

Endüstriyel Ahşap Ürünlerin, Ahşap Hibrit Yapılarda Kullanımı

Use of Industrial Wooden Products in Wood Hybrid Structures

Hüsna Al Adak^{1*}, Ahmet Celal Apay²,

^{1*} Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce, Türkiye

² Düzce Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Düzce, Türkiye

ÖZET

Sürdürülebilirlik, küresel ısınma, sera gazları ve ekoloji gibi kavramlar, günümüzde karşımıza çıkan en önemli kavramlardan bazılarıdır. Yapı ve mimarlık, sürdürülebilirlik alanında en önemli paylardan birine sahiptir. Yapı malzemesi seçimi, yaşanabilir dünya için çok önemlidir. Çünkü yapım teknolojileri endüstrisi dünyanın enerjisinin bir kısmını kullanmaktadır. Yaşanabilir doğanın önem kazandığı dünyamızda ahşap çok önemli bir yere sahiptir. Ahşap malzemesi diğer yapı malzemelerine göre daha az karbon ayak izine sahip hem de üretiminde daha az enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Ahşap malzeme fabrika ortamında dayanıklı hale getirilerek endüstriyel ürün olarak karşımıza çıkar. Endüstriyel ahşap ürünlerinin kullanıldığı bu sistemler ise Çağdaş Ahşap Yapım Sistemlerini oluşturmaktadır. Bu yapım sistemlerinin yenilikçi olan sistemi 'Ahşap Hibrit Sistemler' günümüzdeki kullanımı artarak yapı sektöründe, sürdürülebilir anlayışını oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında Endüstriyel Ahşap elemanların, Ahşap Hibrit Yapılarda kullanımının incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu amaçla öncelikle ana malzeme olan ahşabın özellikleri incelenmiştir. Daha sonra ahşap malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerine değinilmiştir. Çalışmanın ilerleyen kısımlarında endüstriyel ahşap ürünler incelenmiş ve ahşap hibrit yapı örnekleri analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuç bölümünde elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Endüstriyel Ahşap Ürünler, Ahşap Hibrit Yapılar

ABSTRACT

The concepts of sustainability, global warming, greenhouse gases and ecology are some of the most important concepts we encounter today. Building and architecture have one of the most important shares in the field of sustainability. Selection of building materials is very important for a livable world. Because the production industry has opened up a portion of the world's energy. Wood has a very important place in our world, where livable nature is given importance. Wood material has less carbon footprint than other building materials and requires less energy to produce. Wooden material is made durable in the factory environment and emerges as an industrial product. These systems of the industrial wood company constitute the 'Contemporary Wood Construction System'. The innovative system of these construction systems, 'Wood Hybrid Systems,' is increasingly being used today, forming a sustainable understanding in the construction sector. This study aims to examine the use of industrial wood elements in Wood Hybrid Structures. For this purpose, the properties of wood, the main material, were first examined. Then the physical and mechanical properties of the wood material are discussed. In the following parts of the study, industrial wood products were reviewed, and examples of wood hybrid structures were analyzed. In the conclusion section of the study, the obtained data were evaluated.

Keywords: Sustainability, Industrial Wooden Products, Wooden Hybrid Structures

Başvuru: 22.07.2024 Son Revizyon: 28.10.2024 Kabul: 06.11.2024

Doi: 10.51764/smutgd.1520110

^{1*}Hüsna AL ADAK: Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Düzce, Türkiye; E-mail: husna217054@ogr.duzce.edu.tr ;ORCID: 0009-0001-4377-5223

² E-mail: ahmetapay@duzce.edu.tr ORCID: 0000-0003-2008-6588

1. GİRİŞ

Ekoloji, küresel ısınma, sera gazları ve sürdürülebilirlik gibi kavramlar yaşanılabilir bir çevre için, karşımıza çıkan en önemli kavramlardır. Sürdürülebilirlik ise bu kavramların başında gelir. Sürdürülebilir malzeme deyince aklımıza ilk gelen malzeme ahşaptır.

Ahşap; çeşitli boyutlardaki ağaç gövdesinin temel malzemesi olan sert lifli malzemeye denir. Herhangi bir ahşabın marangozlukta kullanılmak amacıyla kesilip biçildikten sonra bekletilen ahşaplara kereste denir (Gül & Mayuk, 2019).



Şekil 1. Ahşap Malzemesi [1]



Şekil 2. Kereste [2]

Ahşap doğal bir malzeme olduğundan hücreli ve lifli yapıya sahiptir. Bu özelliğinden dolayı ağırlığı az, dolaylı olarak da mukavemeti yüksektir (Ataoğlu, 2015). Ahşap lifleri gövdeye diktir. Bu liflere aynı doğrultuda oluşan çekme, basınç gerilme gibi kuvvetlere karşı çok dayanıklıdır. Bu yüzden taşıyıcı elemanlarda kullanılan ahşaplarda dik kullanılmalıdır. Isı iletkenliği düşük olan ahşabın ısı ve CO₂ depolama kapasitesi yüksektir. Sıcaklığa göre genişlediği veya büzüştüğü için, ahşapta çatlaklar oluşabilir. Fakat bu çatlaklar statığı etkilemez. Doğal bir malzeme olduğu için böceklenme ve çürüme yapabilir. Bu yüzden uygun işlemler uygulanmalıdır. Bu işlemler kimyasal koruyucular ve ısıl işlemler olabilir. Bu şekilde ahşap dış etkenlere karşı korunmuş olur. Kuru ahşabın elektrik iletkenliği oldukça azdır. Ahşap malzemesinin üretimi ve işlenmesinde daha az enerji harcanır (Ataoğlu, 2015). Yapı sektörü, mobilya gibi birçok sektörde kullanılan ahşap, çevreyi kirletmediği için sürdürülebilir bir malzemedir. Bu yüzden yeniden kullanılmaya müsaittir. Ahşap estetik görünüş sağlar. Güçlü ve uzun ömürlüdür. İyi bir yalıtım malzemesidir. Isı ve ses yalıtımı yüksektir. Ahşap işlenmesi kolay malzemedir (Dündar, 2019).

2. AHŞABIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

2.1 Fiziksel Özellikler

Nem Oranı; Ahşap yapısı gereği nem bulundurur. Dikili haldeyken nem oranı %200 iken, kereste haline gelince %60 oranlarına düşer. Kullanım için gerekli oran ise %5-19 dur. Ahşap malzemedeki nem oranı arttıkça, malzemede bozulma ve çürüme artar. Vida tutma kabiliyeti azalır. Boya ve cila uygulanmasını etkiler. Makinelerde işleme sırasında kabarcık ve şekilde bozulmalar meydana gelir. Darbeye dayanımı ve kullanım ömrü azalır (Görgün & Ünsal, 2023; Altıok vd., 2023).

Özgül Ağırlık; Ahşap malzemenin belirli ölçülerdeki belli sıcaklığa ulaştığında değişmediği, sabit kaldığı ağırlıktır. Havanın ortamı kütle kaybını etkileyen değişkendir. Buharlı şartlar altında verilen ısı, kuru ortamda verilen ısıya göre, ahşaba daha fazla kütle kaybettirir. Diğer etkileyen unsurlar ise; yabancı madde, öz odun, rutubet ve hücre çeperidir (Aydemir & Gündüz, 2000; Usta, 2017; Bozkurt & Erdin, 2011).

2.2. Mekanik Özellikler

Elastikiyet Modülü; Ağaç malzeme büküldüğünde iç kısmında sıkışma, dış kısmında bükülme olur. Hızlı büyüyen ağaç grubu yapı olarak zayıf oldukları için elastikiyet bakımından zayıftır. Bu yüzden yavaş büyüyen ağaçlar elastikiyet bakımından güçlüdür. Paralel lifli ağaçların elastikiyet kalitesi çapraz lifli ağaçlara oranla daha fazladır (Parlak, 2020).

Basınç Direnci; Basınç direncini; liflerin yönü, halka genişliği, malzemenin yoğunluğu, rutubet ve budaklık etkiler. Basınç direnci yoğunluk ile doğru orantılı, sıcaklık ile ters orantılıdır. Rutubet değişim olduğunda basınç direncinde azalma olmaktadır (Bozkurt & Erdin, 2011).

Eğilme Direnci; Eğilme direncini etkileyen en önemli unsurlardan biri etki altında kaldığı yük etkisidir. Malzemenin yoğunluğu arttıkça eğilme direncinde artar. Eğilme direncinin en yüksek değerinde olması için ağaç malzemenin

rutubet değeri %3-5 oranında olmalıdır (Bozkurt & Erdin, 2011).

Çekme Direnci;Ters yönde uygulanan ve malzemeyi ayırmaya çalışan kuvvete karşı gösterilen güçtür.Liflere paralel ve dik olacak şekilde iki türlü çekme direnci vardır.Yoğunluk arttıkça çekme direnci artar. Rutubet arttıkça çekme direncide artar.Budaklar en fazla çekme direncini etkilemekte olup,budak sayısı arttıkça çekme direnci azalır (Bozkurt & Erdin, 2011).

3. ENDÜSTRİYEL AHŞAP ELEMANLAR

Ahşap parçaların, kerestelerin, tabakaların, yongaların ve ahşap liflerinin çeşitli bağlayıcı malzemelerle fabrikalarda birleştirilmesiyle oluşan homojen malzemeye endüstriyel ahşap denir (Gül & Mayuk,2019). Endüstriyel ahşap ürünler, doğal ahşap malzemesinin kusurlarının ve dezavantajlarının azaltıldığı, özelliği kontrol edilebilen malzemelerdir. Birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; Uygulamaya özel üretilir. Uzun ağaçların nadir olması, endüstriyel ahşap ürünlerin kullanımını daha avantajlı hale getirmiştir.Geri dönüştürülebilir bir malzeme olduğu için çevreye olumlu katkısı oldukça fazladır (Aydın,2019).

3.1.Yapıştırılmış Lamine Ahşap (GLULAM) (Glued Laminated Timber)

Yapıştırılmış Lamine Ahşap;hazırlanmış 4 veya daha fazla kerestenin tutkal ile paralel olarak yapıştırılmasıyla ortaya çıkan üründür (Tavşan vd. 2022; Coşkun & Yardımlı, 2022). Yapıştırılan her bir katmanın kalınlığı 19-50 mm arasında,uzunluğu ise 1,5-5 metre arasında değişmektedir (Porteous, Kermani, 2013). Masif ahşaba göre daha yüksek mekanik özelliklere sahip olan Glulam daha iyi dayanım ve rijitlik göstermektedir (Tavşan vd. 2022). Eğilme ,çatlama ve gerilmelere direnç gösteren bu malzemenin beton ve çelik malzemesine göre elastikiyet modülü düşüktür (Li vd., 2024; Wang vd., 2024).



Şekil 3. Yapıştırılmış Lamine Ahşap [3]

Glulam malzemesi kestane, karaçam köknarı, meşe ve ladin ağaçlarından üretilmektedir. Kömürleşme oranlarının düşük olduğu bu ağaç türleri bozulma ve nem değişikliğine karşı dirençlidir. Glulam malzemesi döşeme kirişleri, çatı kirişleri, aşıklar, kolonlar, kafes kirişlerde kullanılabilir (Li vd., 2024)

3.2. Çapraz Lamine Ahşap (CLT-Cross laminated timber)

Çapraz lamine ahşap, ahşap plakaların CNC makinelerinde kesilip tutkal yardımıyla, birbirine dik olarak yapıştırılmasıyla elde edilen sistemdir. CLT ürünü, prefabrike üretilen bir masif ahşap paneldir. Taşıyıcı, cephe ve iç mekân da kullanılabilir (Tavşan, C., Şahiner Tufan, A., Tavşan, F.,2022). Ayrıca köprü yapımı, ticari ve endüstriyel binalarda ve konutlarda kullanımı yaygındır (Çavuş vd., 2024).



Şekil 4. Çapraz Lamine Ahşap [4]

3,5 ve 7 katman şeklinde üretilen CLT malzemeleri genellikle 5 cm ve 30 cm kalınlığında, Genişliği 2,40-3 metre, uzunluğu 12-20 metre arasında değişmektedir (Coşkun & Yardımlı, 2022). CLT yük taşıma kapasitesi açısından oldukça avantajlı olduğu için döşemelerde kullanımı oldukça yaygındır. Rijit malzeme olduğu için deprem sırasında binanın dayanımını artırır (Tonyalı vd., 2024). Malzeme üretimi yapılırken yerel ağaçlar kullanılır, Almanya'da ladin odunu kullanılırken Kanada'da ladin, çam, göknar ;Avustralya ve Yeni Zelanda gibi ülkelerde ise çam odununun kullanımı daha yaygındır (Çavuş vd., 2024).

3.3.Lamine Ahşap Kaplama (LVL-Laminated veneer lumber)

LVL ahşap malzemeleri, katmanların ısı ve basınç altında yapıştırıcı ile birbirine yapıştırılarak oluşturulan malzemelerdir. Amerika, Kanada ve Avrupa devletlerinde yaygın olarak kullanılan bu malzeme giriş lentolarında, kapı ve pencere yapımında yaygın olarak kullanılır. Malzeme yapılırken köknar, sedir, kavak, çam ve ladin gibi ağaçlar kullanılmaktadır (Rankumar vd., 2024).



Şekil 5. Lamine Ahşap Kaplama [5]

LVL malzemesi tek katmanı 2.5-4.8 mm arasında değişmektedir. Malzemenin birçok avantajı bulunmaktadır. Rutubet ve neme karşı dayanıklıdır. Homojen şekilde üretildiği için yüksek mukavemet ve rijitlik gösterir. Masif ahşaba göre kusurlarından arındırılan LVL yoğunluk ve mekanik özellik açısından daha avantajlıdır (Hızıroğlu, 2009).

3.4 Paralel lamine Ahşap (PSL-Parallel strand lumber)

Paralel yongaların birbirine yapıştırılarak oluşturulan yapısal üründür. Yapıştırılan yonga levhaların 6.4 mm olacak şekilde üretimi yapılmalıdır. Genellikle kavak ve sarıçam ağaçları kullanılır (Oh, 2022).



Şekil 6. Lamine Ahşap Kaplama [6]

Artık parçalarda kullanıldığı için oldukça verimli bir üründür. Amerika ve Kanada da üretim ve kullanımı yaygındır. Kolon ve kirişlerde kullanılır. Ayrıca köprülerde ve ahşap çerçeve konstrüksiyonda kullanılır (Oh, 2022).

3.5 Lamine yonga ahşap (LSL- Laminated strand lumber)

LSL; lifli ahşap katmanların birbirine yapıştırılarak oluşturulan üründür. En küçük katmanı minimum 2.54mm, toplam kalınlığı 90 mm'e kadar yapılabilir. Lento, giriş, döşeme ve tavanlarda kullanımı yaygındır (Moradpour vd., 2018). Yüksek katlı ve rüzgarın yoğun olduğu yerlerde yapılan yapılarda kullanılır (Wang vd., 2023).



Şekil 7. Lamine Yonga Ahşap [7]

LSL;küçük çaplı ve kalitesi düşük ağaçlardan yapılır. Kimyasal özellikleri yapıştırıcısı ile ilişkili olan LSL, yüksek kararlılığa sahip olduğu için sıcaklık ve nem farklılığında eğilme ve bükülme yaşamaz. Vida tutma kabiliyeti yüksek olduğu için kaplama ve çerçeveleme sisteminde de kullanılır. Isı ve ses yalıtımında avantajlıdır (Hasan vd., 2023).

3.6.Dübelli(Kavalalı) lamine Ahşap (DLT-Dowel laminated timber)

DLT;ahşap katmanların sert ahşap dübelleriyle birbirine bağlanmasıyla oluşan yapısal üründür (Fu vd.,2024; Pereira, 2021). 18 metre uzunluğa, 76 ile 350 mm arasında değişen kalınlığa,4.3 metre genişliğine sahip olup,paralel ve dik olarak üretilebilir (Gong, 2019; Mayo, 2015). CNC makinesiyle işlenmeye uygundur.Akustik açıdan avantajlıdır.Döşemelerde 10 metre,çatılarda ise 18 metreye kadar açıklık geçirebilir (Structure Craft, t.y.).



Şekil 8. Dübelli Lamine Ahşap [8]

DLT malzemesinde herhangi bir bağlantı veya yapıştırıcı malzeme kullanılmaz. Yapımında göknar, çam ve ladin ağaçları kullanılır. En büyük üretim tesisi Kanada'dır. Levha katmanlar aynı yöne baktığı için CLT malzemesinden daha avantajlıdır (Natural Resources Canada, t.y.).

3.7. Çivili lamine Ahşap (NLT-Nail laminated timber)

38-89 mm arası genişliğe,89-286 mm arası derinliğe sahip paralel boyutlu çivilerle birleştirilerek oluşturulan panellerdir (Adema vd., 2024; Dickof vd., 2017). Kullanım alanları genellikle zemin ve tavandır.NLT malzemesinin bağlantı elemanı olan çivi sayısı arttıkça malzemenin bükülme sertliği ve yük taşıma kapasitesi artar (Adema vd., 2024).



Şekil 9. Çivili Lamine Ahşap [9]

NLT malzemesinin üretim süreci diğer endüstriyel ahşap ürünlerine göre daha uygundur. Amerika'da yaygın olarak kullanılan NLT konutlarda oldukça fazla kullanılmaktadır (Gong, 2019).

3.8. Ahşap Beton Kompozit (TCC)

Beton ve kereste malzemelerinin özel yapıştırıcı ile birbiriyle bağlanmasıyla oluşan malzemelerdir. Yapıştırıcı kullanıldığı için kesme ve delme işlemleri olmaz. Bu yüzden inşaat ve üretimde kolaylık sağlar. Zeminlerde yaygın kullanılan bu malzemeler köprülerde de kullanılır (Fu vd., 2024; Shi, 2024).



Şekil 10. Ahşap Beton Kompozit [10]

TCC malzemesi kompozit malzeme olduğu için akustik, yangın ve yüksek titreşim açısından oldukça avantajlıdır. Sürdürülebilir ve yenilebilir malzemedir (Fu vd., 2024; Shi, 2024).

4. AHŞAP HİBRİT YAPI ÖRNEKLERİ

4.1. Ascent Binası

Ascent Binası Milwaukee, Wisconsin'de, 25 katlı 86,6 metre uzunluğunda dünyanın en yüksek ahşap hibrit yapısı olma özelliğine sahiptir (Safarik vd., 2022). Yapı konut özelliğinin yanında, mağaza, spor salonu ve havuz barındırmaktadır. 2020'de inşaatına başlanan bu bina 2022'de tamamlanmıştır (Fernandez vd., 2020).



Şekil 11. Ascent Binası Yapısal Kurgusu [11]

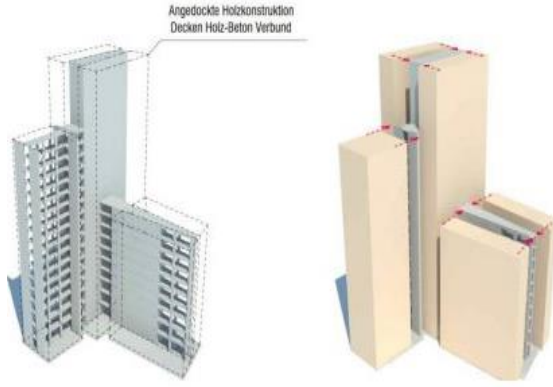


Şekil 12. Ascent Binası İnşaatı [12]

Yapının ilk 6 katı betonarme, 19 katı ahşaptır. Çekirdek kısımları betonarmedir. Yapının temelinde çelik kazıklar kullanılmıştır. Kolon ve kirişler Glulam, duvar panelleri CLT malzemelerinden yapılmıştır. Döşeme NLT (Çivili Lamine Ahşap) malzemesinden yapılmıştır. Duvar panelleri ise CLT malzemelerinden yapılmıştır. Yapı ızgara tipi plan ile çözülmüştür. Kolon ve kirişleri yangına dayanıklı haline getirmek için karbonlu özel kaplama yapılmıştır (Fernandez vd., 2020).

4.2. Hoho Binası

Hoho binası Avusturya'nın Viyana şehrinde bulunan, 24 katlı ve 84 metre uzunluğunda konut yapısıdır. Yapı 2020'de tamamlanmıştır. Hoho binasının 1. katında otel lobisi ve restoran, 2 ve 4. kat arasında spor salonu ve sığa, 5. kat ve 10. kat arasında ofisler, 11. ve 19. kat arasında otel odaları, en üst katlarda ise diğer kullanım alanları bulunmaktadır (Wood vd., 2024).



Şekil 13. Hoho Binası Yapısal Kurgusu [13]

Şekil 14. Hoho Binası İnşaatı [14]

Yapının temeli betonarmedir. Çekirdek kısmında beton malzemesinden yapılmıştır. Ayrıca yapıda betonarme iskelet bulunmakta olup, diğer ahşap elemanlarla birleştirilmiştir. Kolon ve kirişler GLULAM malzemesinden, duvarlar CLT malzemesinden yapılmıştır. CLT malzemesinden yapılan duvarlara yüzey işlemi uygulanarak daha dayanıklı hale getirilmiştir. Yapı prefabrikasyon sistemi ile yapılmıştır (Wood vd., 2024).

4.3. Tallwood 1 Binası

Kanada Langford'da bulunan bu yapı, ticaret ve konut yapısı olarak kullanılmaktadır. Yapı 2022 yılında tamamlanmıştır. Yapı Kanada'daki en yüksek çelik ahşap beton hibrit yapı özelliğine sahiptir (Higgins vd., 2023).



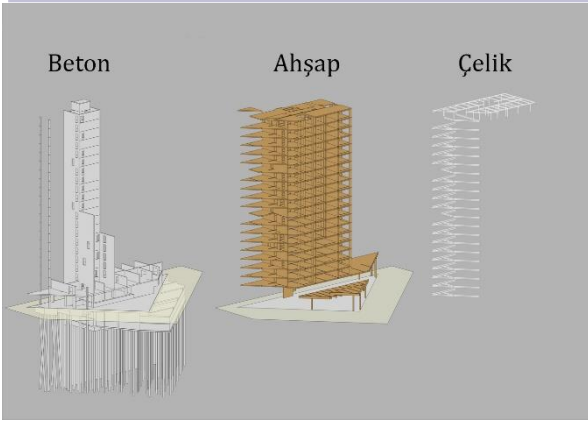
Şekil 15. Tallwood 1 Çelik iskelet ve Ahşap Kolon [15]

Şekil 16. Tallwood 1 Binası İnşaatı [16]

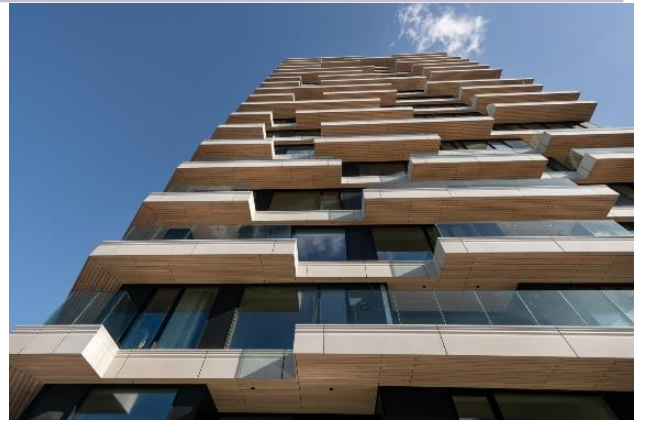
Yeraltı otopark ve zemin kat betonarmeden, diğer katlar ahşap ve betonarmeden oluşmaktadır. Yapının döşemeleri CLT malzemesinden yapılmıştır. Döşemeler nokta desteklerle GLULAM kolonlara bağlanmıştır. Kolonlar döşemelere çelik ankrajlarla bağlanmıştır. Langford bölgesi sismik alan bakımından yüksek olduğu için binayı yanal yüklere karşı korumak amacıyla çelik çevreveler yapılmıştır. Oluşabilecek ahşap kırılmaları için, çelik ankrajlar geliştirilmiştir. Bu çelik ankrajlar döşemenin de oturmasını sağlayan bağlantı elemanlarıdır. Ayrıca bu bağlantı elemanları deprem yüklerine karşı binada oluşabilecek deformasyonlara karşı önlem alır (Higgins vd., 2023).

4.4. Haut Binası

Hollanda Amsterdam şehrinde bulunan Haut Binası 73 metre olup 21 katlıdır. Konut yapısı olan Haut'un inşaatı 2022 yılında tamamlanmıştır. bu binada, inşaat süresinin daha kısa olması için prefabrikasyon sisteminden yararlanılmıştır (Higgins vd., 2023).



Şekil 17. Haut Binası Yapısal Kurgusu [17]



Şekil 18. Haut Binası [18]

Masif ahşap panel sistemi ile yapılan Haut binasında kolon ve kiriş sistemi kullanılmamıştır. CLT malzemesiyle yapılan duvarlar, hem taşıyıcı hem de bölücü görevi görür. Yapının temeli, bodrum katı ve çekirdeği betonarmeden yapılmıştır. Döşeme kısmında, ahşap beton kompozit malzeme olan TCC malzemesi kullanılmıştır. Ses yalıtımı için büyük avantajı olan bu malzeme detaylandırma açısından büyük avantaj sağlamıştır. Hibrit yapı olan Haut Binası hafif olduğu için, rüzgar önemli unsur olarak değerlendirilmiştir (Higgins vd., 2023).

4.5. In'Cube Danone Araştırma ve İnovasyon Merkezi

Fransa'daki bu yapı 2022 yılında tamamlanmış olup toplam 21500 m² lik inşaat alanına sahiptir. 24m uzunluğunda, 90x75 metre taban ölçülerine sahiptir. (URL 1) Toplam 1700 m³ beton, 1250 ton çelik, 9056 m³ ahşap kullanılmıştır.



Şekil 19. In'cube Danone Araştırma ve İnovasyon merkezi [19]

Yapının kolonları GLULAM malzemesinden yapılmıştır. Yapı da kullanılan diğer ahşap ürün CLT malzemesidir. In'Cube Danone Araştırma ve İnovasyon Merkezi prefabrikasyon yöntemi ile yapılarak inşaat süresinden kazanım sağlanmıştır. Yapı da birçok bağlantı detayı kullanılmıştır. (URL 2) 980 m² ve 10,5 m yükseklikte 1 merkezi plaza, 2900 m² yeşil teras, meyve bahçeli 1100 m²'lik bir bahçe terası, 1.000 m²'lik 1 yağmur bahçesi bulunmaktadır. (URL 3)

5. HİBRİT YAPI ÖRNEKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tablo 1'de Çalışmada yapım tamamlama yılı 2020'den sonra olan 5 farklı Ahşap Hibrit yapısı incelenmiştir. İncelenen hibrit yapıların Avrupa ve Amerika kıtasında yoğunlaştığı görülmektedir. Yapılar genellikle 20 kat ve üstünde yapılmıştır. Yapılarda Ahşap-Betonarme-Çelik ve Ahşap-Betonarme yapı üretim sistemi kullanılmıştır. Yapıların bir kısmında çelik, bir kısmında ise betonarme temel kullanılmıştır. Kat yüksekliğinin fazla olduğu yapılarda çekirdek, daha sağlam olması açısından betonarme olarak yapılmıştır. Taşıyıcı sistemi Ahşap, Betonarme Kolon Kiriş olan sistemlerde kolon malzemesi olarak Glulam tercih edilmiştir. Buda göstermektedir ki Glulam, hibrit yapıların kolonları için en uygun malzemedir. Yapılarda kiriş malzemesi olarak genellikle Glulam malzemesi kullanılmıştır. Döşeme malzemesi olarak CLT malzemesi kullanılırsa, genellikle TTC veya NLT



















malzemesi kullanılmıştır.TTC ve NLT malzemelerin ortak özelliği hibrit malzeme olmasıdır.Böylelikle rijitlik ve yalıtım açısından avantaj sağlamaktadır.

Tablo 2'de örnek hibrit yapıların,kullanılan yapısal elemanların inşaat aşamasındaki görselleri analiz edilmiştir.

Tablo 1. Ahşap Hibrit Yapılarda Kullanılan Endüstriyel Ahşap Malzeme Analizi [Safarik vd., 2022, Fernandez vd., 2020, Wood vd., 2024, Higgins vd., 2023, URL 1,2,3]

Yapı Adı	Yapı Görseli	Yapının Bulunduğu Yer	Yapının Tamamlanma Yılı	Yapının Kat Sayısı	Çok Katlı Yapı Üretim Sistemi	Taşıyıcı Sistem	Kolonda Kullanılan Malzeme Türü	Kirişte Kullanılan Malzeme Türü	Döşemede Kullanılan Malzeme Türü	Çekirdekte Kullanılan Malzeme Türü
Ascent		Milwaukee, Wisconsin Amerika	2022	25	Ahşap Betonarme Hibrit Sistem	Ahşap ve Betonarme Kolon-Kiriş	Glulam	Glulam	NLT (Çivili Lamine Ahşap)	Betonarme
Haut		Amsterdam, Hollanda	2022	21	Ahşap Betonarme Çelik Hibrit Sistem	Masif Ahşap Panel	-	-	TCC	Betonarme
Hoho		Viyana Avusturya	2020	24	Ahşap Betonarme Hibrit Sistem	Ahşap ve Betonarme Kolon-Kiriş	Glulam	Glulam	TCC	Betonarme
Tallwood 1		Langford Kanada	2022	12	Ahşap Betonarme Çelik Hibrit Sistem	Masif Ahşap Panel+Ahşap Kolon	Glulam	-	CLT	Ahşap
In'Cube Danone Araştırma ve İnovasyon Merkezi		Fransa	2022	5	Ahşap Betonarme Çelik Hibrit Sistem	Ahşap Kolon*Çelik Kiriş	Glulam	Çelik	CLT	Çelik

Tablo 2. Ahşap Hibrit Yapılarda Taşıyıcı Eleman Analizi [URL 4,5,6,7,8]

Yapı Adı	Yapı Görseli	Kolon Kiriş Görseli	Döşeme Görseli	Cephe-Duvar Görseli
Ascent				
Haut				
Hoho				
Tallwood 1				
In'Cube Danone Araştırma ve İnovasyon Merkezi				

5.SONUÇ

Ahşap geçmişten günümüze en önemli yapı elemanlarından biridir. 20.yy çelik betonarme kullanımı arttığı için ahşap geri plana atılmıştır. Bu yapıların doğaya verdiği zarar ve daha sürdürülebilir bir yapım sistemine ihtiyaç duyulduğu için ahşap yapım sistemine tekrar ihtiyaç duyulmuştur. Birçok araştırma ve yeni yaklaşımlar olmuştur. Bu çözümler dünya çapında kanıtlanarak yapılarda kullanılmış ve alternatif bir yapım sistemi olan "Çağdaş Ahşap Yapım Sistemi" oluşmuştur. Çağdaş Ahşap Yapım Sistemi gerek yeni malzemeleriyle gerekse doğadaki konumu itibari ile çelik ve betonarme gibi yapım sistemlerine göre daha avantajlı bir yapım sistemidir. Ahşap hibrit sistemler ise Çağdaş Ahşap yapım sisteminin en çok kullanılan sistemidir.

Günümüzde gelineen süreçte endüstriyel ahşap ürünlerin kullanımı artmıştır. CNC makineleri ile büyük parçalar üretilmesi, işçilik maliyetinin az olması, inşaat süresinin kısa olması, ahşap hibrit yapıların yapılmasını popüler hale getirmiştir. Ülkemizde ahşap hibrit yapılarla ve tasarımlarla alakalı kısıtlı doküman ve araştırma bulunmaktadır. Nitelikli araştırma ve yayınlar, tasarımları artırmaya yardımcı olacaktır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı Beyanı

Yazar-1: Fikir, Taslak Oluşturma, Yazım, Revize, Metot Oluşturma, Verilerin Düzenlenmesi, Sonuç ve Tartışma

Yazar-2: Revize, , Sonuç ve Tartışma

KAYNAKLAR

- Adema, A., Chacón, M. F., Santa María, H., Opazo-Vega, A., Casanova, E., & Guindos, P. (2024). Flexural performance of full-scale two-span nail-laminated timber concrete composite slabs. *Construction and Building Materials*, 432, Article 128410.
- Altıok, M., Atar, M., Aktaş, M., Küreli, İ., Kesik, H. İ., Bülbül, R., & Ulaşan, H. (2023). Kurutma ve iklimlendirme parametrelerinin ahşap malzeme ve ahşap konstrüksiyon uygulamasına etkilerinin araştırılması. *Anatolian Journal of Forest Research*, 9(1), 132-140.
- Ataoglu, N. C. (2015). Bir Tasarım Modası Olarak Ham Ahşap ve Paletler. *Selçuk Kent Dergisi*.
- Aydemir, D., & Gündüz, G. (2000). Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15), 71-61.
- Aydın, H. (2019). Çok katlı ahşap yapılarda strüktürel kurgunun analizi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi*.
- Bozkurt, A. Y., & Erdin, N. (2011). *Ağaç teknolojisi ders kitabı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi.
- Coşkun, B., & Yardımlı, S. (2022). Endüstriyel ahşap malzemenin yapıda kullanımı: Cambridge Merkez Camisi. *Trakya Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 20-34.
- Çavuş, Z., Kaya, M., & Bülbül, R. (2024). Çapraz lamine ahşap panellerin (CLT) ara katmanına uygulanan perforasyon işleminin levhaların ses yutma katsayısı değerlerine etkisinin incelenmesi. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 75-81.
- Dickof, C., Holt, R., & Luthi, T. (2017). *Nail laminated timber: Canadian design and construction guide (v. 1.1)*. Surrey: Binational Softwood Lumber Council.
- Dündar, T. (2019). Bir Yapı Malzemesi Olarak Ahşap. *İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Orman Fakültesi*.
- Fernandez, A., Komp, J., & Peronto, J. (2020). Ascent - Challenges and advances of tall mass timber construction. *International Journal of High-Rise Buildings*, 9(3), 235-244.
- Fu, H., He, M., Alhaddad, W., & Shen, Z. (2024). Numerical simulation and design method of dowel-type timber joints connecting laminated veneer lumber. *Structures*, 62, 106172.
- Fu, Q., Xu, R., Kasal, B., Wei, Y., & Yan, L. (2024). Moisture-induced stresses and damage in adhesively bonded timber-concrete composite connection. *Construction and Building Materials*, 416.
- Görgün, H. V., & Ünsal, Ö. (2023). Yapısal ahşap - Rutubet ilişkisi. *bab Journal of Architecture and Design/bab Mimarlık ve Tasarım Dergisi*, 4(1).
- Gül, N., & Mayuk, S. G. (2019). Çağdaş Ahşap Yapım Sistemlerinin Çok Katlı Yapılarda Kullanımı: The Tree. *Kent Akademisi*, 12(3), 586-599.
- Gong, M. (2019). Lumber-based mass timber products in construction. IntechOpen.
- Hasan, K. M. F., Bak, M., Omer Ahmed, A. A., & Garab, J. (2023). Laminated strand lumber (LSL) potential of Hungarian and Central European hardwoods: A review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 82(9), 1-20.
- Higgins, O., Danzig, I., Fitzgerald, B., Pelling, J., & Jahangiri, M. (2023). Tallwood 1: Lessons learned on completion

of Canada's first 12 storey timber-steel hybrid building. Presented at the World Conference on Timber Engineering, Oslo, Norway.

- Hiziroglu, S. (2009). Laminated veneer lumber (LVL) as a construction material. Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources.
- Li, X., Yue, K., Zhu, L., Lv, C., Wu, J., Wu, P., Li, Q., Xu, C., & Sun, K. (2024). Relationships between wood properties and fire performance of glulam columns made from six wood species commonly used in China. *Case Studies in Thermal Engineering*, 54, 104029.
- Mayo, J. (2015). *Solid wood: Case studies in mass timber architecture, technology and design*. Routledge.
- Moradpour, P., Pirayesh, H., Gerami, M., & Jouybari, I. R. (2018). Laminated strand lumber (LSL) reinforced by GFRP: Mechanical and physical properties. *Construction and Building Materials*, 158, 236-242.
- Natural Resources Canada. (t.y.). *Dowel laminated timber*. Erişim Adresi <https://natural-resources.canada.ca/our-natural-resources/forests/industry-and-trade/forest-products-applications/taxonomy-wood-products/dowel-laminated-timber/23706>
- Oh, S. (2022). Experimental study of bending and bearing strength of parallel strand lumber (PSL) from Japanese larch veneer strand. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 50(4), 237-245.
- Parlak, S. (2020). Türk yaylarında kullanılan ağaç türleri ve özellikleri. *Ağaç Ve Orman*, 1(2), 25-34.
- Pereira, M. C. de M., Sohier, L. A. P., Descamps, T., & Calil Junior, C. (2021). Doweled cross laminated timber: Experimental and analytical study. *Construction and Building Materials*, 273, Article 121669.
- Porteous, J., & Kerami, A. (2013). *Structural timber design to Eurocode 5*. Wiley.
- Ramkumar, V. R., Anand, N., Prakash, V., Sujatha, D., & Murali, G. (2024). Experimental study on the performance of fiber-reinforced laminated veneer lumber produced using Melia dubia for structural applications. *Construction and Building Materials*, 417, 135325.
- Safarik, D., Elbrecht, J., & Miranda, W. (2022). *State of tall timber 2022*. Council on Tall Buildings and Urban Habitat s(CTBUH).
- Shi, B., Zhou, X., Tao, H., Yang, H., & Wen, B. (2024). Long-term behavior of timber-concrete composite structures: A literature review on experimental and numerical investigations. *Buildings*, 14(6), 1770.
- StructureCraft. (t.y.). *Çapraz lamine ahşap (DLT)*. Erişim adresi: <https://structurecraft.com/materials/mass-timber/dlt-dowel-laminated-timber>
- Tavşan, C., Tufan, A. Ş., & Tavşan, F. (2022). Ekolojik Malzeme Olan Ahşapla Yapılan Çok Katlı Yapılar. *Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 7,1.
- Tonyalı, Z., Alemdağ, E. L., & Tandoğan Kibar, G. (2024). Evaluation of seismic response of the cross-laminated timber (CLT) multi-storey residential building under the February 6, 2023, Kahramanmaraş earthquakes. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi (MBUD)*, 41-63.
- Usta, İ. (2017). Ahşap: Fiziksel özellikler. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 8(2), 92-115.
- Wang, Y., He, M., & Li, Z. (2024). Flexural behavior of glulam beams reinforced by bonded prestressing tendons. *Engineering Structures*, 315, 118436.
- Wang, Z., Zhou, J., Gong, M., Chui, Y. H., & Lu, X. (2023). Evaluation of modulus of elasticity of laminated strand lumber by non-destructive evaluation technique. *BioResources*, 18(2), 3115-3126.
- Wood, A., Safarik, D., Miranda, W., & Elbrecht, J. (2024). HoHo Wien. *International Journal of High-Rise Buildings*, 13(2), 177-186.
- [1] ProtectAqua: <https://protectaqua.com/Sayfa/1/Ahsap-Nedir-ve-Neden-Tercih-Edilir> adresinden alındı
- [2] (2021). Hemel: <https://www.hemel.com.tr/kereste-nedir-kontraplak-tanimi-ve-fiyatlari> adresinden alındı
- [3] (2020). Kalle Søe Machinery.: https://kallesoemachinery.com/app/uploads/2020/06/Glulam-bj%C3%A6ke_Laminated-wood-product.png adresinden alındı

- [4] (2020). Mayr-Melnhof Holz Holding AG.: https://www.mm-holz.com/fileadmin/_processed_/6/c/csm_csm_BSP_MMcrosslam_quer_Schatten_transHG-neu_fd790fa1b4.jpg adresinden alındı
- [5] (2019). Steico: https://www.steico.com/fileadmin/_processed_/c/d/csm_Product_Image_Total_STEICO_LVL_R_RGB_01.tif_web_b7e0f79db2.jpg adresinden alındı
- [6] Fastepp: <https://www.fastepp.com/concept-lab/material/parallel-strand-lumber-psl-4/> adresinden alındı
- [7] (2021). Research Gate: <https://www.researchgate.net/profile/Jitendra-Kumar-32/publication/354275966/figure/fig3/AS:1063204193042432@1630499041288/Parallel-Strand-lumber-63.ppm> adresinden alındı
- [8] (2020). Naturally Wood: <https://www.naturallywood.com/wp-content/uploads/DLT-with-dowels.jpeg> adresinden alındı
- [9] (2023). Cive: <https://cive.com/wp-content/uploads/2023/04/Nail-Laminated-Timber-1-1-1.png> adresinden alındı
- [10] https://www.bft-international.com/en/artikel/bft_Ecologically_optimized_timber-concrete_composite_floors_systems-3772160.html adresinden alındı
- [11] (2022). https://www.bft-international.com/en/artikel/bft_Ecologically_optimized_timber-concrete_composite_floors_systems-3772160.html adresinden alındı
- [12] (2024). Asce: <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/civil-engineering-magazine/issues/magazine-issue/article/2024/01/mass-timber-hybrid-high-rise-in-milwaukee-sets-precedents> adresinden alındı
- [13,14] (2022). Bigsee: <https://bigsee.eu/hoho-wien/> adresinden alındı
- [15,16] (2022). Naturally Wood: <https://www.naturallywood.com/project/tallwood-1-at-district-56/> adresinden alındı
- [17,18] (2022). Archdaily: https://www.archdaily.com/989552/haut-amsterdam-residential-building-team-v-architecture?ad_medium=gallery adresinden alındı
- [19] (2023). Metalocus: <https://www.metalocus.es/en/news/incube-danone-research-innovation-centre-arte-charpentier> adresinden alındı
- URL 1 (2023). Archdaily: <https://www.archdaily.com/1002837/incube-danone-research-and-innovation-center-arte-charpentier> adresinden alındı
- URL 2 (2022). Arte C.: <https://www.arte-charpentier.com/fr/projets/centre-recherche-innovation-danone/> adresinden alındı
- URL 3 (2022). Eiffage c.: <https://www.eiffageconstruction.com/en/home/realisations/work-inner/liste-ouvrages/danone-in-cube.html> adresinden alındı
- URL 4 (2024). <https://www.wiehag.com/en/references/ascent-tower/>
- URL 5 (2024). <https://www.hoho-wien.at/en/information/>
- URL 6 (2024). <https://aspectengineers.com/portfolio/tallwood/>
- URL 7 (2024). <https://www.zoontjens.co.uk/projects/rooftop-paving/haut-amsterdam/>
- URL 8 (2024). <https://www.kgd-a.org/laureates/en/incube-the-new-research-innovation-center-of-danone>