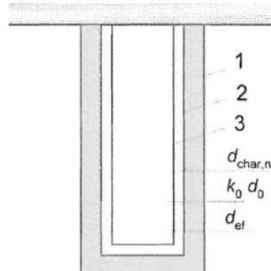
Tablo 2.16. Treet Yapısı [145, 146, 147, 148, 149]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Treet
	Kullanım Amacı	Konut
	Konumu	Bergen, Norveç
	Yapım Yılı	2015
	Mimari Tasarımı	Arctec
	Mimari Tasarım Danışman	SWECO Norway
	Strüktür Tasarımı	SWECO Norway
	Ana Yüklenici	Bergen og Omegn Boligbyggelag
	Ahşap Tedarikçisi	Moelven Limtre (Glulam ve CLT), Kodumaja
	Yangın Dayanım Tasarımı	Eurocode 5 - Skansen Consult AS
	Kat Adedi	14 Kat Ahşap, Bodrum Kat Betonarme
	Yüksekliği	52,8 m
	Toplam Alanı	5830 m ²
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Karma Sistem, Ahşap Hücre Sistemi, Merdiven Evi ve Asansör Perdeleri Ahşap Panel, Temel ve Bodrum Kat Betonarme, Ara Katlarda Betonarme Döşeme
	Ahşap Kısım	Dikme Kiriş Glulam, Asansör Perdeleri CLT
		



Tablo 2.16'nın devamı

AĞŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
AĞşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme - Kiriş, Diyagonal eleman, Perde
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam, CLT, Moelven Limtre
	Boyutları ve Özellikleri	Dikme: 405/650 mm ve 495/495 mm Çapraz elemanlar: 405/405 mm Kiriş: 405/405 mm
AĞşap Modül	Malzemesi ve Tedarikçisi	AĞşap Hücreler - Kodumaja
		Boyutları ve Özellikleri
	   	 

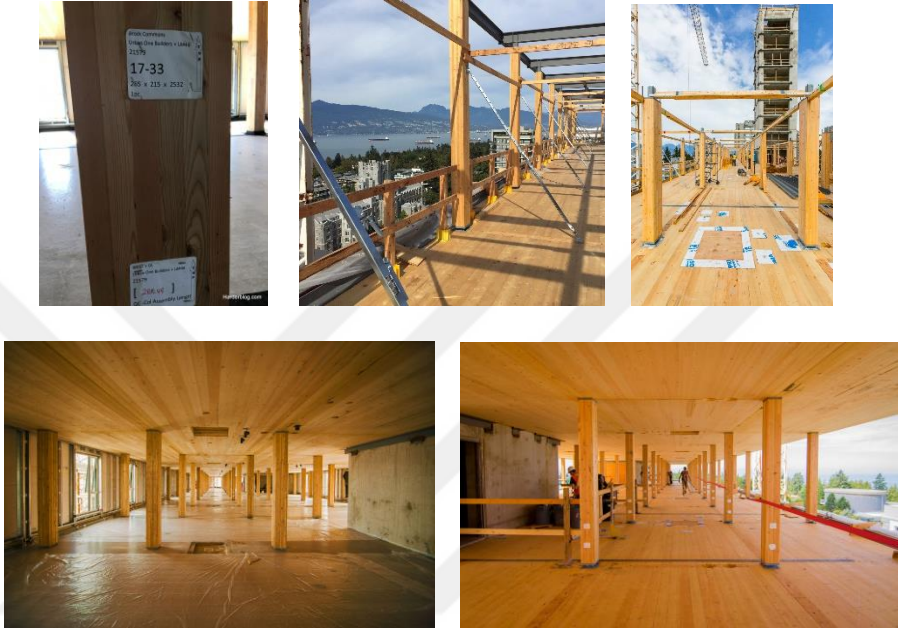

Tablo 2.16'nın devamı

DÜŞEY YATAY ELEMAN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	8 mm çelik plaka ve 12 mm vida
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Vidalı Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	Eurocode 5 - Skansen Consult AS
	Tasarımları	<p>Strüktür sistemi 90dk yangın dayanımlı, diğer bölümler 60 dk yangın dayanımlı olarak tasarlanmıştır.</p> <p>Ahşap eleman birleşim plakaları Dikmelerin içine (en az 70mm iç kısmına) yerleştirilip, tüm boşlukları yanmaz bir derz dolgusuyla doldurulmuştur..</p>
		

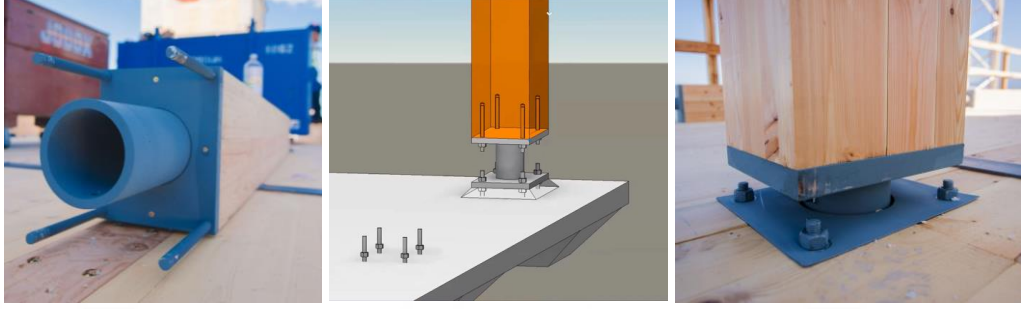
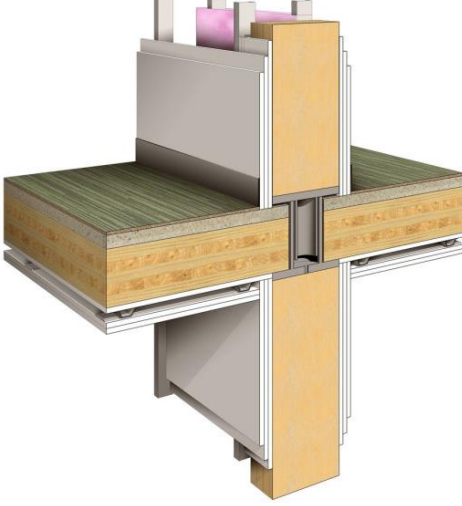
Tablo 2.17. UBC Brock Commons Yapısı [150, 151, 152, 153, 154]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	UBC Brock Commons
	Kullanım Amacı	Eğitim, Öğrenci Yurdu
	Konumu	Vancouver, BC, Kanada
	Yapım Yılı	2017
	Mimari Tasarımı	Acton Ostry Architects
	Strüktür Tasarımı	Fast&Epp
	Ana Yüklenici	Urban One Builders
	Ahşap Tedarikçisi	Structurlam
	Yangın Dayanım Tasarımı	GHL Consultants Ltd
	Kat Adedi	18
	Yüksekliği	53 m
	Toplam Alanı	15115 m ²
	Yapım Süresi	18 Ay
	Yeşil Sertifika	Leed Gold
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Ahşap Dikme-Panel Sistemi, Temel ve Zemin Kat ve Merdiven Evi Betonarme, Çatı Çelik
	Ahşap Kısım	Dikme-Panel Sistemi
	Ahşap Kısım Malzemesi	Dikmeler Glulam, Döşeme Panelleri CLT
	Hibrit Sistem Malzemesi	Betonarme Merdiven Evi
		



Tablo 2.17'nin devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme
	Malzemesi	Glulam
	Tedarikçisi	Structurlam
	Boyutları ve Özellikleri	265/265mm 1-9. katlar arası 215/265mm 9.-18. katlar arası, Uzunluk 2520mm, 3X5 tabaka
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	CLT, Structurlam
	Boyutları	169mm Kalınlık, 2850mm panel eni, 6000-800-10000-12000mm boy
	Özellikleri	5 kat tabakalı
		

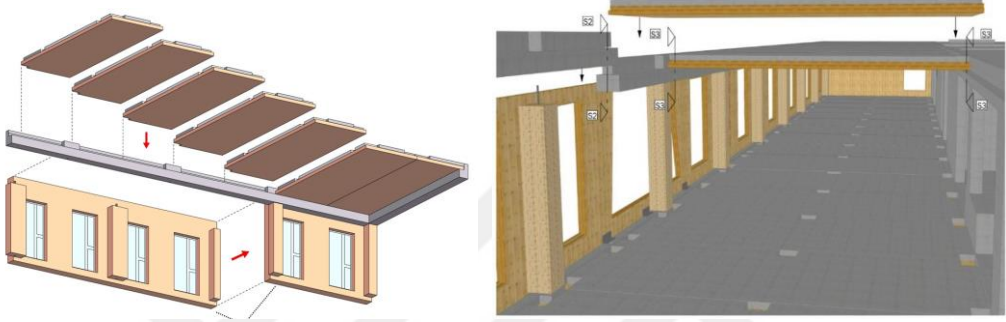


Tablo 2.17'nin devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Bulonlu Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	
	Tasarımları	3 kat alçı plaka kullanımı
		

Tablo 2.18. Hoho Wien Yapısı [155, 156, 157, 158, 159]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Hoho Wien
	Kullanım Amacı	Konut, Rezidans, Ticari
	Konumu	Seestadt, Aspern, Viena, Avusturya
	Yapım Yılı	2018-2019
	Mimari Tasarımı	RLP Rüdiger Lainer + Partner
	Strüktür Tasarımı	RWT plus ZT GmbH, Dr. Richard Woschitz
	Yangın Dayanım Tasarımı	Kunz - Alexander Kunz, MSc
	Ana Yüklenici	HANDLER Gruppe
	Ahşap Tedarikçisi	HASSLACHER Norica Timber Mayr-Melnhof Holz ve Kirchdorfer Gr. (MMK)
	Kat Adedi	24 Ahşap - Betonarme Hibrit kat
	Yüksekliği	84 m
	Toplam Alanı	19.500 m ² (brüt 25.000 m ²)
	Yapım Süresi	24 ay
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Geliştirilmiş Ahşap Platform Sistemi, Ahşap – Betonarme Hibrit Döşeme, Merdiven Evi ve Asansör Kovası Betonarme, Temel Betonarme Strüktürün %76 Ahşap %24 Betonarme malzeme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Dikme: Glulam Döşeme: CLT- Betonarme Hibrit
		

Tablo 2.18'in devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme, Cephe Paneli
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Dikme: Glulam, Hasslacher Cephe Paneli: CLT, Hasslacher
	Boyutları ve Özellikleri	365 m ³ Glulam Dikmelerin boyutları 400 x 400 mm den 400 x 1,240 mm'ye kadar ulaşmaktadır 1600 m ³ CLT duvar elemanı, yüzeyinde iki kat su bazlı koruma
		
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Panel
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Ahşap - Betonarme Hibrit Panel / MMK (XC- xlam concrete)
	Boyutları ve Özellikleri	220 mm Ahşap - Betonarme Hibrit Döşeme 140 mm 5 tabakalı CLT + 80 mm Betonarme 14,400 m ² XC döşeme panel
		

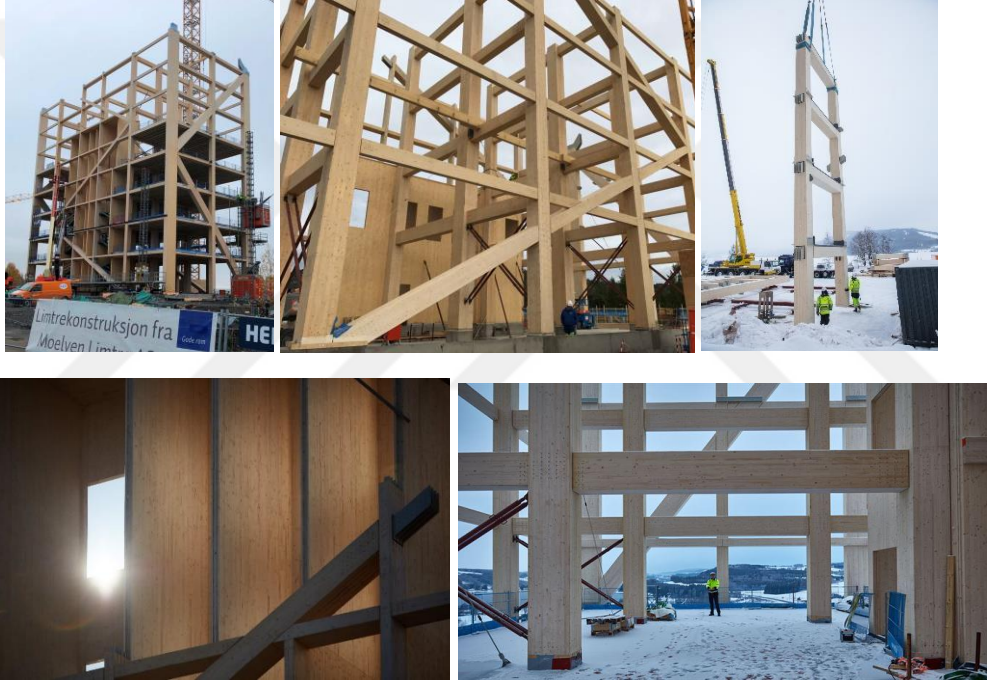

Tablo 2.18'in devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Elemanı	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Kimyasal Birleşim
	Birleşim Yöntemi	Rot ve boru geçmeli sistem
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	
	Tasarımları	<p>İki adet betonarme merdiven, asansör ve şaft</p> <p>En kısa yangın kaçış yolları</p> <p>Teknik yangından korunma, sprinkler sistemi</p> <p>Ahşap konstrüksiyon alanında dikey şaft yok</p> <p>Ahşap-betonarme hibrit prefabrik eleman olarak döşeme panelleri</p> <p>Dış duvarlar yanıcı olmayan (A2) dışı masif ahşap paneller</p> <p>İç mekanda görünür ahşap yüzeyler: tavan, sütun ve dış duvar; iç duvarlar betonarme</p>


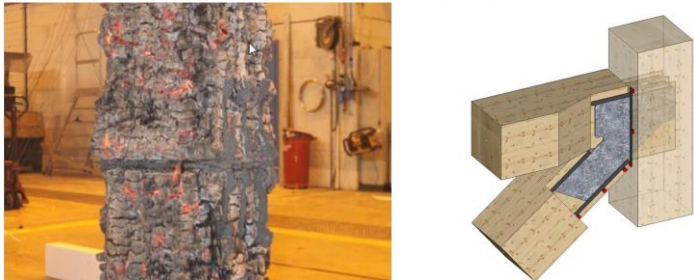
Tablo 2.19. Mjostarnet Yapısı [160, 161, 162, 163]

YAPIYA AİT BİLGİLER		
Yapının	Adı	Mjostarnet
	Kullanım Amacı	Konut, Otel, Büro
	Konumu	Brumunddal (Lake Mjøsa), Norveç
	Yapım Yılı	Nisan, 2017 – Mart, 2019
	Mimari Tasarımı	Voll Mimarlık
	Mimari Tasarım Danışman	Innovation Norway, Moelven
	Strüktür Tasarımı	Sweco
	Ana Yüklenici	Hent
	Ahşap Tedarikçisi	Moelven (CLT alt yüklenici: Woodcon, Storaenso, LVL Ahşap döşemeler: MetsaWood)
	Yangın Dayanım Tasarımı	ISO 90 Dakika Yangın
	Kat Adedi	18 Kat Ahşap Hibrit
	Yüksekliği	85,4 mt
	Toplam Alanı	11300 m ² (Yapı Boyutları: 17x37mt)
	Yapım Süresi	23 ay (Ahşap Kısım: 9 ay)
		
STRÜKTÜR SİSTEMİ BİLGİLERİ		
Strüktür Sistemi	Özellikleri	Dikme – Kiriş Sistemi (Diyagonal elemanlar), Ahşap Perdeler, Betonarme ve Ahşap Döşeme
	Ahşap Kısım	Dikme – Kiriş Sistemi, Perde ve Döşeme
	Ahşap Kısım Malzemesi	Dikme Kiriş: Glulam, Perdeler: CLT, Döşeme: LVL
		

Tablo 2.19'un devamı

AHŞAP STRÜKTÜR ELEMAN BİLGİLERİ		
Ahşap Strüktür Elemanın	Cinsi	Dikme -Kiriş, PPanel Sistem
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam (Dikme-Kiriş): Moelven; CLT: Moelven
	Boyutları	Köşe Dikmeler: 1485x625 mm, İç Dikmeler: 725x810 mm - 625x625 mm Normal katlarda kirişler: 395x585 mm ve 395x675 mm Betonarme Döşemeli katlarda kirişler: 625x585mm 625x720mm. Diyagonal elemanlar: 625x990 mm
	Özellikleri	Perdeler: 74 m yüksekliğe kadar CLT asansör, merdiven evi ve şaftlar
		
Ahşap Döşeme	Cinsi	Nervür kiriş sistemi
	Malzemesi ve Tedarikçisi	Glulam, LVL, Moelven Tra8 floor
	Boyutları	Maksimum Açıklık 7,5 m
	Özellikleri	Glulam nervür kirişlerin üzerine LVL tabaka yapıştırılmıştır. Yangın dayanımı için taş yünü, taş yünü sabitlemek için çelik şerit kullanılmıştır.
		

Tablo 2.19'un devamı

AHŞAP ELEMANLARIN BİRLEŞİMİ		
Birleşim Eleman	Malzemesi	Çelik
	Sistemi	Geçmeli Sistem
	Birleşim Yöntemi	Bulonlu Birleşim
		
YANGIN DAYANIM ÖZELLİKLERİ		
Yangın Dayanımı	Kullanılan Yönetmelik	ISO-fire for 90 minutes
	Tasarımları	Her bölümün yangının dağılmasını önleyecek bir yangın hücresi olarak tasarlanması. Intumex yangın şeritleriyle çelik bağlantıların yangından korunması Son teknoloji ürünü fiskiye sistemi ve sensörler Yangın durduktan hemen sonra dikmelerdeki yanmanın durması ve soğuması
		

3. BULGULAR VE İRDELEME

Çok katlı ahşap yapıların strüktürel kurgularının analiz edildiği bu çalışmada farklı yüksekliklerde ve strüktürde 18 adet yapı incelenmiş; bu incelemelerin sonucunda ulaşılan bulgular irdelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında analiz edilen yapılar Tablo 3.1’de gösterilmiş olup, 2008 yılından 2019 yılı başına kadar inşası tamamlanan yapılar örneklenmiştir. Bu yapıların strüktür kurguları analiz edilerek, strüktür kurguları ile yapı yükseklikleri, yapı kullanım amaçları ve düşey sirkülasyonun ilişkisi değerlendirilmiştir.



Tablo 3.1. İncelenen Yapılar

İNCELENEN YAPILAR	STRÜKTÜR	KAT ADEDİ	YAPI YÜKSEKLİĞİ (m)	YAPI ALANI (m ²)	YAPIM YERİ	YAPIM YILI	KULLANIM AMACI
Woodcube	Panel Sistem	5	15,1	1479	Hamburg, Almanya	2013	Konut
3xGrün	Dikme Kiriş	5	16,5	1870	Berlin, Almanya	2012	Konut
IZM	Geliştirilmiş Platform	5	21	11497	Vandans, Avusturya	2013	Ticari
E3	Dikme Kiriş	7	22	987	Berlin, Almanya	2008	Konut, Ticari
H8	Panel Sistem	8	25	1741	Bad Aibling, Almanya	2011	Konut
Carbon 12	Dikme Kiriş	8	25,9	3902	Portland, Oregon, ABD	2018	Konut, Ticari
T3 Minneapolis	Dikme Kiriş	7	26	22000	Minneapolis, ABD	2016	Ticari, Büro
Puukuokka	Panel Sistem	8	26,5	18650	Jyväskylä, Finlandiya	2015	Konut
Life Cycle Tower	Geliştirilmiş Platform	8	27	2319	Dornbirn, Avusturya	2012	Ticari, Büro
Cenni di Cambiamento	Panel Sistem	9	28,16	30284	Milano, İtalya	2013	Konut
The WIDC	Dikme Kiriş	6	29,5	4820	British Columbia, Kanada	2014	Eğitim, Okul
Stadthaus	Panel Sistem	9	29,75	2890	Londra, İngiltere	2009	Konut
Forte	Panel Sistem	10	32,17	2550	Melbourne, Avustralya	2012	Konut
Tamedia	Dikme Kiriş	7	38,15	8602	Zürih, İsviçre	2013	Ticari
Treet	Karma Sistem	14	52,8	5830	Bergen, Norveç	2016	Konut
UBC Brock Commons	Dikme Panel	18	53	15115	Vancouver, BC, Kanada	2017	Eğitim, Öğrenci Yurdu
Hoho Wien	Geliştirilmiş Platform	24	84	19500	Viena, Avusturya	2018-2019	Konut, Ticari
Mjostarnet	Dikme Kiriş	18	85,4	11300	Brumunddal, Norveç	2017-2019	Konut, Otel, Büro

3.1. Strüktür – Yapı Yüksekliği İlişkisi

Analiz edilen yapılar 10 kata kadar hem panel sistemlerle hem de dikme-kiriş strüktür sistemleriyle çözülmüştür. Tablo 3.2’de analiz edilen 10 kattan fazla olan yapılarda ise düşey elemanlarda panel kullanımı çözüm için elverişli olmamış, dikme kullanılarak oluşturulan strüktürlerle çözüme gidilmiş ve bu çözümlerde dikme-kiriş, dikme-panel ve dikme ile oluşturulan geliştirilmiş platform sistemleri kullanılmıştır.

Tablo 3.2. Strüktür – Yapı Yüksekliği İlişkisi

İNCELENEN YAPILAR	STRÜKTÜR	KAT ADEDİ	YAPI YÜKSEKLİĞİ (m)
3xGrün	Dikme Kiriş	5	16,5
E3	Dikme Kiriş	7	22
Carbon 12	Dikme Kiriş	8	25,9
T3 Minneapolis	Dikme Kiriş	7	26
The WIDC	Dikme Kiriş	6	29,5
Tamedia	Dikme Kiriş	7	38,15
Mjostarnet	Dikme Kiriş	18	85,4
UBC Brock Commons	Dikme Panel	18	53
Hoho Wien	Geliştirilmiş Platform	24	84
Life Cycle Tower	Geliştirilmiş Platform	8	27
IZM	Geliştirilmiş Platform	5	21
Treet	Karma Sistem	14	52,8
Woodcube	Panel Sistem	5	15,1
H8	Panel Sistem	8	25
Puukuokka	Panel Sistem	8	26,5
Cenni di Cambiamento	Panel Sistem	9	28,16
Stadthaus	Panel Sistem	9	29,75
Forte	Panel Sistem	10	32,17

3.2. Strüktür – Yapı Kullanım Amacı İlişkisi

Tez kapsamında incelen yapıların kullanım amacına göre sınıflandırılarak strüktürle olan ilişkisi Tablo 3.3'te ortaya konulmuştur. Tablo 3.3'ten elde edilen bulgulara göre kullanım amacıyla strüktür çözümünün doğrudan bir ilişkisi vardır. Konut kullanımlı yapılarda Panel sistemi ve dikme-kiriş sistemi tercih edilmiş olup konut plan çözümünde fazla esneklik gerekmediği için daha çok panel sistem tercih edilmiştir.

Konut dışı kullanım amaçlı yapılarda ise plan kurgusu esnekliği gerektiği için dikme-kiriş sistemi tercih edilmiş, panel sistem tercih edilmemiştir.

Tablo 3.3. Strüktür – Yapı Kullanım Amacı İlişkisi

İNCELENEN YAPILAR	STRÜKTÜR	KULLANIM AMACI	KAT ADEDİ	YAPI YÜKSEKLİĞİ (m)
Woodcube	Panel Sistem	Konut	5	15,1
H8	Panel Sistem	Konut	8	25
Puukuokka	Panel Sistem	Konut	8	26,5
Cenni di Cambiamento	Panel Sistem	Konut	9	28,16
Stadthaus	Panel Sistem	Konut	9	29,75
Forte	Panel Sistem	Konut	10	32,17
3xGrün	Dikme Kiriş	Konut	5	16,5
IZM	Geliştirilmiş Platform	Ticari	5	21
E3	Dikme Kiriş	Konut, Ticari	7	22
Carbon 12	Dikme Kiriş	Konut, Ticari	8	25,9
T3 Minneapolis	Dikme Kiriş	Ticari, Büro	7	26
Life Cycle Tower	Geliştirilmiş Platform	Ticari, Büro	8	27
The WIDC	Dikme Kiriş	Eğitim, Okul	6	29,5
Tamedia	Dikme Kiriş	Ticari	7	38,15
Treet	Karma Sistem	Konut	14	52,8
UBC Brock Commons	Dikme Panel	Eğitim, Öğrenci Yurdu	18	53
Hoho Wien	Geliştirilmiş Platform	Konut, Ticari	24	84
Mjostarnet	Dikme Kiriş	Konut, Otel, Büro	18	85,4

3.3. Strüktür - Ahşap Malzeme İlişkisi

Analiz edilen yapıların strüktürünü oluşturan ahşap malzemeler Tablo 3.4'te verilmiştir. İncelenen yapıların, strüktürü panel sistem ile çözümlenenlerinde genellikle CLT kullanılmış olup, Woodcube yapısında özel tasarlanan çapraz dübelli ahşap (cross grained timber) kullanılmıştır. Dikme kiriş ve geliştirilmiş platform sistemlerde dikme ve kiriş elemanlarda genellikle glulam kullanılmıştır.

Tablo 3.4. Strüktür – Ahşap Malzeme İlişkisi

İNCELENEN YAPILAR	STRÜKTÜR	KAT ADEDİ	YAPI YÜKSEKLİĞİ (m)	STRÜKTÜR MALZEMESİ
Puukuokka	Panel Sistem	8	26,5	CLT
Cenni di Cambiamento	Panel Sistem	9	28,16	CLT
Stadthaus	Panel Sistem	9	29,75	CLT
Forte	Panel Sistem	10	32,17	CLT
H8	Panel Sistem	8	25	CLT, Masif Ahşap
Woodcube	Panel Sistem	5	15,1	Cross Grained Timber
IZM	Geliştirilmiş Platform	5	21	Glulam
E3	Dikme Kiriş	7	22	Glulam
Carbon 12	Dikme Kiriş	8	25,9	Glulam
T3 Minneapolis	Dikme Kiriş	7	26	Glulam
Life Cycle Tower	Geliştirilmiş Platform	8	27	Glulam
The WIDC	Dikme Kiriş	6	29,5	Glulam
Tamedia	Dikme Kiriş	7	38,15	Glulam
Treet	Karma Sistem	14	52,8	Glulam
Hoho Wien	Geliştirilmiş Platform	24	84	Glulam
Mjostarnet	Dikme Kiriş	18	85,4	Glulam
UBC Brock Commons	Dikme Panel	18	53	Glulam CLT
3xGrün	Dikme Kiriş	5	16,5	Glulam, LVL

İncelenen yapıların döşeme elemanlarının çözümünde genellikle CLT ahşap paneller kullanılmış olup az sayıda yapıda NLT, DLT ve Masif ahşap ile çözüme gidilmiştir (Tablo3.5). Cree firmasının inşa ettiği iki yapıda ise glulam kirişlerle hibrit olarak prefabrike beton kullanılmıştır. Mjostarnet yapısında ise nervür kirişli döşeme çözümüne benzer olarak glulam kirişlerin üzerine lamine kaplama ahşap (LVL) ile döşeme sistemi oluşturulmuştur.

Tablo 3.5. Strüktür – Döşeme Elemanı İlişkisi

İNCELENEN YAPILAR	STRÜKTÜR	Döşeme Elemanı	Döşeme Elemanı Malzemesi
E3	Dikme Kiriş	Panel	Masif Ahşap
Tamedia	Dikme Kiriş	Panel	LVL
3xGrün	Dikme Kiriş	Panel	CLT
The WIDC	Dikme Kiriş	Panel	CLT
T3 Minneapolis	Dikme Kiriş	Panel	NLT
Carbon 12	Dikme Kiriş	Panel	CLT
Mjostarnet	Dikme Kiriş	Panel	LVL Glulam
UBC Brock Commons	Dikme Panel	Panel	CLT
Hoho Wien	Geliştirilmiş Platform	Panel	CLT
Life Cycle Tower	Geliştirilmiş Platform	Ahşap Beton Hibrit	Glulam Beton
IZM	Geliştirilmiş Platform	Ahşap Beton Hibrit	Glulam Beton
Treet	Karma Sistem	Hücre Sistem	Hücre Sistem
Woodcube	Panel Sistem	Panel	DLT
Stadthaus	Panel Sistem	Panel	CLT
Forte	Panel Sistem	Panel	CLT
H8	Panel Sistem	Panel	CLT
Cenni di Cambiamento	Panel Sistem	Panel	CLT
Puukuokka	Panel Sistem	Hücre Sistem CLT	CLT

3.4. Düşey Sirkülasyon - Yapı Kullanım Amacı İlişkisi

İncelenen yapılarda düşey sirkülasyon elemanları merdiven evi ve asansör kovası strüktürü Tablo 3.4'te görüleceği gibi çoğunlukla ahşap ve betonarme olarak çözülmüş, sadece iki yapıda çelik elemanlarla sistem kurgulanmıştır.

Kullanım amacı konut olan yapıların pek çoğu düşey sirkülasyon çözümünde ahşap kullanmış olup, kısmen betonarme kullanan örnekler de vardır. Konut dışı yapıların ise neredeyse tamamında düşey sirkülasyonun strüktür çözümünde betonarme kullanılmıştır.

Tablo 3.6. Düşey Sirkülasyon - Yapı Kullanım Amacı İlişkisi

İNCELENEN YAPILAR	DÜŞEY SİRKÜLASYON STRÜKTÜR MALZEMESİ	DÜŞEY SİRKÜLASYON STRÜKTÜR CİNSİ	KULLANIM AMACI
The WIDC	Ahşap (CLT)	Panel	Eğitim, Okul
Puukuokka	Ahşap (CLT)	Panel	Konut
Cenni di Cambiamento	Ahşap (CLT)	Panel	Konut
Stadthaus	Ahşap (CLT)	Panel	Konut
Forte	Ahşap (CLT)	Panel	Konut
Treet	Ahşap (CLT)	Panel	Konut
Mjostarnet	Ahşap (CLT)	Panel	Konut, Otel, Büro
Woodcube	Betonarme	Perde	Konut
3xGrün	Betonarme	Perde	Konut
IZM	Betonarme	Perde	Ticari
E3	Betonarme	Kolon Kiriş	Konut, Ticari
T3 Minneapolis	Betonarme	Perde	Ticari, Büro
Tamedia	Betonarme - Çelik	Perde – Kolon Kiriş	Ticari
H8	Betonarme	Perde	Konut
Life Cycle Tower	Betonarme	Perde	Ticari, Büro
UBC Brock Commons	Betonarme	Perde	Eğitim, Öğrenci Yurdu
Hoho Wien	Betonarme	Perde	Konut, 10Ticari
Carbon 12	Çelik	Kolon Kiriş	Konut, Ticari

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çok katlı ahşap yapılarda strüktürel kurgunun analiz edildiği bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, yangından koruma yöntemleri, strüktürel elemanlarda kullanılan malzemeler, yapıların yükseklikleri ve kat sayıları dikkate alınarak üç başlık altında toplanmıştır:

1. Ahşap Malzeme ile İlgili Sonuçlar
2. Strüktür Sistemi ile İlgili Sonuçlar
3. Yangın Dayanımı ile İlgili Sonuçlar

4.1. Ahşap Malzeme ile İlgili Sonuçlar

Ahşap malzeme, özellikle ahşabın endüstriyel olarak kullanımına bağlı olarak strüktürel anlamda pek çok avantaja sahiptir ve geniş açıklıklı yapılarda ve çok katlı yapılarda kullanımı son zamanlarda giderek yaygınlaşmıştır. Yapılan çalışmada incelenen 18 yapıda da farklı ahşap malzemeler kullanılmıştır ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Yapıların ana taşıyıcı strüktürlerinde tutkallı tabakalı ahşap (glulam), çapraz lamine ahşap (CLT) kullanılmış; bunun yanında lamine kaplama ahşap (LVL), çivili lamine ahşap (NLT) ve Ağaç çivili lamine ahşap (DLT) kullanımlarına da rastlanmıştır.
2. Ahşap malzemeler, bazı durumlarda farklı malzemeler ile bir arada kullanılmıştır. Ahşap beton kompozit (Timber Concrete Composite) malzeme özellikle döşemede gerek tutkallı tabakalı ahşabın gerekse çapraz lamine ahşabın beton malzeme ile kullanımına iyi bir örnektir.
3. Tümüyle ahşap olarak inşa edilen çok katlı yapılarda genel olarak CLT paneller kullanılmıştır.
4. Yapının strüktürel kurgusunda ahşap malzemenin kullanılmasında yangın faktörü önemli rol oynamış, ülkelerin yangın yönetmeliklerine göre de bazı ilkeler belirlenmiştir.
5. Ahşap malzemenin yangın karşısında dayanıklı olması amacıyla bazı önlemler alınmıştır. Bunların başında ahşap malzemenin taşıyıcı kesitinin olması gereken

değerden daha fazla olarak boyutlandırılmasıdır. Diğer bir önlem de ahşabın yangına dayanıklı alçı panel ile kaplanmasıdır. Ayrıca sprinkler sistem de bazı yapılarda kullanılmış, bazı yapılarda da özellikle çekirdek noktalarında betonarme yapı malzemesi tercih edilmiştir.

6. Çok katlı ahşap yapıların özellikle ahşap endüstrisinin gelişmiş olduğu ülkelerde uygulandığı görülmüştür.
7. Ahşap sürdürülebilir bir malzemedir ve yapıların pek çoğu bu yönden pek çok ödüle ve sertifikaya sahiptir.

4.2. Strüktür Sistemi ile İlgili Sonuçlar

Beş ve daha fazla kata sahip olan yapılar, çok katlı ahşap yapı olarak tanımlanmaktadır ve kat sayısı arttıkça farklı strüktür çözümleri devreye girmektedir. Yapılan bu çalışmada strüktür sistemi ile ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Çok katlı yapılarda strüktür kurgusunu kat sayısı ve yüksekliği belirlemiştir. 10 kata kadar olan yapılarda tümüyle ahşap CLT panel sistemler kullanılırken, genellikle 10 kattan fazla inşa edilen yapılarda daha çok dikme-kiriş sistemleri uygulanmıştır. 2018-2019 yılları arasında inşa edilen Hoho Wien yapısı 24 kat ve 84 m yüksekliği ve 2017-2019 yılları arasında inşa edilen Mjostarnet yapısı 18 kat ve 85,4 m yüksekliği ile dikkat çekmektedir. Mjostarnet yapısı dikme-kiriş sistemi ile inşa edilmiş olup Hoho Wien yapısında geliştirilmiş platform sistem kullanılmıştır.
2. Kat sayısı arttıkça yangına karşı önlemler ve ülkelerin yangın standartları da göz önünde bulundurulmuş ve özellikle betonarmenin kullanıldığı hibrit strüktür çözümlerine gidilmiştir.
3. Strüktür sistemlerinde yapı elemanı olarak duvar ve döşeme panelleri, dikme ve kiriş sistemleri kullanılmıştır. Dikme – kiriş birleşimlerinde genellikle endüstriyel metal bağlantı elemanları tercih edilmiştir. Duvar ve döşeme panellerinin birleşiminde özel vidalarla birleşim sağlanmış bazı yapılarda çelik lamalar da kullanılmıştır.
4. Genellikle çok katlı yapılarda üst katlara çıkıldıkça strüktür sistem elemanlarının boyutlarında azalma meydana gelmektedir. Özellikle CLT ‘den oluşturulan panel

strüktür sistemlerinde farklı kalınlıklarda duvar ve döşeme panellerinin kullanıldığı görülmektedir.

5. Strüktür elemanları, alanında uzman firmalar tarafından üretilmiştir ve özel taşıma ve montaj sistemleri ile yapı yerinde uygulanmaktadır.

4.3. Yangın Dayanımı ile İlgili Sonuçlar

Çok katlı ahşap yapılar için yangından korunma en önemli konuların başında gelmektedir. Yapılan bu çalışmada yangın dayanımı ile ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Ahşap malzemenin yangın açısından özelliği yanarak kömürleşmiş kısımların, yangın için gerekli oksijeni engelleyerek yangının büyümesini önlemektedir. Strüktür elemanlarının en kesitleri kömürleşme tabakası dikkate alınıp arttırılarak yangın anında yapının çökmesinin önüne geçilmiş olmaktadır.
2. Duvarların ya da tüm ahşap yüzeylerin yangına dayanıklı alçı panel tabaka ile kaplanarak yangın dayanımını daha üst sınıflara çıkartmak mümkündür.
3. Yapının her bölümünün ayrı yangın hücresi olarak düzenlenmesi ile bir bölümde çıkan yangının diğer bölümlere taşınmasının önüne geçilmektedir.
4. Yapının bölümlerine sprinkler hatları planlanarak yangının yerinde önlenmesi ile strüktür elemanlarına ulaşmadan yangının söndürülmesi sağlanmaktadır. Sprinkler hattıyla birlikte son teknoloji ürünü ısı ve duman detektörleriyle yapıyı donatarak yangının büyümeden engellenebilmektedir.
5. Strüktür kurgusunu bir arada tutmaya yarayan çelik bağlantı elemanlarının dış yüzeyden uzaklaştırılması, elemanların iç yüzeylerinde geçmeli olarak çözülmesi veya alçı plakalarla kaplanması yangına karşı alınan önlemlerdendir.
6. Döşemelerde, dış cephelerde ve asansör panellerinde yanmaz taş yünü malzeme kullanımı yangının dağılmasını önleyecek pasif yangın önlemlerindedir.
7. Bazı yapılarda çekirdek noktalarında betonarme yapı malzemesi tercih edilmiştir.
8. Elektrik tesisatının tamamen elektrik kaçaklarını engelleyecek şekilde tasarlanması, tamamen yanmaz malzemedan yapılması da yangına karşı alınan önlemlerdendir.

4.4. Öneriler

Sağlıklı ekolojik bir çevre, sürdürülebilir bir yaşam elde edebilmek ve sera gazlarındaki artışa bağlı olarak gelişen küresel ısınma gibi olumsuz gelişmeleri engellemek için alınabilecek önlemlerin en başında, yapımda teknolojinin sağladığı olanaklar doğrultusunda yapı malzemelerinin seçimi ve geliştirilmesi gelmektedir. Yenilenebilir bir kaynak olan ahşap malzeme daha az karbon ayak izine sahip olması, üretiminde daha az enerji gerektirmesi ve daha az su kirliliğine neden olması gibi nedenlerle tercih edilmektedir. Ağaç büyürken karbonu emer ve kereste haline geldiğinde de bu durum devam eder ve sera gazlarını atmosfere salmaz. Dolayısıyla ahşap yapılar giderek artan değerinde karbonu bünyelerinde depolayarak, diğer inşaat malzemeleri ve inşaat faaliyetlerinin saldığı sera gazlarını dengelerler. Bu nedenle yapılarda ahşabın kullanılması önemlidir. Ahşap endüstrisinin geliştiği ülkelerde yapılarda strüktür malzemesi olarak kullanılan ahşap, sağladığı yapısal avantajlarının yanında sürdürülebilir bir malzeme olması nedeniyle de tercih edilmektedir. Ülkemiz, ormanlık alanların çok olduğu ancak yapısal ahşap üretimin yetersiz kaldığı bir konumdadır. Yapılan bu çalışma şunu göstermiştir ki ülkemizde de çevreye duyarlı yapılar inşa edilmek isteniyorsa öncelikle ahşap endüstrisinin gelişmesi için adımlar atılmalı, bu alanda bilimsel çalışmalar yapılmalı, meslek insanları yetiştirilmeli ve halk bilinçlendirilmelidir. Çok katlı ahşap yapıların inşası için gerekli olan yönetmelik ve standartların ortaya çıkarılması için çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmanın devamında çok katlı yapılarda sürdürülebilirlik, deprem ve yangın dayanımları da farklı başlıklar olarak ayrıntılı olarak ele alınabilir.

5. KAYNAKLAR

1. Merl, A.D. 2005, “Nachhaltigkeit, Bauwesen und Holz”, Resource Management for the Construction Sector in Urban Spaces, Viyana Teknik Üniversitesi, Doktora Tezi, Viyana, ss.6-11.
2. Çapraz Lamine Ahşap (CLT) Malzeme ile Çok Katlı Ahşap Yapılar, Neslihan Güzel, Yrd. Doç. Dr., DEÜ, S. Cengiz Yesügey, Doç. Dr., DEÜ. Mimarlık Dergisi Sayı 382, Mart – Nisan 2015 15.01.2016
3. Somer, M.E., Sürdürülebilir ve Ekolojik Yapı Elde Etmede Ahşap Kullanımı. <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=368&RecID=2440> 26.03.2017
4. Herzog, T., Notterer, S., Schweizer, R., Volz, M., Winter, W., ‘Holzbau Atlas’, Münih, Almanya, 2003
5. Öztank,N., Orta Yükseklikteki (4-8 Kat) Konut Yapılarında Ahşap Teknolojisinin Uygulanabilirliği, Dokuz Eylül Üniversitesi, Doktora Tezi, Eylül 2004, İzmir
6. Eriç, M., Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1994
7. Yesügey, S.C., Kahraman, Ö. Y., Güzel, N., Ahşap Malzemeli Konut Teknolojisi, Yalın Yayıncılık, İstanbul, 2014
8. <https://www.thinkwood.com/building-better/taller-buildings> 20.02.2015
9. Karacabeyli, E., ve Mouhammed, M., Historical, Current and Future Tall Wood Buildings, Wooddesign&Building, Kış 2014-15
10. <https://neverthoughtaboutatitle.tumblr.com/post/75709423051/five-story-pagoda-at-the-horyuji-temple-nara> 26.05.2019
11. <https://www.japanvisitor.com/japan-temples-shrines/horyuji-temple> 26.05.2019
12. <http://www.woodusematrix.com/database/rte/files/CLT-Context%20of%20Wood%20Building%20Systems.pdf> 04.12.2018
13. <https://t24.com.tr/haber/buyukada-rum-yetimhanesi-icin-restorasyon-umudu-dogdu-patrik-bartholomeos-dileriz-gereken-fon-bulunur,584994> 25.05.2019
14. https://www.ntv.com.tr/galeri/turkiye/rum-yetimhanesinin-bilinmeyenleri,sr8oq99giEGd-f_N8oWeHg/96Uafd81ukqFm1irEORsDg 25.05.2019
15. <https://islamansiklopedisi.org.tr/yali> 25.05.2019
16. Kaufmann,H., Krötsch,S., Winter,S.; Manual of Multistorey Timber Construction, Detail Edition, Mayıs 2018

17. <https://www.e-architect.co.uk/london/stadthaus-murray-grove> photo credit: Will Pryce 23.02.2015
18. <https://www.moelven.com/mjostarnet> 18.04.2019
19. <http://www.hoho-wien.at/getattachment/350c225d-e804-400f-aa88-12b75d6e7e41/timber-skyscrapers-infographic-web.jpg> 25.05.2019
20. Güzel,N., Karaman, Ö. Y., Sürdürülebilir Bir Alternatif Olarak Çok Katlı Ahşap Yapılar, Makale, Ege Mimarlık Dergisi, Ekim 2015
21. Gong, M., Lumber-Based Mass Timber Products in Construction, IntechOpen, <https://www.intechopen.com/online-first/lumber-based-mass-timber-products-in-construction> 24.4.2019
22. Yesügey, C., Büyük Açıklıkları Geçebilen Çağdaş ve Estetik Bir Strüktür Sistemi Tutkallı Tabakalı Ahşap Teknolojisi, Yapı, 249 (2002) 93-96
23. Douglas, B. ve Karacabeyli, E., CLT Handbook: Cross-Laminated Timber, FPInnovations and Binational Softwood Lumber Council, 2013
24. Teibinger M., Construction with Cross Laminated Timber in Multi Storey Buildings, Focus on Building Physics Vienna, February 2013
25. Crespell, P. ve Gagnon, S., Cross Laminated Timber: a Primer, FPInnovations, 2010
26. <http://web.utk.edu/~mtaylo29/pages/Cross%20laminated%20timber.html> 15.03.2017
27. <http://www.joearrigo.com/2014/02/19/wooden-skyscrapers-really/> 15.03.2017
28. Türk Standartları Enstitüsü, www.tse.org.tr 15.03.2017)
29. Güller, B., Odun Kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Sayı:2 (2001) 135-160.
30. Stark,N.M., Z, Cai,Z., Carl,C. “Wood-Based Composite Materials”, Chapter 11, Wood Handbook, Nisan 2010
31. Miller, B. R., (1999), “Characteristics and Availability of Commercially Important Woods”, Wood Handbook
32. Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p.
33. Sağlam, B.A., Büyük Açıklıklı Yapılarda Prefabrike Betonarme, Çelik ve Tutkallı Tabakalı Ahşap Dolu Gövdeli Kirişlerin Karşılaştırılması ve Bir Örnek Üzerinden İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Haziran 2009.

34. Kuzman, K., Oblak, L., Vratusa, S., "Glued Laminated Timber in Architecture" 2010
35. <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/nail-laminated-timber> 28.5.2019
36. <http://mg-architecture.ca/work/t3-minneapolis/> 14.5.2018
37. <https://www.metsawood.com/global/Products/kerto/Pages/Kerto.aspx> 24.4.2019
38. <https://www.woodsolutions.com.au/wood-product-categories/laminated-veneer-lumber-lvl> 24.4.2019
39. <https://www.storaenso.com/en/products/wood-products/massive-wood-construction/lvl> 24.4.2019
40. <https://thepalletcompany.nz/laminated-veneer-lumber-lvl> 28.5.2019
41. <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/laminated-veneer-lumber> 28.5.2019
42. Burchell, J., Sunter F.W., (1987), Design and Build in Timber Frame, Longman Scientific&Technical, England
43. <http://www.kadenundpartner.de/projekte/e3> 20.02.2015
44. Trada Technology Ltd., Timber Frame Construction (3. Ed.) , 2001
45. Çakır, S., Geleneksel Karadeniz Ahşap Konut Yapım Yönteminin Çağdaş Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Mart 2000.
46. Grimsdale, P., Timber-Frame Construction, Trada, 1989
47. http://jp.europeanwood.org/fileadmin/ewi/media/download/111108_albert_alessi_european_wood_technology_part_2.pdf 25.5.2019
48. <https://www.thinkwood.com/performance/fire-safety-and-protection> 13.2.2015
49. <https://www.awc.org/codes-standards/firesafety> 25.5.2019
50. ASTM International, ASTM E119: Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, 2000, ABD 25.5.2019
51. Akça, C., Akarca, H., Erdoğan, E. ve Demirel, A., Yapı Ahşabı ve Ahşap Yapı Sektörü Raporu, 2014
52. https://docs.wixstatic.com/ugd/635dfb_e1bb394b01ba4915b43e529738f8add7.pdf 26.05.2019
53. <http://www.alatown.com/testing-buildings-destruction> 30.05.2019

54. <http://www.bosai.go.jp/hyogo/ehyogo/index.html> 30.05.2019
55. <https://www.strongtie.com/about/research-testing-innovation/academia/nees-testing> 30.05.2019
56. Bilici, S., 'Ahşap Konut Üretim Sistemleri; Almanya Örneği' Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2006
57. Wagner, G., (2004), 'Natürlich Holz, Holzabsatzfonds, Bauen mit Holz', Bonn, Almanya.
58. Winter, S., Kehl, D., (2002), 'Holzbau handbuch, Informationsdienst Holz, R/3T/1F/2 Holzhäuser Werthaltigkeit und Lebensdauer', Münih, Almanya.
59. <http://www.archdaily.com/421676/woodcube-architekturagentur> 07.03.2015
60. Detail Green Magazine, Sayı 2014/1 07.03.2015
61. <https://www.youtube.com/watch?v=kql8WVM9Ydo> 07.03.2015
62. http://www.forumholzbau.com/pdf_13/nl79_mikado.pdf 07.03.2015
63. http://www.roedig-schop.de/holzbau_3xgruen.html# 10.03.2015
64. <http://www.propertyobserver.com.au/finding/location/vic/17581-week-eight-of-forte-construction.html> 02.02.2017
65. http://www.rozynskisturmarchitekten.de/index.php?option=com_content&task=view&id=68&Itemid=5 10.03.2015
66. <http://www.ifuh.org/template1.php?pid=14&sid=&uid=30> 10.03.2015
67. http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Brandschutz-Wohnblocks-in-Nanterre_3184301.html 10.03.2015
68. http://www.atelier-pk.com/download/News/DBZ_2012-12_28_bis_33_Architektur_5.pdf?PHPSESSID=ca6d8c9f52e811d20c18eebd99a6bb20 10.03.2015
69. <http://dynamiccities.org/baugruppen> 10.03.2015
70. <https://www.zueblin-timber.com/referenzen/mehrgeschossiges-bauen/3xgruen-berlin.html> 10.03.2015
71. <https://r-s-architekten.com/projekt/urbaner-holzbau> 10.03.2015
72. <http://www.creebyrhomburg.com/en/projects> 17.03.2015
73. <http://www.detail.de/artikel/holz-hybrid-bausystem-illwerke-zentrum-montafon-11644/> (Erişim: 17.03.2015)

74. <https://www.hkarchitekten.at/en/projects/izm-illwerke-zentrum-montafon/> 17.03.2015
75. https://www.hkarchitekten.at/v5/wp-content/uploads/pdf-cache/hk-10_35-izm-illwerke-zentrum-montafon_en.pdf 17.03.2015
76. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/E3.pdf> 20.02.2015
77. Detail Magazine 2008/11 20.02.2015
78. http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Brandschutz-Mehrfamilienhaus-in-Berlin_3187771.html 20.02.2015
79. <http://www.merklegruppe.de/merkle-holzbau/projekte> 20.02.2015
80. <http://www.nattererbcn.com/cms/index.php/8-julius-natterer/22-holz-betonverbund> 20.02.2015
81. http://www.baunetzwissen.de/objektartikel/Brandschutz-Mehrfamilienhaus-in-Berlin_3187771.html 20.02.2015
82. <http://www.starmann.at/referenzen/luxuswohnhaus-berlin/> 20.02.2015
83. <http://www.binderholz.com/en/construction-solutions/residential-buildings/8-storey-wooden-building-bad-aibling-germany> 12.10.2015
84. <http://www.detail.de/architektur/themen/vorgefertigtes-bauen-mit-holz-018890.html> 12.10.2015
85. Detail Magazine 6/2012 12.10.2015
86. https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/presentations/workshop-salt-lake-city-march-2012/Presentation_Mayo.pdf 12.10.2015
87. <https://www.kaiserpath.com/carbon12> 14.5.2018
88. <https://carbon12pdx.com/> 14.5.2018
89. <https://urbanland.uli.org/sustainability/a-mass-timber-tower-rises-in-portland> 14.5.2018
90. <http://forum.skyscraperpage.com/showthread.php?t=223425&page=3> 14.5.2018
91. <https://www.thinkwood.com/wp-content/uploads/2017/12/Think-Wood-T3-Architect-Magazine-Advertorial.pdf> 14.5.2018

92. <http://www.arkitera.com/proje/7305/t3-minneapolis> 14.5.2018
93. https://www.architectmagazine.com/technology/t3-becomes-the-first-modern-tall-wood-building-in-the-us_o 14.5.2018
94. <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/dlt-dowel-laminated-timber> 05.1.2019
95. <http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/17DS08-GUEVARA-T3-Minneapolis-WDS-171116.pdf> 05.1.2019
96. http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/presentation_slides-JOHNSON-The-T3-Sequel-Appling-Lessons-Learned-WSF-180425.pdf 05.1.2019
97. <http://www.archdaily.com/614915/puukuokka-housing-block-oopeaa> 07.02.2017
98. <http://www.theplan.it/eng/webzine/wood-in-architecture/puukuokka-housing-block-by-oopeaa#sthash.URjXTlcM.dpbs> 07.02.2017
99. <http://nvbcom.fr/logements-collectifs-puukuokka-jyvaeskylae-fi/?lang=en> 07.05.2019
100. <http://oopeaa.com/project/puukuokka-housing-block> 07.05.2019
101. <https://www.storaenso.com/en/products/wood-products/building-concepts/residential-multi-storey> 07.05.2019
102. <https://miesarch.com/work/3224> 07.05.2019
103. <http://www.creebyrhomborg.com/en/projects> 02.03.2015
104. <http://images.derstandard.at/2012/11/23/1353226476185.jpg> 02.03.2015
105. http://www.hermann-kaufmann.at/index.php?pid=2&kid=&prjnr=10_21&lg=en 02.03.2015
106. http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/10_21.pdf 02.03.2015
107. <http://www.mkp-ing.com/projekte/wohnen-buro-hotel/lct-one-dornbirn-a> 31.01.2017
108. Detail Magazine, Sayı 12/2012 31.01.2017
109. Detail Green Magazine, Sayı 2/2012 31.01.2017
110. http://www.buildup.eu/sites/default/files/content/121121%20Cree%20Infobroschure%20EN_0.pdf 31.01.2017
111. <https://www.hkarchitekten.at/en/projects/lct-one> 31.01.2017

112. <http://www.rossiprodi.it/?project=social-housing-via-cenni-2> 02.05.2019
113. Stora Enso, 2014, “Europe's Biggest Residential Building Project Made of Wood”. buildingandliving.storaenso.com/news/rethink-articles/viacenni (2015) (Erişim: 02.05.2019)
114. <http://www.saint-gobain-gyproc.com/projects/cenni-di-cambiamento-milan> 02.05.2019
115. <http://www.traeblog.dk/wp-content/uploads/2012/07/Via-Cenni.pdf> 02.05.2019
116. <http://www.cennidicambiamento.it> 02.05.2019
117. <http://www.impresedilines.it/files/2013/10/Articolo-sul-cantiere-di-via-Cenni-tratto-da-Il-Nuovo-Cantiere.pdf> 02.05.2019
118. <https://www.arketipomagazine.it/edilizia-sociale-multipiano-in-legno-a-milano> 02.05.2019
119. <http://www.fhs.it/projects/housing/cenni-di-cambiamento/?lang=en> 02.05.2019
120. <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=396&RecID=3627> 02.05.2019
121. <https://www.storaenso.com/en/newsroom/news/2015/2/via-cenni> 02.05.2019
122. <http://www.carron.it/portal/de/incantiere/progetti/2013/03/26/cenni-di-cambiamento> 02.05.2019
123. <http://www.archdaily.com/621048/tall-wood-building-and-self-supported-steel-structure-win-raic-s-innovation-in-architecture-award> 04.05.2019
124. <http://mg-architecture.ca/work/wood-innovation-design-centre> 18.02.2017
125. http://www.architectmagazine.com/technology/detail/innovative-detail-wood-innovation-and-design-centre_o 18.02.2017
126. <http://architizer.com/projects/wood-innovation-and-design-centre> 18.02.2017
127. <https://www.thinkwood.com/our-projects/wood-innovation-and-design-centre> 04.05.2019
128. <https://www.architonic.com/en/project/mga-michael-green-architecture-wood-innovation-design-centre/5102341> 04.05.2019
129. https://www.naturallywood.com/sites/default/files/documents/resources/widc_bulletin_web_0.pdf 04.05.2019
130. <http://www.e-architect.co.uk/london/stadthaus-murray-grove> 23.02.2015

131. <http://www.cttmadera.cl/2009/06/29/stadthaus-24-murray-grove-waugh-thistleton-architects> 23.02.2015
132. http://eoinc.weebly.com/uploads/3/0/5/1/3051016/murray_grove_case_study.pdf 23.02.2015
133. http://www.timberqueensland.com.au/Docs/News%20and%20Events/Events/Andrew-Nieland_web.pdf 23.02.2015
134. <http://www.architectureanddesign.com.au/awards/2014-winners/forte-by-lend-lease-commended-at-2014-sustainabili> 07.03.2015
135. <http://www.treehugger.com/green-architecture/tallest-timber-apartment-building-opens-australia.html> 07.03.2015
136. <https://www.woodsolutions.com.au/Inspiration-Case-Study/forte-living> 07.03.2015
137. <http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/CLT-PATTERSON.pdf> 07.03.2015
138. <http://image.slidesharecdn.com/daryl2finalarchpreso-130325224221-phpapp02/95/forte-creating-the-worlds-tallest-clt-apartment-building-7-638.jpg?cb=1373457302> 07.03.2015
139. <https://sourceable.net/forte-worlds-tallest-timber-apartment-building/#> 07.03.2015
140. <http://i.ytimg.com/vi/cqXygHyU5ws/maxresdefault.jpg> 02.02.2017
141. http://www.world-architects.com/en/projects/41967_Bueroneubau_Tamedia 15.03.2015
142. <http://www.archdaily.com/478633/tamedia-office-building-shigeru-ban-architects> 15.03.2015
143. https://architectes.ch/_Resources/Persistent/1/9/9/2/199266dce25cc3dd2bd16c9e7324bcb9729c6f40/12002E_Tamedia_Zurich_Web.pdf 15.03.2015
144. <https://inspiration.detail.de/technology-seven-storey-wood-office-building-in-zurich-108958.html?lang=en> 15.03.2015
145. <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=716272> 19.03.2015
146. http://www.sweco.no/en/Norway/Nyheter/2014/Webcam_Treet 19.03.2015
147. <http://www.woodworks.org/wp-content/uploads/TTWB-2014-Abrahamson-14-story-TREET.pdf> 19.03.2015

148. http://forumholzbau-nordic.com/assets/bilder/Presentations/Abrahamsen_Worlds_tallest_Bergen.pdf 19.03.2015
149. <http://www.buildup.eu/en/practices/cases/treet-wooden-high-rise-building-excellent-energy-performance> 19.03.2015
150. http://www.hermann-kaufmann.at/pdfs/14_26_TWR%20Media%20Kit%20FINAL.pdf 18.02.2017
151. <http://planning.ubc.ca/vancouver/projects-consultations/under-construction/academic-lands/brock-commons-student-residence> 18.02.2017
152. <http://www.structurlam.com/portfolio/project/ubc-brock-commons/> 18.02.2017
153. <https://www.canadianarchitect.com/features/reaching-new-heights-2> 18.02.2017
154. <https://harder.blog/2016/09/14/high-on-wood> 18.02.2017
155. <https://www.woschitzgroup.com/en/projects/hoho-vienna-wooden-tower> 05.05.2019
156. <http://www.hoho-wien.at> 05.05.2019
157. <https://archello.com/project/hoho-wien> 05.05.2019
158. <https://www.buildingcentre.co.uk/project/green-light-for-the-hoho-wien> 05.05.2019
159. <https://www.beuth.de/blob/155732/543999ae557cd2a3ec26417514b24159/holzbauforum-2016-sterl-data.pdf> 05.05.2019
160. <https://www.moelven.com/mjostarnet> 18.04.2019
161. http://vollark.no/portfolio_page/mjostarnet 18.04.2019
162. <https://www.timbertradernews.com/2018/07/10/fire-proofing-timber-towers> 18.04.2019
163. <http://www.ctbuh.org/news/mjostarnet-tallest-timber-building/?fbclid=IwAR3xa-XfYEcteuH-suo4WjRKJBEJEwO8Ko3EApC9rWjRR7rBu4myUFEBp0> 18.04.2019

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Giresun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Giresun'da görmüştür. 2003 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde başladığı lisans eğitimini 2008 yılında tamamlamıştır. 2009-2010 yıllarında Ankara'da Ender İnşaat A.Ş'de çalışmıştır. 2011 yılında askerliğini tamamladıktan sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Kuyumculuk ve inşaat sektörlerinde faaliyet gösteren aile şirketinde çalışmaya devam etmektedir. İngilizce bilmektedir.

